

# HYDROLOGISCH ONDERZOEK WIEDEN

Rapport geohydrologische modellering

Provincie Overijssel

19 SEPTEMBER 2019



## Contactpersoon

**WILCO KLUTMAN**

M +31 627060717  
E [wilco.klutman@arcadis.com](mailto:wilco.klutman@arcadis.com)

Arcadis Nederland B.V.  
Postbus 264  
6800 AG Arnhem  
Nederland

---

# INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>INTRODUCTIE</b>	<b>5</b>
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doel	5
1.3	Leeswijzer	5
<b>2</b>	<b>WATERSYSTEEMBESCHRIJVING</b>	<b>6</b>
2.1	Regionaal Watersysteem	6
2.2	Projectgebied 6: Muggenbeet	7
2.3	Projectgebied 9 en 10: Verbinding Wieden Vollenhovenmeer en Duinweg – Leeuwte	8
<b>3</b>	<b>WERKWIJZE HYDROLOGISCH ONDERZOEK</b>	<b>9</b>
3.1	Ontwikkeling grondwatermodel	9
3.1.1	Regionaal model	9
3.1.2	Lokaal model	9
3.2	Ontwerp (bepalen grondwaterregime)	9
3.3	Effecten	9
<b>4</b>	<b>ONTWIKKELING VAN HET REGIONALE MODEL</b>	<b>11</b>
4.1	Regionaal model	11
4.2	Doorgevoerde modelaanpassingen	11
4.3	Validatie	12
<b>5</b>	<b>ONTWIKKELING VAN HET LOKALE MODEL</b>	<b>13</b>
5.1	Tijdreeks verlenging	13
5.2	Validatie	13
<b>6</b>	<b>ONTWERP (BEPALEN GRONDWATERREGIME)</b>	<b>15</b>
<b>7</b>	<b>EFFECTEN &amp; MITIGATIE</b>	<b>20</b>
7.1	Projectgebied 6: Muggenbeet	20
7.2	Projectgebied 9 en 10: Verbinding Wieden Vollenhovenmeer en Duinweg – Leeuwte	26
<b>8</b>	<b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>33</b>

## **BIJLAGEN**

<b>BIJLAGE A - WATERSYSTEEMBESCHRIJVING PROJECTGEBIEDEN</b>	<b>34</b>
<b>BIJLAGE B - VALIDATIE RESULTATEN REGIONAAL MODEL</b>	<b>45</b>
<b>BIJLAGE C – TIJDREEKSVERLENGING</b>	<b>47</b>
<b>BIJLAGE D – VALIDATIE LOKAAL MODEL</b>	<b>51</b>
<b>BIJLAGE E – WATERWIJZER LANDBOUW</b>	<b>63</b>
<b>BIJLAGE F – NAT- EN DROOGTESCHADE LANDBOUW</b>	<b>66</b>
<b>COLOFON</b>	<b>71</b>

# 1 INTRODUCTIE

Dit rapport beschrijft het hydrologisch onderzoek voor de Wieden dat is uitgevoerd als onderdeel van de ontwikkelopgave van de Wieden en de Weerribben. Voor de ontwikkelopgave is een MER opgesteld waarbij de maatregelen hydrologisch worden onderbouwd.

## 1.1 Aanleiding

Als onderdeel van de ontwikkelopgave Natura 2000 voor de Wieden wordt een MER opgesteld. De maatregelen binnen het projectgebied dienen hydrologisch onderbouwd te worden.

- Om inzicht te krijgen in het watersysteem is een monitoringsmeetnet opgesteld.
- Om inzicht te krijgen in de te verwachten effecten is tegelijkertijd een hydrologisch onderzoek uitgevoerd. Als onderdeel hiervan is een grondwatermodel ontwikkeld. De nauwkeurigheid van dit model is getoetst met de metingen verkregen uit het monitoringsmeetnet.

## 1.2 Doel

Het hydrologisch onderzoek zal ingezet worden om het hydrologisch ontwerp van de Wieden te onderbouwen en toetsen. Dit zal worden uitgevoerd als onderbouwing van de MER. Hierbij wordt eerst het grondwatermodel ontwikkeld op basis van de inzichten verkregen uit de watersysteembeschrijving. Het grondwatermodel wordt ingezet om tot een ontwerp te komen en de effecten van dit ontwerp op verschillende gebruiksfuncties te toetsen.

## 1.3 Leeswijzer

De watersysteembeschrijving waarop de grondwatermodellering is gebaseerd is beschreven in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 wordt de werkwijze van het hydrologisch onderzoek in beschreven, waarbij alle genomen stappen worden weergegeven. De beschrijving en de ontwikkeling van het regionale grondwatermodel zijn uitgewerkt in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 wordt vervolgens de prestatie van het model op een lokaal niveau geanalyseerd. Op basis van de modeluitkomsten is het ontwerp opgesteld voor de Natura 2000 gebieden. Dit wordt in detail besproken in hoofdstuk 6. De effecten van het ontwerp worden in kaart gebracht in hoofdstuk 7. Hierbij wordt gekeken naar het effect op grondwater en gebruiksfuncties. De conclusies en aanbevelingen die hieruit volgen zijn weergegeven in hoofdstuk 8.

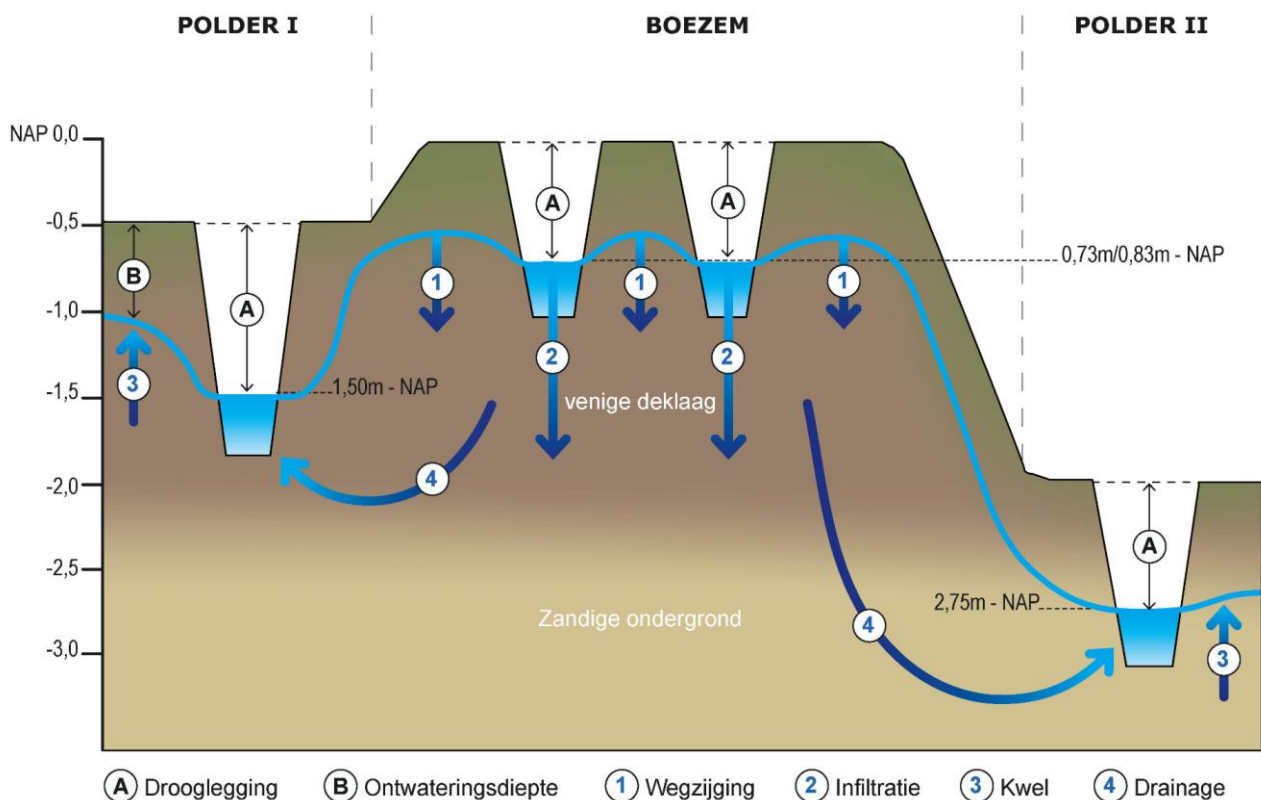
## 2 WATERSYSTEEMBESCHRIJVING

Het grondwatermodel is ontwikkeld op basis van de watersysteembeschrijving. Om een gedegen grondwatermodel te kunnen ontwikkelen, is voldoende inzicht nodig in de (geo)hydrologische werking van het systeem. In dit hoofdstuk is de watersysteembeschrijving uitgewerkt. In bijlage A is de watersysteembeschrijving per deelgebied in meer detail besproken. De referentiesituatie van het watersysteem is beschreven aan de hand van oppervlaktewater en grondwater. Het beschreven watersysteem dient als referentie voor het ontwikkelen van het model en het ontwerp van het toekomstige watersysteem.

### 2.1 Regionaal Watersysteem

De ondergrond van het gebied is opgebouwd uit een zandige ondergrond met daarboven een venige deklaag. De regionale grondwaterstromingsrichting is westzuidwest. Globaal stroomt het grondwater van de Hondsrug naar het Ketelmeer.

In het gebied is variatie in drooglegging aanwezig door variatie in maaiveldhoogte en het hanteren van verschillende oppervlaktewaterpeilen; polderpeil en boezempeil. Het boezempeil varieert tussen -0,73 en -0,83 meter NAP. De polderpeilen liggen lager en variëren sterk. In de sloten waar boezempeil wordt gehanteerd, infiltreert het water uit de sloot de bodem in. Vervolgens stroomt het water door de venige deklaag naar gebieden met lagere peilen; de polderpeilen. Hier komt het water van de gebieden met polderpeil uiteindelijk terecht in de watergangen (zie Figuur 1).

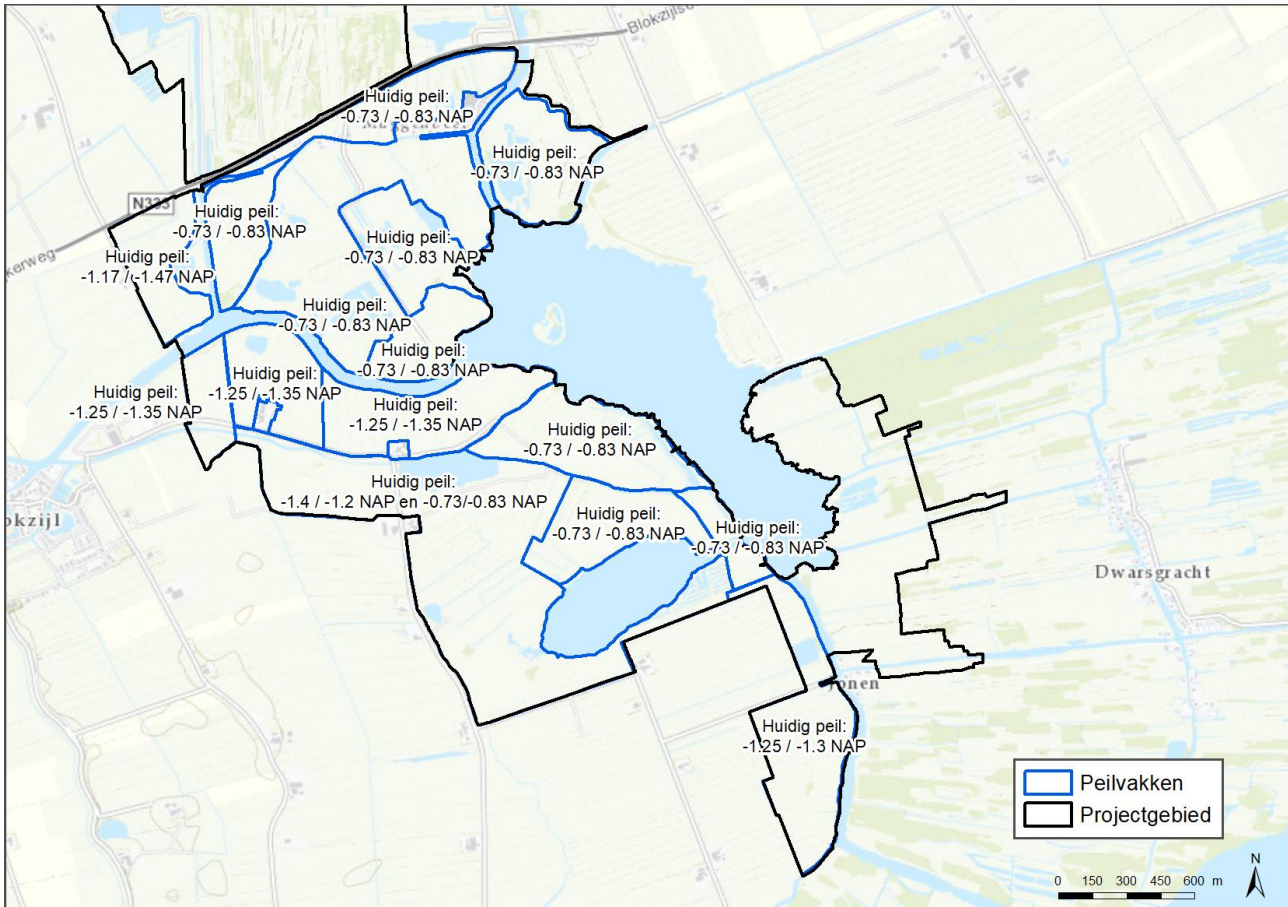


Figuur 1: Watersysteem.

## 2.2 Projectgebied 6: Muggenbeet

Het projectgebied Muggenbeet kent verschillende waterpeilen (zie Figuur 2). In het westelijke gedeelte van het projectgebied liggen enkele landbouwpolders. Hier is de waterstand relatief lager dan in de rest van het gebied. Het peil varieert hier van -1,47 meter NAP tot -1,17 meter NAP. In de rest van het gebied ligt het peil relatief hoog, op boezempeil (-0,73/-0,83 meter NAP). Ten noordoosten van het projectgebied ligt het peil veel lager op -2 meter NAP of meer. De drooglegging (streefpeil ten opzichte van maaiveld) en grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld zijn weergegeven in Bijlage A.

Op basis van de grondwaterstanden in het eerste watervoerend pakket (zie Bijlage A) is geconstateerd dat de grondwaterstroming plaatsvindt richting het noordoosten, waar het laagste peil gehanteerd wordt.

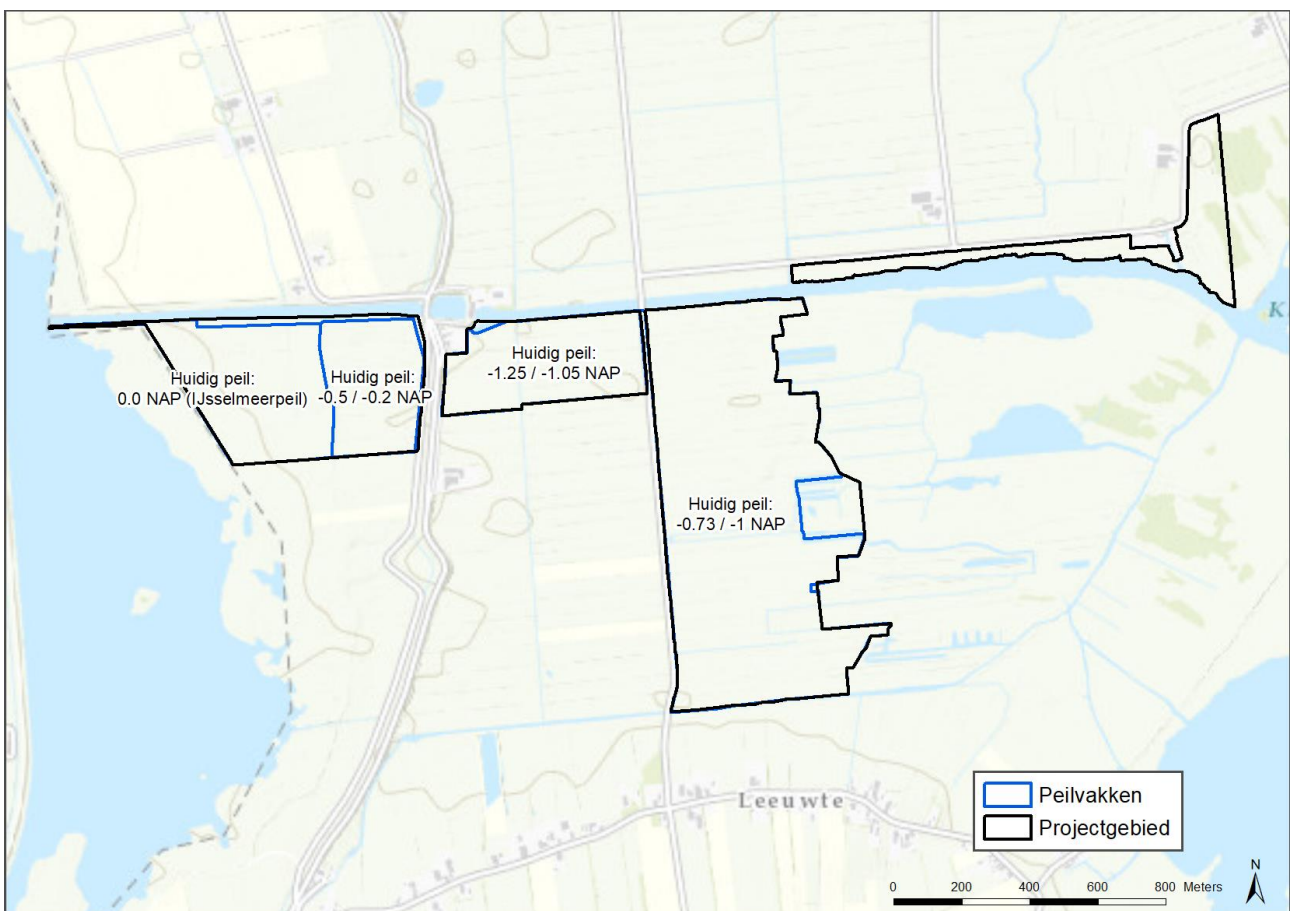


Figuur 2: Peilgebieden Muggenbeet.

## 2.3 Projectgebied 9 en 10: Verbinding Wieden Vollenhovenmeer en Duinweg – Leeuwte

Het projectgebied Verbinding Wieden-Vollenhovenmeer en Duinweg-Leeuwte kent verschillende waterpeilen (zie Figuur 3). Het peil van het Vollenhovenmeer is aan de westzijde bepalend, welke op 0 m NAP ligt. De Weg van Twee Nijenhuisen loopt over een dijk. Ten westen van de weg varieert het peil tussen -0,2 en -0,5 m NAP. Direct ten oosten van de weg ligt het peil tussen -1,05 en -1,25 m NAP. In het meest oostelijke peilvak varieert het peil tussen -0,73 m NAP en -1 m NAP. Het minimale peil is -1 m NAP in plaats van het gebruikelijke boezempeil van -0,83 m NAP, zodat het riet van het land gehaald kan worden. Bij hoogwater kan het gemaal Stroink worden ingezet. De drooglegging (streefpeil ten opzichte van maaiveld) en grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld zijn weergegeven in Bijlage A.

De grondwaterstroming in het eerste watervoerend pakket loopt in het gebied vanuit het zuiden naar het noordwesten (zie Bijlage A).



Figuur 3: Peilgebieden projectgebied Verbinding Wieden-Vollenhovenmeer en projectgebied Duinweg-Leeuwte.



### 3 WERKWIJZE HYDROLOGISCH ONDERZOEK

Het doel van het hydrologisch onderzoek is om inzicht te krijgen in de huidige hydrologische situatie en op basis hiervan tot een ontwerp te komen. Vervolgens dient dit ontwerp te worden getoetst op omgevingseffecten en effecten op de gebruiksfunctie. Om dit te doen zijn verschillende stappen doorlopen. Dit hoofdstuk beschrijft de werkwijze en weergeeft alle gevolgde stappen.

#### 3.1 Ontwikkeling grondwatermodel

Voor de ontwikkeling van het grondwatermodel is gekozen om gebruik te maken van een bestaand regionaal grondwatermodel (MIPWA 3.0). Op basis van eerdere ervaringen en de inzichten verkregen uit de watersysteembeschrijving is dit model verder ontwikkeld. Vervolgens is er per deelgebied een lokaal grondwatermodel ontwikkeld.

##### 3.1.1 Regionaal model

Om het regionale model verder te ontwikkelen, zijn de huidige modelinvoeren geanalyseerd. Op basis van deze modelinvoeren en de inzichten uit de watersysteemanalyse zijn verschillende aanpassingen aan het model gedaan om tot een gedegen model te komen. De aanpassingen die zijn doorgevoerd hebben betrekking tot de ondergrond, het oppervlaktewatersysteem en de grondwateraanvulling. In hoofdstuk 4.2 is beschreven wat deze aanpassingen inhouden.

Het aangepaste regionale model is doorgerekend om de huidige situatie in kaart te brengen. De berekende stijghoogten zijn vergeleken met het bestaande meetnet in het gebied. Het als voldoende beoordeelde regionale model is vervolgens gebruikt voor de verdere ontwikkeling van de lokale modellen.

##### 3.1.2 Lokaal model

Per deelgebied is een lokaal model opgezet. Deze modellen zijn verder ontwikkeld door in meer detail naar lokale effecten en afwijkingen te kijken in plaats van op regionale schaal. De modellen zijn gevalideerd op het bestaande meetnet en op de gemeten stijghoogten uit het nieuwe monitoringsmeetnet welke ontwikkeld is voor de ontwikkelopgave van de Wieden Weerribben. Deze peilbuizen hebben 1 jaar gemeten. De gebruikelijke periode om metingen te vergelijken met het model is 8 jaar. Om deze reden zijn de gemeten reeksen verlengd (zie paragraaf 5.1).

De verlenging van de reeksen is vervolgens getoetst op verscheidene criteria (hoofdstuk 5.1). De betrouwbaar bevonden reeksen zijn ingezet om het lokale grondwatermodel te toetsen. Met het beoordeelde lokale model is vervolgens de referentiesituatie per deelgebied bepaald.

#### 3.2 Ontwerp (bepalen grondwaterregime)

Elk projectgebied bestaat uit verschillende peilvakken waarin een ander peil kan worden gehandhaafd. Per peilvak is een (beoogd) natuurdoeltype aangewezen, met ook een gewenste ontwateringsdiepte. Binnen het hydrologische onderzoek, is het hydrologische aspect van het ontwerp ingevuld. Hiervoor zijn verschillende stappen doorlopen.

Eerst is per peilvak de maaiveldhoogte bepaald. Vervolgens is de huidige ontwateringsdiepte vergeleken met de gewenste ontwateringsdiepte. Wanneer aanpassingen nodig zijn om naar de gewenste ontwateringsdiepte te komen, is de relatie tussen het huidig ingestelde peil en de huidige ontwateringsdiepte geanalyseerd. Op basis van deze vergelijking is een gewenst peil gekozen, welke in het ontwerp toegepast is.

#### 3.3 Effecten

Om te toetsen of het gemaakte ontwerp de gewenste effecten heeft op de grondwaterstand binnen het gebied, en geen ongewenste effecten buiten het gebied, is het ontwerp doorgerekend met het lokale grondwatermodel. Deze berekening is vergeleken met de referentiesituatie, waardoor inzichten zijn verkregen in het effect van het ontwerp.

Hierbij is eerst gekeken naar het effect op de grondwaterstand. Vervolgens is er een toetsing op gebruiksfuncties uitgevoerd. Hierbij is gekeken naar het effect van het ontwerp op landbouw en bebouwing. Wanneer er een ongewenst effect optreedt, is gekeken naar mogelijke mitigatie (zie hoofdstuk 7).

De effecten zijn in kaart gebracht op basis van modeluitkomsten. De werkelijke effecten wijken hier mogelijk van af. Om deze reden is het van belang de grondwaterstand in het gebied te (blijven) monitoren. Hiermee kan bepaald worden of de doelen binnen het gebied behaald worden en of de berekende ongewenste effecten overeenkomen met de werkelijkheid. De monitoring dient te voldoen aan de informatiebehoefte. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van het bestaande meetnet (monitoringsplan meetnet Wieden Weerribben, Arcadis 2018), eventueel aangevuld met extra meetlocaties (zie Hoofdstuk 8 Conclusies en aanbevelingen).

## 4 ONTWIKKELING VAN HET REGIONALE MODEL

Dit hoofdstuk beschrijft het regionale grondwatermodel dat gebruikt is voor het hydrologische onderzoek, welke aanpassingen aan het model zijn uitgevoerd, en hoe betrouwbaar dit model is op basis van een validatie.

### 4.1 Regionaal model

Er is gebruik gemaakt van het regionale grondwatermodel MIPWA 3.0. Dit model berekent de grondwaterstroming en grondwaterstanden van de regio. Het model heeft 9 modellagen met specifieke bodemeigenschappen. Het model rekent met tijdstappen van 1 dag over de periode van 1989 tot eind 2014. Om dit model te kunnen inzetten voor het gebied van de Wieden en de Weerribben is de periode van het model aangepast van 1 januari 2000 tot 30 april 2017. Hierdoor kunnen de berekende grondwaterstanden vergeleken worden met meer recente metingen. Ook worden deze berekeningen op het hoogst beschikbare detailniveau uitgevoerd: 25 x 25 m. Hiervoor is een modeluitsnede van ongeveer 13 bij 19 km gemaakt, om alleen het interessegebied door te rekenen.

### 4.2 Doorgevoerde modelaanpassingen

Er zijn aanpassingen doorgevoerd aan de schematisatie van de ondergrond, het watersysteem en de berekening van de grondwateraanvulling. Hieronder worden deze aanpassingen op hoofdlijnen besproken.

#### Ondergrond

De aanpassingen die gemaakt zijn aan de ondergrond zitten in modellaag 1 en laag 2. Laag 1 bestaat uit veen. De veendikte wordt in het model vaak onderschat, waardoor er te weinig weerstand in deze laag zit en het water dus te makkelijk door het veen stroomt. Om de correcte veendikte te gebruiken, is een analyse uitgevoerd op boringen uit de omgeving. Per boring is de veendikte bepaald, waarna deze geïnterpoleerd zijn om tot een gebied dekkende veendikte te komen. Deze veendikte is ingevoerd in het model, waardoor de weerstand van deze laag hoger is geworden.

De doorlatendheid van het zand uit de Formatie van Boxtel (laag 2) wordt overschat in het model. De doorlatendheid zou een waarde tussen de 5 en 10 m/d moeten hebben, maar in het model is dit eerder 25 tot 30 m/d, waardoor het water te snel door deze laag kan stromen. De doorlatendheid is gecorrigeerd op basis van REGIS II versie 2.2.

#### Watersysteem

Op het watersysteem zijn verschillende correcties toegepast. De watergangen zijn eerst gecorrigeerd op insnijding; in het model lagen enkele watergangen te diep wat tot onjuiste afwatering kan leiden. Dit is aangepast door de juiste insnijding aan de watergangen toe te kennen.

Van de projectgebieden Muggenbeet en Noordmanen is bekend dat de modelschematisatie van de watergangen onjuist in het model zit. Om de watergangen goed in het model te krijgen, zijn de exacte maaiveldhoogtes ingevlogen. De peilen in de watergangen zijn aangepast op basis van deze uitgevoerde hoogtemetingen. Voor de overige projectgebieden zijn geen hoogtemetingen uitgevoerd. De peilen van de watergangen zijn hier gecontroleerd met behulp van de peilvakken en het Algemeen Hoogtemodel Nederland (AHN versie 3) en waar nodig gecorrigeerd.

De grondwaterstanden rondom de watergangen worden te hoog berekend. Dit komt omdat in het model meer water vanuit de watergang infiltreert dan in werkelijkheid. Om dit te corrigeren is de mogelijkheid om te infiltreren aangepast door een meer realistische waarde voor de infiltratiefactor te hanteren.

In MIPWA 3.0 is drainage verondersteld onder elk gebouw en elke weg. Dit is in werkelijkheid niet het geval, en leidt binnen het model tot een te lage grondwaterstand. Dit is aangepast door deze drainage uit het model te halen.

## Grondwateraanvulling

De grondwateraanvulling wordt berekend met MetaSWAP. In MIPWA 3.0 is nog niet de nieuwste versie van MetaSWAP opgenomen. Omdat de nieuwste versie meer detail bevat, met name op basis van de bodemopbouw, is deze door ons geïmplementeerd.

Daarnaast zijn verschillende aanpassingen gedaan:

- De meteorologische gegevens zijn gecontroleerd en waar nodig aangepast en aangevuld tot april 2017.
- De ingestelde automatische landbouw berekening is uitgezet, omdat dit vaak leidt tot overschattingen van het aantal beregeningsgiften.
- De bodemdatabase is vervangen door de nieuwste versie, zodat de eigenschappen van de bodem nauwkeuriger in het model zijn verwerkt.
- De wortelzone van bos is te diep verondersteld waardoor bos nog water verdampt wanneer dit in werkelijkheid niet meer mogelijk is door een te lage grondwaterstand. Deze is aangepast naar een realistischere waarde.
- Het areaal verhard oppervlak wordt overschat in het model, deze is verlaagd naar 60% bij bebouwd gebied.

## 4.3 Validatie

Na de bovenstaande aanpassingen is de huidige situatie doorgerekend. Op basis van deze berekening is een validatie uitgevoerd om de nauwkeurigheid van het model te toetsen. De validatie is uitgevoerd op basis van de gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstand (GHG en GLG). De GHG en GLG zijn bepaald over een periode van 8 jaar. Er is gekozen voor de hydrologische jaren 2006-2014. Dit is de periode waarin de meeste peilbuizen uit het primair meetnet hebben gemeten, en dus de meeste peilbuizen meegenomen kunnen worden bij de validatie.

Het verschil tussen de gemeten en berekende grondwaterstand per peilbuis is te zien in Bijlage B. De GHG en de GLG worden beiden gemiddeld 17 cm te nat berekend. Na bespreking van alle details met de projectgroep is dit model nauwkeurig genoeg bevonden om de lokale modellen op te zetten. Bij de validatie van de lokale (deel)modellen wordt in meer detail naar individuele peilbuizen gekeken.

## 5 ONTWIKKELING VAN HET LOKALE MODEL

Om van het regionale model naar een lokaal model per projectgebied te gaan is een aanvullende validatie uitgevoerd op basis van meer peilbuizen uit het nieuwe monitoringsmeetnet. Veel van deze peilbuizen hebben een (te) korte meetperiode. De tijdreeksen zijn verlengd met behulp van tijdreeksanalyse. Bij de validatie is gekeken naar de GxG's (gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstand). Daarnaast is ook het tijdstijghoogteverloop in de tijd bekeken en is het optreden van kwel gevalideerd bij metingen op meerdere dieptes.

### 5.1 Tijdreeks verlenging

Afgelopen jaar is een meetnetwerk van peilbuizen aangelegd om de grondwaterstand in het gebied te monitoren. Deze peilbuizen hebben minder dan 1 jaar gemeten, en kunnen daardoor niet direct ingezet worden om het grondwatermodel te valideren. Om deze peilbuizen toch te kunnen inzetten, zijn de tijdreeksen verlengd op basis van neerslag, verdamping en de gemeten grondwaterstand van het afgelopen jaar. Per verlengde tijdreeks is gekeken of deze betrouwbaar genoeg wordt geacht op basis van berekende statistieken (zie Bijlage C). Wanneer de tijdreeks niet betrouwbaar genoeg wordt geacht, is deze niet meegenomen bij de validatie van het grondwatermodel. In totaal zijn er reeksen verlengd van 59 peilbuizen. Hiervan zijn er 41 meegenomen bij de validatie.

Om te toetsen of deze tijdreeksverlenging betrouwbaar is, zijn aanvullende tijdreeksverlengingen uitgevoerd bij peilbuizen die wel langjarige metingen hebben. Bij deze peilbuizen is 1 jaar geselecteerd waarop een verlenging is uitgevoerd. De verlengde reeks van deze peilbuizen is vervolgens vergeleken met de gemeten reeks. Op deze manier is gekeken hoe betrouwbaar een tijdreeksverlenging is. Dit is uitgevoerd voor 53 peilbuizen. Voor 49 peilbuizen is de verlenging uitgevoerd op basis van het jaar 2012. Er waren maar 4 peilbuizen beschikbaar met een langjarige reeks die tot op het heden meten. Voor deze peilbuizen is de verlenging uitgevoerd op basis van 2018, wat overeenkomt met de periode van de peilbuizen die daadwerkelijk verlengd dienden te worden.

Uit de vergelijking van het verlengde met de gemeten reeksen blijkt dat de tijdreeksverlenging betrouwbaar genoeg is om het grondwatermodel te beoordelen op GxG's. Bij de peilbuizen die zijn verlengd zijn op basis van het jaar 2012 is het verschil op de GHG en GLG slechts 2 cm. Bij de peilbuizen die verlengd zijn op basis van het jaar 2018 is het verschil op de GHG 3 cm en op de GLG 1 cm.

### 5.2 Validatie

De validatie voor het lokale model is uitgevoerd per projectgebied. Hierbij is eerst gekeken naar de verschillen in GHG en GLG tussen de peilbuizen en de modelberekening. Bij enkele peilbuizen met een sterke afwijking is vervolgens de tijdreeks vergeleken om een oorzaak voor de afwijking te vinden. Ook is het model vergeleken met de watersysteembeschrijving. De validatieresultaten zijn hieronder per projectgebied beschreven.

#### Projectgebied 6: Muggenbeet

Bij het projectgebied Muggenbeet zijn de gemiddelde afwijkingen tussen het model en de gemeten waarden klein. De gemiddelde afwijking is 4 cm (te nat) bij de GHG en 3 cm (te droog) bij de GLG. De afwijkingen per peilbuis zijn weergegeven in Bijlage D. In de bijlage zijn ook tijdreeksen weergegeven van enkele peilbuizen met een relatief grotere afwijking. De verklaring voor deze afwijkingen staat ook in deze bijlage.

Het model onderschat de hoeveelheid kwel die in het gebied optreedt licht. Over het algemeen presteert het model erg goed. Er hoeven dus geen aanvullende aanpassingen gedaan te worden.

#### Projectgebied 9 en 10: Verbinding Wieden Vollenhovenmeer en Duinweg – Leeuwte

De meeste peilbuizen liggen net buiten het projectgebied. De gemiddelde afwijking is 10 cm te nat bij de GHG en 20 cm te nat bij de GLG. Er zijn ook peilbuizen die te droog worden berekend door het model. Het lijken dus lokale effecten te zijn die de afwijkingen veroorzaken. De afwijkingen per peilbuis zijn weergegeven in Bijlage D. De hoeveelheid kwel wordt erg goed berekend in het model.

Omdat de afwijking in GHG en GLG relatief groot is (meer dan 10 cm afwijking) zal voor dit projectgebied een gevoeligheidsanalyse plaatsvinden op het effect van het definitieve ontwerp van het watersysteem. Het minimale en maximale effect van de maatregelen worden in kaart gebracht door het model met verschillende instellingen door te rekenen. Dit zal bereikt worden door de doorlatendheid van laag 1 en de weerstand van de watergangen te variëren (zie hoofdstuk 7).

## 6 ONTWERP (BEPALEN GRONDWATERREGIME)

Het ontwerpproces is complex, waarbij meerdere aspecten een rol spelen. In dit rapport wordt uitsluitend naar de hydrologische aspecten gekeken als belangrijkste randvoorwaarde voor de natuurdoelen.

### Methode

Om de gewenste inrichting te kunnen realiseren, moet het watersysteem soms worden aangepast. Deze aanpassingen bestaan grotendeels uit het verhogen van de oppervlaktewaterpeilen om uiteindelijk over het gewenste grondwaterregime te beschikken. Om te bepalen welk peil gehanteerd moet worden om de gewenste grondwaterstand te bereiken, is gekeken naar de grondwaterstand in de huidige situatie en de relatie tot het huidige peil in de watergangen, en het maaiveld hoogtevverloop binnen een peilvak.

