

Hydrologisch onderzoek Weerribben

**projectgebied Noordmanen
Provincie Overijssel**

22 juli 2021

Contactpersoon

MARLOES ARENS
Hydroloog

T +31 (0) 6 1118 0036
E marloes.arens@arcadis.com

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

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doel	5
1.3	Leeswijzer	5
2	Watersysteembeschrijving	7
2.1	Regionaal Watersysteem	7
2.2	Lokaal systeem	7
3	Werkwijze en uitgangspunten hydrologisch onderzoek	12
3.1	Ontwikkeling grondwatermodel	12
3.1.1	Regionaal grondwatermodel	12
3.1.2	Lokaal grondwatermodel	13
3.1.3	Uitgangspunten modellering referentie situatie	13
3.2	Opstellen 1 ^e ontwerp	14
3.2.1	Uitgangspunten modellering ontwerp	15
3.3	Toetsing ontwerp op grondwaterstand en effecten gebruiksfunctie	15
3.3.1	Uitgangspunten beoordeling van de gebruiksfunctie	15
3.4	Aanvullend onderzoek naar effecten en mogelijke overlast	17
3.5	Optimalisatie van het ontwerp	18
3.6	Ontwerp	18
4	Ontwerp Noordmanen	19
4.1	Peilen per peilvak	19
4.2	Lokale afwijkingen op peilen uit peilvak	21
5	Toetsing ontwerp	24
5.1.1	Effect op GxG	24
5.1.2	Toetsing op landbouw	27
5.1.3	Bevindingen onderzoek Aequator	29
5.1.4	Toetsing op wegen	29
5.1.5	Toetsing op woningen	31

5.1.6	Enquêtes	32
6	Conclusies en aanbevelingen	33
	Modelontwikkeling	33
	Ontwerp	33
	Effecten	33
	Monitoring	33
	Aanbevelingen gebruiksfuncties	33
	Woningen	33
	Landbouw	36
7	Bijlagen	39
Bijlagen		
	Bijlage A - Modelontwikkeling	40
	Validatieresultaten regionaal model	42
	Tijdreeksverlenging	44
	Validatie lokale model	49
	Bijlage B – Ontwerp (vergravingen en watersysteem)	54
	Bijlage C – Toetsing Drempelhoogtes ontwerp 2021	56
	Bijlage D - Enquêtes woningen	59
	Bijlage E - Waterwijzer in tabelvorm	61
	Bijlage F - Duiding effecten	65
	Colofon	72

1 Inleiding

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

Het hydrologisch onderzoek is begeleid door een projectgroep met experts vanuit provincie, Staatsbosbeheer, waterschap en de ingenieur bureaus Arcadis en Aequator .

1.1 Aanleiding

Als onderdeel van de ontwikkelopgave Natura 2000 voor de Weerribben wordt een Inrichtingsplan en 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 wordt ingezet om het hydrologisch ontwerp van de Weerribben te onderbouwen en toetsen. Hiervoor 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 detail beschreven, waarbij alle genomen stappen en uitgangspunten worden weergegeven. In hoofdstuk 4 wordt het ontwerp van Noordmanen toegelicht. De effecten van het ontwerp worden in kaart gebracht in hoofdstuk 5. Hierbij wordt gekeken naar het effect op grondwater en gebruiksfuncties. De conclusies en aanbevelingen die hieruit volgen zijn weergegeven in hoofdstuk 6. Verschillende ondersteunende teksten (zoals de totstandkoming van het grondwatermodel) zijn terug te vinden in de bijlage.

Bij de totstandkoming van het ontwerp zijn meerdere stappen doorlopen (beschreven in hoofdstuk 3). Hiervoor zijn verscheidene tussentijdse rapportages opgesteld, welke zijn meegeleverd als aparte bijlage bij dit rapport. Het gaat hierbij om de volgende rapporten, waar in dit rapport naar verwezen zal worden:

- *Monitoringsplan meetnet Wieden Weerribben (Arcadis, 2018):*
 - Monitoringsplan opgesteld bij de start van dit project om voldoende systeeminzicht te verkrijgen om het grondwatermodel te verbeteren en een ontwerp op te kunnen stellen
- *Bodemgesteldheid en landbouwkundige effecten vernatting Noordmanen (Aequator, 2021):*
 - Rapport door Aequator met daarin een uitgebreide toetsing van het ontwerp en mogelijke effecten hiervan op landbouwgebied
- *Aanvullend onderzoek Noordmanen_definitief – D10022762 (Arcadis, 2021):*
 - Rapport dat is opgesteld tijdens de ontwikkeling van het ontwerp om; beter inzicht te krijgen in de gehanteerde uitgangspunten, eventuele omgevingseffecten beter in te schatten, te duiden of er ongewenst effect verwacht kan worden, en om mogelijke richtingen te beschrijven over de omgang met deze effecten
- *Monitoringsplan bij ontwerp Noordmanen en Kooi van Pen, Arcadis (2021))*
 - Monitoringsplan horend bij het ontwerp, waarbij met name wordt ingezet op het verkrijgen van een goede 0-meting en het monitoren van eventuele effecten.

Samenhang met Kooi van Pen

Ten noorden van Noordmanen ligt het natuurgebied Kooi van Pen. Hier is in opdracht van de provincie een inrichtingsplan voor opgesteld door Staatsbosbeheer, welk eerst in een separaat onderzoek is getoetst. De werkwijze van de modellering en resultaten hiervan staan in de rapportage Effectenstudie inrichtingsplan Kooi van Pen, Arcadis (2020). Omdat de effecten van dit inrichtingsplan kunnen samenvallen met de effecten van het ontwerp bij Noordmanen, is het ontwerp van Noordmanen gecombineerd doorgerekend en getoetst met het inrichtingsplan van Kooi van Pen. De toetsing op gebruiksfuncties is in dit rapport dus ook uitgevoerd op het gecombineerd ontwerp Noordmanen en Kooi van Pen.

2 Watersysteembeschrijving

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

2.1 Regionaal Watersysteem

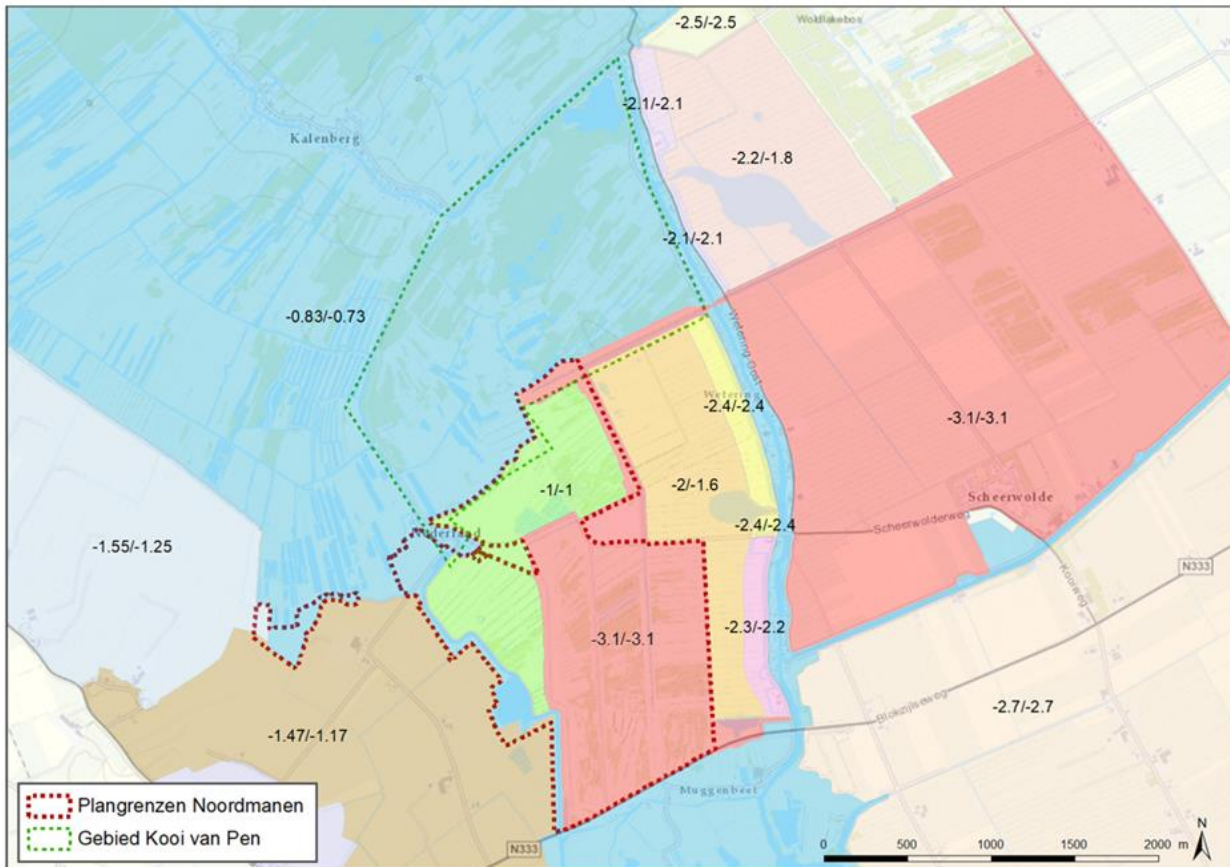
De ondergrond van het gebied is opgebouwd uit een zandige ondergrond met daarboven een venige deklaag. De regionale grondwaterstromingsrichting is westzuidwest. Globaal stroomt het grondwater van de Hondsrug naar het Ketelmeer.

In het gebied is variatie in drooglegging aanwezig door variatie in maaiveldhoogte en het hanteren van verschillende oppervlaktewaterpeilen; polderpeilen en boezempeil. Het boezempeil varieert tussen -0,73 en -0,83 meter NAP. De polderpeilen liggen lager en variëren sterk van polder tot polder. Deze polders worden met poldergemalen op peil gehouden. Dit water wordt uitgeslagen op de boezem. In tijden van droogte wordt gestuurd op het bovenpeil, en wordt dus eerder water ingelaten. In tijden van droogte is niet voldoende water beschikbaar uit de polders om de boezem op peil te houden, en wordt extra water ingelaten uit het Ketelmeer (bij Gemaal Stroink). Bij een overschot wordt het water daar uitgeslagen naar het Ketelmeer.

2.2 Lokaal systeem

Oppervlaktewater

Het projectgebied Noordmanen is opgebouwd uit verschillende peilvakken, met daaraan verbonden verschillende waterpeilen (Figuur 1). Het gehele projectgebied is opgenomen binnen de begrenzing van het Natuurnetwerk Nederland (NNN), waarin een hoog waterpeil gewenst is. Het huidige streefpeil ligt voor een groot deel nog op -3,1 m NAP. De noordkant van het gebied heeft een streefpeil van -1 m NAP. Een klein deel ligt op boezempeil (-0,83/-0,73 m NAP). Ten noorden (o.a. Kooi van Pen) en zuiden van het gebied wordt boezempeil gehanteerd. Ten oosten en westen van het gebied liggen verschillende polderpeilen; -1 tot -3,1 m NAP.

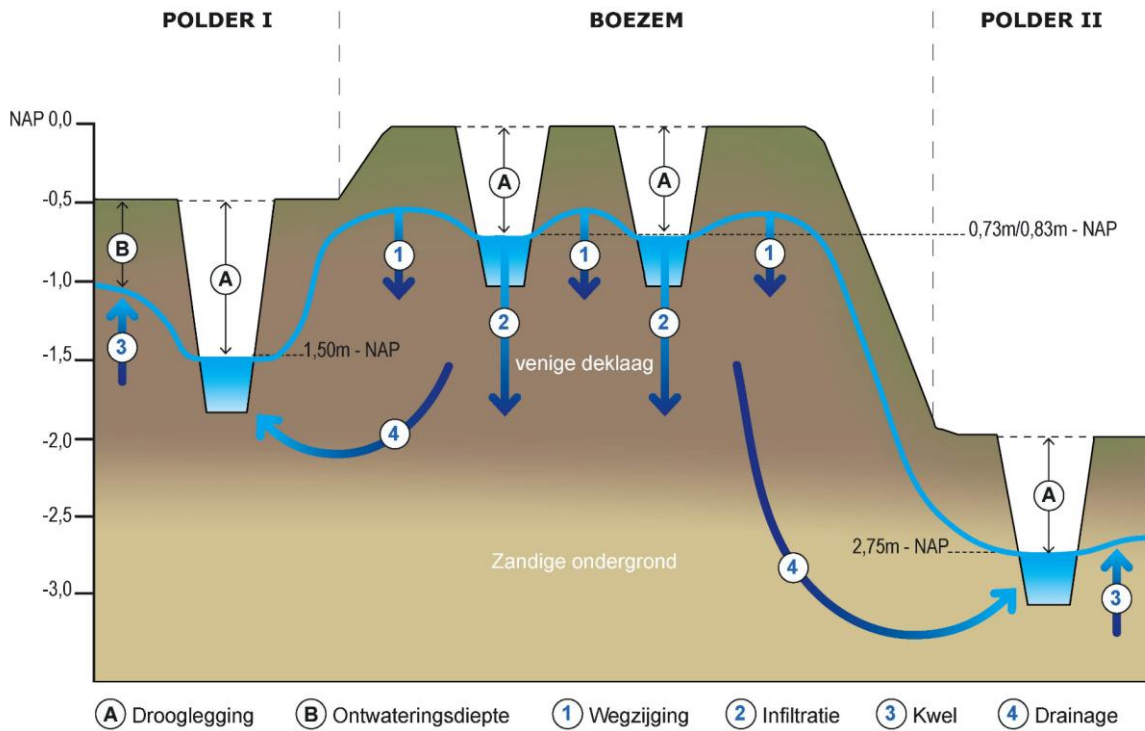


Figuur 1: Peilvakken Noordmanen en Kooi van Pen in m NAP. De aangegeven peilen staan als volgt genoteerd: winterpeil/zomerpeil

Grondwater

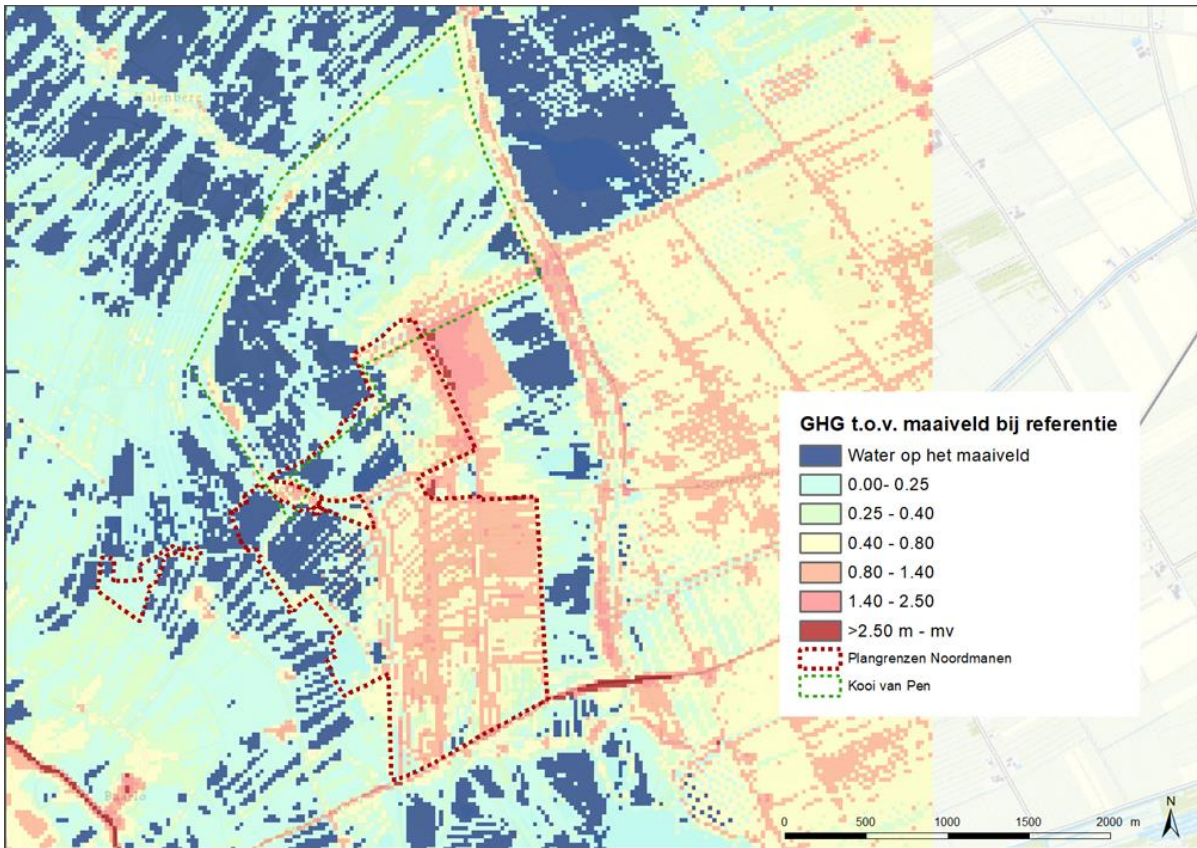
In Figuur 2 is weergegeven hoe de lokale peilverschillen doorwerken in het grondwatersysteem. In de sloten waar boezempeil wordt gehanteerd, infiltreert het water uit de sloot de bodem in (wegzijging). Vervolgens stroomt het water via de venige deklaag naar de zandondergrond. Via de zandondergrond stroomt dit water naar de lagergelegen polders waar het (voornamelijk in de watergangen) omhoog komt als kwel.

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.

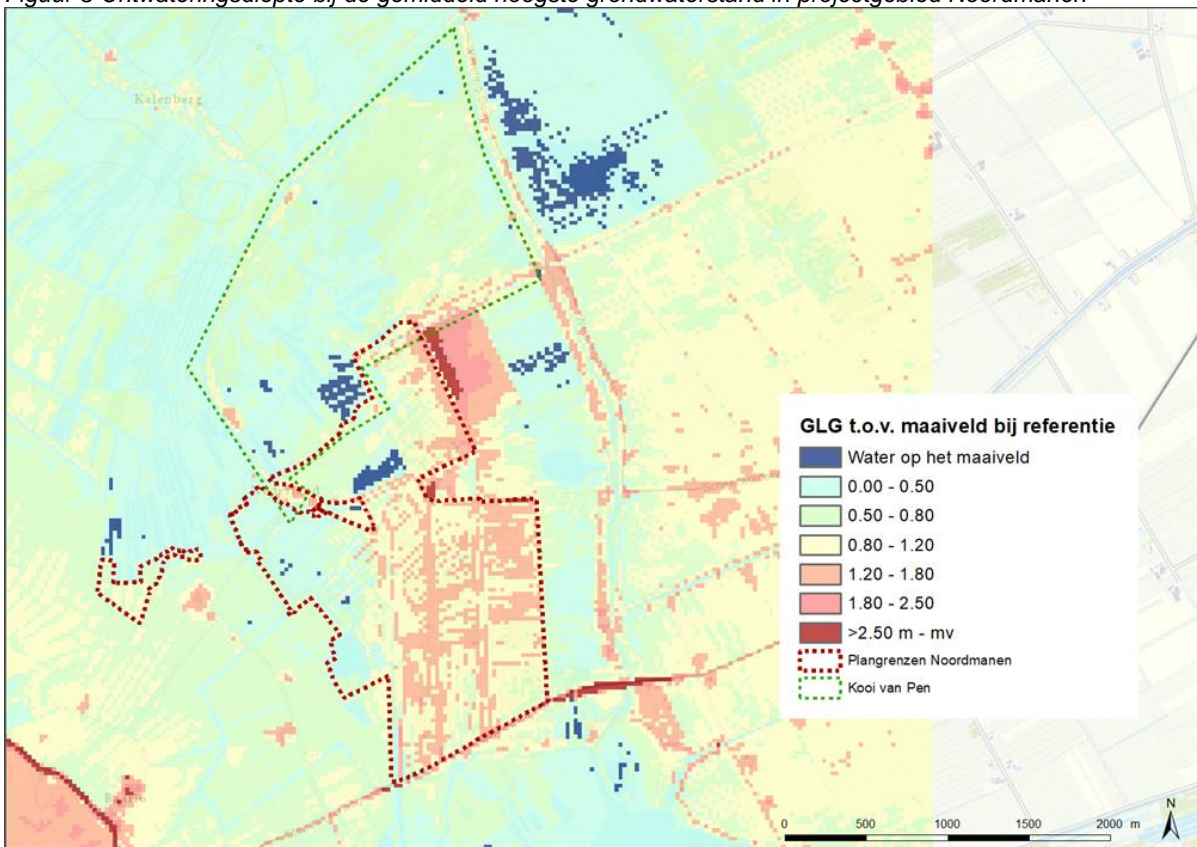


Figuur 2: functioneren lokaal watersysteem

De ontwateringsdiepte (grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld) bij de gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) is weergegeven in Figuur 3 en Figuur 4. In het westelijk deel van het projectgebied Noordmanen ligt het grondwater (relatief dicht) aan de oppervlakte. Aan de oostzijde ligt deze dieper dan 0,8 meter onder het maaiveld.



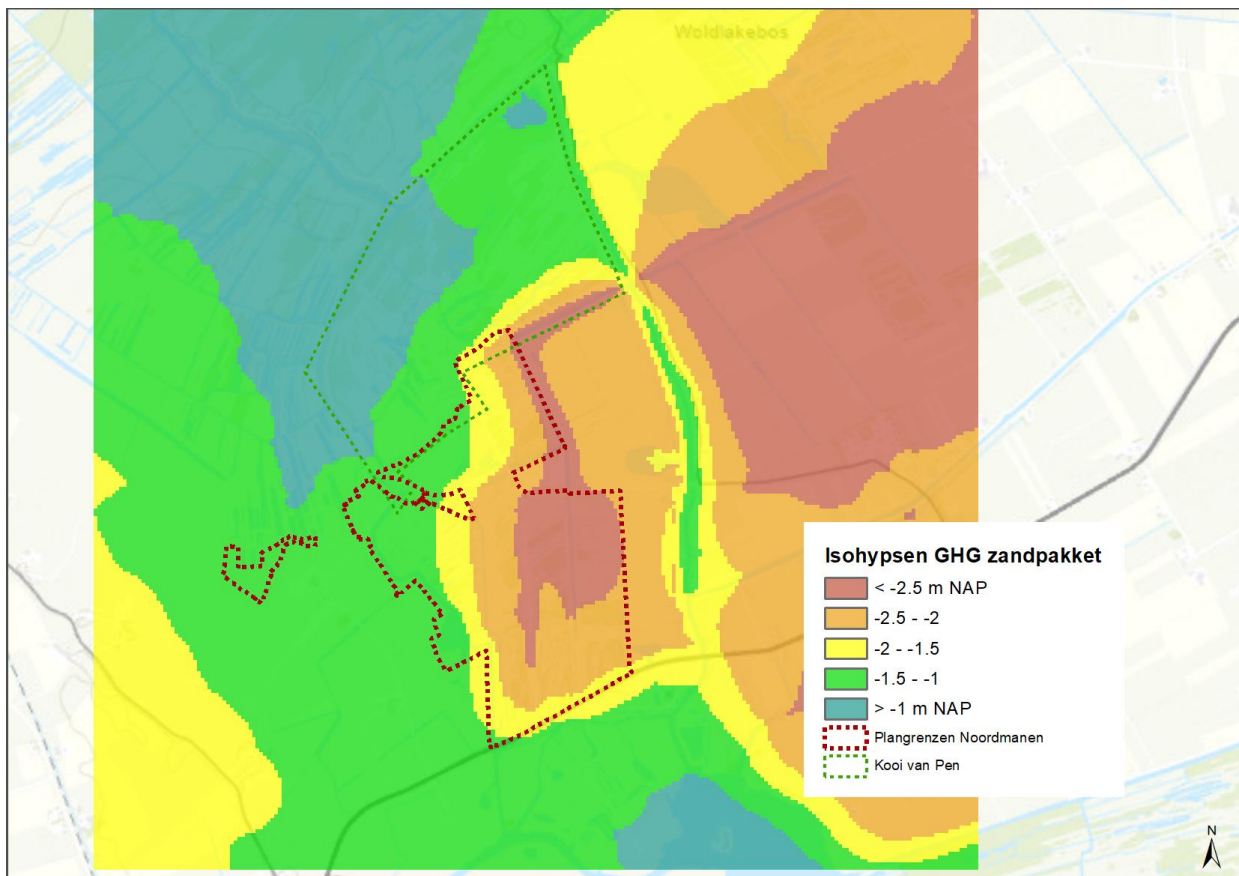
Figuur 3 Ontwateringsdiepte bij de gemiddeld hoogste grondwaterstand in projectgebied Noordmanen*



Figuur 4 Ontwateringsdiepte bij de gemiddeld laagste grondwaterstand in projectgebied Noordmanen*

* In het gebruikte maaiveldhoogtebestand voor deze kaarten is het gronddepot, wat inmiddels niet meer aanwezig is, nog wel aanwezig. Dit komt doordat het maaiveldhoogtebestand is opgesteld in de tijd dat dit depot nog aanwezig was. Hierdoor is het gebruikte maaiveld ter plaatse van dit depot te hoog. Dit heeft geen impact op de berekende grondwaterstanden ten opzichte van NAP, en ook niet op de hiermee berekende effecten. Wel geeft dit in bovenstaande figuren een vertekend beeld: de deze locatie ligt de GHG en GLG in werkelijkheid dichter bij maaiveld, doordat het maaiveld hier in werkelijkheid dus lager is.

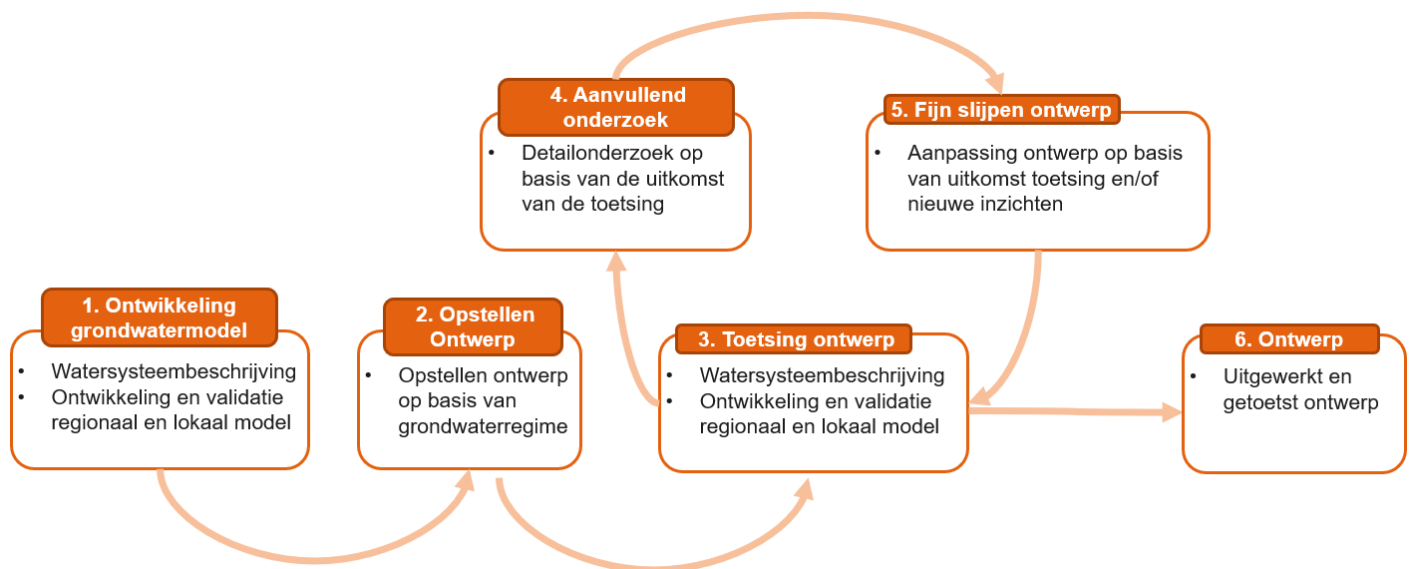
De isohypsenkaart van de zandondergrond in Figuur 5 laat voor Noordmanen een stijghoogte zien van -1 tot meer dan -2.5 meter onder NAP. Ten noordoosten en ten zuiden van het projectgebied ligt deze hoger. Het ruimtelijk patroon van de polderpeilen is duidelijk zichtbaar.



