

HYDROLOGISCH ONDERZOEK N2000- GEBIED WITTERVELD

Onderzoek en modellering voor optimalisatie
hoogveenontwikkeling

15 DECEMBER 2020



Contactpersoon

WILCO KLUTMAN
Senior Specialist Hydrologie

T +31 (0) 6 2706 0717
E wilco.klutman@arcadis.com

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

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	6
1.1	Aanleiding	6
1.2	Doel van dit onderzoek	7
1.3	Methodiek: een aanpak in stappen	7
1.4	Leeswijzer	7
2	SYSTEEMANALYSE	8
2.1	Geomorfologie	8
2.2	Geologie	8
2.3	Grondwatersysteem	10
2.4	Oppervlaktewatersysteem	10
2.5	Bodemopbouw	10
2.6	Synthese	10
3	GRONDWATERMODEL	11
3.1	Modelpresteren regionale model	11
3.2	Modelpresteren lokaal model	14
3.3	Berekende grondwaterstand in het Witterveld	16
3.4	Kwel en wegzijging	19
3.5	Waterbalans	19
4	INZICHTSCENARIO'S	21
4.1	Bufferzone	21
4.2	Tankgracht	22
4.3	Kwelscherm	23
4.4	Buffergebieden van het Rijksvastgoedbedrijf	24
4.5	Mogelijk buffergebieden	27
4.6	Eekhoutswijk	29
4.7	Afwatering intern	30
4.8	Afwatering extern	31
4.9	Conclusie inzichtscenario's	32
5	GESTAPELDE MAATREGELEN	33
5.1	Referentie	33
5.2	Maatregelpakket 1	34

5.3	Pakket 2	36
5.4	Pakket 3	37
5.5	Pakket 4	39
5.6	Pakket 5	40

6	CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	43
6.1	Conclusies	43
6.2	Discussie en aanbevelingen	44

BIJLAGEN

BIJLAGE 1 HABITATTYPE (NATURA 2000)	46
BIJLAGE 2 LUCHTFOTO 2018	47
BIJLAGE 3 MAAIVELD (AHN2) 0.5 M	48
BIJLAGE 4 BODEMKAART 1 : 50.000	49
BIJLAGE 5 GEOMORFOLOGISCHE KAART	50
BIJLAGE 6 WEERSTAND KEILEEM (DRGIK1)	51
BIJLAGE 7 WEERSTAND POTKLEI (PEK1)	52
BIJLAGE 8 OPPERVLAKTEWATERSYSTEEM	53
BIJLAGE 9 TANKGRACHT	54
BIJLAGE 10 PEILBUISMETINGEN	55
BIJLAGE 11 REGIONALE GRONDWATERMODEL	62
BIJLAGE 12 LOKAAL GRONDWATERMODEL - WITTERVELD	70
BIJLAGE 13 RESIDUEN	76
BIJLAGE 14 BOORPROFIELEN	85
BIJLAGE 15 KALIBRATIE GRAFIEKEN REGIONAAL GRONDWATERMODEL	105
BIJLAGE 16 WATERBALANS INZICHTSCENARIO'S	108
BIJLAGE 17 GESTAPELDE MAATREGELEN EFFECT GXG	110

BIJLAGE 18 GESTAPELDE MAATREGELEN EFFECT WEGZIJGING	113
BIJLAGE 19 KWEL GESTAPELDE MAATREGELEN	116
COLOFON	119

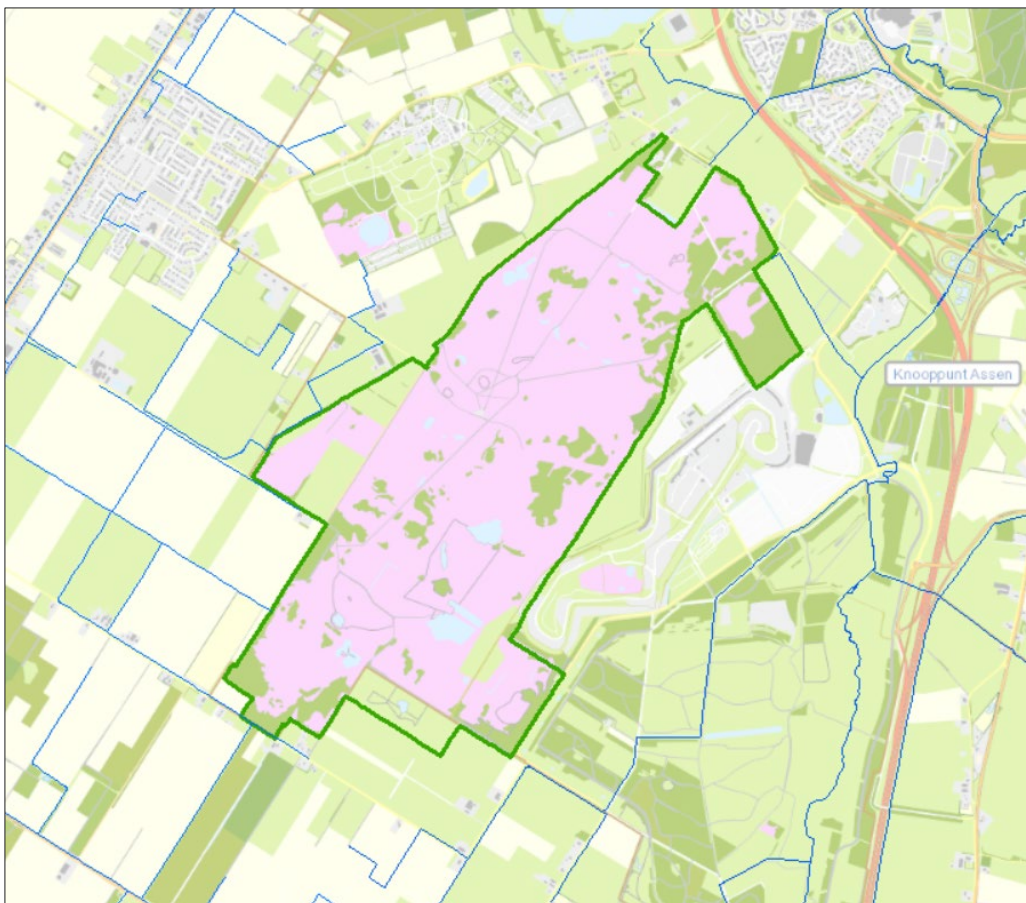
1 INLEIDING

In deze rapportage wordt de effectiviteit beschreven van mogelijke maatregelen om de hydrologische situatie in het N2000-gebied Het Witterveld te verbeteren. Om de effecten op de grondwaterstanden en de waterbalans van het natuurgebied te kwantificeren is een gedetailleerd grondwatermodel ontwikkeld. Door een intensieve samenwerking met een hydrologische begeleidingsgroep is specifieke gebiedskennis en eco-hydrologische systeemkennis verankerd in dit hydrologisch onderzoek.

1.1 Aanleiding

Het Witterveld is een Natura 2000-gebied ten zuidwesten van de stad Assen (Figuur 1) en is in eigendom van en al decennialang in beheer bij het Rijksvastgoedbedrijf (onderdeel van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties). Het Witterveld is een rijk geaccidenteerd natuurgebied (Van der Heijden, 2007) dat wordt getypeerd door vochtige en droge heidevegetaties en rustende en levende hoogveenvegetaties (Bijlage 1, 2). Het gebied kenmerkt zich door een zeer goed ontwikkelde gradiënt van hoogveen naar droge heiden (Hendriks, 2005). In Bijlage 1 is de kaart met de voor het Witterveld opgestelde habitatdoelen toegevoegd. Het merendeel van het gebied bestaat uit herstellend hoogveen. In het centraal en hoger gelegen gebied komt voornamelijk droge heide, hoogveenbos en heischaaigrasland voor. Hier zijn ook twee locaties waar nog actief hoogveen voorkomt. Het landgebruik rondom het Natura 2000-gebied bestaat voornamelijk uit agrarisch gebied en bebouwd gebied, waaronder het TT-circuit Assen.

De condities van het hoogveen in het Witterveld zijn de afgelopen jaren verslechterd, een verdere achteruitgang dient te worden voorkomen. In het 'Handboek Hoogvenen' van Andre Jansen is de staat en ontwikkeling van het hoogveengebied beschreven. Op dit moment ligt ervan uit de Natura 2000-wetgeving de opgave om het hoogveenoppervlak te vergroten en de kwaliteit van het actieve hoogveen in het Witterveld te verbeteren met behoud van andere belangrijke natuurwaarden. Om dit te bereiken zijn maatregelen nodig die zorgen voor een jaarrond stabiele hoge (grond)waterstand. In deze studie is de ecohydrologische werking van het systeem onderzocht en is de invloed van eventuele maatregelen op de grondwaterstand in het Witterveld getoetst.



Figuur 1: Begrenzing Witterveld (groen weergegeven)

1.2 Doel van dit onderzoek

Het doel van dit onderzoek is om dusdanig inzicht te krijgen in het geohydrologisch systeem, dat een betrouwbare onderbouwing van de effectiviteit van maatregelen ten behoeve van de optimalisatie van hoogveenontwikkeling in het Witterveld kan worden gegeven.

De effectiviteit van de maatregelen en mogelijke effecten op de omgeving worden berekend met behulp van een grondwatermodel. Het doel van de modellering is om inzicht te geven in de verandering van het functioneren van het systeem als gevolg van maatregelen. Het Witterveld is een complex gebied, met lokaal voorkomende schijngrondwaterspiegels. Dit proces is moeilijk te vatten in een grondwatermodel. Uitgangspunt voor de modellering is dan ook dat het niet van belang is dat het grondwatermodel de absolute grondwaterstand exact berekend maar wel dat effecten van de maatregelen goed worden benaderd. De modelresultaten in combinatie met kennis over het functioneren van het ecohydrologisch systeem liggen ten grondslag aan de keuzes voor de uitvoering van maatregelen ten behoeve van de optimalisatie van de hoogveenontwikkeling.

1.3 Methodiek: een aanpak in stappen

De volgende stappen zijn gezet om inzicht te krijgen in het functioneren van het geohydrologisch systeem en om de effectiviteit van maatregelen te kunnen beoordelen:

1. Verzamelen gegevens
2. Systeemanalyse
3. Grondwatermodel
4. Inzichtscenario's
5. Conclusie en aanbevelingen

Als eerste stap is alle beschikbare informatie verzameld, waaronder veldgegevens, vegetatiekaarten, beschikbare (regionale) grondwatermodellen en de kennis van de hydrologische begeleidingsgroep. Op basis van deze gegevens is een systeembeschrijving opgesteld om een beter begrip te krijgen van de ecohydrologische werking van het systeem. Dit begrip is gebruikt voor de ontwikkeling en validatie van het grondwatermodel. Met dit grondwatermodel zijn maatregelen doorgerekend en is inzicht verkregen in de effecten van mogelijke maatregelen op zowel de hoogveenontwikkeling als de omgeving.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de resultaten van het hydrologisch onderzoek. In hoofdstuk twee is de watersysteemanalyse opgenomen. Vervolgens wordt in hoofdstuk drie het gebruikte grondwatermodel toegelicht. In hoofdstuk vier worden de inzichtscenario's beschreven. Hoofdstuk vijf beschrijft de effecten van diverse combinaties van maatregelen en in hoofdstuk zes wordt afgesloten met de discussie en conclusie.

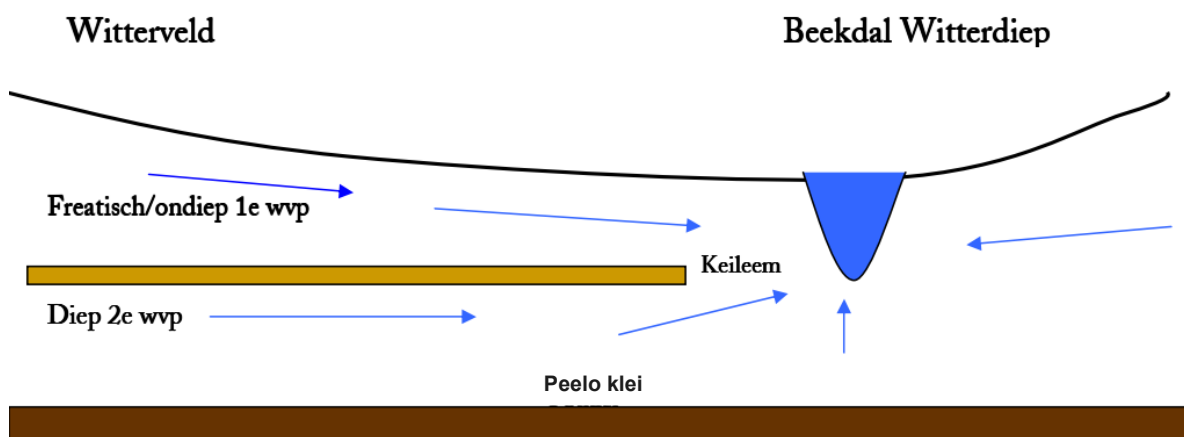
2 SYSTEEMANALYSE

In dit hoofdstuk is de systeemanalyse beschreven, met als doel om inzicht te krijgen in de eco-hydrologische werking van het systeem. In onderstaande paragrafen worden achtereenvolgens de geomorfologie, de geologie, het grondwatersysteem en het oppervlakte watersysteem besproken.

2.1 Geomorfologie

Het Witterveld is, samen met het Fochteloërveen, één van de laatste restanten van de ooit uitgestrekte Smildegervenen, die ooit grote delen van o.a. noordwest Drenthe bedekte. Doordat het gebied sinds het einde van de negentiende eeuw is gelegen in de onveilige zone van het schietterrein van het Ministerie van Defensie is het gebied, in tegenstelling tot de rest van het veengebied, niet ontgonnen voor agrarische doeleinden en gevrijwaard van grote ontwatering en afgraving (zie Baaijens, 1982). Het resterende veen (Bijlage 4) ligt in een slenk die ongeveer zuidwest – noordoost georiënteerd is, die in de laatste ijstijd door erosie is ontstaan. In de slenk is een laag keileem (i.e. grondmorene uit de Formatie van Drenthe, Laagpakket van Gieten) met een dikte van enkele meters achtergebleven, terwijl deze keileem in omliggende erosiedalen is weggespoeld (Bijlage 5). Uit REGIS II v2.2 volgt dat deze keileem een hoge drainageweerstand heeft, van enkele tientallen tot enkele duizenden dagen ter plaatse van het Witterveld (Bijlage 6). In één van de erosiedalen is het oostelijk gelegen beekdal van het Witterdiep (Figuur 2) ontstaan; één van de bovenlopen van het beekdal 'de Drentsche Aa'.

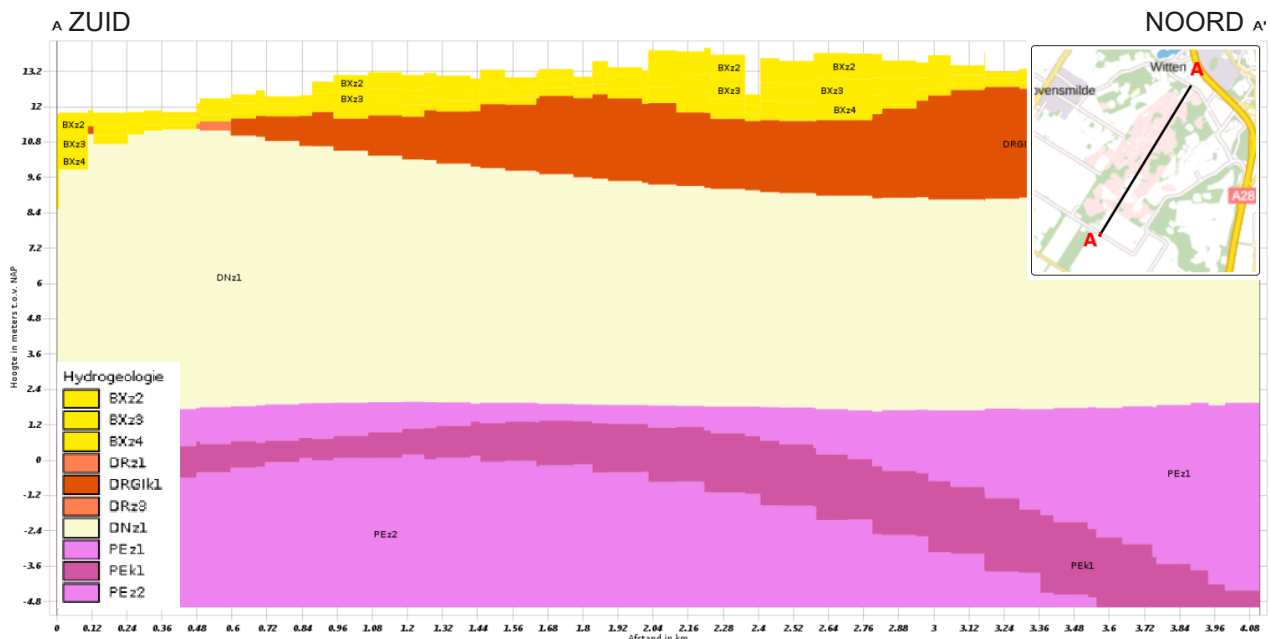
Op grotere diepte bevindt zich de Peelo klei (Potklei). Dit is een zeer compacte, zware kleilaag, die is afgezet in de diepe smeltwatergeulen gedurende het Pleistoceen. Door de combinatie van beide slecht doorlatende lagen (i.e. keileem en de Peelo klei) stroomt het grondwater in het gebied overwegend in oostelijke richting, door het dekzand en het veen over het keileem naar het beekdal van het Witterdiep. Figuur 2 geeft een schematische weergave van de bodemopbouw.



Figuur 2: Schematische doorsnede van de regionale geohydrologische situatie (uit Van der Heijden, 2007)

2.2 Geologie

In Figuur 3 is ook een Noord-Zuid doorsnede van de ondergrond (conform het REGIS II v2.2 model) weergegeven voor het Witterveld; deze doorsnede loopt van noord naar zuid. De voorkomende hydrogeologische formaties (uit REGIS II v2.2) zijn in Tabel 1 samengevat tot en met de geohydrologische basis. Hieruit volgt o.a. dat boven op de keileem een laag dekzand is afgezet (met een sterk variabele dikte) en/of (hoog)veen is gevormd. In het noordelijke deel van het Witterveld is de dikte van het zandpakket beperkt en ligt de keileemlaag dicht onder het maaiveld (zie Figuur 3). Dit beeld wordt bevestigd door de recent uitgevoerde grondboringen (Bijlage 14). In het centrale en zuidelijke deel van het Witterveld ligt de keileemlaag dieper onder het maaiveld.



Figuur 3: Noord-Zuid doorsnede (ondiepe) ondergrond van REGIS II v2.2

Tabel 1: Bodemopbouw en geohydrologische interpretatie ter plaatse van het Witterveld, Bron: REGIS II v2.2 (uitgangspunt voor de modelkalibratie)

Diepte [m –mv.]	Formatie	Lithologie	Doorlatendheid of weerstand	Geohydrologische interpretatie ¹
0 – 2	Holoceen	veen, mineraalarm		DKL
0 – 2	Boxtel (BXz2-4) Drenthe (DRz1)	zeer tot matig fijn zand	3 tot 6 m/d	WVP 1
2 – 4	Drenthe Gieten (DRG1k1)	leem, sterk zandig, laagjes zand (roest)	ca. 500 d	SDL1
4 – 13	Drenthe (DRz3) Drachten (DNz1) Peelo (PEz1)	matig tot zeer fijn zand	3 tot 6 m/d	WVP 2
13 – 16	Peelo (PEk1)	klei	ca. 2000 d	SDL 2
16 – 54	Peelo (PEz2-3)	matig fijn zand	6 tot 8 m/d	WVP 3
54 – 69	Urk (URz4-5)	matig grof zand	ca. 19 m/d	
69 – 80	Appelscha (APz1)	zeer tot uiterst grof zand	60 tot 70 m/d	
80 – 124	Peize en Waalre (PZWaz2-3)	zeer grof zand	40 tot 50 m/d	
124 – 145	Peize complex (PZc)	zeer tot matig fijn zand, klei	ca. 360 d	SDL 3
145 – 166	Peize en Waalre (PZWaz4) Maassluis (MSz2)	matig grof zand	6 tot 21 m/d	WVP 4
166 – 167	Maassluis complex (MSc)	zeer tot matig fijn zand, klei	ca. 740 d	SDL 4
167 – 208	Maassluis (MSz2) Oosterhout (OOz2)	matig tot zeer fijn zand	5 tot 6 m/d	WVP 5
> 208	Oosterhout complex (OOC) Breda (BRk1)	klei	> 50000 d	GHB

¹ DKL: deklaag, WVP: watervoerend pakket, SDL: slecht doorlatende laag, GHB: geohydrologische basis

2.3 Grondwatersysteem

Het (ondiepe) grondwatersysteem van het Witterveld wordt gedomineerd door twee watervoerende pakketten (Boxtel- en Drachtenzand; WVP 1 en 2), die door een keileemlaag (Formatie van Drenthe, Laagpakket van Gieten) worden gescheiden (Figuur 2). In beide watervoerende pakketten is de dominante stroomrichting in noordelijke en oostelijke richting. In de peilbuizen in en nabij het Witterveld is een stijghoogteverschil over beide watervoerende pakketten waargenomen, waarbij de stijghoogte in het 2^e watervoerende pakket systematisch lager is dan in het 1^e watervoerende pakket. In het zuidelijke deel van het Witterveld is dit stijghoogteverschil ongeveer 2 m en in noordelijke richting wordt dit stijghoogteverschil kleiner. Deze afname loopt bij benadering parallel met de afname in de dikte en weerstand van de keileemlaag (Bijlage 4). In het Witterveld is nagenoeg het gehele jaar sprake van wegzijging van grondwater vanuit het 1^e naar het 2^e watervoerende pakket.

De freatische grondwaterstand helt in het Witterveld vanuit het zuidwesten richting het noordoosten. Regionaal stroomt het grondwater in noordelijke richting. In het oosten komt de grondwaterstand gedurende de winter aan maaiveld. In het veen komen lokale schijngrondwaterspiegels voor; de grondwaterstand zakt met name in de zomermaanden ver uit, soms tot onder het veenpakket. In bijlage 10 is een overzicht en beschrijving van de peilbuizen en hun meetreeksen gegeven.

2.4 Oppervlaktewatersysteem

In het Witterveld ligt een aantal watergangen die het gebied ontwateren. Met name het noordelijke gebied bevat een relatief hoog aantal diepe greppels (Bijlage 7). In het verleden zijn meerdere aanpassingen aan het systeem uitgevoerd met als doel water vast te houden. Hiervoor zijn onder andere tankgrachten gedempt die door het gebied lopen (zie patronen in Bijlage 2 en Bijlage 8).

Ontwatering van het gebied vindt plaats aan de zuidzijde van het gebied, via een overlaat en verhoogde duiker (Van der Linden en S. Schunselaar, 2017). Langs de noordwest- en zuidzijde van het gebied lopen (landbouw)sloten langs de grens van het natuurgebied.

2.5 Bodemopbouw

De bodemopbouw van het Witterveld bestaat uit een aaneenschakeling van slecht doorlatende lagen. Onder de veenlaag is een gliede laag aanwezig. Deze laag bestaat uit resten dikke amorfe humus. Lokaal komen gyttja lagen voor. Gytja is op meerbodems en in stilstaande wateren afgezet en bestaat uit organisch sediment. In het gehele Witterveld ligt tevens een verkitte B-horizont. Onder deze inspoelingslaag ligt een dik zandpakket, die opnieuw wordt afgesloten door een dik keileempakket.

De wegzijging in het Witterveld is als gevolg van deze aaneenschakeling van slechtdoorlatende lagen beperkt. Ook komen er schijngrondwaterspiegels voor; door de hoge weerstand van de slechtdoorlatende lagen vormt zich een grondwaterspiegel boven op de slechtdoorlatende lagen, waaronder weer een onverzadigde zone voorkomt.

2.6 Synthese

Het Natura 2000-gebied Witterveld is een van de laatste gebieden in Nederland waar nog actief hoogveen voorkomt. Het Witterveld ligt relatief laag in het maaiveld. Dit in combinatie met veel slecht doorlatende lagen in de ondergrond heeft geleid tot natte condities, waarin veen zich kan ontwikkelen. Het actieve hoogveen en de hoogveenbossen zijn zeer gevoelig voor verdroging, verzilting en vermesting. Om de staat van deze habitattypen te verbeteren, is het daarom van belang dat deze hydrologische factoren worden verbeterd.

De ondergrond van het Witterveld bestaat uit verschillende slecht doorlatende lagen: zoals gliede, gyttja, een verkitte B-horizont en keileem. De hoge weerstand van de ondergrond heeft geleid tot het ontstaan van schijngrondwaterspiegels. Met name in de zomermaanden kan de grondwaterstand ver uitzakken. Om inzicht te krijgen in het functioneren van het schijngrondwaterspiegelsysteem is het van daarom van groot belang inzicht te krijgen in het voorkomen van de slecht doorlatende lagen.