Per peilvak is de gemiddelde maaiveldhoogte bepaald. Vervolgens is de gewenste diepte van het grondwater ten opzichte van het maaiveld bepaald op basis van het voorgestelde natuurdoeltype. Op basis van het huidige peil en de huidige ontwateringsdiepte in combinatie met de maaiveldhoogte, is een inschatting gemaakt van het benodigde peil om de gewenste ontwateringsdiepte te halen. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De peilen binnen een peilvak zullen niet verlaagd worden ten opzichte van de huidige situatie.
- De peilen worden niet hoger dan het boezempeil (-0,73/-0,83 m NAP), tenzij dit in de huidige situatie al zo is.

De peilen waarmee is gerekend, zijn de peilen die nodig zijn voor het doelbereik. Plaatselijk moet het maaiveld en de habitat nog ontwikkelen richting dit eindpeil. Om deze reden zijn in het inrichtingsplan groeipeilen gehanteerd, welke kunnen afwijken van de peilen in dit rapport. Voor de grondwaterberekening zijn de peilen gehanteerd die leiden tot een “worst- case” scenario voor de effect berekening, zodat de effecten niet onderschat worden.

De hier beschreven ontwerpen zijn iteratief tot stand gekomen. Er zijn meerdere varianten doorgerekend. De beste variant, op basis van de gewenste grondwaterstand voor de natuur, en het minste negatieve effecten op de omgeving, is hieronder beschreven.

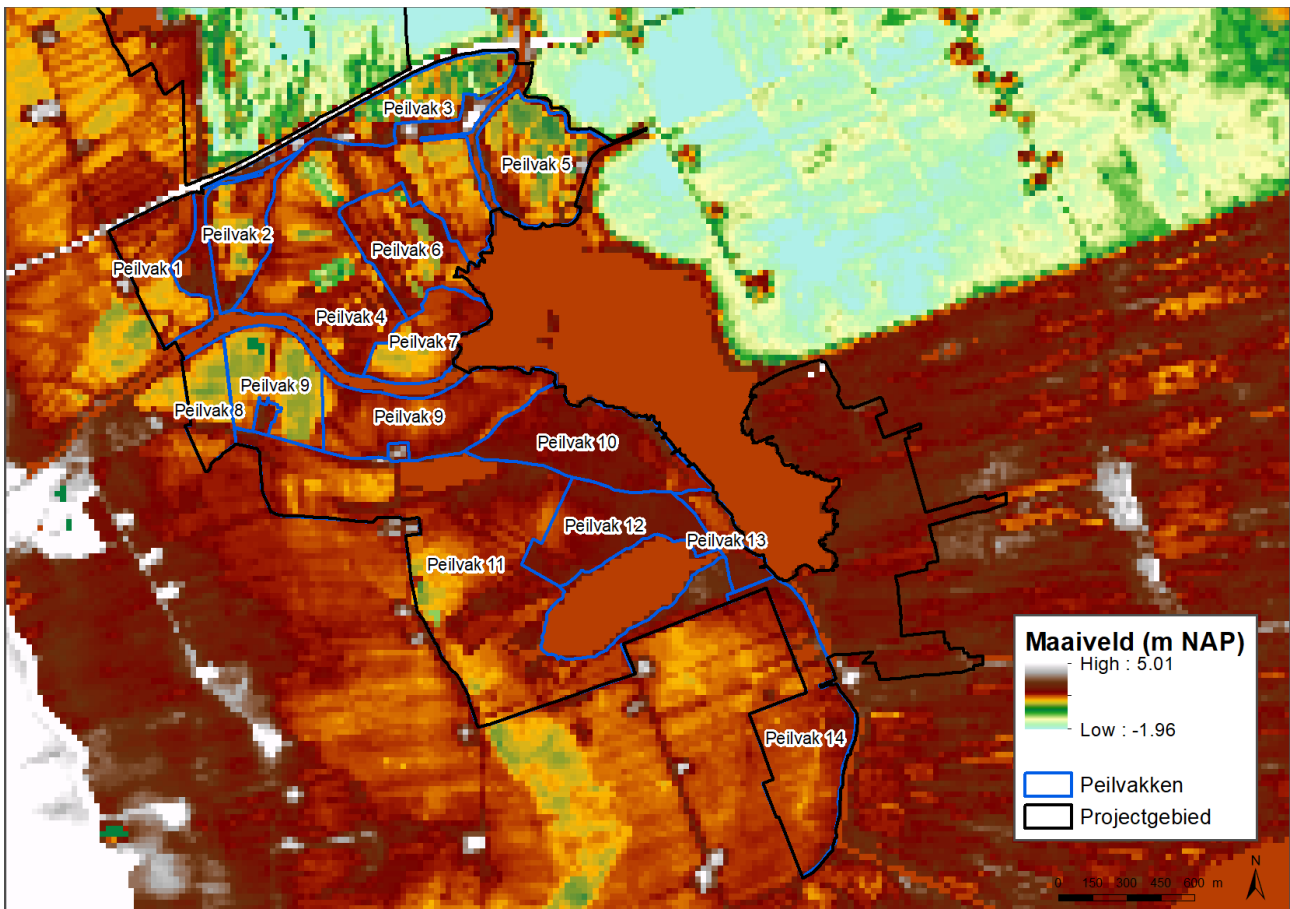
### Projectgebied 6: Muggenbeet

Het projectgebied Muggenbeet bestaat uit 14 peilvakken (zie Figuur 4).

- Peilvak 1 tot en met 7, 10, 12 en 13 hebben al peilen op boezempeil en zullen dus niet aangepast worden. Voor het boezempeil zijn de “worst-case” peilen van (-0,73/-0,83 m NAP) gehanteerd. De praktijkpeilen liggen mogelijk lager (zie inrichtingsplan). Op peilvak 12 wordt kortstondig periodiek geïnundeerd door middel van een pomp waardoor de peilen hier kortstondig iets hoger liggen dan boezempeil (-0,53 m NAP). Het doel van de inundatie is niet hydrologisch; middels inundatie worden mineralen uit het oppervlaktewater beschikbaar gesteld aan de graslanden. Dit betreft dus geen formeel peil welk invloed heeft op de grondwaterstanden in het gebied. Om deze reden is voor peilvak 12 het boezempeil aangehouden bij de grondwatermodellering.
- Peilvak 8 bestaat uit vochtig grasland met een gewenste grondwaterstand van 10 cm min maaiveld. Het peil wordt hier aangepast naar -1,1 en -1,2 m NAP. Dit is een “worst-case” benadering. In het inrichtingsplan wordt hier nog geen peilverandering benoemd.
- Op peilvak 9 komt kraggenlandschap met een gewenste grondwaterstand van 10 cm min maaiveld. Het maaiveld van peilvak 9 varieert sterk tussen het oostelijk en westelijk deel (zie Figuur 4). Om deze reden is het peilvak opgedeeld in 2 peilgebieden. De westkant krijgt een peil van -1,1 tot -1,2 m NAP, de oostkant wordt naar boezempeil gebracht. Dit is een “worst-case” benadering. In het inrichtingsplan wordt hier nog geen peilverandering benoemd.
- Op peilvak 11 ligt riet met een gewenste grondwaterstand tussen 20 cm boven en onder maaiveld. Het maaiveld ligt gemiddeld op -0,7 m NAP. Het peil wordt verhoogd naar boezempeil.
- Peilvak 14 bevat kraggen landschap met een gewenste grondwaterstand van 10 cm min maaiveld. Het maaiveld ligt hier op -0,7 m NAP. Ook hier wordt boezempeil voorgesteld.

Het schetsontwerp zoals hierboven beschreven staat in Figuur 5. Zoals eerder benoemd gaat het hier om eindpeilen. De groeipeilen in het inrichtingsplan wijken hier mogelijk van af. Bij de kraggenlandschappen

worden bestaande watergangen opgeschoond en verbreed wat leidt tot een sterkere interactie met het grondwater. Dit is meegenomen in de modelberekeningen.

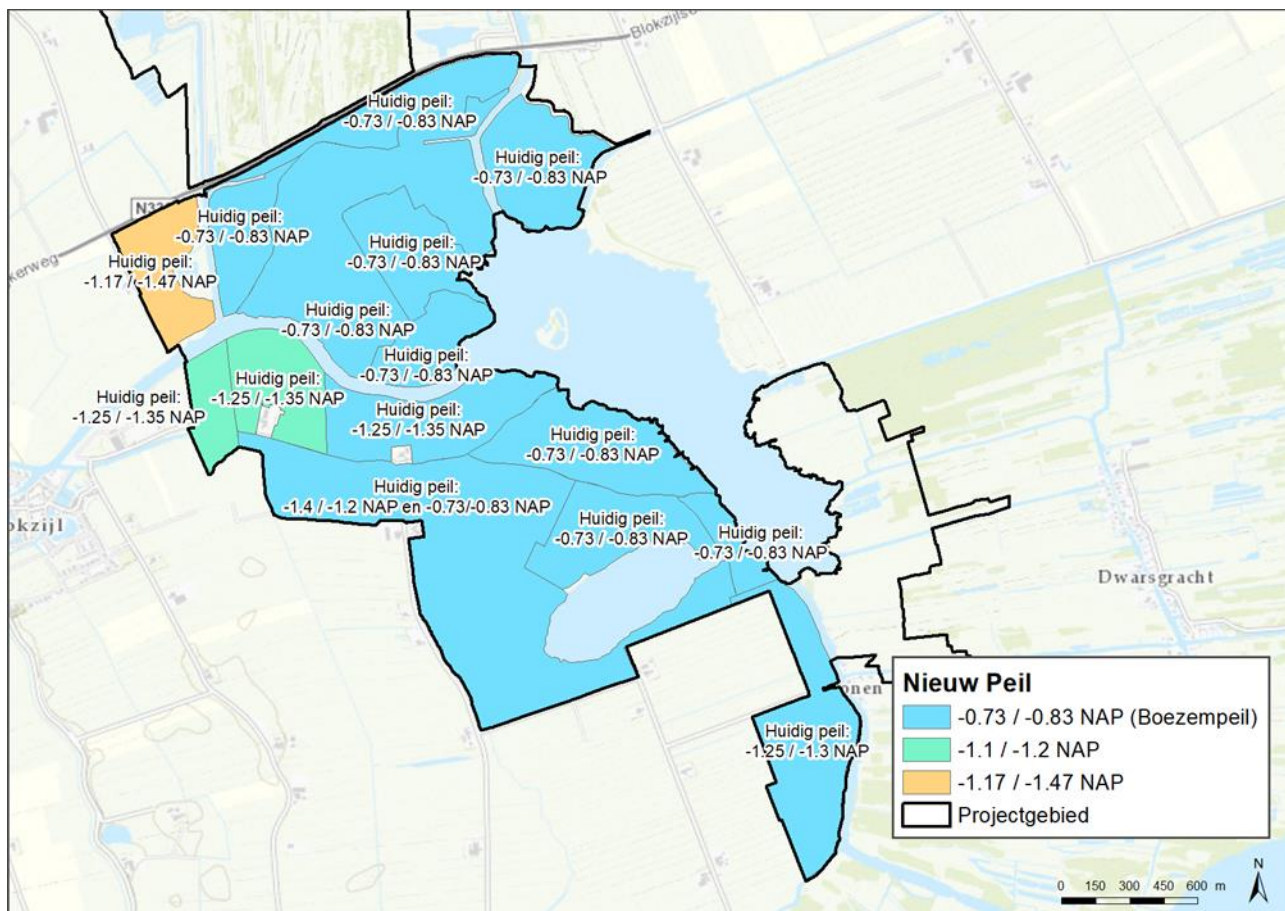


Figuur 4: Maaiveld in meters ten opzichte van NAP.

Tabel 1: Huidige en gewenste peilen per peilvak waar peilverandering plaatsvindt.

Peilvak	Natuurdoeltype	Gewenste grondwaterstand (cm – mv.)	Huidig peil (m +NAP)	Maaiveld (m+NAP)	Voorgesteld peil	Drooglegging (cm -mv.)
8	Vochtig grasland	Max: 10 cm - mv. Min: 10 cm – mv.	Max: -1,25 Min: -1,35	-0,9	Max: -1,1 Min: -1,2	20
9 west	Kraggenlandschap	Max: 10 cm - mv. Min: 10 cm – mv.	Max: -1,25 Min: -1,35	-1,2	Max: -1,1 Min: -1,2	10
9 oost	Kraggenlandschap	Max: 10 cm - mv. Min: 10 cm – mv.	Max: -1,25 Min: -1,35	-0,9	Max: -0,73 Min: -0,83	20
11	Riet	Max: 20 cm + mv. Min: 20 cm – mv.	Max: -1,2/-0,73 Min: -1,4/-0,83	-0,7	Max: -0,73 Min: -0,83	10
14	Kraggenlandschap	Max: 10 cm - mv. Min: 10 cm – mv.	Max: -1,25 Min: -1,3	-0,7	Max: -0,73 Min: -0,83	10





Figuur 5: Schetsontwerp Muggenbeet.

## Projectgebied 9 en 10: Verbinding Wieden Vollenhovenmeer en Duinweg – Leeuwte

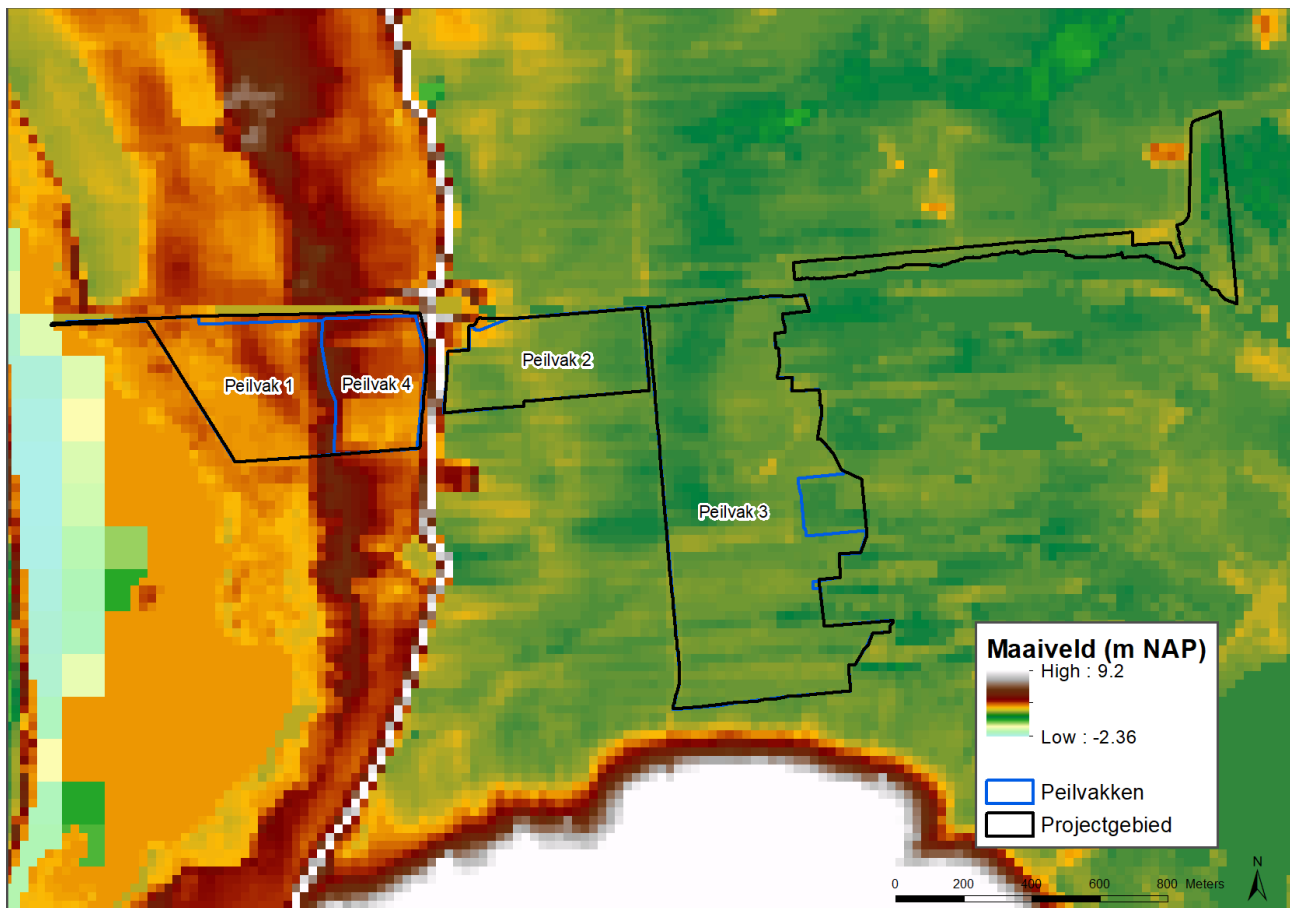
Projectgebied 9 en 10 bestaan samen uit 4 peilvakken (Figuur 6). Tussen peilvak 4 en 2 ligt een waterkering. Ten westen van deze kering liggen de peilen hoger;

- Op peilvak 1 is dit gelijk aan het IJsselmeerpeil van 0 m NAP. Op dit peilvak zullen geen aanpassingen plaatsvinden.

De rest van de peilvakken heeft als natuurdoeltype vochtig grasland met een gewenste grondwaterstand van 10 cm min maaiveld.

- Peilvak 3 ligt al gedeeltelijk op boezempeil; in de winter is het peil -1 m NAP zodat er gemaaid kan worden. Dit peil zal niet aangepast worden.
- Op peilvak 2 zullen dezelfde peilen aangehouden worden als op peilvak 3: -0,73 en -1 m NAP.
- Op peilvak 4 zullen dezelfde peilen aangehouden worden als die van peilvak 1: 0 m NAP.

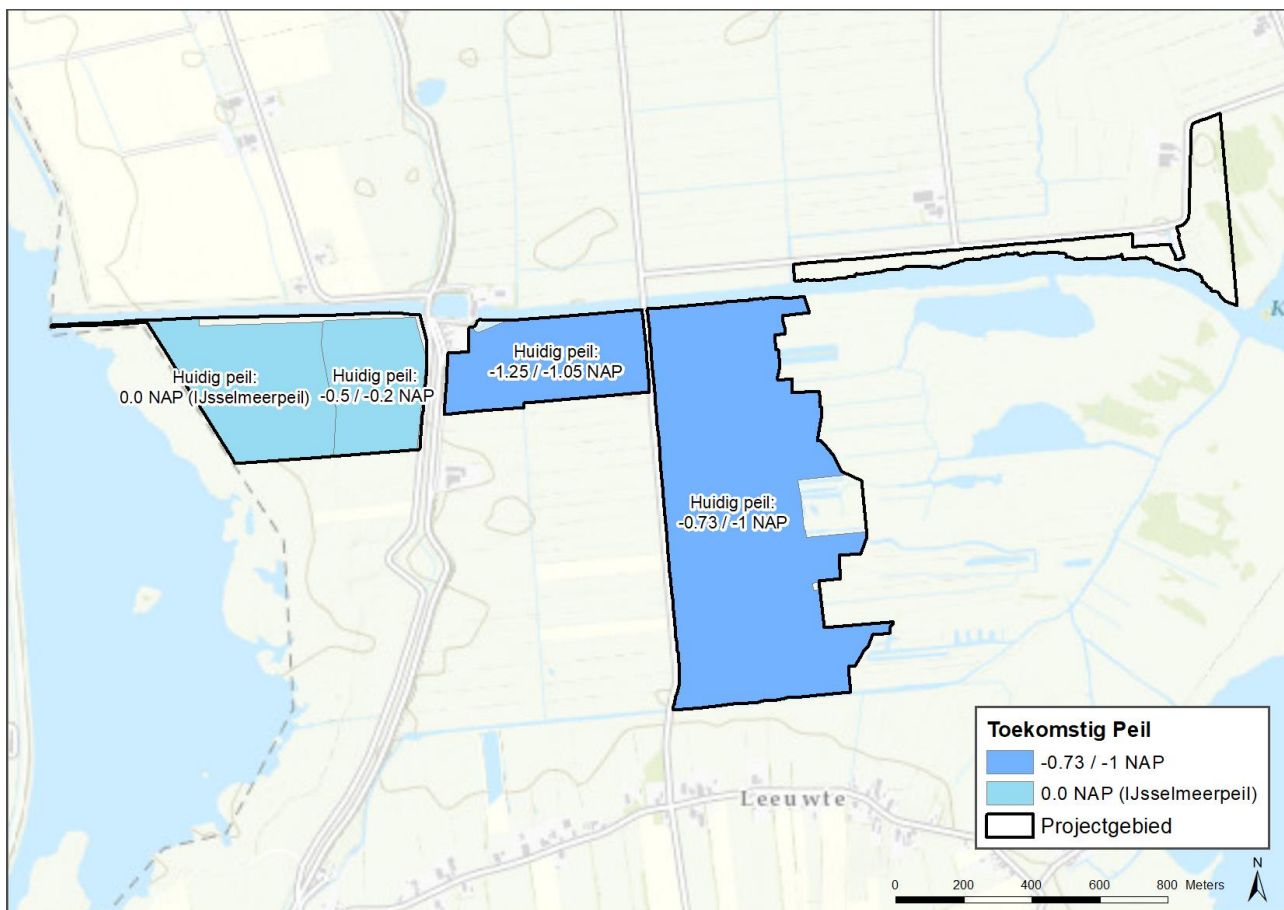
Dit schetsontwerp is weergegeven in Figuur 7. Bij dit ontwerp wordt rekening gehouden met de verbreding van het Ettenlandskanaal. Het Ettenlandskanaal is 25 meter breder gemaakt vanaf de oostzijde van gemaal Stroink tot aan de projectgrens.



Figuur 6: Maaiveld in meters ten opzichte van NAP.

Tabel 2: Huidige en gewenste peilen per peilvak.

Peilvak	Natuurdoeltype	Gewenste grondwaterstand (cm – mv.)	Huidig peil (m +NAP)	Maaiveld (m+NAP)	Voorgesteld peil	Drooglegging (cm -mv.)
1	Riet	Max: 20 cm + mv. Min: 20 cm – mv.	Max: 0 Min: 0	0,3	Max: 0 Min: 0	30
2	Vochtig grasland	Max: 10 cm - mv. Min: 10 cm – mv.	Max: -1,05 Min: -1,25	-0,6	Max: -0,73 Min: -1	10/ 40
3	Vochtig grasland	Max: 10 cm - mv. Min: 10 cm – mv.	Max: -0,73 Min: -1	-0,6	Max: -0,73 Min: -1	10
4	Vochtig grasland	Max: 10 cm - mv. Min: 10 cm – mv.	Max: -0,2 Min: -0,5	0,3	Max: 0 Min: 0	30



Figuur 7: Schetsontwerp.

## 7 EFFECTEN & MITIGATIE

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van de doorgerkende schetsontwerpen per deelgebied. Hierbij wordt gekeken naar de grondwaterstanden en het verschil in grondwaterstand met de referentiesituatie. Vervolgens is de gebruiksfunctie getoetst, zowel binnen als buiten het plangebied.

Om de effecten van het ontwerp op de landbouw in kaart te brengen, is gebruikt gemaakt van de WaterWijzer Landbouw (2018). Hierbij is gekeken hoeveel toename of afname aan landbouwschade verwacht kan worden door de maatregelen. Binnen de projectgrenzen is er geen landbouwkundige toetsing uitgevoerd. De WaterWijzer Landbouw maakt gebruik van de berekende grondwaterstanden door het grondwatermodel, gewastypen, meteorologische gegevens en een bodemkaart. De WaterWijzer is erg gevoelig voor de ingevoerde bodemtypen en de grondwaterstanden. In Bijlage E wordt de gevoeligheid van de WaterWijzer verder uitgewerkt. Vanwege de gevoeligheid voor bepaalde parameters moet de uitkomst van de WaterWijzer gezien worden als een indicatie waar schade zou kunnen optreden, en kunnen hier niet direct vergoedingen tegenover worden gesteld.

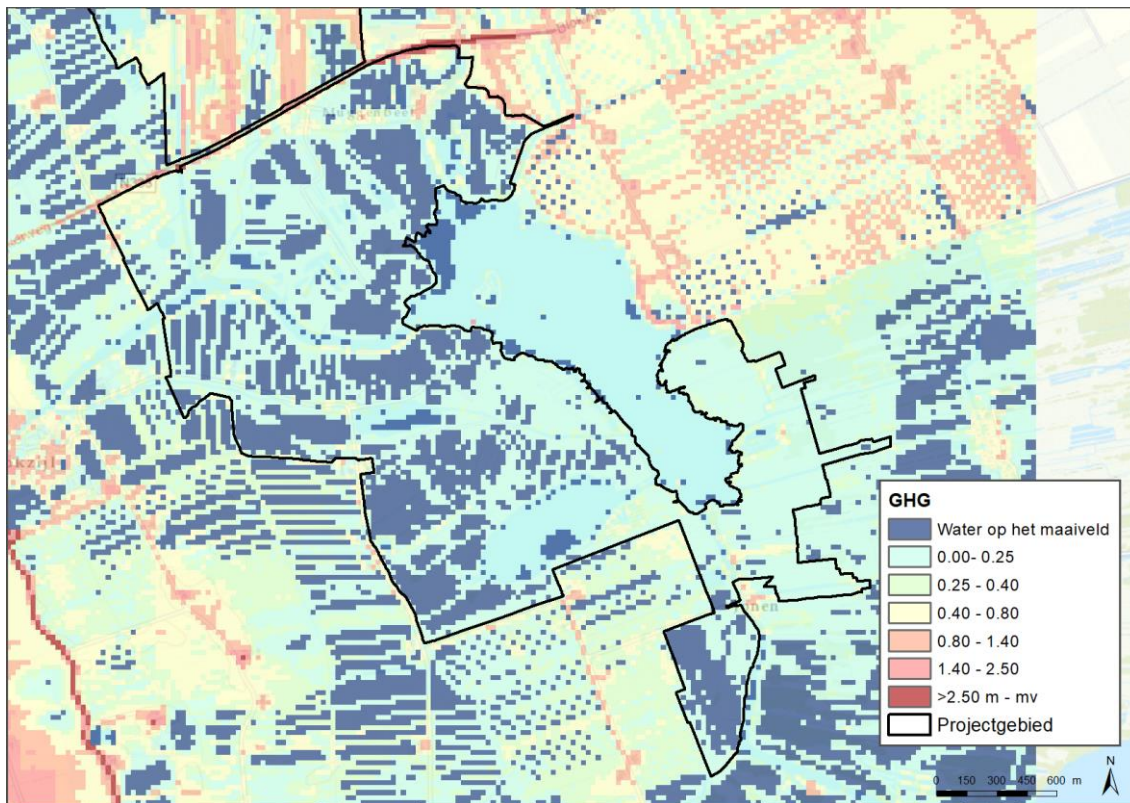
Om de effecten op bebouwing in kaart te brengen, is een analyse uitgevoerd. Hierbij is de bebouwing die binnen de 5 cm vernattingszone ligt en een GHG dichter dan 0,8 m -mv. heeft, aangemerkt als bebouwing met kans op (toenemende) grondwateroverlast. Voor deze bebouwing worden mogelijke mitigerende maatregelen verkend.

### 7.1 Projectgebied 6: Muggenbeet

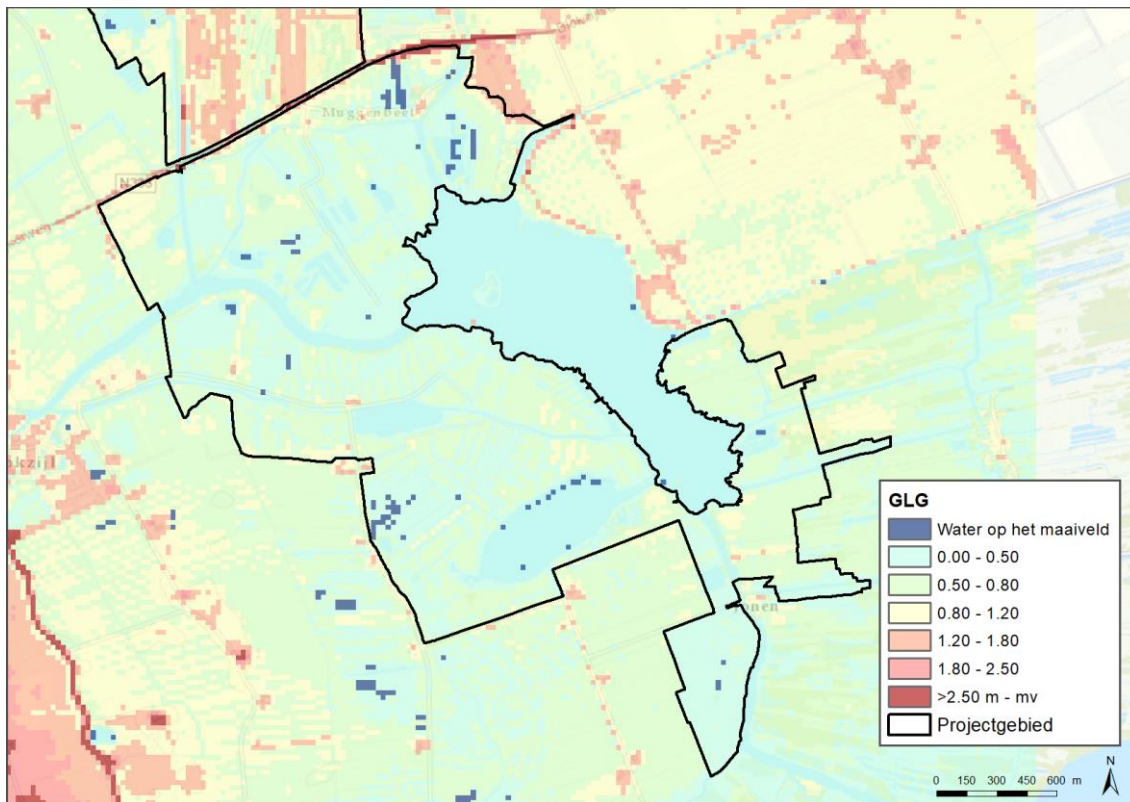
#### Effect op grondwater

Voor het projectgebied Muggenbeet is het schetsontwerp zoals in Figuur 5 doorgerkend. Deze leidt tot de gewenste grondwaterstanden (Figuur 8 en Figuur 9) voor de natuurdoeltypen.

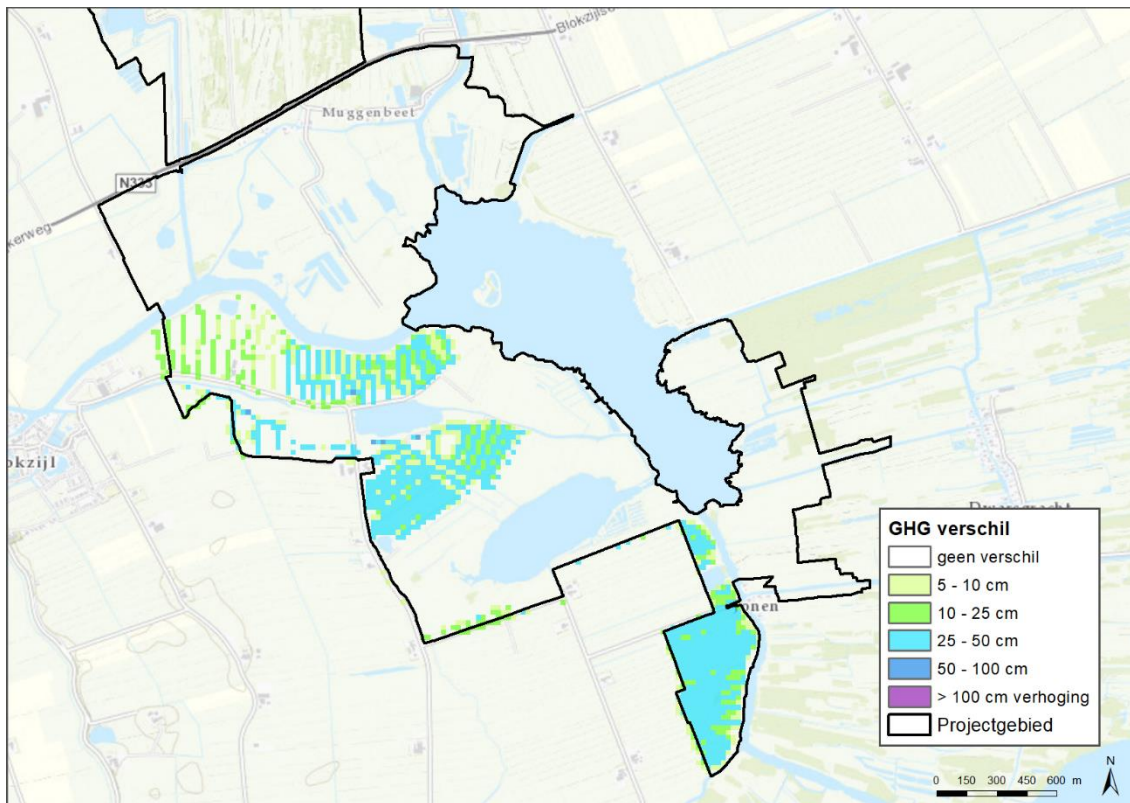
Door het ontwerp stijgt de grondwaterstand op enkele locaties. Het verschil ten opzichte van de grondwaterstand in de referentiesituatie is te zien in Figuur 10 en Figuur 11. De vernatting treedt voornamelijk op binnen de peilvakken die zijn aangepast. Direct langs de gebiedsgrens, aan de westzijde, is ook vernatting te zien. De vernatting ligt veelal tussen de 25 en 50 cm. Buiten het projectgebied is de maximale vernatting 25 cm.



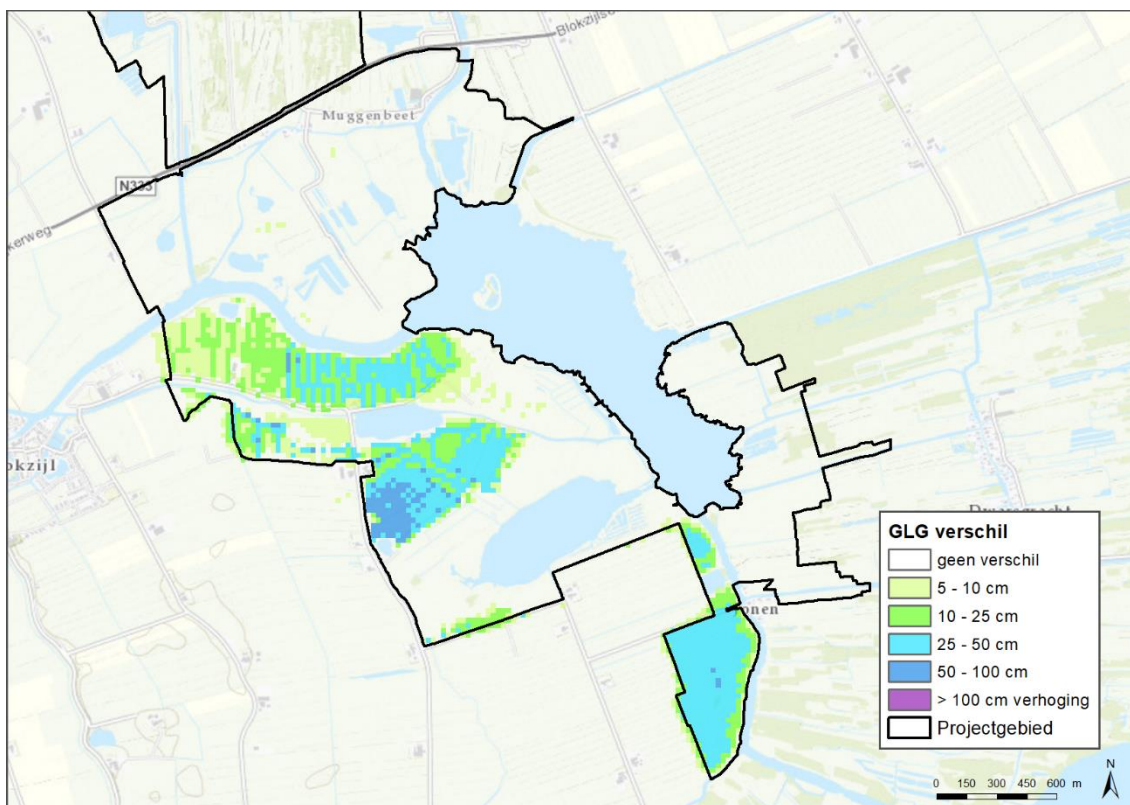
Figuur 8: Berekende gemiddeld hoogste grondwaterstand bij het schetsontwerp.