Figuur 5 Isohypsen van de gemiddeld hoogste stijghoogte bij Noordmanen

3 Werkwijze en uitgangspunten 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 hydrologische effecten en effecten op de gebruiksfunctie. Om dit te doen zijn verschillende stappen (iteratief) doorlopen (Figuur 6). Dit hoofdstuk beschrijft de werkwijze en geeft alle gevolgde stappen weer.



Figuur 6: Doorlopen stappen bij het hydrologisch onderzoek. De nummers zijn gekoppeld aan onderstaande paragrafen, waar deze stap in meer detail wordt toegelicht

3.1 Ontwikkeling grondwatermodel

De ontwikkeling van het grondwatermodel is in twee stappen uitgevoerd. Eerst is een grover regionaal model ontwikkeld. Hierbij is gekeken naar een groter gebied (van Heerenveen tot Zwolle). Daarna is overgestapt naar gedetailleerdere deelmodellen (per projectgebied een deelmodel), waarop het model verder is verfijnd. Voor de ontwikkeling van het grondwatermodel is gebruik gemaakt 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. De ontwikkeling en validatie van het grondwatermodel heeft plaatsgevonden van midden 2018 tot begin 2019. De uitgebreide beschrijving van de modelontwikkeling staat in Bijlage A.

3.1.1 Regionaal grondwatermodel

Om het regionale model 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 Bijlage A 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 (Bijlage A).

3.1.2 Lokaal grondwatermodel

Per projectgebied (waaronder Noordmanen) 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 monitoringsmeetnet¹ welke is ingericht voor de ontwikkelopgave van de Wieden Weerribben (voor validatie zie Bijlage A).

Het model is nauwkeurig genoeg bevonden voor de hydrologische studie. Wel kunnen er lokaal afwijkingen voorkomen door de grote heterogeniteit in de ondergrond en ook door het gedetailleerde greppelpatroon op landbouwgebied. Hierdoor zijn vooral afwijkingen in de freatische grondwaterstand te zien. Het zandpakket wordt nauwkeuriger berekend doordat hier een minder grote heterogeniteit is.

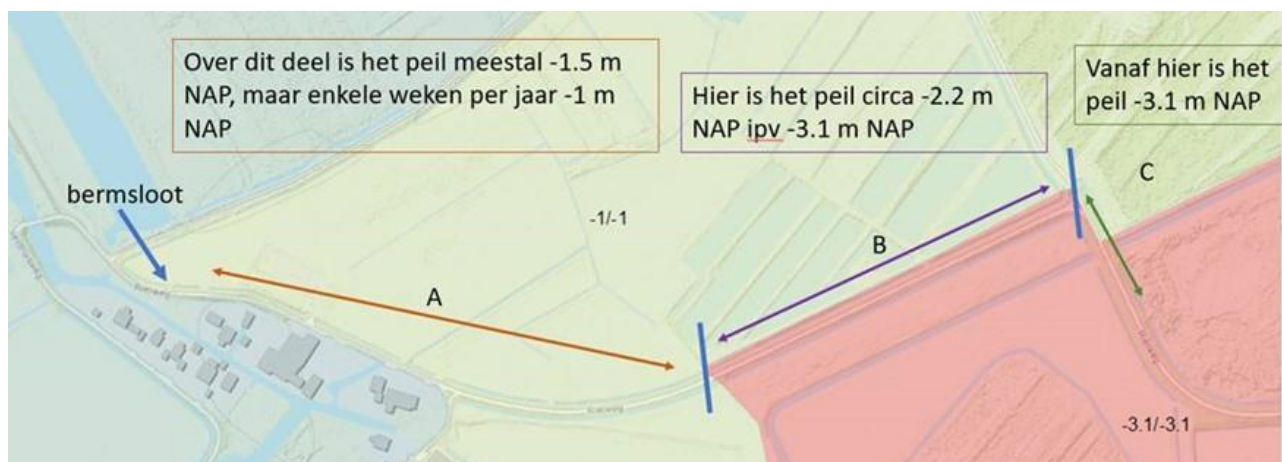
3.1.3 Uitgangspunten modellering referentie situatie

Voor de modelberekening van de huidige situatie zijn de peilen volgens de aangeleverde peilvakkenkaart van waterschap Drents Overijsselse Delta gebruikt. In deze kaart staan de streefpeilen per peilvak. Hierbij is een onderscheid gemaakt in bovenpeil (zomerpeil in het model) en onderpeil (winterpeil in het model). De gebruikte peilen zijn weergegeven in Figuur 7 en zijn genoteerd als winterpeil/zomerpeil.

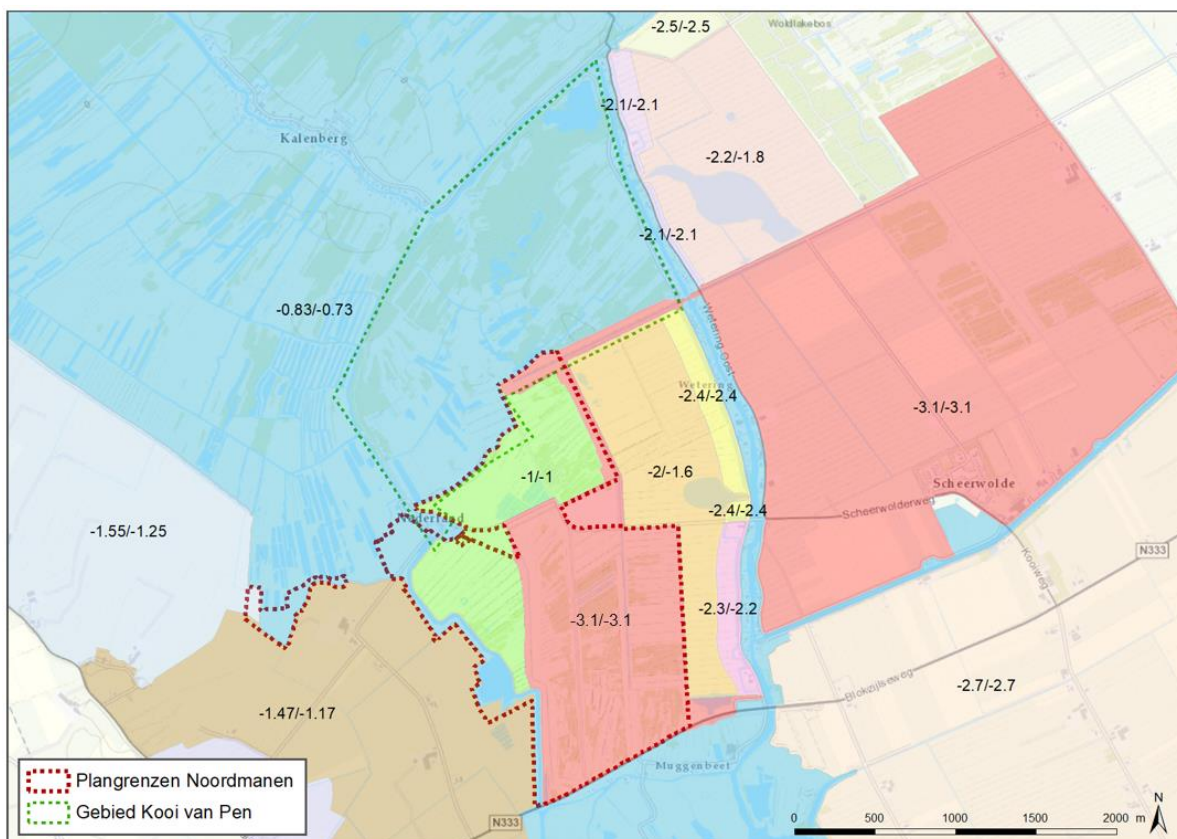
Een uitzondering hierop is de bermsloot langs de Rietweg, waar het praktijkpeil sterk afwijkt van het peilvak; De bermsloot heeft volgens het peilvak een huidig peil van -1 m NAP. Uit inmetingen is gebleken dat dit peil een stuk lager ligt: rond de -1.5 m NAP (*aanvullend onderzoek Noordmanen_definitief – D10022762 (Arcadis, 2021)*). Om te voorkomen dat het ervaren effect hier groter is dan met het model berekend, is ervoor gekozen hier het praktijkpeil te gebruiken voor de modellering van de referentiesituatie.

Huidige situatie bermsloot Rietweg

De huidige situatie van de bermsloot is toegelicht in onderstaand figuur op basis van 3 delen van de sloot, aangegeven met A, B en C. De bermsloot (deel A) heeft volgens het peilvak een huidig peil van -1 m NAP. Uit inmetingen is gebleken dat dit peil een stuk lager ligt: rond de -1.5 m NAP (*aanvullend onderzoek Noordmanen_definitief – D10022762 (Arcadis, 2021)*). Het grootste deel van het jaar ligt het peil hier rond de -1.5 m NAP. Maar enkele weken per jaar wordt hier het peil opgezet naar -1 m NAP ten behoeve van de rietteelt. Verder naar het oosten komt de bermsloot in het peilvak van -3.1 m NAP (deel B en C). Op basis van inmetingen en hoogtekarten is te zien dat dit geen direct scherpe overgang is. Pas bij de haakse bocht van de Rietweg bereikt het peil rond de -3.1 m NAP (deel C). Daarvoor is het peil rond de -2.2 m NAP (deel B). Op dit stuk wordt niet actief op -3.1 m NAP gestuurd, en als gevolg van wegzijging en niet veel wateraanvoer is het peil hier lager dan de -1.5 m NAP bovenstreams.



¹ Monitoringsplan meetnet Wieden Weerribben (Arcadis, 2018)



Figuur 7: peilvakkenkaart met de peilen in m NAP die overgenomen is in het grondwatermodel. De aangegeven peilen staan als volgt genoteerd: winterpeil/zomerpeil

De maaiveldhoogte voor Noordmanen is speciaal voor dit onderzoek ingevlogen met een hoge resolutie LIDAR (KAVEL10, 2019). Deze hoge resolutie LIDAR-data is gebruikt als maaiveldhoogte in het model. Daarvoor is deze vertaald naar de meest voorkomende hoogte binnen een cel van 25 bij 25 meter. Voor het omliggende gebied, waar het maaiveld niet is ingevlogen, is het maaiveld uit MIPWA 3.2 gebruikt. Dit maaiveld is gebaseerd op AHN2.

3.2 Opstellen 1^e ontwerp

Elk projectgebied bestaat uit verschillende peilvakken waarin een ander peil kan worden gehandhaafd. Per peilvak is een (beoogd) natuurdoeltype aangewezen, met ook een gewenste grondwaterstand/-regime. Om de gewenste inrichting te kunnen realiseren moet het watersysteem soms worden aangepast. Deze aanpassingen bestaan grotendeels uit het verhogen van de oppervlaktewaterpeilen, dan wel uit het verlagen van het maaiveld, 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 hoogteverloop binnen een peilvak.

Per peilvak is de mediaan van de 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 grondwaterstand in combinatie met de maaiveldhoogte, is een inschatting gemaakt van het benodigde peil c.q. afgraving om de gewenste grondwaterstand te halen. Door maaiveldhoogteverschillen binnen een peilvak ontstaan er overigens altijd drogere en nattere locaties binnen een peilvak. Met name met gebieden met kraggen en ribben is deze tweedeling duidelijk, waarbij het lage deel dan benut is voor de natuurdoelen.

3.2.1 Uitgangspunten modellering ontwerp

Voor de modellering zijn de maatregelen uit het ontwerp (Hoofdstuk 4) verwerkt in het model. Voor de locaties waar afgraving plaats vindt, is de maaiveldhoogte en de deklaagdikte (dus ook de deklaagweerstand) aangepast op basis van hoeveel cm er wordt afgegraven. Voor het veen is hierbij een doorlatendheid (k) van 0.05 meter per dag aangehouden. De peilen uit het ontwerp (bestaand uit een boven- en onderpeil) zijn overgenomen in het model. Hierbij is steeds het bovenpeil aangehouden; dit is gedaan omdat het onderpeil vaak maar enkele dagen/ weken per jaar voorkomt, en het bovenpeil dus representatief is. Een verbreding van watergangen is in het model toegevoegd door het nieuwe natte oppervlak in de conductance te verwerken. Nieuwe watergangen zijn aan het model toegevoegd met een conductance op basis van een infiltratieweerstand van 10 dagen, welke overeenkomt met de overige watergangen in het modelgebied. De te dempen stukken watergangen zijn uit het model gehaald door een aanpassing van het natte oppervlak. Bij de watergangen die verondiept worden is uitgegaan van opvulling met veen met een doorlatendheid (k) van 0.05 meter per dag. Op basis hiervan is de conductance herberekend.

3.3 Toetsing ontwerp op grondwaterstand en effecten gebruiksfunctie

De modeluitkomst van het ontwerp wordt vergeleken met de referentiesituatie. Hierbij wordt het model getoetst op de grondwaterstand binnen het gebied (worden de benodigde grondwaterstanden gehaald?) en op effecten op de grondwaterstand buiten het gebied (raken de effecten gebruiksfuncties die hier mogelijk overlast van kunnen ondervinden?). Met deze resultaten worden (afhankelijk van de uitkomst) stap 4 en/ of 5 uit Figuur 6 doorlopen.

3.3.1 Uitgangspunten beoordeling van de gebruiksfunctie

Voor de beoordeling van de gebruiksfunctie is gekeken naar de volgende drie gebruiksfuncties:

- Woningen
- Wegen
- Landbouw

Bij de beoordeling zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

Woningen

Een minimale ontwateringsdiepte bij de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) van 80cm

- Alleen gebouwen met een woonfunctie worden beoordeeld; Schuren of bedrijfspanden zijn buiten beschouwing gelaten.
- Alleen woningen die binnen het invloedsgebied van de maatregelen liggen worden beoordeeld (zie toelichting in onderstaand tekstkader); Niet significante verandering van de grondwaterstand (i.e. een verandering van de GHG <5cm) is buiten beschouwing gelaten.

Toelichting toetsing woningen/ bebouwing

Wanneer er bij bebouwing langdurig vocht in de kruipruimte optreedt en er houten vloeren zijn kan er schimmelvorming optreden. Daarnaast kan een ongezond vochtig binnenklimaat ontstaan. Deze zaken treden voornamelijk op bij gebouwen met een woonfunctie. Gezien de algemene wijze van bouwen bij gebouwen met een andere functie, zijn deze gebouwen minder gevoelig voor grondwateroverlast. Daarom is de toetsing op een ontwateringsdiepte van 80 cm hier meestal niet noodzakelijk.

De GHG waarde van 80 cm is een richtlijn die vaak door gemeente en waterschappen wordt gebruikt. De GHG is een waarde die gemiddeld 6 weken per jaar wordt overschreden. Wanneer naar de maximale grondwaterstand zou worden gekeken, die 1 keer per jaar voorkomt, zou een strengere eis moeten worden gehanteerd. Zo hanteert het cultuurtechnisch vademecum een ontwateringsdiepte van 70 cm bij een maximale grondwaterstand.

Disclaimer ontwateringsdiepte bebouwing

Een minimale ontwatering van 80 cm houdt verband met vocht in de kruipruimte bij houten vloeren. Bij het bouwen is vaak rekening gehouden met een minimale ontwatering van 80cm onder het vloerpeil/drempelhoogte. Dit criterium kan nog steeds goed als uitgangspunt worden gebruikt om mogelijk grondwateroverlast in beeld te brengen. Het wil echter niet zeggen dat wanneer aan deze ontwateringsdiepte wordt voldaan, geen (grond)wateroverlast kan worden ondervonden. Bij bijvoorbeeld onderkeldering of diepere kruipruimten ligt deze grens waarschijnlijk dieper. Aan de andere kant wil het ook niet zeggen dat een ondiepere ontwatering automatisch ook tot (grond)wateroverlast en/of schimmelvorming zal leiden. Water in de kruipruimte resulteert dus ook niet automatisch in schade. Daarnaast speelt de lokale bodemopbouw ook een grote rol in het wel of niet ervaren van grondwateroverlast. Het resultaat van deze toetsing moet daarom worden beoordeeld als een inventarisatie van de risicocolocaties.

Wegen

Een minimale drooglegging van 1 meter of geen verslechtering (eisen van gemeente Steenwijkerland)

- Er is alleen naar verharde wegen gekeken; Onverharde wegen zijn buiten beschouwing gelaten.
- Alleen wegen waarbij de drooglegging als gevolg van het ontwerp is gewijzigd, worden beoordeeld.

Landbouw

Voor landbouw zijn er twee toetsingen gedaan:

1. Toetsing hydrologisch met Waterwijzer Landbouw , door Arcadis
2. Toetsing bodemkundig en landbouwkundig, door Aequator

Aequator heeft een meer gedetailleerde en nauwkeurige toetsing uitgevoerd. Deze is terug te lezen in *Bodemgesteldheid en landbouwkundige effecten vernatting Noordmanen (Aequator, 2021)*. Enkel de uitgangspunten van de toetsing door Arcadis wordt hier toegelicht.

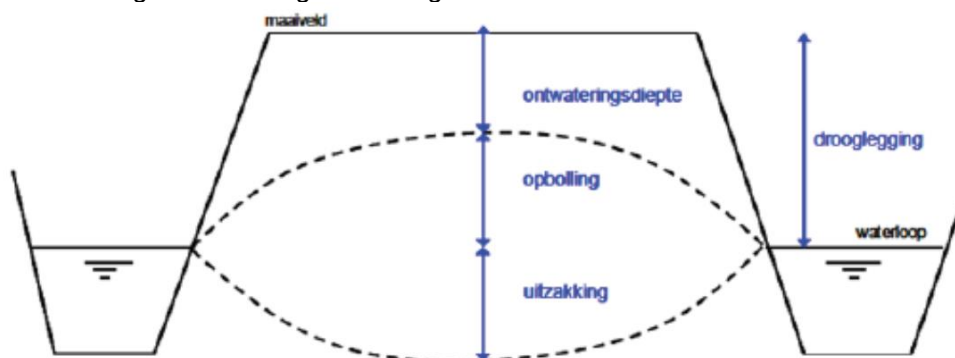
Berekening van de overlast op landbouwgrond zijn uitgevoerd met behulp van de WaterWijzer Landbouw (WWL-tabel 4.0.1)

- Alle landbouwkundig in gebruik zijnde percelen zijn beoordeeld voor 'gras'
- De bodemkenmerken zijn gebaseerd op de BodemFysische eenheden kaart (BOFEK 2012)
- Alleen percelen die binnen het invloedsgebied van de maatregelen liggen worden beoordeeld; Niet significante verandering van de grondwaterstand (i.e. een verandering van de GLG of de GHG <5cm) is buiten beschouwing gelaten.

In deze rapportage wordt gesproken over landbouwschade. De totale landbouwschade is opgebouwd uit natschade (opbrengstderving als gevolg van zuurstofstress) en droogteschade (opbrengstderving als gevolg van droogtestress). Deze opbrengstderving bestaat uit af- of toename in gewasopbrengst door gewasgroei en biomassa-productie. Opbrengstderving in de bedrijfsvoering, doordat de machines bijvoorbeeld eerder of later het land op kunnen, is hierbij niet meegenomen. Of er daadwerkelijk overlast wordt ervaren, en er dus sprake is van schade, hangt sterk samen met de bedrijfsvoering en het gebruik van de gronden. De schade die in dit rapport wordt beschreven, is dus een indicatie voor mogelijke overlast en niet per se de daadwerkelijk ervaren schade.

De WaterWijzer is erg gevoelig voor de ingevoerde bodemtypen en de grondwaterstanden. Omdat er enige mate van onzekerheid aanwezig is in de bodemtypekaart, en in de berekende grondwaterstanden, is de berekende opbrengstderving door de WaterWijzer ook enigermate onzeker. Om deze reden moet de uitkomst van de WaterWijzer gezien worden als een indicatie waar opbrengstderving zou kunnen optreden, en kunnen hier bijvoorbeeld niet direct vergoedingen tegenover worden gesteld.

Er wordt bij de toetsingen uitgegaan van ontwateringsdieptes en drooglegging. Onderstaande figuur laat schematisch het verschil tussen deze twee waarden zien. De drooglegging is het verschil tussen de maaiveldhoogte en het peil in de watergangen. De ontwateringsdiepte is het verschil tussen de maaiveldhoogte en de hoogte van de grondwaterstand.



3.4 Aanvullend onderzoek naar effecten en mogelijke overlast

Bij het doorlopen van de stappen uit Figuur 6 bleek na een toetsing van een ontwerp dat er meer inzicht in het gebied, en met name in de gebruiksfuncties buiten het plangebied gewenst was, omdat er kans op overlast zou kunnen zijn. Hiervoor is een aanvullend onderzoek gedaan. Waarbij op basis van inmetingen en analyse van peilbuisgegevens en boringen de berekende effecten zijn geïdentificeerd (zie Bijlage F). Ook zijn er drempelhoogtes bij een aantal woningen ingemeten, waarbij de ontwateringsdiepte op basis van de naastgelegen maaiveldhoogte minder dan 80 cm min maaiveld was. De inmeting is gedaan om bij de toetsing van het uiteindelijke ontwerp de ontwateringsdiepte nauwkeuriger in te kunnen schatten; de drempelhoogtes bij woningen ligt vaak hoger dan het naastgelegen maaiveld.

Het onderzoek van Aequator: *Bodemgesteldheid en landbouwkundige effecten vernatting Noordmanen* (Aequator, 2021), is onderdeel van het aanvullend onderzoek. Hierbij is in detail naar de bodemgesteldheid, grondwaterstand en eventuele overlast gekeken in het landbouwgebied.

De uitkomsten van het aanvullend onderzoek zijn gebruikt om het ontwerp verder fijn te slijpen, en om het uiteindelijke ontwerp te toetsen. Het aanvullend onderzoek is beschreven in het rapport: *aanvullend onderzoek Noordmanen_definitief – D10022762* (Arcadis, 2021).

3.5 Optimalisatie van het ontwerp

De cyclus zoals in Figuur 6 is meerdere malen doorlopen. Hierbij is telkens het ontwerp geoptimaliseerd en vervolgens weer getoetst. In eerste instantie is deze cyclus doorlopen om tot de peilen te komen die tot de benodigde grondwaterstanden voor de natuurdoelen leidt. Vervolgens is het model meerdere malen geoptimaliseerd op basis van effecten die buiten het projectgebied berekend werden, en hier mogelijk tot overlast zouden kunnen leiden bij de gebruiksfunctie op deze locatie. Er zijn hierbij aanpassingen aan de peilen gedaan en er zijn lokale aanpassingen doorgevoerd, zoals het handhaven van het huidige peil in individuele watergangen of het realiseren van een kwelsloot, om effecten op de omgeving tegen te gaan.

3.6 Ontwerp

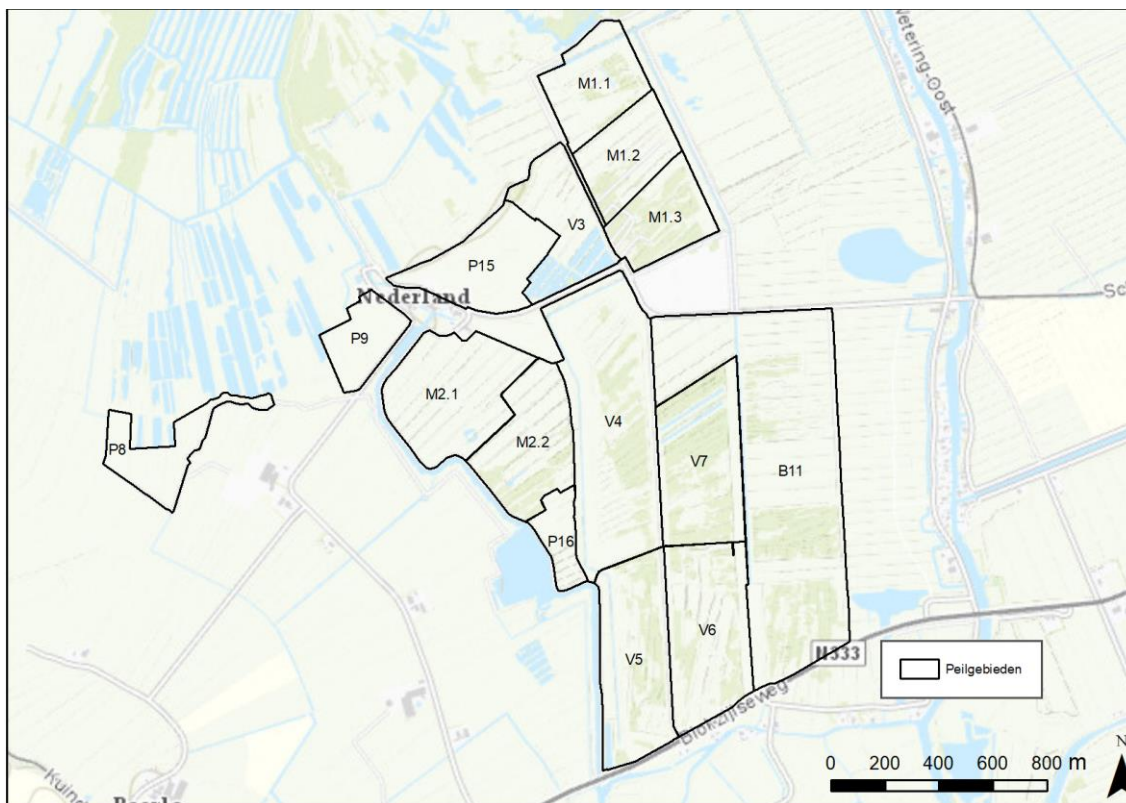
Na de meerdere optimalisatie slagen is tot een ontwerp gekomen. Dit ontwerp is beschreven in hoofdstuk 4. De toetsing van dit ontwerp, op effecten binnen en buiten de plangrenzen, is beschreven in hoofdstuk 5. Hierbij is rekening gehouden met de uitkomsten van het aanvullend onderzoek; zo zijn bijvoorbeeld de ingemeten drempelhoogtes gebruikt om de ontwateringdiepte bij woningen te bepalen.

4 Ontwerp Noordmanen

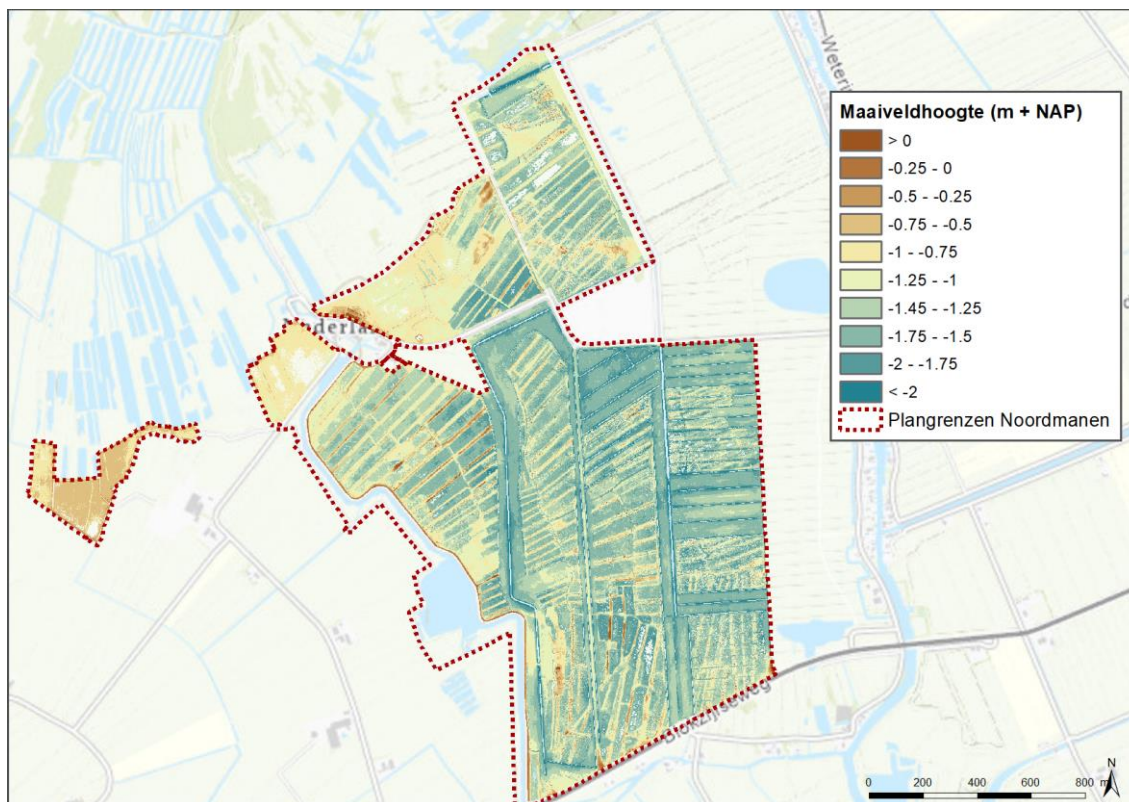
Het ontwerp is hier beschreven in 2 onderdelen: de peilen die aan de peilvakken zijn toegewezen en de lokale afwijkingen op deze peilen. Het ontwerp is op kaart weergegeven in Bijlage B.