3 GRONDWATERMODEL

Dit hoofdstuk biedt inzicht in de kwaliteit en betrouwbaarheid van het verbeterde en gevalideerde grondwatermodel. In Bijlage 11 en Bijlage 12 staat de modelbouw en validatie in detail beschreven. In dit hoofdstuk wordt de validatie van zowel het regionale als het lokale grondwatermodel toegelicht. Daarnaast wordt inzicht gegeven in de grondwaterstand, kwel/wegzijging fluxen en de waterbalans.

De modellering is opgeknipt in twee stappen, namelijk:

1. Het regionale model: Als eerste stap is het regionale model gekalibreerd. Hierbij is de grondwaterstand in de watervoerende pakketten 1 en 2 voor het gehele modelgebied in kaart gebracht en gevalideerd. Nadat het regionale model voldoende betrouwbaar is bevonden, zijn extra verfijningen aangebracht in stap 2.
2. Het lokale model: Hierbij is de ondiepe ondergrond in het Natura 2000-gebied Witterveld geschematiseerd. Lokale slechtdoorlatende lagen als veen, gliede en gyttja zijn in kaart gebracht en in het model gezet. Focus ligt in deze stap enkel op het optimaliseren van het model binnen de grenzen van het Witterveld in de ondiepe ondergrond.

Figuur 4 laat schematisch de onderverdeling van het regionale model en het lokale model.



Figuur 4: Modelopbouw Witterveld

3.1 Modelpresteren regionale model

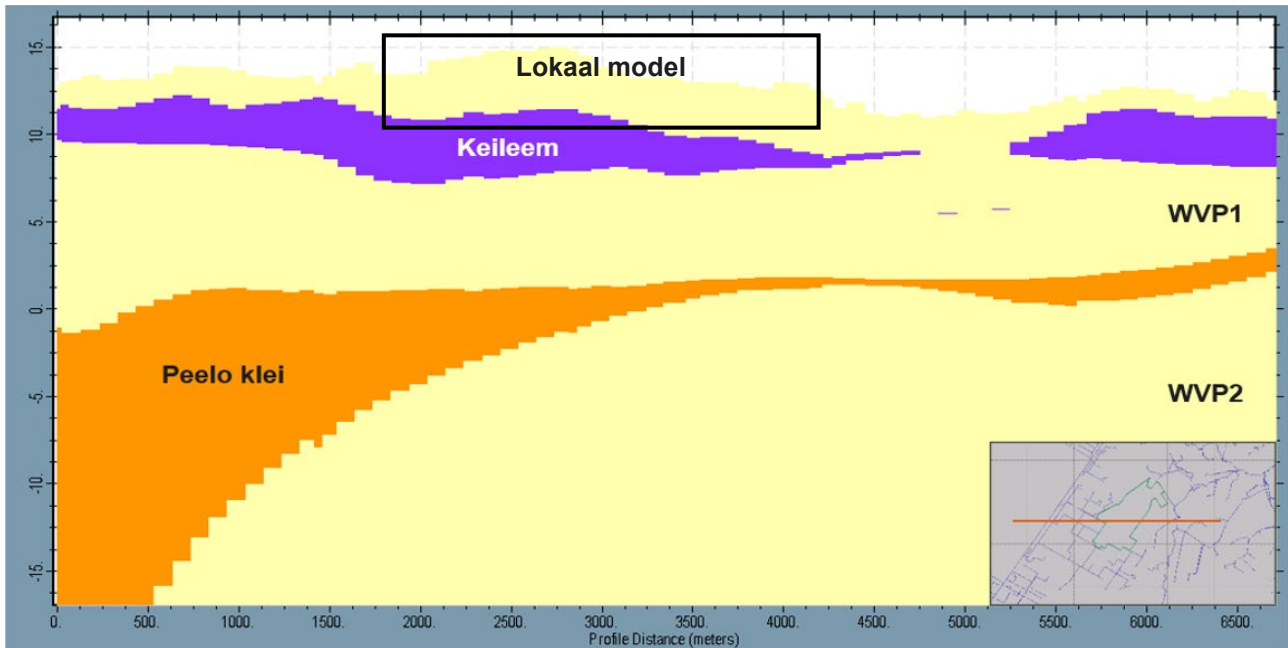
Als eerste stap is het regionale model gekalibreerd en gevalideerd. Hierbij ligt de focus op het diepere grondwatersysteem; peilbuizen met een filter gelegen onder de keileem. Kalibratie en validatie van het freatisch pakket worden onder stap 2 besproken (zie paragraaf 3.2). In bijlage 10 en 11 is beschreven welke modelaanpassingen zijn doorgevoerd in de kalibratie. Om te beoordelen of het regionale model voldoende presteert, zijn de residuen bepaald. De residuen geven het verschil weer tussen de gemeten en berekende grondwaterstand. Een model wordt als voldoende betrouwbaar geacht als wordt voldaan aan de volgende uitgangspunten:

- De gemiddelde afwijking van de stijghoogte moet kleiner zijn dan 25 cm, waarbij er geen systematische fout mag zijn.
- De absolute gemiddelde afwijking mag niet meer zijn dan 10% van het regionale grondwaterstandsverloop, anders dient de fout per peilbuis verklaard te worden. Het regionale grondwaterstandsverloop is hierbij gedefinieerd als het absolute verschil in GxG binnen het projectgebied (i.e. de GxG varieert van ca. 8 tot 18 m NAP: oftewel 10 m).
- Vergelijking model met het gemeten stijghoogteverloop van de peilbuizen geeft een eenduidig beeld.
- Op basis van expert judgement wordt de kwelkaart en de waterbalans beoordeeld. Patronen dienen herkenbaar en logisch te zijn.

In Figuur 6 en Figuur 7 zijn de residuen weergegeven van het gevalideerde model. Hierbij is onderscheid gemaakt in de residuen per watervoerend pakket:

- Watervoerend pakket 1: gelegen tussen de keileem en de Peelo klei.
- Watervoerend pakket 2: gelegen onder de Peelo klei.

Figuur 5 geeft een overzicht van de laagopbouw. In bijlage 13 zijn de residukaarten in detail, en inclusief labels, opgenomen.



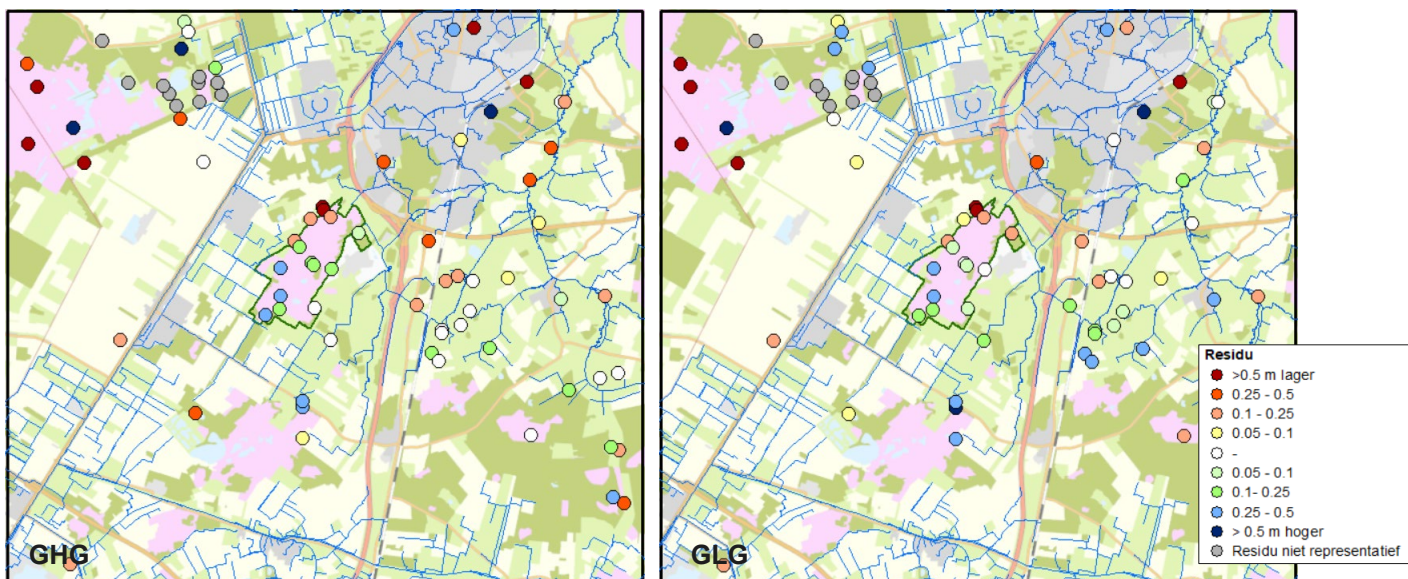
Figuur 5: Dwarsdoorsnede modellagen west-oost

Het regionale model onderschat met name rondom het Witterdiep de grondwaterstand in WVP1. Zowel de waterstand als de weerstand van deze watergang varieert sterk in tijd, wat een modelonzekerheid geeft. Daarnaast onderschat het model de grondwaterstand in de noordwesthoek. Dit is mogelijk het gevolg van lokale ondiepe slechtdoorlatende lagen (o.a. veen), die niet in het model zijn opgenomen. De verwachting is dat het effect van dergelijke lagen enkel lokaal de grondwaterstand beïnvloeden en het niet de grondwaterstand in het interessegebied (het Witterveld) beïnvloedt.

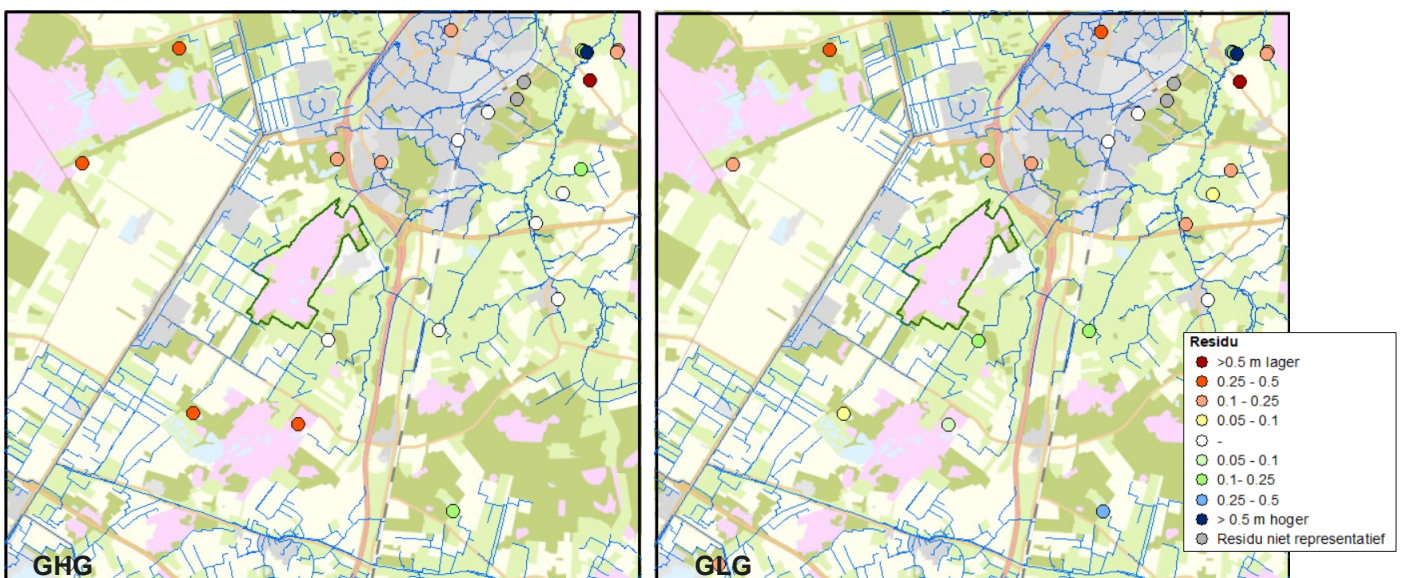
Een aantal peilbuizen, aangeduid met grijze bolletjes in Figuur 6 en Figuur 7, zijn niet meegenomen in de statistiek vanwege:

- De ondiepe filters nabij Veenhuizen; hier komen verschillende lokale veen- en leemlagen voor. Deze lokale lagen zijn niet opgenomen in het regionale model en ook niet van invloed op het regionale systeem. Het missen van deze detailinformatie verklaart de afwijkingen.
- De boringen in WVP2 gelegen ten oosten van Assen. Deze twee diepe filters zitten direct naast een grondwaterwinning.

De geel/rode bollen in de figuren geven aan dat het model een te lage grondwaterstand voorspelt (ten opzichte van gemeten grondwaterstanden), groen/blauwe bollen geven aan dat het model de grondwaterstand juist te hoog berekent. In bijlage 15 zijn de kalibratiegrafieken opgenomen.



Figuur 6: Modelresiduen Watervoerend pakket 1



Figuur 7: Modelresiduen Watervoerend pakket 2

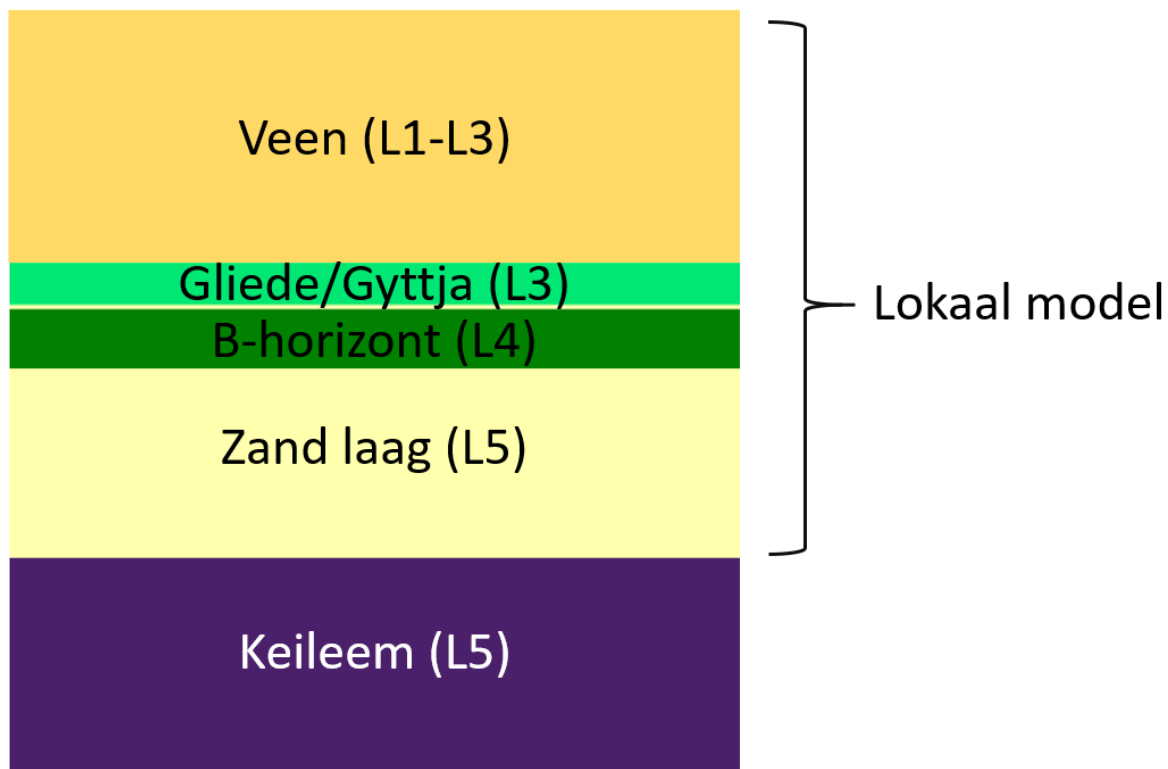
Tabel 2 geeft een overzicht van de gemiddelde afwijking en de gemiddelde absolute afwijking van de GxG in WVP1 en WVP2. De gemiddelde afwijking geeft het gemiddelde verschil tussen de meting en het model van alle peilbuizen. De gemiddelde absolute afwijking geeft het gemiddelde van het absolute verschil tussen meting en het model van alle peilbuizen. Het model laat ten opzichte van de uitgangssituatie een sterke verbetering zien. De gemiddelde afwijkingen zijn na kalibratie minder dan 10 cm, de gemiddelde absolute afwijking is maximaal 21 cm (circa 5% van grondwaterstandsverloop). Hiermee wordt ruimschoots voldaan aan de validatiecriteria.

Tabel 2: Modelstatistieken regionaal model na validatie

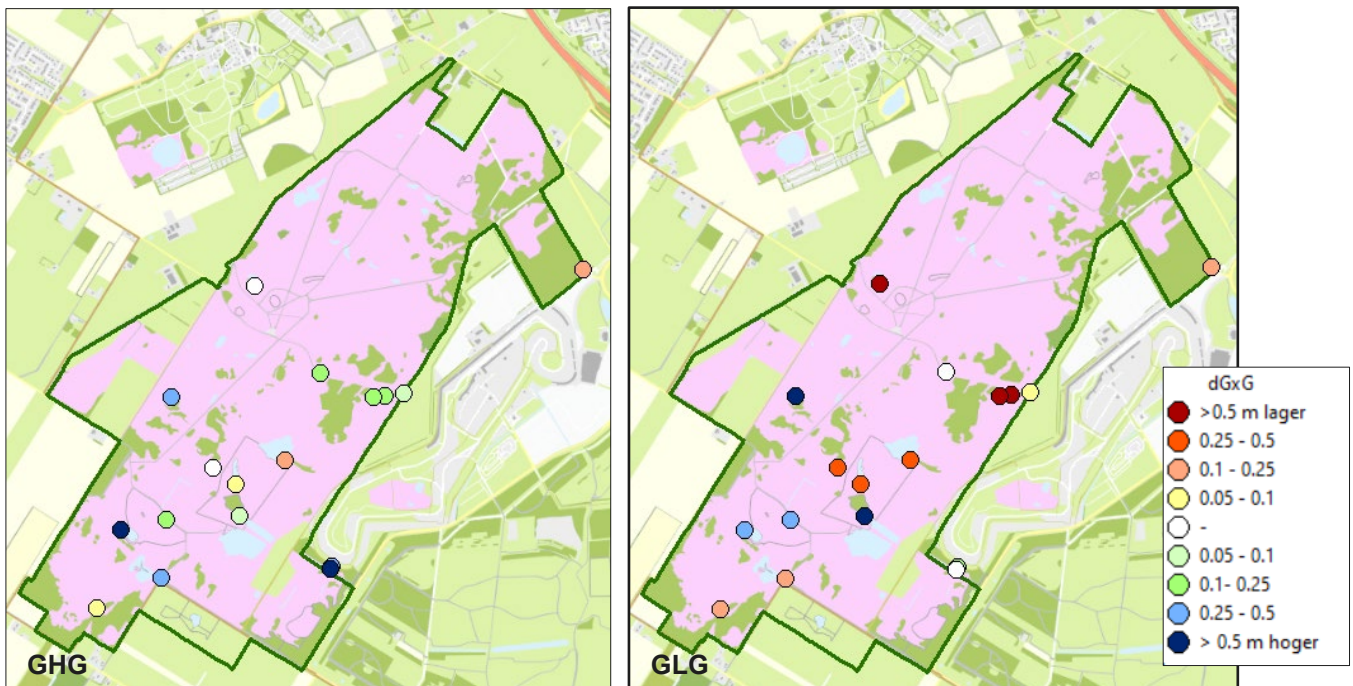
Modellaag	Gemiddelde afwijking		Gemiddelde absolute afwijking	
	GHG	GLG	GHG	GLG
WVP1	-0,06	-0,03	0,21	0,18
WVP2	-0,06	-0,03	0,18	0,21

3.2 Modelpresteren lokaal model

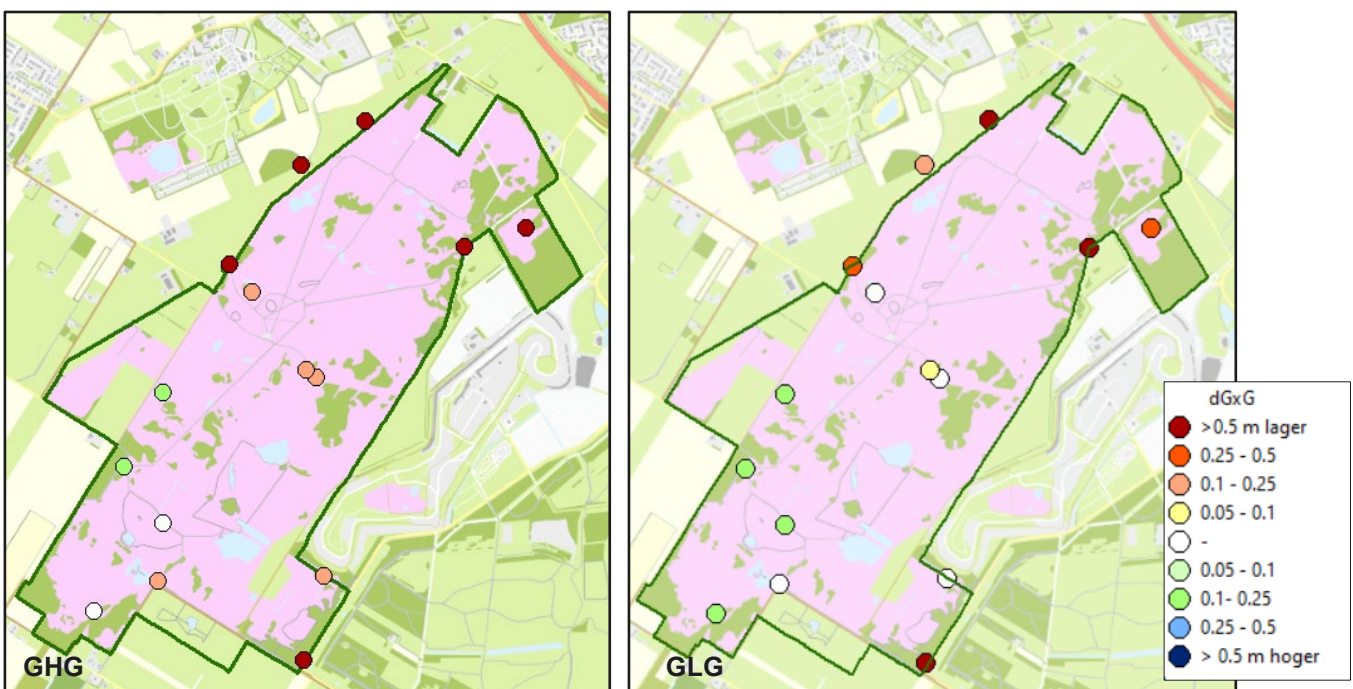
In het gevalideerde regionale model is het topsysteem van het Witterveld verder gedetailleerd. Hierbij zijn ondiepe slecht doorlatende lagen (als gliede, gyttja en de B-horizont) in kaart gebracht en in het model opgenomen. De bodemopbouw van het lokale model is weergegeven in Figuur 8. Vervolgens is dit lokale model ook gekalibreerd en gevalideerd en zijn opnieuw de residuen bepaald. De detaillering van het topsysteem, zoals beschreven in bijlage 12, geeft een sterke verbetering van de modelresiduen. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Figuur 9 en Figuur 10; in bijlage 13 zijn de kaarten in detail en inclusief labels opgenomen.