Figuur 9: Berekende gemiddeld laagste grondwaterstand bij het schetsontwerp.



Figuur 10: Vernatting bij schetsontwerp ten opzichte van de referentiesituatie bij de gemiddeld laagste grondwaterstand.



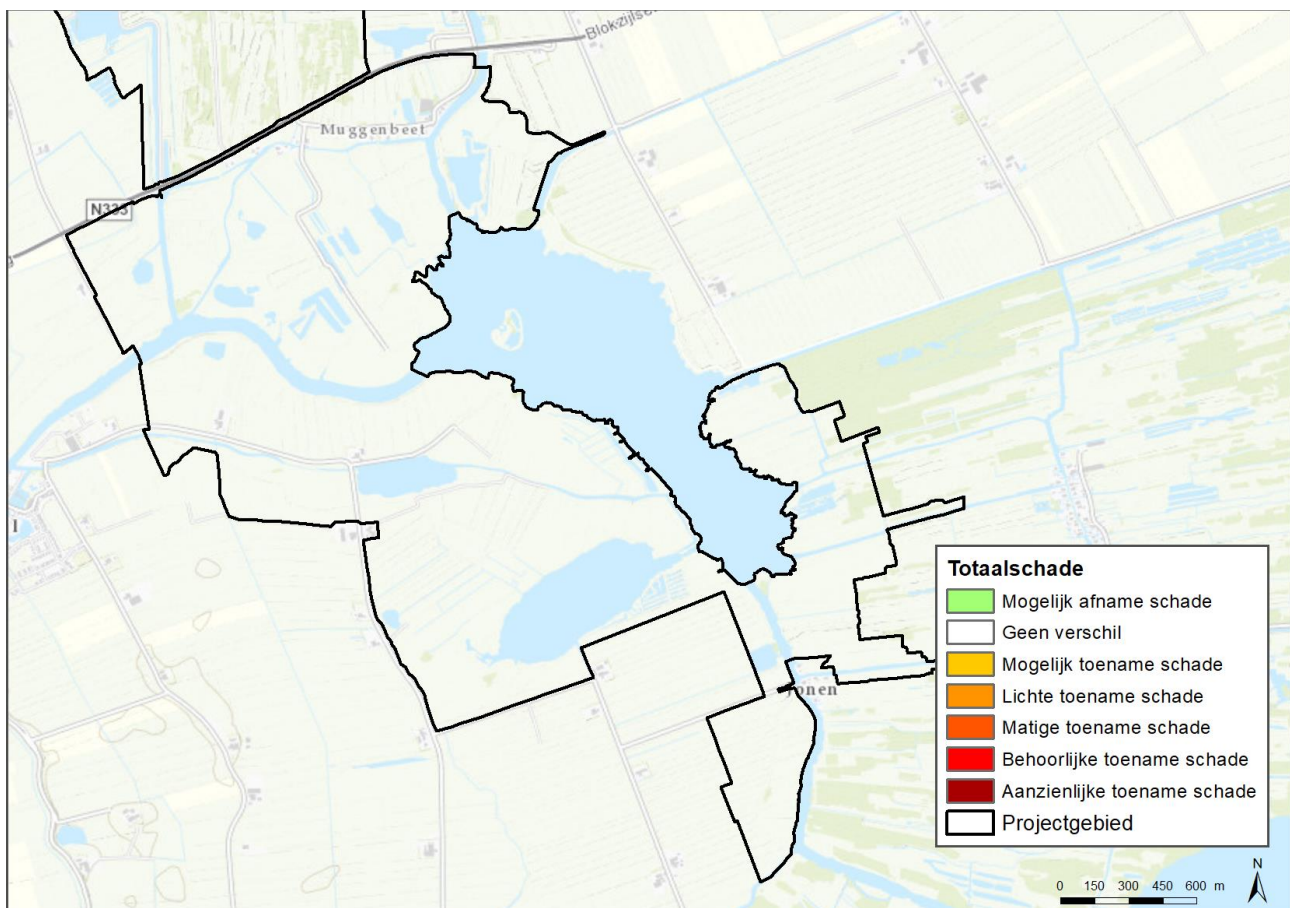
Figuur 11: Vernatting bij schetsontwerp ten opzichte van de referentiesituatie bij de gemiddeld laagste grondwaterstand.

## Toetsing op gebruiksfunctie

De verandering in grondwaterstand kan een effect hebben op de gebruiksfuncties rondom het gebied. Om deze reden is deze gebruiksfunctie getoetst. Er is hierbij gekeken naar de functie landbouw en de functie bebouwing.

Voor de functie landbouw is gebruik gemaakt van de WaterWijzer Landbouw (2018). Zoals al eerder beschreven, is de uitvoer van dit model een indicatie waar toe- of afname in landbouwschade verwacht kan worden en geen exacte waarde (Bijlage E). De gebieden waarvoor de functie landbouw is getoetst, zijn de gebieden buiten het projectgebied, waar een verandering in grondwaterstand optreedt als gevolg van het ontwerp. Deze gebieden bestaan uit grasland, en zijn daarom ook op deze functie getoetst. De uitkomst van de WaterWijzer Landbouw bestaat uit droogteschade, natschade en totaalschade. De totale schade is opgebouwd uit droogteschade en natschade. Wanneer de droogteschade afneemt en de natschade toeneemt kunnen deze elkaar opheffen wanneer naar de totaalschade gekeken wordt.

De uitkomsten van de Waterwijzer Landbouw zijn te zien in Figuur 12. Er wordt geen toe- of afname in de totale landbouwschade verwacht op de percelen rondom het deelgebied Muggenbeet. Er is bij muggenbeet geen sprake van het opheffen van natschade door een afname in droogteschade; er wordt geen droogteschade en geen natschade berekend. De droogteschade en natschade zijn afzonderlijk weergegeven in Bijlage F. Op de locaties waar een effect op de grondwaterstand berekend is, wordt geen toename aan natschade berekend. Dit komt doordat een verhoging in grondwaterstand niet per definitie tot een toename aan landbouwschade leidt.

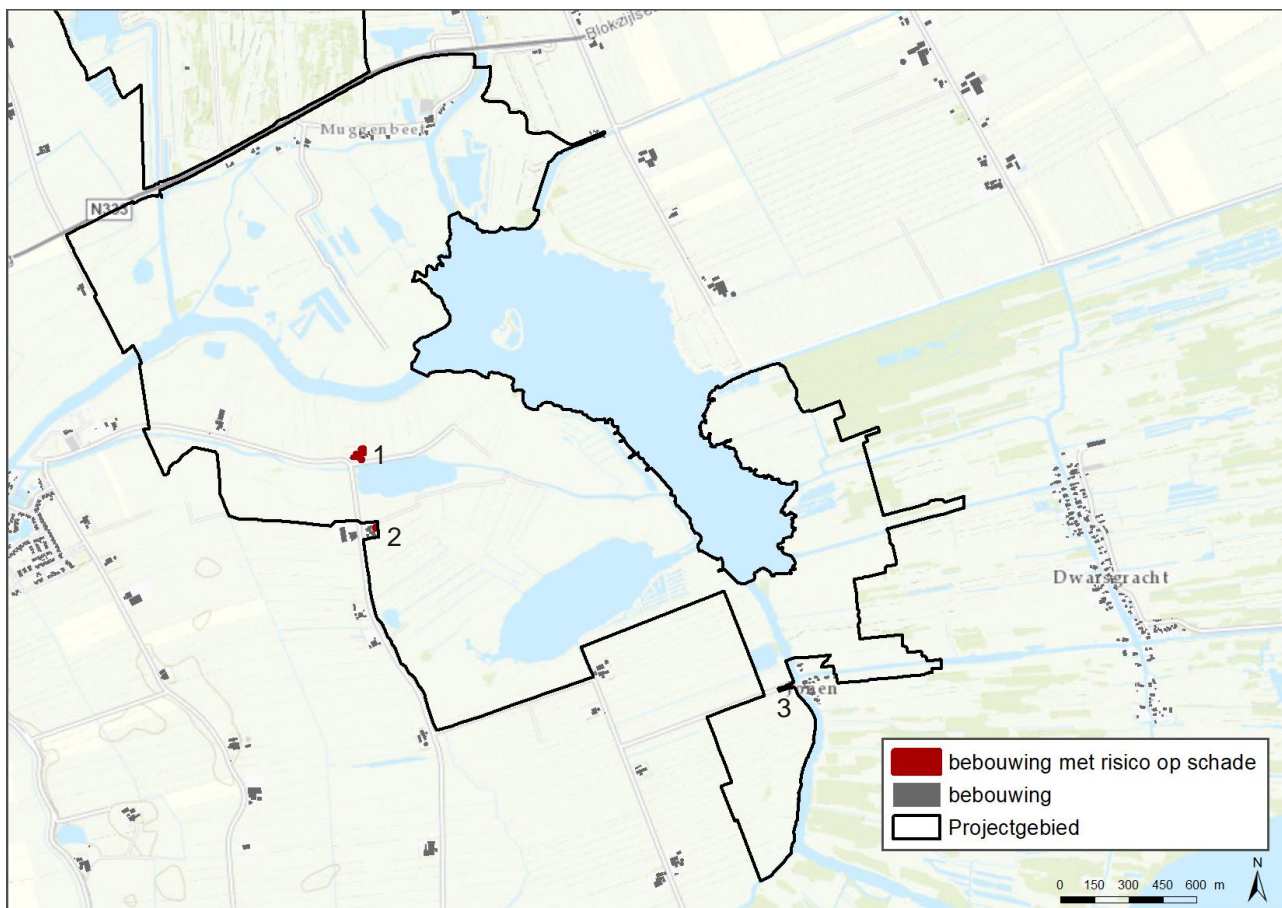


Figuur 12: Verschil in landbouwschade ten opzichte van de referentiesituatie.

Om de effecten op bebouwing in kaart te brengen, is de bebouwing binnen de 5 cm vernattingszone geselecteerd en bekeken of deze een GHG van minder dan 0,8 m -mv. heeft. Wanneer dit het geval is, is er kans op toenemende grondwateroverlast als gevolg van een stijgend grondwaterniveau. De GHG wordt uitgedrukt ten opzichte van het gemiddelde maaiveld (van de modelcel) en niet ten opzichte van de

drempelhoogte van de bebouwing. Wanneer er op basis van deze analyse sprake is van risico op grondwateroverlast, dient de maaiveldhoogte van het erf en de drempelhoogte bepaald te worden. Hieruit zal blijken of er daadwerkelijk sprake is van een toenemend risico.

Uit deze analyse komen 3 locaties naar voren met bebouwing waar risico is op toenemende grondwateroverlast. Deze locaties zijn weergegeven in Figuur 13. De grondwaterstanden voor de huidige situatie en de situatie na doorvoering van het ontwerp, zijn weergegeven in Tabel 3. In alle gevallen voldoet de ontwateringsdiepte niet aan de gewenste diepte van 0,8 m -mv. Bij de tweede locatie is sprake van een forse stijging in grondwaterstand (38 cm) en komen de grondwaterstanden tot vlak onder het maaiveld.



Figuur 13: Bebouwing met risico op toenemende grondwateroverlast.

Tabel 3: Grondwaterstanden bij bebouwing met risico op toename grondwateroverlast.

Locatie uit figuur	Adres	GHG huidig (m -mv.)	GHG ontwerp (m -mv.)	Vershil in GHG (m)
1	Duinigermeerweg 1, Blokzijl	0,27	0,14	0,13
2	Duinigermeerweg 7, Blokzijl	0,41	0,03	0,38
3	Jonenpad	0,31	0,23	0,08

## Mitigatie

Op het gebied van landbouw worden geen nadelige effecten verwacht. Om deze reden wordt hiervoor geen mitigatie voorgesteld.



Bij de bebouwing is bij 3 locaties sprake van toenemende (kans op) grondwateroverlast. Bij deze locaties lijkt de huidige GHG al erg hoog (tot wel 0,27 m -mv.). Mogelijk ligt het maaiveld van het erf hoger dan het gemiddelde maaiveld, waardoor de GHG op de locatie van de bebouwing minder dicht bij het maaiveld staat. Ook is het mogelijk dat er al maatregelen tegen grondwateroverlast zijn getroffen. Voor het vaststellen van het daadwerkelijke risico op grondwateroverlast dient eerst het erf en de drempelhoogte van de bebouwing te worden ingemeten. Hierdoor kan vastgesteld worden of er daadwerkelijk een risico is, of dat het erf voldoende hoog ligt. Ook kan een bouwkundige opname inzicht geven in de gevoeligheid voor grondwateroverlast. Deze maatregelen worden binnen deze rapportage niet verder uitgewerkt. Wel wordt de mogelijkheid tot mitigatie verder verkend.

Om inzicht te krijgen in de mitigatie is per locatie de gemiddelde maaiveld hoogte en GHG-hoogte bekeken ten opzichte van NAP (zie Tabel 4). Vervolgens is per locatie de mogelijke mitigatie verkend. De exacte uitwerking van de mitigatie zal moeten worden uitgewerkt nadat de drempelhoogte van de bebouwing is ingemeten.

Tabel 4: Hoogtes bij bebouwing met risico op toename grondwateroverlast.

Locatie	Maaiveld (m NAP)	GHG huidig (m NAP)	GHG ontwerp (m NAP)
1	-0,16	-0,43	-0,30
2	-0,77	-1,09	-0,72
3	-0,52	-0,83	-0,74

Het perceel op locatie 1 is omringd door een watergang. Het huidige peil is hier -1,25/-1,35 m NAP, het ontworpen peil is -0,73/-0,83 NAP. De hoge GHG komt door de opbolling van de grondwaterstand; de GHG is namelijk hoger dan het peil in de watergangen. Om de GHG te verlagen, zijn verschillende mitigaties bekeken:

- Tegengaan van de opbolling door drainage
- Verlaging van het slootpeil

De opbolling kan verlaagd worden door het plaatsen van een ringdrain dicht rondom de bebouwing of vlakdekkende drainage. Via de drain wordt het grondwater afgevoerd en zal de opbolling minder zijn. De bermsloot langs de Duinigermeerweg zal het huidige peil behouden om voor voldoende drooglegging van deze weg te zorgen. De drainage kan op deze sloot worden aangesloten om op de gewenste diepte, voldoende te kunnen afwateren.

Een andere optie zou zijn om rondom dit perceel het oude peil aan te houden. Hierdoor blijft het verloop richting de sloot hoger en komt de opbolling van het grondwater minder dicht bij maaiveld.

Op locatie 2 is sprake van een forse stijging in GHG (38 cm). Dit wordt veroorzaakt door de peilverhoging van -1,2/-1,4 NAP naar -0,73/-0,83 NAP aan de oostzijde van het perceel. Aan de westzijde van het perceel vindt geen peilverhoging plaats en is er bij de bebouwing ook geen risico op toenemende grondwateroverlast. Aangezien locatie 2 direct langs de plangrens ligt, is het de meest voor de hand liggende mitigatie om de peilen van de watergangen direct langs het perceel niet te verhogen maar op het huidige peil te houden. Hierdoor zal het perceel voldoende kunnen afwateren op deze watergangen (net zoals in de huidige situatie) en zal er geen toename in grondwateroverlast optreden.

Een andere optie zou zijn om het perceel ten oosten van de Duinigermeerweg te laten afwateren via drainage naar de westzijde van de weg, waar een lager peil gehanteerd wordt. Drainage die afwatert richting het oosten is geen optie aangezien de drainage hier niet vrij kan afwateren (de GHG is -0,72 m NAP en het slootpeil is -0,73 m NAP).

Locatie 3 ligt langs de Walengracht, welke op boezempeil ligt. Aan de westzijde van de bebouwing wordt het peil verhoogd van -1,25/-1,3 naar boezempeil. Hierdoor stijgt de GHG circa 8 cm. Het maaiveld ligt circa 20 cm hoger dan het peil in de Walengracht. De GHG ligt 1 cm boven het peil van de omliggende watergangen van -0,73 m NAP, waardoor drainage hier geen optie is. Het hanteren van het oude peil in de omliggende

watergangen is hier ook geen optie, omdat er geen watergangen zijn waar deze op af kan wateren (doordat deze allemaal een hoger peil krijgen). Voor mitigatie moet dus naar het perceel zelf worden gekeken. Hierbij adviseren wij om een bebouwingsonderzoek te laten uitvoeren. Maatregelen liggen dan in de sfeer van een bemalen drainage en/of het verhogen van het maaiveld. Hiervoor dient eerst de drempelhoogte ingemeten te worden om te bepalen of er daadwerkelijk sprake is van risico op grondwateroverlast.

## 7.2 Projectgebied 9 en 10: Verbinding Wieden Vollenhovenmeer en Duinweg – Leeuwte

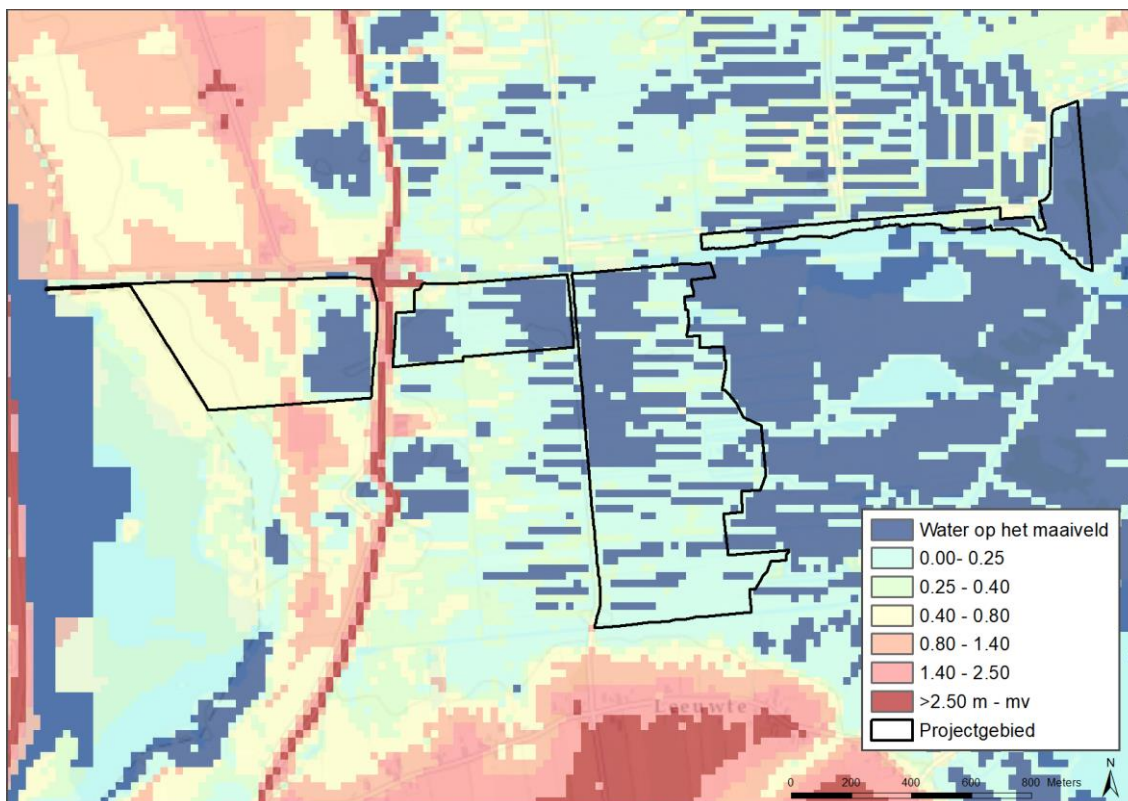
### Effect op grondwater

Voor de projectgebieden 9 en 10 zijn meerdere berekeningen uitgevoerd, omdat uit de modelvalidatie is gebleken dat er een afwijking is tussen de berekende en de gemeten stijghoogten. Door een extra gevoeligheidsberekening uit te voeren, wordt er een bandbreedte aangegeven, waar het werkelijke effect binnen valt. De gevoeligheidsberekening bestaat uit het aanpassen van de doorlatendheid van laag 1 en de weerstand van de watergangen. In totaal zijn er 3 berekeningen uitgevoerd:

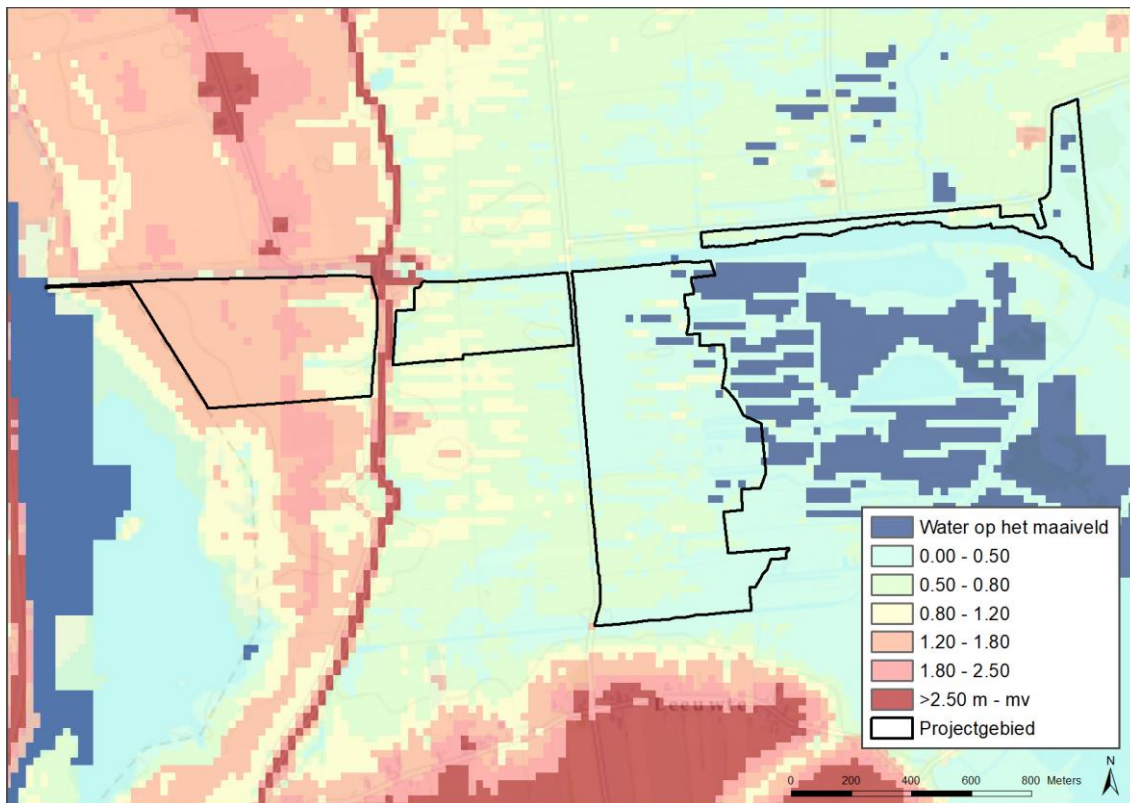
- De berekening met het model zonder aanvullende aanpassingen, zoals deze ook voor Muggenbeet is toegepast.
- De berekening met aanpassingen om het minimale effect te bekijken.
- De berekening met aanpassingen om het maximale effect te bekijken.

Het verhogen van de peilen in peilvak 4 en 2 leidt voor alle drie de berekeningen tot de gewenste grondwaterstanden voor de natuurdoeltypen.

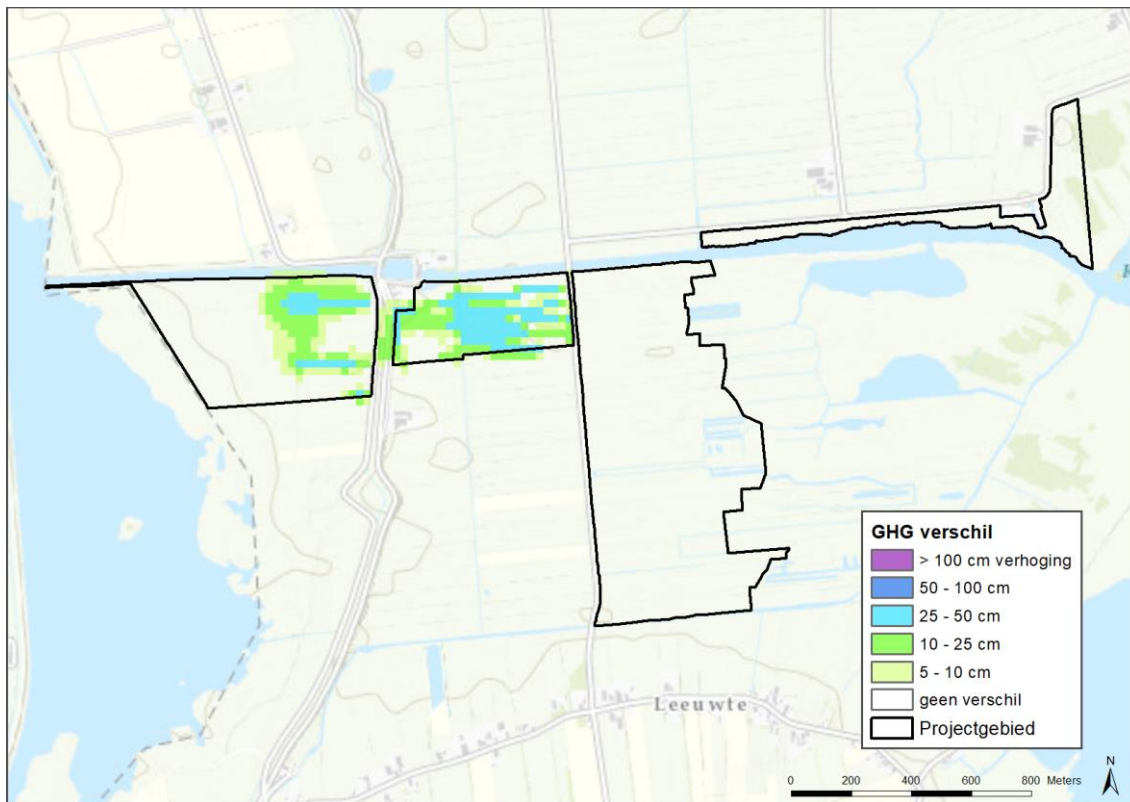
De grondwaterstanden na het doorvoeren van het ontwerp, zijn weergegeven in Figuur 14 en Figuur 15 (voor de berekening zonder modelaanpassingen). Door het ontwerp stijgt de grondwaterstand binnen peilvak 2 en 4 (zie Figuur 16 en Figuur 17). Bij de gemiddeld hoogste grondwaterstand is de lokale vernatting hoger (25 tot 50 cm stijging), bij de gemiddeld laagste grondwaterstand is het invloedgebied groter. De vernatting vindt voornamelijk plaats binnen de projectgrenzen.



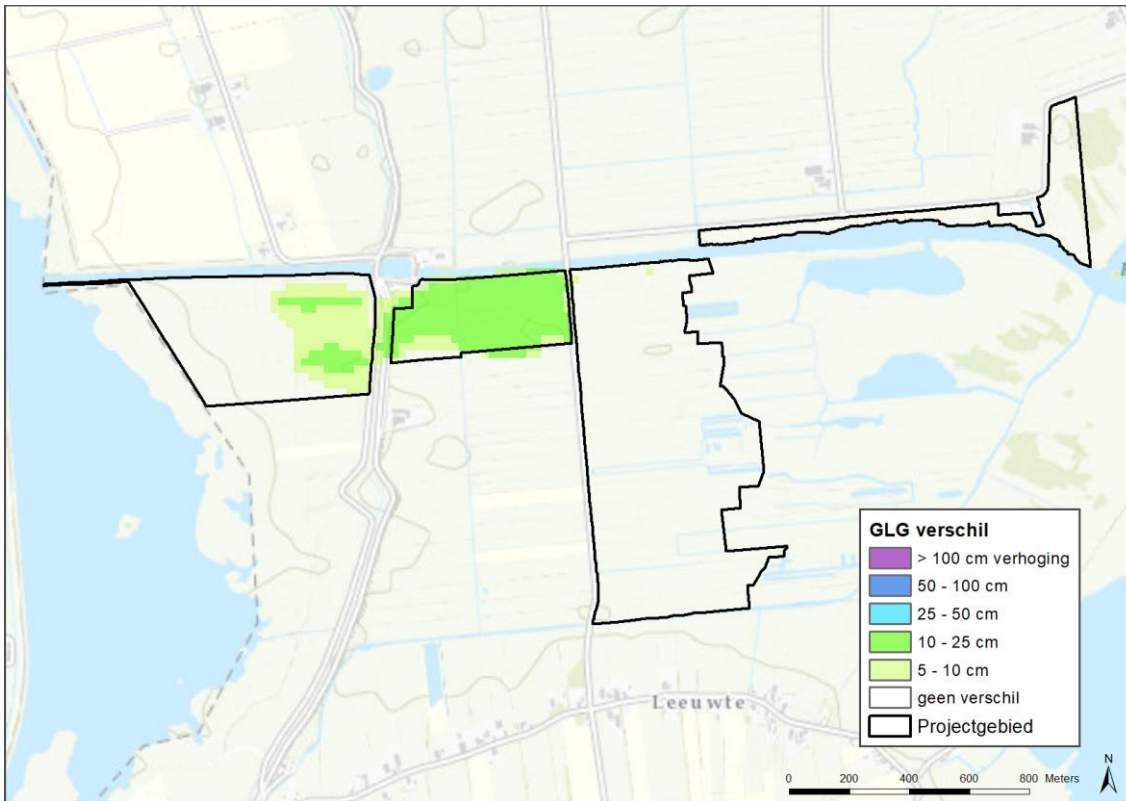
Figuur 14: Berekende gemiddeld hoogste grondwaterstand bij het schetsontwerp.



Figuur 15: Berekende gemiddeld laagste grondwaterstand bij het schetsontwerp.



Figuur 16: Vernatting bij schetsontwerp ten opzichte van de referentiesituatie bij de gemiddeld hoogste grondwaterstand.



Figuur 17: Vernatting bij schetsontwerp ten opzichte van de referentiesituatie bij de gemiddeld laagste grondwaterstand.

## Toetsing op gebruiksfunctie

De verandering in grondwaterstand kan een effect hebben op de gebruiksfuncties rondom het gebied. Om deze reden is deze gebruiksfunctie getoetst. Er is hierbij gekeken naar de functie landbouw, en de functie bebouwing.

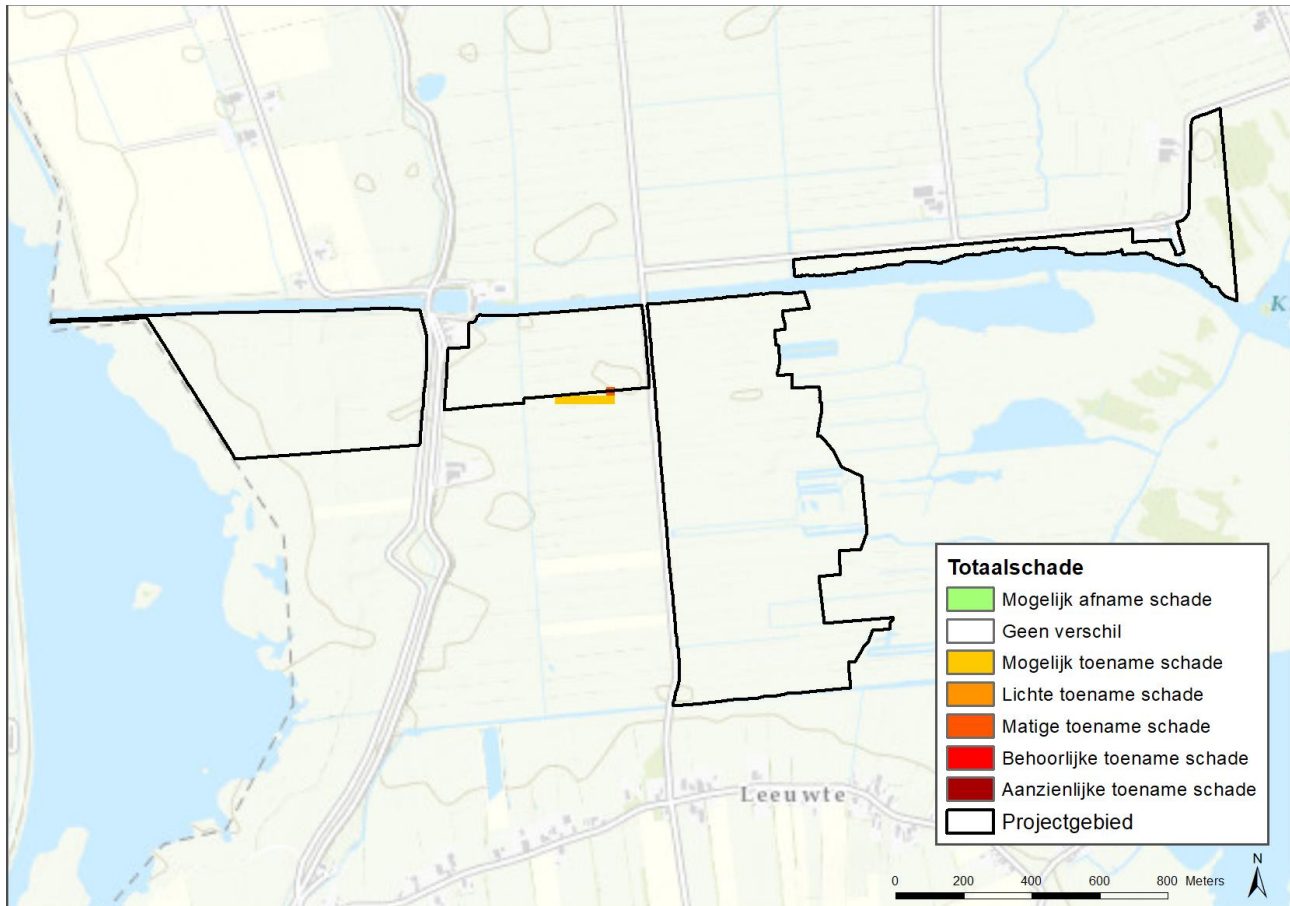
Voor de functie landbouw is gebruik gemaakt van de WaterWijzer Landbouw (2018). Zoals al eerder beschreven, is de uitvoer van dit model een indicatie waar toe- of afname in landbouwschade verwacht kan worden, en geen exacte waarde (Bijlage E). De gebieden waarvoor de functie landbouw is getoetst, zijn de gebieden buiten het projectgebied, waar een verandering in grondwaterstand optreedt als gevolg van het ontwerp. Deze gebieden bestaan uit grasland, en zijn daarom ook op deze functie getoetst. De uitkomst van de WaterWijzer Landbouw bestaat uit droogteschade, natschade en totaalschade. De totale schade is opgebouwd uit droogteschade en natschade. Wanneer de droogteschade afneemt en de natschade toeneemt kunnen deze elkaar opheffen wanneer naar de totaalschade gekeken wordt.

De uitkomsten van de Waterwijzer Landbouw voor de berekening zonder aanvullende aanpassingen zijn te zien in Figuur 18. Ten Oosten van de Weg van Twee Nijenhuisen, langs peilvak 2, is een toename aan landbouwschade te zien. Het gaat hierbij om een strook langs de zuidzijde. Deze toename aan totaalschade wordt veroorzaakt door de toename in natschade als gevolg van een hogere grondwaterstand. Er is geen verandering te zien in droogteschade. De droogteschade en natschade zijn afzonderlijk weergegeven in Bijlage F.