4.1 Peilen per peilvak

Het projectgebied Noordmanen heeft verschillende natuurdoelen; Moerasvogels Grote Karekiet, Vuurvlinder, Porseleinhoen en Blauwgrasland (zie Figuur 8). De peilvakken met als natuurdoel blauwgrasland zullen 20cm (zuidelijk deel peilgebied B11) tot 30 cm (noordelijk deel peilgebied B11) afgegraven worden met het doel om nutriënten te verwijderen, en om de beoogde grondwaterstand te halen. In Figuur 9 is de bestaande maaiveldhoogte weergegeven. In Tabel 1 staan de peilen bij het ontwerp van Noordmanen uitgewerkt.



Figuur 8: Peilgebieden en natuurdoelen Noordmanen; Moerasvogels Grote Karekiet(M), Vuurvlinder (V), Porseleinhoen (P) en Blauwgrasland (B)



Figuur 9: Maaiveldhoogte Noordmanen binnen peilvakken, op basis van LIDAR data in m NAP

Tabel 1: Ontwerp peilen Noordmanen

Peilvak	Natuurdoeltype	Gewenste grondwaterstand (cm – mv)	Huidig peil (m +NAP)	Gemiddeld maaiveld (m+NAP)	Voorgesteld streefpeil
M1.1	Moerasvogels Grote Karekiet	Max: 50 cm + mv Min: 20 cm + mv	Max: -1 Min: -3.1	-1.40	Max: -1 Min: -1.3
M1.2	Moerasvogels Grote Karekiet	Max: 50 cm + mv Min: 20 cm + mv	Max: -1 Min: -3.1	-1.40	Max: -1.1 Min: -1.4
M1.3	Moerasvogels Grote Karekiet	Max: 50 cm + mv Min: 20 cm + mv	Max: -1 Min: -1	-1.40	Max: -1.1 Min: -1.4
M2.1	Moerasvogels Grote Karekiet	Max: 50 cm + mv Min: 20 cm + mv	Max: -1 Min: -1	-1.20	Max: -0.9 Min: -1.2
M2.2	Moerasvogels Grote Karekiet	Max: 50 cm + mv Min: 20 cm + mv	Max: -1 Min: -1	-1.20	Max: -1.1 Min: -1.4
V3	Vuurvlinder	Max: 10 cm + mv Min: 10 cm + mv	Max: -1 Min: -1	-1.20	Max: -1.2 Min: -1.2
V4	Vuurvlinder	Max: 10 cm + mv Min: 10 cm + mv	Max: -3.1 Min: -3.1	-1.40	Max: -1.2 Min: -1.2
V5	Vuurvlinder	Max: 10 cm + mv Min: 10 cm + mv	Max: -3.1 Min: -3.1	-1.40	Max: -1.2 Min: -1.2
V6	Vuurvlinder	Max: 10 cm + mv Min: 10 cm + mv	Max: -3.1 Min: -3.1	-1.40	Max: -1.3 Min: -1.3
V7	Vuurvlinder	Max: 10 cm + mv Min: 10 cm + mv	Max: -3.1 Min: -3.1	-1.40	Max: -1.3 Min: -1.3
P8	Porseleinhoen	Max: 15 cm + mv Min: 0 cm – mv	Max: -0.73 Min: -0.83		Max: -0.73 Min: -0.83
P9	Porseleinhoen	Max: 15 cm + mv Min: 0 cm – mv	Max: -0.73 Min: -0.83	-0.90	Max: -0.73 Min: -0.83
P15	Porseleinhoen	Max: 15 cm + mv Min: 0 cm – mv	Max: -1 Min: -1	-0.90	Max: -0.85 Min: -1
P16	Porseleinhoen	Max: 15 cm + mv Min: 0 cm – mv	Max: -1 Min: -1	-1.20	Max: -1.05 Min: -1.2
B11	Blauwgrasland	Max: 10 cm + mv Min: 40 cm – mv	Max: -3.1 Min: -3.1	-1.40	Max: -1.7 Min: -2.2

4.2 Lokale afwijkingen op peilen uit peilvak

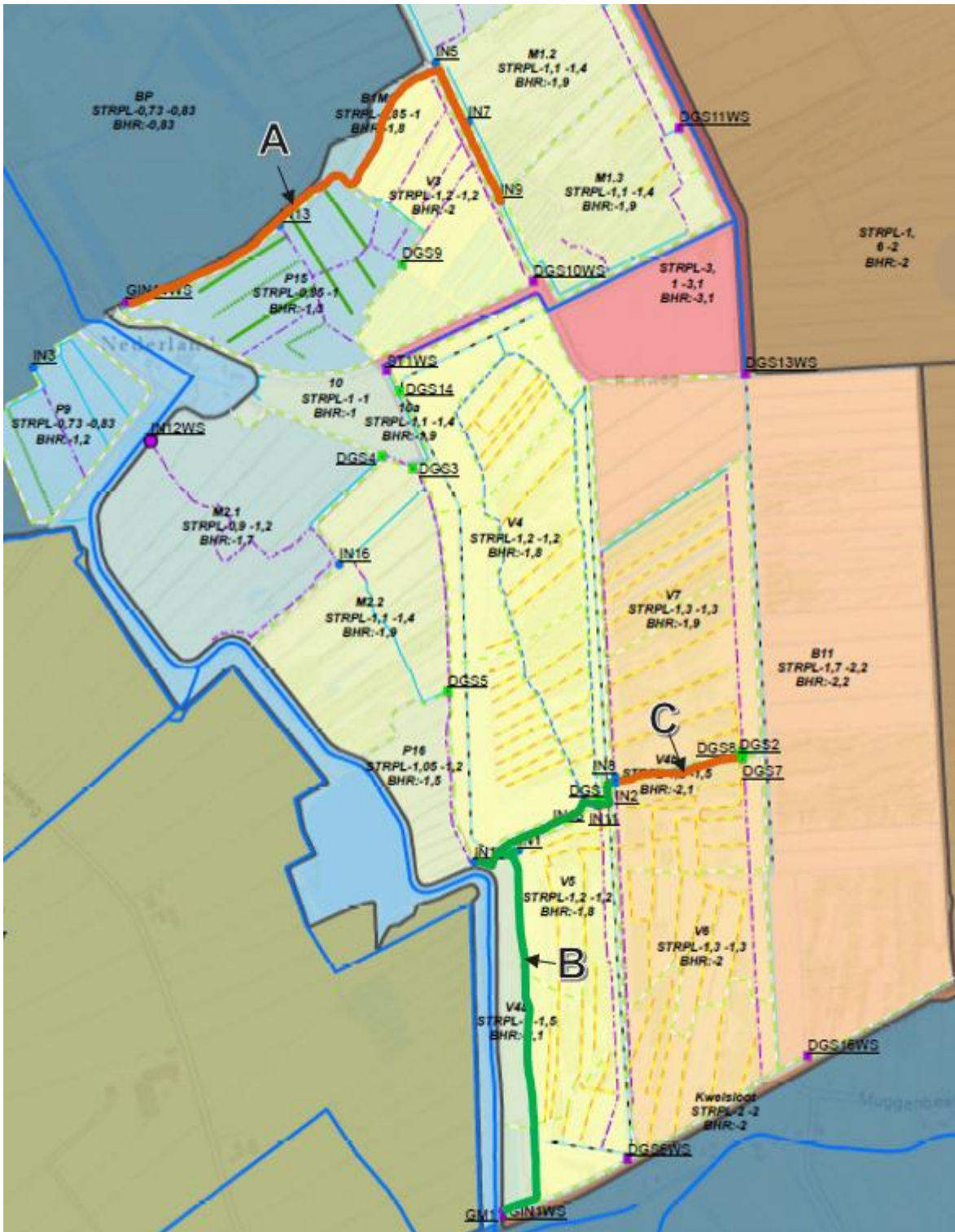
In deze paragraaf wordt ingegaan op lokale afwijkingen van het peil binnen een peilvak. Deze afwijkingen vinden plaats wanneer er een ander peil nodig is om te zorgen voor voldoende wateraanvoer, of wanneer er een ander peil wordt gehanteerd om zo omgevingseffecten tegen te gaan.

Wateraanvoer

Om het gebied op peil te houden, zijn er verschillende wateraanvoer locaties. De watergangen waar deze wateraanvoer op zit, hebben hierdoor (lokaal) een hoger peil dan de rest van het peilvak. In onderstaand figuur (Figuur 10) staan deze watergangen aangegeven met letters. De peilen bij deze watergangen zijn weergegeven in Tabel 2

Tabel 2: Peilen bij watergangen die water aanvoeren.

Watergang	Peil ontwerp
A	-0,73 m NAP
B	-1,00 m NAP
C	-1,20 m NAP



Figuur 10: De drie watergangen (A, B en C) waar het peil hoger is dan het peilvak waar deze watergang in ligt.

Kwelsloot langs N333

In het ontwerp is rekening gehouden met een kwelsloot om negatieve effecten op Muggenbeet uit te kunnen sluiten. Via de zandondergrond kan namelijk een toename in de stijghoogte ontstaan ter plaatse van de bebouwing. Als gevolg hiervan neemt de wegzijging af, wat kan resulteren in een effect op de freatische grondwaterstand, dat mogelijk tot grondwateroverlast bij de bebouwing kan leiden. De kwelsloot vangt de

kwelstroom in de zandondergrond af, waardoor de wegzijging bij de bebouwing van Muggenbeet is gewaarborgd.

De kwelsloot loopt aan de noordkant van de N333 en is 5 meter breed en heeft een peil van -2 m NAP. De bodem van deze sloot ligt tot op de zandbodem, zodat effecten welke zich via de zandondergrond verplaatsen worden opgevangen.

Bermsloot Rietweg

Bij de bermsloot langs de Rietweg wordt in het ontwerp een peil van -1.5 m NAP gehanteerd (Figuur 11). Dit is gedaan om eventuele negatieve effecten op de Rietweg en op woningen in Nederland te beperken. Het peil van -1.5 komt over een met het praktijkpeil wat het grootste deel van het jaar voorkomt in de huidige situatie (zie paragraaf 3.1.3). Deze watergang wordt bij het ontwerp niet meer ingezet voor de rietteelt, waardoor een tijdelijk hoger peil niet meer aan de orde is.



Figuur 11: De bermsloot (rode lijn) waarvoor in het ontwerp een peil van -1.5 m NAP wordt gehanteerd

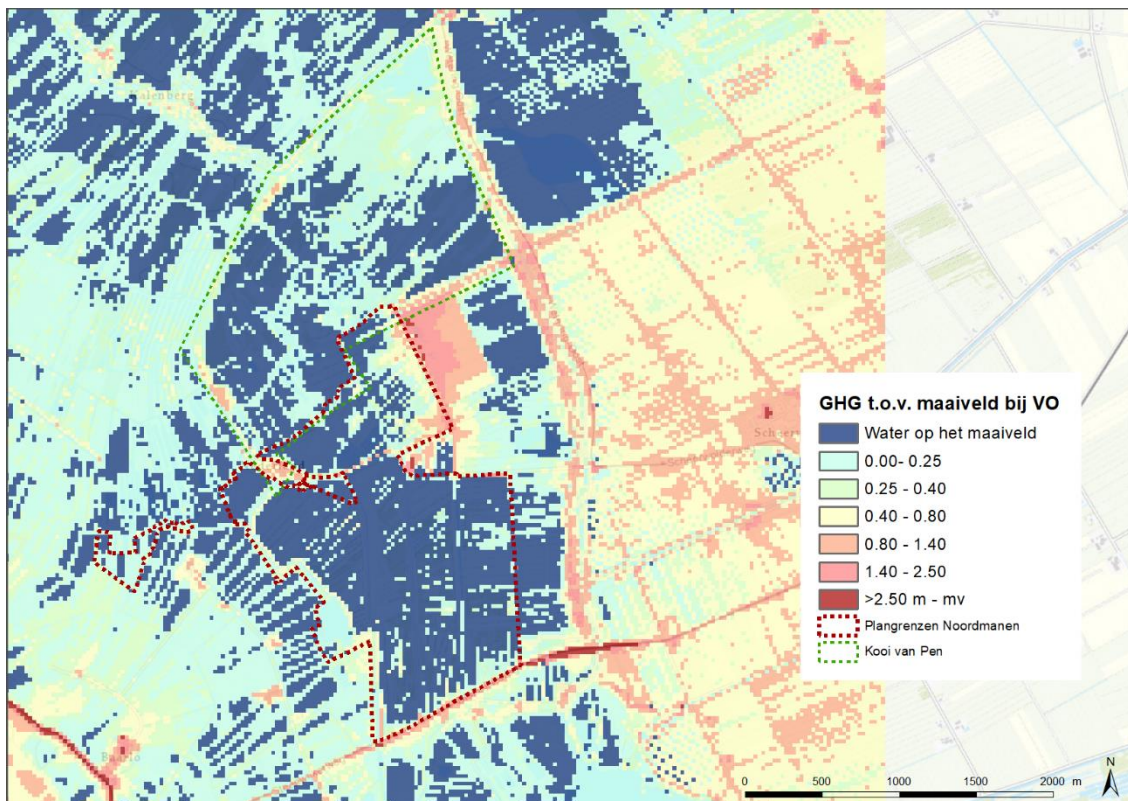
5 Toetsing ontwerp

Het ontwerp is in het grondwatermodel ingevoerd en doorgerekend. Met de uitkomsten uit het model is het effect op de grondwaterstand bepaald en is de toetsing op gebruiksfunctie uitgevoerd.

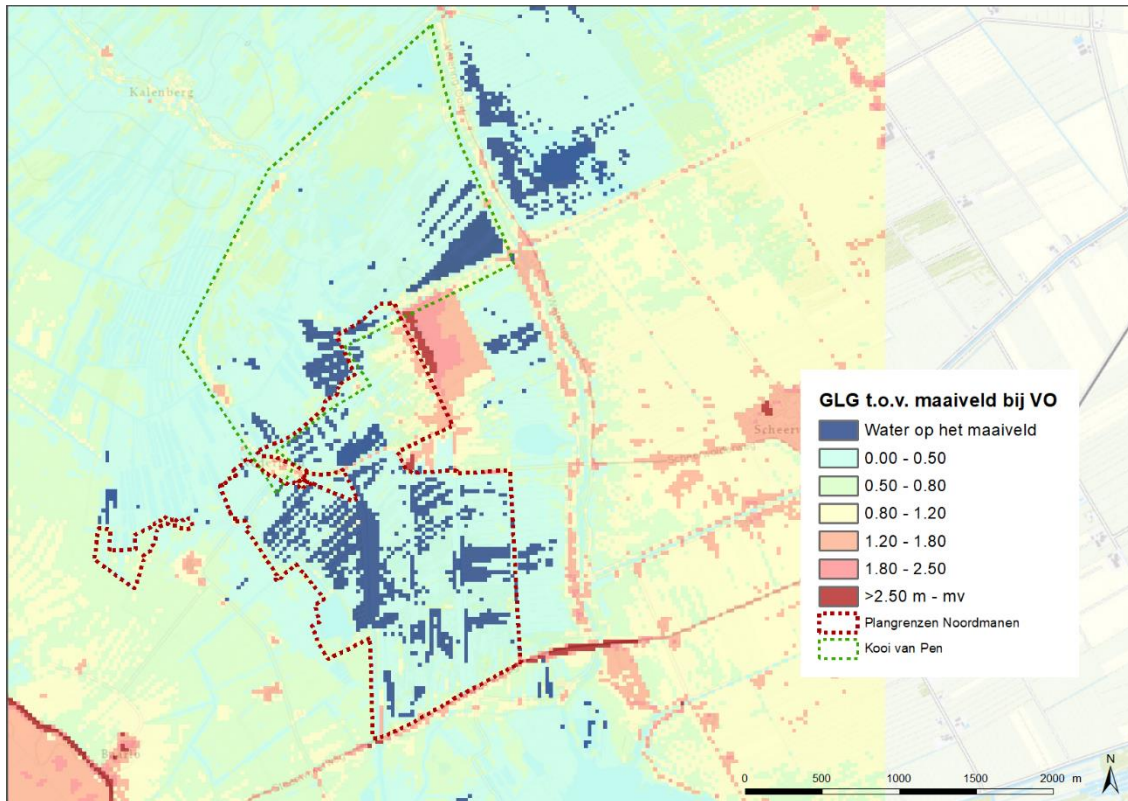
5.1.1 Effect op GxG

In onderstaande figuren is als eerste de grondwaterstand van het ontwerp ten opzichte van maaiveld weergegeven. Vervolgens is de verandering van de grondwaterstand t.o.v. de huidige situatie weergegeven. Bij het ontwerp is te zien dat een groot deel van het projectgebied bij de GHG onder water komt te staan. De GLG staat lokaal ook boven maaiveld. Hiermee worden de doelen behaald waarbij een grondwaterstand boven maaiveld gewenst is (moerasnatuur). De effecten van het ontwerp op de grondwaterstand reiken tot buiten de projectgrens. De kwelsloot langs de N333 vangt een groot deel van de effecten richting het zuiden (Muggenbeet) af, en zorgt erg lokaal voor een verlaging van de grondwaterstand.

Het ontwerp leidt dus tot hogere grondwaterstanden binnen en buiten de projectgrenzen. De effecten werken met name door via de zandondergrond; door de hogere peilen neemt de stijghoogte in dit zandpakket toe waardoor er buiten het plangebied minder sprake is van wegzijging vanuit het freatisch pakket naar de zandondergrond. De beoordeling van de effecten op de verschillende gebruiksfuncties staat in de volgende paragrafen.



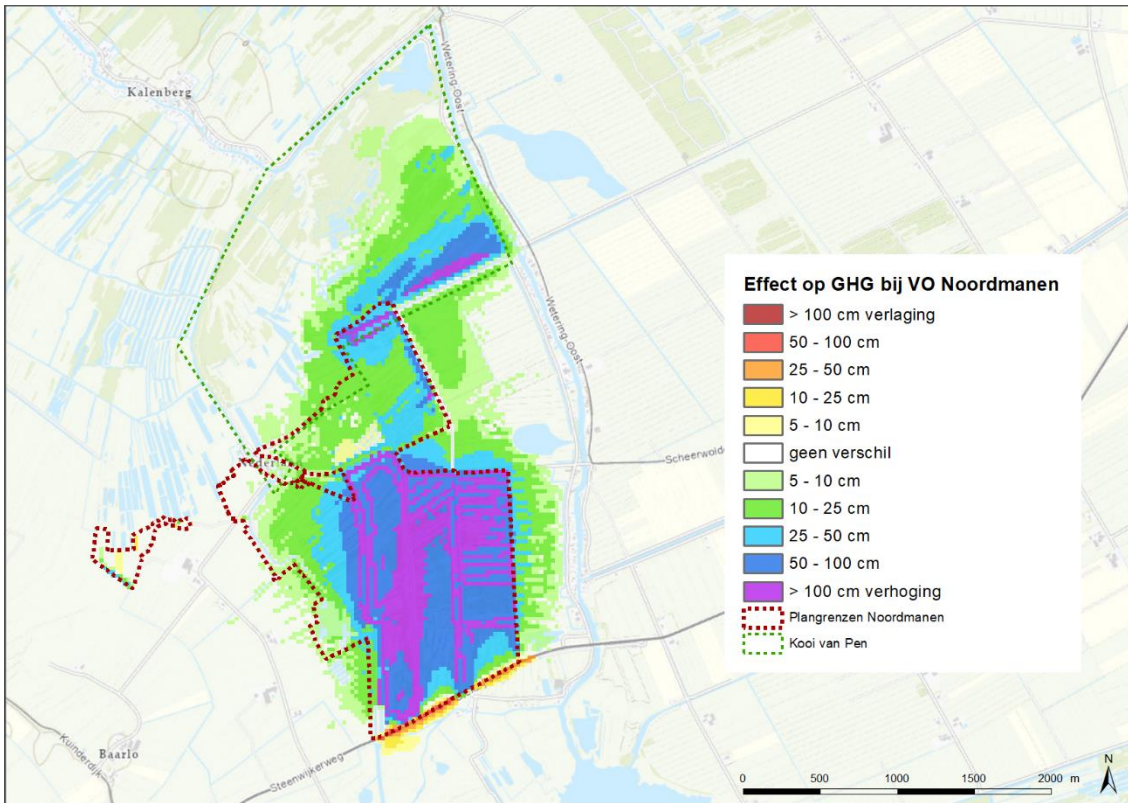
Figuur 12: Berekende GHG bij het ontwerp*



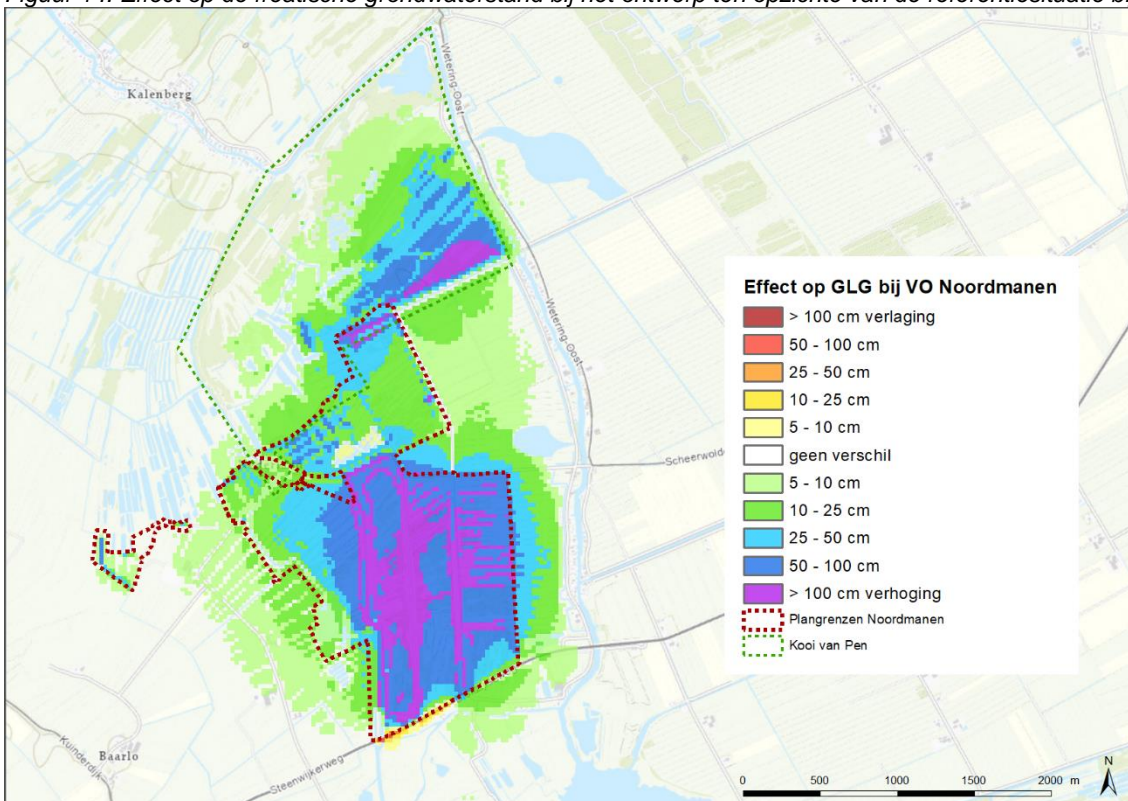
Figuur 13: Berekende GLG bij het ontwerp*

* In het gebruikte maaiveldhoogtebestand voor deze kaarten is het gronddepot, wat inmiddels niet meer aanwezig is, nog wel aanwezig. Dit komt doordat het maaiveldhoogtebestand is opgesteld in de tijd dat dit depot nog aanwezig was. Hierdoor is het gebruikte maaiveld ter plaatse van dit depot te hoog. Dit heeft geen impact op de berekende grondwaterstanden ten opzichte van NAP, en ook niet op de hiermee berekende effecten. Wel geeft dit in bovenstaande figuren een vertekend beeld: de deze locatie ligt de GHG en GLG in werkelijkheid dichterbij maaiveld, doordat het maaiveld hier in werkelijkheid dus lager is.

Met het grondwatermodel wordt op plekken water op maaiveld berekend in de referentiesituatie en bij het ontwerp, waar dit in werkelijkheid niet het geval is. Dit wordt veroorzaakt door het detailniveau van het model. Er wordt met cellen van 25 bij 25 meter gerekend, waarvoor een gemiddeld maaiveld wordt gebruikt. Hierdoor kan voor een hele cel worden aangegeven dat er water op maaiveld staat, terwijl dit in werkelijkheid een kleiner deel is door het aanwezige reliëf van het maaiveld (plasvorming, ribben). Ook zijn er in werkelijkheid veel kleine greppels aanwezig welke water afvoeren. Deze greppels vallen buiten het detailniveau van het model. Hierdoor wordt er op deze plekken te weinig water afgevoerd in het model, en wordt de grondwaterstand te hoog berekend. Bij de duiding van de effecten (Bijlage F) wordt dieper ingegaan op wat dit betekent voor de berekende resultaten.