Figuur 8: Bodemopbouw van het lokale model



Figuur 9: Residuen peilbuizen in het veen (L1-L3)



Figuur 10: Residuen peilbuizen in de zandtussenlaag (tussen B-horizont en de keileem -L5)

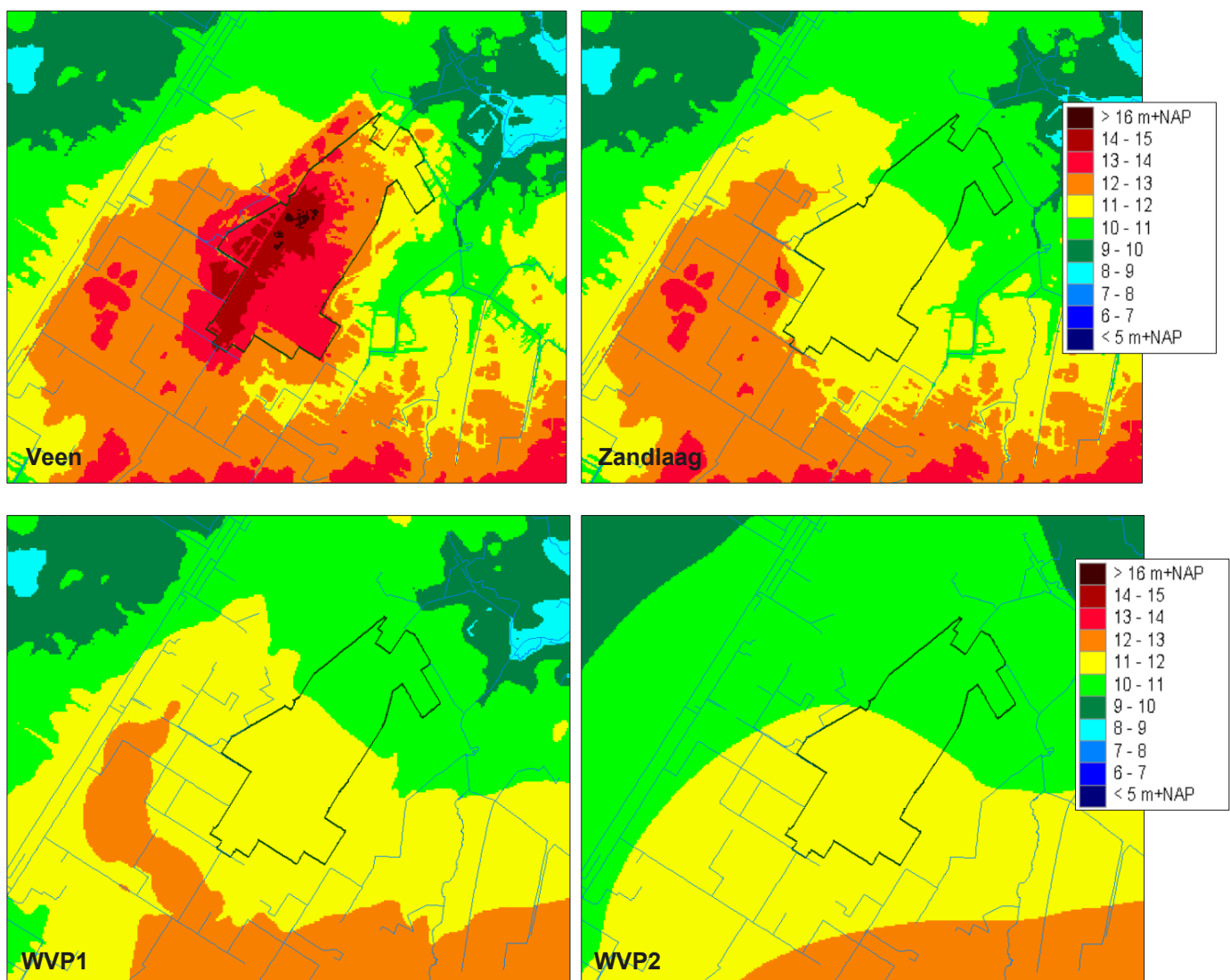
Tabel 3 geeft een overzicht van de modelstatistieken na validatie. Het modelpresteren wordt als voldoende geacht voor scenarioberekeningen. De gemiddelde afwijkingen zijn na kalibratie minder dan 18 cm, met als uitzondering de GHG gelegen in het zandpakket. De grotere afwijking is hier mogelijk het gevolg van het bestaan van hangwaterprofielen. De gemiddelde absolute afwijking is maximaal 45 cm (circa 9% van grondwaterstandsverloop). Hiermee wordt nog steeds voldaan aan de validatiecriteria.

Tabel 3: Modelstatistieken topsysteem model na validatie

Modellaag	Gemiddelde afwijking		Gemiddelde absolute afwijking	
	GHG	GLG	GHG	GLG
Veen (L1 – L3)	-0,18	-0,11	0,24	0,36
Zand tussen laag (L4)	-0,40	-0,19	0,45	0,30

3.3 Berekende grondwaterstand in het Witterveld

De berekende grondwaterstand voor de verschillende modellagen is weergegeven in Figuur 11. De berekende grondwaterstand komt overeen met het beeld uit de watersysteemanalyse (zie paragraaf 2.3 grondwatersysteemanalyse); het grondwater stroomt overwegend in noordelijke richting. In het veen is een opbolling van het grondwater in het Witterveld zichtbaar.



Figuur 11: Berekende GHG in het veen (L1 – L3), in de zandlaag tussen het veen en de keileem (L5), WVP1 - tussen keileem en de Peelo klei (L6) en WVP2 – onder de Peelo klei (L7)

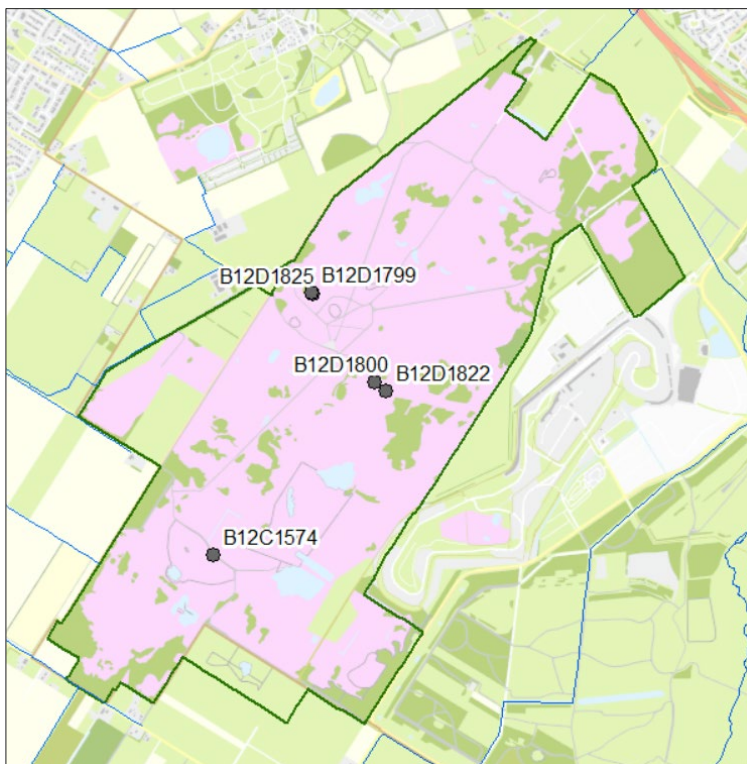
Tijdreeksen

Door de gemodelleerde en gemeten tijdreeksen te vergelijken, is inzicht verkregen of het uitzakken van de grondwaterstand in het model correct wordt berekend. Figuur 13 en Figuur 14 geven respectievelijk de tijdreeksen van peilbuizen in het veen, in de zandtussenlaag (tussen de B-horizont en de keileem) en onder de keileem. Figuur 12 geeft een overzicht van de locaties van de peilbuizen. De berekende grondwaterstandfluctuaties komen goed overeen met de metingen.

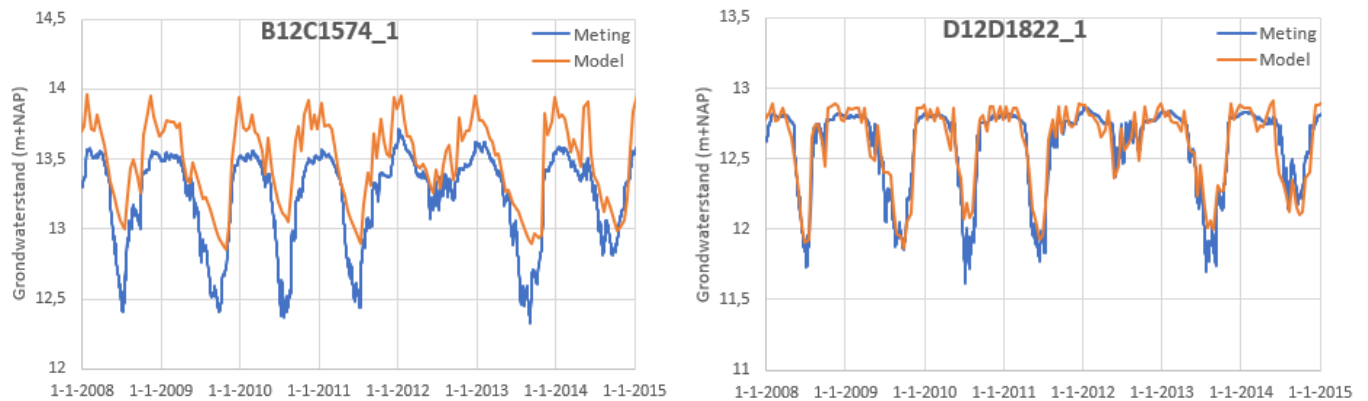
Figuur 13 geeft de tijdreeksen van peilbuis B12C1574_1 en B12D1822_1. Beide buizen staan in het veen. De fluctuaties worden in buis B12D1822_1 correct gemodelleerd. Het uitzakken van de grondwaterstand in buis B12C1574 wordt in het grondwatermodel onderschat. De peilbuis ligt nabij een watergang, wat de meting in het ondiepe filter beïnvloed en de afwijking kan verklaren.

Figuur 14 laat de tijdreeksen zien van peilbuis B12C1574_2, B12D1800_2 en B12D1825_1. Alle drie de filters zijn gelegen in de zandtussenlaag (tussen de B-horizont en de keileem). In filter B12C1574_2 worden de laagste grondwaterstanden overschat (het model is te nat), de GHG wordt wel goed benaderd. In filter B12D1800_2 wordt de GLG goed benaderd. De GHG wordt onderschat mogelijk omdat het maaiveldniveau in het model ook wordt overschat. In filter B12D1825_1, wordt zowel de GHG als de GLG goed benaderd.

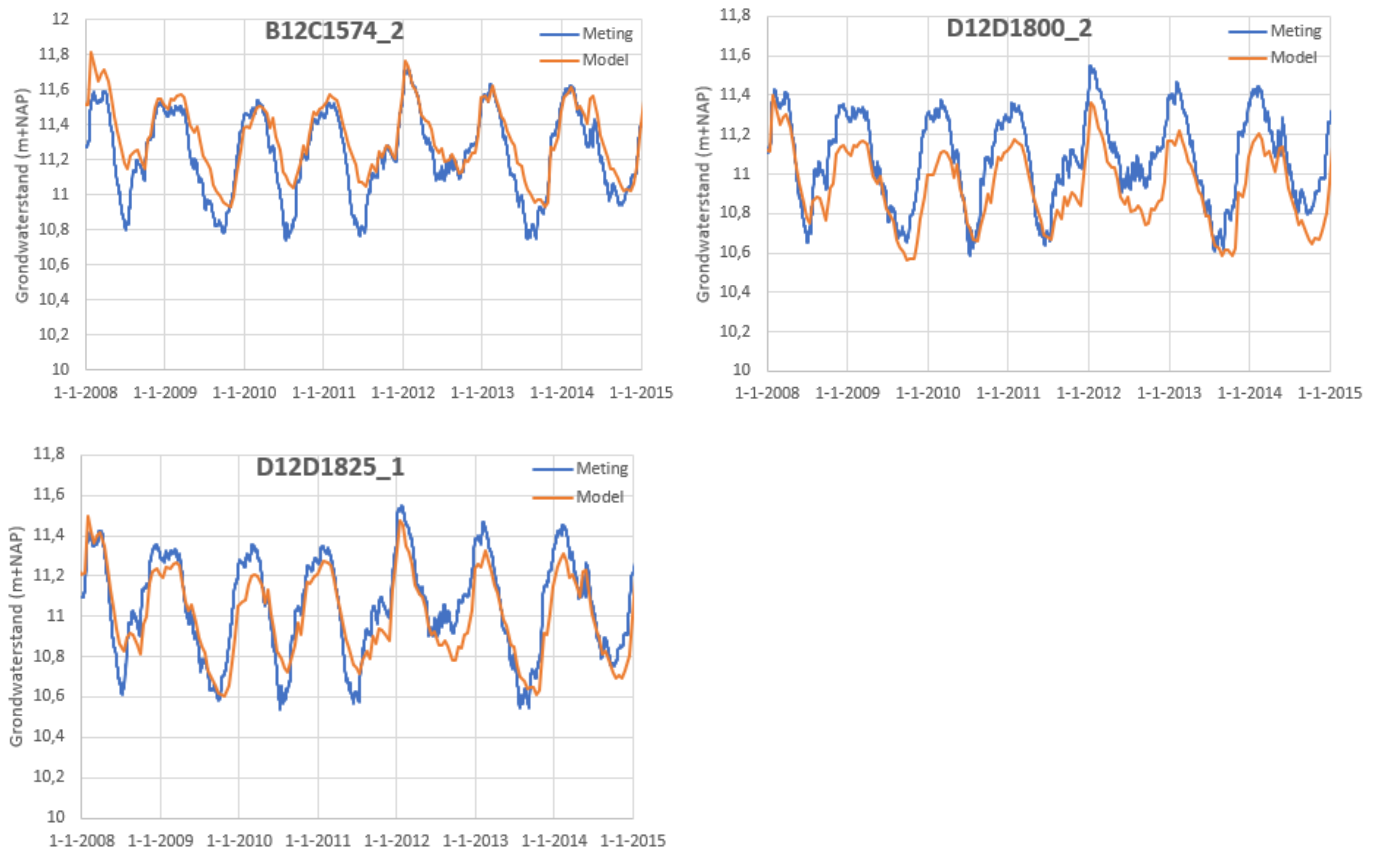
Lokale verschillen, zoals het voorkomen van watergangen en variaties in maaiveldhoogte, verklaren de afwijkingen van het modelresultaat. Voor de schaal waarop de maatregelen worden beoordeeld, is het model geschikt: het model benaderd de gemiddelde situatie en de werking van het watersysteem goed. Dit wordt bevestigd door de hydrologische begeleidingsgroep.



Figuur 12: Locaties peilbuizen



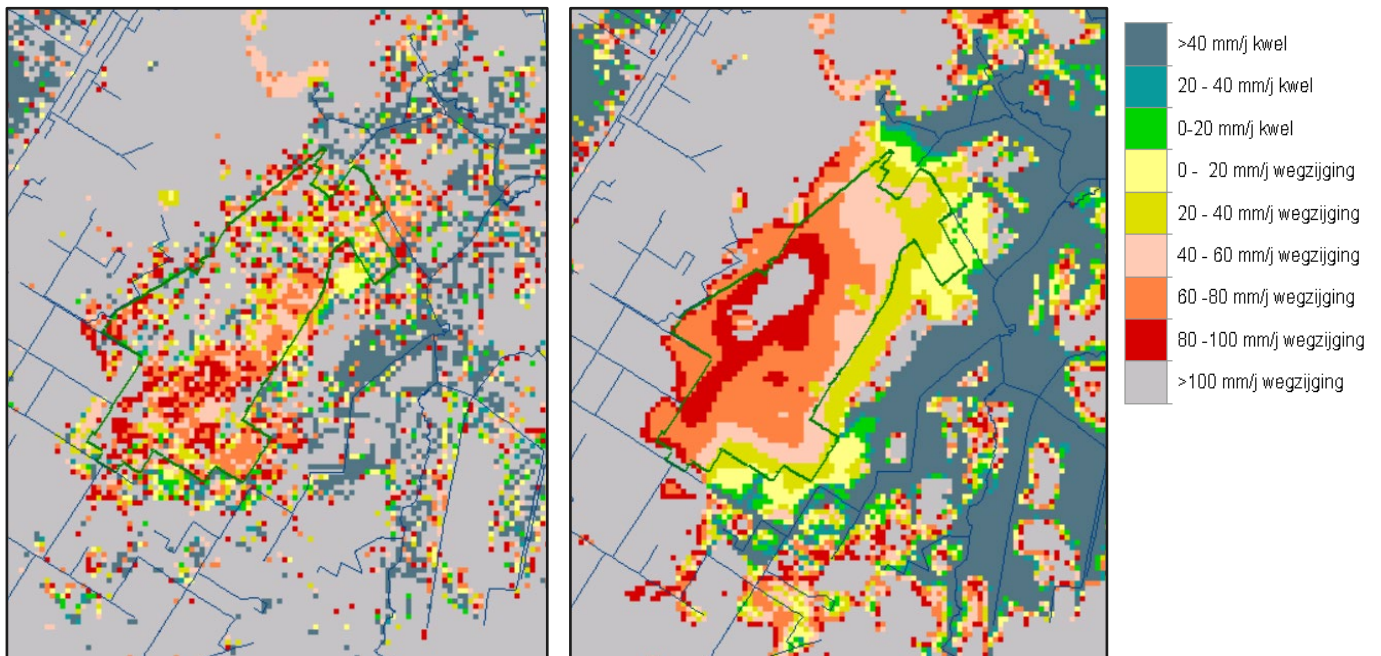
Figuur 13: Gemodelleerde en berekende grondwaterstand peilbuis B12D1574_1 en B12D1822_1 gelegen in het veen



Figuur 14: Gemodelleerde en berekende grondwaterstand peilbuis B12C1574_2, B12D1800_1 en B12D1825_1 gelegen in de zandlaag tussen het de B-horizont en de keileem

3.4 Kwel en wegzijging

De berekende kwel en wegzijging zijn weergegeven in Figuur 15. In het veen vindt wegzijging plaats richting het zandpakket. Vanuit het zandpakket is de wegzijging richting het onderliggende watervoerende pakket beperkt; als gevolg van de hoge weerstand van de keileem.



Figuur 15: Berekende jaarlijks gemiddelde kwel en wegzijging in het veen (L3, links) en in de zandtussenlaag (L5, rechts)

3.5 Waterbalans

Een waterbalans is opgesteld om inzicht te krijgen in de belangrijke in- en uitgaande fluxen in het topsysteem (bovenste laag met aan de onderkant de keileem: L1 t/m L5). Figuur 16 laat de waterbalanstermen van het gehele Witterveld zien.

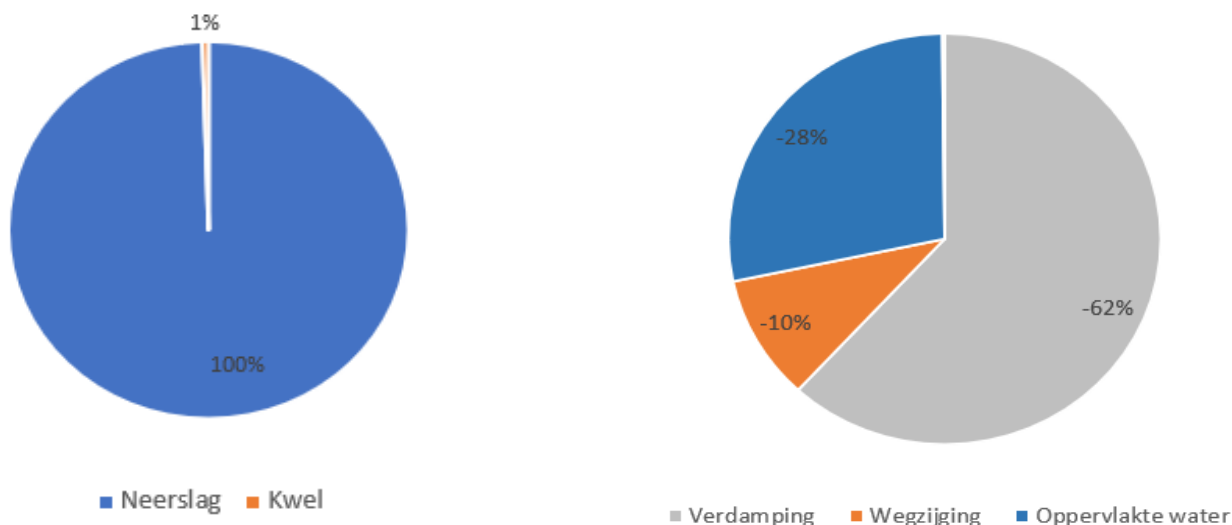
De neerslag zorgt voor 99% van wateraanvoer in het gebied, de kwelflux is verwaarloosbaar. Enkel in een klein gebied gelegen nabij de parkeerplaats van het TT-circuit wordt gedurende enkele weken in het jaar een kwelflux berekend.

De verdamping is met >60% de belangrijkste verliespost van het Witterveld. De wegzijging is verantwoordelijk voor circa 10% van de uit-flux. De afvoer als 'oppervlaktewater' omvat het water dat via het sloten, greppels, drainage en oppervlakkige afvoer over het maaiveld uit het gebied stroomt. Deze post is verantwoordelijk voor maximaal 30% van al het uitgaande water.

Tabel 4 en Figuur 16 geven een overzicht van de waterbalans fluxen.

Tabel 4: Waterbalans (lokaal systeem/boven de keileem) in mm/j, berekend over de jaren 2007-2015

Neerslag	Verdamping	Kwel	Wegzijging	Afvoer	Oppervlakte afstroming
915	-572	8	-91	-103	-157

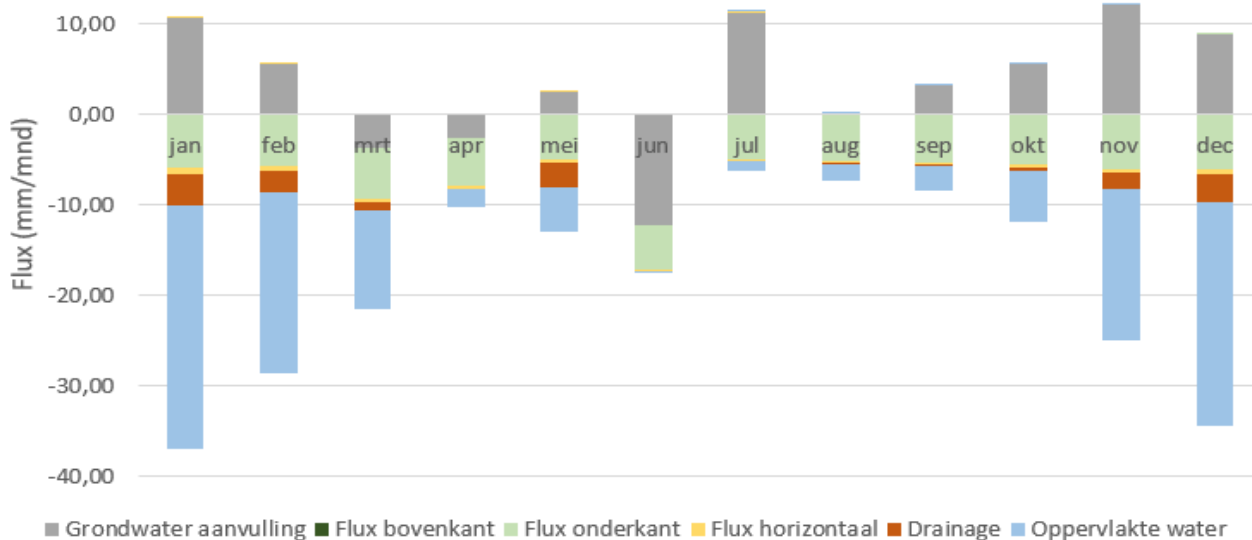


Figuur 16: Verhouding ingaande fluxen (links) en uitgaande fluxen (rechts) in het Witterveld. Totale flux bedraagt 430.000 m³/j

Figuur 17 geeft specifiek voor het veen en de zandtussenlaag de waterbalans weer. De volgende termen worden beschouwd:

- Grondwateraanvulling: water dat vanuit de onverzadigde zone het grondwatersysteem aanvult.
- Flux onderkant: water dat aan de onderkant van de laag wegzijgt naar laag 5 (lekverlies over de B-horizont).
- Flux horizontaal: water dat aan de zijkanten het systeem uitstroomt (laag 1 t/m 4)
- Drainage: water dat via drainage het systeem verlaat.
- Oppervlaktewater: water dat via greppels, sloten of oppervlakte-afstroming het systeem verlaat.

Via een netto post van neerslag en verdamping komt aan de bovenkant grondwateraanvulling in het veen terecht. Ruim 65% van de netto grondwateraanvulling wordt via het oppervlaktewater en oppervlakkige afstroming uit het veen afgevoerd, met name gedurende de wintermaanden is deze flux groot. Circa 30% van de netto grondwateraanvulling zijgt weg naar het onderliggende zandpakket (laag 5). Er stroomt nagenoeg géén grondwater door de keileem. Deze 'wegzijing' stroomt voor het overgrote deel lateraal (over de keileem) af naar de randen van het gebied. Samenvattend zijn "drainage" en "oppervlaktewater" de snelle afvoercomponenten. De "flux onderkant" en "flux horizontaal" kunnen samen worden gezien als de langzame afvoercomponent. De langzame afvoercomponent is het 'lekverlies' dat in relatie tot het veen als wegzijging kan worden gezien.