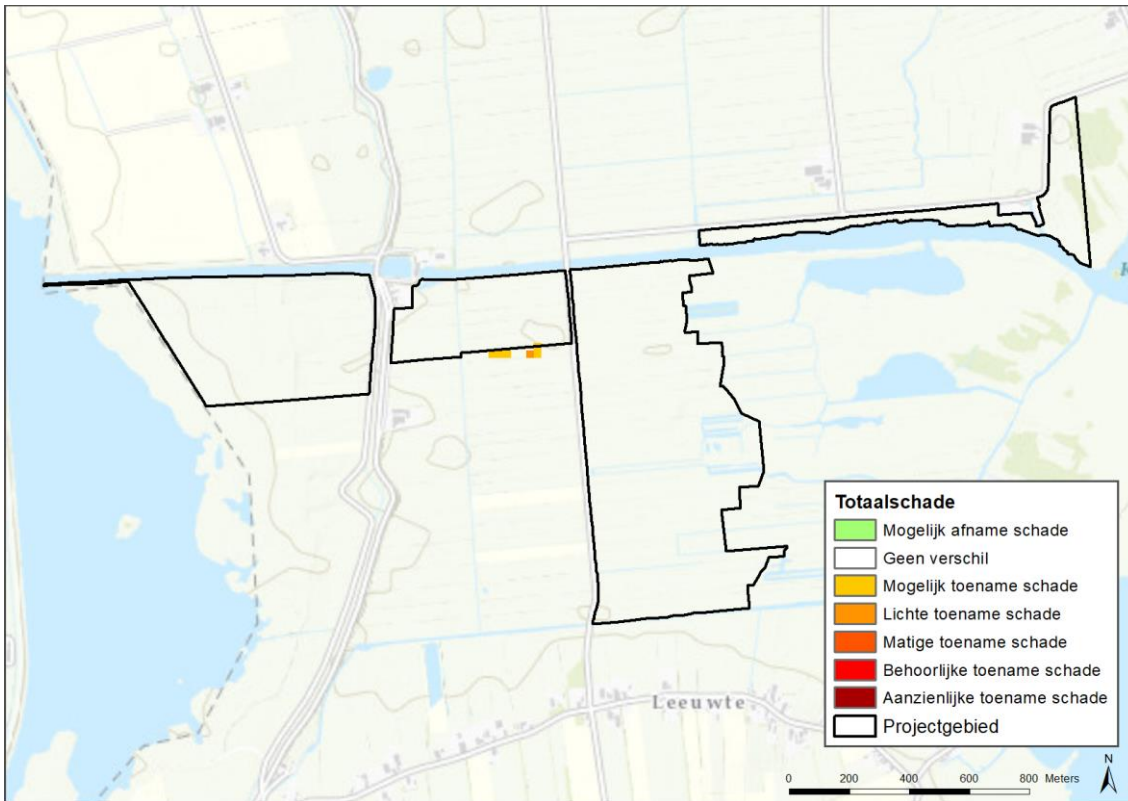
In Figuur 19 is de berekende landbouwschade te zien voor de berekening met het minimale effect. De strook met schade langs peilvak 2 is afgenomen in oppervlak ten opzichte van de berekening zonder aanpassingen.

In Figuur 20 is de berekende landbouwschade te zien voor de berekening met het maximale effect. De strook met schade aan de zuidzijde van peilvak 2 heeft zich verder richting het oosten uitgebreid. Ook is er een locatie met natschade bijgekomen direct langs de Weg van Twee Nijenhuisen, op de grens met het projectgebied.

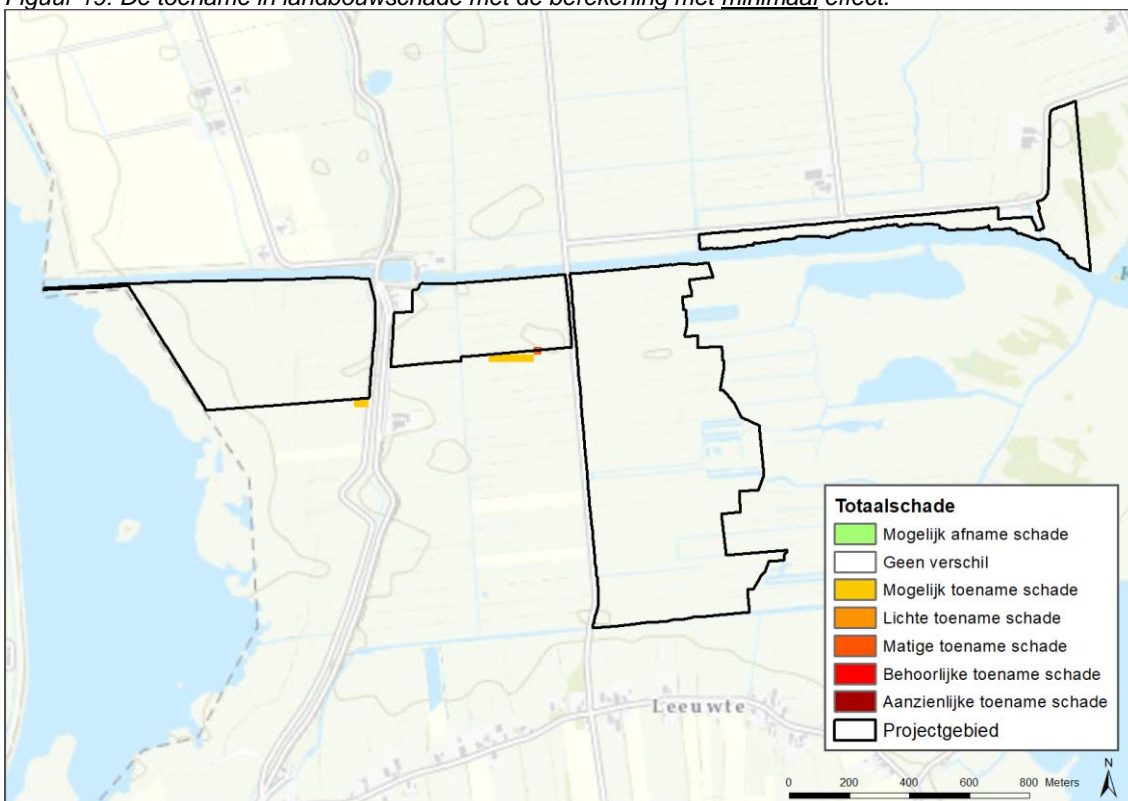
De bandbreedte die gevonden is met de aanvullende berekeningen is erg klein. Het verschil in schade tussen het minimale en maximale effect is gering.



*Figuur 18: Verschil in landbouwschade ten opzichte van de referentiesituatie.*



Figuur 19: De toename in landbouwschade met de berekening met minimaal effect.

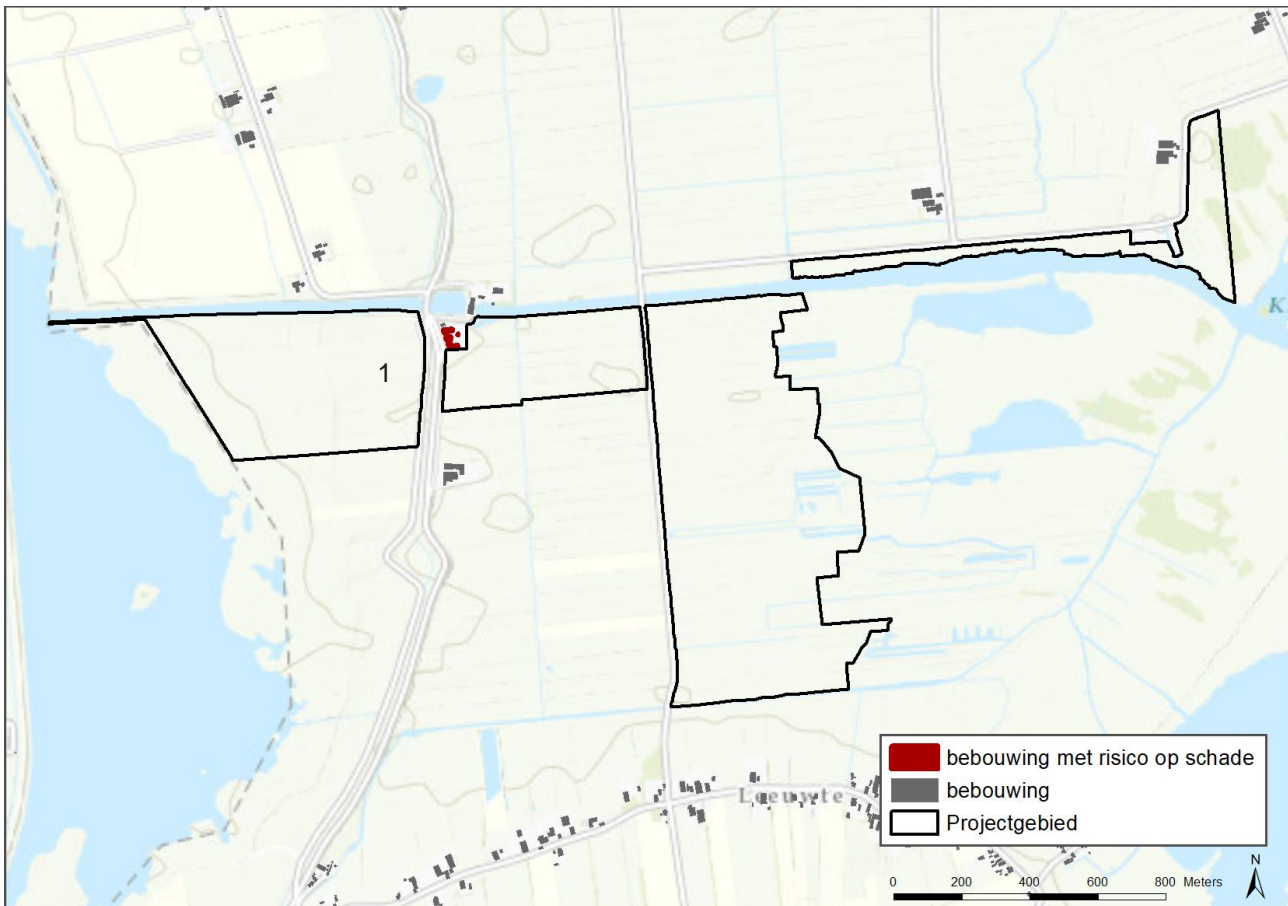


Figuur 20: De toename in landbouwschade met de berekening met maximaal effect.

Om de effecten op bebouwing in kaart te brengen, is de bebouwing binnen de 5 cm vernattingszone geselecteerd en bekeken of deze een GHG van minder dan 0,8 m<sup>-mv</sup>. heeft. Wanneer dit het geval is, is er kans op toenemende grondwateroverlast als gevolg van een stijgend grondwaterniveau. De GHG wordt

uitgedrukt ten opzichte van het gemiddelde maaiveld (van de modelcel) en niet ten opzichte van het maaiveld van het erf. Wanneer er op basis van deze analyse sprake is van risico op toenemende grondwateroverlast, dient het maaiveld van het erf en de drempelhoogte bepaald te worden. Hieruit zal blijken of er daadwerkelijk sprake is van een toenemend risico.

Uit de analyse komt 1 locatie naar voren met bebouwing waar risico is op grondwateroverlast (zie Figuur 21). De grondwaterstanden voor de huidige situatie en de situatie na doorvoering van het ontwerp, zijn weergegeven in Tabel 5.



Figuur 21: Bebouwing met risico op toenemende grondwateroverlast.

Tabel 5: Grondwaterstanden bij bebouwing met risico op toename grondwateroverlast.

Locatie uit figuur	Adres	GHG huidig (m -mv.)	GHG ontwerp (m -mv.)	Vershil in GHG (m)
1	Weg van Twee Nijenhuisen, Vollenhove	0,64	0,58	0,06

## Mitigatie

Uit de WaterWijzer Landbouw blijkt dat er enkele locaties zijn waar risico is op een toename in natschade. Het gaat om een strook ten zuiden van peilvak 2 en een locatie ten westen van de Weg van Twee Nijenhuisen. De toename aan natschade is een negatief effect van de voorgestelde maatregelen en dient gemitigeerd te worden. De mitigatie kan bestaan uit ophoging van de getroffen percelen of het uitkeren van een vergoeding.

Bij de bebouwing is bij 1 locatie sprake van toenemende (kans op) grondwateroverlast. Voor het vaststellen van risico op grondwateroverlast dient eerst de drempelhoogte van de bebouwing ingemeten te worden. Hierdoor kan vastgesteld worden of er daadwerkelijk een risico is of dat het erf voldoende hoog ligt. Ook kan een bouwkundige opname inzicht geven in de gevoeligheid voor grondwateroverlast. Deze maatregelen worden binnen deze rapportage niet verder uitgewerkt. Wel wordt de mogelijkheid tot mitigatie verder verkend.

Tabel 6: Hoogtes bij bebouwing met risico op toename grondwateroverlast.

Modelberekening	Maaiveld (m NAP)	GHG huidig (m NAP)	GHG ontwerp (m NAP)	Vershil in GHG (m)
Zonder aanpassingen	0,27	-0,38	-0,31	0,06
Minimaal effect	0,27	-0,52	-0,45	0,07
Maximaal effect	0,27	-0,13	0,07	0,20

Om inzicht te krijgen in de mogelijke mitigatie, is per modelberekening de maaiveldhoogte en GHG-hoogte bekeken ten opzichte van NAP (zie Tabel 6).

In de huidige situatie ligt het Ettenlandskanaal, ten noorden van het perceel, al op boezempeil. De overige watergangen liggen op -1,05/-1,25 en worden verhoogd naar boezempeil. Uit de NAP-hoogtes van het ontwerp blijkt dat de toekomstige GHG tussen de 30 en 80 cm hoger ligt dan het boezempeil van -0,73. Om een ontwatering van 0,8 m -mv. te realiseren zou de GHG maximaal -0,53 m NAP moeten zijn. Door de ontwatering van het perceel te optimaliseren door drainage aan te leggen, kan de GHG verlaagd worden tot dit niveau. Doordat het niveau hoger ligt dan het peil in de watergangen (-0,53 t.o.v. -0,73 m NAP) kan afwatering op deze watergangen plaatsvinden. Of mitigatie nodig is, en de exacte uitwerking van deze mitigatie, dient nog verder uitgewerkt te worden.



## 8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### Modelontwikkeling

Door de aanpassingen aan het regionale model is een nauwkeurig regionaal grondwatermodel ontwikkeld. Het lokale model voor het projectgebied Muggenbeet blijkt de grondwaterstand nauwkeurig te berekenen. Het lokale model voor projectgebied Verbinding Wieden Vollenhovenmeer en Duinweg – Leeuwte, presteert minder goed doordat er lokale afwijkingen te zien zijn. Om deze reden zijn er aanvullende berekeningen uitgevoerd om een bandbreedte van de effecten te kunnen weergeven.

### Ontwerp (beoogd grondwaterregime)

Op basis van maaiveldhoogte, huidige peilen, huidige grondwaterstanden en gewenste grondwaterstanden is een benodigd peil ingeschat om de optimale condities voor een natuurdoeltype te verwezenlijken.

### Effecten

De ontwerpen hebben het gewenste effect op de grondwaterstanden binnen de projectgebieden. De gewenste grondwaterstanden voor de natuurdoeltypen worden hierbij goed benaderd.

Bij de toetsing op gebruiksfunctie komt naar voren dat er geen landbouwschade wordt verwacht rondom projectgebied Muggenbeet. Bij projectgebied Verbinding Wieden Vollenhovenmeer en Duinweg – Leeuwte wordt lokaal een toename aan landbouwschade verwacht. De mitigatie kan hier bestaan uit ophoging van de getroffen percelen, of het uitkeren van een vergoeding.

Bij projectgebied Muggenbeet zijn er 3 locaties waar kans is op toename van grondwateroverlast bij bebouwing. Bij projectgebied Verbinding Wieden Vollenhovenmeer en Duinweg – Leeuwte is 1 locatie waar kans is op toename van grondwateroverlast bij bebouwing. Of er daadwerkelijk overlast zal optreden, dient verder onderzocht te worden door middel van metingen. Voor elke locatie is de mitigatie verkend. De verkende mitigatie bestaat uit het aanhouden van het huidige peil in plaats van boezempeil in de watergangen rondom het betreffende perceel, of het aanleggen van drainage. Wanneer dit niet mogelijk is adviseren wij een bouwkundige opname.

De berekende effecten zijn de “worst-case” effecten, doordat de eindpeilen zijn gebruikt voor de berekening. In praktijk zal naar deze peilen toegegroeid worden.

### Aanbevelingen

De bebouwing die naar voren komt bij de toetsing op gebruiksfunctie moet verder onderzocht worden. De GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand) bij bebouwing is hier bepaald ten opzichte van het gemiddelde maaiveld. Voor het vaststellen van het daadwerkelijke risico op grondwateroverlast moet ook het maaiveld van het erf en de drempelhoogte van de bebouwing ingemeten worden. Wanneer uit de metingen blijkt dat de verandering in grondwaterstand waarschijnlijk tot overlast leidt, moeten mitigerende maatregelen worden uitgewerkt en onderbouwd. Wanneer hierbij een keuze gemaakt wordt voor een bepaald peil rondom de bebouwing, dan moet dit inzichtelijk zijn op het moment dat het peilbesluit genomen wordt.

De door het grondwatermodel en de WaterWijzer Landbouw berekende effecten wijken mogelijk af van de werkelijkheid. Dit komt door verscheidene gevoeligheden en gekozen parameters. Het grondwatermodel wordt betrouwbaar geacht, waardoor de hier benoemde effecten een goede inschatting zullen zijn. Toch blijft het monitoren van de grondwaterstand van groot belang. Door monitoring kan geverifieerd worden of het doel van de maatregelen behaald wordt en kunnen de effecten op de omgeving gecontroleerd worden. Voor de monitoring kan gebruik gemaakt worden van het reeds bestaande meetnet (monitoringsplan meetnet wieden weerrribben, Arcadis 2018). Door de informatiebehoefte in kaart te brengen kan het meetnet beoordeeld, en waar nodig aangepast worden. Zo zouden er locaties toegevoegd kunnen worden waar risico op natschade/overlast berekend is bij landbouw en bebouwing.

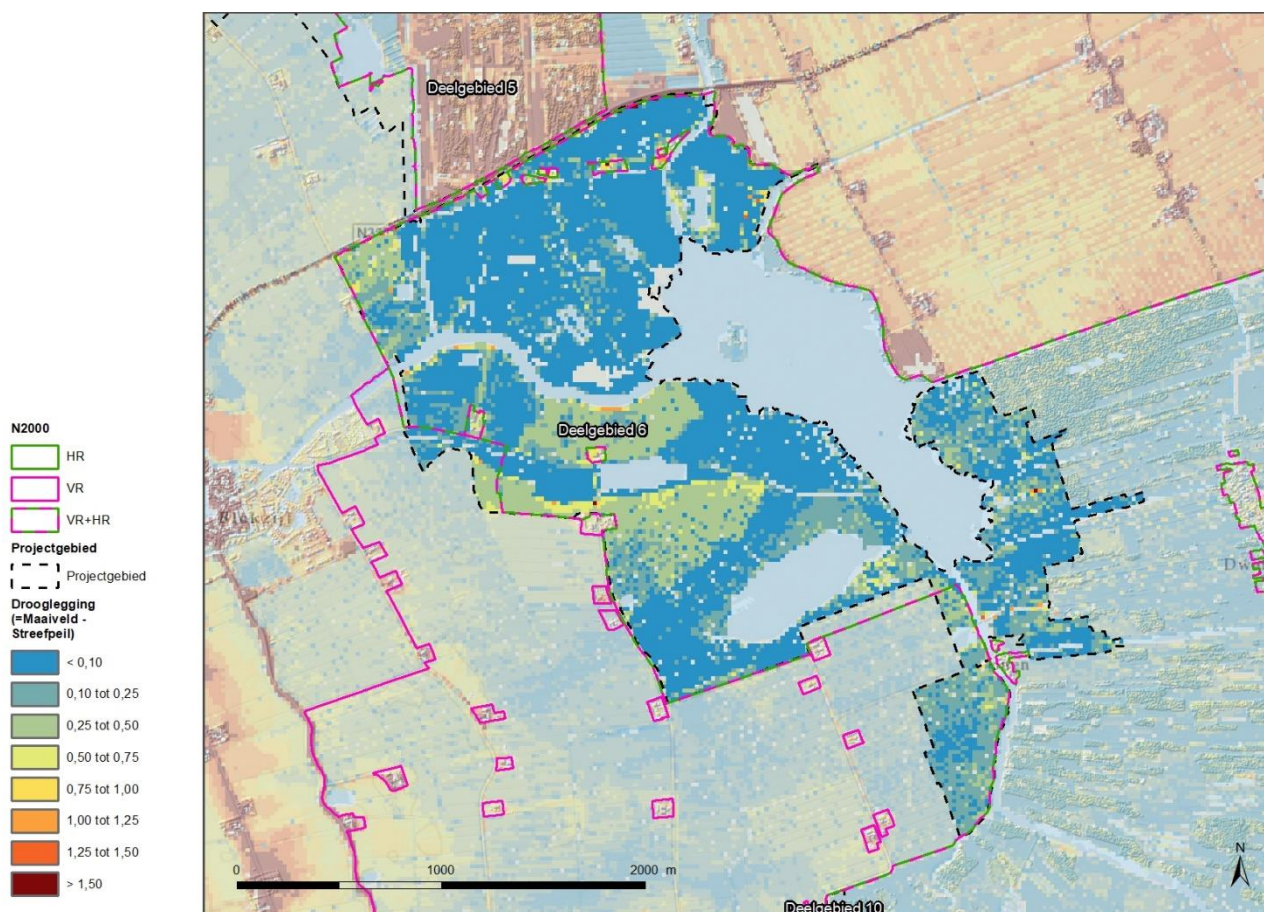
## BIJLAGE A - WATERSYSTEEMBESCHRIJVING PROJECTGEBIEDEN

Deze bijlage beschrijft het watersysteem van de projectgebieden in meer detail. Dit is een aanvulling op hoofdstuk 2.

### Projectgebied 6: Muggenbeet

#### Oppervlaktewater

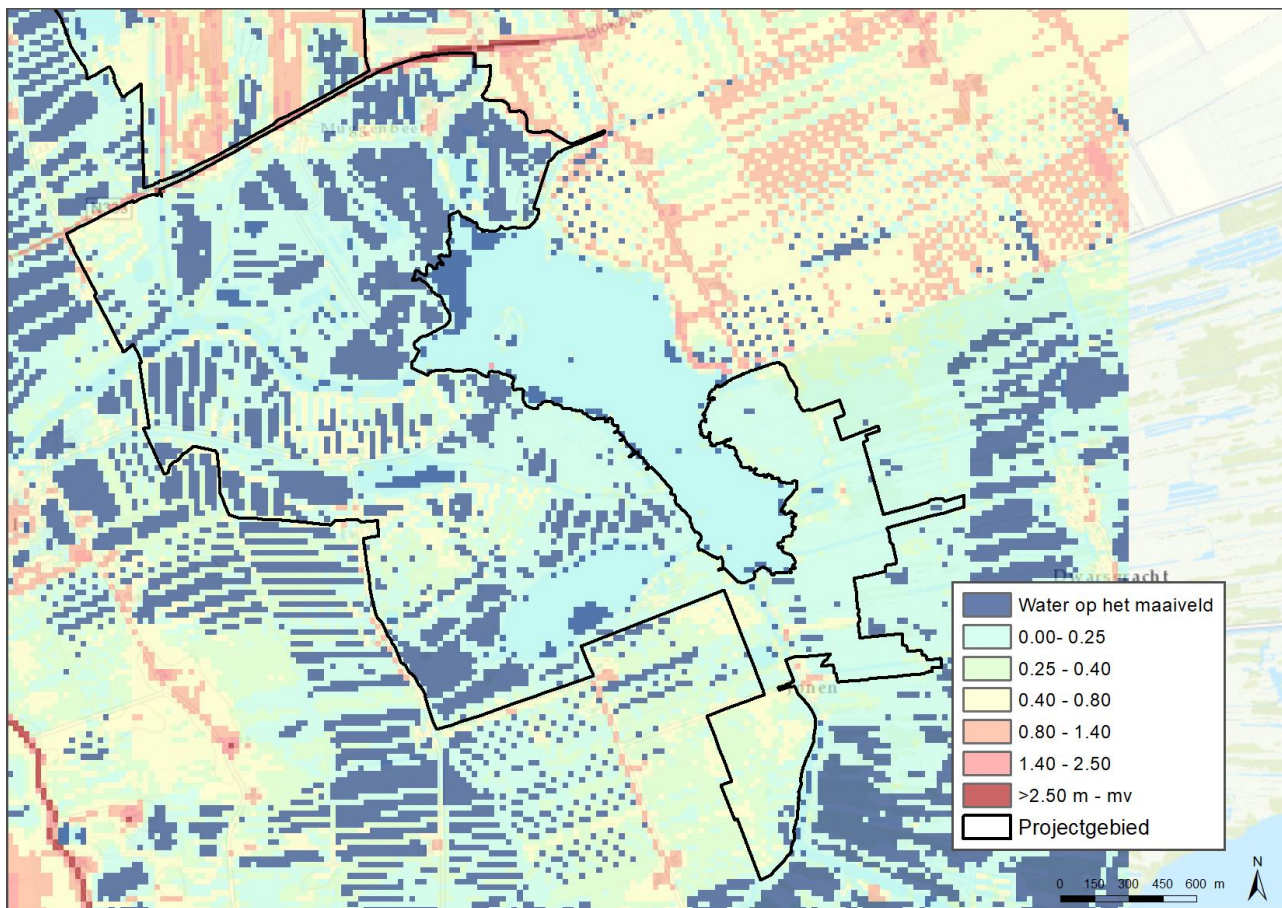
De drooglegging, het streefpeil ten opzichte van het maaiveld, wordt weergegeven in Figuur 22. Op deze kaart zijn de ruimtelijke verschillen in het maaiveld tussen het projectgebied en de omliggende gebieden duidelijk zichtbaar. Doordat het gebied voor het grootste gedeelte op boezempeil ligt, uitgezonderd enkele stroken in het westelijke deel, is er sprake van een geringe drooglegging van maximaal 10 centimeter. In de omliggende polders varieert de drooglegging tussen 1,25 en 1,50 meter en 1 tot 1,25 meter. In dit gebied is sprake van wegzijging. Bovendien is een windmolen aanwezig die het gebied droogmaakt.



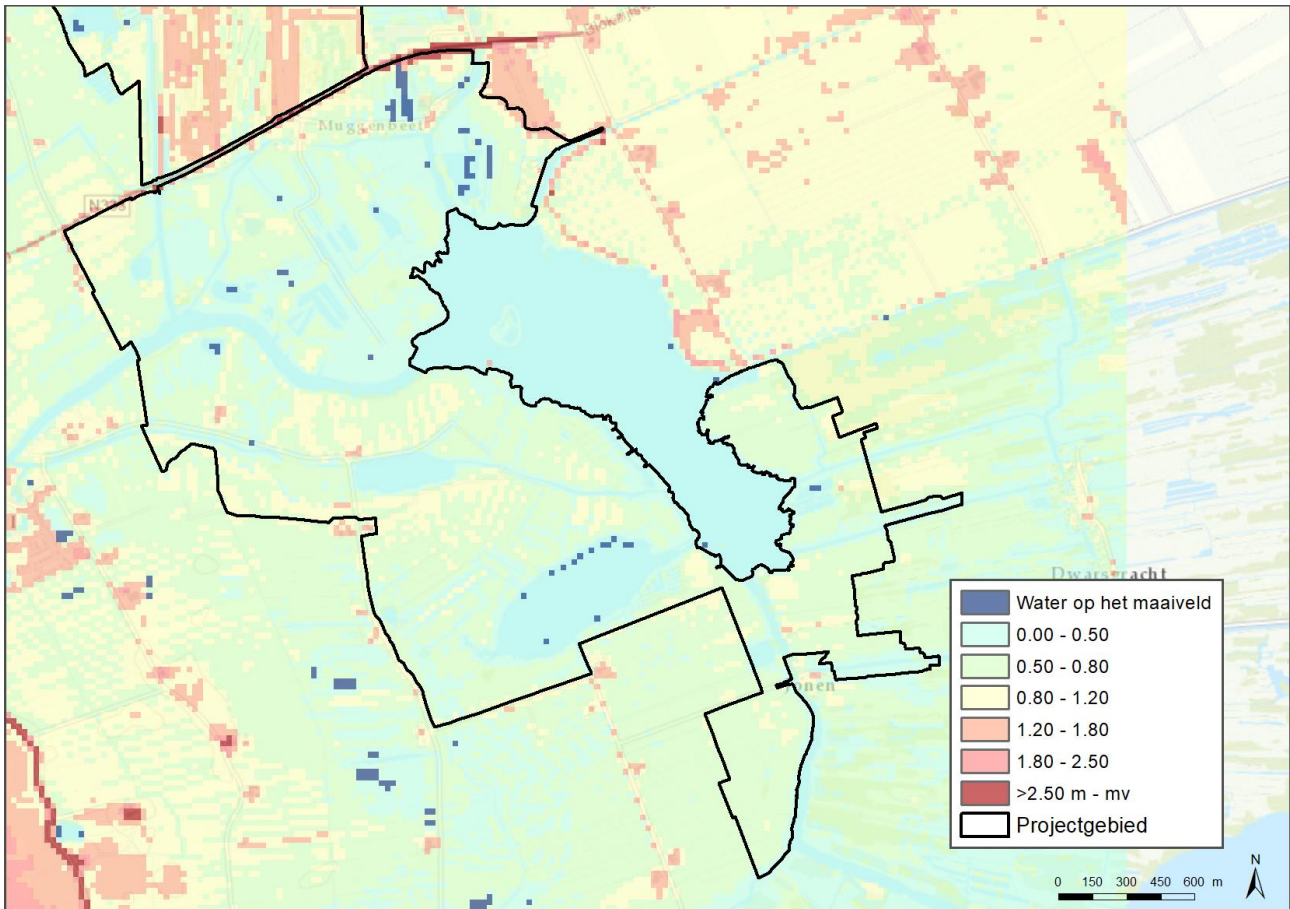
Figuur 22: Drooglegging Muggenbeet.

**Grondwater**

De ontwateringsdiepte, de grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld, van de gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) wordt weergegeven op Figuur 23 en Figuur 24. Bij de GLG ligt de grondwaterstand relatief laag, tussen 0,4 en 0,8 meter onder het maaiveld in een groot deel van het gebied. Bij de GHG ligt de grondwaterstand veelal tussen 0,25 meter onder maaiveld tot op maaiveld.

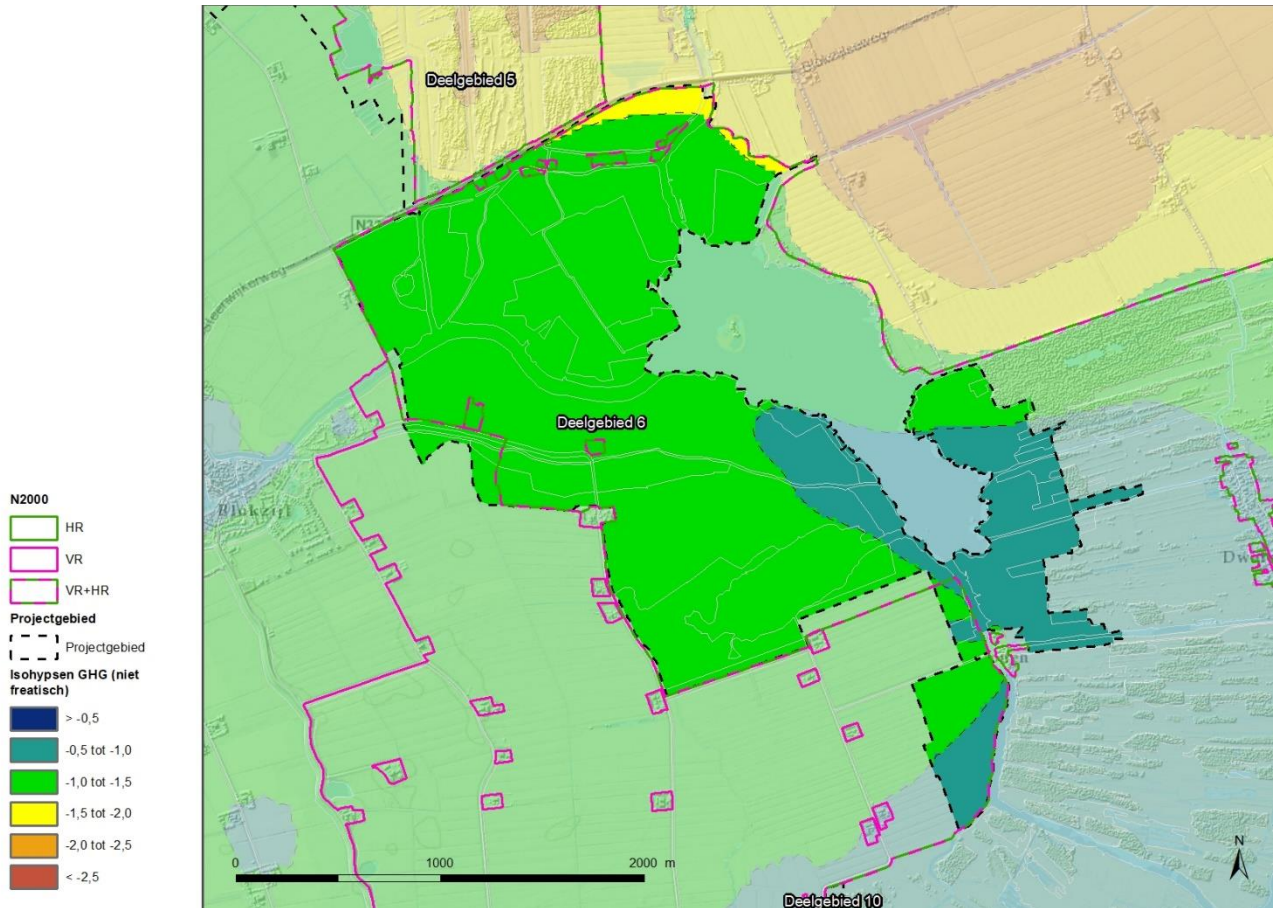


Figuur 23: Ontwateringsdiepte van de gemiddeld hoogste grondwaterstand in Muggenbeet.