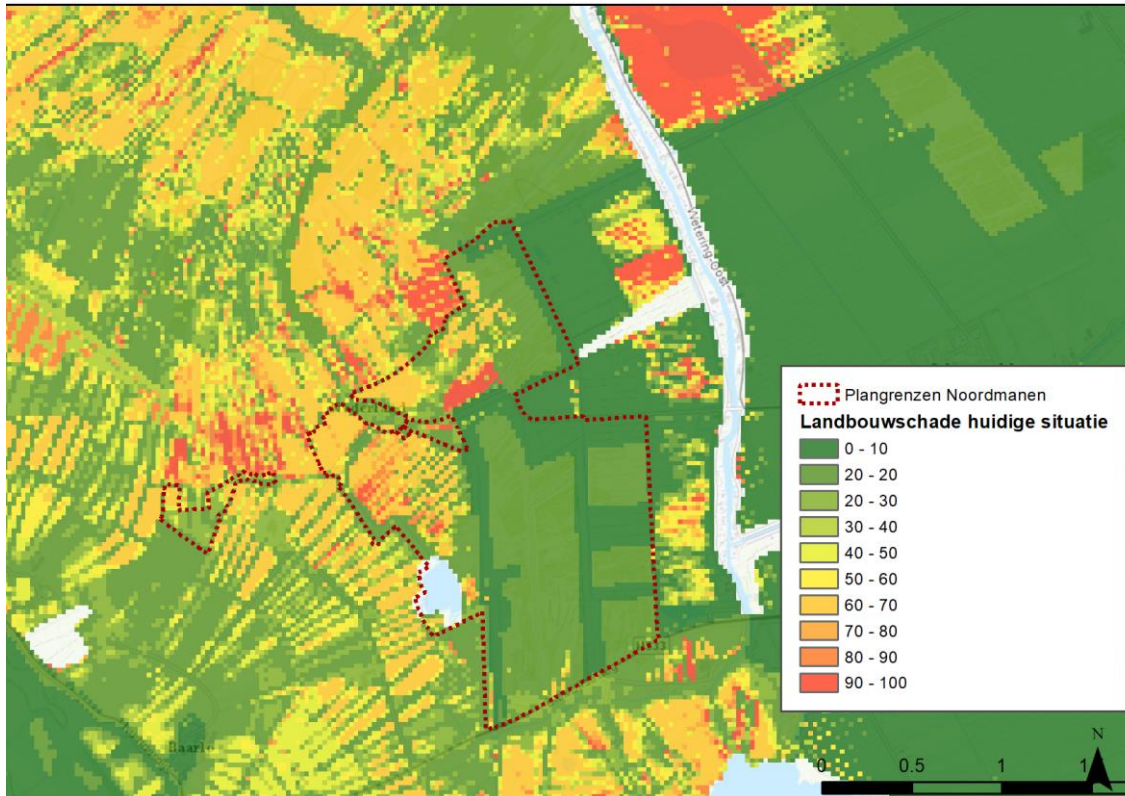
Figuur 14: Effect op de freatische grondwaterstand bij het ontwerp ten opzichte van de referentiesituatie bij de GHG



Figuur 15: Effect op de freatische grondwaterstand bij het ontwerp ten opzichte van de referentiesituatie bij de GLG

5.1.2 Toetsing op landbouw

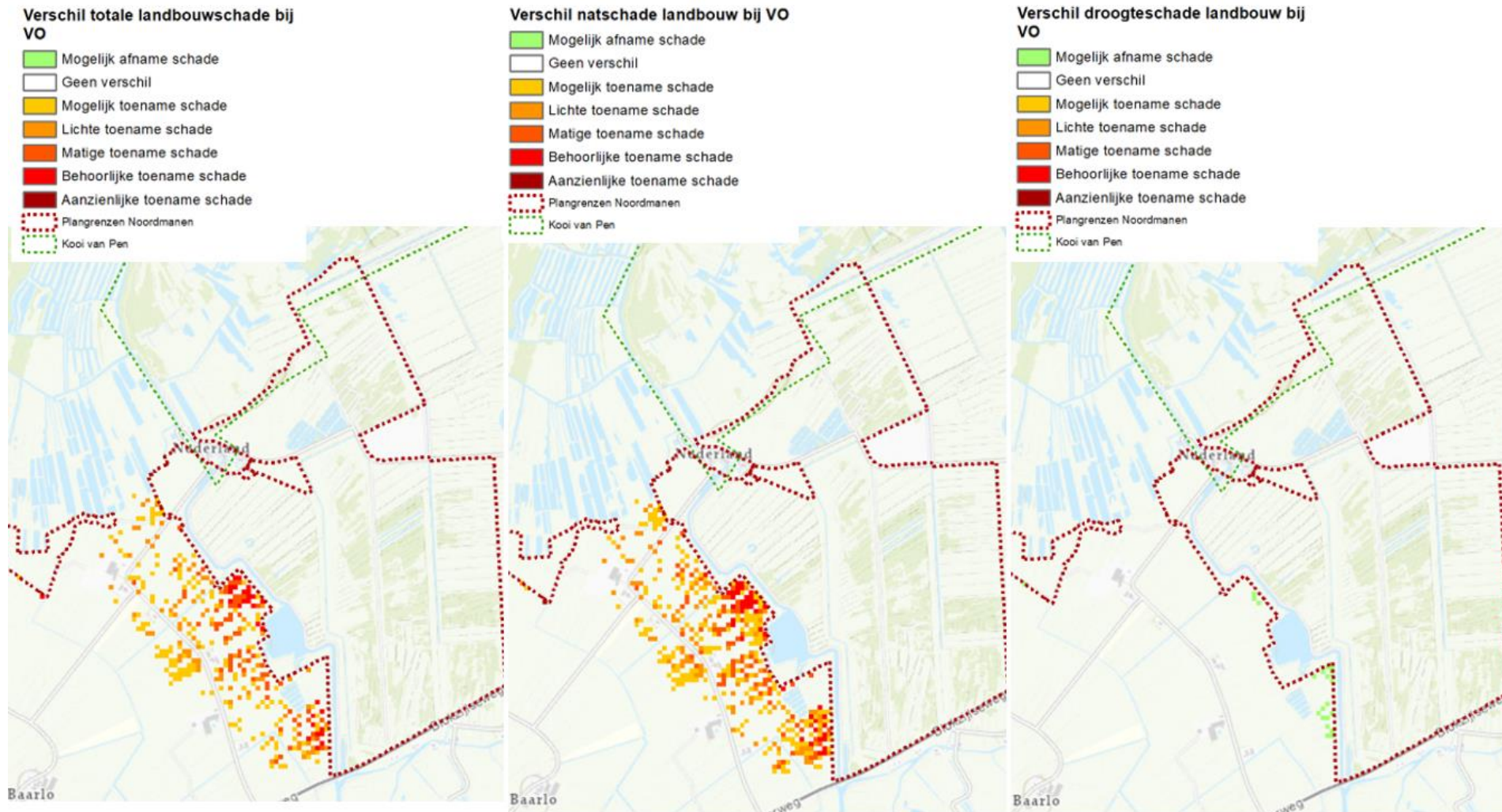
In de huidige situatie treedt al landbouwschade op. In onderstaand figuur is het percentage opbrengstderving weergegeven voor de huidige situatie (Figuur 16). Hierin is te zien dat het gebied ten westen van Noordmanen (Baarlingerpolder) nu al een opbrengstderving van 60 tot 70 procent kan hebben.



Figuur 16: Percentage opbrengstderving in de huidige situatie, met het uitgangspunt dat enkel sprake is van grasland. Op deze kaart zijn ook percelen getoetst waar geen sprake is van landbouw

In onderstaande figuren is de toe- of afname in schade weergegeven, waarbij de droogteschade, natschade en totaalschade is weergegeven. In deze figuren is te zien dat er een toename van de schade wordt verwacht aan de westzijde van Noordmanen. Met name op het midden van percelen is natschade te zien.

Deze schade bestaat hier uit natschade. Er is een vermindering in droogteschade ten westen van Noordmanen. Bij dit ontwerp is een toename van landbouwschade in de omgeving dus niet uit te sluiten. Wel geldt ook hier de eerder gemaakte kanttekening over de modelresolutie en de greppels (paragraaf 5.1.1).



Figuur 17: Verschil in landbouwschade ten opzichte van de referentiesituatie, met het uitgangspunt dat enkel sprake is van grasland.

Bij het bespreken van de resultaten kwam naar voren dat meer inzicht in de WaterWijzer gewenst is, en met name in de hoeveelheid schade (% opbrengstderiving) die wordt berekend. Om meer inzicht te bieden hebben wij de Waterwijzer en de uitkomsten hiervan omgezet in een tabelvorm die lijkt op de oude HELP-tabellen (zie Bijlage E en het bijgeleverde Excel bestand). Hierin is de berekende droogteschade, natschade en totaalschade (droog+ natschade) te zien voor de verschillende GHG en GLG combinaties. De tabel laat zien dat bij een ondiepe GHG en GLG de schades snel toenemen. Zo wordt bij een GHG van 15 cm-mv en een GLG van 25 cm-mv 39% natschade berekend en bij een GHG van 5 cm-mv en een GLG van 25 cm-mv al 62%. Een vrij geringe toename van de grondwaterstand leidt dus al snel tot een toenemende schade. In de tabel is ook te zien dat de minimale hoeveelheid landbouwschade 17% is. Dit komt doordat dit type grond gevoelig is voor nat- en droogteschade. Gedetailleerde informatie over hoe de WaterWijzer schades bepaalt is terug te lezen in: Waterwijzer Landbouw. Instrumentarium voor kwantificeren van effecten van waterbeheer en klimaat op landbouwproductie (STOWA, 2018).

5.1.3 Bevindingen onderzoek Aequator

Om meer inzicht in de landbouwpercelen krijgen, en de mogelijke effecten die hier optreden en de eventuele overlast als gevolg hiervan, is een aanvullend onderzoek uitgevoerd door Aequator. Dit onderzoek is beschreven in de apart meegeleverde rapportage: *Bodemgesteldheid en landbouwkundige effecten vernatting Noordmanen (Aequator, 2021)*. De uitkomsten op hoofdlijnen zijn hieronder beschreven.

De bevindingen zijn dat het gebied in de huidige situatie al naar voren komt als landbouwgrond met zeer beperkte draagkracht en grote beweidingsverliezen. Dit komt met name door de draagkracht van de grond. Voor een veenweidegebied is de GLG nog relatief laag door de wegzijging die er optreedt. De grondwaterstand in de winter is echter wel hoog. De agrariërs geven aan dat ze problemen ervaren met de draagkracht en plasvorming. Doordat de percelen inpandig zijn (de randen zijn hoger dan het midden, zoals bij een soepbord) moeten de agrariërs de greppels bij een hoog peil dicht zetten, anders loopt het water uit de sloten, via de greppels het perceel op.

Uit de uitgevoerde boringen is naar voren gekomen dat er op diverse plekken zand opduikingen aanwezig zijn. Ter plaatse van deze opduikingen is de freatische grondwaterstand lager dan in de omgeving. Dit komt doordat hier minder weerstand is naar de zandondergrond en er dus meer wegzijging plaatsvindt. Het hele onderzoeksgebied kenmerkt zich door wegzijging naar de ondergrond, richting Noordoost Polder.

Op basis van de berekende grondwaterstandseffecten verwacht Aequator opbrengstderiving doordat met name de draagkracht afneemt, en dus de periode waarop het land bewerkbaar is korter wordt.

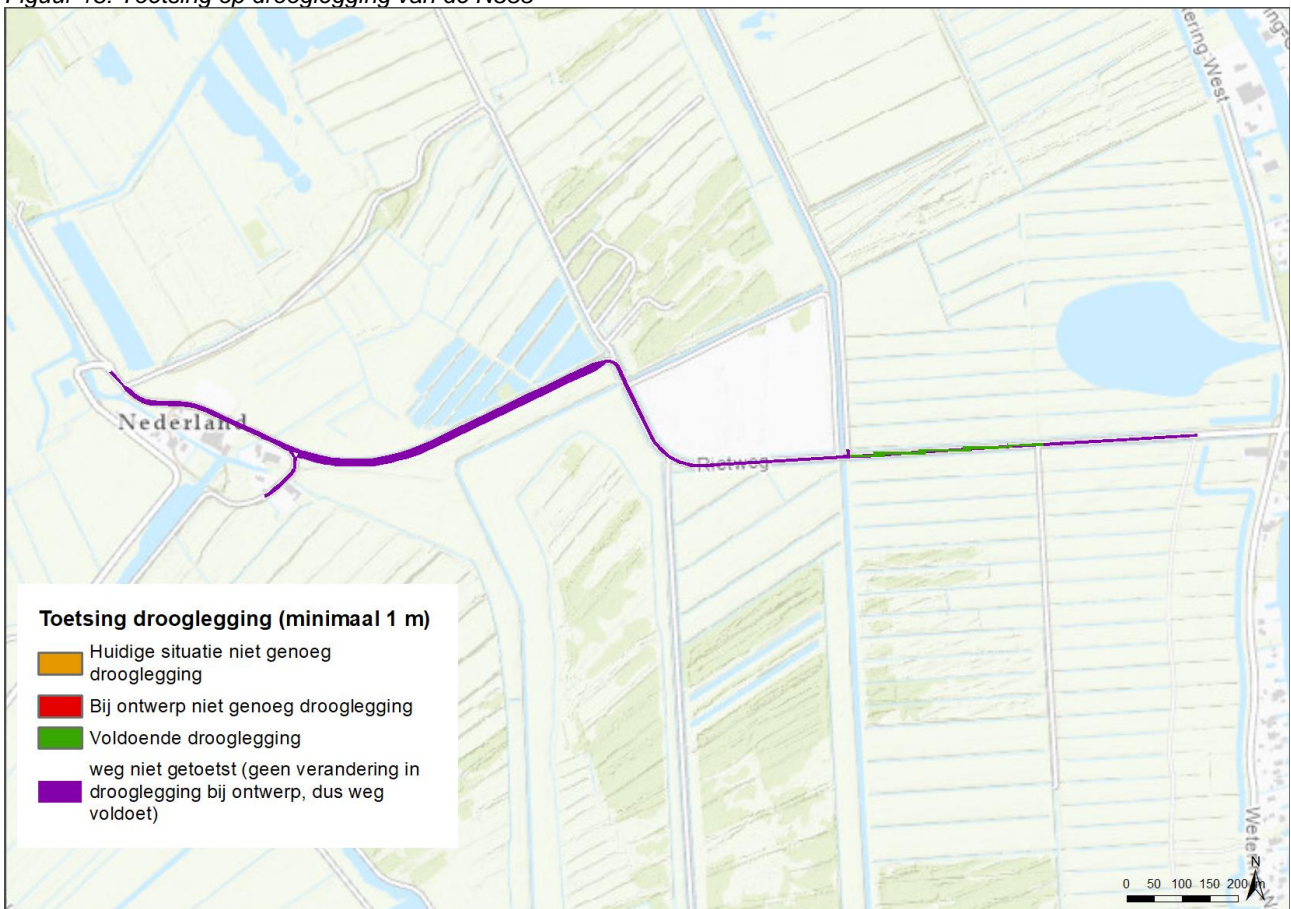
5.1.4 Toetsing op wegen

Voor wegen is er getoetst op de drooglegging van de wegen. Er zijn twee wegen waar een verandering in drooglegging optreedt als gevolg van het ontwerp: de N333 en de Rietweg. De N333 heeft en houdt voldoende drooglegging (Figuur 18). Voor de Rietweg geldt dat op de locaties waar de drooglegging verandert, deze blijft voldoen aan de eis van 1 m drooglegging (Figuur 19). Een groot deel van de Rietweg voldoet aan de gestelde eisen omdat de drooglegging hier niet wordt aangepast.

Bij dit ontwerp wordt op basis van de droogleggingseisen dus geen negatief effect verwacht bij wegen.



Figuur 18: Toetsing op drooglegging van de N333

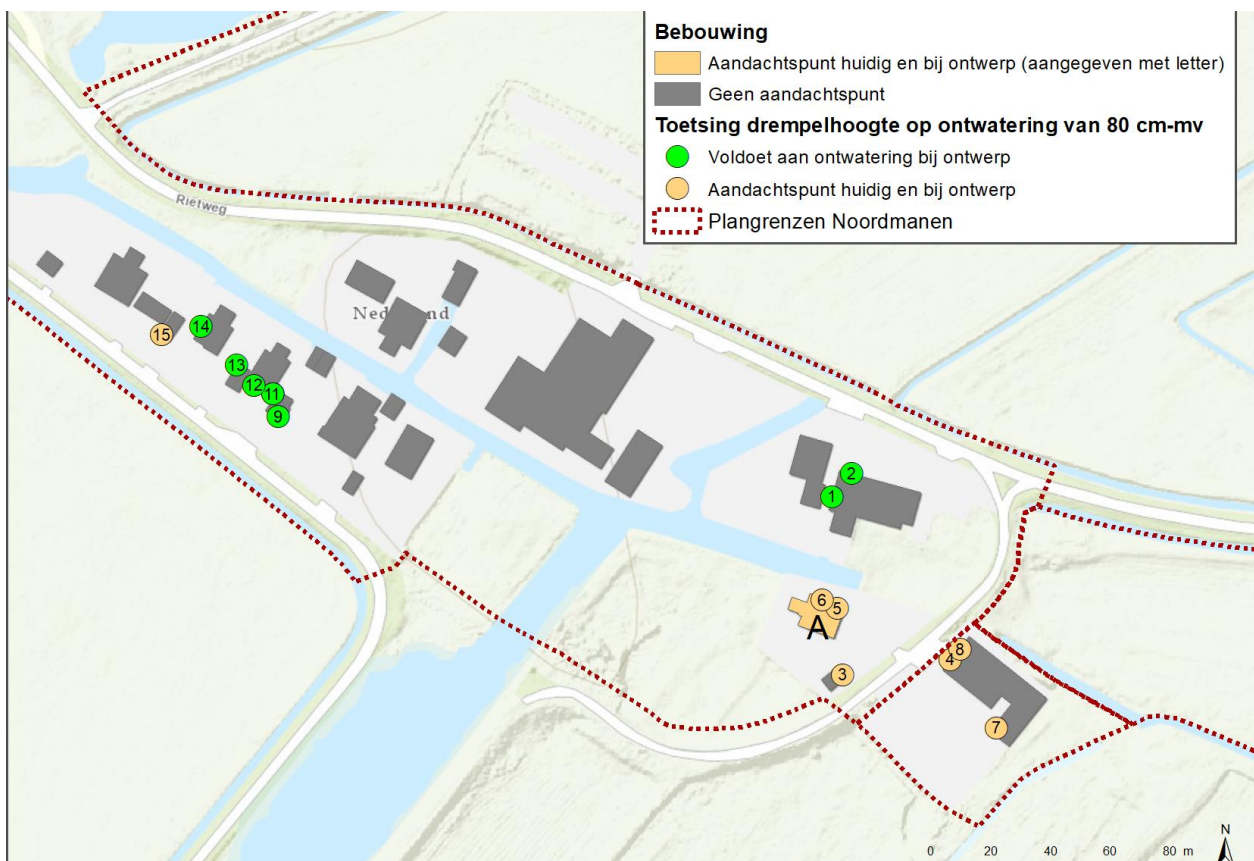


Figuur 19: Toetsing Rietweg aan de droogleggingseis (enkel op locaties waar de drooglegging wordt aangepast bij het ontwerp)

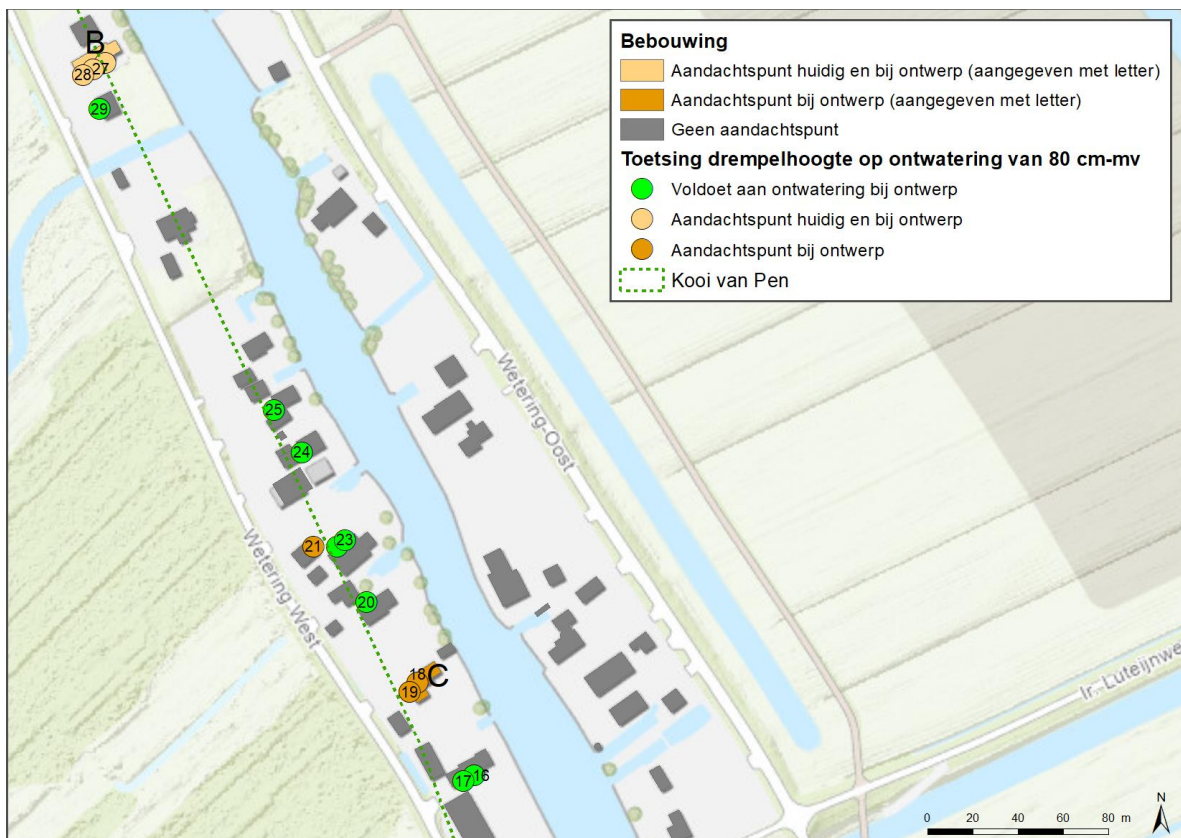
5.1.5 Toetsing op woningen

De toetsing op woningen is uitgevoerd met de ingemeten drempelhoogtes en berekende grondwaterstanden in het freatisch pakket. Wanneer een drempelhoogte niet voldoet aan de ontwatering van 80 cm min maaiveld, is gekeken of het hier daadwerkelijk ook een woning betreft (zie uitgangspunten paragraaf 3.3.1 en Bijlage C). Hieruit komen 3 aandachtspunten naar voren. Dit zijn locaties waar een effect op de grondwaterstand berekend wordt, en overlast op basis van de hier gehanteerde eisen, niet uit te sluiten is. Er is een aandachtspunt in Nederland (Rietweg 2), en twee aandachtspunten bij Wetering West (Wetering West 81 en 97). De toetsing per drempelhoogte is terug te zien in Bijlage C. De ontwateringsdiepte bij deze woningen (bepaald aan de hand van de drempel met de laagste ontwateringsdiepte) is terug te zien in Tabel 3.

Met dit ontwerp is mogelijke overlast bij een 3-tal woningen dus niet uit te sluiten.



Figuur 20: Toetsing op drempelhoogtes (genummerde cirkels, zie Bijlage C voor de toets per drempel) en hieruit volgende aandachtspunten bij woningen bij Nederland (aangegeven met "A")



Figuur 21: Toetsing op drempelhoogtes (genummerde cirkels, zie Bijlage C voor de toets per drempel en hieruit volgende aandachtspunten bij woningen bij Wetering West (aangegeven met “B” en “C”)

Tabel 3: Ontwatering bij aandachtspunten woning met gebruik van drempelhoogtes

Nummer woning in figuur	Adres	Drempelhoogte (m NAP)	GHG huidig (m NAP)	GHG ontwerp (m NAP)	Ontwatering huidig (m)	Ontwatering bij ontwerp (m)	Afname ontwatering (m)
A	Rietweg 2	-0.32	-0.97	-0.92	0.65	0.60	0.05
B	Wetering West 97	-0.71	-1.04	-0.89	0.32	0.18	0.14
C	Wetering West 81	-0.40	-1.24	-1.04	0.85	0.64	0.20

5.1.6 Enquêtes

Aan de bewoners van de woningen die binnen het berekende effectcontour vallen, en die voordat er gebruik is gemaakt van de ingemeten drempelhoogtes (dus een ontwatering bepaald met de maaiveldhoogte van het naastgelegen perceel) een geringe ontwatering leken te hebben, is gevraagd om een enquête in te vullen. Hierin staan vragen over de bouw van de woning (bouwjaar, materiaal, aanwezigheid van kelder en/of kruipruimte) en over de ervaringen van de bewoner op het gebied van grondwateroverlast. De resultaten van deze enquêtes zijn weergegeven in Bijlage D.

In Nederland wordt op dit moment bij de woningen geen grondwateroverlast ervaren, ook niet bij de woningen die in de huidige situatie een ontwatering van minder dan 80 cm hebben. Wel wordt aangegeven dat er natte tuinen zijn en dat er eens in de zoveel jaar opgehoogd moet worden.

In Wetering West zijn wel woningen aanwezig waar overlast wordt ervaren (natte kelders). Dit zijn niet de woningen die zijn aangemerkt als aandachtspunt. De woningen die hier als aandachtspunt staat aangemerkt ervaren geen grondwateroverlast bij de woning. Op Wetering West 97 wordt wel overlast op het buitenterrein.

6 Conclusies en aanbevelingen

Modelontwikkeling

Door de aanpassingen aan het regionale model is een nauwkeurig regionaal grondwatermodel ontwikkeld. Het lokale model voor het projectgebied Noordmanen blijkt de grondwaterstand nauwkeurig genoeg te berekenen.

Ontwerp

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. Dit ontwerp is fijngeslepen op basis van berekende effecten en aanvullende inzichten.

Effecten

Het ontwerp heeft 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 een effect op de grondwaterstand kan zijn in de Baarlingerpolder. Het meeste landbouweffect wordt berekend op gronden van de Provincie. Daarbuiten is het effect beperkt, maar op een aantal percelen is overlast niet uit te sluiten. Ook zijn er 3 woningen waar een significante stijging (5 cm) van de grondwaterstand optreedt en als gevolg hiervan overlast niet is uit te sluiten. De wegen in het gebied voldoen aan de gestelde eisen bij de drooglegging.

Monitoring

Aangezien er effecten kunnen optreden buiten de plangrenzen, en deze hier mogelijk tot overlast kunnen leiden, is het van belang te monitoren. In het monitoringsplan bij dit ontwerp (*Monitoringsplan bij ontwerp Noordmanen en Kooi van Pen, Arcadis (2021)*) is een voorstel gegeven voor een grondwaterstandsmeetnet. Dit monitoringsplan is als aparte bijlage opgenomen.

Aanbevelingen gebruiksfuncties

De aanbevelingen zijn opgedeeld per landgebruiksfunctie waarbij grondwateroverlast nu niet is uit te sluiten. Hierbij wordt het te volgen proces beschreven.

Woningen

De te nemen stappen die wij aanbevelen voor woningen waar overlast nu niet is uit te sluiten zijn:

- Vaststellen kans op overlast bij een grondwatereffect door bouwkundig onderzoek
- Monitoring om vast te stellen of het berekende effect daadwerkelijk optreedt
- Mitigatie wanneer overlast op basis hiervan niet uit te sluiten is

Deze stappen worden hieronder voor Nederland en Wetering West apart toegelicht.

Voor de woningen in **Nederland** doen wij de volgende aanbevelingen voor het vervolg:

- Uitvoeren van een bouwkundige opname

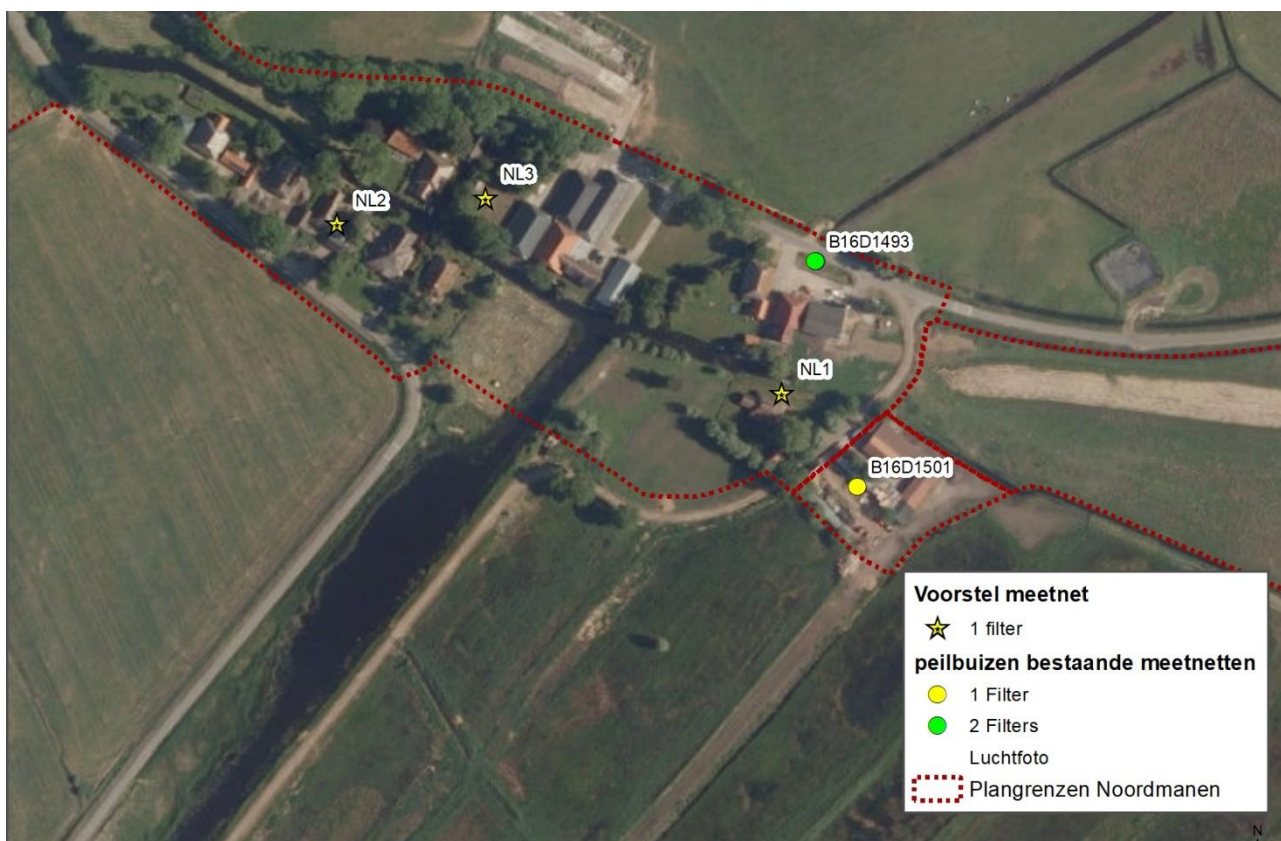
Bij de woning op Rietweg 2 (aandachtspunt) en de woning op Veldhuisweg 6 (voldoet net aan de ontwatering van 80 cm) dient een bouwkundige opname te worden uitgevoerd (*Monitoringsplan bij ontwerp Noordmanen en Kooi van Pen, Arcadis (2021)*). Door het uitvoeren van een bouwkundige opname wordt bepaald of er grondwateroverlast ervaren kan worden bij een stijging van de grondwaterstand (dit hangt samen met bouw materiaal en type woning en fundering). Dit wordt gezien als een 'no regret' maatregel. Hiermee wordt ook de nul-situatie goed vastgelegd wat in de toekomst kan helpen bij mogelijke problemen. Bij de overige woningen in Nederland kan ervoor gekozen worden om een nul-situatie op te nemen.