Figuur 17: Fluxen laag 1-4 veen (gemiddelde 2007-2015)

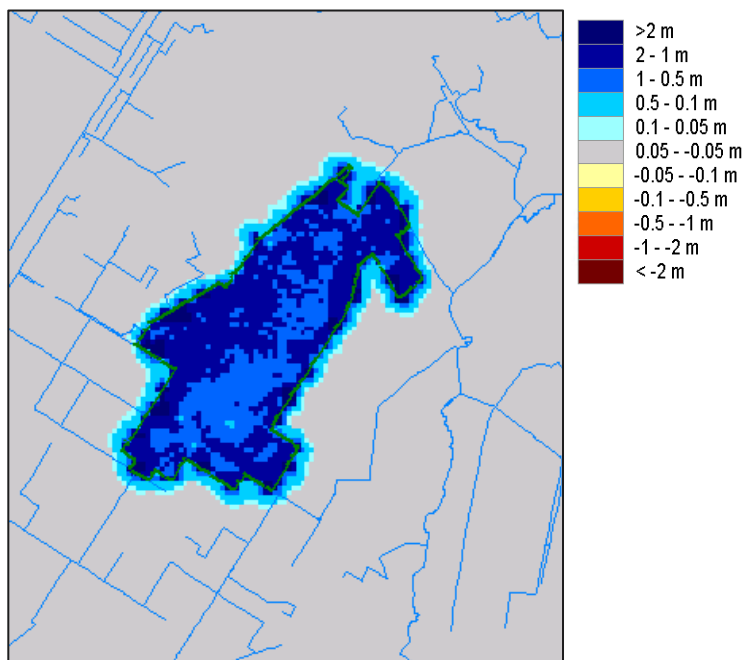
4 INZICHTSCENARIO'S

Vanuit de begeleidingsgroep zijn verschillende maatregelen aangedragen. Deze maatregelen zijn in eerdere onderzoeken kansrijk geacht, maar zijn nog niet hydrologisch getoetst. In dit hoofdstuk worden de verschillende maatregelen kort toegelicht en hydrologische effecten op de hoogveenontwikkeling en de omgeving worden in kaart gebracht. In dit hoofdstuk worden de verschillende maatregelen toegelicht.

4.1 Bufferzone

Door in een buffer rondom het Witterveld de grondwaterstand te verhogen, stijgt mogelijk ook de grondwaterstand in het Witterveld. Een proefberekening waarbij de grondwaterstand in het gebied aan maaiveld is gezet, laat zien welke gebieden buiten het Witterveld interactie hebben met de grondwaterstand in het systeem. Maatregelen buiten deze berekende bufferzone hebben naar verwachting geen effect op de grondwaterstanden in het Witterveld.

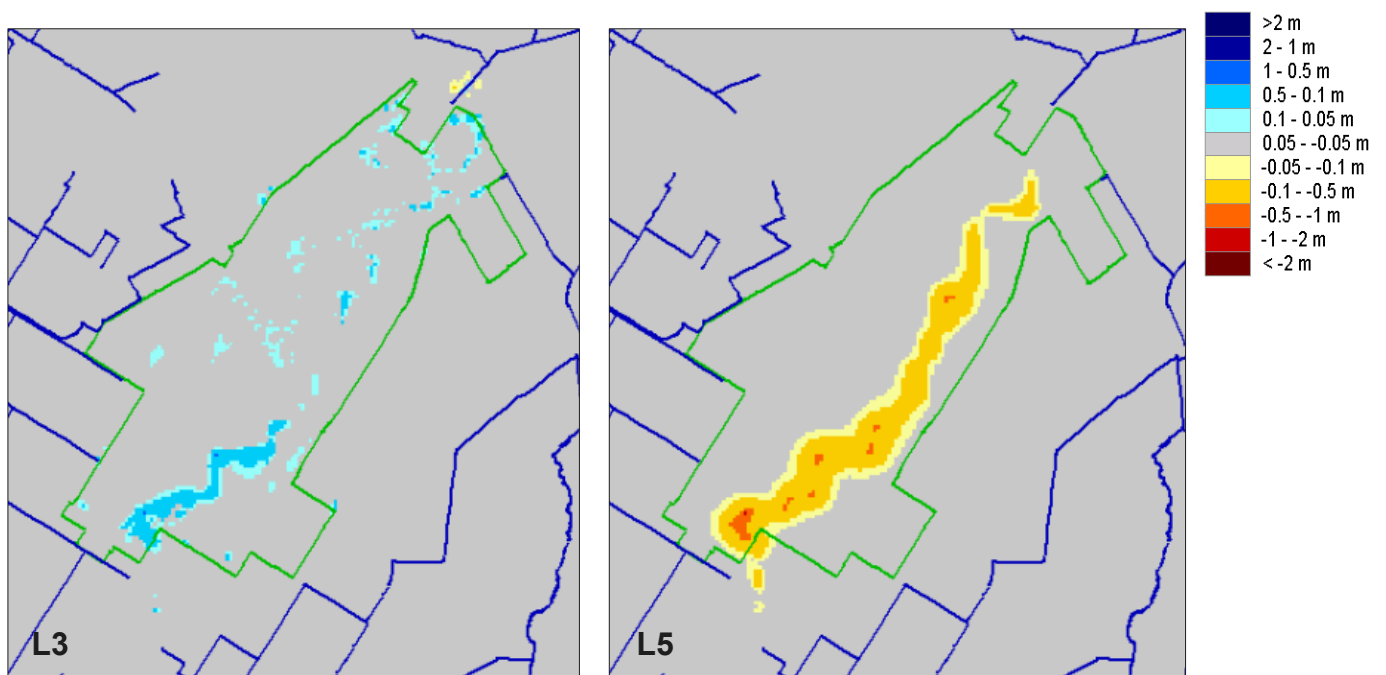
Het model is opnieuw doorgerekend waarbij in het gehele Witterveld de grondwaterstand jaarrond is vastgezet op maaiveld. De effectkaart is weergegeven in Figuur 18. De effecten stralen uit tot circa 150 tot 300 m buiten de grenzen van het Witterveld. Om de grondwaterstand te laten stijgen in het Witterveld moeten maatregelen binnen deze hydrologische buffers worden genomen.



Figuur 18: Uitstralende effecten als de grondwaterstand in het Witterveld wordt vastgezet op mv. (GLG L1-3 Veen)

4.2 Tankgracht

In de Tweede Wereldoorlog is dwars door het Witterveld een tankgracht aangelegd. Hiervoor is destijds de ondergrond tot op de keileem afgegraven. Na de Tweede Wereldoorlog is de tankgracht met puin en lokaal materiaal gevuld. Lokale slecht doorlatende lagen zijn hierdoor onderbroken, hierdoor kan water gemakkelijker wegzijgen. In het gevalideerde model is de tankgracht niet opgenomen, de peilbuizen gaven daartoe niet direct aanleiding (c.q. de tankgracht is afgedicht in het gekalibreerde model). Het aantal peilbuizen is echter beperkt en lokaal kan de tankgracht veel invloed hebben op kwel/wegzijing fluxen en de grondwaterstand. Om de maximale invloed van de tankgracht inzichtelijk te maken, is het model doorgerekend waarbij alle slecht doorlatende lagen in de tankgracht zijn verwijderd. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 19. Blauwtinten geven in Figuur 19 aan dat de grondwaterstand stijgt, geel en roodtinten geven een daling van de grondwaterstand weer als gevolg van het afdichten van de tankgracht. Door het afdichten van de tankgracht, neemt de wegzijing vanuit het veen richting het zandpakket af. Daardoor stijgt de grondwaterstand lokaal in het veen. In de zandlaag (tussen de B-horizont en de keileem) is een daling van de grondwaterstand zichtbaar.

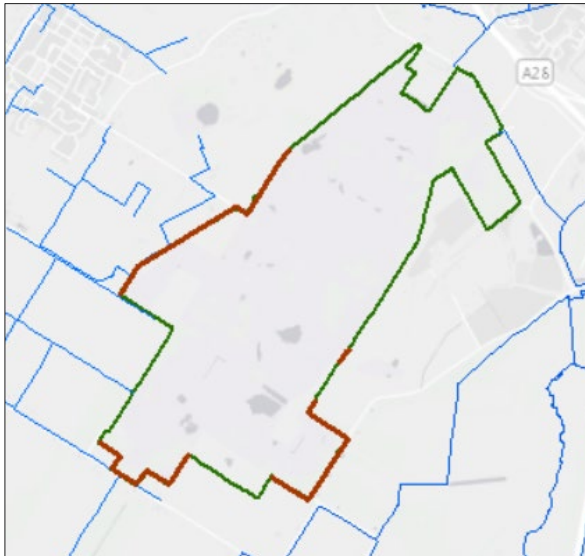


Figuur 19: Effecten tankgracht op de GHG in het veen (L3) en in de laag tussen de B-horizont en de keileem (L5)

4.3 Kwelscherm

Een kwelscherm voorkomt dat grondwater horizontaal wegstroomt. Om inzicht te krijgen in de effectiviteit van een kwelscherm, is een berekening gemaakt waarbij op vier locaties een kwelscherm rondom het Witterveld is geplaatst. Deze locaties zijn gekozen op basis van het isohypsenpatroon (Figuur 11). Figuur 20 laat de locaties van de kwelschermen zien.

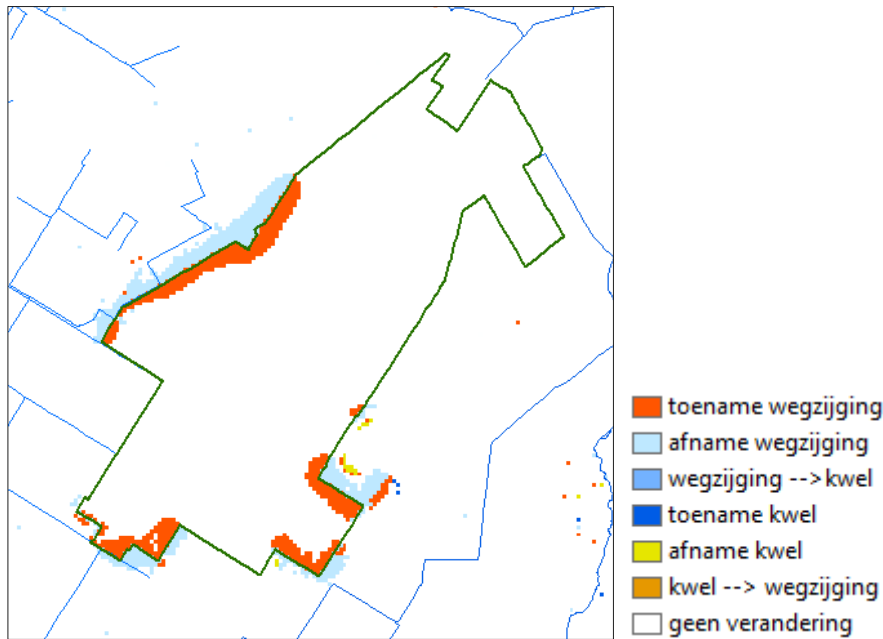
Figuur 21 geeft het effect van de kwelschermen op de GHG en GLG weer. De uitstralende effecten zijn beperkt. In het Witterveld wordt de grondwaterstand nabij de kwelschermen iets verhoogd, aan de buitenrand van het Witterveld is een daling van de grondwaterstand zichtbaar.



Figuur 20: Mogelijke locaties kwelscherm (rood weergegeven)



Figuur 21: Effecten kwelscherm op de GHG en GLG in het veen (L3)

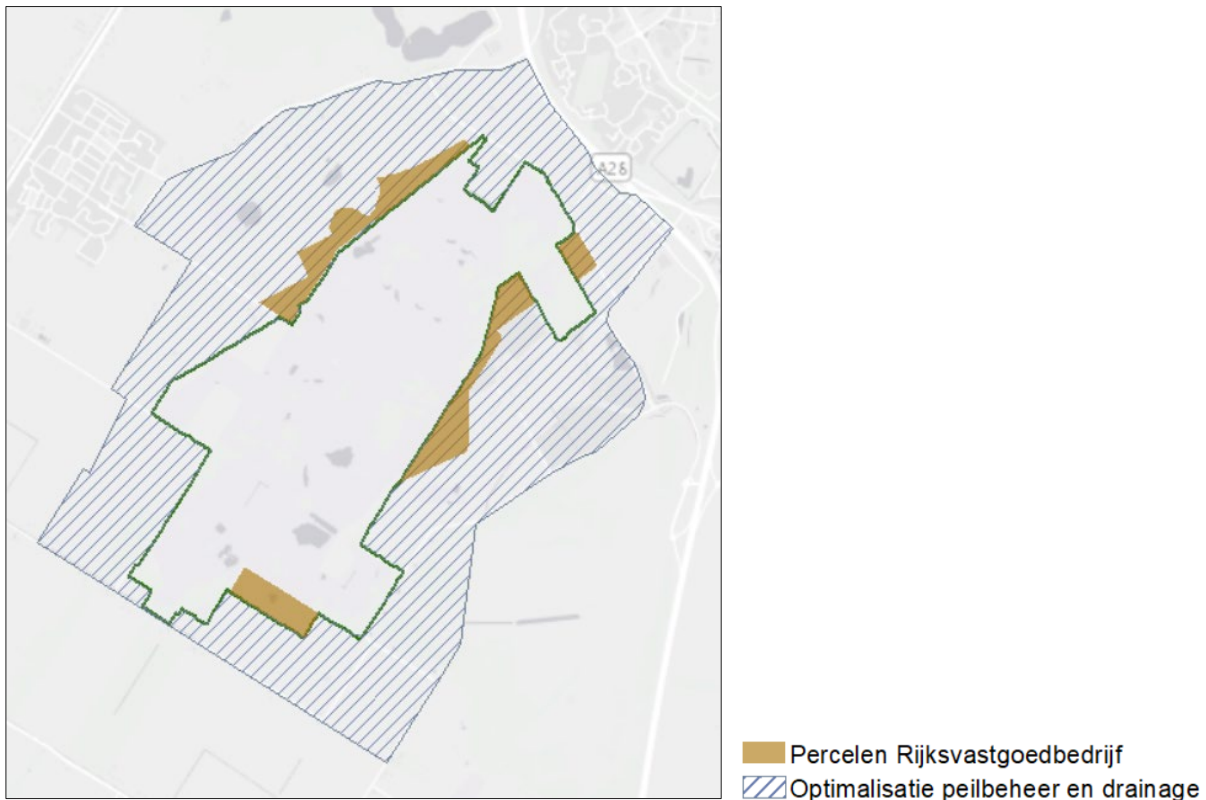


Figuur 22: Effect op jaarlijks gemiddelde kwel in het veen, kwelschermen

4.4 Buffergebieden van het Rijksvastgoedbedrijf

Het Rijksvastgoedbedrijf heeft een aantal terreinen grenzend aan het Natura 2000-gebied in bezit. Deze terreinen worden verpacht of gebruikt door de schaapsherder. Het verwijderen van alle ontwatering in deze gebieden kan bijdragen aan de hoogveenontwikkeling in het Witterveld. Om de effectiviteit van het inrichten van deze gebieden te toetsen zijn twee scenario's doorgerekend:

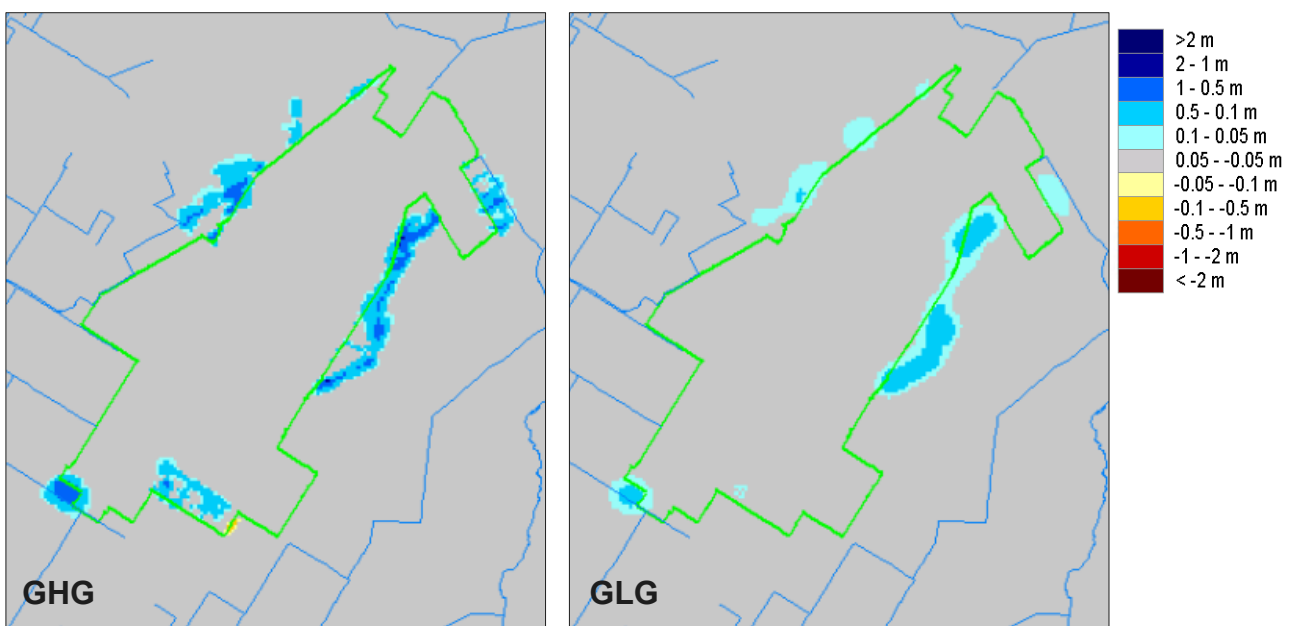
- a. Buffergebieden 2a: Maximaal water vasthouden op de percelen van het Rijksvastgoedbedrijf; hierbij wordt alle ontwatering (greppels en drainage) verwijderd uit de percelen van het Rijksvastgoedbedrijf.
- b. Buffergebieden 2b: Optimalisatie peilbeheer van drainage. Hierbij wordt in een buffer rondom het Witterveld een beperking aan de drooglegging van de landbouw opgelegd (Figuur 23). Dit houdt in drainage op 60 (grasland) of 80 (bouwland) cm -mv. en peil op hetzelfde niveau. Hierin zitten ook alle buffergebieden en mogelijk te verwerven gebieden (zie Figuur 23).



Figuur 23: Buffergebieden Rijksvastgoedbedrijf

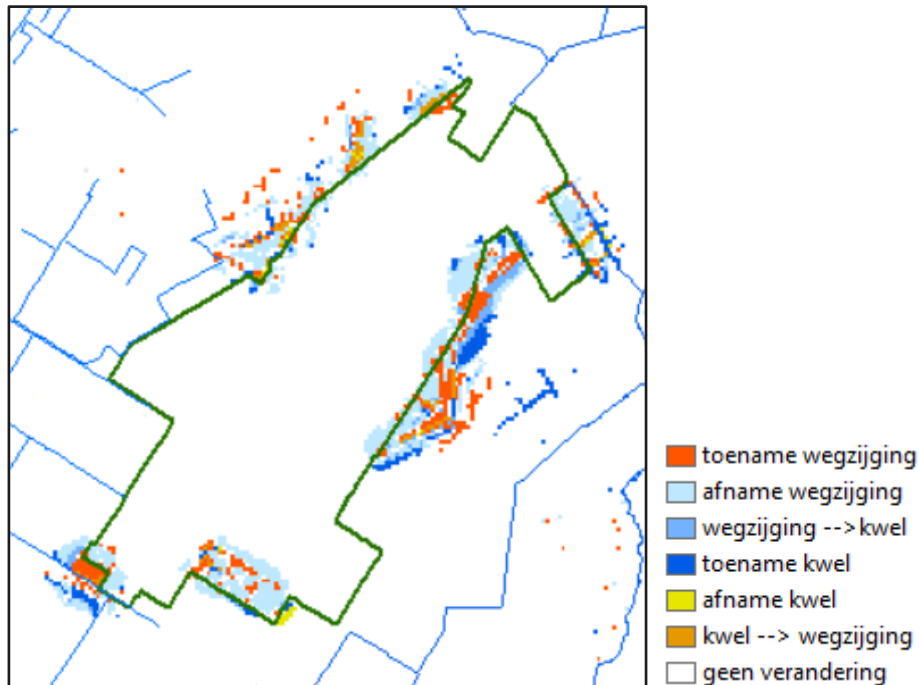
Figuur 24 laat de effecten zien van het verwijderen van zowel drainage als greppels en sloten op de percelen van het Rijksvastgoedbedrijf (buffergebieden 2a). Met name in de GHG stijgt de grondwaterstand in de percelen van het Rijksvastgoedbedrijf, de uitstralende effecten richting het Witterveld zijn beperkt.

Figuur 25 laat het effect van de buffergebieden op kwel zien. Het verwijderen van de watergangen zorgt voor een lokale toename van de wegzijging, rondom de gedempte watergangen neemt de wegzijging toe. Dit effect is beperkt tot de Rijksvastgoedpercelen, in het Witterveld zelf is enkel op het zuidelijke perceel een significant effect op de kwel zichtbaar.

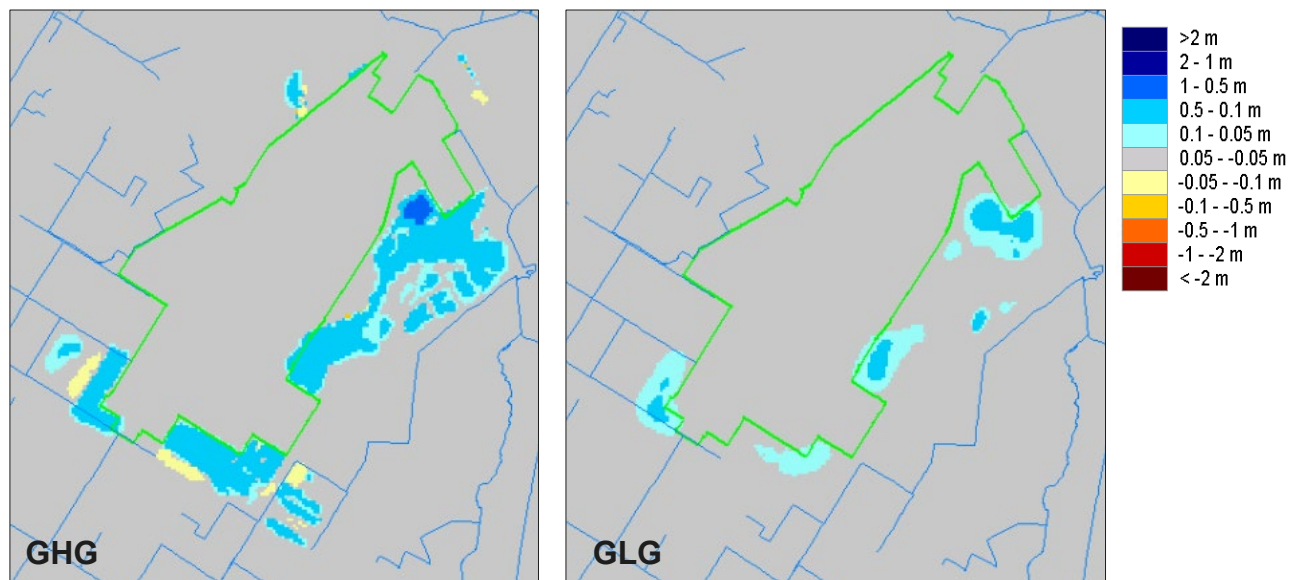


Figuur 24: Effecten Buffergebied 2a op de GHG en GLG in het veen (L3) .

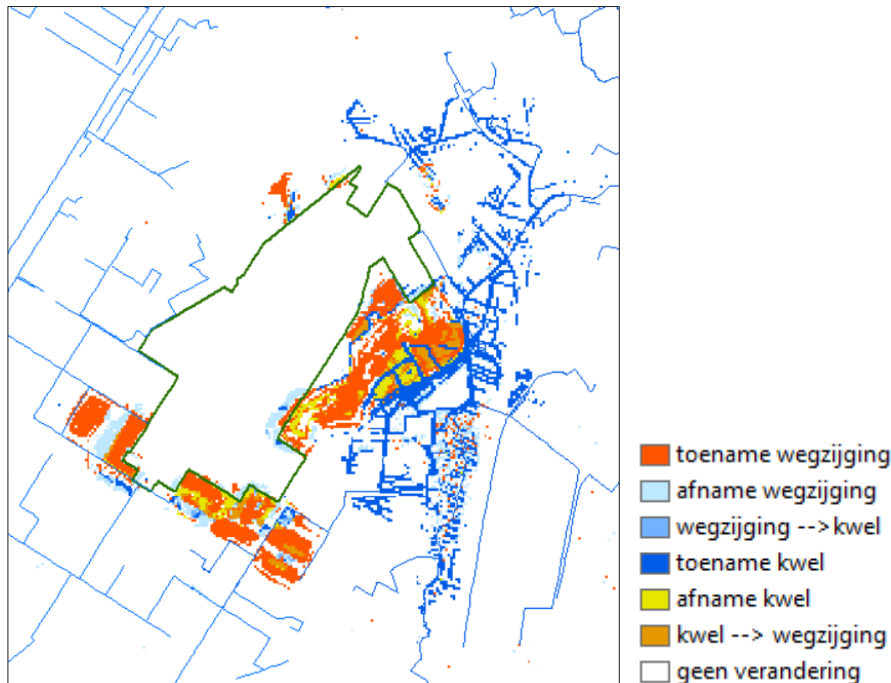
Het beperken van de drooglegging in een buffer rondom het Witterveld, heeft meer effect zoals zichtbaar is in Figuur 21 maar ook in dit geval blijven de effecten beperkt tot het buffergebied. De bijdrage aan vernatting van het Witterveld zelf is zeer beperkt. In Figuur 27 is het effect op kwel gepresenteerd. Het beperken van de drooglegging zorgt voor een grotere wegzijgingsflux. De kwelflux richting het Witterdiep neemt hierdoor toe.