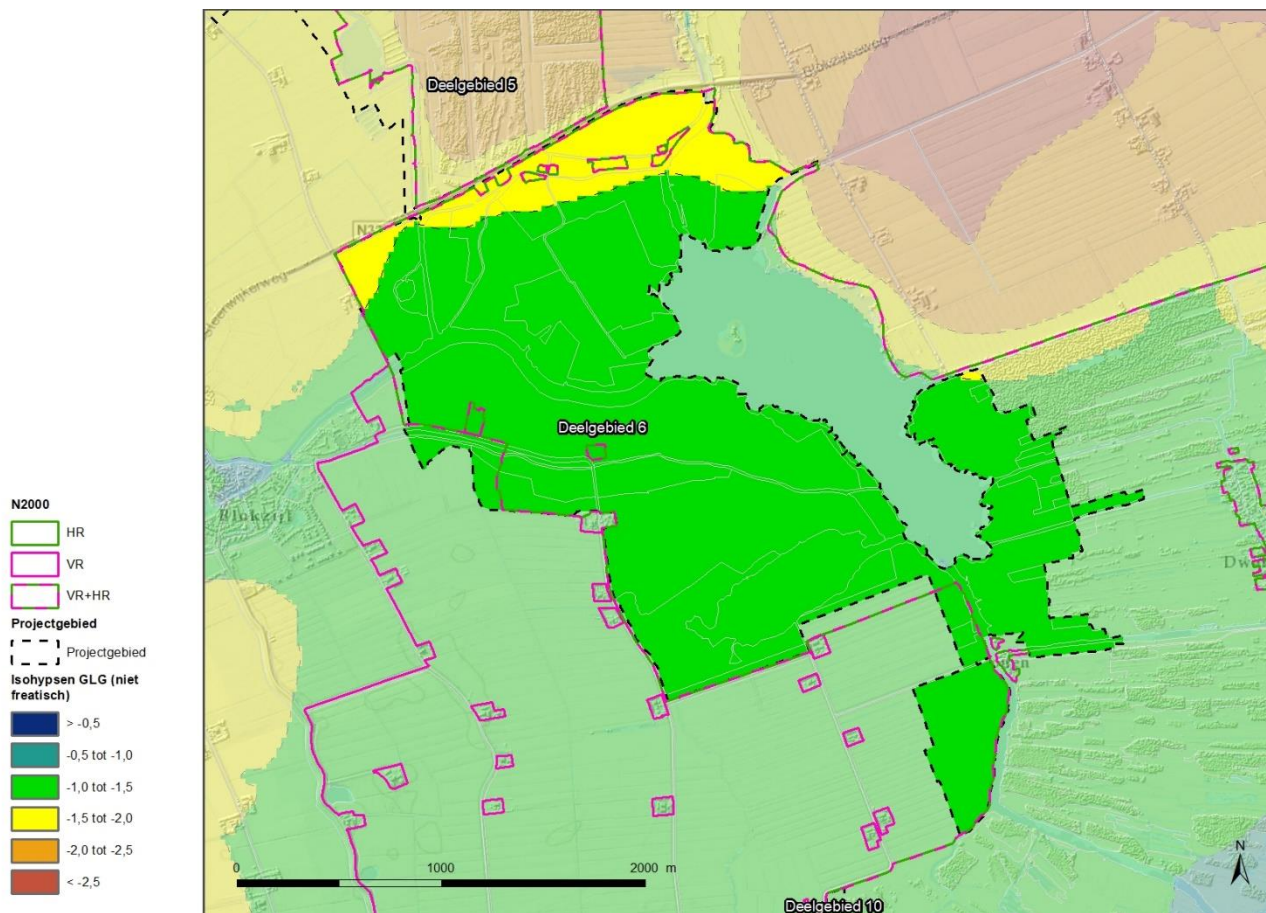


Figuur 24: Ontwateringsdiepte van de gemiddeld laagste grondwaterstand in Muggenbeet.

De isohypsenkaart van de gemiddeld laagste grondwaterstand laat een stijghoogte zien van -1 tot -1,5 meter NAP (Figuur 25 en Figuur 26). De isohypsenkaart van de gemiddeld hoogste grondwaterstand laat vanaf de oostzijde een stijghoogte zien tussen -0,5 tot -1 meter NAP. De polder ten noordoosten van het projectgebied heeft een stijghoogte van -2,5 meter of lager onder NAP. Dit impliceert dat de grondwaterstroming vanuit het projectgebied in noordoostelijke richting stroomt.



Figuur 25: Isohypsen van de gemiddeld hoogste grondwaterstand in Muggenbeet.

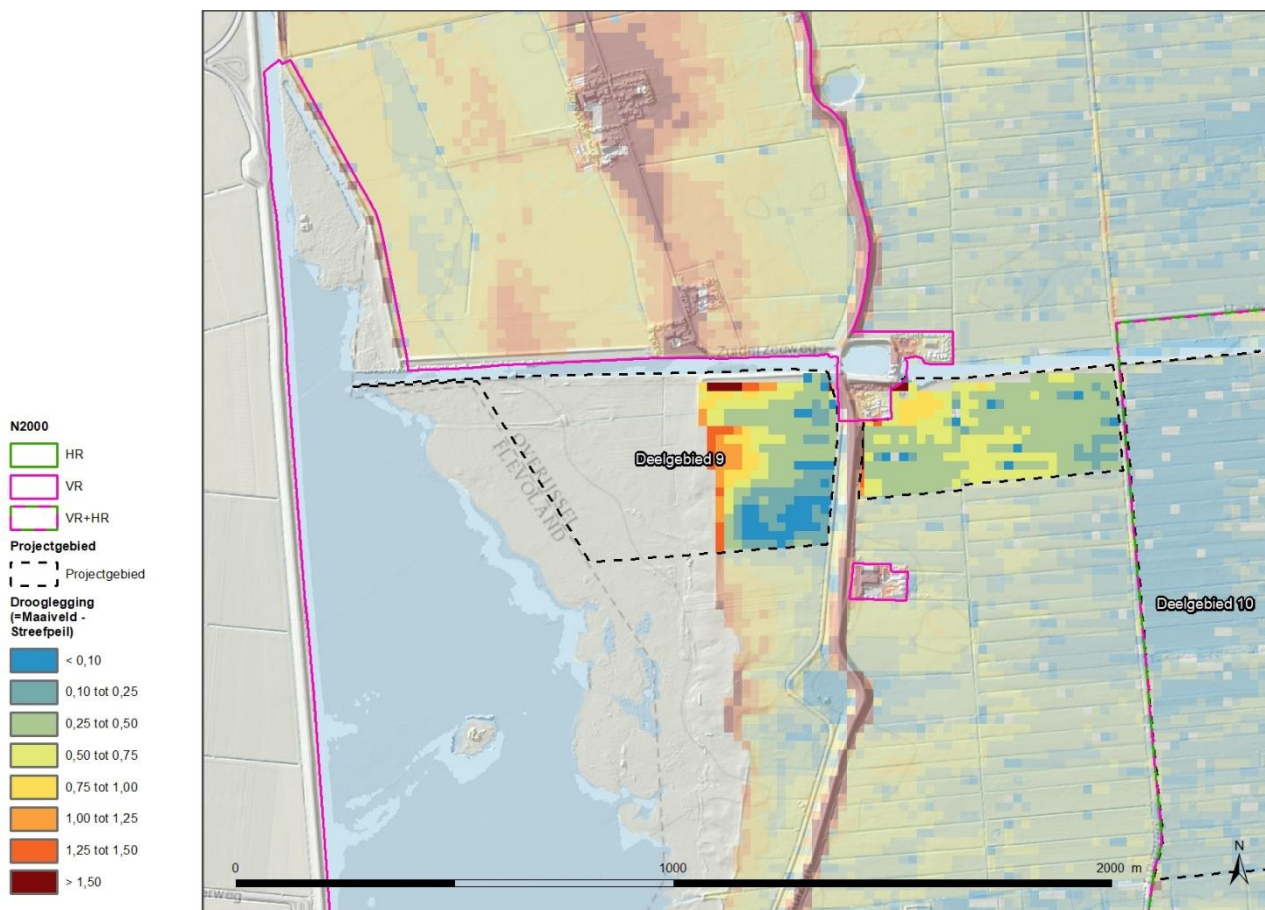


Figuur 26: Isohypsens van de gemiddeld laagste grondwaterstand in Muggenbeet.

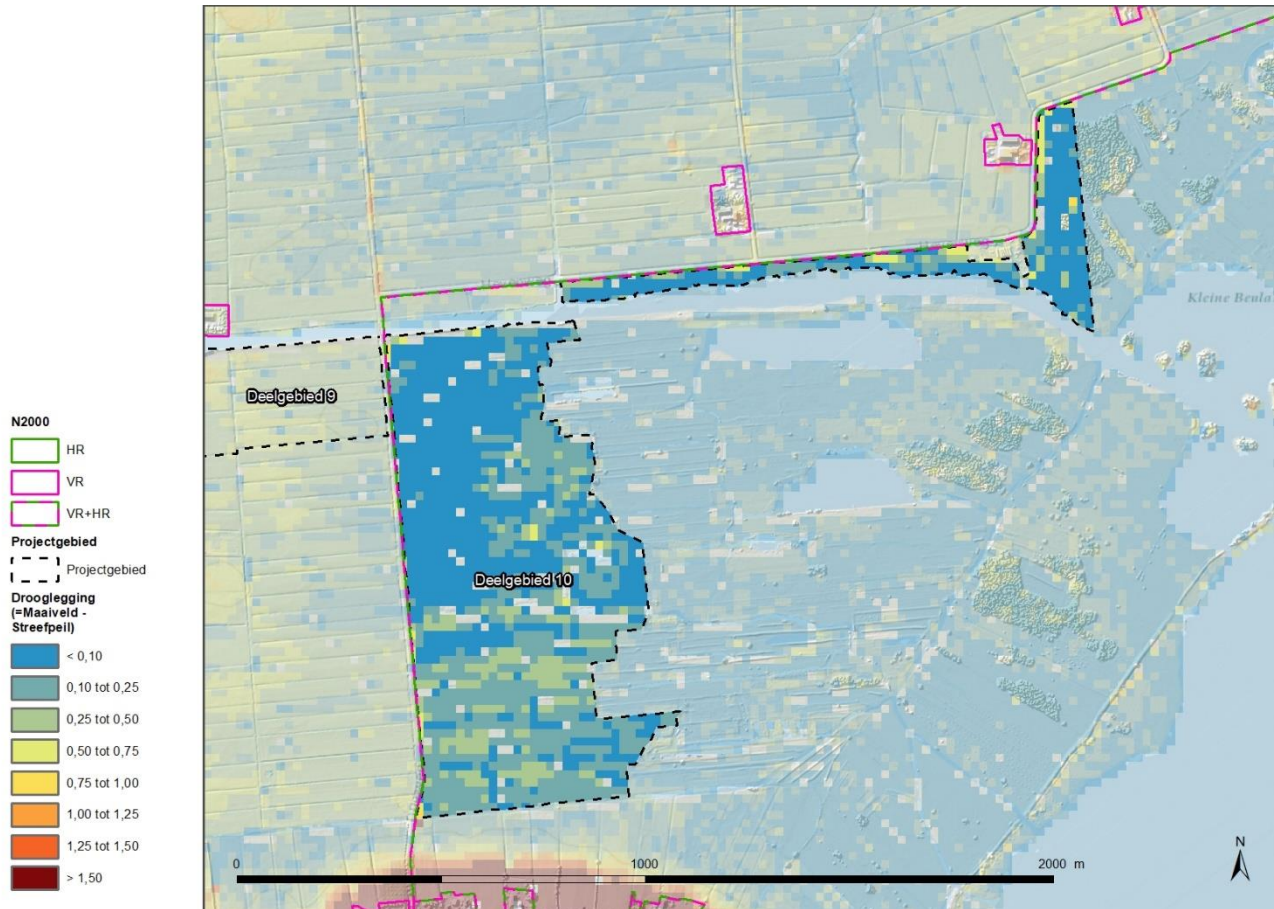
**Projectgebied 9 en 10: Verbinding Wieden-Vollenhovenmeer en Duinweg- Leeuwte**

**Oppervlaktewater**

De drooglegging, het streefpeil ten opzichte van het maaiveld, wordt weergegeven op Figuur 27 en Figuur 28 en vertoont een gevarieerd beeld. De dijk is duidelijk herkenbaar in het midden. Het boezempeil in het Natura 2000-gebied zorgt voor een geringe drooglegging van maximaal 10 centimeter.



Figuur 27: Drooglegging projectgebied Wieden-Vollenhovenmeer.



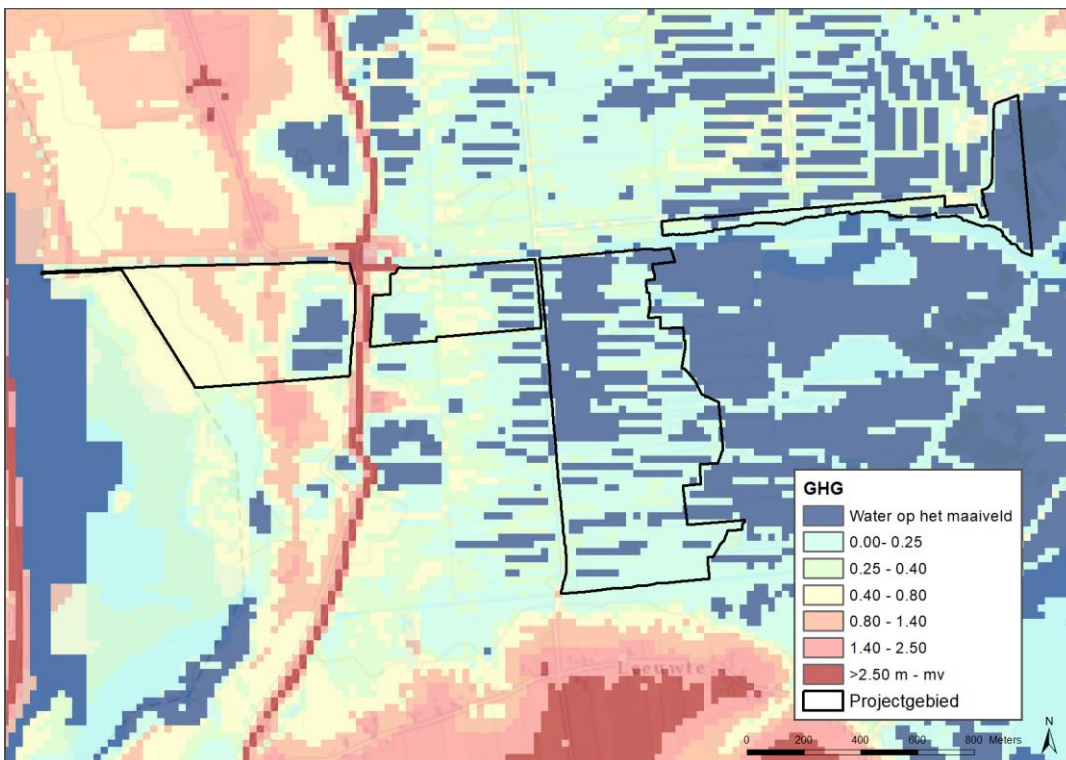
Figuur 28: Drooglegging projectgebied Duingebied 10.



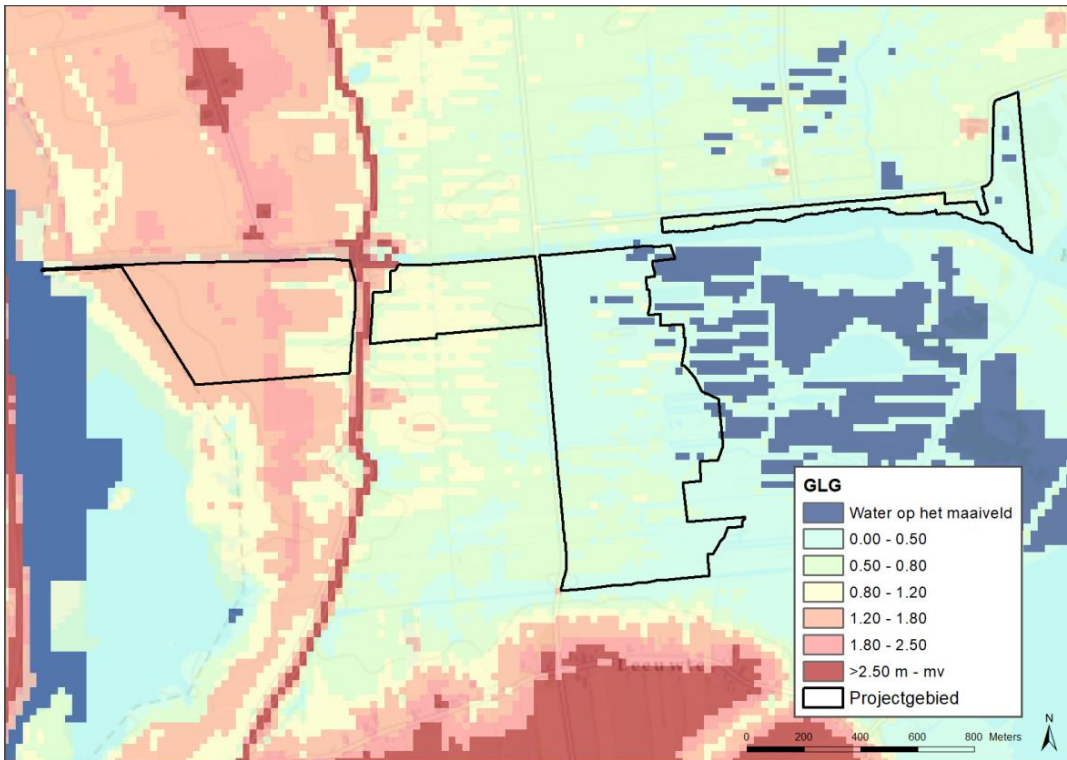
### Grondwater

De ontwateringsdiepte, de grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld van de gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG), wordt weergegeven op Figuur 29 en Figuur 30. Aan de oostelijke zijde van de Weg van twee Nijenhuisen heerst een ontwateringsdiepte van 0,4 – 0,8 meter min maaiveld bij de GLG en 0 – 0,25 meter min maaiveld bij de GHG. Aan de oostzijde is deze 0,8 meter min maaiveld of hoger bij de GLG en 0,4 meter min maaiveld of hoger bij de GHG. De hoogte van het grondwater in Duinweg-Leeuwte ligt voor het grootste gedeelte van het projectgebied tussen 25 cm onder maaiveld tot op maaiveld bij de GHG. Bij de GLG zijn ontwateringsdiepten op het maaiveld te zien aan de oostzijde en diepten tussen 40 en 80 cm onder het maaiveld aan de zuidoostzijde.

De verhouding tussen de freatische (ondiepe) grondwaterstand en de diepe grondwaterstijghoogte bepaalt of er opwaarts of neerwaarts gerichte (grond)waterstroming is. Daarnaast speelt de verhouding tussen polderpeil en boezempeil een rol, met name op de overgang tussen deze twee. Het is daarom van groot belang om over de juiste actuele grondwaterstanden en waterpeilen te beschikken.

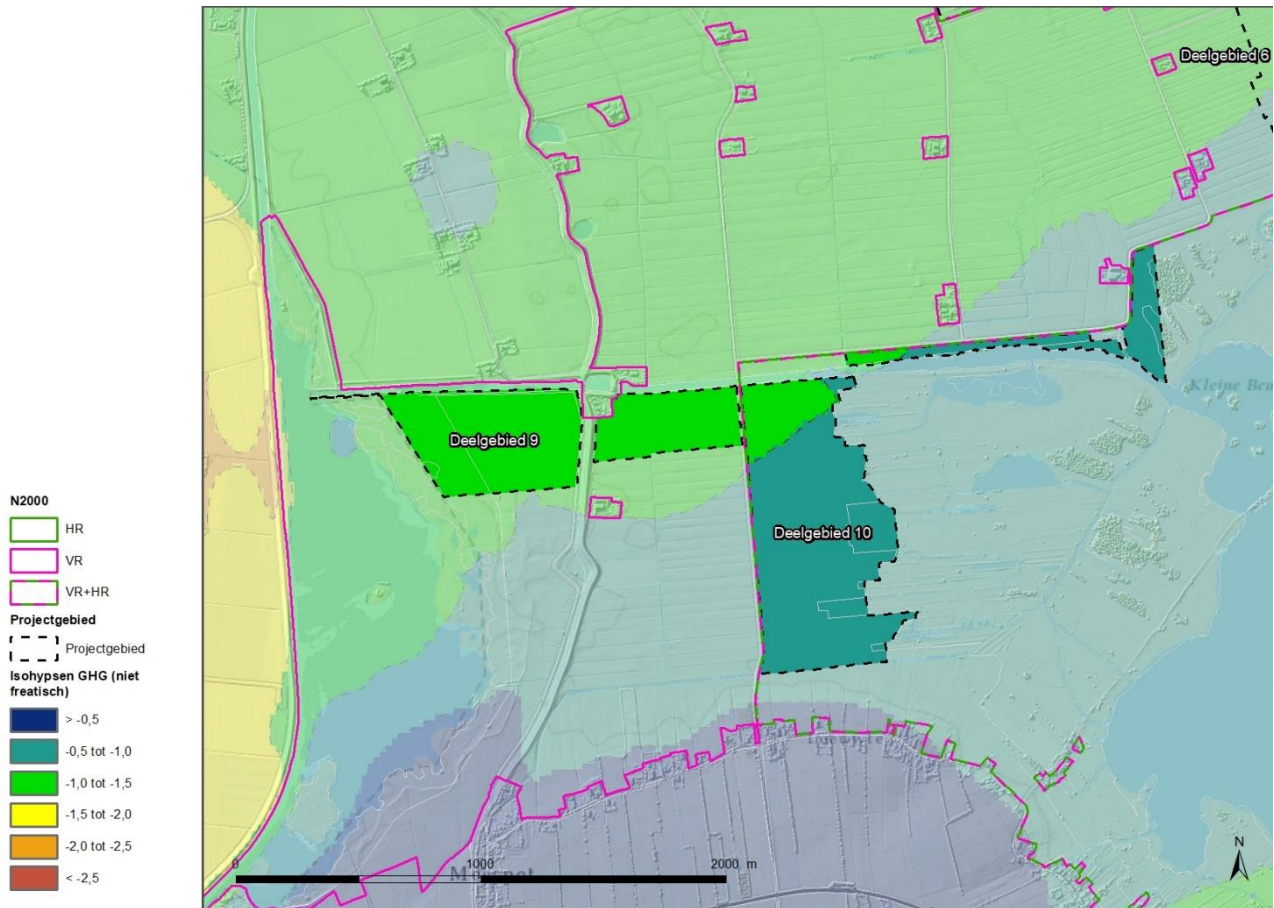


Figuur 29: Ontwateringsdiepte bij de gemiddeld hoogste grondwaterstand in projectgebied Wieden-Vollenhovenmeer en Duinweg-Leeuwte.

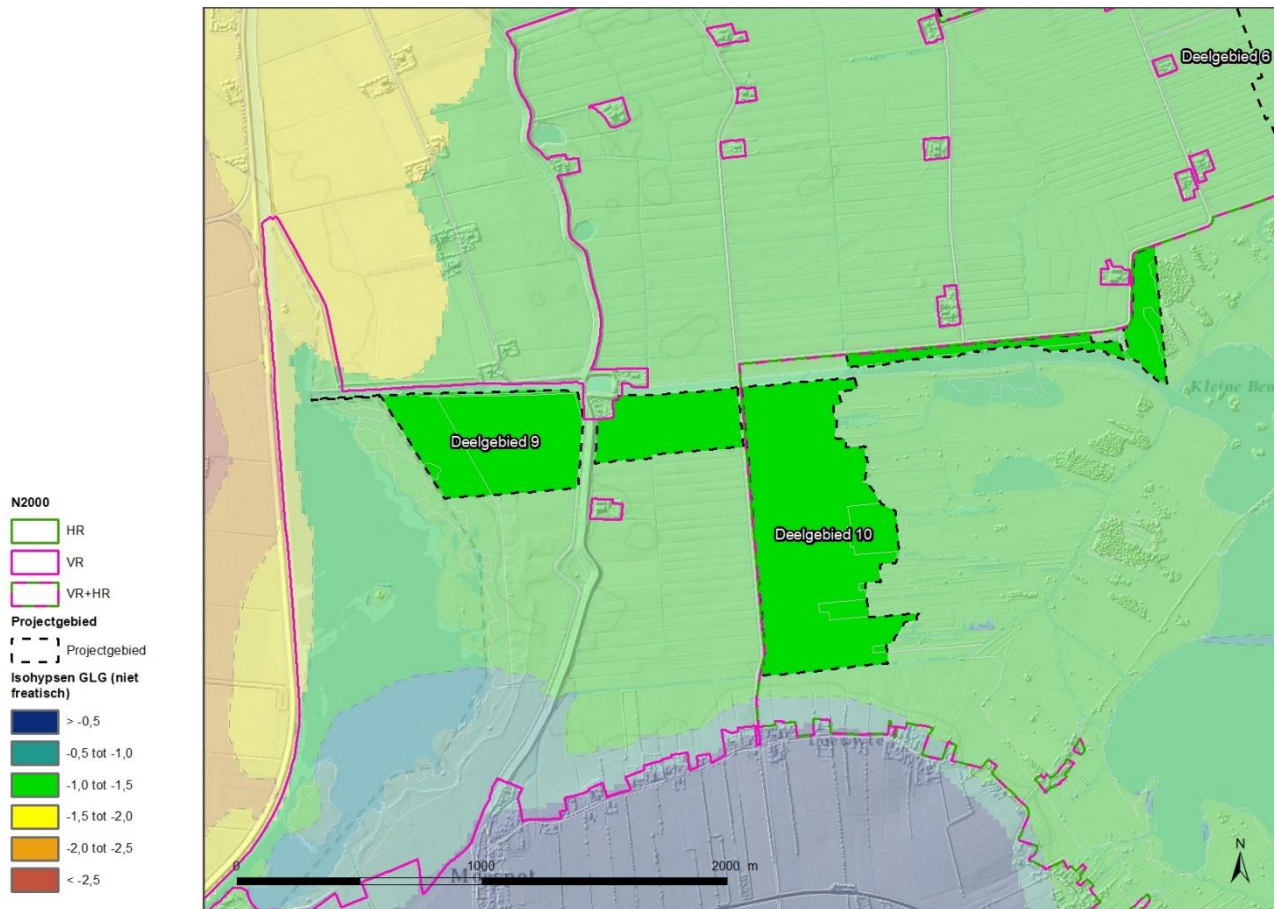


*Figuur 30: Ontwateringsdiepte bij de gemiddeld laagste grondwaterstand in projectgebied Wieden-Vollenhovenmeer en Duinweg-Leeuwte.*

De isohypsenkaart laat een homogene stijghoogte zien van -1,0 tot -1,5 meter onder NAP over het projectgebied Wieden- Vollenhovenmeer bij de GHG en de GLG. Bij Duinweg-Leeuwte is een stijghoogte te zien van -1 tot 1,5 meter onder NAP bij de GLG en bij de GHG is veelal een stijghoogte van -0,5 tot -1 meter onder NAP te zien. Ten westen en noorden van het projectgebied ligt de stijghoogte lager (-1,5 tot -2,5 meter). Ten zuiden en westen ligt de stijghoogte hoger (-0,5 tot -1 meter). Dit impliceert dat de grondwaterstroming vanuit het zuiden naar het noordwesten loopt.



Figuur 31: Isohypsen bij de gemiddeld hoogste grondwaterstand in projectgebied Wieden-Vollenhovenmeer.

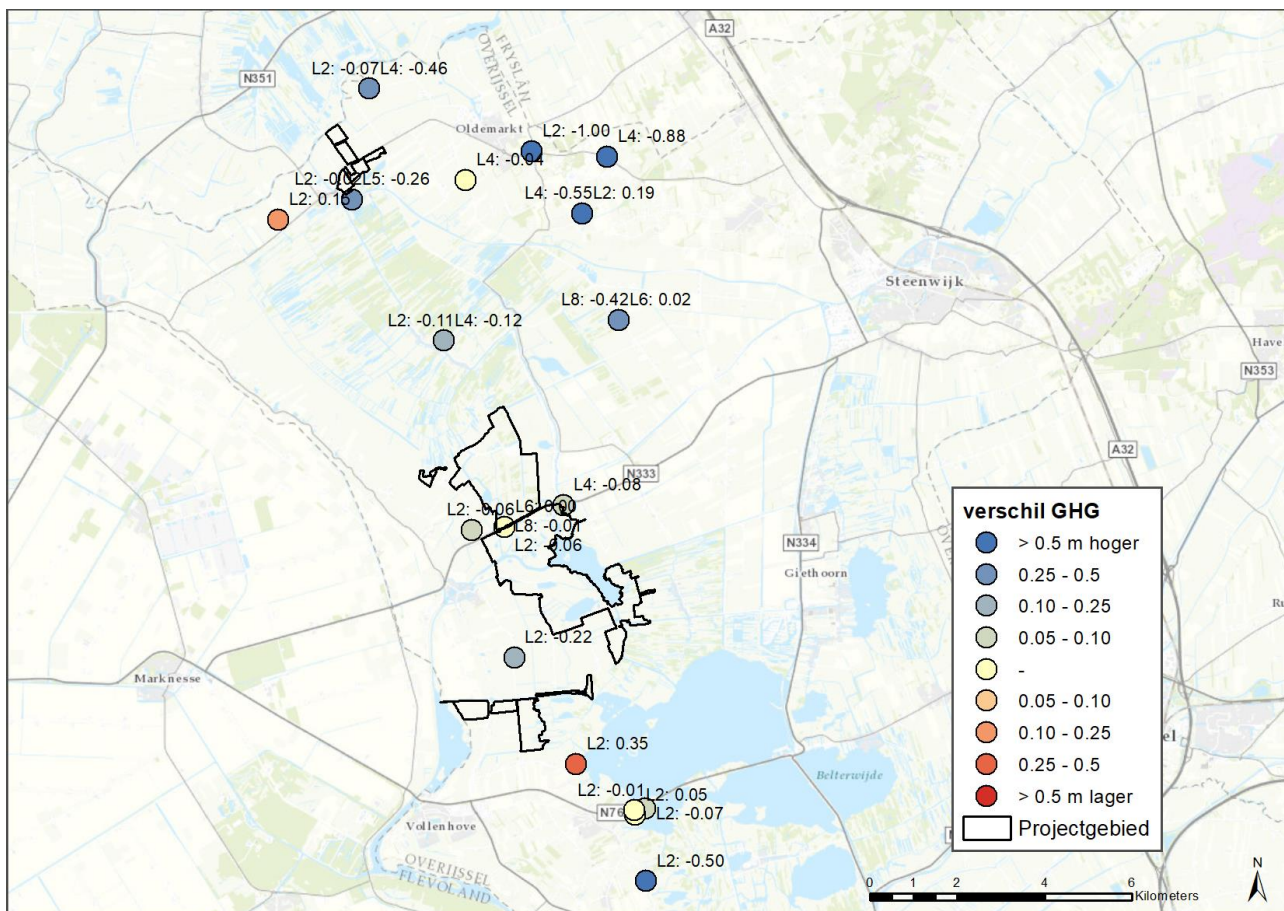


Figuur 32: Isohypsens bij de gemiddeld laagste grondwaterstand in projectgebied Wieden-Vollenhovenmeer.

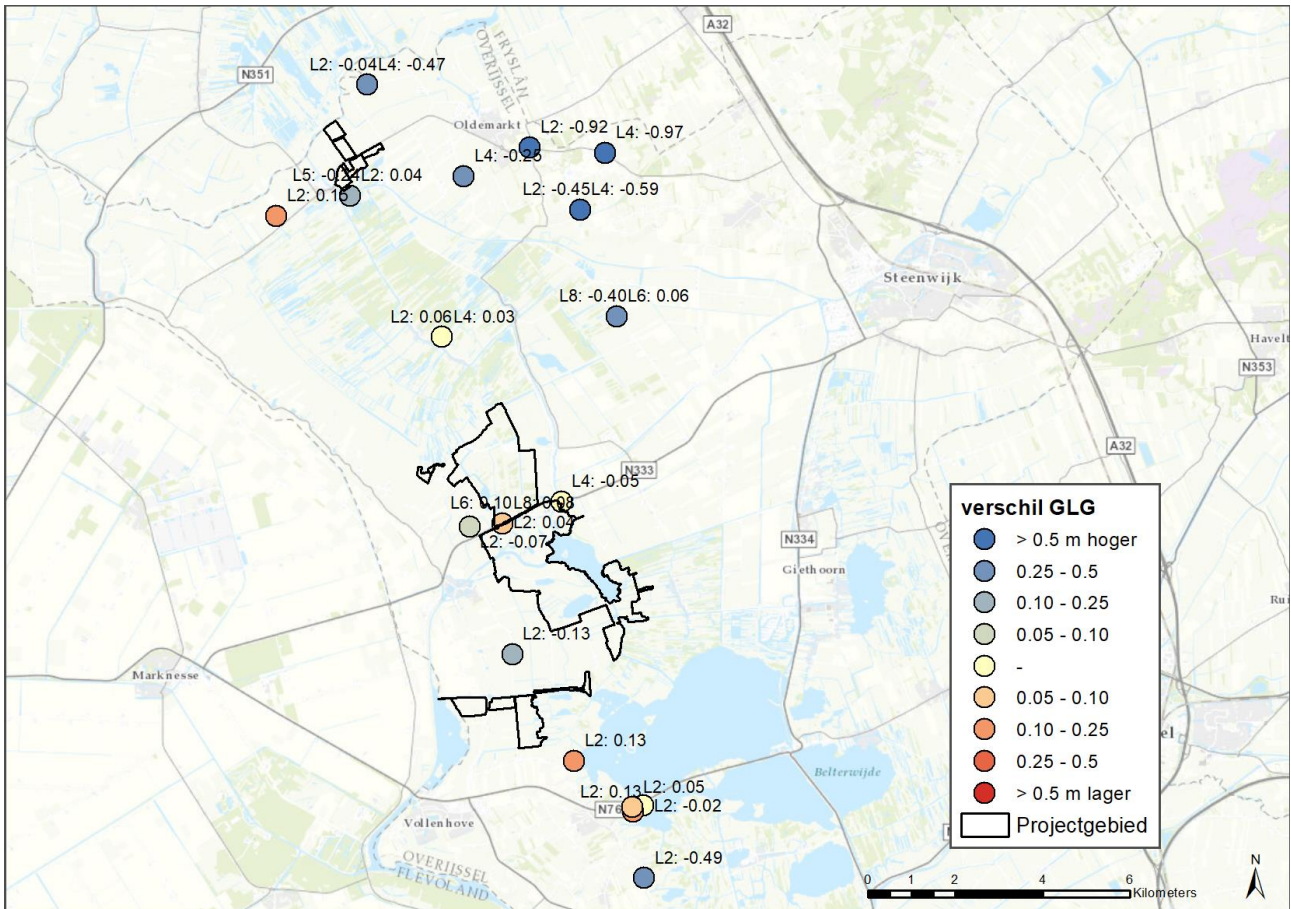
De omvang van de verticale grondwaterstroming hangt af van het verschil in waterpeil en de tussenliggende weerstand. Deze weerstand is aanwezig in de vorm van een deklaag of lokale klei- of veenlagen. De weerstand op de waterbodem van het watersysteem bepaalt mede de interactie tussen grond- en oppervlaktewater. Om de waterbalans te kunnen kwantificeren is het belangrijk om inzicht te hebben in de ondiepe bodemopbouw. De ruimtelijke differentiatie van de deklaagweerstand resulteert in lokale verschillen tussen sterke of matige kwel- en wegzijging. Ook is het van belang om inzicht te hebben in de mate van insnijding van de watergangen in de deklaag/gliedelaag.

## BIJLAGE B - VALIDATIE RESULTATEN REGIONAAL MODEL

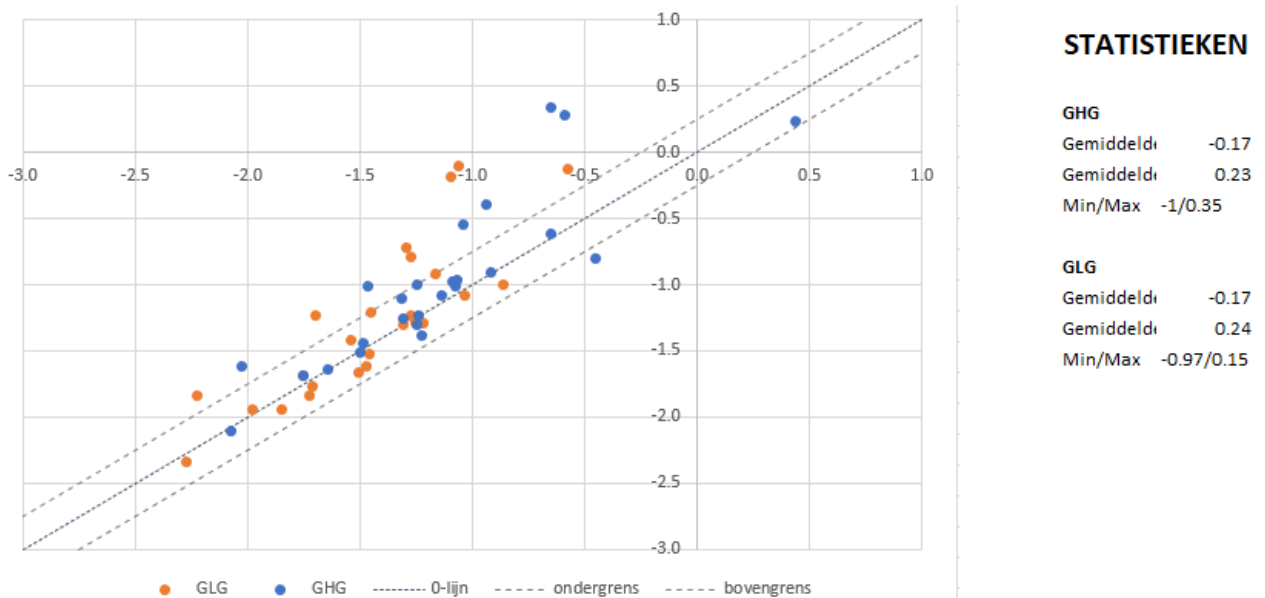
Deze bijlage bevat de figuren met daarin de afwijking tussen het model en de gemeten grondwaterstanden.