- Monitoring

Wij adviseren peilbuizen te plaatsen om in de volgende informatiebehoefte te voorzien:

- Er is inzicht nodig in de referentiesituatie. Voordat er maatregelen worden genomen, moet het vertrekpunt goed in beeld zijn. Dit vertrekpunt zorgt voor een nauwkeurigere risico inschatting op voorhand en ook voor een goed vergelijkingsbeeld na de uitvoering van maatregelen.
- Er is inzicht nodig in het effect van de maatregelen. Hiermee kan na uitvoering worden beoordeeld of de berekende effecten kloppen en kan ook de invloed op gebruiksfuncties worden beoordeeld.

In Figuur 25 zijn de voorgestelde peilbuizen weergegeven (exacte locaties worden nog afgestemd met eigenaren). Een toelichting op de doelen per peilbuis en detailinformatie per peilbuis is beschreven in het monitoringsplan (*Monitoringsplan bij ontwerp Noordmanen en Kooi van Pen, Arcadis (2021)*).



Figuur 22. Voorstel meetnet voor Nederland

- Verantwoord inregelen nieuwe peilen

Wij adviseren om de peilen gefaseerd omhoog te zetten tot aan het ontwerp peil. Door hierbij te monitoren in de hierboven weergegeven peilbuizen (Figuur 25) kan tijdens de inregelperiode bepaald worden of de berekende effecten overeenkomen met de werkelijke effecten.

- Mitigatie

In het geval dat uit het bouwkundig onderzoek en de monitoring blijkt dat overlast ontstaat bij woningen, wordt mitigatie ingezet. De mitigatieopties zullen met de eigenaar besproken worden, waarna een detailplan voor de mitigatie wordt opgesteld. Mitigatie bij de woningen in Nederland door verticale drainage, eventueel gecombineerd met een ringdrain om de woning, is goed mogelijk. Doordat de stijghoogte in het zandpakket lager is dan in het freatisch pakket, zal een verticale drain zorgen voor een lagere GHG, waarbij de ringdrain ook nog zorgt voor minder opbolling op het perceel. Door mitigatie kan het effect van het ontwerp worden afgevangen, en mogelijk ook de situatie verbeteren ten opzichte van de huidige situatie. Wanneer sprake is van een houten fundering moet hierbij gezorgd worden dat de grondwaterstand niet te ver verlaagd wordt door mitigatie. Dit zal blijken uit de bouwkundige opname.

Voor de woningen in **Wetering-west** doen wij de volgende aanbevelingen voor het vervolg:

- **Uitvoeren van een bouwkundige opname**
Bij de woning op Wetering West 97, Wetering West 81 (aandachtspunten) en de woning op Wetering West 91 (voldoet net aan de ontwatering van 80 cm) dient een bouwkundige opname te worden uitgevoerd (*Monitoringsplan bij ontwerp Noordmanen en Kooi van Pen, Arcadis (2021)*). Door het uitvoeren van een bouwkundige opname wordt bepaald of er grondwateroverlast ervaren kan worden bij een stijging van de grondwaterstand (dit hangt samen met bouw materiaal en type woning en fundering). Dit wordt gezien als een 'no regret' maatregel. Hiermee wordt ook de nul-situatie goed vastgelegd wat in de toekomst kan helpen bij mogelijke problemen. Bij de overige woningen aan de Wetering West kan ervoor gekozen worden om een nul-situatie op te nemen.
- **Monitoring**
Wij adviseren peilbuizen te plaatsen om in de volgende informatiebehoefte te voorzien:
 - Er is inzicht nodig in de referentiesituatie. Voordat er maatregelen worden genomen, moet het vertrekpunt goed in beeld zijn. Dit vertrekpunt zorgt voor een nauwkeurigere risico inschatting op voorhand en ook voor een goed vergelijkingsbeeld na de uitvoering van maatregelen.
 - Er is inzicht nodig in het effect van de maatregelen. Hiermee kan na uitvoering worden beoordeeld of de berekende effecten kloppen en kan ook de invloed op gebruiksfuncties worden beoordeeld.
 - Er is inzicht nodig in systeemkenmerken. Op enkele plekken in het gebied is sprake van een kennisleemte. Hier is meer inzicht in de werking van het systeem gewenst.

In Figuur 26 zijn de voorgestelde peilbuizen weergegeven (exacte locaties worden nog afgestemd met eigenaren). Een toelichting op de doelen per peilbuis en detailinformatie per peilbuis is beschreven in het monitoringsplan (*Monitoringsplan bij ontwerp Noordmanen en Kooi van Pen, Arcadis (2021)*).



Figuur 23. Voorstel meetnet voor Wetering West

- Mitigatie

In het geval dat uit het bouwkundig onderzoek en de monitoring blijkt dat overlast kan ontstaan bij woningen, wordt mitigatie ingezet. De mitigatieopties zullen met de eigenaar besproken worden, waarna een detailplan voor de mitigatie wordt opgesteld. Mitigatie bij de woningen in Wetering West door verticale drainage, eventueel gecombineerd met een ringdrain om de woning, is goed mogelijk. Doordat de stijghoogte in het zandpakket lager is dan in het freatisch pakket, zal een verticale drain zorgen voor een lagere GHG, waarbij de ringdrain ook nog zorgt voor minder opbolling op het perceel. Door mitigatie kan het effect van het ontwerp worden afgevangen, en mogelijk ook de situatie verbeteren ten opzichte van de huidige situatie.

- Bespreken niet-waterdichte kelders

Uit de enquête zijn 2 woningen naar voren gekomen waar overlast wordt ervaren in de kelder (dieper dan 80 cm-mv). Deze kelders lijken dus niet waterdicht te zijn, wat onder de verantwoordelijkheid van de bewoner valt. Er hoeven hier dus geen maatregelen te worden getroffen, maar wij adviseren wel om met de bewoners in gesprek te gaan en de mogelijkheden te verkennen voor meekoppelkansen als er in de buurt mitigerende maatregelen worden ingericht.

Landbouw

De te nemen stappen die wij aanbevelen voor landbouwpercelen waar overlast nu niet is uit te sluiten zijn:

- Monitoring om vast te stellen of het berekende effect daadwerkelijk optreedt
- Mitigatie wanneer er sprake is van overlast
- Als mitigatie niet voldoende blijkt wordt er gecompenseerd

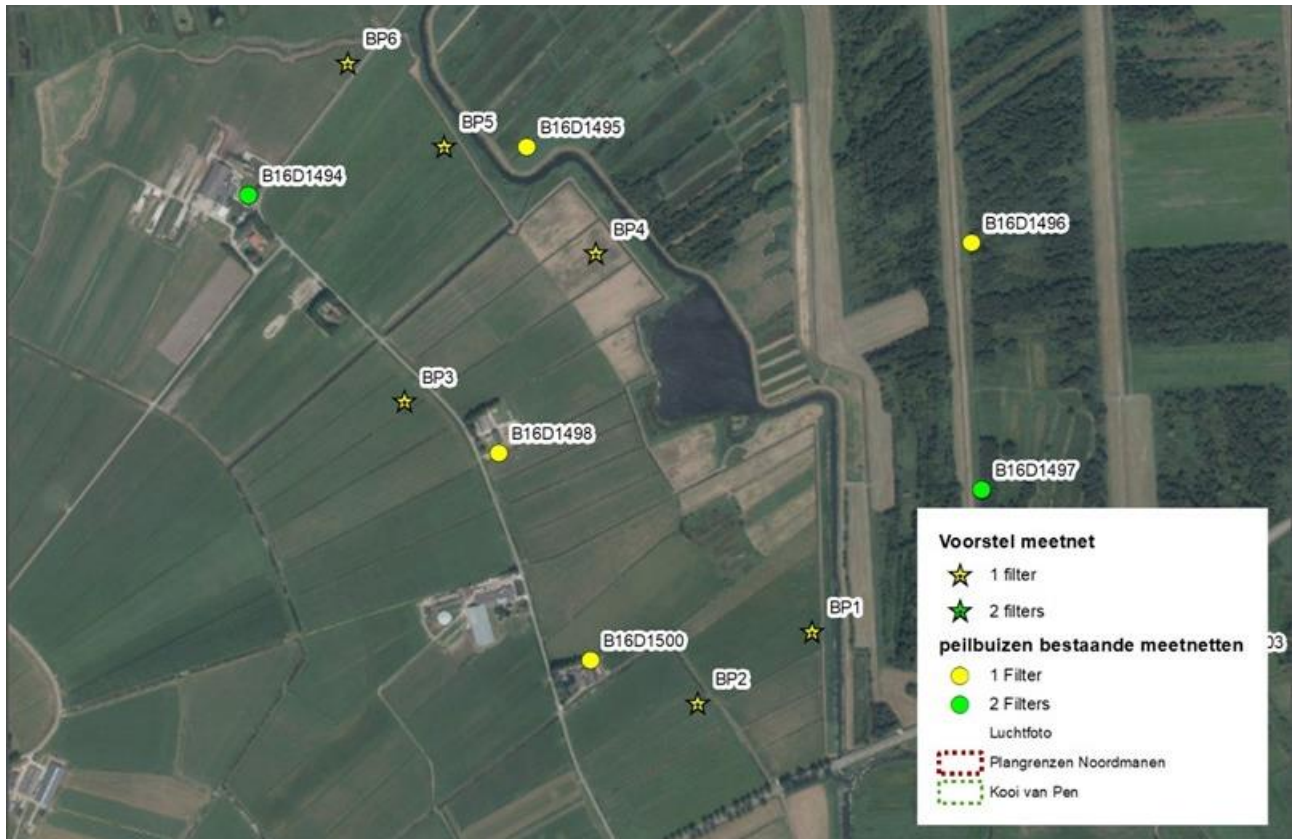
Deze stappen worden hieronder toegelicht.

- Monitoring

Wij adviseren peilbuizen te plaatsen om in de volgende informatiebehoefte te voorzien:

- Er is inzicht nodig in de referentiesituatie. Voordat er maatregelen worden genomen, moet het vertrekpunt goed in beeld zijn. Dit vertrekpunt zorgt voor een nauwkeurigere risico inschatting op voorhand en ook voor een goed vergelijkingsbeeld na de uitvoering van maatregelen.
- Er is inzicht nodig in het effect van de maatregelen. Hiermee kan na uitvoering worden beoordeeld of de berekende effecten kloppen en kan ook de invloed op gebruiksfuncties worden beoordeeld.

In Figuur 27 zijn de voorgestelde peilbuizen weergegeven (exacte locaties worden nog afgestemd met eigenaren). Deze peilbuizen staan op de locaties waar op basis van het onderzoek door Aequator het meeste overlast verwacht wordt. Een toelichting op de doelen per peilbuis en detailinformatie per peilbuis is beschreven in het monitoringsplan (*Monitoringsplan bij ontwerp Noordmanen en Kooi van Pen, Arcadis (2021)*).



Figuur 24. Voorstel meetnet voor Wetering West

- **Verantwoord inregelen nieuwe peilen**
Wij adviseren om de peilen gefaseerd omhoog te zetten tot aan het ontwerp peil. Door hierbij te monitoren in de hierboven weergegeven peilbuizen (Figuur 25) kan tijdens de inregelperiode bepaald worden of de berekende effecten overeenkomen met de werkelijke effecten.
- **Mitigatie**
Als sprake is van overlast zal tijdens keukentafelgesprekken met de agrariër worden vastgesteld of mitigatie gewenst is, en welk type mitigatie het best past.
De eerste inschatting is dat mitigatie niet gemakkelijk is in dit gebied. Aequator heeft verschillende mogelijkheden beschreven:
 - Het management van de agrariër: Deze maatregel heeft naar verwachting het meeste effect. Uit onderzoek blijkt dat verschil in management in dit gebied een groot verschil oplevert in de geschiktheid voor landbouw. Door in te zetten op het management kan de situatie voor landbouw worden verbeterd waardoor er mogelijk zelfs een verbetering ten opzichte van de huidige situatie kan optreden. Deze maatregel is lastig uitvoerbaar; dit moet in samenwerking met de agrariër gebeuren waarbij mogelijk (een deel van) de bedrijfsvoering moet worden aangepast. Deze maatregel is wel duurzaam, dus in goed overleg met de agrariërs zou dit een goede optie zijn.
 - Onderwater drainage: Door drainage aan te leggen onder het grondwaterstandsniveau kan de opbolling in de winter op de percelen worden afgevlakt, waardoor ook effecten worden afgevangen. In de zomer kan dit echter een omgekeerd effect hebben: dan is er sprake van een lagere grondwaterstand midden op het perceel, welke door de drains verhoogd kan worden. De buffer van de bodem wordt hierdoor weggehaald. Het effect van onderwaterdrainage op de GHG en de GLG is nog niet helemaal duidelijk. Daarom is het advies om dit eerst op 1 perceel uit te testen, in combinatie met monitoring. Dit is geen goedkope oplossing aangezien het om een groot areaal gaat waar drainage zou moeten komen. Het is wel een duurzame oplossing. De haalbaarheid van deze oplossing hangt dus nog af van de exacte kosten en het effect van de drains.
 - Ophoging: door percelen (lokaal) op te hogen kan de ontwateringsdiepte groter worden. Naar verwachting is ophoging beperkt mogelijk: bij een groot gewicht zal er veel zetting

optreden van het veen, waardoor de ophoging teniet wordt gedaan. Ophoging kan dus beperkt, wanneer dit goed wordt gedaan met goed materiaal, een mogelijke oplossing bieden.

- Flexibel peilbeheer: door een flexibel peilbeheer te hanteren kan gestuurd worden met het peil. De verwachting is echter dat de grondwaterstand op het midden van de percelen voornamelijk afhangt van neerslagoverschot en de hoeveelheid wegzijging, en niet direct met de oppervlaktewaterpeilen. Hiervoor is dus eerst meer inzicht nodig in de relatie tussen de peilen en de grondwaterstand door middel van een meetnet. Ook is het nog niet bekend of het wel mogelijk is om een flexibel peilbeheer aan te houden in verband met het effect wat lagere peilen kunnen hebben op het Natura 2000 gebied. Daarnaast is dit gebied onderdeel van een groot peilvak, en het aanpassen van het peil zal hier betekenen dat er een nieuw peilbesluit nodig is.
 - Aanleggen greppels: door meer greppels op de percelen aan te leggen kan de stijging van de grondwaterstand beter worden opgevangen en afgevoerd. Doordat de percelen inpandig liggen moeten de greppels bij het bovenpeil van de polder wel worden afgesloten, anders loopt het water via de greppels de percelen op.
 - Aanpassen gebruiksfunctie / extensivering: Het landbouwgebied wat hier is beschouwd is op dit moment al slecht geschikt voor landbouw. In dit gebied is bodemdaling ook een groot probleem, wat ook voor de soepbord achtige vorm van de percelen heeft gezorgd. De bodemdaling is in dit gebied circa 0.3 tot 2.8 mm per jaar nabij woningen (op basis van inschattingen uit Bodemdalingskaart.nl). De bodemdaling op het midden van de percelen is naar verwachting groter, aangezien de ontwatering hier in de zomer groter is dan nabij de woningen. Het verschil in maaiveldhoogte zal door de bodemdaling steeds verder toenemen waardoor afwatering vanaf het midden van het perceel steeds lastiger wordt. De peilen in het landbouwgebied kunnen in ieder geval tot 2036 mee zakken met het dalende maaiveld. Het is dus ook waardevol om te kijken of de situatie toekomst bestendig is en of gebruiksfunctie hier op aangepast kan worden, Ook kan gedacht worden aan extensivering (zie rapportage Aequator).
- **Compensatie**
Wanneer mitigatie niet afdoende blijkt, zal er worden gecompenseerd.

7 Bijlagen

Bijlage A - Modelontwikkeling

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.

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 modellen met specifieke bodemeigenschappen. Het model rekent met tijdstappen van 1 dag over de periode van 1989 tot eind 2014. Om dit model in te kunnen zetten voor het gebied van de Wieden en de Weerribben is de periode van het model aangepast naar 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 25m. Hiervoor is een modeluitsnede van ongeveer 13 bij 19 km gemaakt, om alleen het interessegebied door te rekenen.

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 en de weerstand van het veen 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. Lokaal kunnen Gliede, Gytja of verkitten bodemlagen voor zeer hoge weerstanden zorgen. Het is aannemelijk dat deze weerstanden vaker aanwezig zijn op plekken waar het veen een grotere dikte heeft. Omdat de Gliede, Gytja en verkitten bodemlagen niet goed in kaart zijn gebracht, is het niet bekend waar deze exact liggen. Om deze reden zijn deze lagen niet als extra weerstand aan het model toegevoegd.

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 met een verticale doorlatendheid van 0,05 m per dag, waardoor de weerstand van deze laag hoger is geworden. Met het gebruikte modelconcept is het niet mogelijk om drijvende vegetatie te modelleren. Hierdoor wijkt de werkelijke weerstand en de bergingscapaciteit af van de werkelijkheid.

De veendiktekaart is gemaakt op basis van boringen uit Dinoloket en op basis van de boorbeschrijvingen vanuit het grondwatermeetnet. Er is gekozen om niet de veendiktekaart van het waterschap aan te houden omdat deze hiaten binnen het gebied had waar de veendikte niet bekend was, en omdat de veendikte niet goed overeenkwam met de boorbeschrijving vanuit het grondwatermeetnet.

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.

Oppervlaktewatersysteem

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 vervolgens aangepast op basis van de peilvakkenkaart van het waterschap.

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 bodembouw, is deze door ons geïmplementeerd.

Daarnaast zijn nog de volgende aanpassingen gedaan:

Vanuit verschillende modelstudies zijn nieuwe algemene inzichten naar voren gekomen. De aanpassingen die horen bij deze inzichten hebben een beperkt effect op het interessegebied maar zorgen voor een betere representatie van het systeem in het model, en daarmee ook voor een zuivere vergelijking van de modeluitkomsten. De volgende aanpassingen zijn 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.

Modelvalidatie

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 onderstaande paragraaf "Validatieresultaten regionaal model". 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.

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.

Tijdreeks verlenging

In december 2017 is een meetnetwerk van peilbuizen aangelegd om de grondwaterstand in het gebied te monitoren. Ten tijde van de validatie hadden deze peilbuizen minder dan 1 jaar gemeten, en konden daardoor niet direct ingezet worden om het grondwatermodel te valideren. Om de GxG te bepalen is namelijk een periode van 8 jaar nodig. Om deze peilbuizen toch in te kunnen zetten 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 (zie onderstaande paragraaf "Tijdreeksverlenging"). 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 de verlengde met de gemeten reeksen blijkt dat de tijdreeksverlenging betrouwbaar genoeg is om het grondwatermodel te beoordelen op GxG's. Bij de peilbuis-metingen die 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.

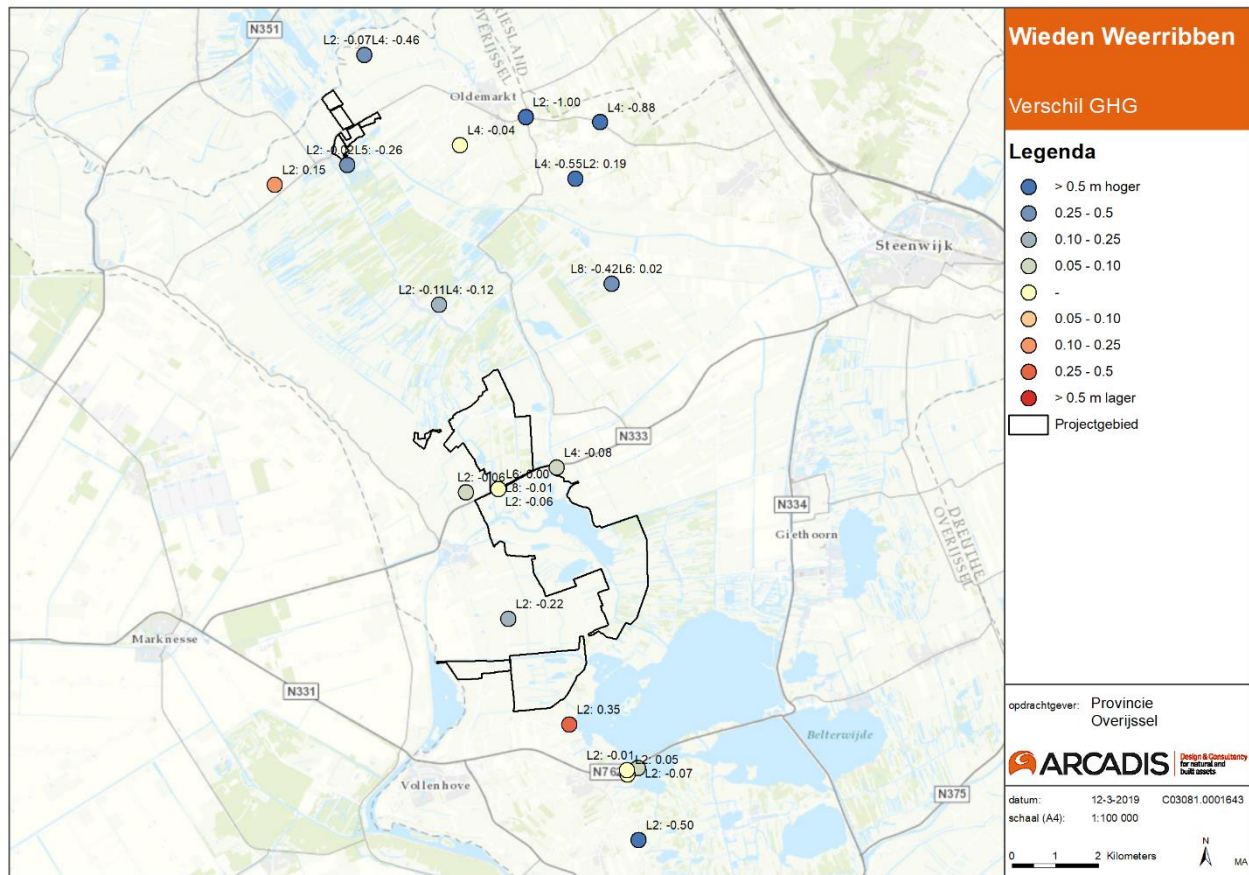
Modelvalidatie

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 mogelijke oorzaak voor de afwijking te vinden. Ook is het model vergeleken met de watersysteembeschrijving.

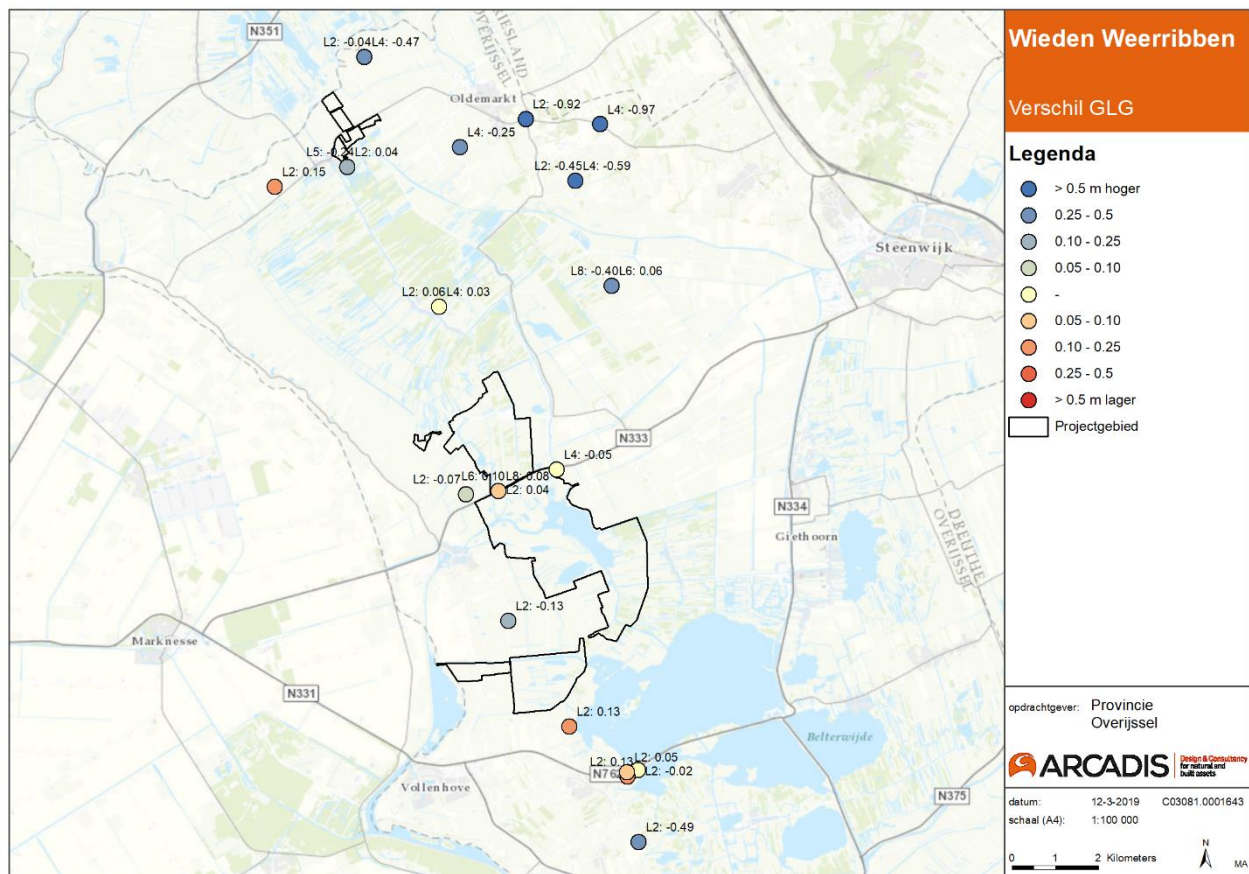
In het projectgebied van Noordmanen zijn nauwelijks peilbuizen aanwezig die een voldoende bevonden tijdreeksverlenging hebben. De meeste peilbuizen staan aan de rand van het gebied. De gemiddelde afwijking van deze locaties is 3 cm te nat voor de GHG en voor de GLG. De afwijkingen per peilbuis zijn weergegeven in Figuur 25 en Figuur 26. Het model berekent de grondwaterstanden erg nauwkeurig. Er hoeven dus geen aanpassingen meer aan het model gedaan te worden om de effecten van de aanpassingen aan het watersysteem nauwkeurig te kunnen bepalen.

Validatieresultaten regionaal model

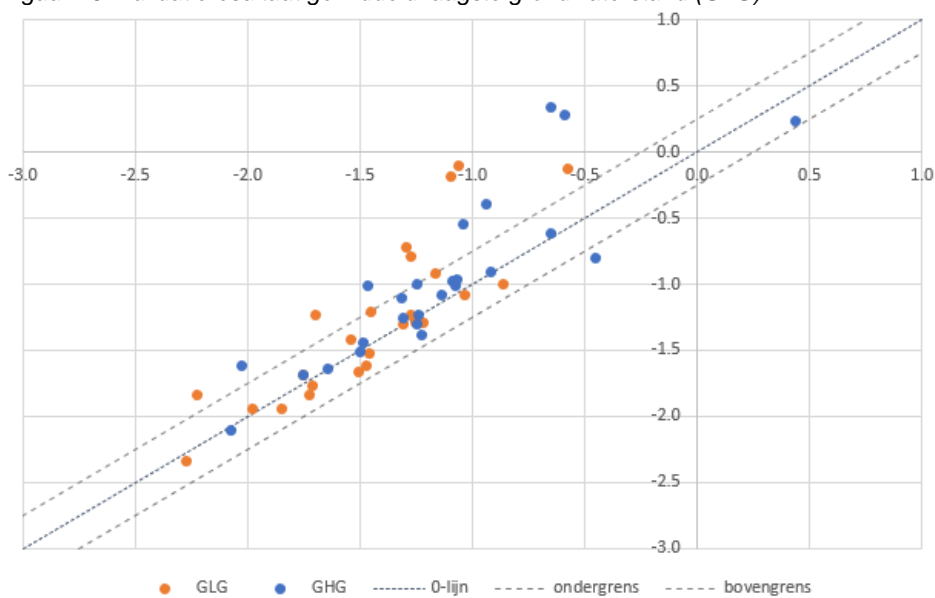
Deze bijlage bevat de figuren met daarin de afwijking tussen het model en de gemeten grondwaterstanden.