Figuur 25: Effect op jaarlijks gemiddelde kwel Buffergebied 2a



Figuur 26: Effecten Buffergebied 2b op de GHG en GLG in het veen (L3)

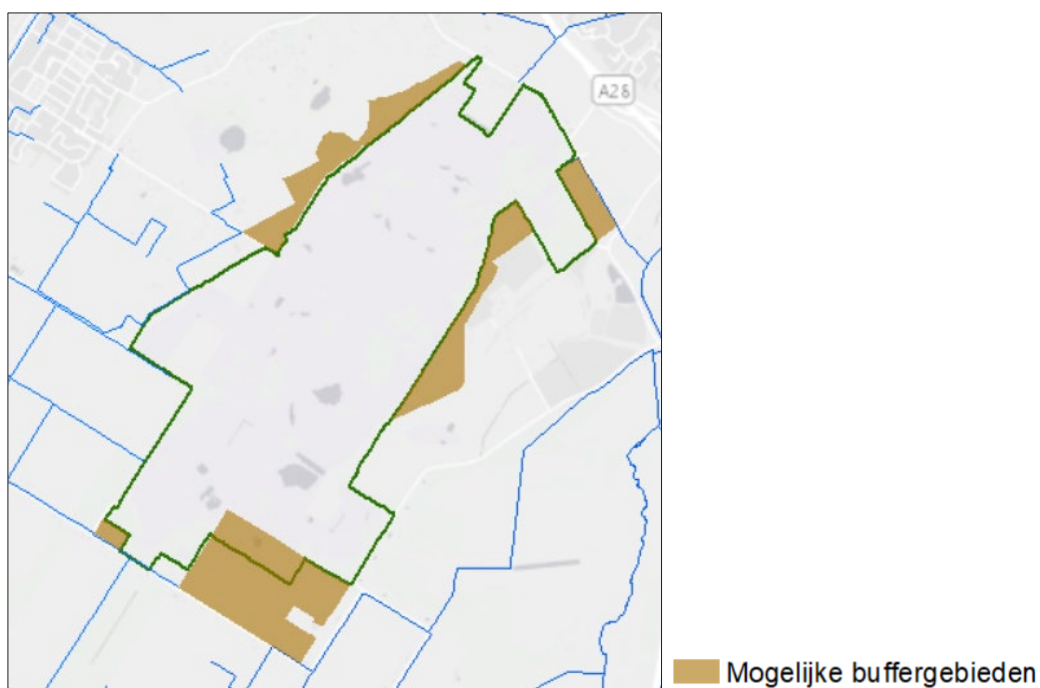


Figuur 27: Effect op jaarlijks gemiddelde kwel Buffergebied 2b

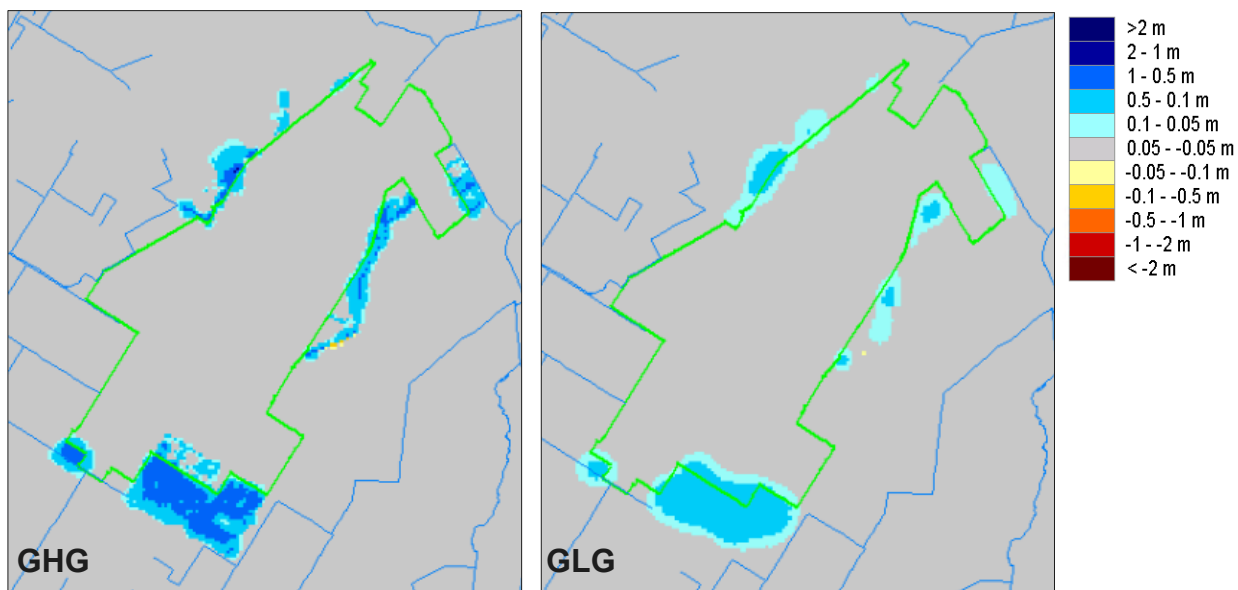
4.5 Mogelijk buffergebieden

Een aantal percelen ten zuiden van het Witterveld biedt kansen; mogelijk kunnen hier ook de drainage en greppels worden verwijderd. De percelen zijn weergegeven in Figuur 28. De effecten zijn weergegeven in Figuur 29. Daar waar extra afwatering is verwijderd, stijgt de grondwaterstand verder in vergelijking met Figuur 30. De uitstraling richting het Witterveld zelf blijft beperkt.

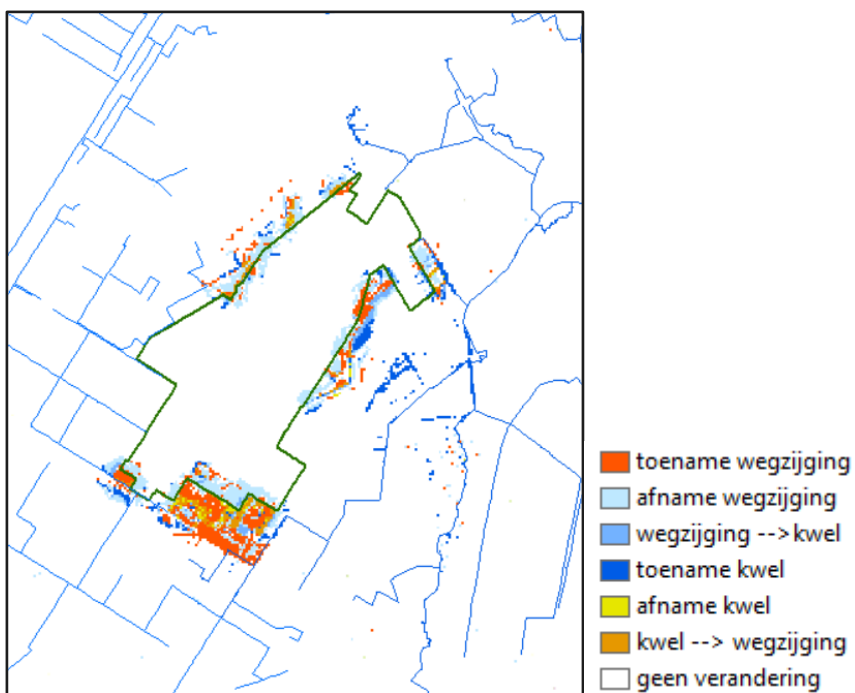
Door het verwijderen van ontwatering neemt de wegzijging toe, zoals zichtbaar is in Figuur 30. De effecten blijven beperkt. Enkel op het zuidelijke perceel neemt de wegzijging in het Witterveld af. De overige effecten vallen buiten het Witterveld.



Figuur 28: Mogelijke buffergebieden



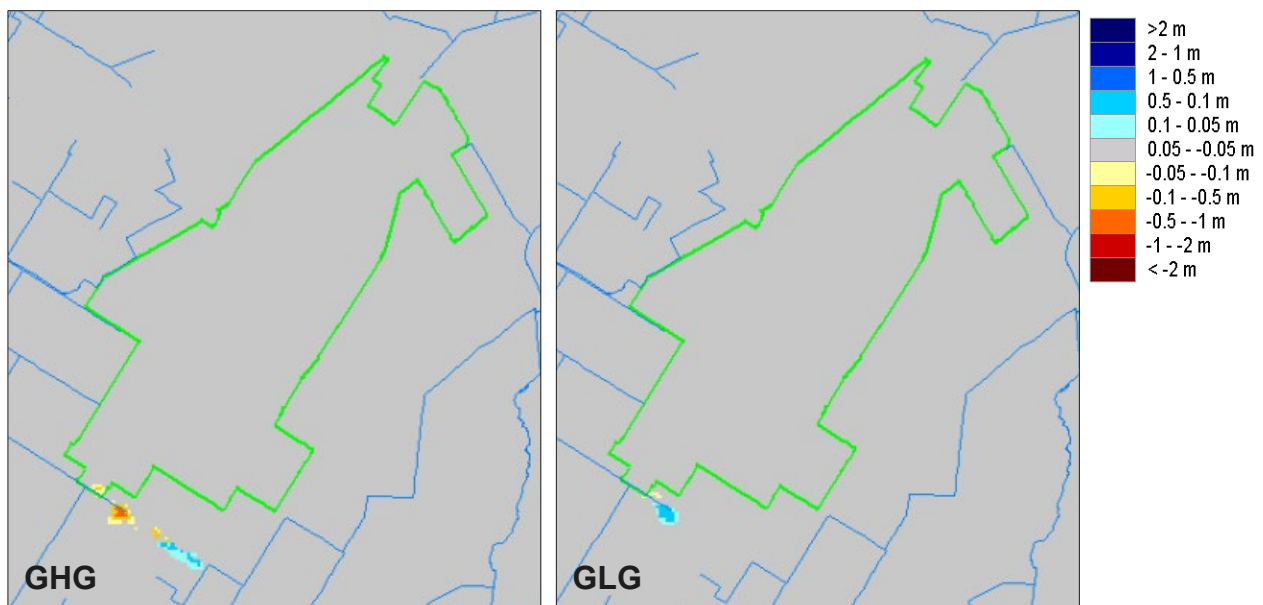
Figuur 29: Effecten mogelijk buffergebied op de GHG en GLG in het veen (L3)



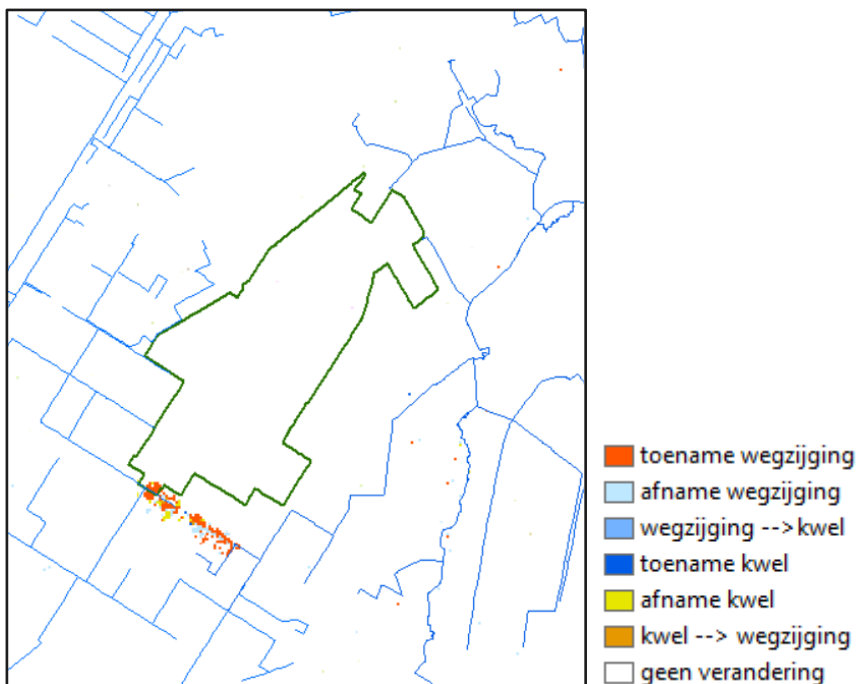
Figuur 30: Effect op jaarlijks gemiddelde kwel mogelijk Buffergebied

4.6 Eekhoutswijk

De Eekhoutswijk is een watergang gelegen ten zuiden van het Witterveld. De watergang snijdt diep in het maaiveld. Berekend is of het verondiepen en het verhogen van het peil een positief effect heeft op het vernatten van het Witterveld. In het model is de bodemhoogte 50 cm verhoogd en zowel het zomer- als winterpeil 30 cm verhoogd. Deze aanpassing heeft slechts een beperkt en lokaal effect (zie Figuur 31 en Figuur 32). De effecten op kwel zijn weergegeven in Figuur 32. De effecten op GxG en op kwel zijn beperkt, dat maakt deze maatregel niet kansrijk.



Figuur 31: Effecten verondiepen Eekhoutswijk de GHG en GLG in het veen (L3)

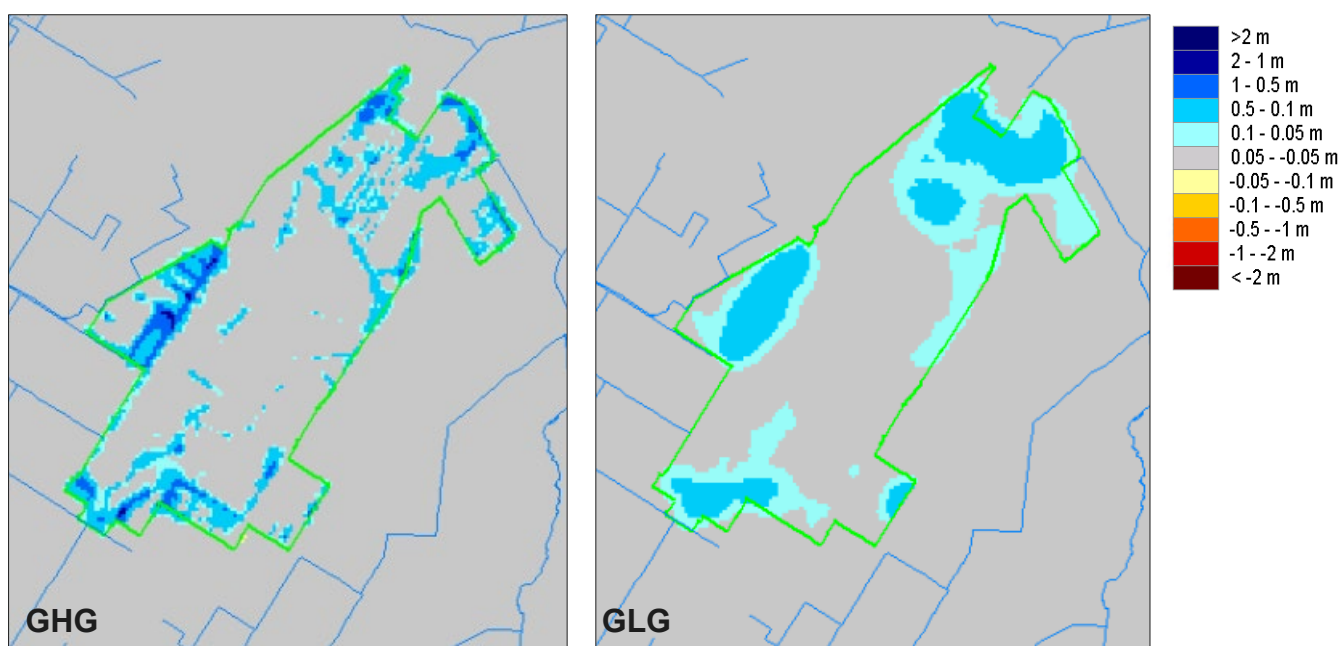


Figuur 32: Effect op jaarlijks gemiddelde kwel Eekhoutswijk

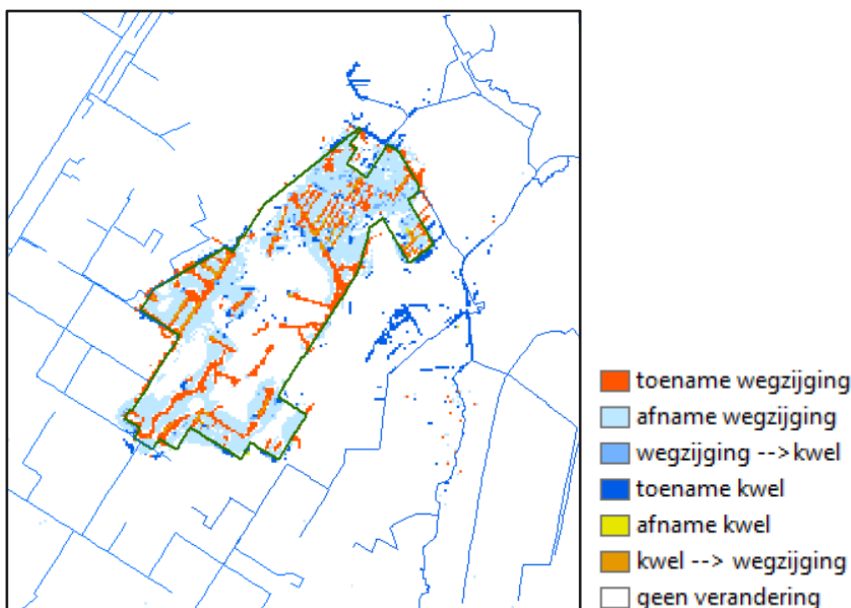
4.7 Afwatering intern

In het Witterveld ligt nog een aantal greppels. Deze detailontwatering is gedeeltelijk overgenomen in het model. Het verwijderen van de detailontwatering voorkomt afwatering uit het gebied en zal tot een stijging van de grondwaterstand leiden. Het effect van deze maatregel is inzichtelijk gemaakt door het model door te rekenen waarbij de detailontwatering in het Witterveld is verwijderd. De effecten op de grondwaterstand zijn weergegeven in Figuur 33. De grondwaterstand (met name de GLG) stijgt als gevolg van het dempen van de interne afwatering.

In bijlage 16 is de waterbalans weergegeven. Door het verwijderen van de greppels wordt er geen water meer afgevoerd. De totale Flux uit de greppels in het Witterveld was goed voor 11% van de totale uitgaande flux. De effecten op de kwel zijn weergegeven in Figuur 34. Hierin is zichtbaar dat het verwijderen van de greppels leidt tot een grotere wegzijgingsflux ter plaatse van de gedempte greppels, rondom de greppels neemt de wegzijging af.



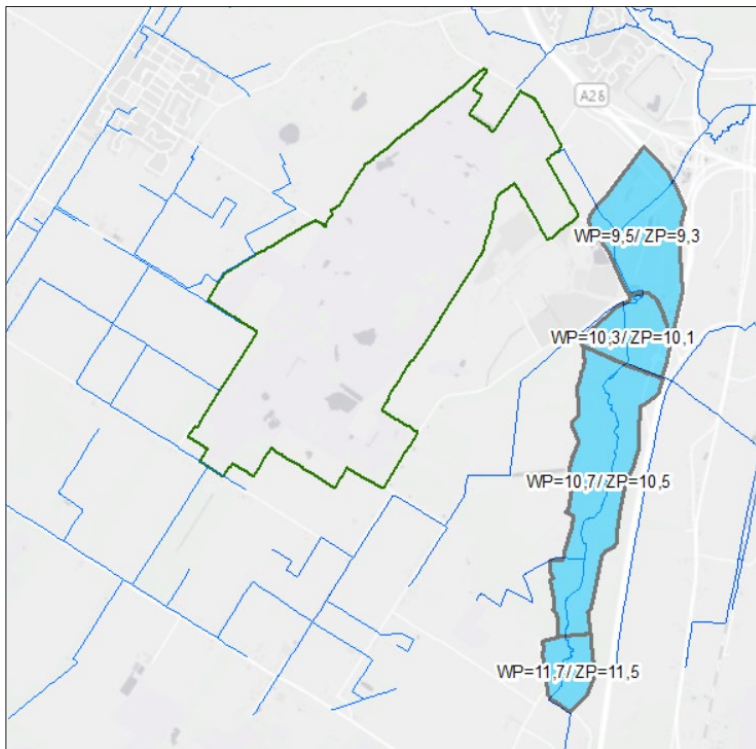
Figuur 33 Effecten verwijderen detailontwatering op de GHG en GLG in het veen (L3)



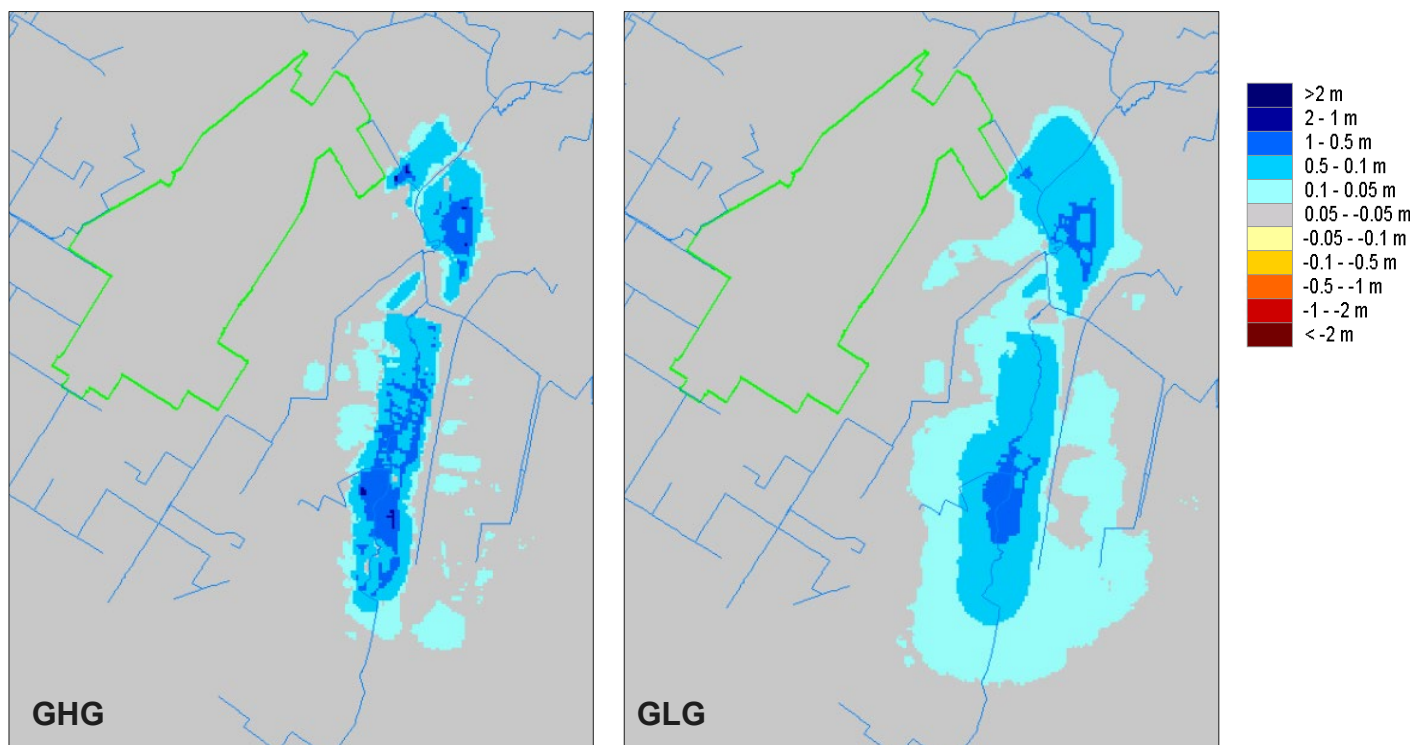
Figuur 34: Effect op jaarlijks gemiddelde kwel afwatering intern

4.8 Afwatering extern

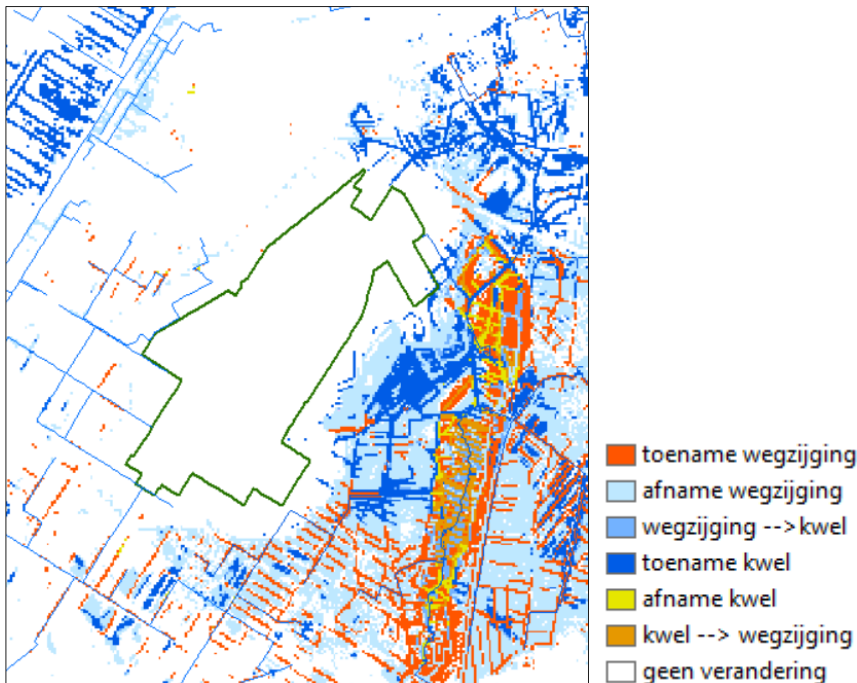
In de directe omgeving van het Witterveld zit nog een aantal waterlopen die mogelijk zorgen voor een sterke ontwatering. Het verwijderen van deze watergangen lijkt geen optie, omdat ze ook een functie hebben voor de naastgelegen gronden. Peilophoging of bodemverhoging is mogelijk wel een optie. Het model is opnieuw doorgerekend, hierbij is het peil van het Witterdiep verhoogd met 20 cm (Hydrologische onderbouwing Witterdiep, Aveco de Bondt). De effecten van deze peilaanpassing zijn weergegeven in Figuur 36. De effecten op kwel zijn weergegeven in Figuur 37.