Figuur 33: Validatieresultaat gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG).



Figuur 34: Validatieresultaat gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG).



Figuur 35: Validatieresultaat van het ontwikkelde regionale model en de bijbehorende statistieken.

## BIJLAGE C – TIJDREEKSVERLENGING

Afgelopen jaar is een meetnetwerk van peilbuizen aangelegd om de grondwaterstand in het gebied te monitoren. Deze peilbuizen hebben minder dan 1 jaar gemeten, en kunnen daardoor niet direct ingezet worden om het grondwatermodel te valideren. Om deze peilbuizen toch in te kunnen zetten zijn de tijdreeksen verlengd binnen het programma Menyanthes. Deze bijlage legt uit hoe deze verlenging is uitgevoerd en vervolgens beoordeeld.

Menyanthes is een computerprogramma ontwikkeld door KWR dat wordt ingezet voor tijdreeksanalyses. Een van de mogelijkheden binnen Menyanthes is het maken van een tijdreeksmodel op basis van een bestaande tijdreeks en externe factoren (zoals neerslag, verdamping, rivierpeil). Met dit model kan vervolgens een tijdreeks gegenereerd worden op basis van deze externe factoren. Op deze wijze kan een tijdreeks verlengd worden. Deze methode is ook binnen dit project gehanteerd om de tijdreeksen te verlengen. Eerst is er per reeks een model gemaakt binnen Menyanthes die de relatie tussen de grondwaterstand en neerslag en verdamping bepaald. Tijdens het maken van dit model, worden verscheidene statistieken bepaald. Op basis van deze statistieken kan ingeschat worden of een model betrouwbaar genoeg geacht wordt om hiermee de tijdreeks te verlengen. Allereerst is gekeken naar de EVP, welke aangeeft hoeveel procent van het stijghoogte verloop verklaard kan worden door het model. Wanneer deze lager is dan 70%, wordt het model verworpen. Het model wordt ook verworpen wanneer de RMSE hoger uitvalt dan 0,1. Vervolgens is het model beoordeeld op de volgende onderdelen:

- Drainage niveau
- Mu
- M0
- EVP factor

Wanneer deze een onrealistische (uitzonderlijk hoge of lage) waarde hebben, wordt het tijdreeksmodel ook verworpen. In totaal zijn er 20 modellen verworpen van de 64 op basis van de statistieken. De statistieken per peilbuis en of deze wel of niet is meegenomen bij de validatie, staat in de tabel op de volgende pagina.

Voor de modellen die goede statistieken hebben, is de tijdreeks verlegd. Dit is gedaan op basis van neerslag en verdamping. De reeksen zijn verlengd voor de periode waarvoor de modelvalidatie uitgevoerd wordt; 2006 – 2014. Hierbij zijn tijdstappen van 1 dag gebruikt. Deze verlengde reeksen zijn vervolgens als metingen ingezet om het grondwatermodel te valideren.

Om te toetsen of deze tijdreeksverlenging betrouwbaar is, zijn aanvullende tijdreeksverlengingen uitgevoerd bij peilbuizen die wel langjarige metingen hebben. Bij deze peilbuizen is 1 jaar geselecteerd waarop de verlenging is uitgevoerd. De verlengde reeks van deze peilbuizen, is vervolgens vergeleken met de gemeten reeks. Op deze manier is gekeken hoe betrouwbaar een tijdreeksverlenging is. Dit is uitgevoerd voor 53 peilbuizen. Voor 49 peilbuizen is de verlenging uitgevoerd op basis van het jaar 2012. Er waren maar 4 peilbuizen beschikbaar met een langjarige reeks die tot op het heden meten. Voor deze peilbuizen is de verlenging uitgevoerd op basis van 2018, wat overeenkomt met de periode van de peilbuizen die daadwerkelijk verlengd dienden te worden.

Uit de vergelijking van het verlengde met de gemeten reeksen blijkt dat de tijdreeksverlenging betrouwbaar genoeg is om het grondwatermodel te beoordelen op GxG's. Bij de peilbuizen die zijn verlengd zijn op basis van het jaar 2012 is het verschil op de gemiddeld hoogste en de gemiddelde laagste grondwaterstand slechts 2 cm. Bij de peilbuizen die verlengd zijn op basis van het jaar 2018 is het verschil op de gemiddeld hoogste grondwaterstand 3 cm en op de gemiddelde laagste grondwaterstand 1 cm.

Peilbuis	NITG-code	Filter	EVP	Drn niveau	Mu	Stdev Mu	M0	Stdev M0	EVP factor	Mee- genomen bij validatie
WWR04001	B16D1483	1	97	-1,189	27	1	94	4	0,291	ja
WWR04002 ondiep	B16D1484	1	96	-1,384	395	278	595	234	0,620	Ja
WWR04002	B16D1484	2	87	-1,130	19	2	39	3	0,505	Ja
WWR04003	B16D1485	1	93	-1,496	344	254	167	77	0,640	Ja
WWR04004 ondiep	B16D1486	1	88	-3.866	13350	644050	1899	43336	0,463	Nee
WWR04004	B16D1486	2	96	-1,462	25	2	62	4	0,559	Ja
WWR04005 ondiep	B16D1487	1	89	-1,473	104	35	120	31	0,410	Ja
WWR04005	B16D1487	2	92	-1.635	167	61	169	50	0,308	Ja
WWR04006	B16D1488	1	79	-0,899	13	2	17	2	1,196	Ja
WWR04007 ondiep	B16D1489	1	90	-1,320	15	2	71	7	1,044	Ja
WWR04007	B16D1489	2	97	-1,376	23	1	68	3	0,603	Ja
WWR04008 ondiep	B16D1490	1	90	-1,222	34	7	59	11	1,054	Ja
WWR04008	B16D1490	2	91	-1,460	102	31	132	33	0,371	Ja
WWR04009	B16D1491	1	86	-1,305	27	2	60	4	0,111	Ja
WWR04010 ondiep	B16D1492	1	97	-3.431	2454	6065	1617	3393	0,604	Nee
WWR04010	B16D1492	2	83	-1,108	1958	17134	155	665	1,046	Nee
WWR05001 ondiep	B16D1493	1	64	-1.581	12	2	60	6	0,001	Nee
WWR05001	B16D1493	2	52	-1.664	12	2	45	6	0,001	Nee
WWR05002 ondiep	B16D1494	1	88	-1.513	9	1	117	8	0,572	Ja
WWR05002	B16D1494	2	88	-1.815	22	2	99	7	0,026	Ja
WWR05003	B16D1495	1	38	-1.660	13	3	77	13	0,000	Nee
WWR05004	B16D1496	1	84	-5.462	6260	139163	1494	19822	0,011	Nee
WWR05005 ondiep	B16D1497	1	88	-2.801	609	1427	410	581	0,044	Nee
WWR05005	B16D1497	2	86	-1.933	20	3	70	7	0,225	Ja
WWR05006	B16D1498	1	88	-1.738	18	1	88	5	0,002	Ja
WWR05007	B16D1499	1	65	-1.753	22	5	74	11	0,004	Nee
WWR05008	B16D1500	1	94	-1.836	21	1	108	5	0,062	Ja
WWR05009	B16D1501	1	33	-1.635	10	3	40	7	0,000	Nee
WWR06001 ondiep	B16D1502	1	88	-2.212	244	285	388	287	0,007	Nee



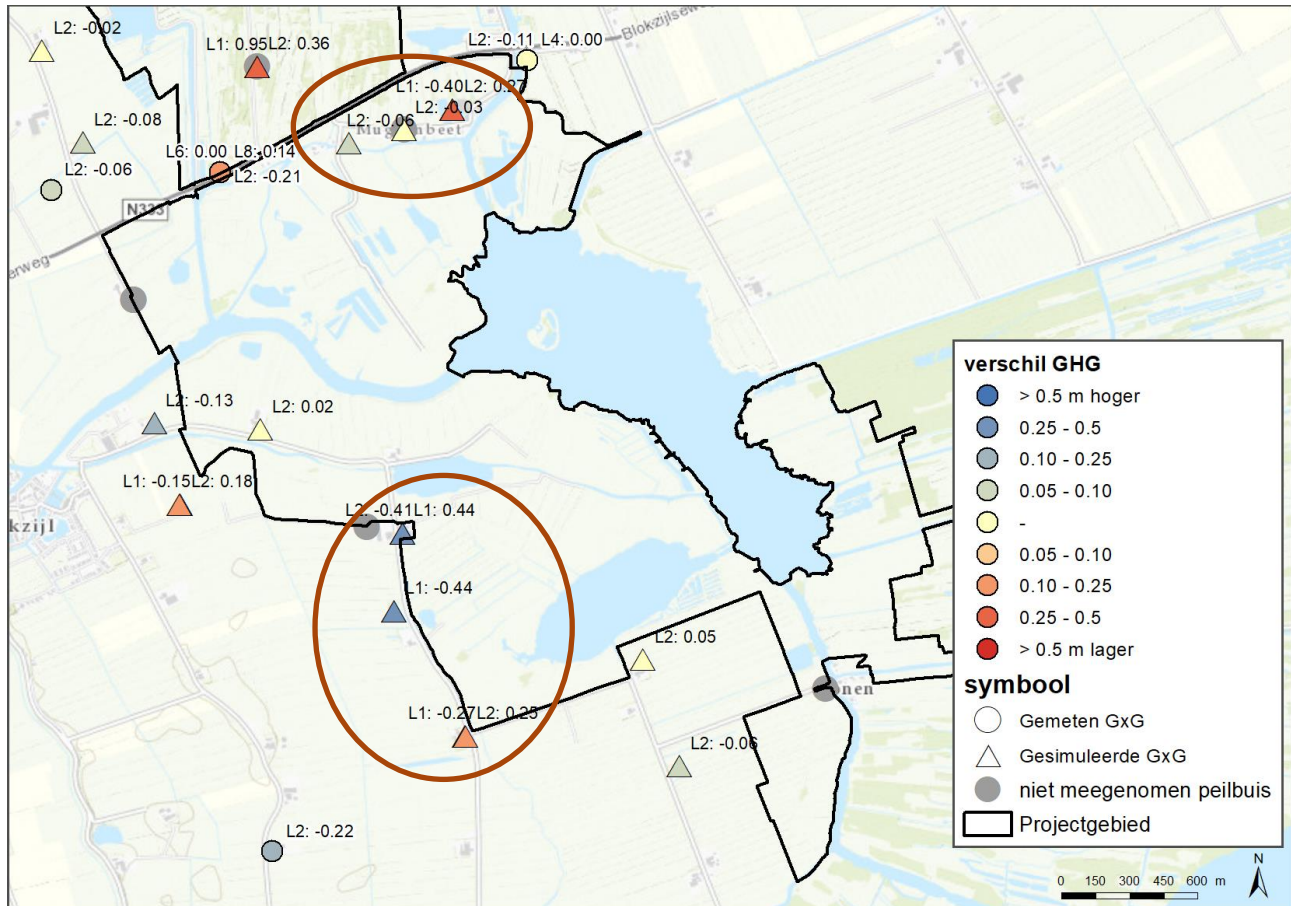
Peilbuis	NITG-code	Filter	EVP	Drn niveau	Mu	Stdev Mu	M0	Stdev M0	EVP factor	Mee- genomen bij validatie
WWR06001	B16D1502	2	61	-2.281	677	4929	318	1328	0,116	Nee
WWR06002	B16D1503	1	85	-1.767	18	2	73	6	0,167	Ja
WWR06003 ondiep	B16D1504	1	89	-19.559	14720	604353	8728	212140	0,135	Nee
WWR06003	B16D1504	2	81	-1.713	16	2	64	5	0,002	Ja
WWR06004	B16D1517	1	91	-1,443	26	2	103	10	0,254	Ja
WWR06006	B16D1505	1	95	-1.576	22	2	96	6	0,412	Ja
WWR06007	B16D1506	2	86	-1.700	16	1	35	3	0,252	Ja
WWR06007	B16D1506	1	97	-0,794	78	11	223	32	1,314	Ja
WWR06008	B16D1507	1	83	-4.020	4497	62312	1205	11023	0,006	Nee
WWR06009	B16D1508	1	92	-1,406	14	1	39	2	0,003	Ja
WWR06010	B16D1509	2	83	-1,234	16	2	43	4	0,326	Ja
WWR06011	B16D1510	1	85	-1,291	17	2	46	5	0,448	Ja
WWR06012 ondiep	B16D1511	2	89	-1,440	18	2	59	5	0,266	Ja
WWR06012	B16D1511	1	95	-1,282	64	11	201	32	0,799	Ja
WWR06013 ondiep	B16D1512	2	98	-1,434	27	2	138	8	0,523	Ja
WWR06013	B16D1512	1	98	-1,423	26	1	145	8	0,542	Ja
WWR06016	B16D1515	1	67	-1.825	1552	22021	283	2094	0,014	Nee
WWR09001 ondiep	B21B1547	1	92	-1,091	126	60	520	230	0,008	Ja
WWR09001	B21B1547	2	91	-1.704	25	2	103	7	0,003	Ja
WWR09003 ondiep	B21B1549	1	97	-1,378	26	2	194	14	0,686	Ja
WWR09003	B21B1549	2	98	-1,263	21	1	123	6	0,760	Ja
WWR09004 ondiep	B21B1550	1	87	0,256	8	1	139	14	1,477	Nee
WWR09004	B21B1550	2	96	-1.991	21	1	119	5	0,010	Ja
WWR09005 ondiep	B21B1551	1	95	-1,480	21	2	88	6	0,438	Ja
WWR09005	B21B1551	2	93	-1.505	23	2	82	6	0,287	Ja
w901	w901	1	61	-1,481	12	3	32	7	0,025	Nee
w902	w902	1	78	-1,017	17	5	47	7	0,572	Ja
w903	w903	1	82	-2.247	96	54	86	24	0,279	Ja

Peilbuis	NITG-code	Filter	EVP	Drn niveau	Mu	Stdev Mu	M0	Stdev M0	EVP factor	Mee- genomen bij validatie
w904	w904	1	44	-1,128	10	2	25	5	0,914	Nee
w905	w905	1	82	-1.833	17	2	56	5	0,533	Ja
WETERINGPB59_299	WETERINGPB59_299	2	70	-1.641	17	1	51	2	0,711	Ja
WETERINGPB59_199	WETERINGPB59_199	1	35	-1,340	12	4	38	11	1,086	Nee
WETERINGPB57_299	WETERINGPB57_299	2	55	-2.203	226	398	106	86	0,327	Nee
WETERINGPB57_199	WETERINGPB57_199	1	71	-1,188	278	725	164	175	0,791	
Veenweidepolders- PB17_199	Veenweidepolders- PB17_199	1	78	-1.649	13	3	113	12	0,853	

## BIJLAGE D – VALIDATIE LOKAAL MODEL

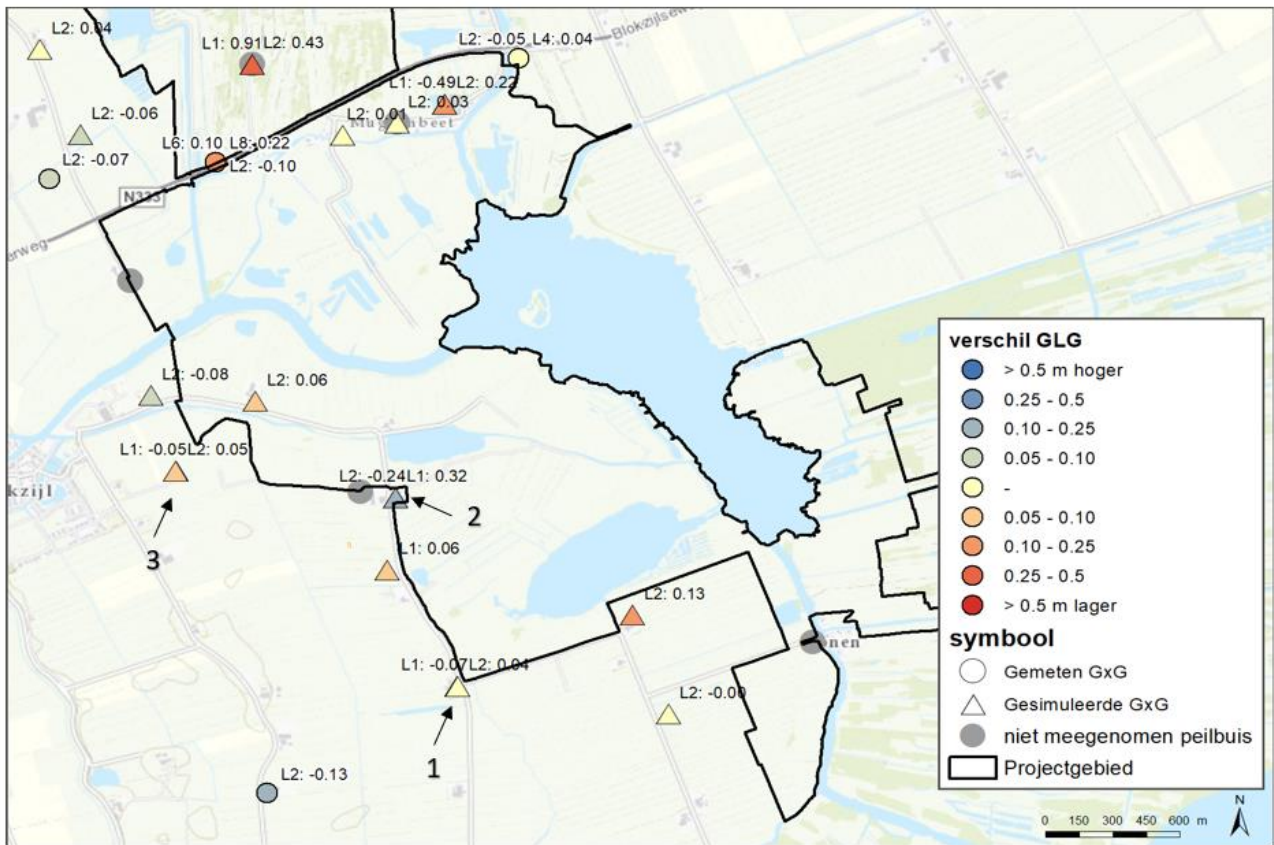
Deze bijlage bevat de figuren met daarin de afwijking tussen het model en de gemeten grondwaterstanden per projectgebied. Bij de peilbuizen waar pijlen met een nummer bij staan is naar het optreden van kwel gekeken. Er zijn ook tijdreeksen aan deze bijlage toegevoegd. De oranje stip op het kaartje rechtsboven laat zien van welke peilbuis de tijdreeks is weergegeven.

### Projectgebied 6: Muggenbeet

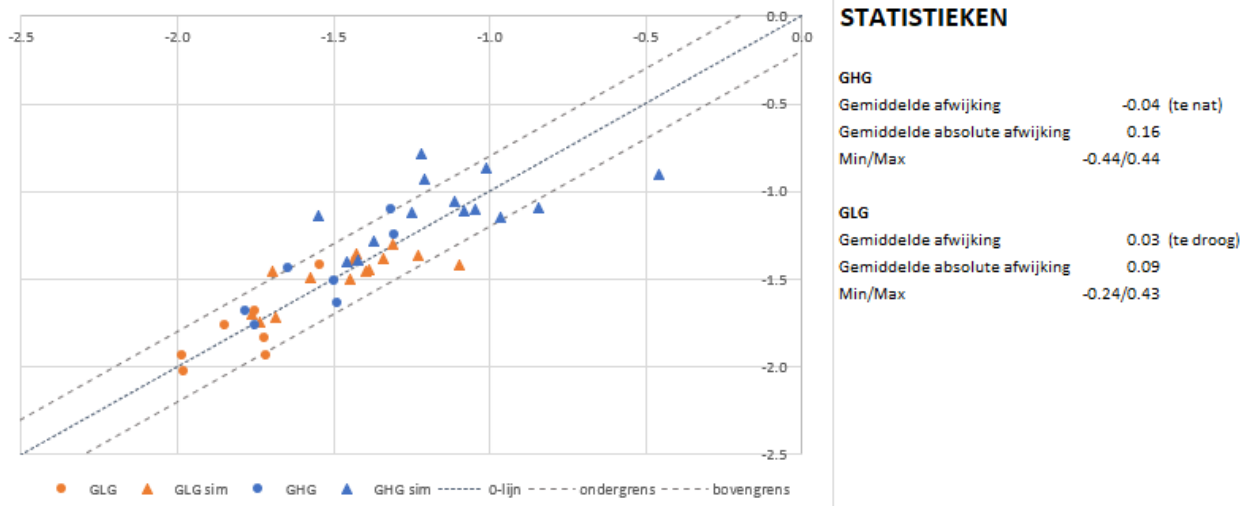


Figuur 36: Validatieresultaat GHG.

De 3 peilbuizen langs de Duinigermeerweg worden op een andere hoogte dan de berekende waarden afgetopt. Dit komt doordat het werkelijke peilvak hier nog niet goed in het model verwerkt is. In de winter zijn de peilen 10 cm te hoog, waardoor de grondwaterstand bij de GHG te nat is in vergelijking met de metingen. In de zomer (bij de GLG) verschillen de peilen alleen bij de meest noordelijke peilbuis van deze drie, waardoor deze te nat wordt berekend. In de modeversie waarmee de ontwerpen en de effecten berekend zijn, is dit aangepast. In Muggenbeet zelf komen de tijdreeksen erg goed overeen met de berekende grondwaterstand, met uitzondering van de meest rechter peilbuis in laag 1. De grondwaterstand van het model komt sterk overeen met het boezempeil dat op deze locatie is ingesteld (-0,73 tot -0,83 m NAP). De metingen laten diepere grondwaterstand zien. Waarschijnlijk is de plaatsing van deze peilbuis in de eerste modellaag ontorecht. Wanneer deze in laag 2 wordt geplaatst komt deze wel goed overeen met het model.

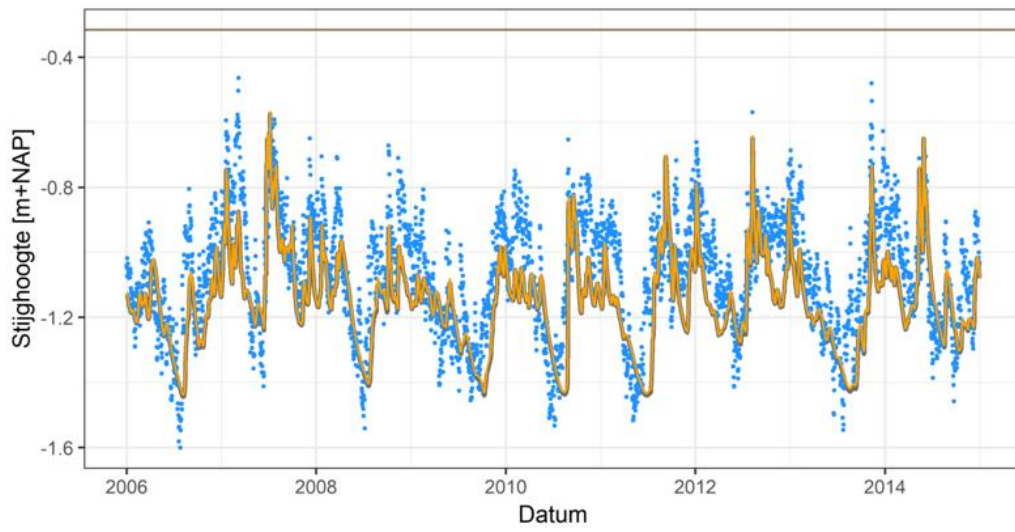


Figuur 37: Validatieresultaat GLG.



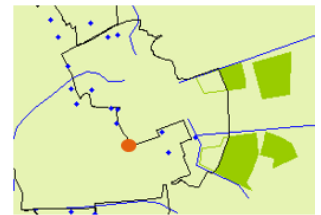
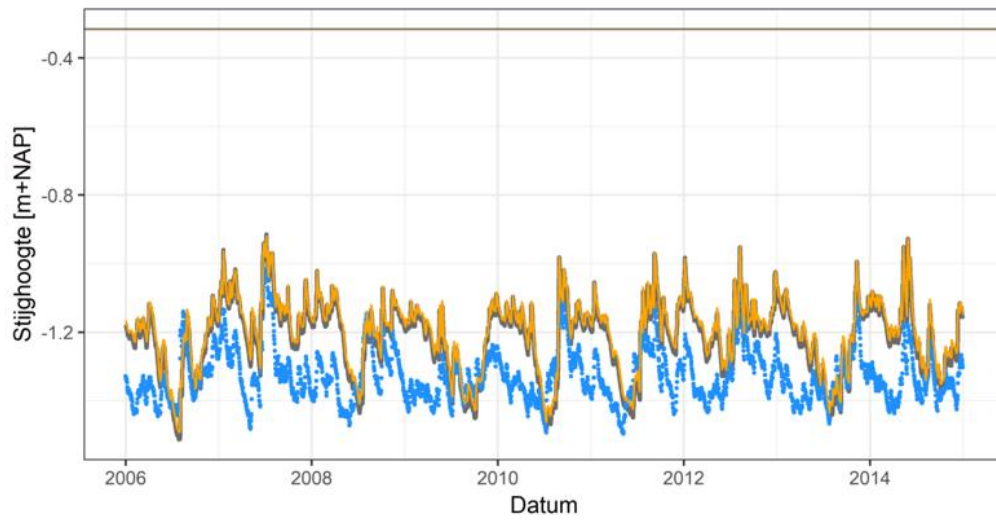
Figuur 38: Validatieresultaat van het lokale model van Muggenbeet en de bijbehorende statistieken.

### Peilbuis B16D1511\_sim1 Laag 1



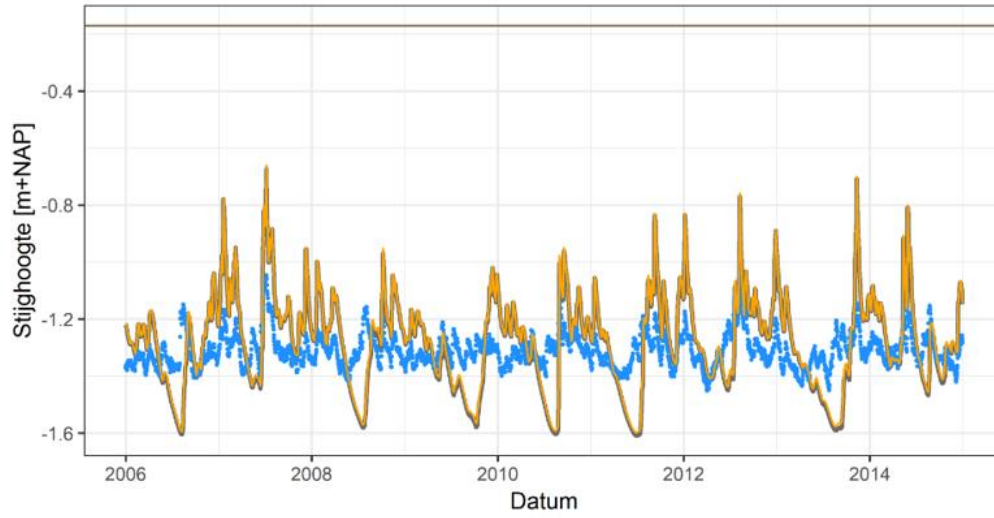
- Legenda
- Gemeten
  - Model\_huidig
  - Model\_VO

### Peilbuis B16D1511\_sim2 Laag 2



- Legenda
- Gemeten
  - Model\_huidig
  - Model\_VO

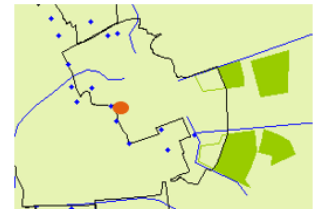
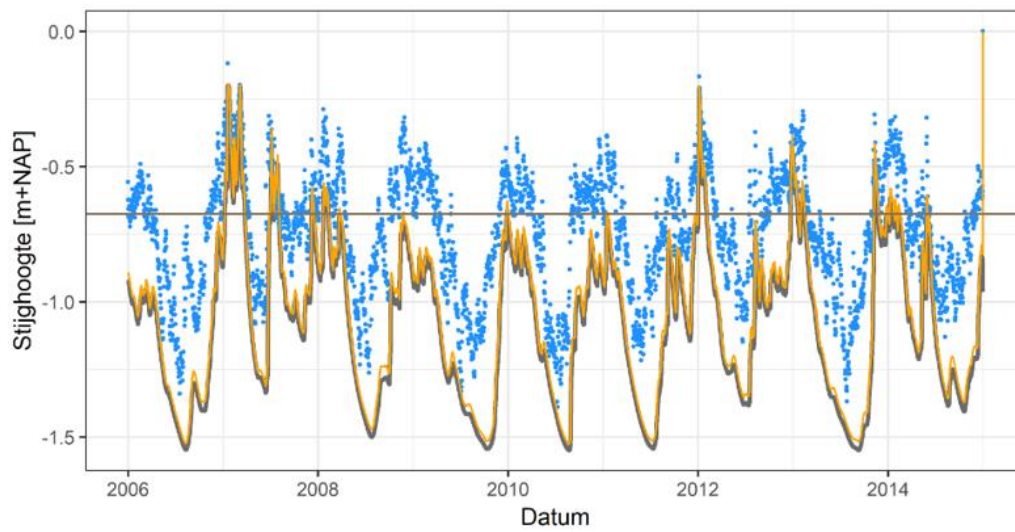
### Peilbuis B16D1508\_sim1 Laag 1



**Legenda**

- Gemeten
- Model\_huidig
- Model\_VO

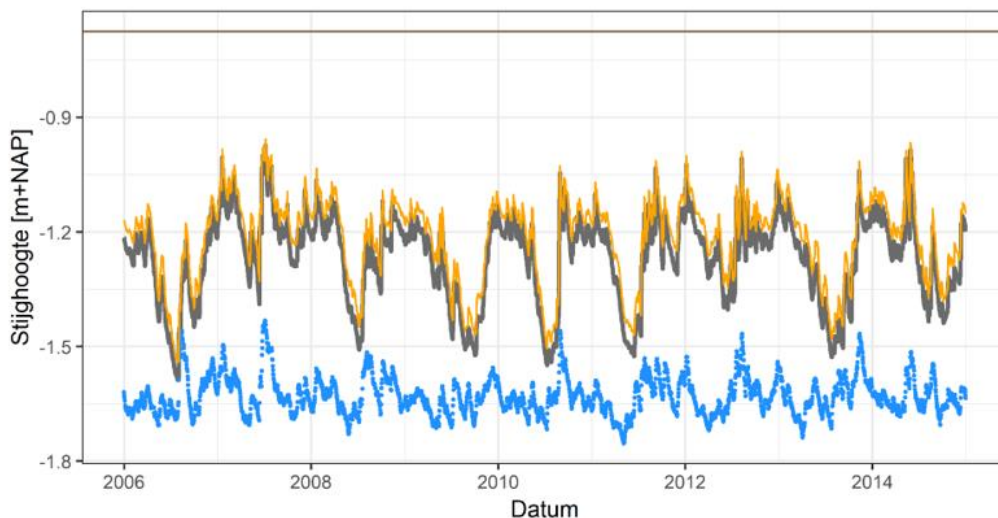
### Peilbuis B16D1506\_sim1 Laag 1



**Legenda**

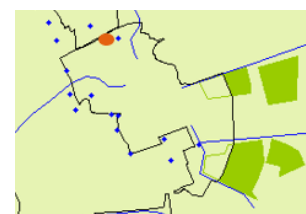
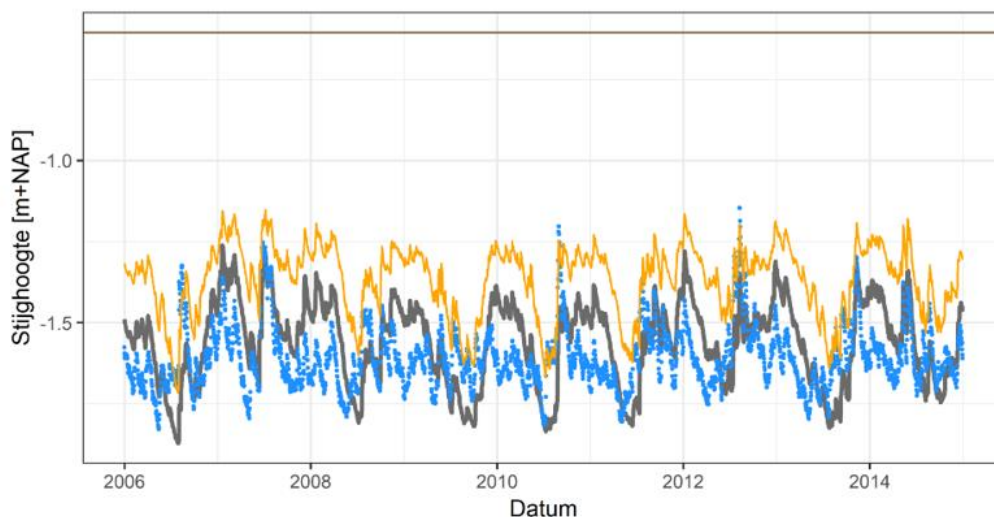
- Gemeten
- Model\_huidig
- Model\_VO

### Peilbuis B16D1506\_sim2 Laag 2



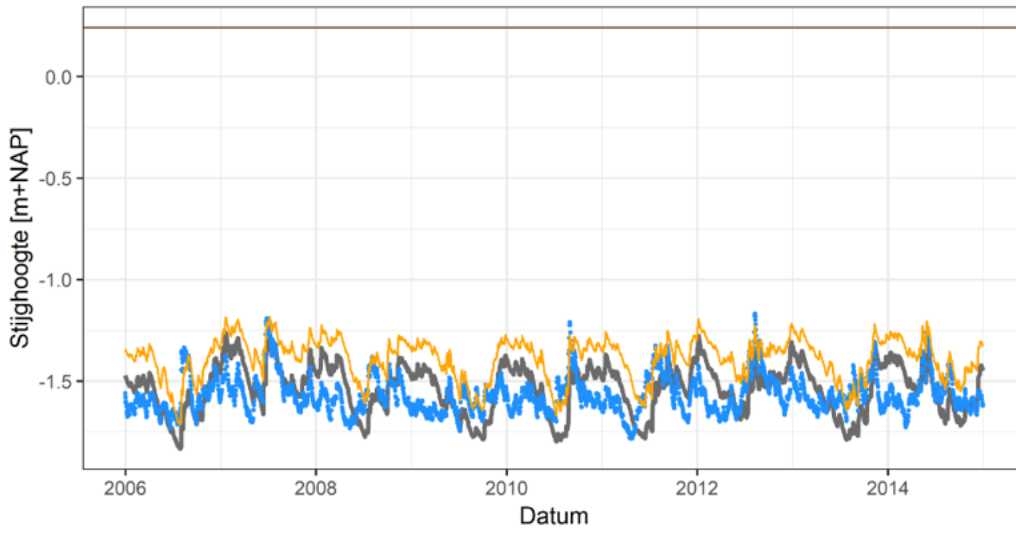
- Legenda
- Gemeten
  - Model\_huidig
  - Model\_VO