Figuur 25: Validatieresultaat gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG)



Figuur 26: Validatieresultaat gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG)



Figuur 27: Validatieresultaat van het ontwikkelde regionale model en de bijbehorende statistieken

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 de 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 model 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.

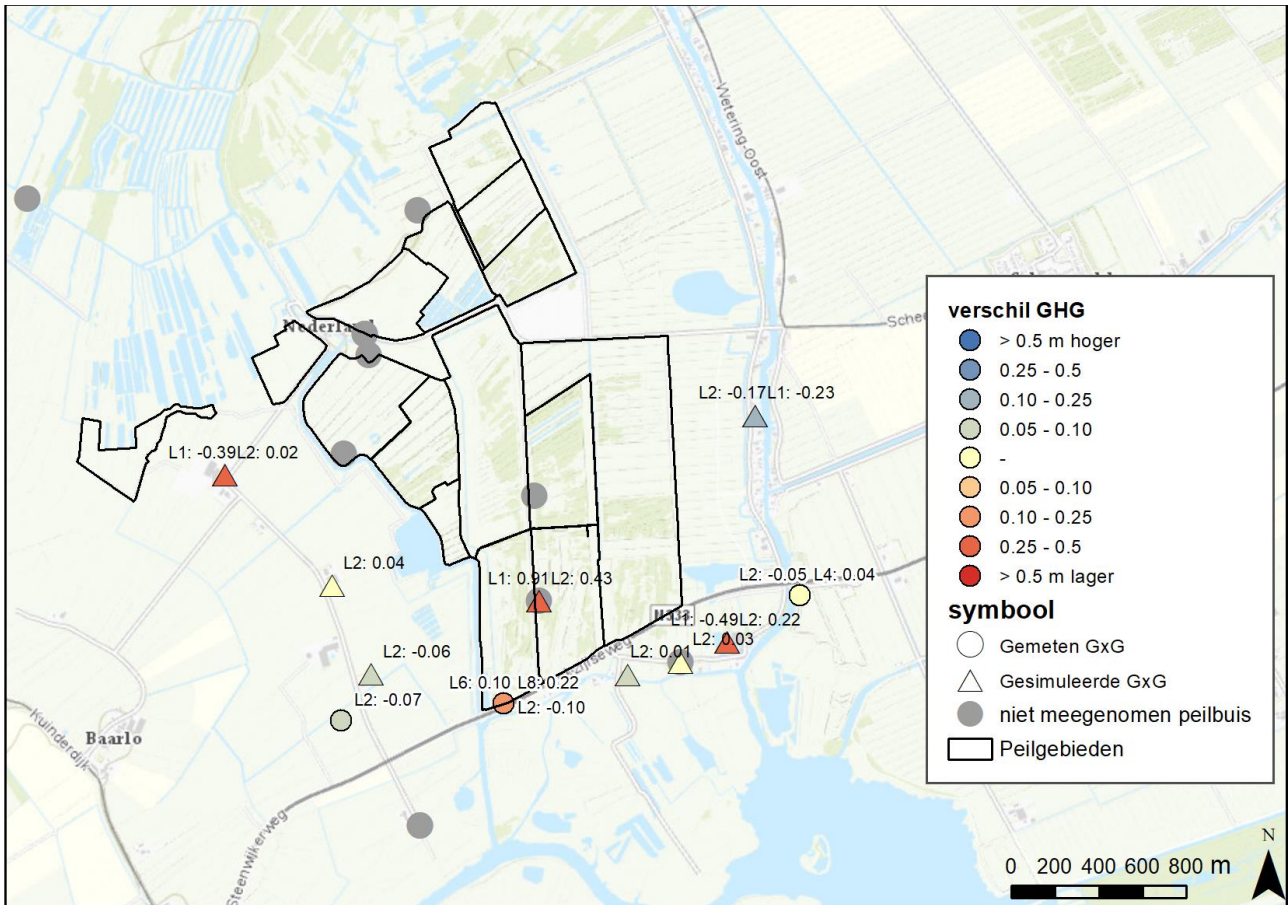
Uit de vergelijking van de verlengde met de gemeten reeksen blijkt dat de tijdreeksverlenging betrouwbaar genoeg is om het grondwatermodel te beoordelen op GxG's. Bij de peilbuizen die zijn verlengd zijn op basis van het jaar 2012 is het verschil op de gemiddeld hoogste en de gemiddelde laagste grondwaterstand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

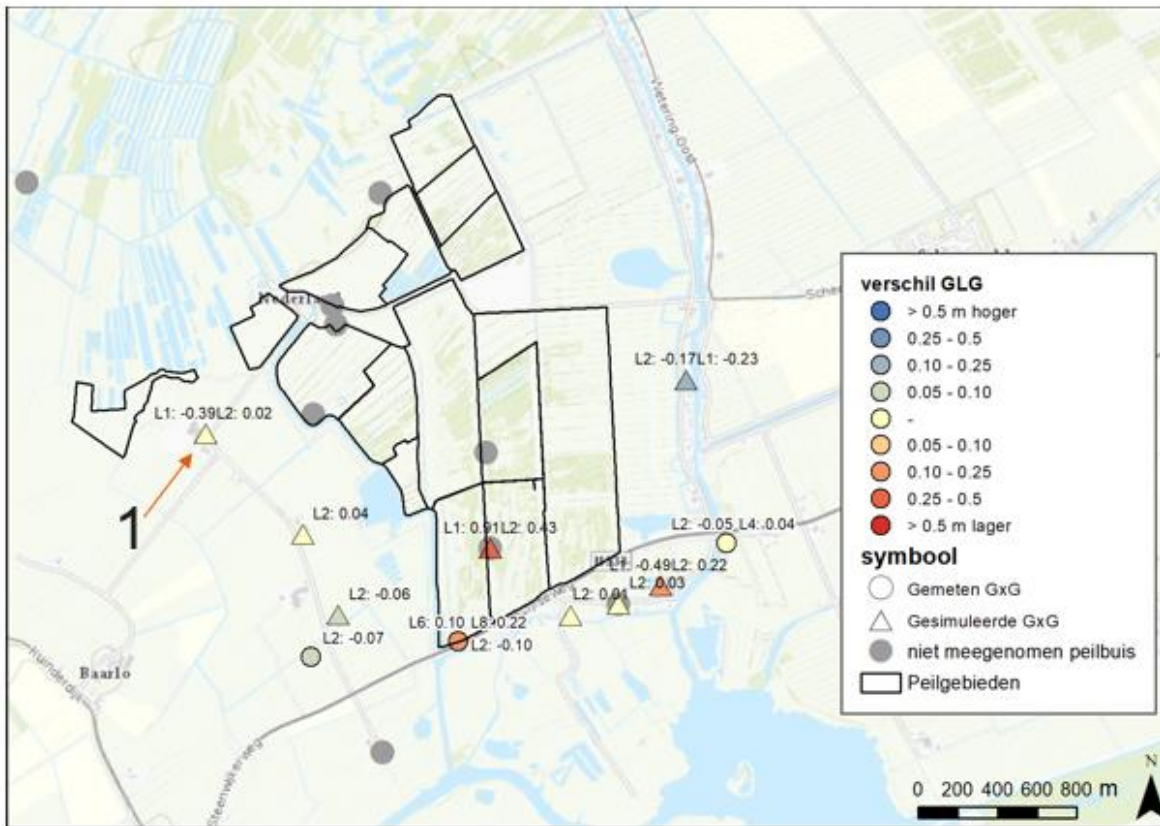
WWR06007	B16D1506	1	97	-0,794	78	11	223	32	1,314	Ja
WWR06008	B16D1507	1	83	-4.020	4497	62312	1205	11023	0,006	Nee
WWR06009	B16D1508	1	92	- 1,406	14	1	39	2	0,003	Ja
WWR06010	B16D1509	2	83	-1,234	16	2	43	4	0,326	Ja
WWR06011	B16D1510	1	85	-1,291	17	2	46	5	0,448	Ja
WWR06012 ondiep	B16D1511	2	89	- 1,440	18	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		Nee
									1,477	
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
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	

Validatie lokale model

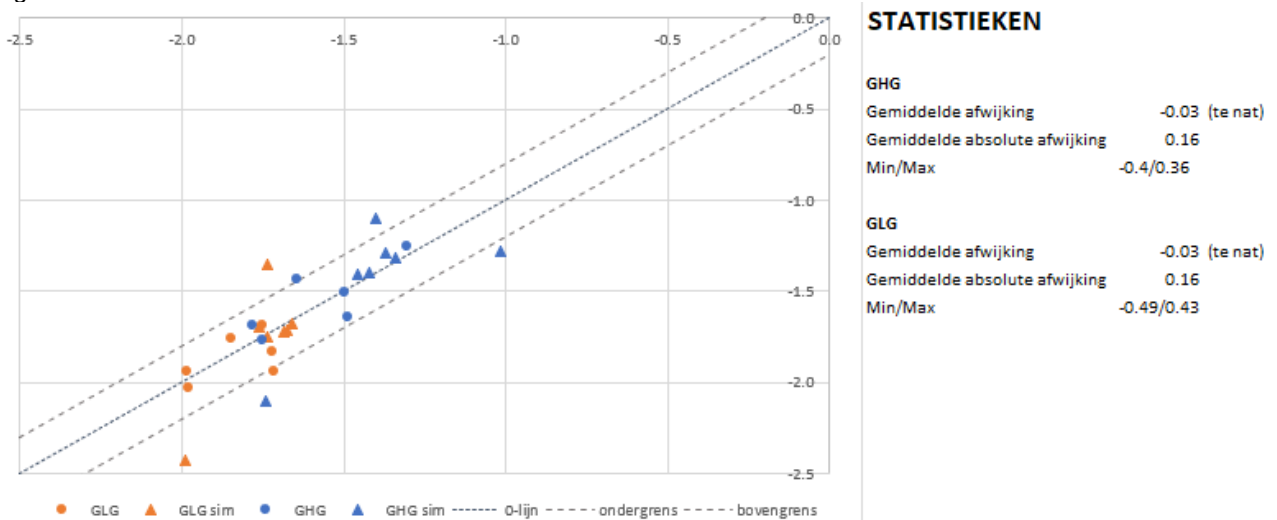
Deze bijlage bevat de figuren met daarin de afwijking tussen het model en de gemeten grondwaterstanden per projectgebied. Bij de peilbuizen waar pijlen met nummer bij staan is naar het optreden van kwel gekeken. Van de peilbuizen waarvan de gemeten periode overeenkomt met de modelperiode is ook de tijdreeks weergegeven. Hierin is te zien dat de peilbuizen in de zandondergrond vrij goed worden berekend, maar dat de afwijkingen in de veenlaag lokaal wel 1 meter kunnen zijn.



Figuur 28: Validatieresultaat GHG



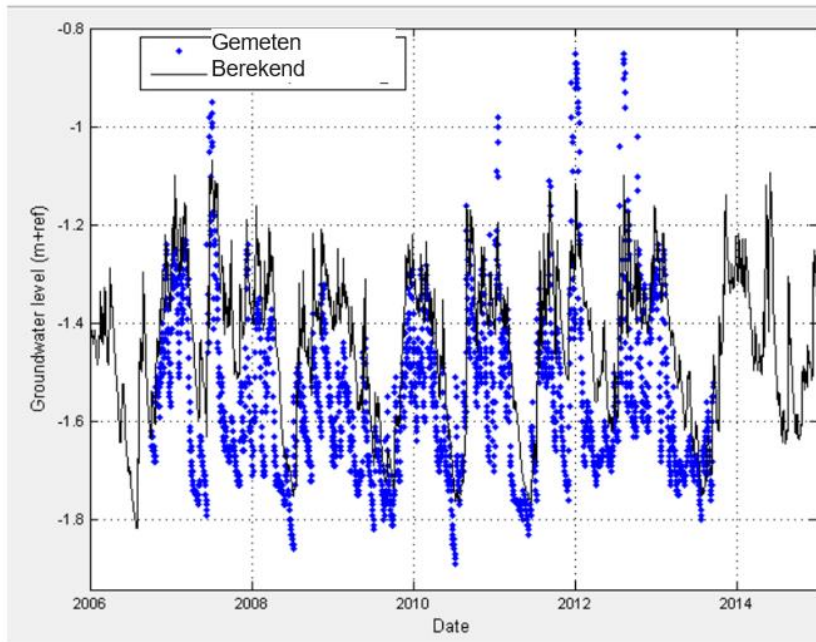
Figuur 29: Validatieresultaat GLG



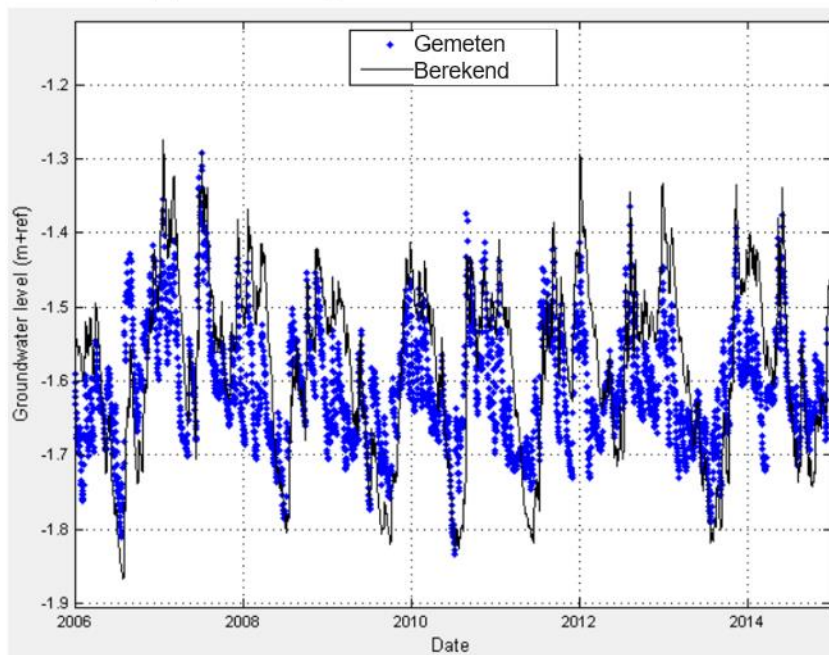
Figuur 30: Validatieresultaat van het lokale model van Noordmanen en de bijbehorende statistieken

Op 1 locatie (zie Figuur 29) is de gemeten kwel vergeleken met de berekende kwel. Hiervoor is gekeken naar hoeveel procent van het jaar een kweldruk optreedt tussen de meerdere filters van de peilbuis. Bij locatie 1 treedt in het model geen kweldruk op. In de gemeten waarden treedt gemiddeld 0,2 % van het jaar kwel op.

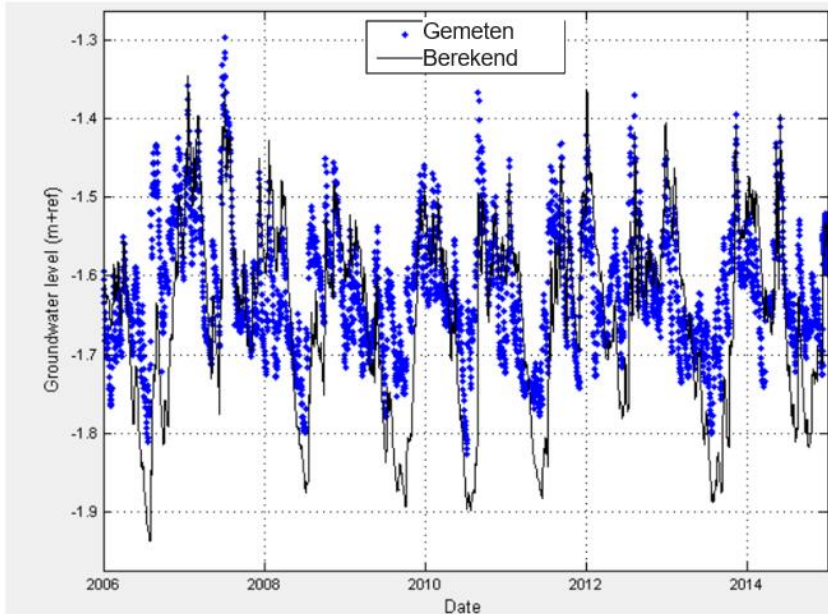
Veenweidepolders17_1 modellaag 2



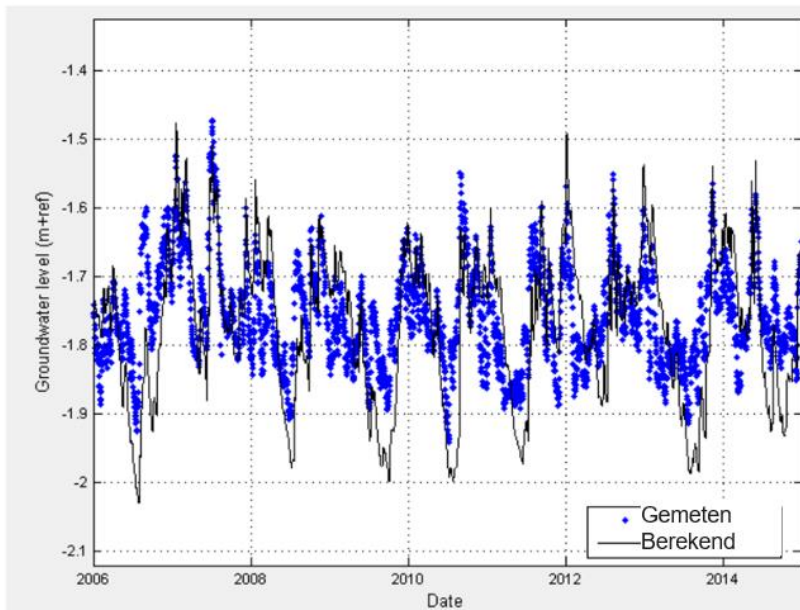
B16D0077_1 modellaag 2



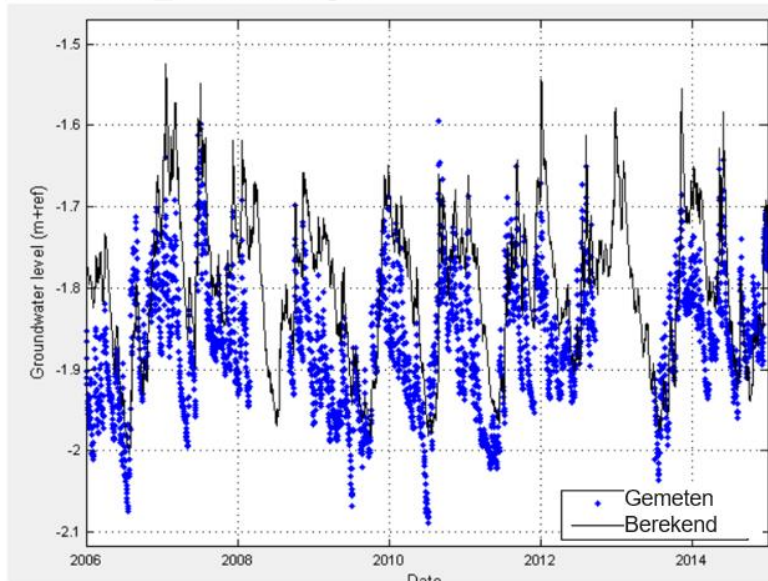
B16D0077_3 modellaag 6



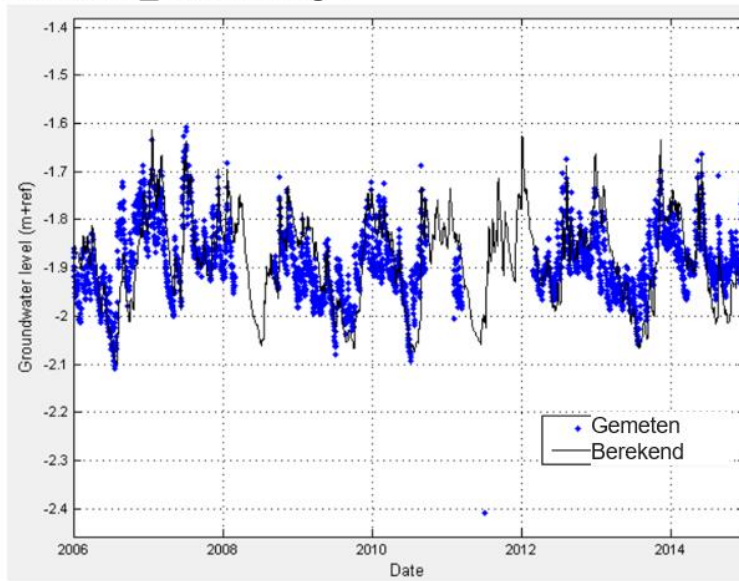
B16D0077_4 modellaag 8



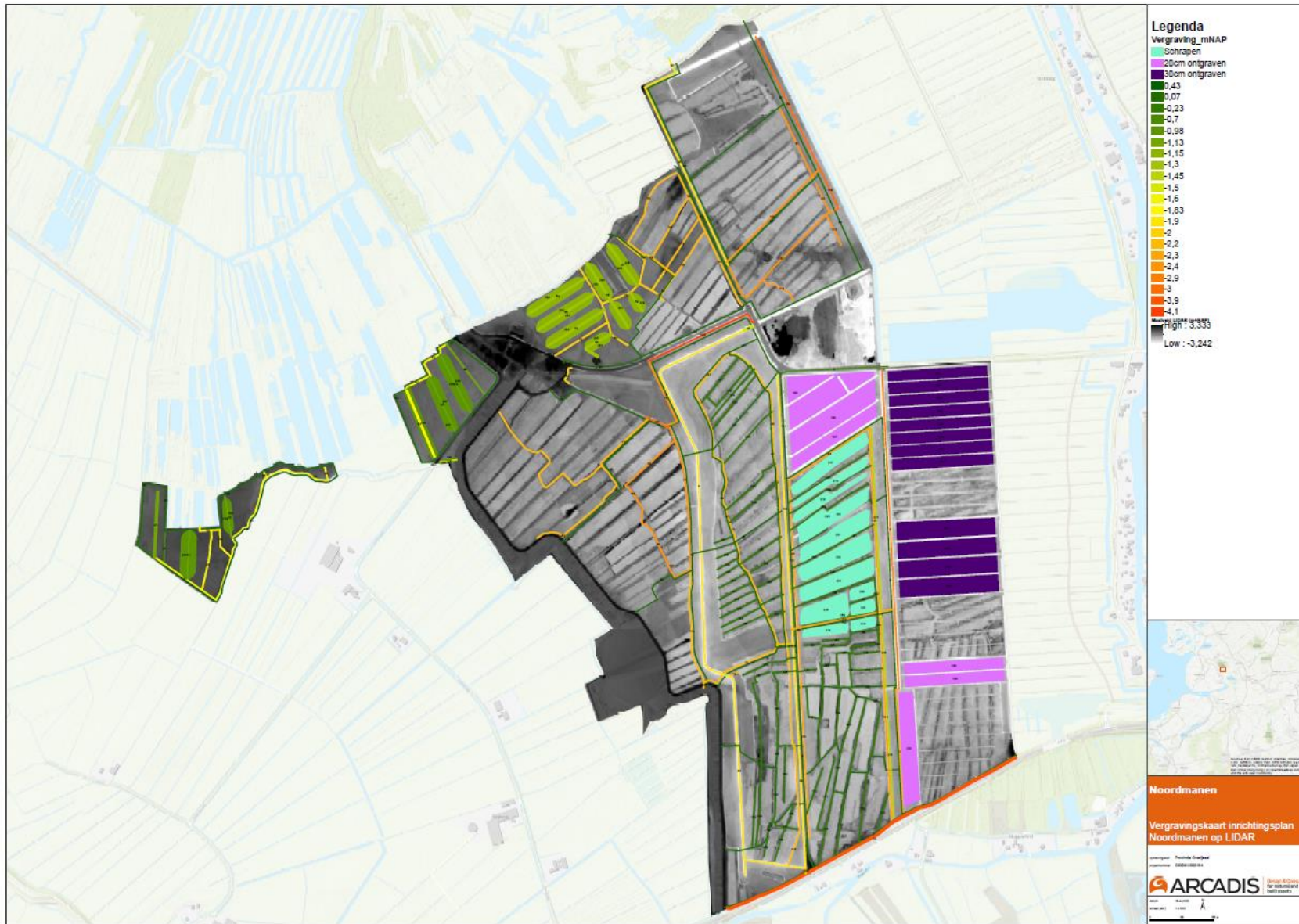
B16D0047_1 modellaag 2

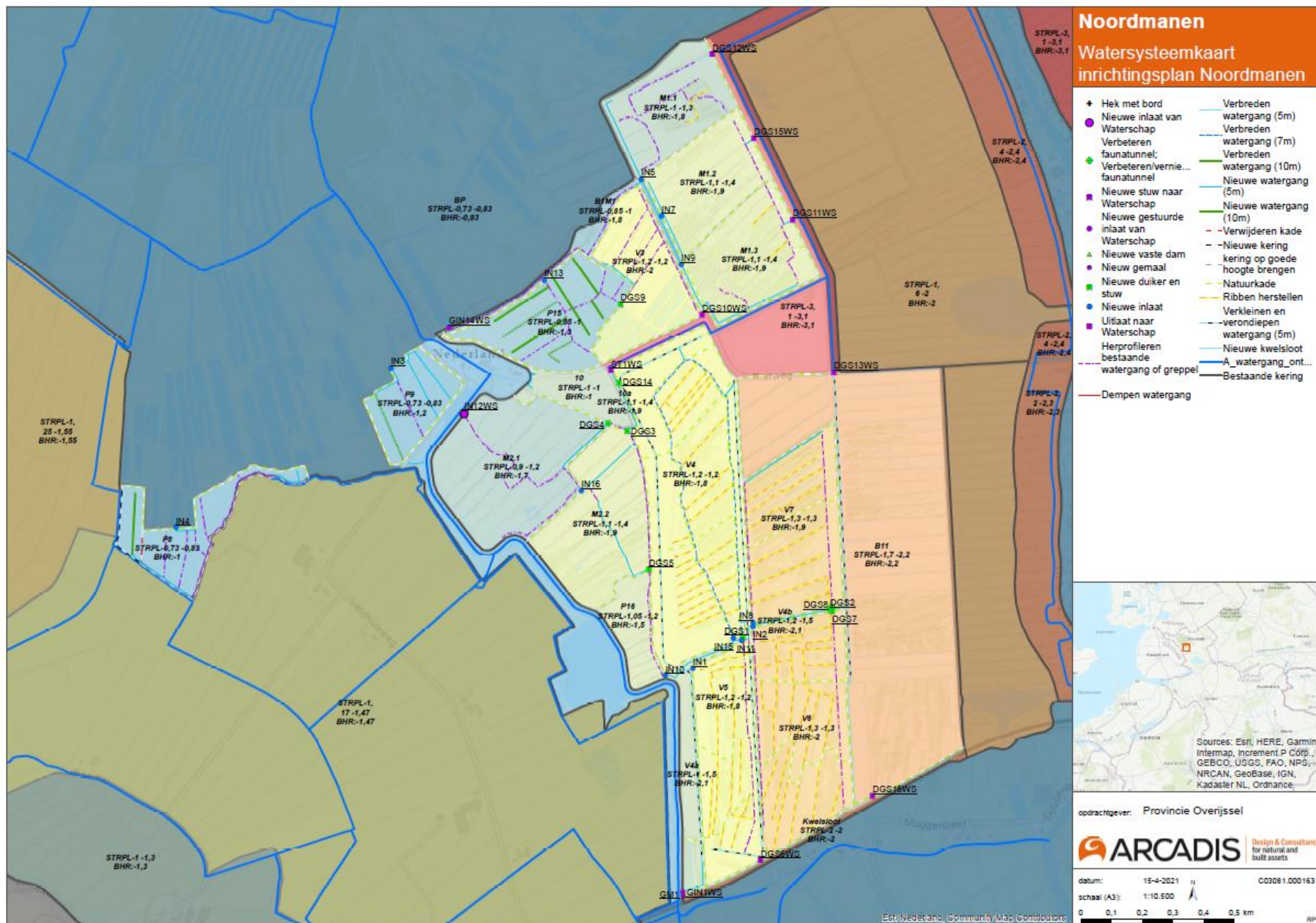


B16D0047_2 modellaag 4



Bijlage B – Ontwerp (vergravingen en watersysteem)