Figuur 35: Huidige peil Witterdiep



Figuur 36: Effecten afwatering extern Witterdiep op de GHG en GLG in het veen (L3)



Figuur 37: Effect op jaarlijks gemiddelde kwel afwatering extern

4.9 Conclusie inzichtscenario's

Gebaseerd op de verschillende inzichtscenario's kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Het meest kansrijk zijn interne maatregelen:
Het dempen van greppels en sloten in het Witterveld zorgt voor een stijgende grondwaterstand. Door het afdichten van de tankgracht wordt de wegzijging richting het zandpakket beperkt.
- Het dempen van greppels en drainage in de buffergebieden heeft een beperkt effect op het Witterveld. De grondwaterstand in de buffergebieden neemt toe en de wegzijging wordt beperkt. De grondwaterstand en de kwelflux in het Witterveld worden nauwelijks beïnvloedt door deze maatregel.
- Het verhogen van het peil in het Witterdiep zorgt voor een stijging van de grondwaterstand. Tevens wordt de wegzijging in de omgeving beperkt.
- Kwelschermen en het verondiepen van de Eekhoutswijk hebben een lokaal effect.

Het effect van de individuele externe maatregelen lijkt beperkt; het effect van een maatregel wordt voornamelijk geremd door overige systeemkenmerken, zoals een goede ontwatering. Een opeenstapeling van maatregelen is nodig om maatregelen te versterken en te laten doorwerken tot in het Witterveld. In het volgende hoofdstuk is een eerste verkenning gedaan waarbij is gekeken of een opeenstapeling van de hiervoor genoemde maatregelen kan leiden tot een versterking van de effecten.

5 GESTAPELDE MAATREGELLEN

Het combineren van afzonderlijke maatregelen kan het effect versterken. Bij de inzichtscenario's (in hoofdstuk 3) is bekeken welke maatregelen effectief lijken, in dit hoofdstuk combineren we maatregelen en kijken we naar de effecten van deze combinaties. In totaal zijn vijf scenario's doorerekend. Tabel 5 geeft een overzicht van de doorerekende maatregelpakketten. In de referentieberekening is de autonome ontwikkeling Witterdiep opgenomen.

Tabel 5: Overzicht gestapelde maatregelen

	Gestapelde maatregelen
Ref	Autonome ontwikkeling (peilverhoging Witterdiep)
Pakket 1	Ref + Dempen interne afwatering en dempen tankgracht
Pakket 2	Pakket 1 + Verondiepen randwatergangen en Eekhoutswijk
Pakket 3	Pakket 2 + Dempen van drainage en waterlopen gelegen in de potentiële buffergebieden
Pakket 4	Pakket 3 + Verhogen peil van de haarsloot tot 80 cm -mv.
Pakket 5	Pakket 4 + Watergangen en drainage gelegen in maximale buffer (berekende 5 cm contour) worden gedempt

Het doel van de gestapelde maatregelen is om optimale hydrologische omstandigheden te creëren voor hoogveenontwikkeling. Hiervoor dient de uitzakking van de grondwaterstand in de zomer, en de wegzijgingsflux te worden beperkt. De hydrologische condities worden als volgt geclassificeerd:

Uitzakken van de grondwaterstand:

- Te nat* GLG <0 cm -mv.
- Optimaal GLG 0 – 40 cm -mv.
- Suboptimaal GLG 40 – 80 cm -mv.
- Te droog GLG >80 cm -mv.

*lokale inundaties van slenken in het hoogveen vormt geen probleem. Pas wanneer grote aaneengesloten geïnundeerde oppervlakte ontstaan is de situatie te nat.

Wegzijging:

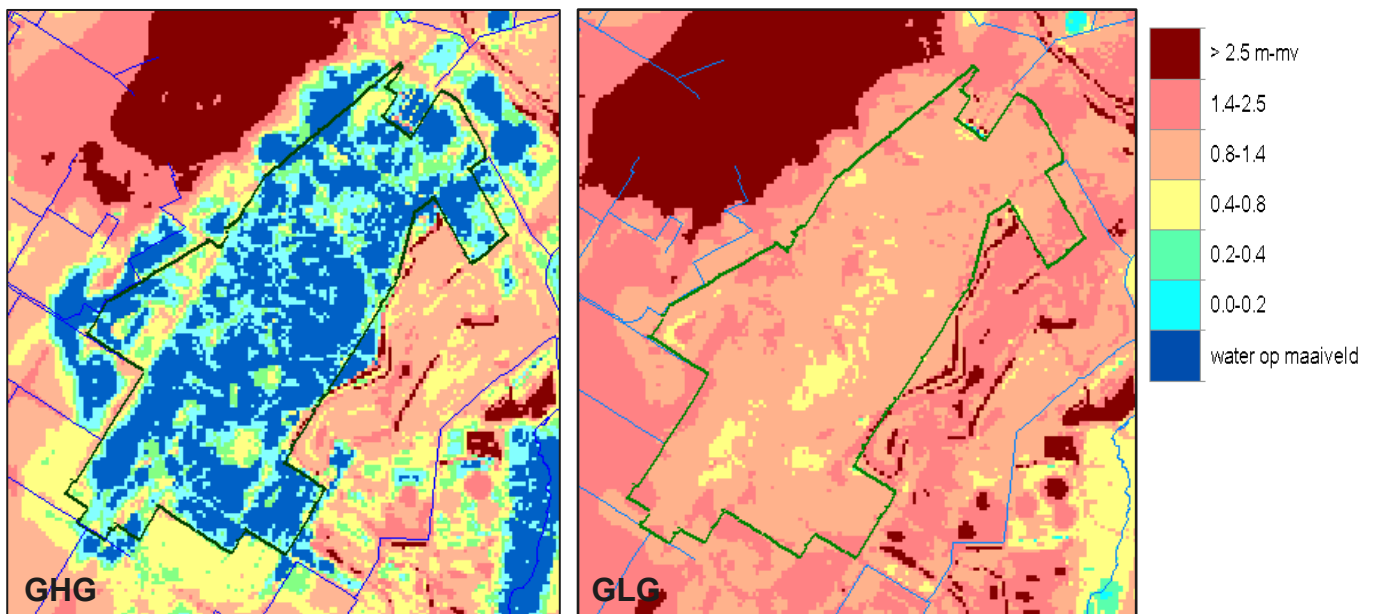
- Optimaal < 40 mm/jaar
- Suboptimaal 40 - 80 mm/jaar
- Te veel wegzijging >80 mm/jaar

5.1 Referentie

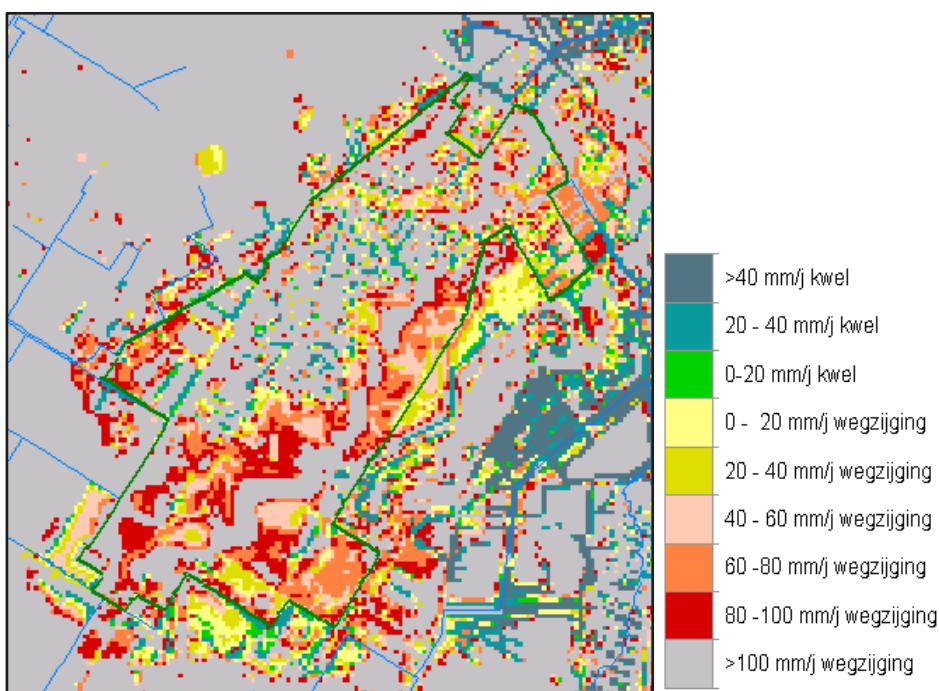
In het gekalibreerde model was de tankgracht afgedicht. Het is echter niet duidelijk met wat voor materiaal en hoe de tankgracht is gedempt. Het is mogelijk dat water nog steeds via de tankgracht vanuit het veen wegzijgt. In de referentiesituatie wordt uitgegaan van een situatie waarbij de tankgracht met doorlatend materiaal is gedempt. Door dit als uitgangspunt te nemen, kunnen we een inschatting maken van het maximaal te behalen effect. Daarnaast wordt op korte termijn het peil van het Witterdiep verhoogd, deze maatregel wordt daarom ook als autonoom meegenomen in de referentiesituatie.

Figuur 38 geeft de berekende GxG ten opzichte van maaiveld in deze referentiesituatie. De GHG zit grotendeels boven maaiveld. De GLG zakt ver uit en zit voor het overgrote deel meer dan 80 cm onder maaiveld. Het model berekend de GLG te droog, mogelijk zit de GLG in werkelijkheid dichterbij aan maaiveld.

Figuur 39 geeft de gemiddelde jaarlijkse kwel in de referentiesituatie. Een wegzijgingsflux van maximaal 40 mm/j is optimaal, een flux van 80 mm/j is suboptimaal. Een grotere wegzijgingsflux is onwenselijk. In een groot deel van het Witterveld is de wegzijgingsflux groter dan 100 mm/j. De tankgracht is duidelijk terug te zien in de kwelkaart.



Figuur 38: GxG t.o.v. mv., referentie



Figuur 39: Jaarlijks gemiddelde kwel in het veen (L3), referentie

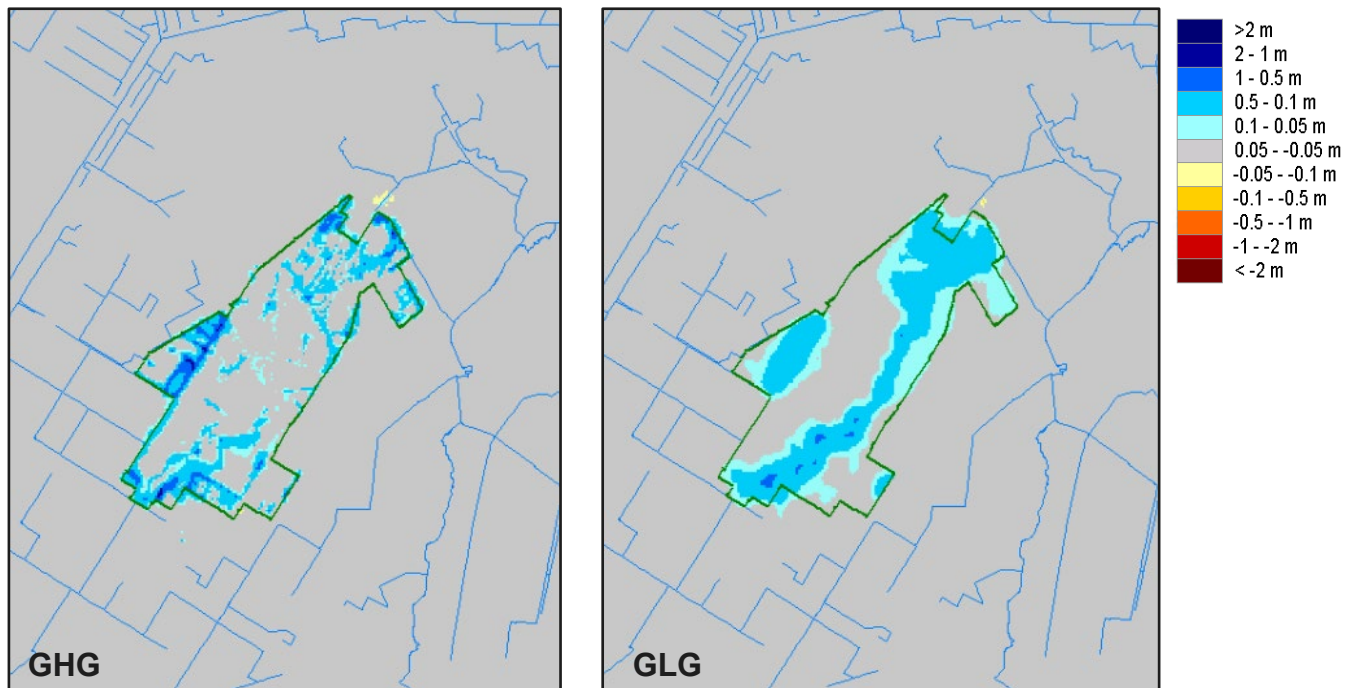
5.2 Maatregelpakket 1

Maatregelpakket 1 omvat het dempen van de tankgracht en het verwijderen van de interne afwatering in het Witterveld. Figuur 40 laat het effect van deze maatregelen op de grondwaterstand zien. Het dempen van de tankgracht heeft een duidelijk vernattend effect op het veen in de GLG-situatie. Het effect van het dempen (/afdichten) van de tankgracht is het maximale effect, het daadwerkelijke effect is afhankelijk van wat er werkelijk in de tankgracht ligt en kan dus lager uitvallen.

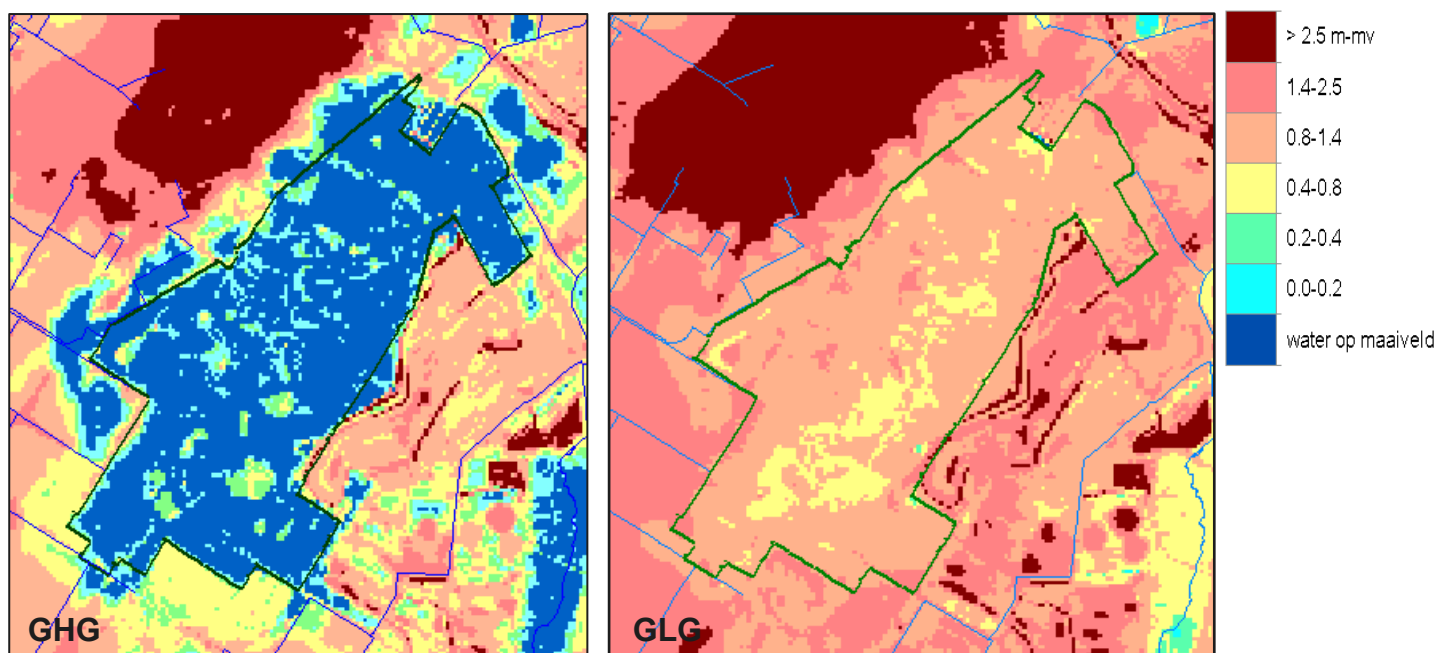
Het dempen van de afwatering in het Witterveld heeft met name effect op de GHG. Gedurende de GLG vallen veel greppels droog, waardoor deze gedurende de zomer beperkt afwateren.

Figuur 41 laat de berekende GLG zien ten opzichte van maaiveld. De maatregelen beperken met name in het centrale deel van het Witterveld de uitzakking van de GLG. Dit verbetert de condities voor ontwikkeling van veen. Het oppervlak met suboptimale condities (GLG 40 tot 80 cm -mv.) neemt toe. Echter in het overgrote deel zakt de GLG nog steeds te ver uit (GLG >80 cm -mv.).

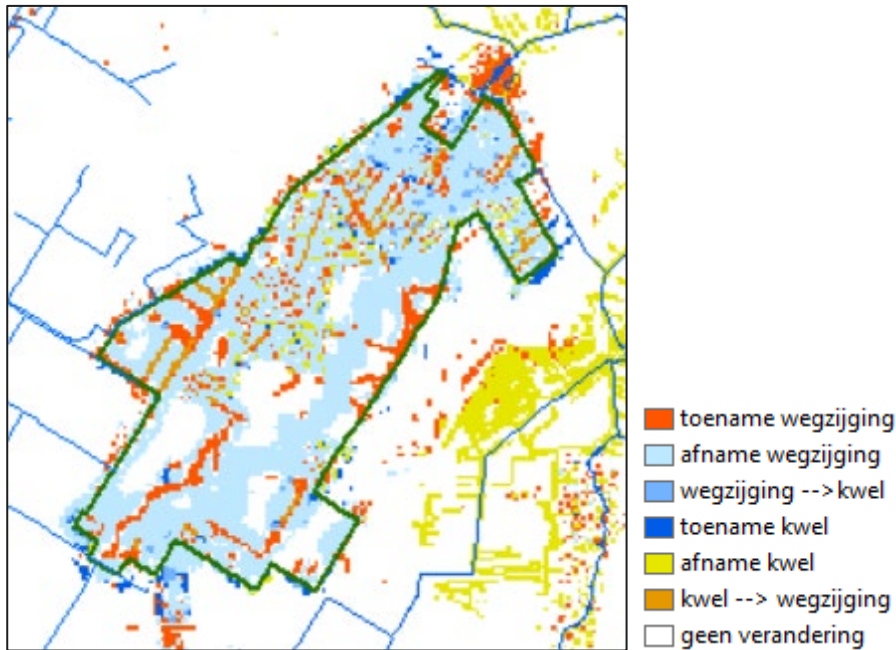
Door het dempen van de tankgracht en de interne afwatering, neemt de wegzijging over het algemeen af (Figuur 42). Ter plaatste van de greppels neemt de wegzijging wel toe als gevolg van het wegvallen van de drainerende werking van de greppels en sloten. Door de netto afnemende wegzijging in het Witterveld neemt de kweldruk richting het Witterdiep af.



Figuur 40: Effecten maatregelpakket 1 t.o.v. de referentie, op de GHG en GLG in het veen (L3)



Figuur 41: GxG t.o.v. MV, maatregelpakket 1

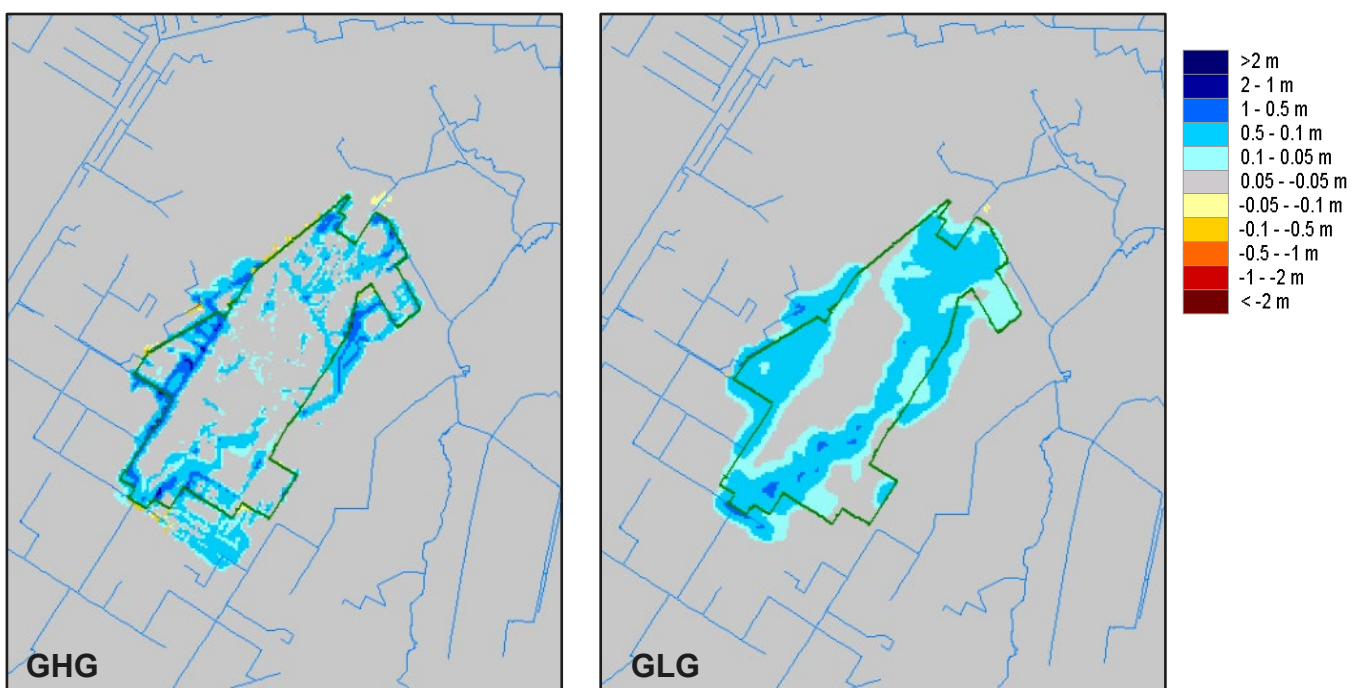


Figuur 42: Effect op jaarlijks gemiddelde kwel t.o.v. de referentie in het veen, pakket 1

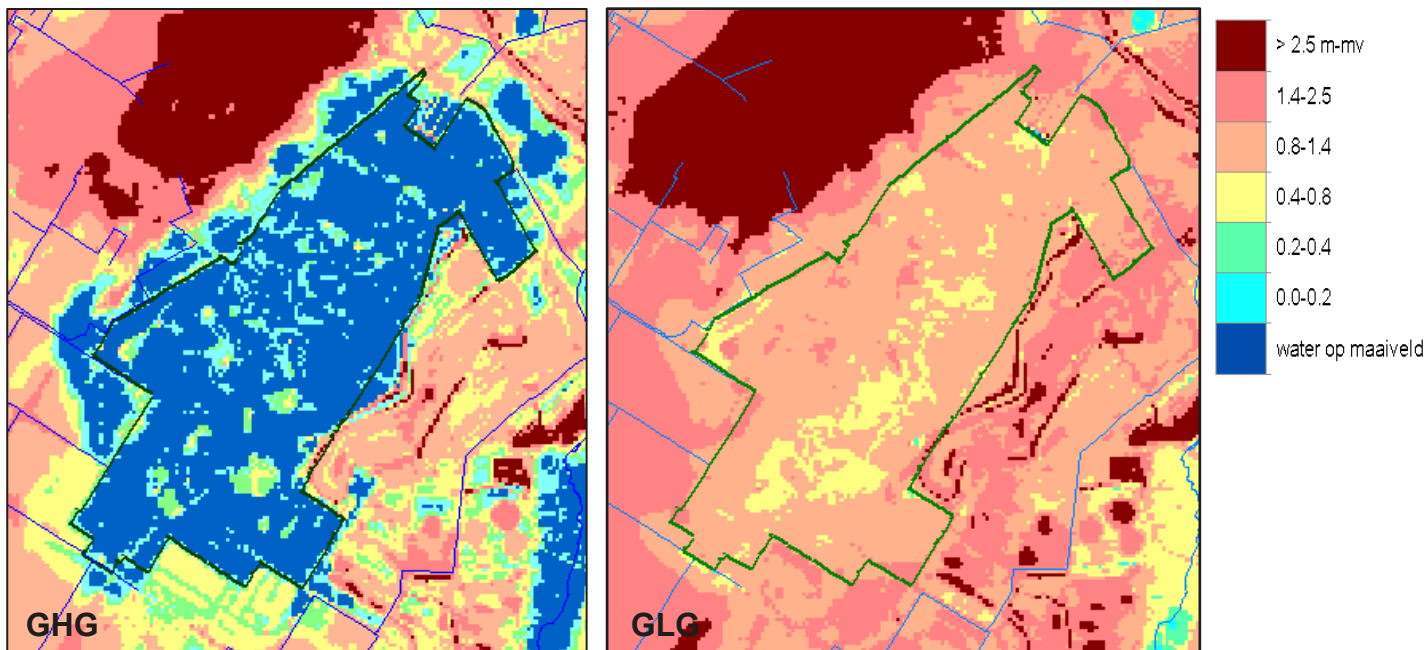
5.3 Pakket 2

Aanvullend op maatregelpakket 1 worden de randwatergangen rondom het Witterveld en de Eekhoutswijk verondiept. Met name in de oost- en westgrens zorgt dit voor een verdere stijging van zowel de GHG als de GLG (Figuur 43). Figuur 44 toont de berekende GxG ten opzichte van maaiveld. Het effect van het verondiepen van de randwatergangen en de Eekhoutswijk ten opzichte van maatregelpakket 1 is weergegeven in Figuur 77.