### Peilbuis B16D1503\_sim1 Laag 2



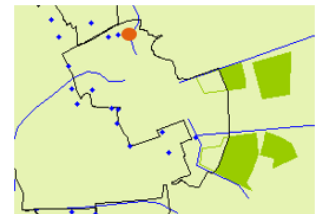
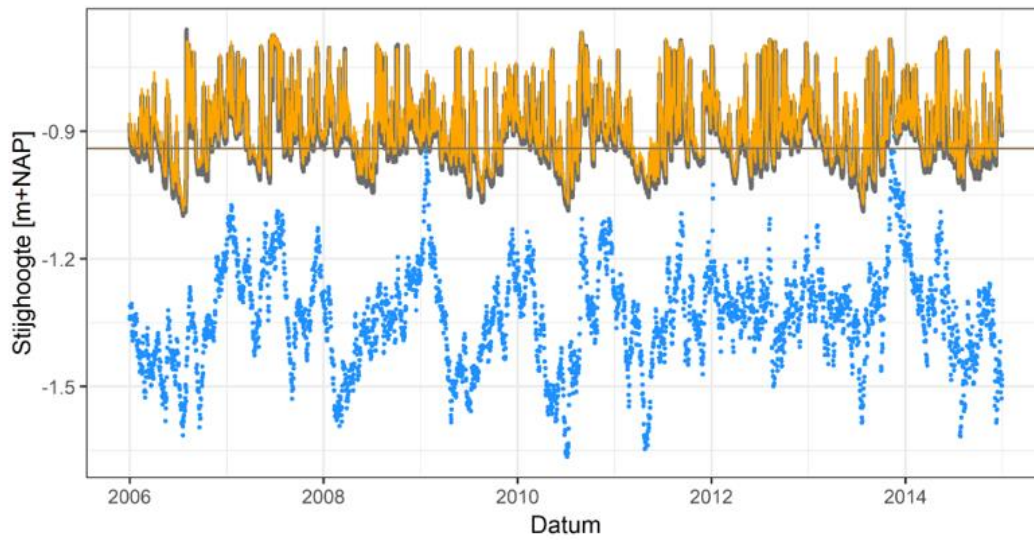
- Legenda
- Gemeten
  - Model\_huidig
  - Model\_VO

### Peilbuis B16D1504\_sim2 Laag 2



- Legenda
- Gemeten
  - Model\_huidig
  - Model\_VO

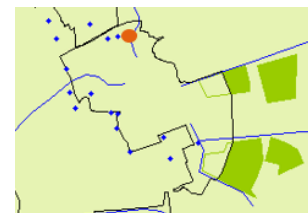
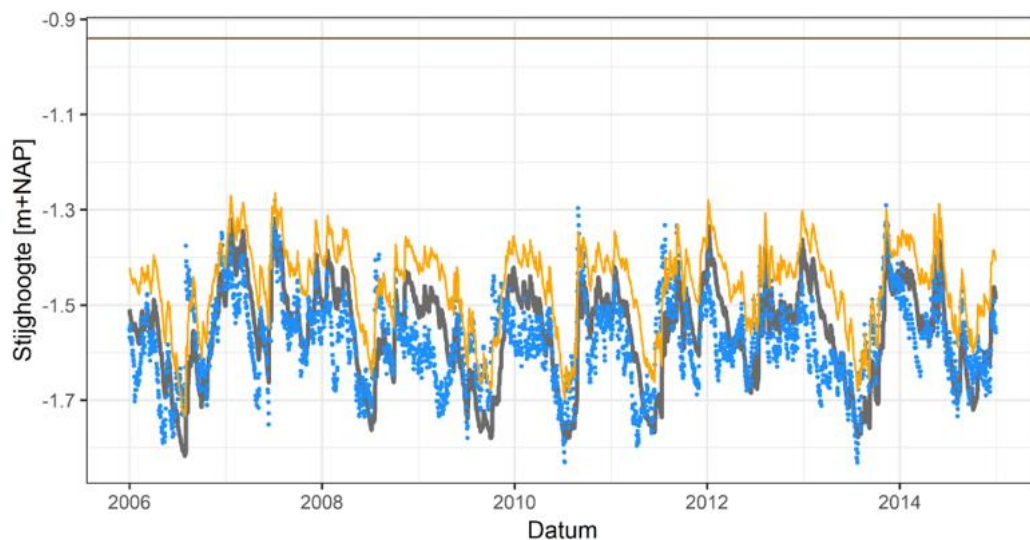
### Peilbuis WETERINGPB59\_sim1 Laag 1



- Legenda
- Gemeten
  - Model\_huidig
  - Model\_VO



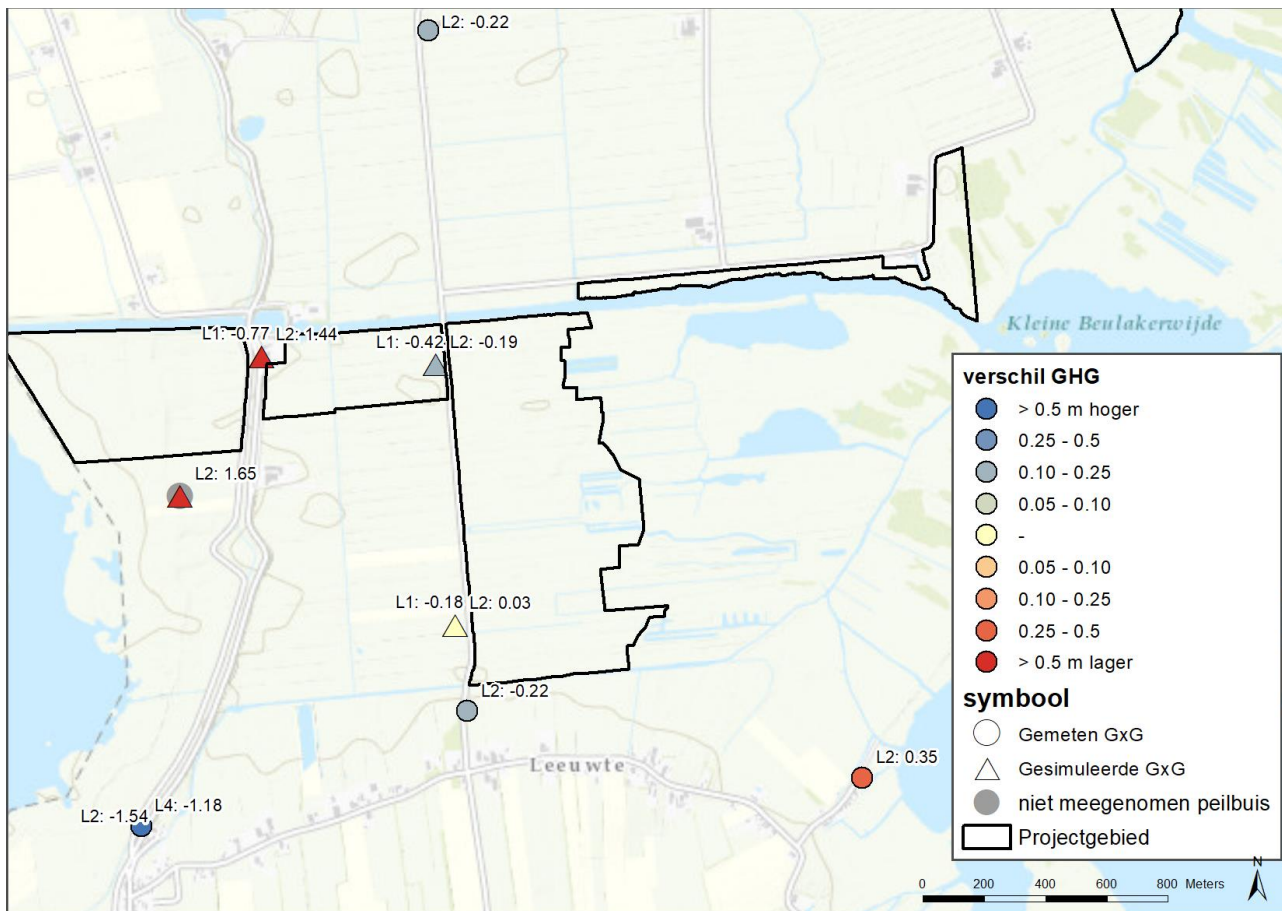
### Peilbuis WETERINGPB59\_sim2 Laag 2



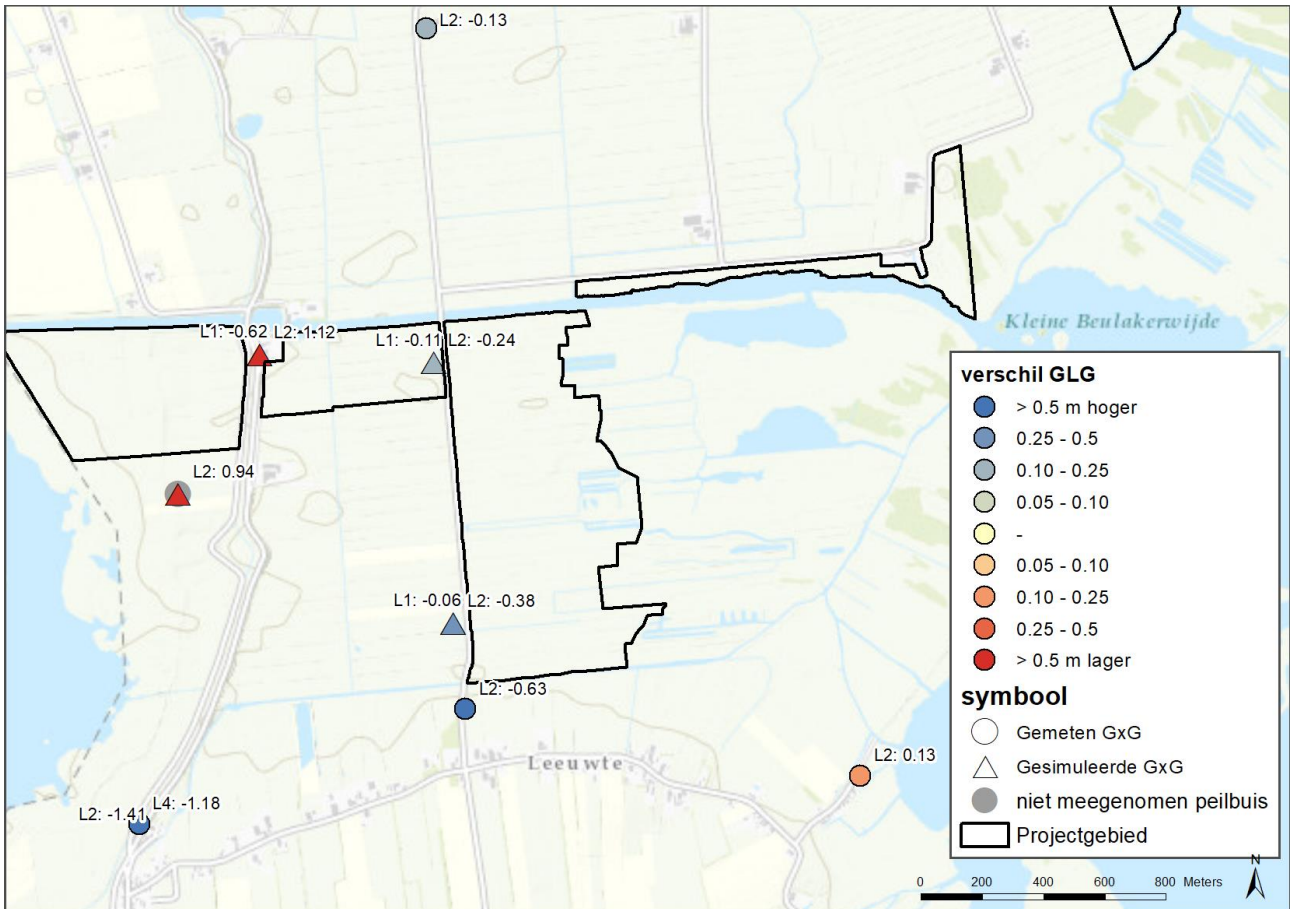
**Legenda**

- Gemeten
- Model\_huidig
- Model\_VO

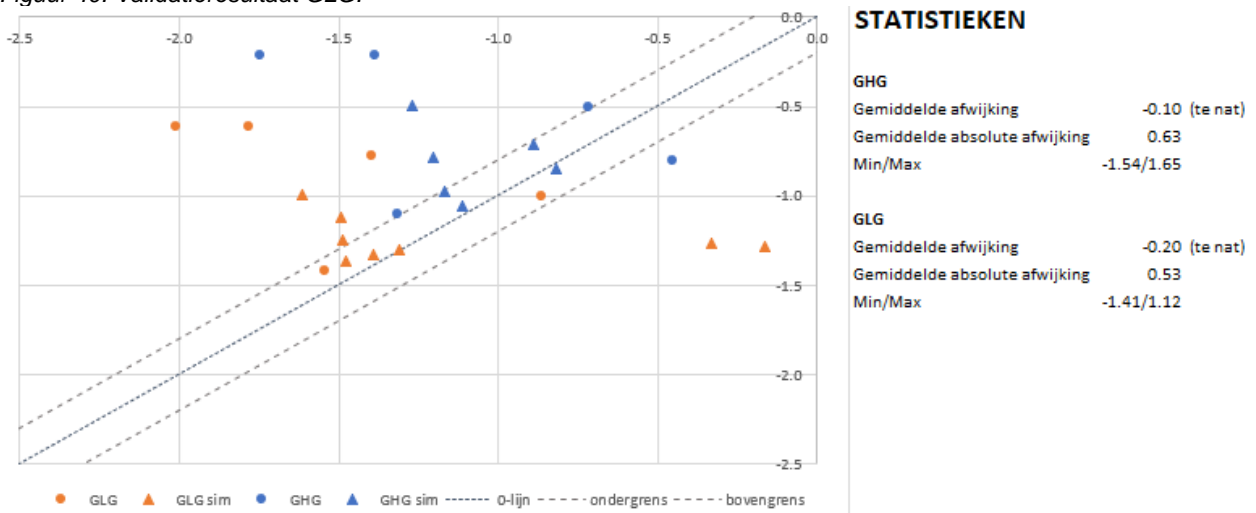
**Projectgebied 9 en 10: Verbinding Wieden Vollenhovenmeer en Duinweg – Leeuwte**



*Figuur 39: Validatieresultaat GHG.*



Figuur 40: Validatieresultaat GLG.



Figuur 41: Validatieresultaat van het lokale model van Duinweg – Leeuwte en Verbinding Wieden Vollenhovenmeer en de bijbehorende statistieken.

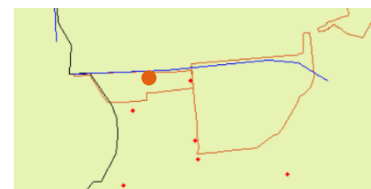
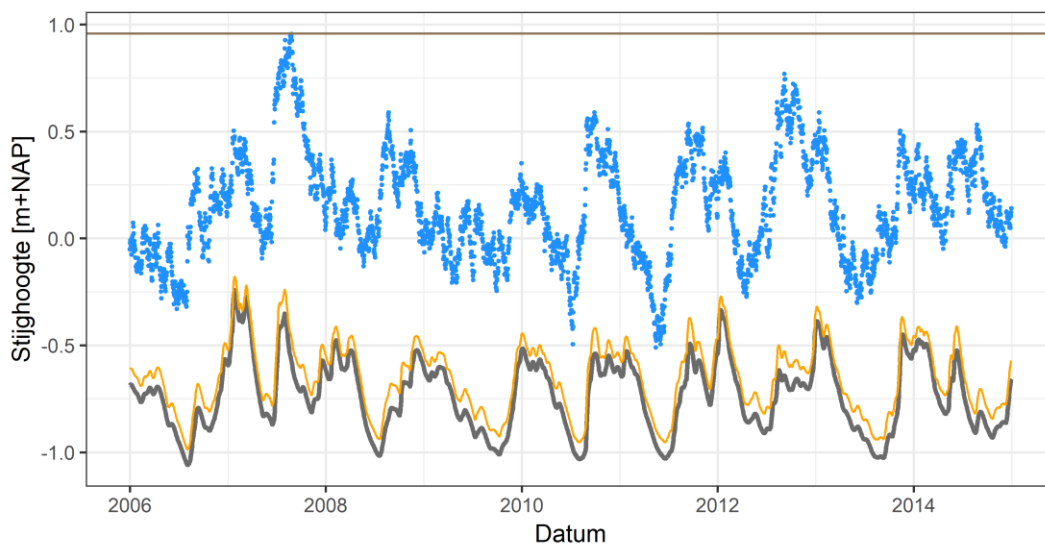
De reeksen van de peilbuizen die aanwezig zijn binnen het projectgebied zijn allemaal verlengd om te gebruiken bij de validatie. De peilbuis langs de Weg van Twee Nijenhuisen (WWR09001) heeft twee filters. Het bovenste filter staat in modellaag 1. Hier wordt de stijghoogte te laag berekend. De gemeten stijghoogte komt boven 0 m NAP uit. De peilen van de omliggende watergangen liggen rond de -1 m NAP, wat beter overeen lijkt te komen met de berekende stijghoogte. Bij het filter in modellaag 2 worden de peilen juist te hoog berekend. Bij de peilbuis ten westen van de Weg van Twee Nijenhuisen, ten zuiden van het projectgebied, is hetzelfde te zien. Hierbij komen de berekende waarden beter overeen met de peilen in de watergangen dan de gemeten waarden.

Bij de peilbuizen langs de Duinweg (WWR09003 en WWR09005) zijn dezelfde type afwijkingen te zien in de dynamiek van de stijghoogte. In modellaag 1 komen de berekende stijghoogten niet ver boven het maximale peil, terwijl de gemeten waarden dit wel kunnen doen. In modellaag 1, maar vooral modellaag 2 zakken de berekende stijghoogten minder ver uit dan de gemeten stijghoogten.

Peilbuis B21B0012 (ten noorden van Moespot) ligt in het peilvak van -0,5/-0,2 m NAP. De berekende stijghoogten komen hier goed mee overeen. De gemeten stijghoogten liggen ruim een meter lager. Mogelijk klopt de filterstelling niet, of wordt er in werkelijkheid een ander peil gehanteerd op deze locatie. Bij de peilbuis langs de Oude Beulakerweg wordt de stijghoogte te laag berekend. Dit komt doordat in het model de grondwaterstand sneller uitzakt dan in werkelijkheid.

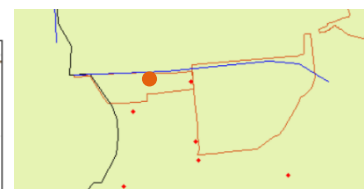
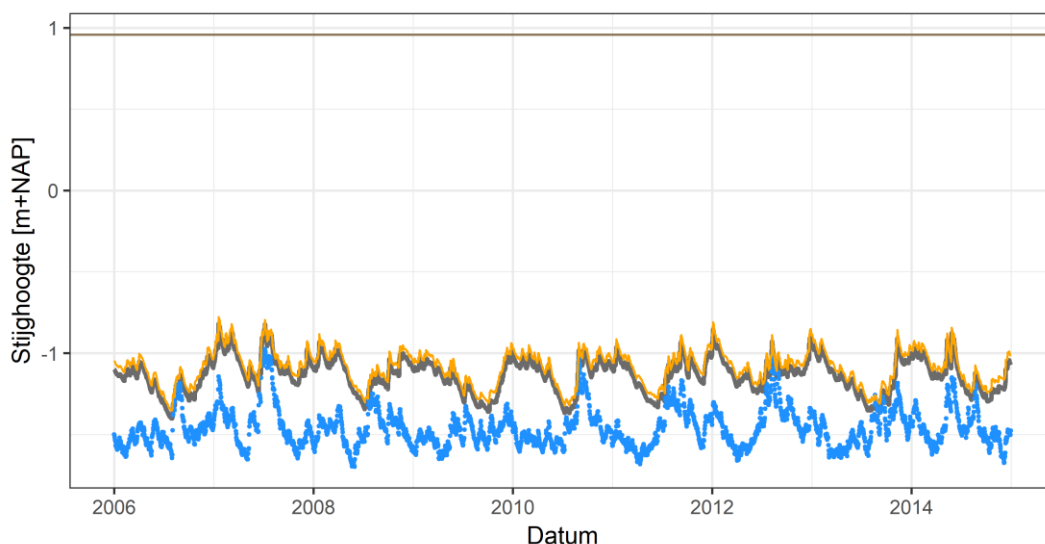
Er zijn peilbuizen die te nat worden berekend en er zijn peilbuizen die te droog worden berekend. Er zijn geen systematische afwijkingen aanwezig; het lijken dus lokale effecten te zijn die de afwijkingen veroorzaken. Met deze lokale effecten wordt rekening gehouden door een bandbreedte te genereren van een minimaal en maximaal effect.

### Peilbuis WWR09001 ondiep\_1



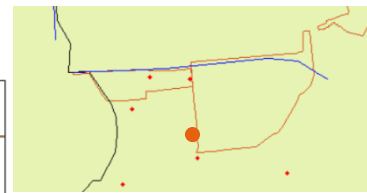
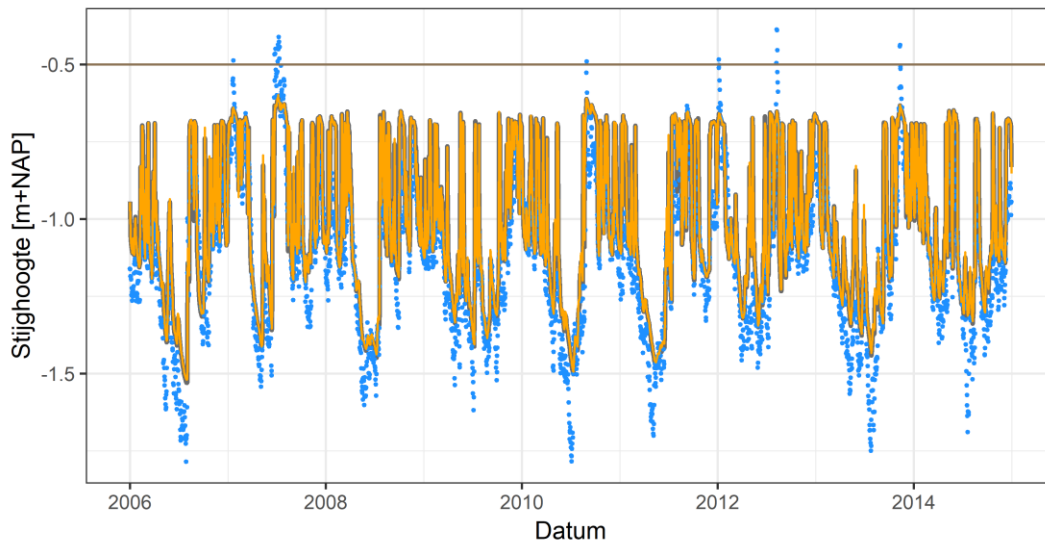
- Legenda
- Gemeten
  - Model\_huidig
  - Model\_VO

### Peilbuis WWR09001\_2



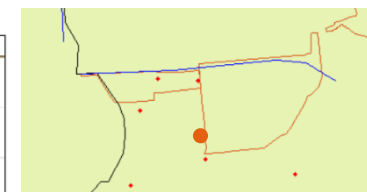
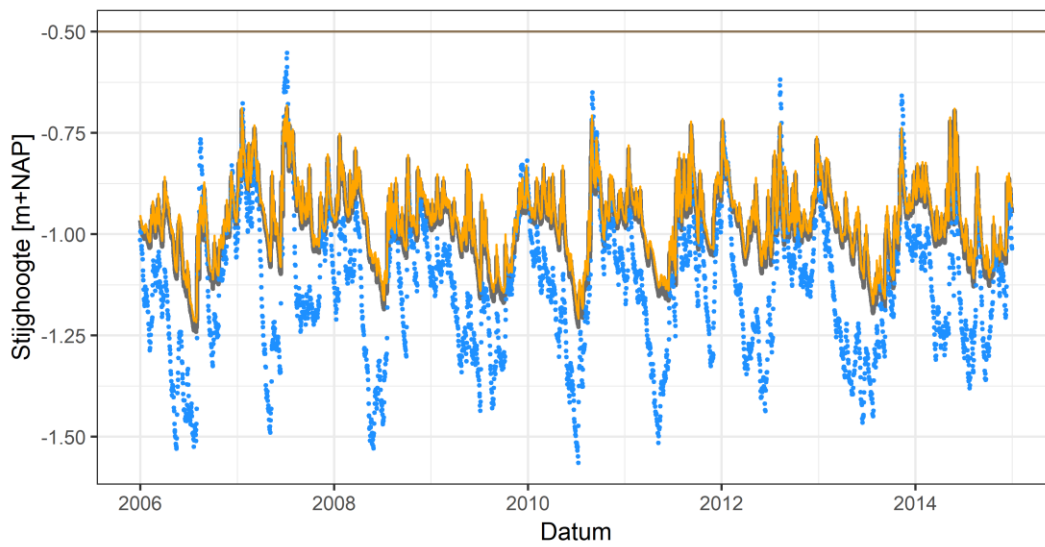
- Legenda
- Gemeten
  - Model\_huidig
  - Model\_VO

### Peilbuis WWR09003 ondiep\_1



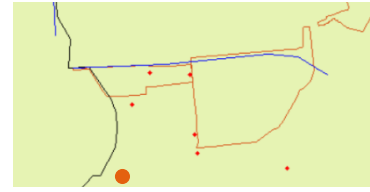
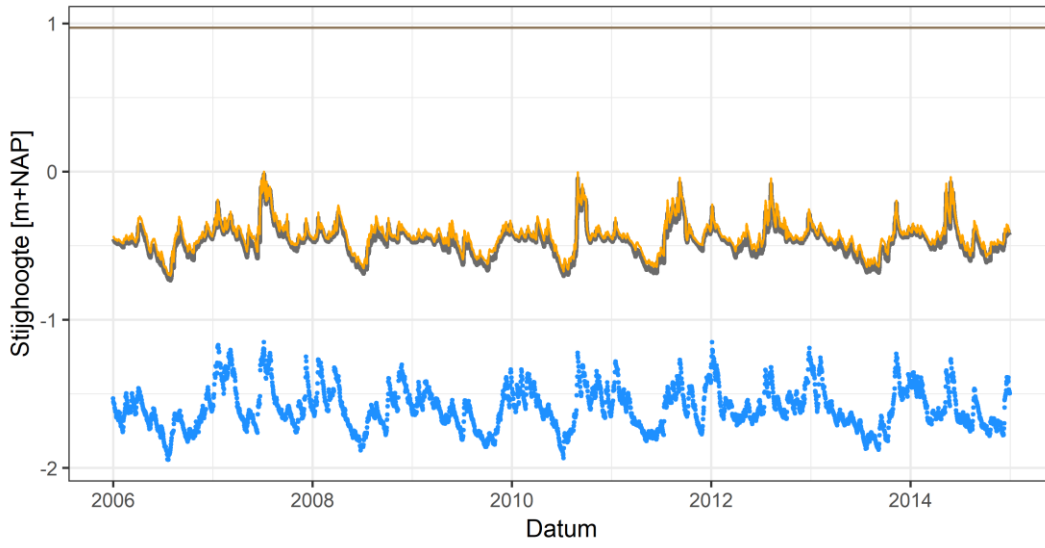
- Legenda
- Gemeten
  - Model\_huidig
  - Model\_VO

### Peilbuis WWR09003\_2



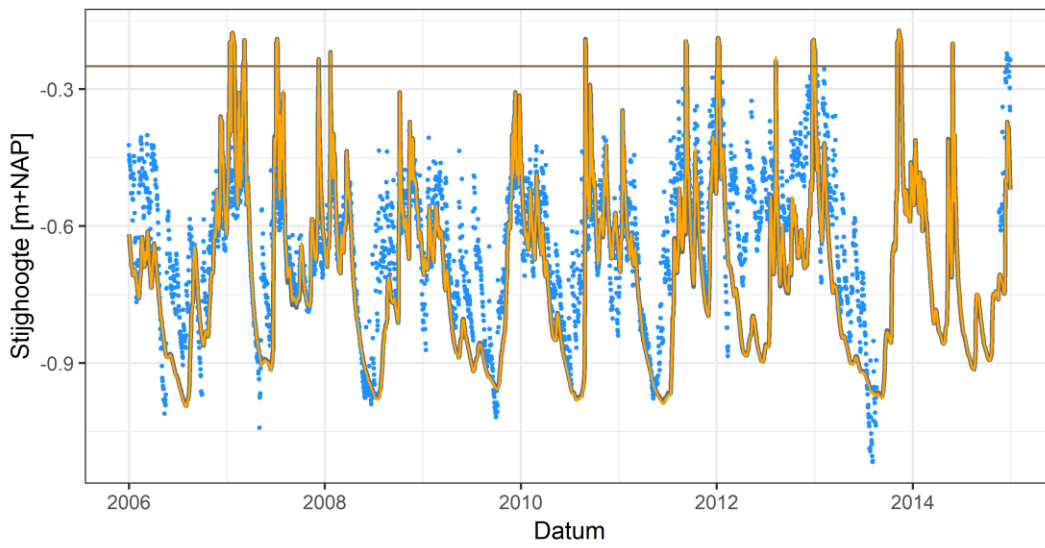
- Legenda
- Gemeten
  - Model\_huidig
  - Model\_VO

### Peilbuis B21B0012\_1



- Legenda
- Gemeten
  - Model\_huidig
  - Model\_VO

### Peilbuis 21BL0028\_1



- Legenda
- Gemeten
  - Model\_huidig
  - Model\_VO

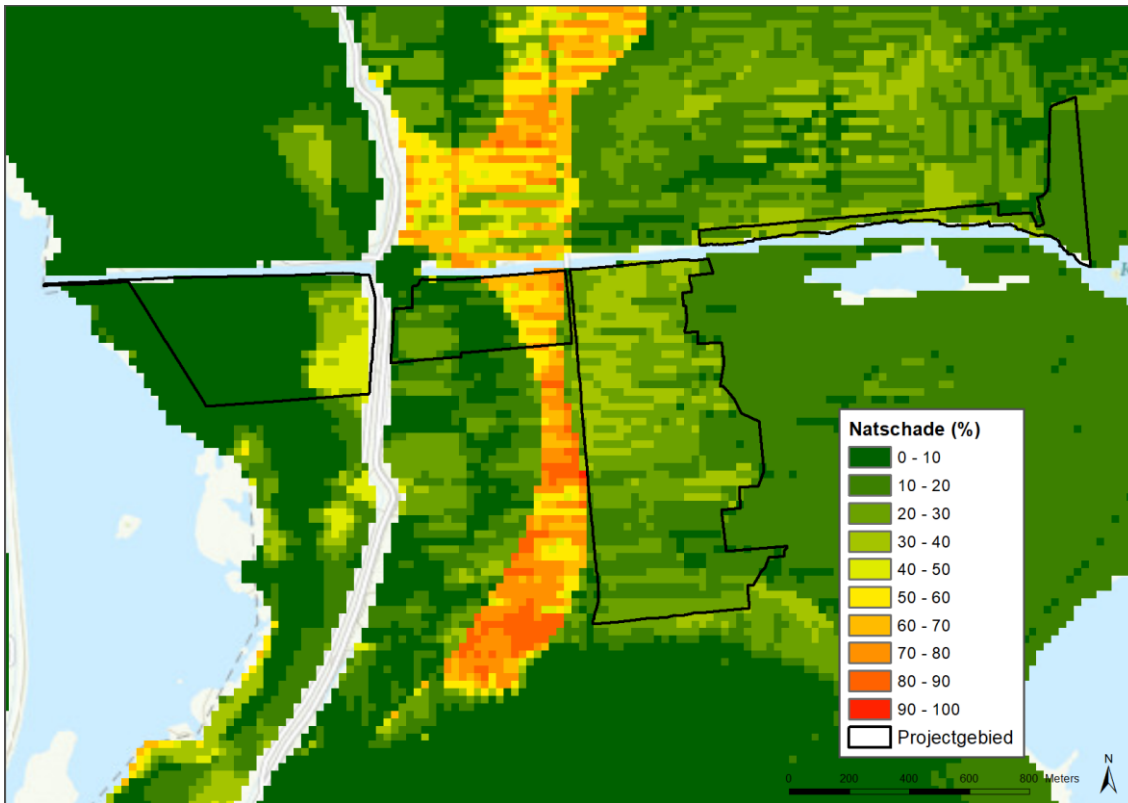
## BIJLAGE E – WATERWIJZER LANDBOUW

In deze bijlage wordt aan de hand van een voorbeeld de gevoeligheid van de WaterWijzer Landbouw voor verschillende parameters getoond. Het deelgebied Duinweg-Leeuwte is gebruikt om deze analyse uit te voeren.

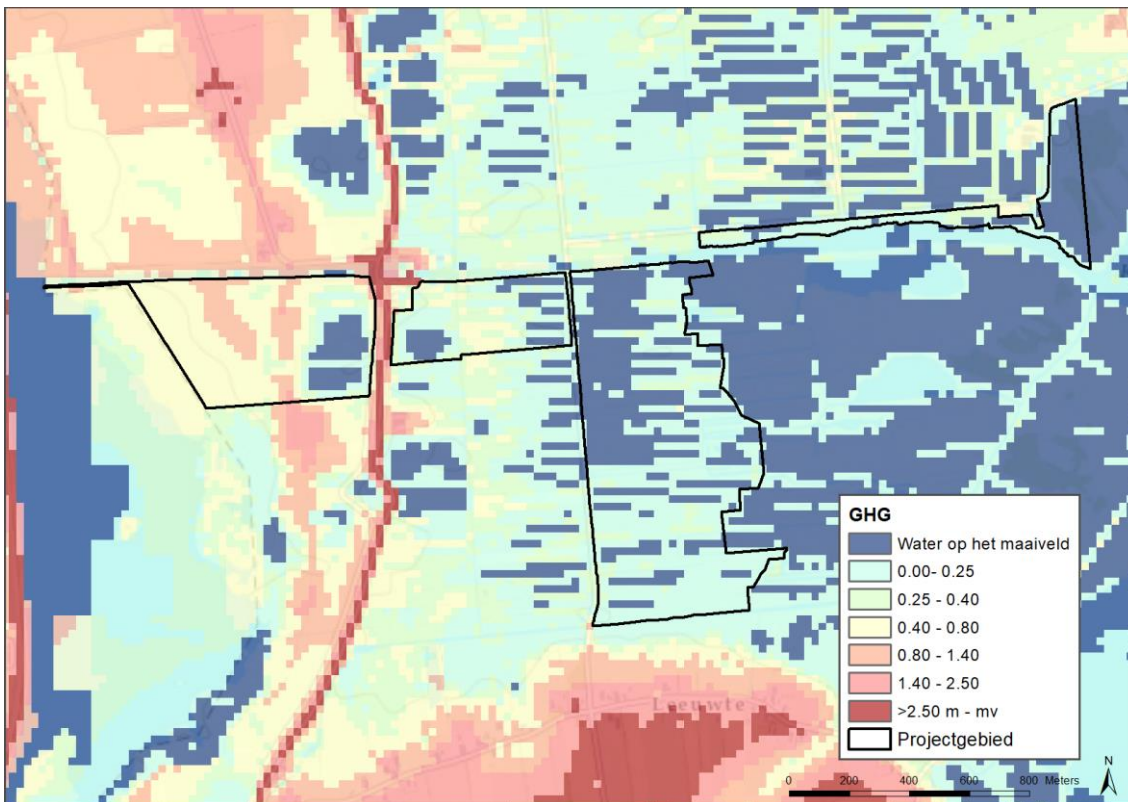
In Figuur 42 is de berekende natschade te zien voor de referentiesituatie. Hierbij zijn duidelijke ruimtelijke patronen te zien. Deze patronen worden veroorzaakt door verschillen in GHG en GLG en bodemtype. De overige parameters (landgebruik gras en weerstation) zijn gelijk voor het gehele gebied. Er is een strook aanwezig, ten westen van peilvak 3, waar de natschade aanzienlijk hoger is dan in de directe omgeving. Deze strook is niet direct terug te zien in de GHG en GLG voor de referentiesituatie (Figuur 43 en Figuur 44). De strook komt wel duidelijk overeen met de bodemtypen; de gehele strook bestaat uit bodemtype 403 (Zavel en lichte klei (oplopend) op veen (marien)). Ten westen van de strook ligt een strook met bodemtype 416 (Lichte zavel homogeen profiel (marien en fluviaal)). Door de eigenschappen van bodemtype 403, is deze erg gevoelig voor natschade.