Bijlage C – Toetsing Drempelhoogtes ontwerp 2021

Nr. drempelhoogte op kaart	Adres	Gemeten drempelhoogte (m NAP)	Berekende GHG referentie (m NAP)	Berekende GHG ontwerp (m NAP)	Effect op GHG bij ontwerp (m)	Ontwatering referentie (m-mv)	Ontwatering ontwerp (m-mv)	Toetsing drempelhoogte	Toetsing bebouwing
1	Rietweg 1	0.32	-1.10	-1.02	0.08	1.42	1.35	Voldoet bij referentie en ontwerp	Woning voldoet
2	Rietweg 1	0.17	-1.10	-1.02	0.08	1.27	1.19	Voldoet bij referentie en ontwerp	Woning voldoet
3	Rietweg 1	-0.71	-0.99	-0.87	0.12	0.28	0.15	Aandachtspunt bij referentie en ontwerp	Geen woonfunctie, dus geen aandachtspunt
4	Rietweg 2	-0.38	-1.01	-0.88	0.13	0.64	0.51	Aandachtspunt bij referentie en ontwerp	Geen woonfunctie, dus geen aandachtspunt
5	Rietweg 2	-0.24	-0.99	-0.87	0.12	0.75	0.63	Aandachtspunt bij referentie en ontwerp	Woning is aandachtspunt
6	Rietweg 2	-0.32	-0.97	-0.92	0.05	0.65	0.60	Aandachtspunt bij referentie en ontwerp	Woning is aandachtspunt
7	Rietweg 2	-0.53	-1.05	-0.91	0.14	0.52	0.37	Aandachtspunt bij referentie en ontwerp	Geen woonfunctie, dus geen aandachtspunt
8	Rietweg 2	-0.57	-1.01	-0.88	0.13	0.44	0.31	Aandachtspunt bij referentie en ontwerp	Geen woonfunctie, dus geen aandachtspunt

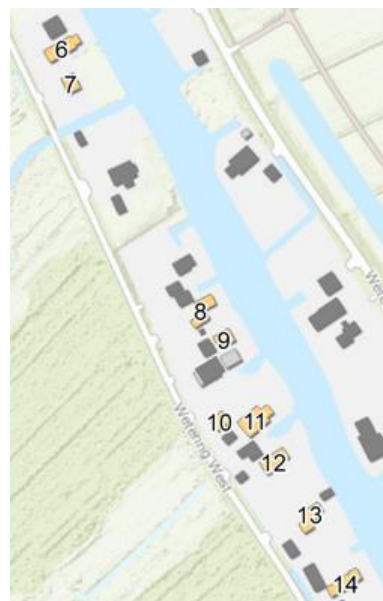
9	Veldhuisweg 10	0.02	-0.85	-0.80	0.05	0.87	0.82	Voldoet bij referentie en ontwerp	Woning voldoet
10	Veldhuisweg 10	0.21	-0.85	-0.80	0.05	1.07	1.01	Voldoet bij referentie en ontwerp	Woning voldoet
11	Veldhuisweg 10	0.21	-0.85	-0.80	0.05	1.06	1.01	Voldoet bij referentie en ontwerp	Woning voldoet
12	Veldhuisweg 10	0.19	-0.85	-0.80	0.05	1.04	0.99	Voldoet bij referentie en ontwerp	Woning voldoet
13	Veldhuisweg 10	-0.05	-0.92	-0.88	0.04	0.88	0.84	Voldoet bij referentie en ontwerp	Geen woonfunctie, dus geen aandachtspunt
14	Veldhuisweg 12	0.23	-0.82	-0.77	0.05	1.05	1.00	Voldoet bij referentie en ontwerp	Woning voldoet
15	Veldhuisweg 12	-0.21	-0.82	-0.77	0.05	0.61	0.55	Aandachtspunt bij ontwerp	Geen woonfunctie, dus geen aandachtspunt
16	Wetering West 79	0.01	-1.38	-1.23	0.15	1.39	1.24	Voldoet bij referentie en ontwerp	Woning voldoet
17	Wetering West 79	-0.31	-1.38	-1.23	0.15	1.07	0.92	Voldoet bij referentie en ontwerp	Woning voldoet
18	Wetering West 81	-0.27	-1.22	-1.07	0.15	0.95	0.80	Aandachtspunt bij ontwerp	Woning is aandachtspunt
19	Wetering West 81	-0.40	-1.24	-1.04	0.20	0.85	0.64	Aandachtspunt bij ontwerp	Woning is aandachtspunt

20	Wetering West 83	-0.04	-1.20	-1.02	0.18	1.16	0.98	Voldoet bij referentie en ontwerp	Woning voldoet
21	Wetering West 85	-0.17	-1.14	-0.91	0.23	0.97	0.75	Aandachtspunt bij ontwerp	Geen woonfunctie, dus geen aandachtspunt
22	Wetering West 85	0.01	-1.13	-0.99	0.14	1.13	1.00	Voldoet bij referentie en ontwerp	Woning voldoet
23	Wetering West 85	0.05	-1.13	-0.99	0.14	1.17	1.03	Voldoet bij referentie en ontwerp	Woning voldoet
24	Wetering West 87	0.05	-1.14	-1.01	0.13	1.19	1.06	Voldoet bij referentie en ontwerp	Woning voldoet
25	Wetering West 89	0.08	-1.10	-0.89	0.21	1.17	0.96	Voldoet bij referentie en ontwerp	Woning voldoet
26	Wetering West 97	-0.32	-1.04	-0.92	0.12	0.72	0.61	Aandachtspunt bij referentie en ontwerp	Woning is aandachtspunt
27	Wetering West 97	-0.58	-1.04	-0.89	0.14	0.45	0.31	Aandachtspunt bij referentie en ontwerp	Woning is aandachtspunt
28	Wetering West 97	-0.71	-1.04	-0.89	0.14	0.32	0.18	Aandachtspunt bij referentie en ontwerp	Woning is aandachtspunt
29	Wetering West 97	0.01	-1.04	-0.89	0.14	1.05	0.91	Voldoet bij referentie en ontwerp	Woning is aandachtspunt

Bijlage D - Enquêtes woningen



De locatienummers in deze tabel verwijzen naar de locaties nummers in naast staande figuren



Tabel 4: Enquêtes Nederland

Vraag	Locatie 2	Locatie 3	Locatie 4	Locatie 5
Hoe lang bewoner	>10 jaar	>10 jaar	> 10 jaar	> 10 jaar
Bouwjaar	1950	1930 (geschat)	> 100 jaar oud	1970 met oudere schuren
Materiaal begane grond	Hout	Beton, deels losse stoeptegels zonder fundering	Hout, beton (keuken)	Beton, hout (schuur)
Materiaal fundering	Hout	Zand, een paar betonnen heipalen	Hout	Beton, grondverbetering
Kruipruimte	Ja, 0.5 m diep	-	Deels, 0.5 m	-
Status kruipruimte	Droog	-	Droog	-
Kelder	Ja, 2 m diep	-	-	-
Status kelder	Droog	-	-	-
Getroffen maatregelen	-	Nee, geen maatregelen. De woning wordt vanaf januari 2021 opnieuw gebouwd	-	-

Opmerkingen	-	-	Veen zakt, opnieuw bestraten eens in de 10 jaar	2000 m3 grond om gebouw Gegooid vorig jaar herfst 2019, t.b.v. natte tuin
Aandachtspunt o.b.v. analyses	Nee	Ja	Nee	Nee

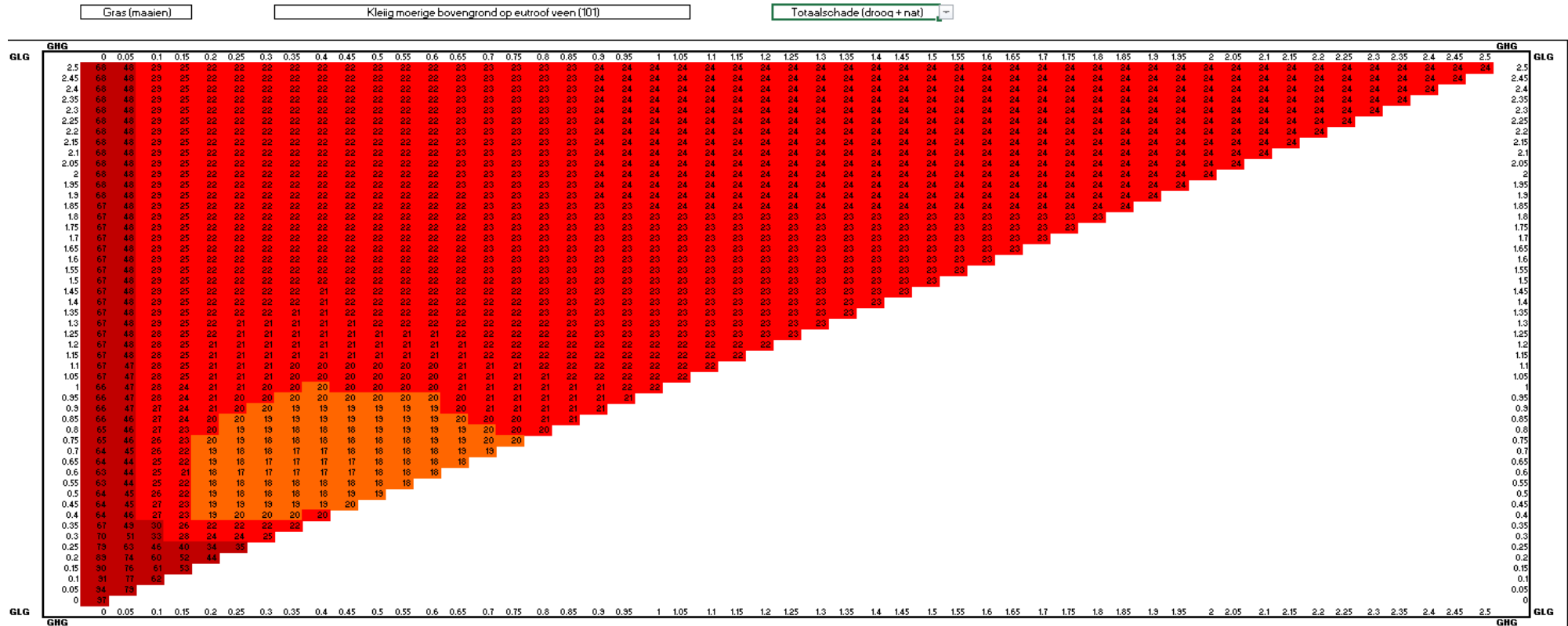
Tabel 5: enquêtes Wetering West

Vraag	Locatie 6/7	Locatie 8	Locatie 9	Locatie 10	Locatie 13	Locatie 14
Hoe lang bewoner	>10 jaar	> 10 jaar	1 tot 5 jaar	> 10 jaar	> 10 jaar	>10 jaar
Bouwjaar	1960 (woning), 1925 (schuur), 1965 (overkapping)	2000	1960	'60 (1988 verbouwd)	1970	1899 (verbouwd 1948,2016)
Materiaal begane grond	Hout	Hout, beton	Beton	Hout, beton	Hout, beton	Hout, beton
Materiaal fundering	Betonpalen	Betonpalen	Betonpalen	Beton	Betonpalen	Betonpalen
Kruipruimte	0.7 m diep	-	Ja, 1 m diep	Ja, 1 m diep	Ja, 0.75 m diep	-
Status kruipruimte	Droog	-	4 mnd/jaar vochtig	Soms water bij regen periodes	Droog	-
Kelder	1.5 m diep	-	Ja, 1.9 m diep	-	-	-
Status kelder	Droog	-	4 mnd/jaar vochtig	-	-	-
Getroffen maatregelen	Woning =ok. Buitenterrein ligt erg laag, als pomp het niet doet staat het blank. ==> groot water probleem. RadM wilde kijken hoe water vd woning af zou stromen	-	-	-	-	-
Opmerkingen	In 1998 10cm water, normaal altijd droog	-	-	-	-	-
Aandachtspunt o.b.v. analyses	Ja	Nee	Nee	Nee	Ja	Nee

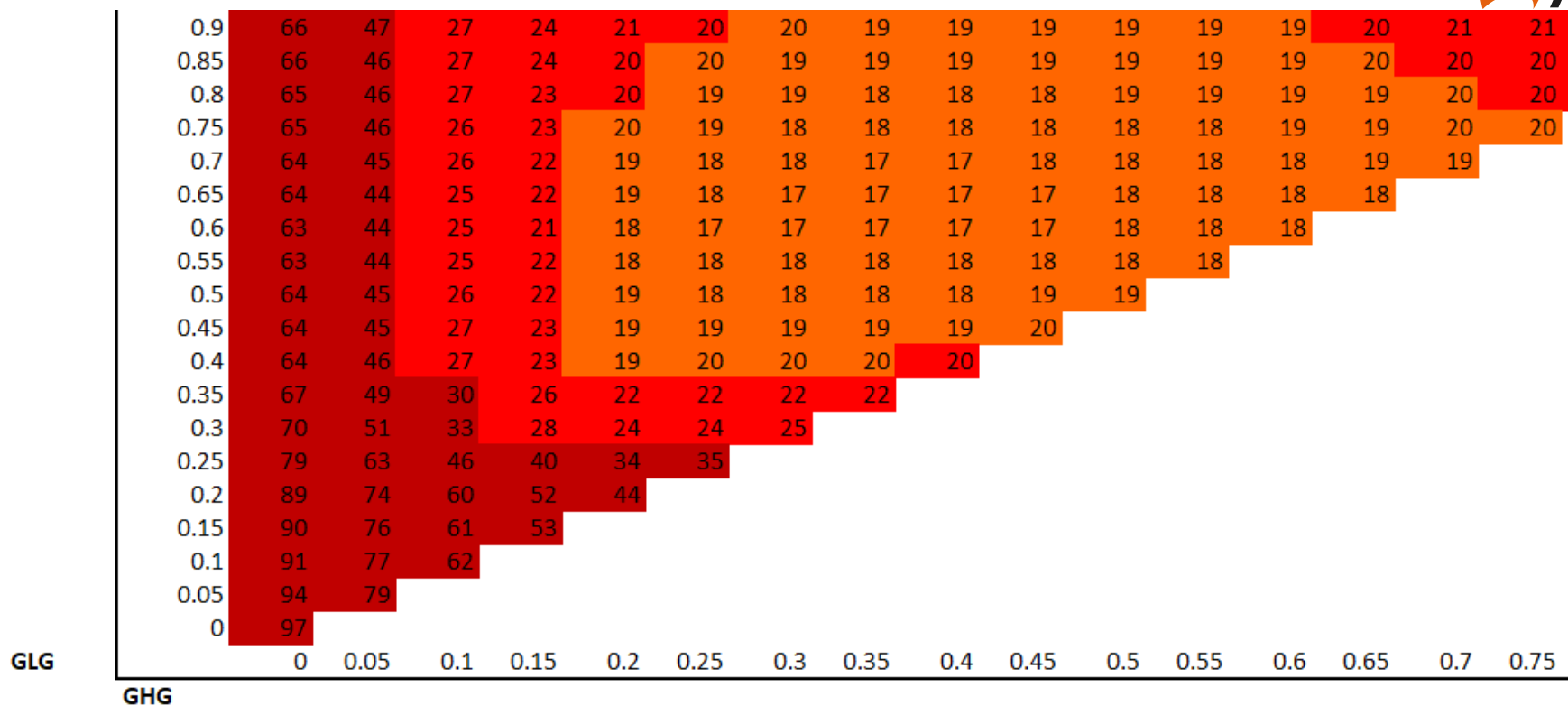
Bijlage E - Waterwijzer in tabelvorm

In deze bijlage staan de uitkomsten van de Waterwijzer landbouw, omgezet in een Excel tabel vergelijkbaar met het format van de HELP tabellen. Hierin is te zien welke schades worden berekend bij een bepaalde stijging van grondwaterstanden.

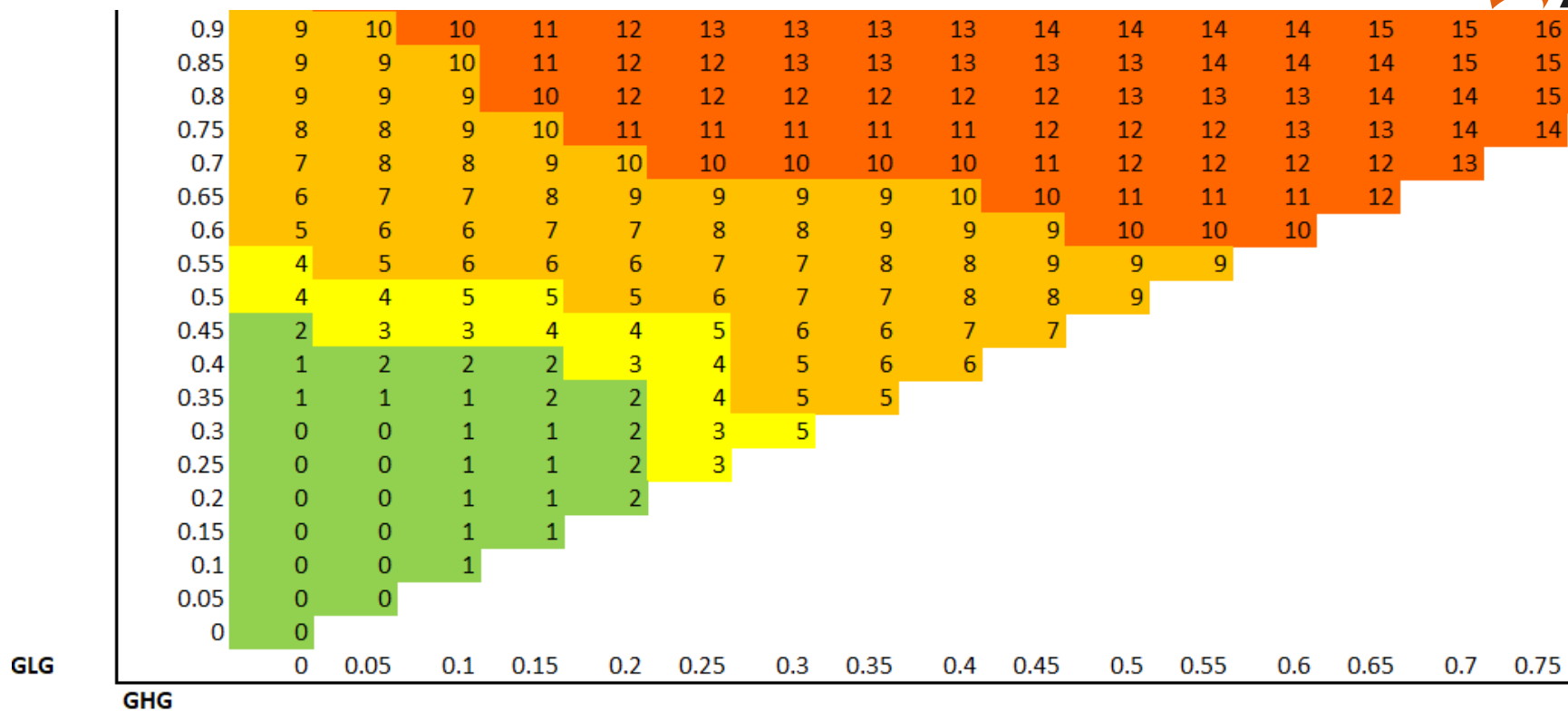
Het eerste figuur laat de totale tabel zien, en is daardoor slecht leesbaar. De figuren daaronder laten de uitsnede van de tabel zien waarin de grondwaterstanden van het landbouwgebied zich bevinden. De Excel tabel is apart geleverd als bijlage.



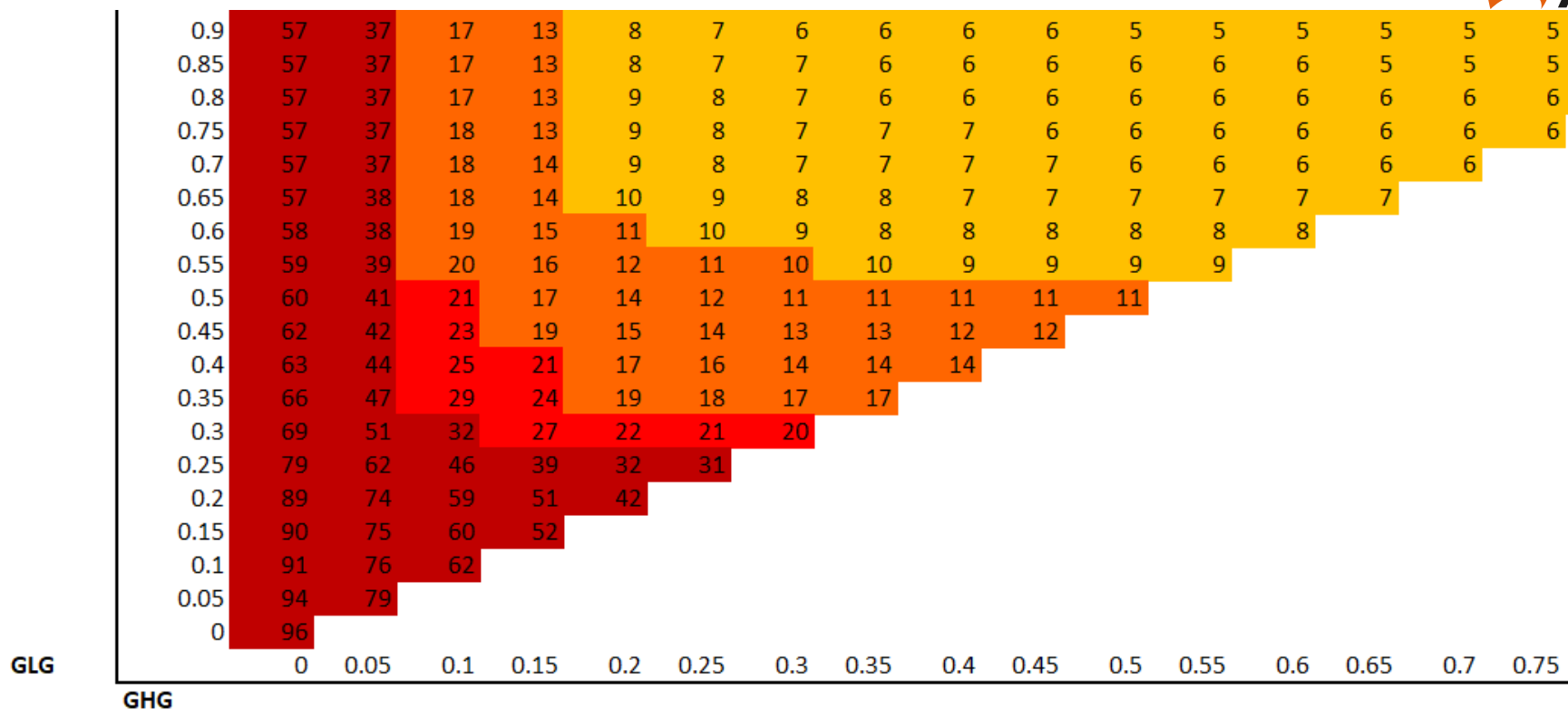
Figuur 31: Schadetabel o.b.v. de WaterWijzer met daarin de directe schade bij verschillende GxG's voor grasland op het bodemtype Kleilig moerige bovengrond op eutroof veen



Figuur 32: Uitsnede van de schadetabel o.b.v. de WaterWijzer met daarin de directe schade bij verschillende GxG's voor grasland op het bodemtype Kleilig moerige bovengrond op eutroof veen



Figuur 33: Uitsnede van de schadetabel o.b.v. de WaterWijzer met daarin de droogteschade bij verschillende GxG's voor grasland op het bodemtype Kleilig moerige bovengrond op eutroof veen



Figuur 34: Uitsnede van de schadetabel o.b.v. de WaterWijzer met daarin de natschade bij verschillende GxG's voor grasland op het bodemtype Kleilig moerige bovengrond op eutroof veen

Bijlage F - Duiding effecten

De praktijk situatie en het model kunnen van elkaar verschillen door lokale verschillen in bodemopbouw en lokale variaties in grondwaterregime. Dit verschil in praktijk en model kan ook zorgen voor andere effecten in werkelijkheid dan nu berekend. In dit hoofdstuk worden de analyses besproken die zijn uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in het vertrekpunt, en om de effecten beter te kunnen duiden. Hiermee staat er in dit hoofdstuk ook een deel discussie.

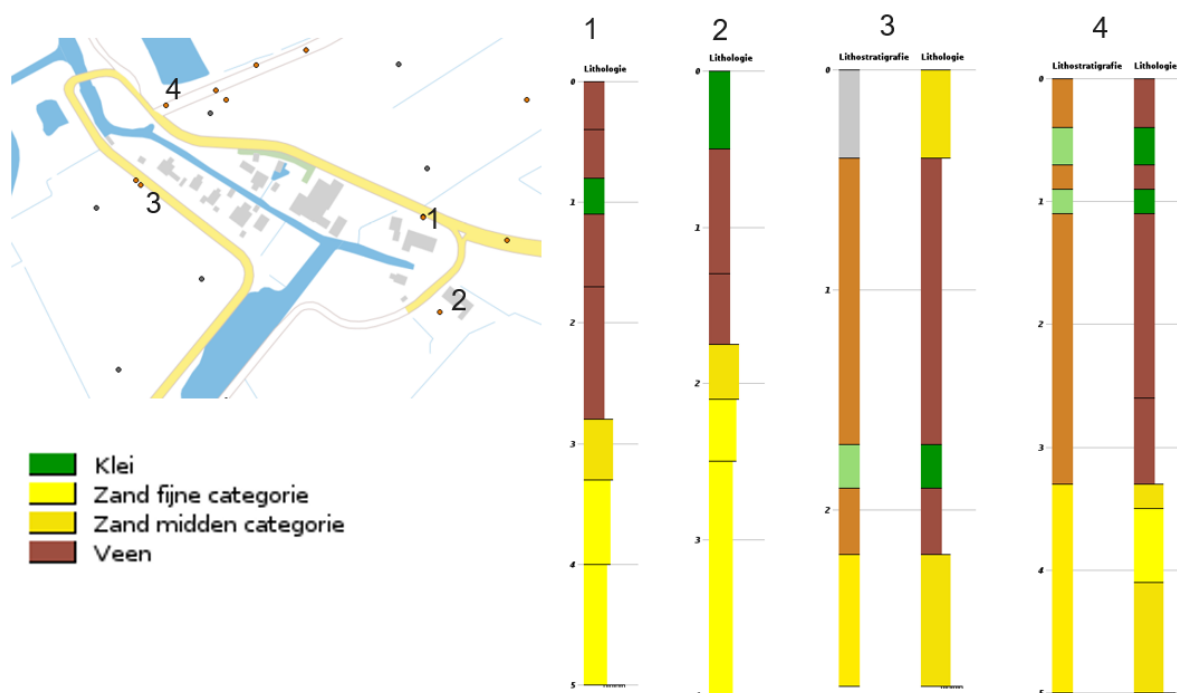
Vertrekpunt Nederland

Voor Nederland is in meer detail gekeken naar de bodemopbouw, grondwaterstand en naar oppervlaktewaterpeil. Vanuit gebiedskennis is de verwachting dat de effecten minder zijn dan het model heeft berekend. Het model maakt gebruik van modelcellen met een rastergrootte van 25 x 25m. Lokale variaties in bodemopbouw zijn niet in het model opgenomen, terwijl deze mogelijk wel invloed hebben op de effecten van de maatregelen. Om deze reden is het model naast boorbeschrijvingen gehouden.

Ook is er gekeken naar de grondwaterstanden die door peilbuizen wordt gemeten in vergelijking met de door het model berekende grondwaterstanden. Daarnaast zijn tijdens het inmeten van de drempelhoogtes, ook op verschillende locaties oppervlaktewaterpeilen ingemeten. Ook deze zijn vergeleken met het model.

Bodemopbouw

De effecten van de maatregelen bij Noordmanen werken door naar de omgeving via de zandondergrond. Hoeveel freatisch effect er optreedt hangt sterk af van de dikte van de veenlaag, aangezien deze een hoge weerstand heeft. Om deze reden is de veenlaag van het model in detail bekeken. Voor de bodemopbouw is gekeken naar boringen uit DINOloket in de buurt van Nederland (Figuur 35). Deze komen goed overeen met de veendikte die in het model aanwezig is. Bij boring 3 is te zien dat er boven de veenlaag een zandlaag ligt. Deze boring staat dicht bij een weg, dus het vermoeden is dat het hier gaat om een opgebrachte zandlaag ter versteviging van de weg.