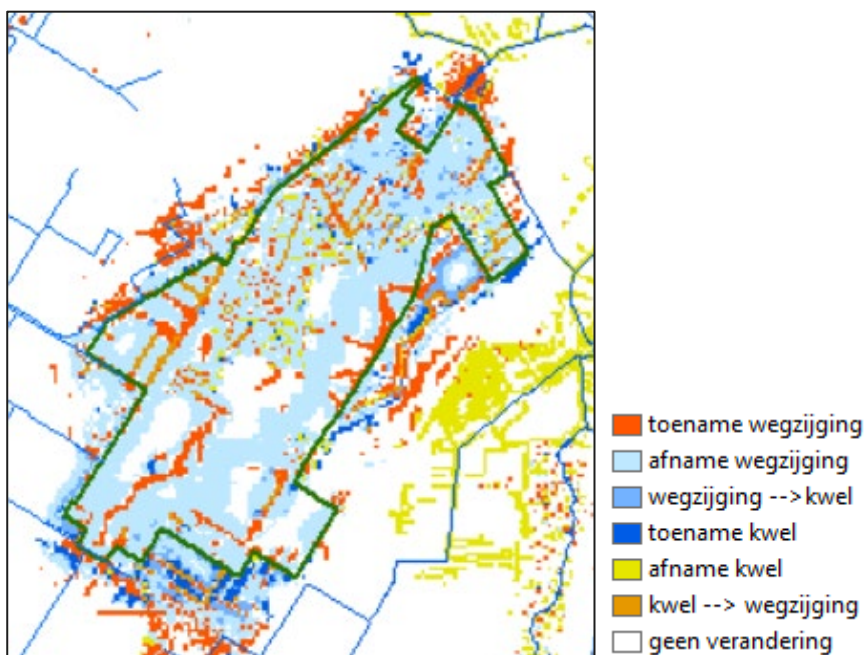
Figuur 45 geeft het effect op kwel t.o.v. de autonome situatie. Het aanvullend dempen van randwatergangen en de Eekhoutswijk heeft een beperkt effect (in vergelijking met maatregelpakket 1). Het verondiepen van de randwatergangen lijkt vooral de wegzijging te beperken op de rand van het Witterveld.



Figuur 43: Effecten maatregelpakket 2 t.o.v. de referentie, op de GHG en GLG in het veen (L3)



Figuur 44: GxG t.o.v. mv. maatregelpakket 2

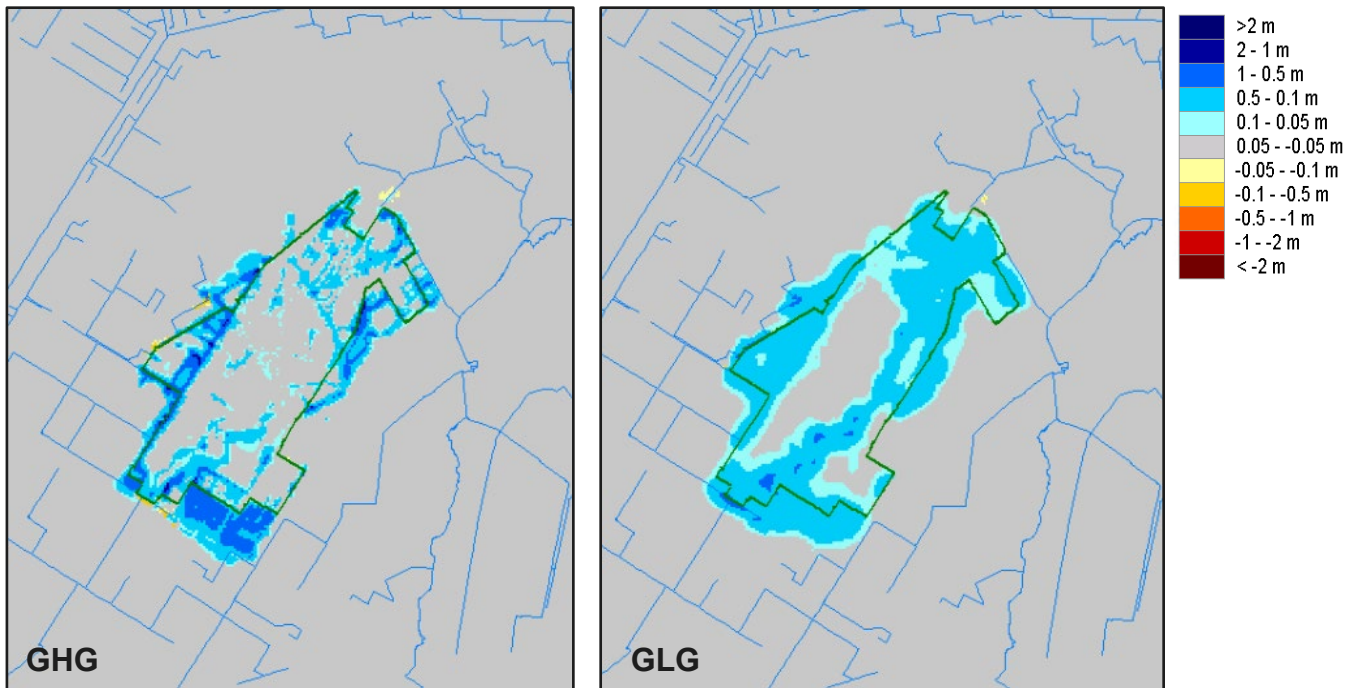


Figuur 45: Effect op jaarlijks gemiddelde kwel t.o.v. de referentie in het veen, pakket 2

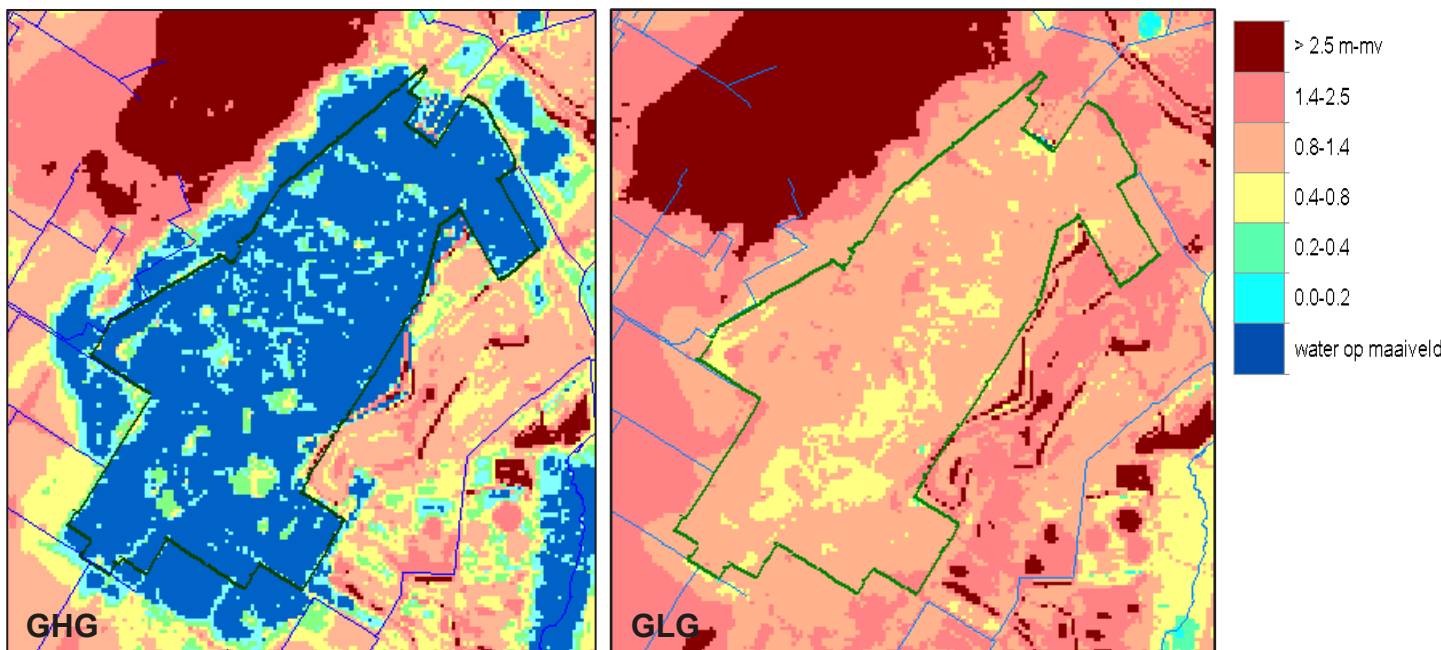
5.4 Pakket 3

In maatregelpakket 3 zijn, aanvullend op maatregelpakket 2, alle afwaterende middelen in de potentiële buffergebieden gedempt (zoals weergegeven in Figuur 28). Bijlage 16 laat het effect van deze maatregel ten opzichte van maatregelpakket 2 zien. Het dempen van greppels en sloten en verwijderen van drainage in de potentiële buffergebieden heeft een beperkt effect op de grondwaterstand van het Witterveld zelf. In de percelen zelf stijgt de grondwaterstand (Figuur 46 en Figuur 47).

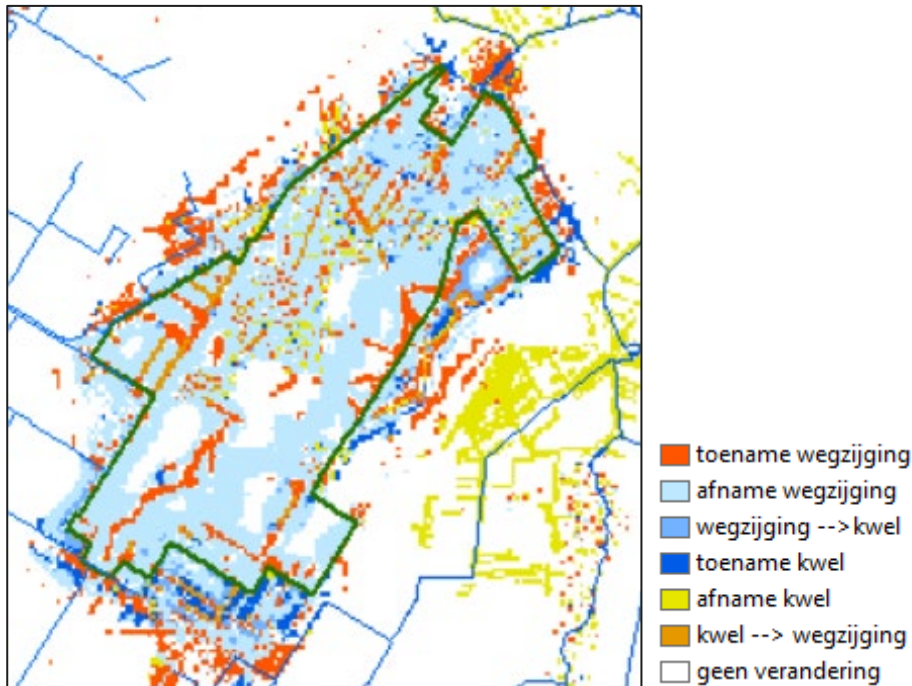
Het aanvullend dempen van alle afwaterende middelen in potentiële buffergebieden heeft ook een beperkt effect op de kwel in het Witterveld (Figuur 48), enkel in de potentiële buffergebieden zelf neemt de wegzijging af.



Figuur 46: Effecten maatregelpakket 3 op de GHG en GLG t.o.v. de referentie, in het veen (L3)



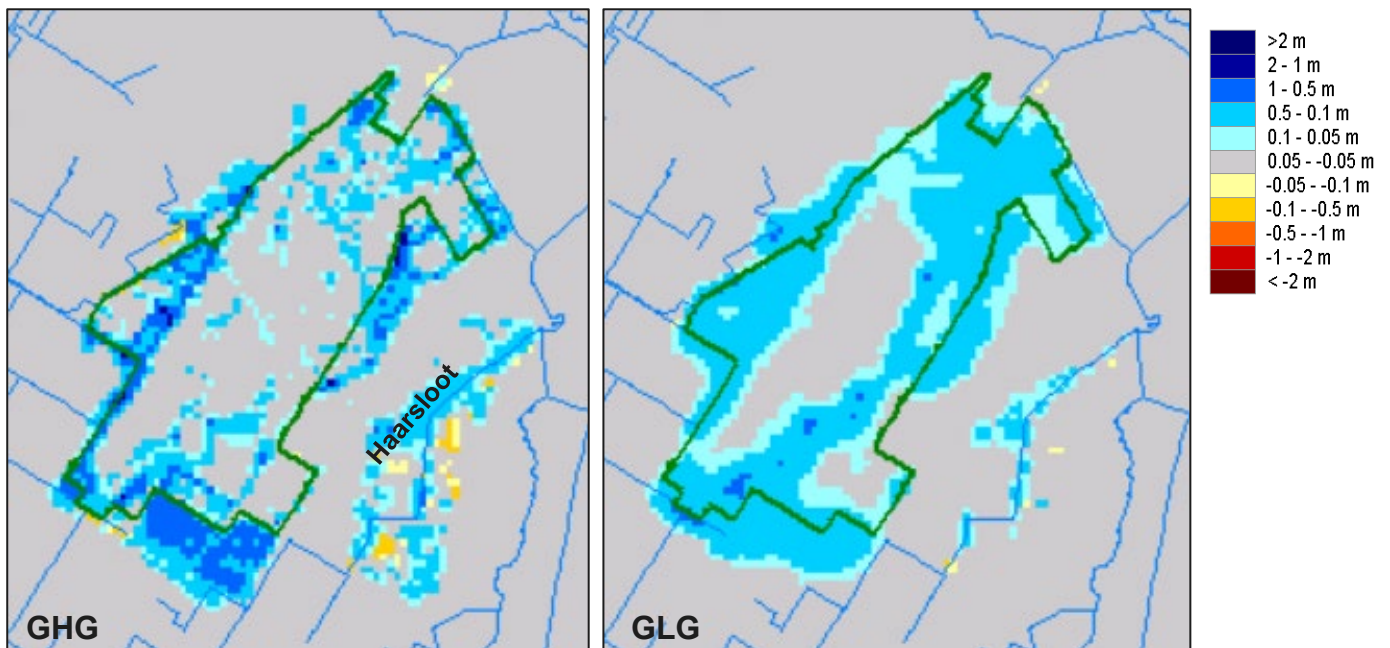
Figuur 47: GxG t.o.v. mv. maatregelpakket 3



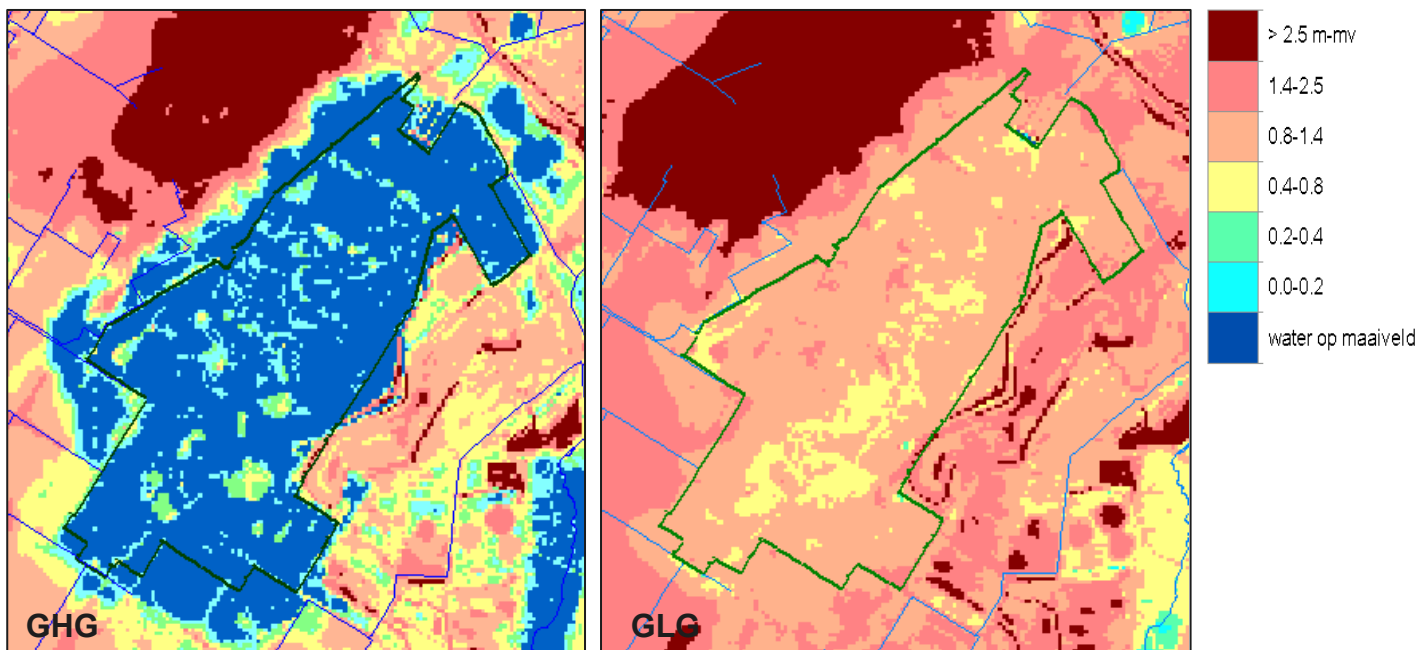
Figuur 48: Effect op jaarlijks gemiddelde kwel t.o.v. de referentie in het veen, pakket 3

5.5 Pakket 4

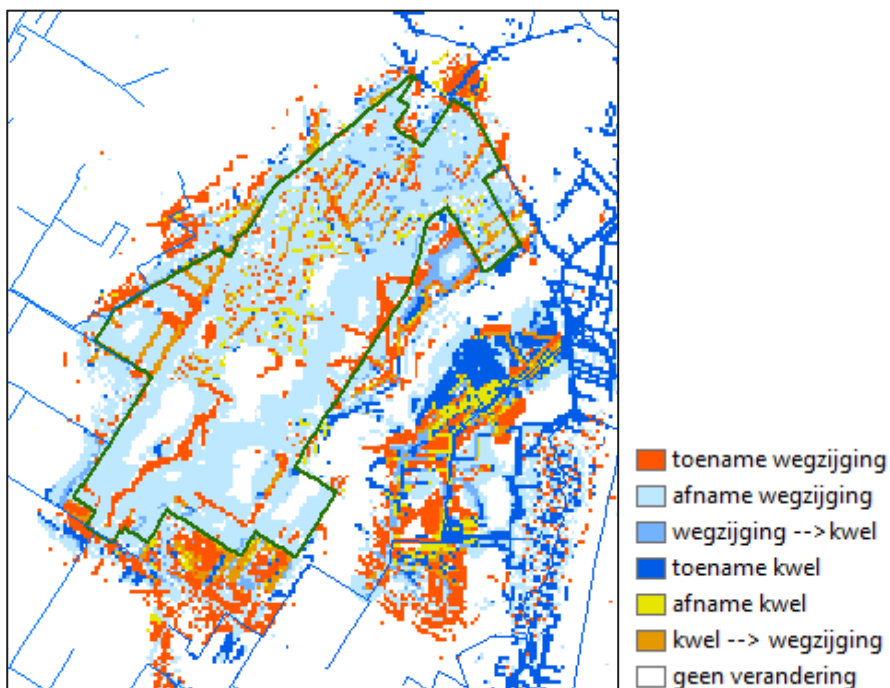
De Haarsloot heeft een sterk drainerende functie. Door het peil van deze watergang te verhogen neemt de drainerende functie af en stijgt de grondwaterstand in de directe omgeving (Figuur 49 en Figuur 50). Het verhogen van het peil lijkt geen uitstralend effect te hebben op de grondwaterstand of de kwelflux in het Witterveld (Figuur 79).