In Figuur 45 is de gevoeligheid van de GLG op natschade weergegeven, voor bodemtype 403 en 416. Voor de GHG is een waarde van 0,1 m -mv. aangehouden, wat overeenkomt met de gewenste ontwateringsdiepte in peilvak 3. In de figuur is te zien dat de maximale natschade voor bodemtype 416 lager ligt dan voor 403 (45% ten opzichte van 90%). Ook de minimale natschade bij een GHG van 0,1 m -mv. ligt lager voor bodemtype 416 dan voor 403 (20% ten opzichte van 50%). Bij bodemtype 403 begint de natschade eerder te stijgen als gevolg van de GLG; vanaf 0,7 m -mv. neemt de natschade sneller toe bij een hogere GLG. Bij bodemtype 416 begint deze stijging rond de 0,5 m -mv. De stijging eindigt eerder bij bodemtype 403; bij een GLG hoger dan 0,4 m -mv. neemt de natschade niet verder toe. Bij bodemtype 416 eindigt de stijging bij een GLG van 0,3 m -mv.

Uit de analyse blijkt dat de hier bepaalde natschade erg afhankelijk is van de gebruikte bodemkaart, en de nauwkeurigheid hiervan. Ook de berekende grondwaterstanden zijn erg belangrijk voor de uitkomst. Uit deze analyse kan dus geconcludeerd worden dat er verschillende onzekerheden spelen door de gevoeligheid voor de invoer van de WaterWijzer in combinatie met de berekeningen zelf. Om deze reden wordt geadviseerd om de uitkomst van de WaterWijzer enkel als indicatie voor het optreden van natschade te beschouwen. Daarnaast blijft monitoring erg belangrijk om de daadwerkelijke schade in kaart te brengen.

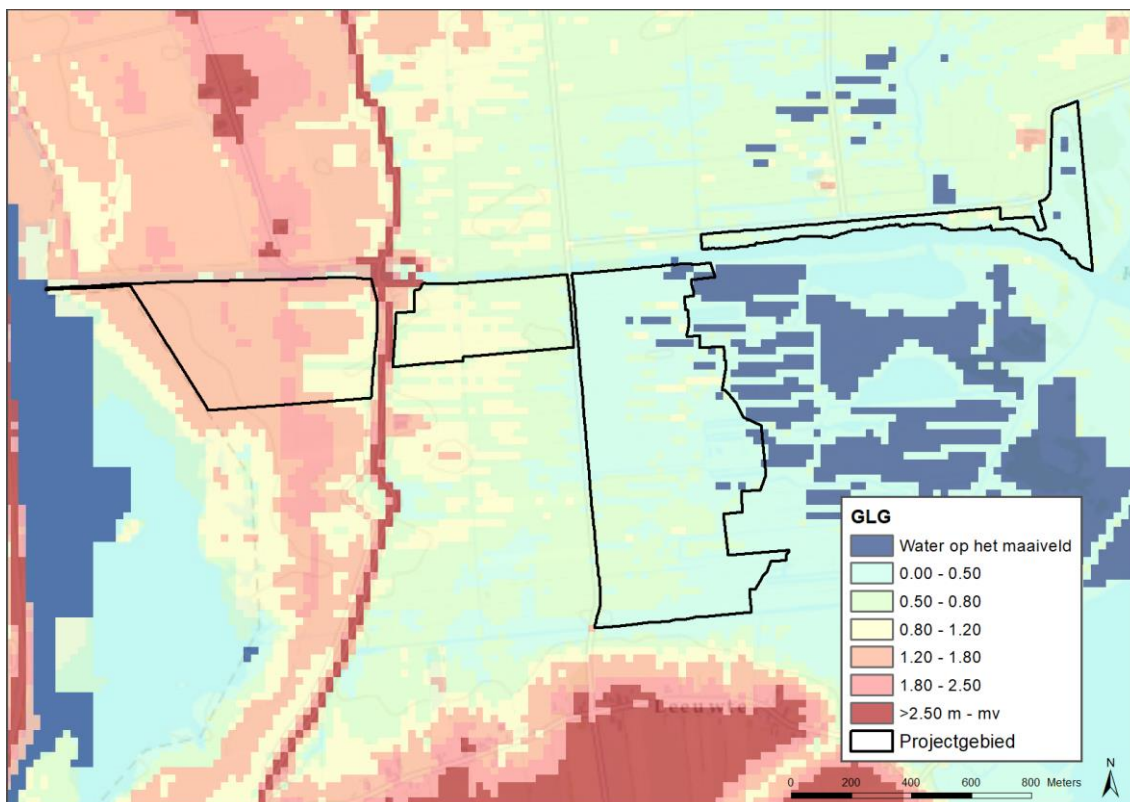


Figuur 42: Berekende natschade in de referentiesituatie.

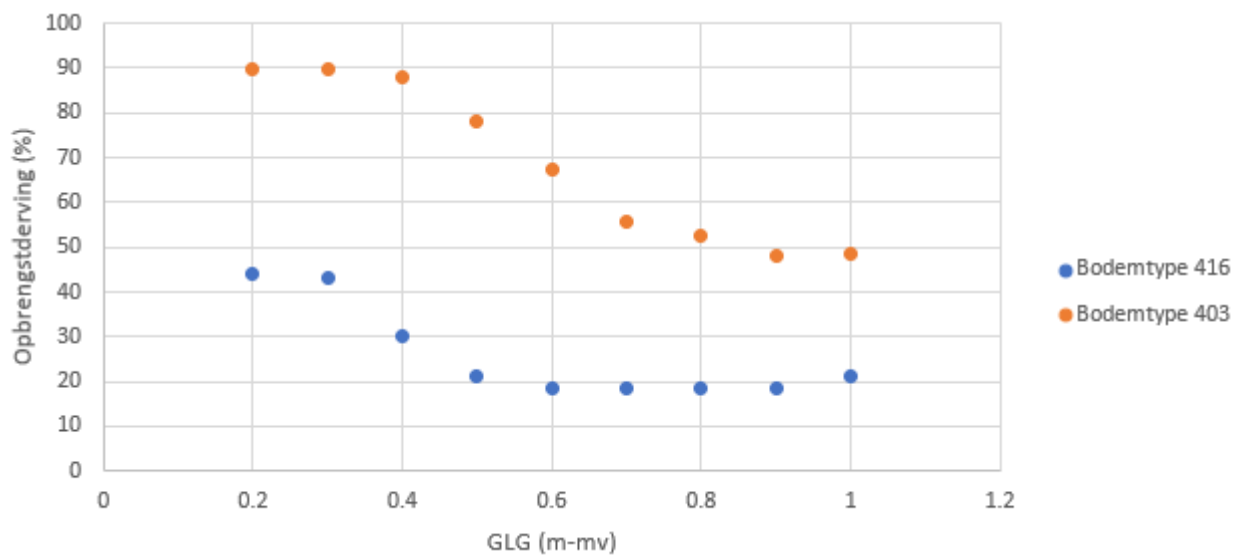


Figuur 43: Gemiddeld hoogste grondwaterstand in de referentiesituatie.





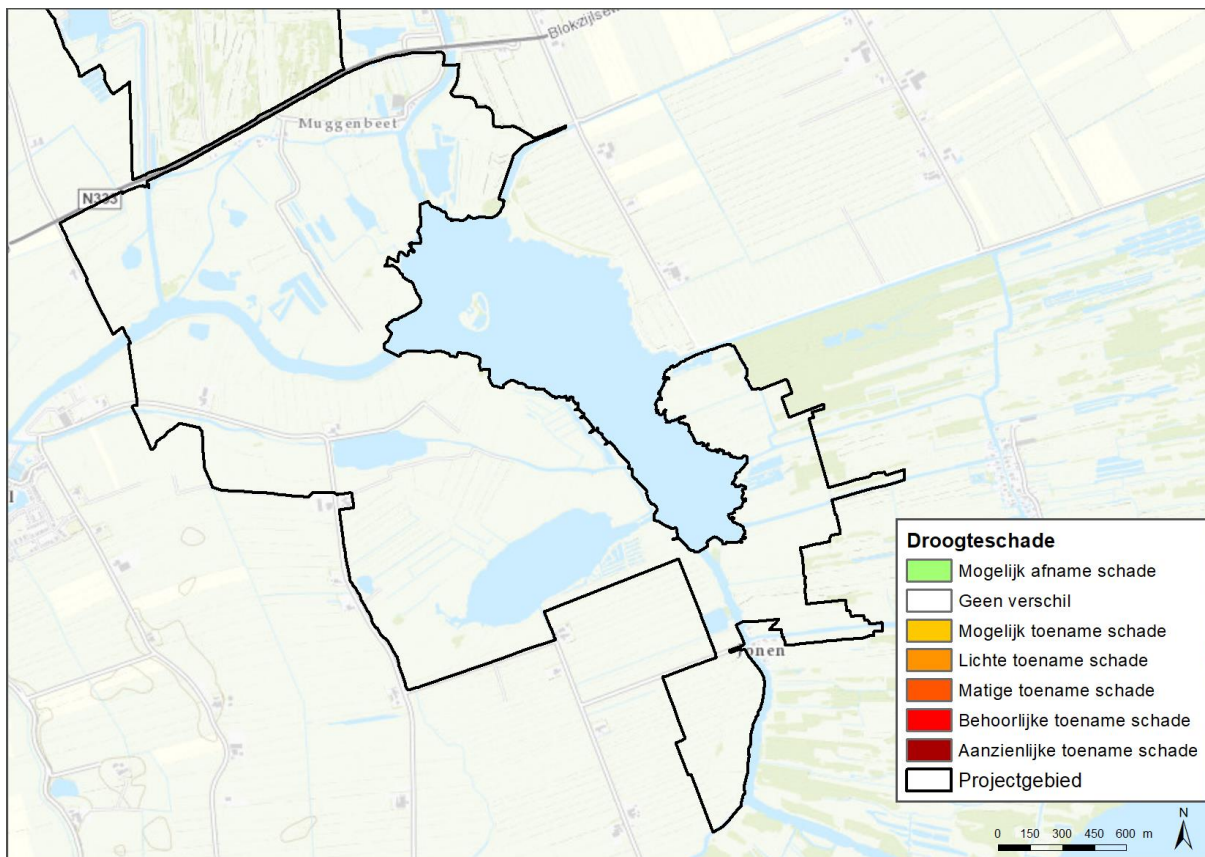
Figuur 44: Gemiddeld laagste grondwaterstand in de referentiesituatie.



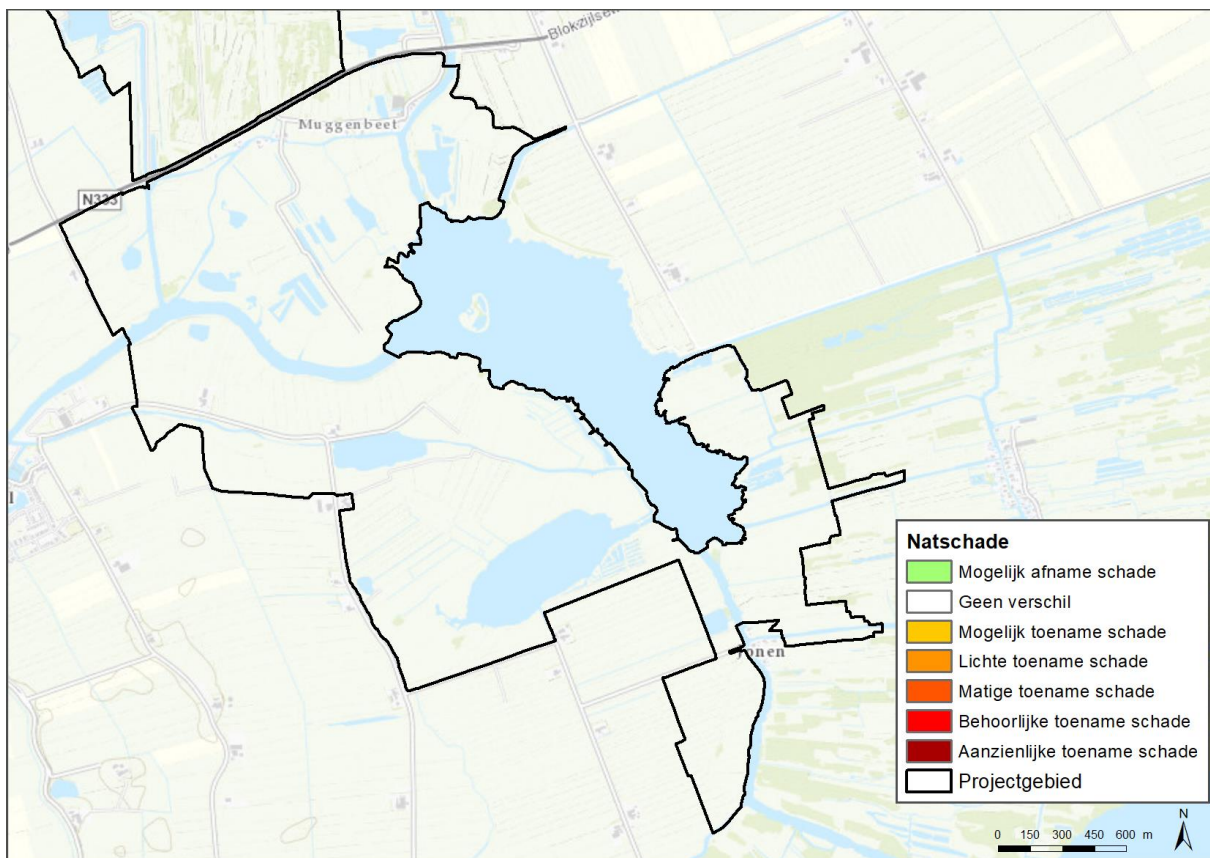
Figuur 45: Effect GLG op berekende natschade.

## BIJLAGE F – NAT- EN DROOGTESCHADE LANDBOUW

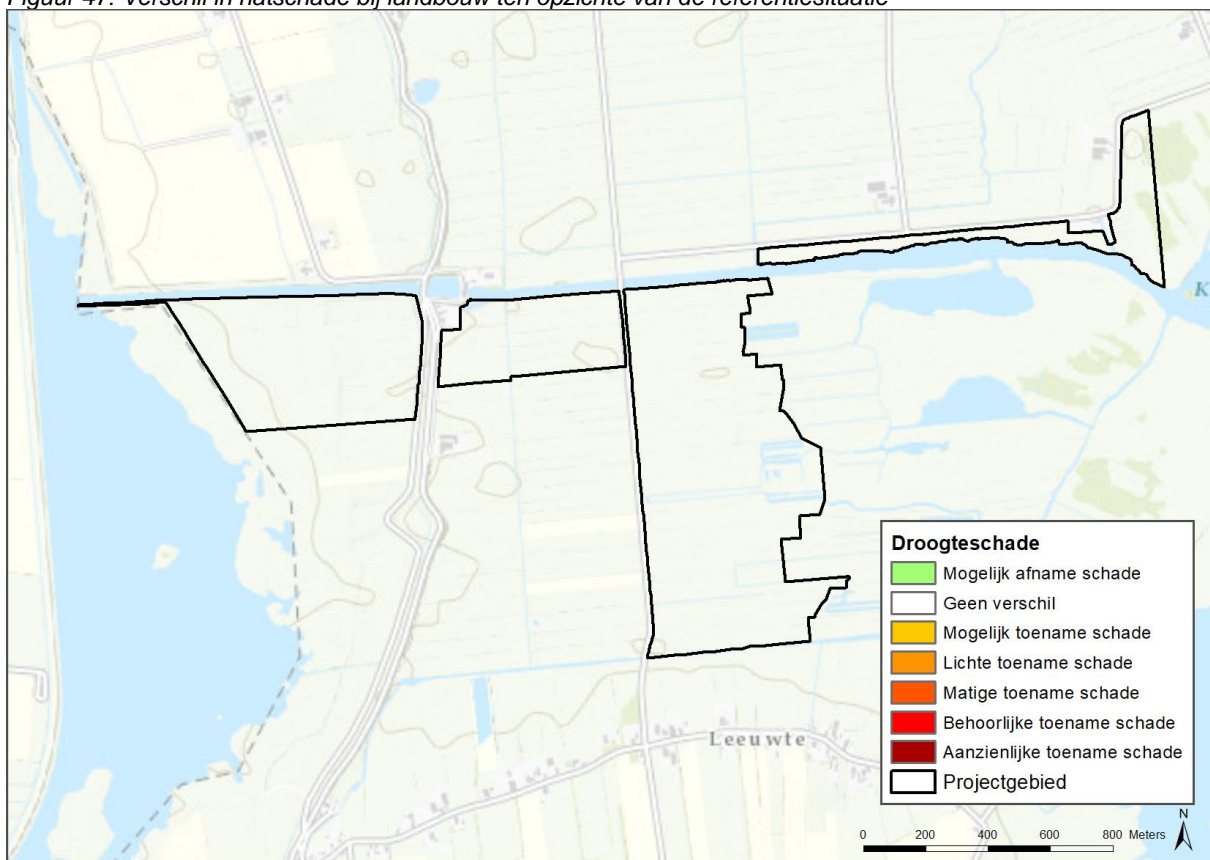
In deze bijlage staan de afzonderlijk berekende toe- of afname aan natschade en droogteschade. Deze vormen samen de totaalschade zoals besproken bij de toetsing op gebruiksfunctie.



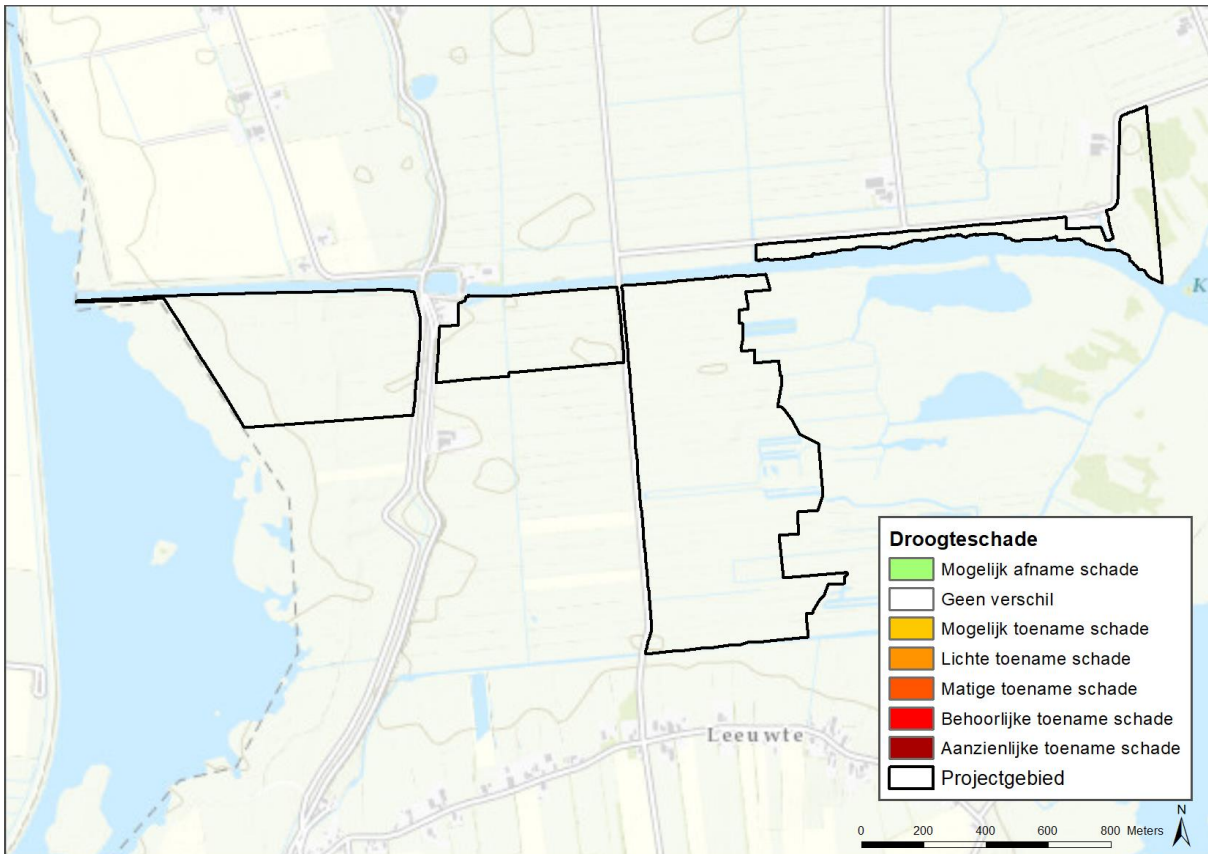
Figuur 46: Verschil in droogteschade bij landbouw ten opzichte van de referentiesituatie



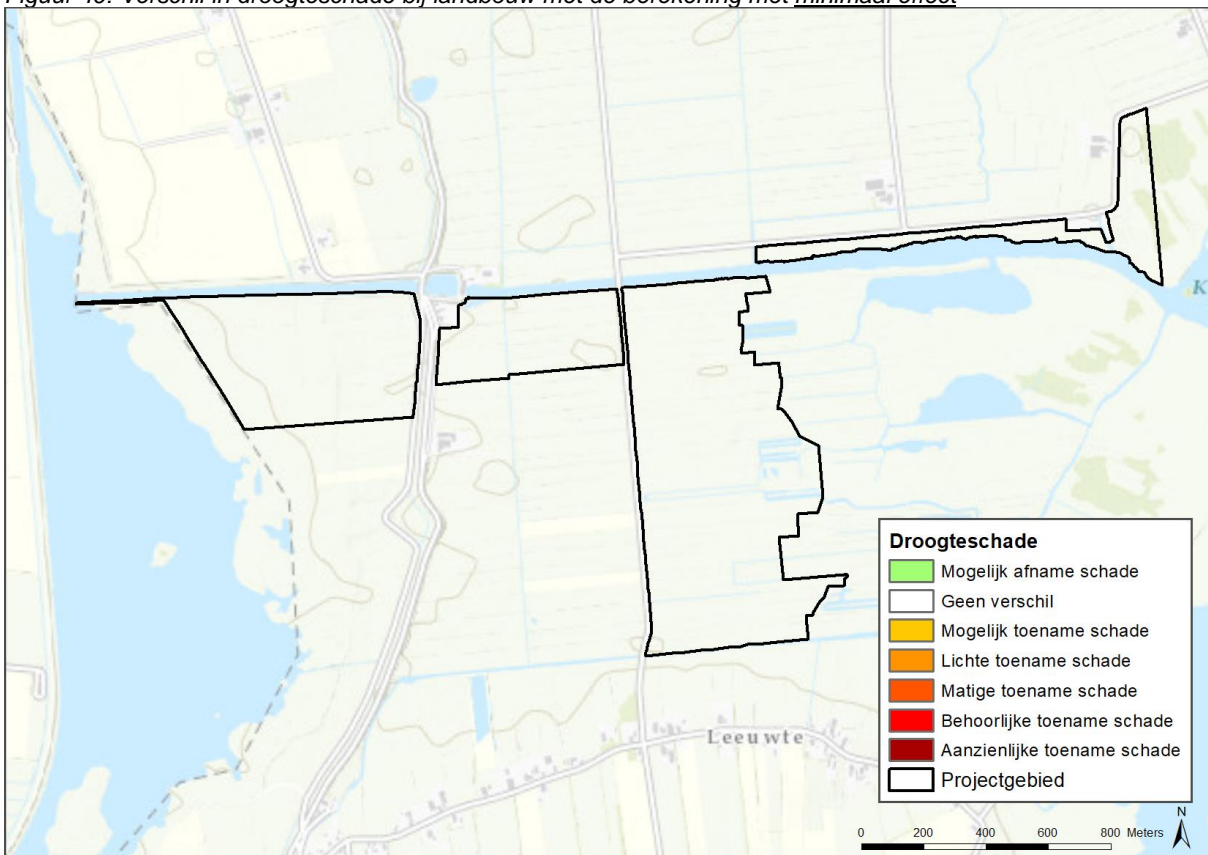
*Figuur 47: Verschil in natschade bij landbouw ten opzichte van de referentiesituatie*



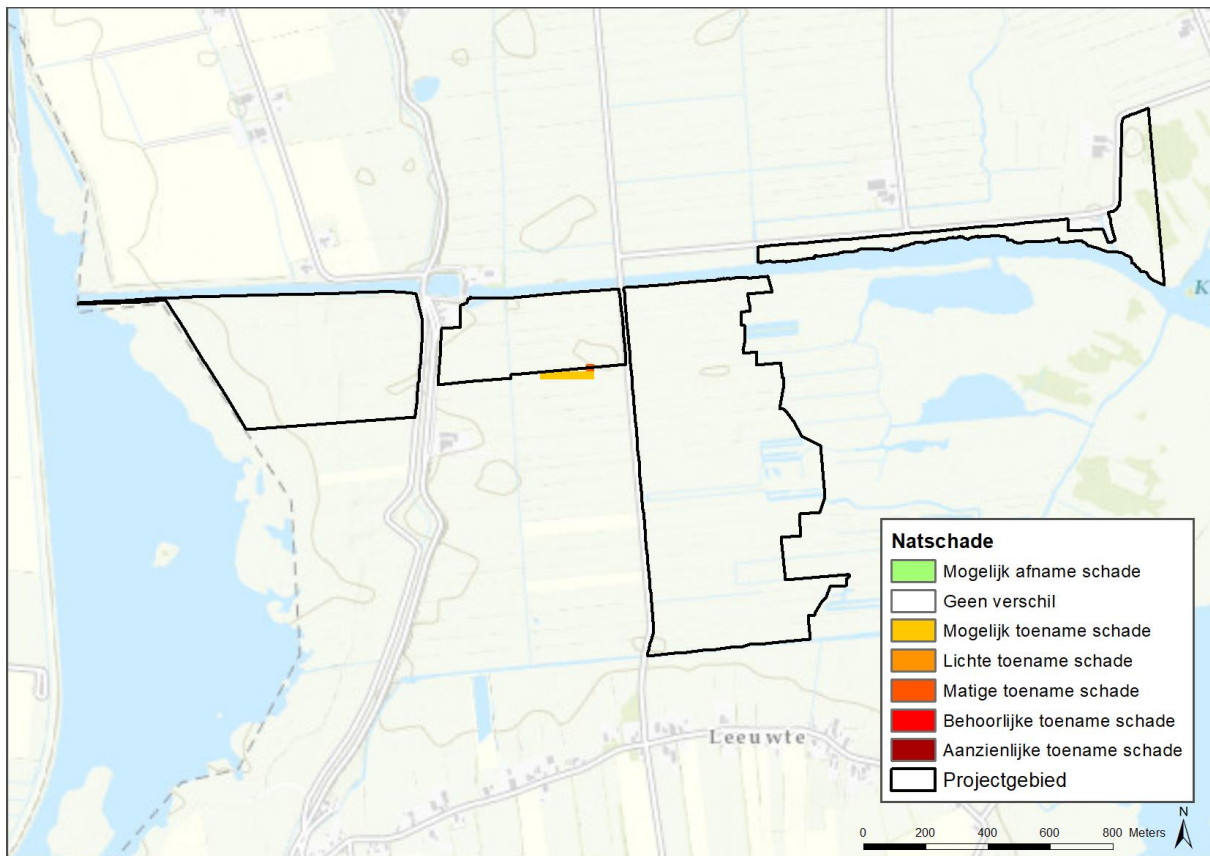
*Figuur 48: Verschil in droogteschade bij landbouw ten opzichte van de referentiesituatie*



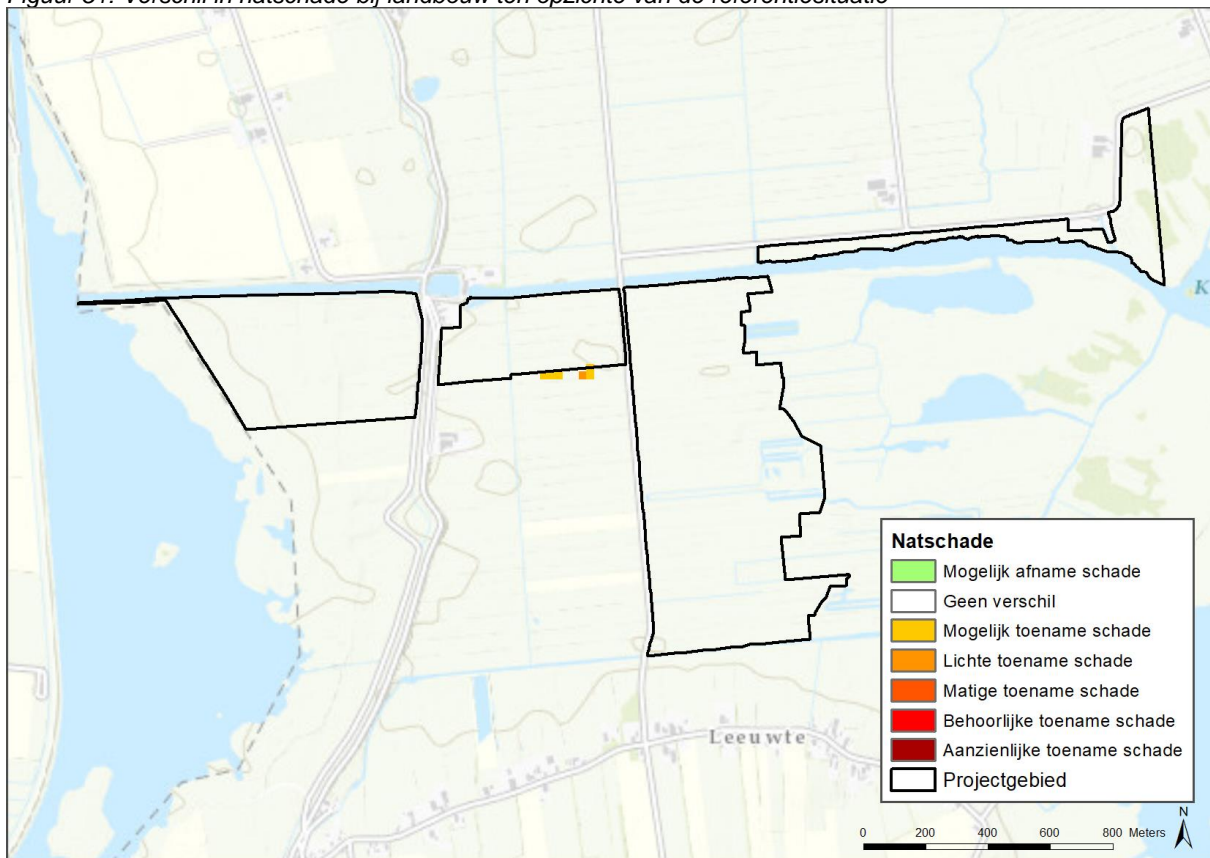
*Figuur 49: Verschil in droogteschade bij landbouw met de berekening met minimaal effect*



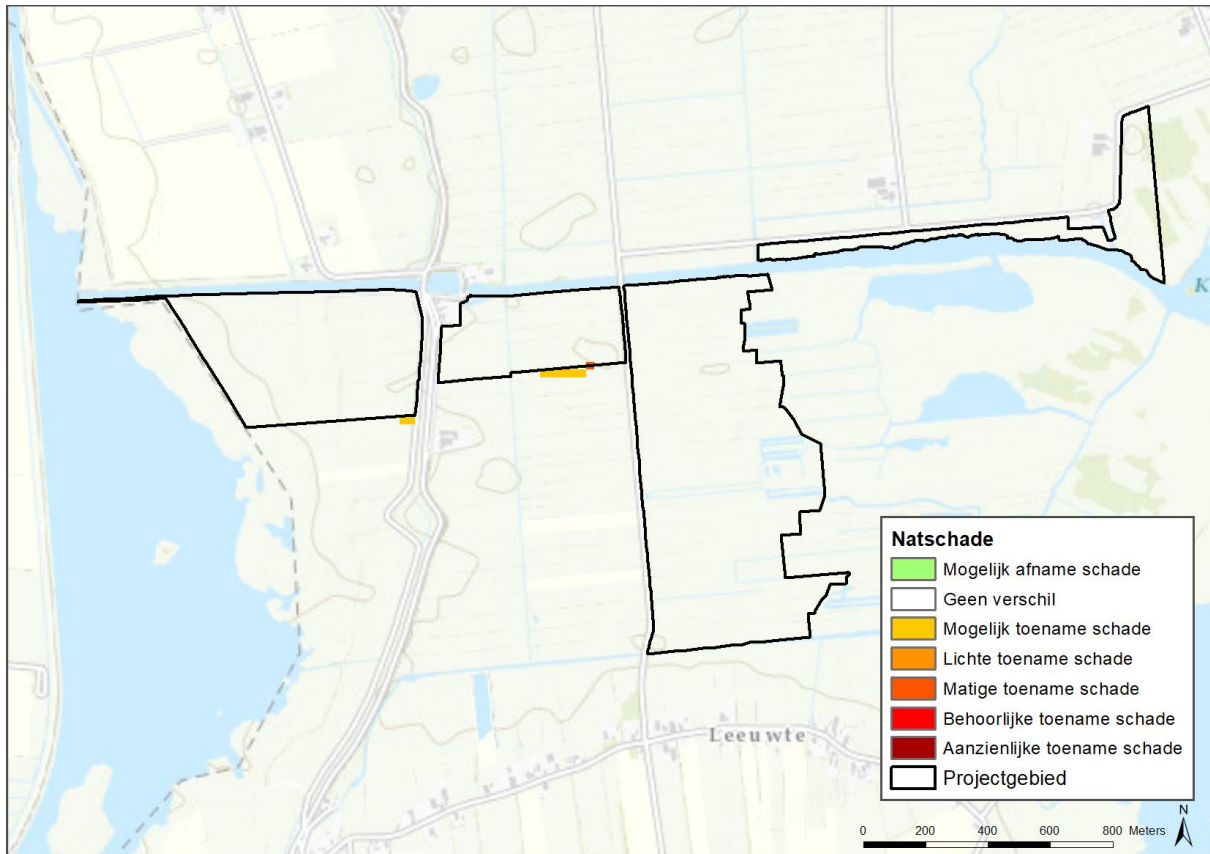
*Figuur 50: Verschil in droogteschade bij landbouw met de berekening met maximaal effect*



Figuur 51: Verschil in natschade bij landbouw ten opzichte van de referentiesituatie



Figuur 52: Verschil in natschade bij landbouw met de berekening met minimaal effect



Figuur 53: Verschil in natschade bij landbouw met de berekening met maximaal effect

## COLOFON

### HYDROLOGISCH ONDERZOEK WIEDEN RAPPORT GEOHYDROLOGISCHE MODELLERING

#### KLANT

Provincie Overijssel

#### AUTEUR

Marloes Arens

#### PROJECTNUMMER

C03081.000163

#### ONZE REFERENTIE

083901960 A.5

#### DATUM

19 september 2019

#### STATUS

Definitief

#### GECONTROLEERD DOOR

Wilco Klutman  
Specialist Water

#### VRIJGEGEVEN DOOR

Arjan ter Harmsel  
Adviseur Water

#### **Arcadis Nederland B.V.**

Postbus 264  
6800 AG Arnhem  
Nederland  
+31 (0)88 4261 261

[www.arcadis.com](http://www.arcadis.com)