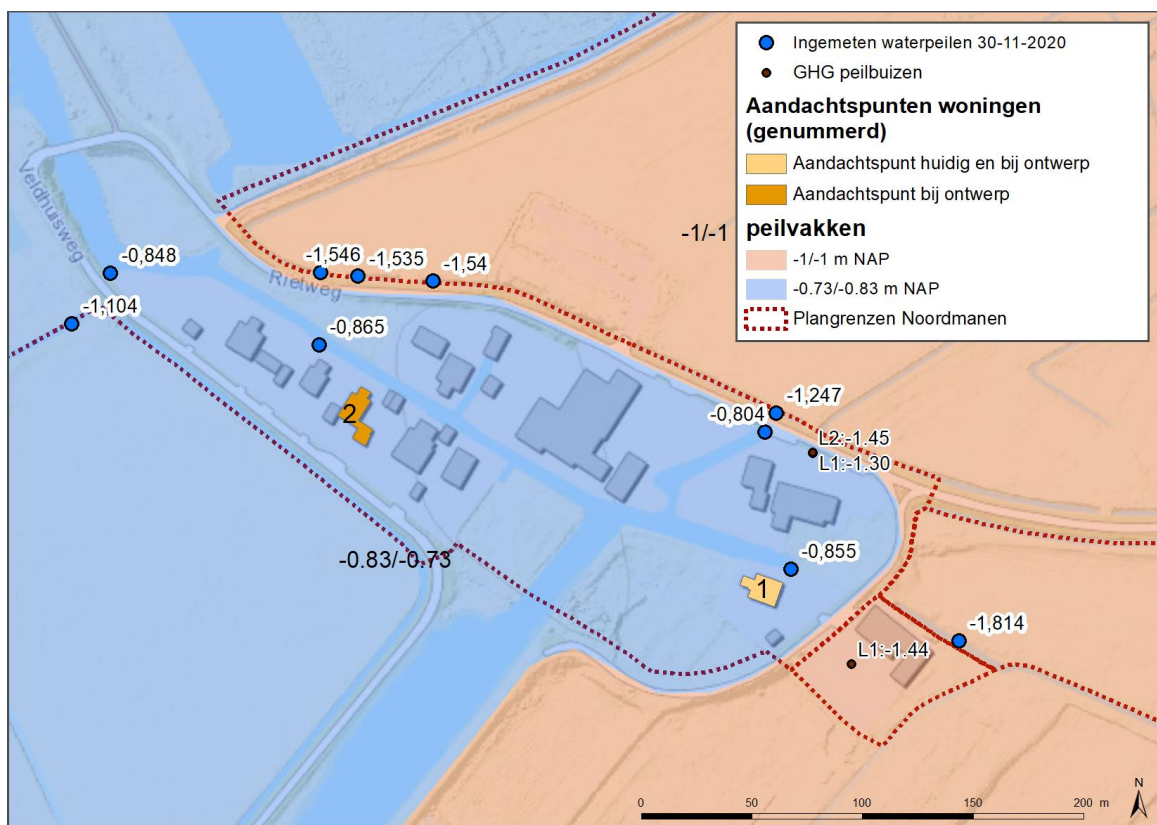


Figuur 35: Boorbeschrijvingen in de omgeving van Nederland

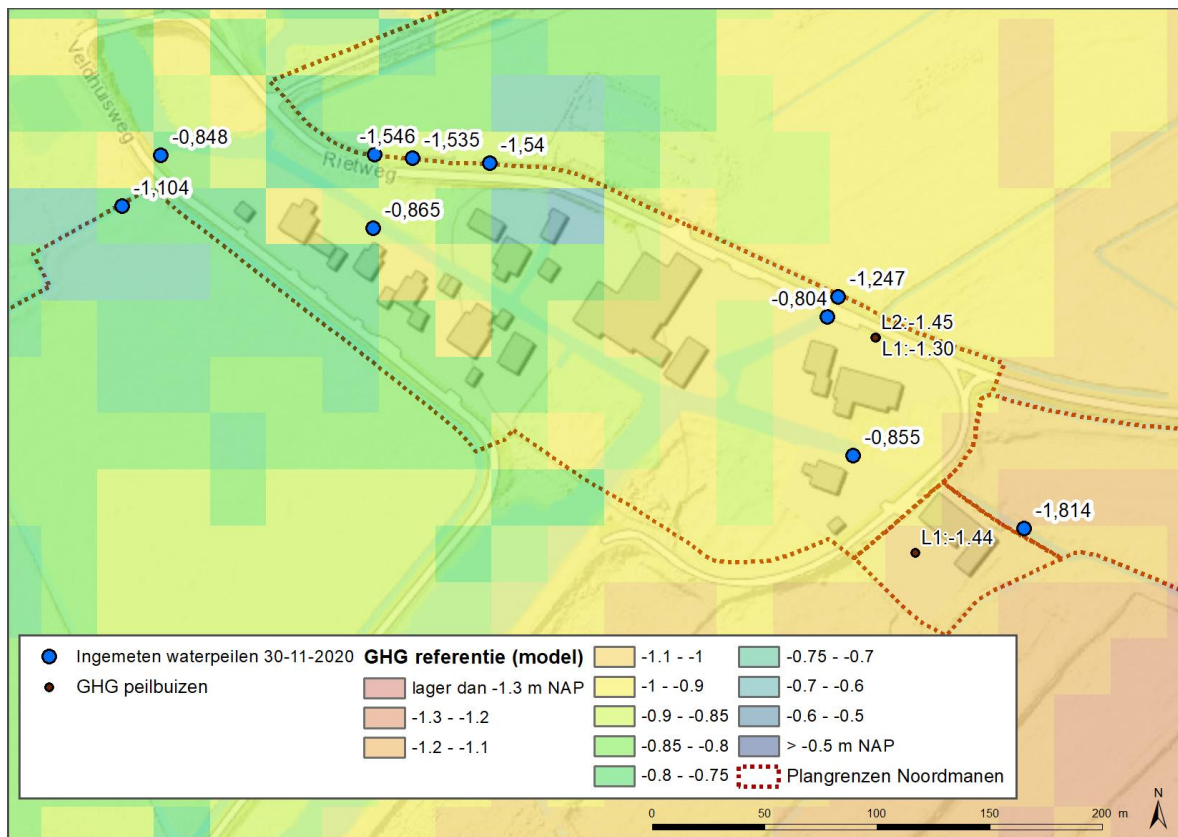
Peilen en grondwaterstand

In Figuur 36 staan de ingemeten waterpeilen (ingemeten op 30-11-2020), de GHG van de peilbuizen en de huidige peilvakken weergegeven. Wanneer naar de waterpeilen gekeken wordt valt op dat deze lager liggen dan het streefpeil. De Roomsloot ligt iets lager dan het minimale streefpeil van -0.83 m NAP. Aan de zuidzijde van de Veldhuisweg ligt het peil 27 cm lager dan het streefpeil. De watergang ten noorden van de Rietweg ligt 25 tot 55 cm lager dan het streefpeil van -1 m NAP. Bij woning 1 ligt het peil zelfs 81 cm lager dan het streefpeil. Dit beeld van lagere peilen is ook terug te zien in de ingevlogen maaiveldhoogte (LIDAR) en in het AHN 2 en 3. Op de locatie langs de Rietweg waar ene peil van -1,54 m NAP is ingemeten, is de LIDAR hoogte -1,41 m NAP, de AHN3 (ontwikkeld in 2014-2019) hoogte -1,64 m NAP en de AHN2 (ontwikkeld in 2007-2012) hoogte -1,63 m NAP. Bij deze sloot langs de Rietweg blijkt het peil het grootste deel van het jaar lager te liggen dan het peilvak, met uitzondering van enkele weken waar het peil wel op peilvak niveau wordt gehouden ten behoeve van de rietteelt.

De GHG in modellaag 1 van de peilbuizen lijkt overeen te komen met de ingemeten peilen van nabijgelegen watergangen (Figuur 36). Bij de vergelijking van de gemeten grondwaterstanden met de door het model berekende grondwaterstanden is gevonden dat het model de GHG zo'n 20 – 40 cm te nat berekend (Figuur 37). Dat komt doordat in het model de streefpeilen zijn aangehouden en niet de werkelijke peilen welke dus enkele cm, tot 80 cm, lager liggen.



Figuur 36: Ingemeten waterpeilen en GHG van de peilbuizen en de huidige peilvakken



Figuur 37: Ingemeten waterpeilen en GHG van de peilbuizen en GHG door het model berekend

Discussie effecten Nederland

De bodemopbouw in het model en de boringen komen goed overeen, dus op basis hiervan is de verwachting dat de berekende effecten hier realistisch zijn. De praktijkpeilen komen niet goed overeen met de peilvakken en daardoor dus ook niet met de peilen in het model. Het verschil hiertussen loopt op tot wel 80 cm. Hierdoor wordt de grondwaterstand in het model hoger berekend dan in werkelijkheid het geval is.

Bij het ontwerp van Noordmanen wordt uitgegaan van voldoende inlaat om de streefpeilen van het ontwerp te halen. Dit zijn dan ook de peilen waarmee in het model gerekend is. De absoluut berekende grondwaterstand bij het ontwerp blijft dus gelijk.

Het verschil tussen praktijkpeil en de peilvakken kan ook verklaren waarom er bij de woningen in Nederland, die als aandachtspunt op de kaart staan, geen overlast wordt ervaren.

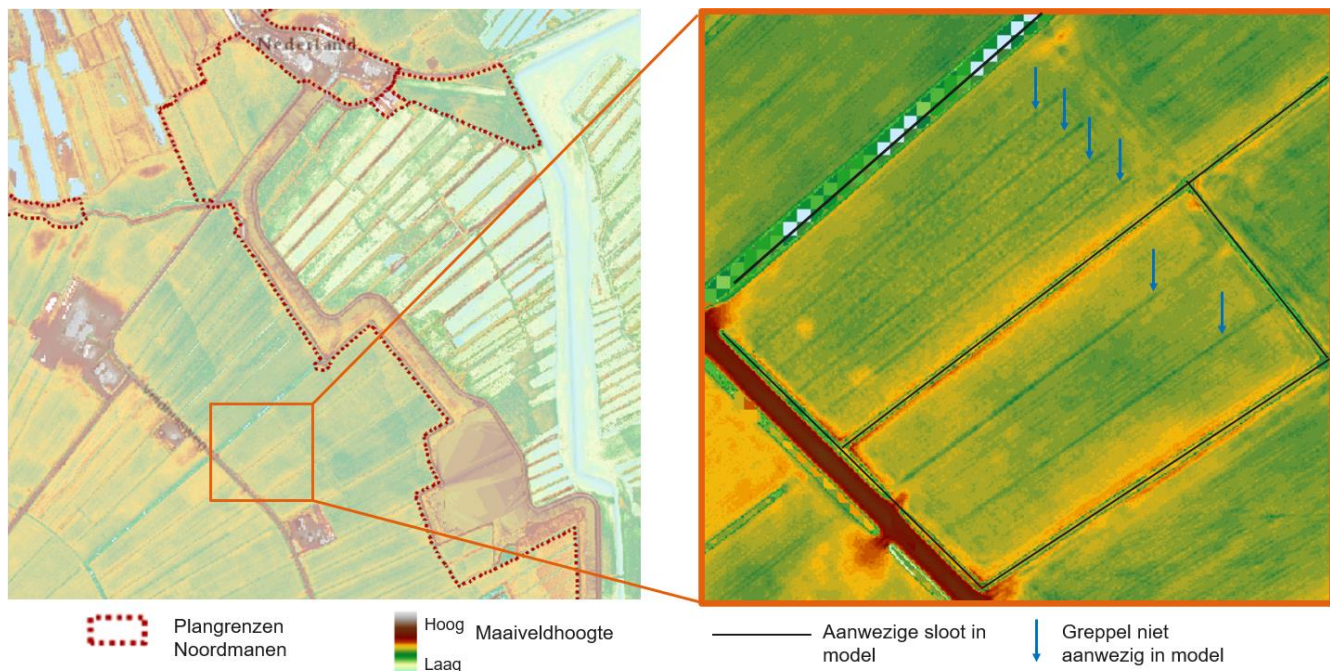
Vertrekpunt Baarlingerpolder

Voor de Baarlingerpolder is in meer detail gekeken naar de maaiveldhoogte, gemeten grondwaterstanden en boringen.

Maaiveld hoogte

In het grondwatermodel is gerekend met cellen van 25x25 meter. Dit is dan ook het detailniveau wat voor de WaterWijzer landbouw is gebruikt. Voor 1 cel is dus een gemiddeld maaiveld bepaald over een oppervlak van 625 m². In de berekende toename aan schade is voornamelijk schade te zien op het midden van de percelen. Dit komt doordat hier opbolling van de freatische grondwaterstand optreedt. Door lokale maaiveldhoogteverschillen die zijn weggemiddeld door het gebruik van de grove modelcellen, kan de lokale landbouwschade afwijken van wat is berekend. Om dit te onderzoeken zijn een aantal doorsnedes gemaakt, met daarin het maaiveld uit het AHN3 (met een celgrootte van 0.5 x 0.5 meter) en de berekende GHG van de huidige situatie en de situatie bij het ontwerp. Deze doorsnedes zijn te zien in het rapport *aanvullend onderzoek Noordmanen_definitief – D10022762 (Arcadis, 2021)*.

Uit de doorsnedes volgt dat er sprake is van een holle ligging van de percelen. Dit komt doordat er hier wegzijging optreedt. Bij de sloten wordt het grondwater op peil gehouden door de sloten en in het midden van het perceel minder, waardoor de grondwaterstand hier lager is en het veen sneller oxideert. Dit zorgt voor meer bodemdaling in het midden van het perceel dan aan de rand. Wat ook terug te zien is in de doorsnedes is dat de GHG bij het ontwerp, en soms ook de huidige GHG, op het midden van percelen vaak boven maaiveld wordt berekend. In het maaiveldverloop zijn een aantal kleine greppels terug te zien (Figuur 38). Door deze greppels zal het water hier beter worden afgevoerd bij neerslag en dus zal de grondwaterstand ook minder, of niet, boven het maaiveld uitkomen. Deze greppels vallen buiten het detailniveau van het model.

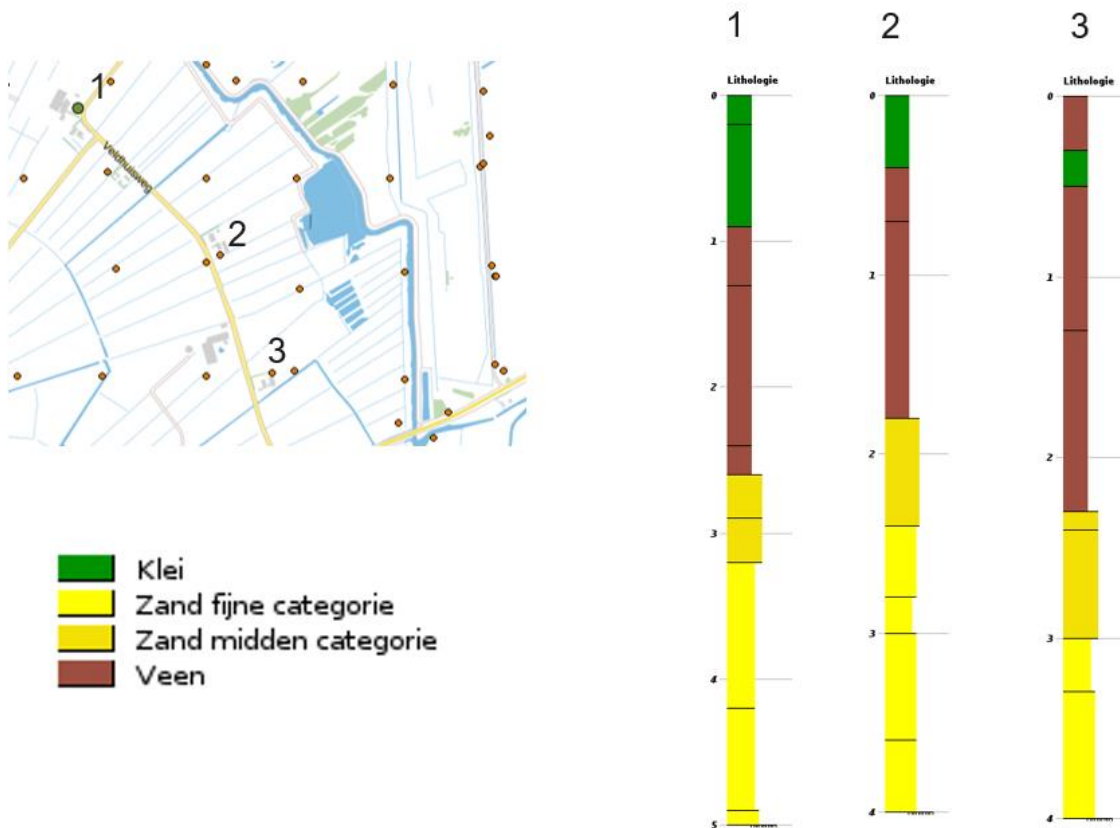


Figuur 38: hoogtekaart van landbouwpercelen met daarop de aanwezige sloten in het model en de greppels die ontbreken

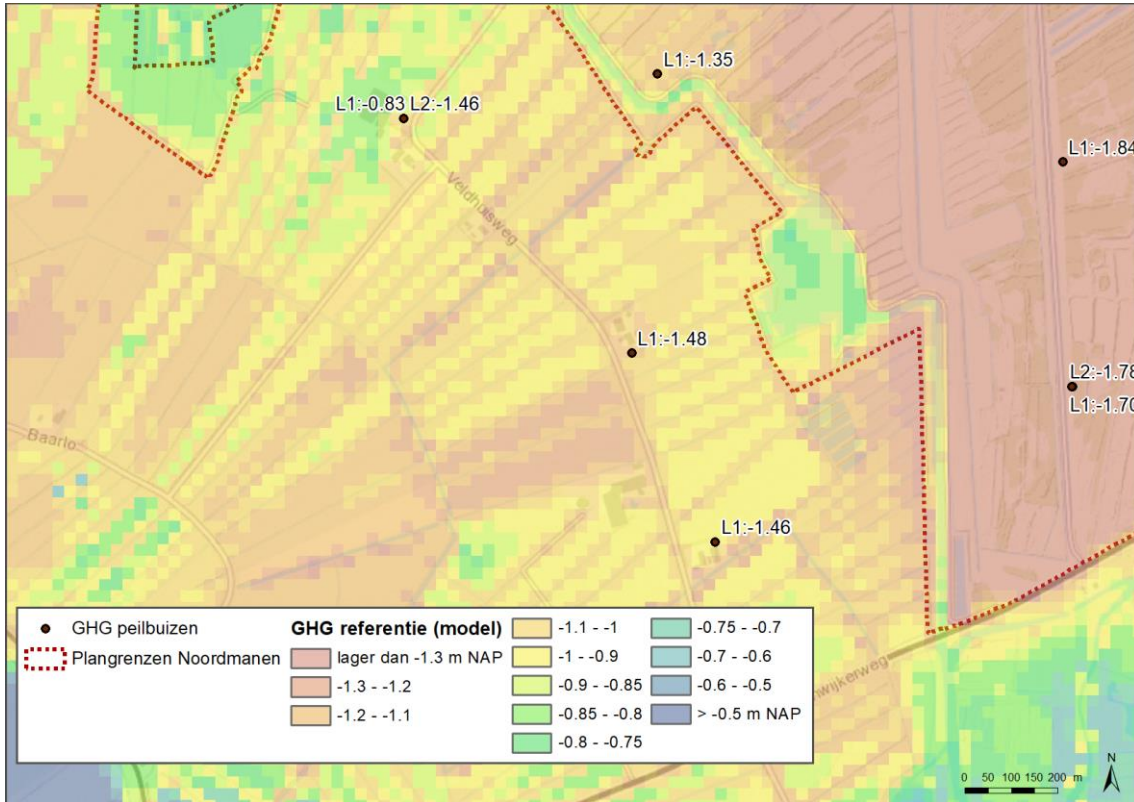
Peilbuizen en boringen

In het landbouwgebied zijn in 2017 drie peilbuizen geplaatst. De boring die bij deze peilbuizen hoort staat in Figuur 39. De veendikte van deze boringen is ook gebruikt voor de veendiktekaart in het model, dus deze komen goed overeen. De GHG die bij deze peilbuizen wordt gemeten ligt lager dan die van het model, behalve de meest noordelijke peilbuis aan de Veldhuisweg, daar is de GHG van het model juist lager (Figuur 40). De hogere grondwaterstand in het model komt mogelijk door de afwezigheid van de greppels in het model. De GHG bij de 2 zuidelijkste peilbuizen langs de

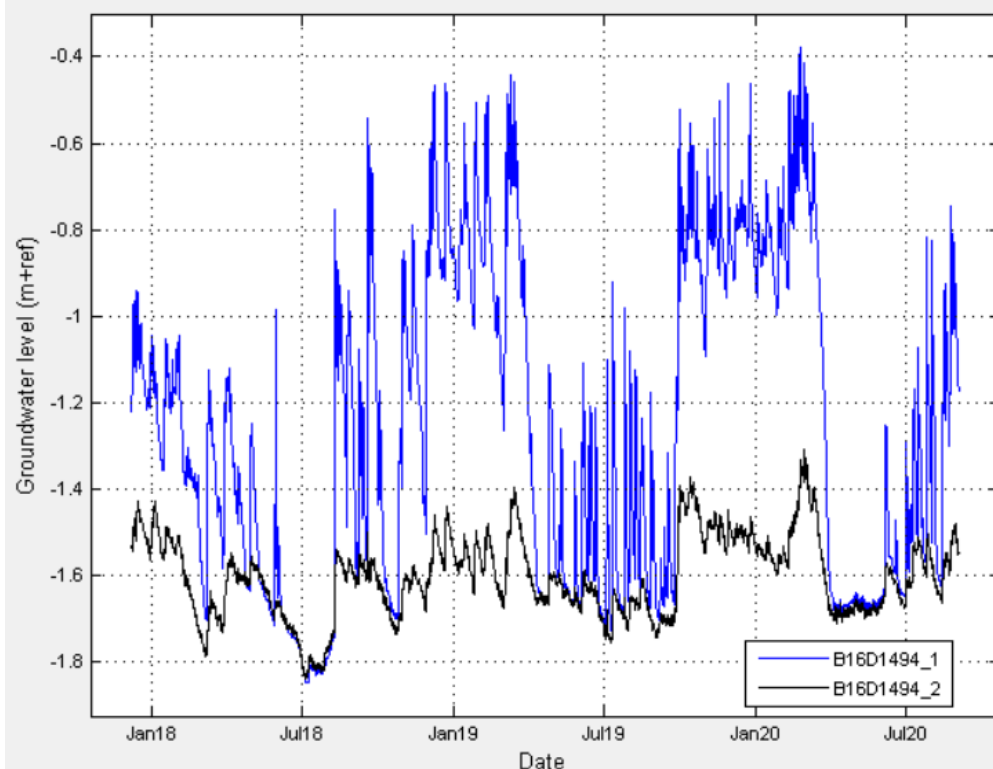
Veldhuisweg is lager dan het slootpeil van -1.47/ -1.17. Dit laat zien dat er meer wegzijging optreedt dan dat er water vanaf de sloot deze locatie bereikt. De noordelijke peilbuis heeft een hogere GHG dan het slootpeil. Hier kan het water waarschijnlijk niet goed weg via de watergangen, en ook niet via de ondergrond door wegzijging. Wanneer naar de gemeten grondwaterstanden wordt gekeken in Figuur 41 en Figuur 42 is te zien dat de grondwaterstand piekerig is, en sterk lijkt samen te hangen met peilwisselingen.



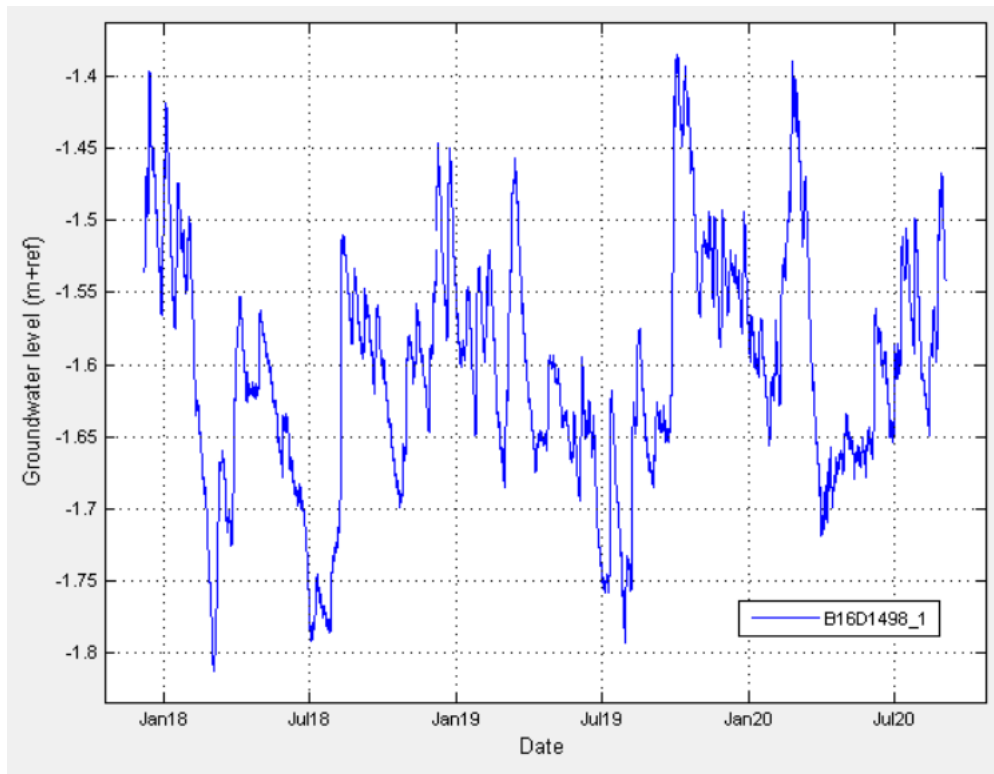
Figuur 39: Boorbeschrijvingen van de geplaatste peilbuizen in de Baarlingerpolder



Figuur 40: De GHG van de peilbuizen en GHG door het model berekend



Figuur 41: gemeten grondwaterstand bij de noordelijke peilbuis langs de Veldhuisweg



Figuur 42: Gemeten grondwaterstand bij de middelste peilbuis langs de Veldhuisweg

Discussie effecten landbouwgebied

Op basis van de analyse naar de maaiveldhoogte is gevonden dat er greppels aanwezig zijn op de percelen welke buiten het detailniveau van het model vallen. Door deze greppels kunnen de percelen beter afwateren en zal de grondwaterstand dan ook lager zijn dan door het model berekend. Dit is ook terug te zien in de vergelijking met de peilbuizen en de grondwaterstanden uit het onderzoek van Aequator. Er is 1 peilbuis waar het model juist droger is dan gemeten, maar aangezien voor het overige deel van het landbouwgebied het model juist natter is, lijkt dit om een lokale afwijking te gaan.

Er zijn 2 mogelijke redenen gevonden waardoor de berekende grondwaterstand hoger kan zijn dan de gemeten:

1. De aanwezigheid van de greppels op de percelen
2. De aanwezigheid van zandopduikingen (zie onderzoek Aequator) waardoor er meer wegzijging optreedt dan berekend.

Door het voorkomen van greppels kan het effect op de grondwaterstand in werkelijkheid lokaal lager zijn dan berekend doordat de effecten worden opgevangen door deze greppels. Door het voorkomen van zandopduikingen kan het effect lokaal juist groter zijn dan berekend. In de zandondergrond is het effect op de stijghoogte groter, en bij minder weerstand van het freatisch pakket kan dit gemakkelijker doorwerken. Hierdoor is er geen uitsluitstel te geven over of de nu berekende effecten te hoog of te laag zijn ingeschat.

Colofon

HYDROLOGISCH ONDERZOEK WEERRIBBEN
PROJECTGEBIED NOORDMANEN

KLANT

Provincie Overijssel

AUTEUR

Marloes Arens

PROJECTNUMMER

C03081.000163

ONZE REFERENTIE

D10032066:78

DATUM

22 juli 2021

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

Wilco Klutman
Senior Specialist Hydrologie

Over Arcadis

Arcadis is een toonaangevend wereldwijd ontwerp- en consultancybureau voor de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij maken het verschil voor onze klanten en de maatschappij met doeltreffende, duurzame en digitale oplossingen. Met 27.000 mensen in meer dan 70 landen genereerden we in 2020 een omzet van €3,3 miljard. Wij ondersteunen UN-Habitat met kennis en expertise om leefomstandigheden te verbeteren in gebieden getroffen door de gevolgen van de klimaatverandering.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life

Volg ons op



[arcadis-nederland](https://www.arcadis-nederland.nl)



[arcadis_nl](https://twitter.com/arcadis_nl)



[ArcadisNetherlands](https://www.facebook.com/ArcadisNetherlands)