Figuur 49: Effecten maatregelpakket 4 op de GHG en GLG t.o.v. de referentie, in het veen (L3)



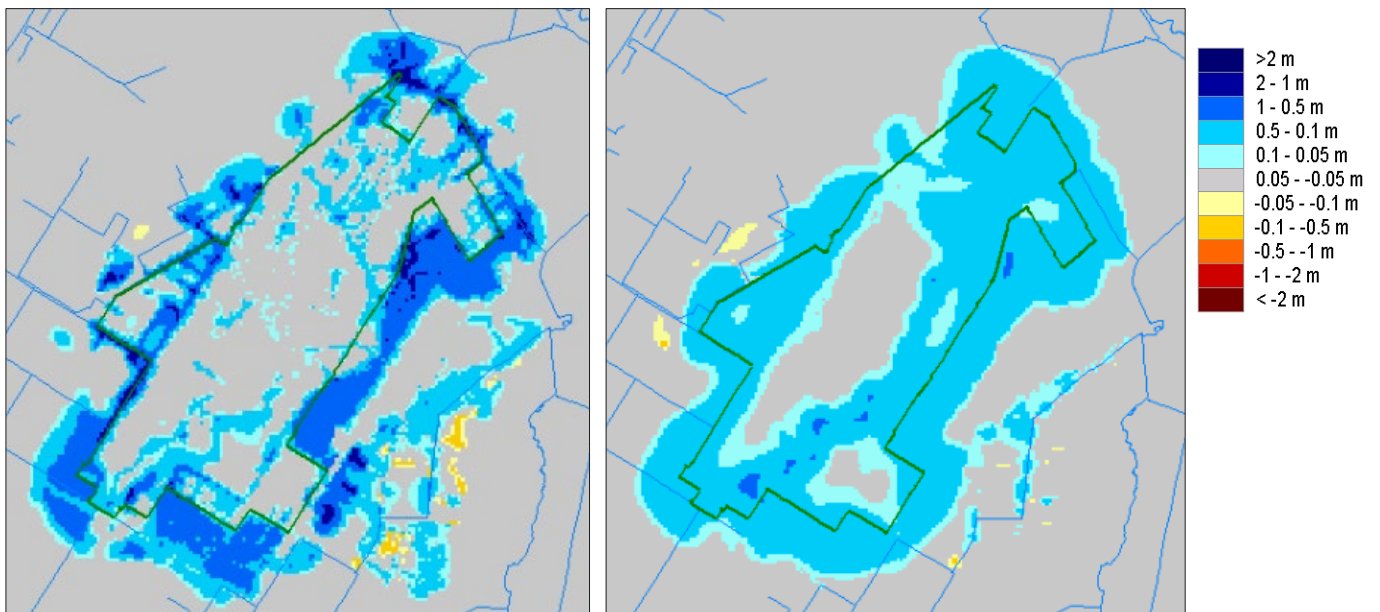
Figuur 50: GxG t.o.v. mv. maatregelpakket 4



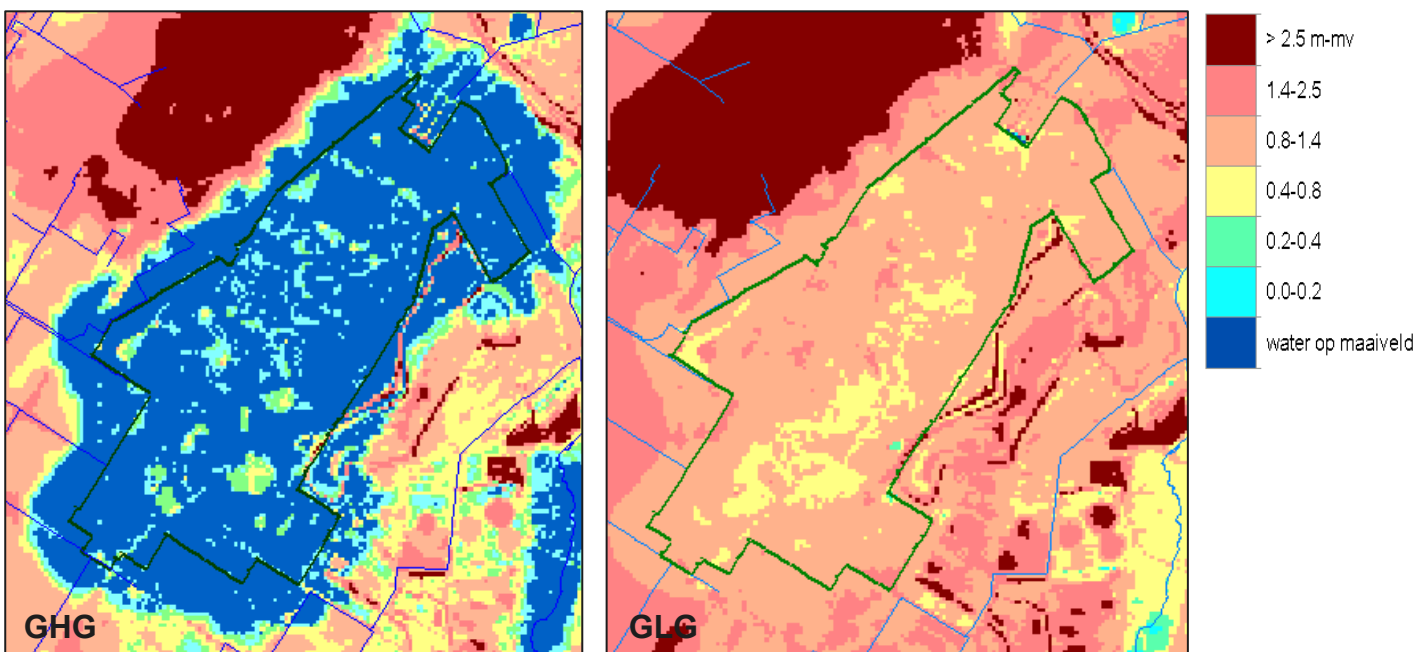
Figuur 51: Effect jaarlijks gemiddelde kwel t.o.v. de referentie, in het veen, pakket 4

5.6 Pakket 5

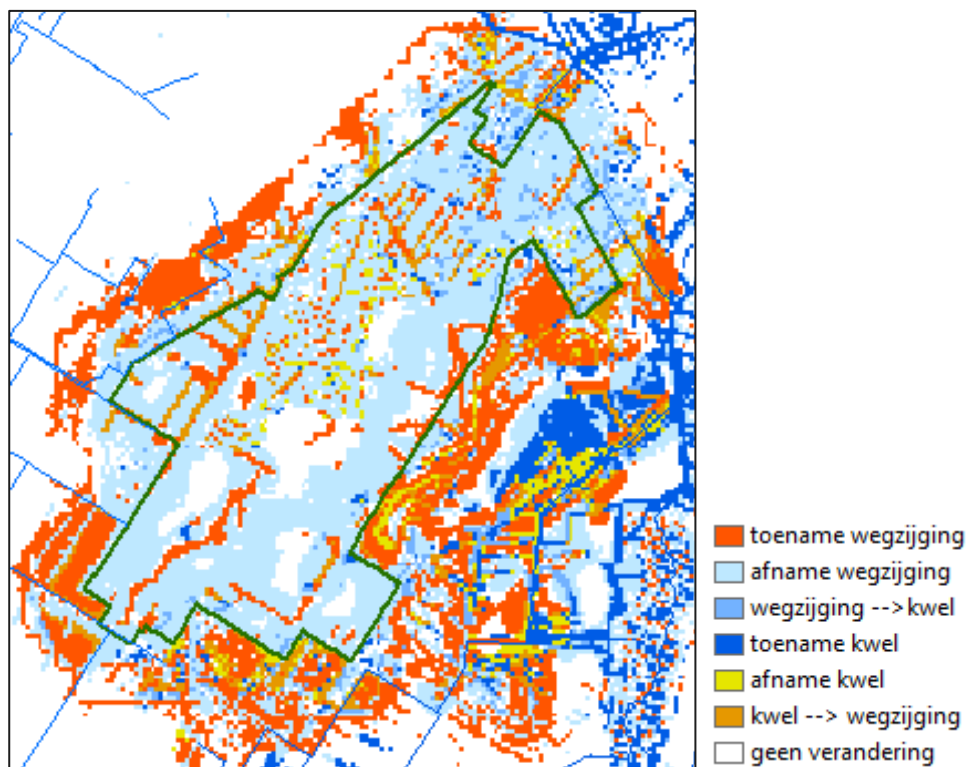
Het dempen van alle watergangen en drainage in de bufferzone (300 m rondom het Witterveld) beperkt de afwatering en geeft een maximale stijging van de grondwaterstand (zie paragraaf 4.1). Rondom de grenzen van het Witterveld is een duidelijke verhoging van de stijghoogte in het veen zichtbaar, maar ook nu is het uitstralend effect op de grondwaterstand in het centrale deel van het Witterveld beperkt. De berekende verdroging aan de rand van het Witterveld is het modelmatige gevolg van het dempen van infiltrerende watergangen. Door het dempen van watergangen in de bufferzone neemt de wegzijging in deze zone toe (Figuur 54).

**GHG****GLG**

Figuur 52: Effecten maatregelpakket 5 op de GHG en GLG t.o.v. de referentie, in het veen (L3)

**GHG****GLG**

Figuur 53: GxG t.o.v. maatregelpakket 5



Figuur 54: Effect jaarlijks gemiddelde kwel t.o.v. de referentie, in het veen, pakket 5

6 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

6.1 Conclusies

Het doel van dit onderzoek is om dusdanig inzicht te krijgen in het geohydrologisch systeem, dat een betrouwbare onderbouwing van de effectiviteit van maatregelen ten behoeve van de optimalisatie van hoogveenontwikkeling in het Witterveld kan worden gegeven.

Inzicht in het geohydrologisch systeem

Dit onderzoek heeft een beter inzicht in het geohydrologisch systeem opgeleverd. De combinatie van fysische (veld)gegevens, eco-hydrologische kennis van experts in de hydrologische begeleidingsgroep en de inzet van het ontwikkelde grondwatermodel zijn hiervoor de basis. De belangrijkste conclusies zijn:

- 99% van het water in het Witterveld komt uit neerslag. Slechts 1% stroomt als grondwater vanuit de omgeving toe als 'kwel'.
- Het grootste deel (Ruim 60%) van het water in het Witterveld verdampt.
- Circa 2/3 deel van de netto grondwateraanvulling stroomt af via de in het Witterveld aanwezige ontwateringssystemen (onder meer sloten en greppels) en als oppervlakkige afvoer over het maaiveld.
- Het resterende 1/3 deel uit de waterbalans van het veen zijgt grotendeels weg naar de ondergrond of stroomt lateraal uit het veen. Er is nagenoeg géén grondwaterstroming door de keileem. Het wegzijgingswater stroomt dus door de Gliede of Gytja, door de verkitte B-horizont maar over de keileem naar de randen van het gebied en voegt zich daar bij het lateraal afstromende water.

De effectiviteit van maatregelen

Voor het Natura 2000-gebied Witterveld is de hoofdpoging het hoogveenoppervlak te vergroten en de kwaliteit van het actieve hoogveen te verbeteren. Om dit te bereiken zijn maatregelen nodig die zorgen voor een jaarrond stabiele hoge (grond)waterstand, waarbij de lekverliezen beperkt blijven.

Het ontwikkelde lokale grondwatermodel is zeer goed in staat de hydrologische processen in het Witterveld te simuleren. Het grondwatermodel is daarmee een goed instrument om de effectiviteit van maatregelen te onderbouwen. Dit beeld wordt door de hydrologische begeleidingsgroep bevestigd. Met behulp van het grondwatermodel kan het volgende over de effectiviteit van maatregelen worden geconcludeerd:

- Het Witterveld raakt het meeste water kwijt door ontwateringssystemen en oppervlakkige afvoer. Hierdoor wordt het water versneld afgevoerd naar de lagere delen. Het zorgvuldig dempen van watergangen en het nog niet gedempte deel van de tankgracht leidt tot een aanzienlijke verbetering van de waterhuishouding.
- De invloed van de gedempte tankgracht is lastig vast te stellen omdat de opvulling ruimtelijk sterk verschilt. De tankgracht is gedempt met alles wat in de directe omgeving beschikbaar was. De invloed van de tankgracht is tweeledig. De relatief hoge doorlatendheid zorgt voor een snellere afvoer van water. Daarnaast is ter plaatse van de tankgracht de infiltratieweerstand verstoord: er is géén gliede, gytja of verkitte B-horizont meer aanwezig. Hierdoor wordt de zandtussenlaag ook (sterk) gedraineerd. Hierdoor reikt het effect van de tankgracht door tot ver in het veen. Het herstellen van de weerstand, zowel horizontaal als ook verticaal, is een effectieve maatregel om de afvoer te vertragen.
- De goede ontwatering van de omgeving 'trekt' aan het Witterveld. Met name de watergangen op de randen van het N2000-gebied hebben hierdoor een grote invloed op de waterhuishouding van het Witterveld. Het dempen van de watergangen op de N2000-begrenzing hebben een positief effect op de laterale afstroming. Het verwijderen van de ontwatering in potentiële buffergebieden voorkomt dat in de randgebieden de grondwaterstand omlaag wordt getrokken en vertraagt de afvoer van de zandlaag.
- Desondanks blijft er nog een (groot) deel van de laterale afstroming in stand. Maatregelen aan het watersysteem in de omgeving van het Witterveld blijken hierop maar een beperkt effect te hebben. Buiten de N2000-begrenzing bestaat de toplaag uit veel beter doorlatend materiaal. Het veen is gemineraliseerd en weerstandslagen zijn verstoord. Daardoor is het aannemelijk dat ook de verkitte B-horizont hier een minder prominente rol speelt. Dit resulteert in een hogere spreidingslengte met als gevolg dat het omliggende watersysteem de afvoer (voor een deel) overneemt. De mate waarin de doorgerekende maatregelen in de omgeving van het Witterveld een bijdrage leveren blijkt beperkt.

Het meest effectief zijn de interne hydrologische maatregelen: dempen van de watergangen en het nog niet gedempte deel van de tankgracht, herstellen van de weerstand van het gedempte deel van de tankgracht en mogelijk ook het beperken van een versnelde oppervlakkige afvoer door slenken.

Door de interne hydrologische maatregelen te combineren met het aanpassen van de watergangen op de begrenzing van de N2000-gebieden, komen grote delen van het Witterveld in het suboptimale bereik. De GLG zakt niet dieper uit dan 40 tot 80 cm -mv. en de wegzijging neemt in een groot deel van het N2000 gebied af. Uitstraling naar de omgeving zijn, om dezelfde reden als genoemd bij de regionale maatregelen, zeer beperkt. Aan de zuidkant en de westkant is een (beperkte) uitstraling buiten het gebied waarbinnen maatregelen zijn genomen, zichtbaar.

Ook met het toevoegen van de voorgestelde regionale maatregelen lukt het nog niet richting het optimale bereik te komen. Hiervoor is een verdere optimalisatie van maatregelen nodig.

Optimalisatie van de voorgestelde hydrologische maatregelen

De optimalisatie van de maatregelen bestaat naast het optimaliseren en juist uitvoeren van de voorgestelde maatregelen ook uit het nader verkennen van andere maatregelen. Suggesties hiervoor zijn opgenomen als aanbevelingen.

Bij het nemen van de interne maatregelen is het van belang dat ze op een deugdelijke wijze worden uitgevoerd. Het dempen van de watergangen moet worden uitgevoerd met materiaal met zeer lage doorlatende eigenschappen. Als hiervoor een te goed doorlatend (zandig) materiaal wordt gebruikt, blijven de oude lopen een drainerende werking houden, zoals ook het gedempte deel van de tankgracht dat doet.

De tankgracht doorsnijdt alle weerstand biedende bodemlagen tot in de keileem. Hierdoor wordt de zandtussenlaag op de keileem sterk gedraineerd. Om de hydrologische situatie te verbeteren moeten de eigenschappen van de ondergrond worden hersteld. Daarmee moet zowel de drainerende werking van de tankgracht zelf als ook de invloed op de aangesneden zandlagen teniet worden gedaan.

De watergangen op de begrenzing van het Witterveld hebben slechts in beperkte mate een drainerende functie, maar meestal wel een afvoerende (transport) functie. Bij het volledig dempen van de watergang is een (beperkt) effect op de omgeving zichtbaar. Deels komt dit doordat de afvoerfunctie van de watergang hiermee komt te vervallen, waardoor detailontwatering ook niet meer functioneert. Met name aan de zuidkant en de westkant moet worden gekeken naar maatwerk om ongewenste effecten te beperken, zonder concessie te hoeven doen aan de effectiviteit van de maatregel. Bij de watergang aan de oostkant moet vooral worden gekeken hoe de hemelwaterafvoer van het TT-circuit kan blijven functioneren. Ook dit is met technisch maatwerk op te lossen zonder concessies te doen aan de effectiviteit van de maatregelen.

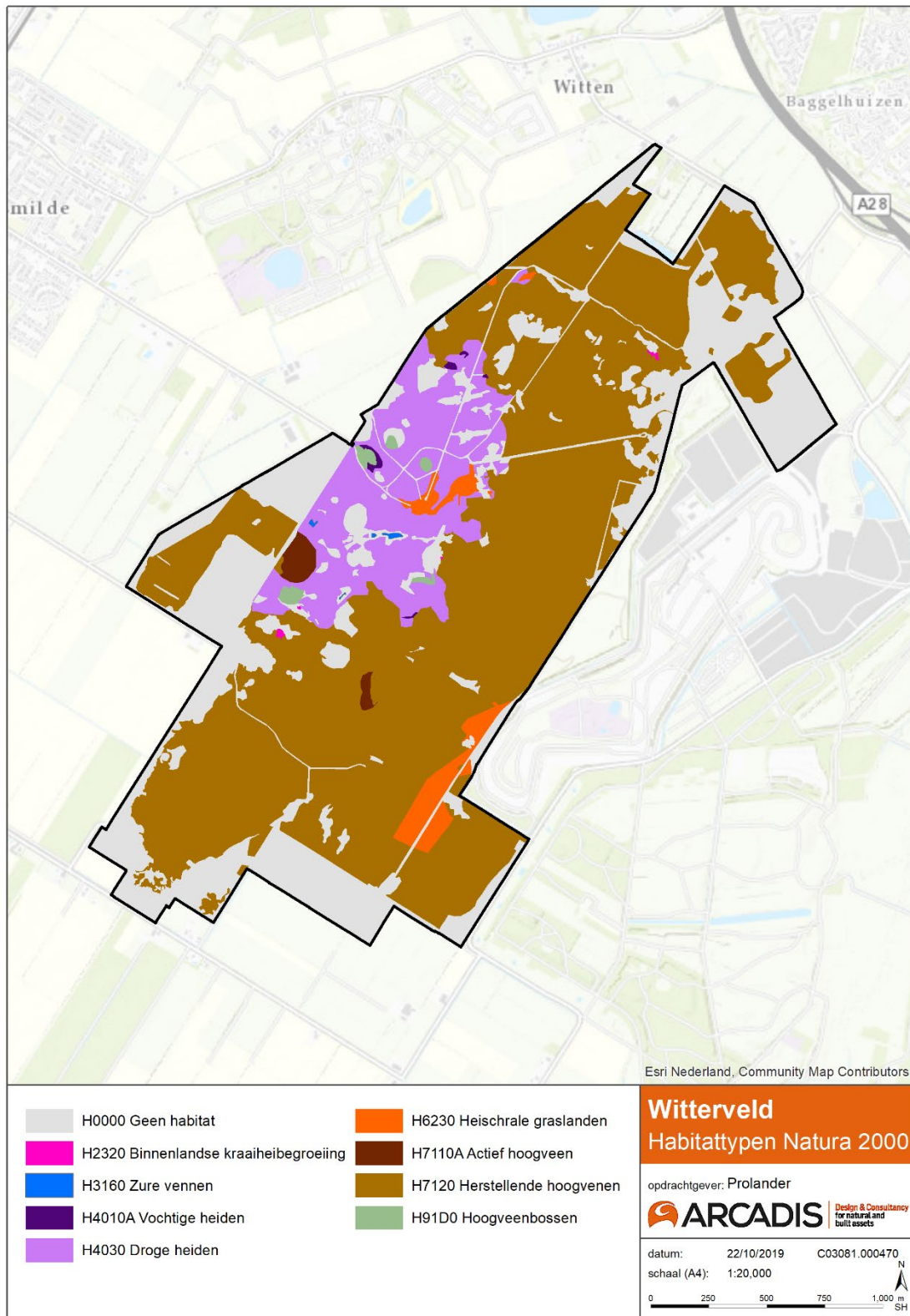
6.2 Discussie en aanbevelingen

Hieronder worden enkele aanbevelingen gedaan voor mogelijke vervolgstappen in en rond het Witterveld:

- Een groot deel van de ontwatering van het Witterveld geschiedt door middel van oppervlakkige afvoer over het maaiveld. Vanwege het microreliëf en de variatie in maaiveldhoogte is het moeilijk om het daadwerkelijke afvoerniveau vast te stellen. Als gevolg hiervan berekent het model soms te weinig, maar meestal te veel afvoer. Daarbij veronderstelt het grondwatermodel dat het water dat over het maaiveld afstroomt ook daadwerkelijk wordt afgevoerd. In werkelijkheid zal een deel verderop in het Witterveld infiltreren. Het gebruikte grondwatermodel overschat hierdoor de afvoer over maaiveld. Met een meer gedetailleerde opname van het maaiveld, kan de daadwerkelijke afvoer beter worden ingeschat. Daarnaast levert een nauwkeurig beeld van de maaiveldhoogte een meer betrouwbaar beeld van de grondwaterstanden ten opzichte van het maaiveld.
- De grootste verliespost op de waterbalans is de verdamping. We weten van hoogveenvegetatie dat deze zeer goed in staat is om de vochtcondities te reguleren. Met het grondwatermodel worden deze mechanismen mogelijk niet goed meegenomen. Belangrijker nog is te beseffen dat deze positieve terugkoppeling in de praktijk wel voorkomt. Met hydrologische maatregelen kan de verdamping niet direct worden beïnvloed. Echter, hydrologische maatregelen kunnen, in combinatie met goed beheer, wel resulteren in een ander vegetatiebeeld (bv. meer hoogveenvegetatie) waardoor de verdampingspost in de waterbalans kleiner wordt.

- De invloed van de gedempte tankgracht is, zoals hierboven beschreven, gecompliceerd. De drainerende werking moet worden opgeheven. Dit is modelmatig eenvoudig te berekenen, maar vraagt meer inzicht om dit in de praktijk te kunnen doorvoeren. Naast de horizontale stromingscomponent moet ook de verticale stroming en de interactie met de (tussen)zandlagen worden teruggedrongen. Meer onderzoek is nodig om te bepalen met wat voor materiaal de tankgracht is gedempt en hoe het afdichten van de tankgracht moet worden uitgevoerd. Onderzoeksvraag die open staat: is een extra horizontale weerstand nodig, of kan het gewenste effect worden bereikt met compartimentering van de gracht?
- De spreidingslengte buiten het gebied is groter dan in het Witterveld. Het positieve effect hiervan is dat effecten van het Witterveld zelf maar beperkt doorwerken naar de omgeving. De keerzijde is dat regionale maatregelen ook slechts beperkt doorwerken tot in het Witterveld. De grote spreidingslengte is deels te verklaren door het ontbreken van het veen. Ook is in de modelstudie aangenomen dat de B-horizont veel minder is verkit. Buiten de N2000-begrenzing is géén verhoogde weerstand opgenomen in het grondwatermodel. De reactie van grondwaterstandsmetingen op neerslaggebeurtenissen doen ook vermoeden dat hier slechts een beperkte bodemweerstand aanwezig is. Echter, dit kan lokaal (sterk) verschillen. Deze mogelijke verschillen zijn in het kader van dit onderzoek niet in beeld gebracht. Als gevolg hiervan wordt de bijdrage van regionale maatregelen mogelijk onderschat. Aan de andere kant kan hierdoor het negatieve effect op de landbouwpercelen in de omgeving ook groter zijn dan nu wordt verwacht. Het is wenselijk om dit voor de uitvoering van maatregelen, zoals dempen van randsloten en inrichten van buffers, nader te onderzoeken.
- De buffergebieden liggen stroomafwaarts van het hoogveen en richten zich nu op het beter vasthouden van het beschikbare water in het Witterveld. Hier was vroeger nauwelijks of zelfs geen hoogveen ontwikkeld. Hierdoor leveren de buffergebieden ook nu slechts een beperkte bijdrage. De buffergebieden kunnen ook gericht worden ingezet als waterbuffers die zorgen voor extra voeding van het hoogveen. Nu is het aandeel dat zijdelings toestroomt minder dan 1%. Echter, ten westen en zuidwesten van het Witterveld zijn grote en dikke veenpakketten afgegraven, waardoor de voeding van het hoogveen veel groter is geweest. Door een andere inrichting van buffergebieden in (met name) het zuidwesten kan mogelijk extra voeding worden gerealiseerd. Deze inrichting van de buffergebieden is in deze studie niet onderzocht. We bevelen aan dit wel te doen, omdat er goede redenen zijn te verwachten dat het wel een positief effect heeft op de voeding van het hoogveen en het verhogen van de grondwaterstanden in het veenpakket.
- De effectiviteit van de maatregelen moet zich uiten in het bereiken van de instandhoudingsdoelen. De voorgestelde maatregelen hebben allemaal in meer of mindere mate een positief effect op de waterhuishouding. Hierdoor is kwaliteitsverbetering en areaalvergroting van het herstellend hoogveen aannemelijk. Echter, in welke mate het hoogveensysteem hierbij herstelt, is niet zeker. Een goed werkend systeem is robuust en moet ook in staat zijn om bij de te verwachten verandering van het klimaat te blijven functioneren. Zelfs bij het meest uitgebreide maatregelenpakket blijven de zomergrondwaterstanden nog te diep uitzakken en is de wegzijging niet optimaal. Het is onwaarschijnlijk dat bij dat grondwaterregime het areaal actief hoogveen zal toenemen. Aan de andere kant is sprake van schijngrondwaterspiegels. De voorspelde stijgingen van de hoogste grondwaterstanden zullen naar verwachting niet leiden tot grootschalige inundaties van het veen. Allereerst heeft veen het vermogen te zwellen of om op te drijven waardoor gunstige omstandigheden ontstaan voor de vestiging van bultvormende veenmossen. Tevens zal de oppervlakkige zijdelingse afvoer worden gestimuleerd, wat in een intact lensvorming hoogveenlichaam ook gebeurt en grootschalige inundatie voorkomt. Aanvullend hydro-ecologisch onderzoek is nodig om vast te stellen hoe via maatregelen de gewenste vertraagde afvoer over het veen kan worden gerealiseerd.

BIJLAGE 1 HABITATTYPE (NATURA 2000)



Bron: Geoportaal Provincie Drenthe, d.d. 18-10-2019)

BIJLAGE 2 LUCHTFOTO 2018



Esri Nederland, beeldmateriaal.nl

 Natura 2000 grens

Witterveld Luchtfoto 2018

opdrachtgever: Prolander

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and built assets

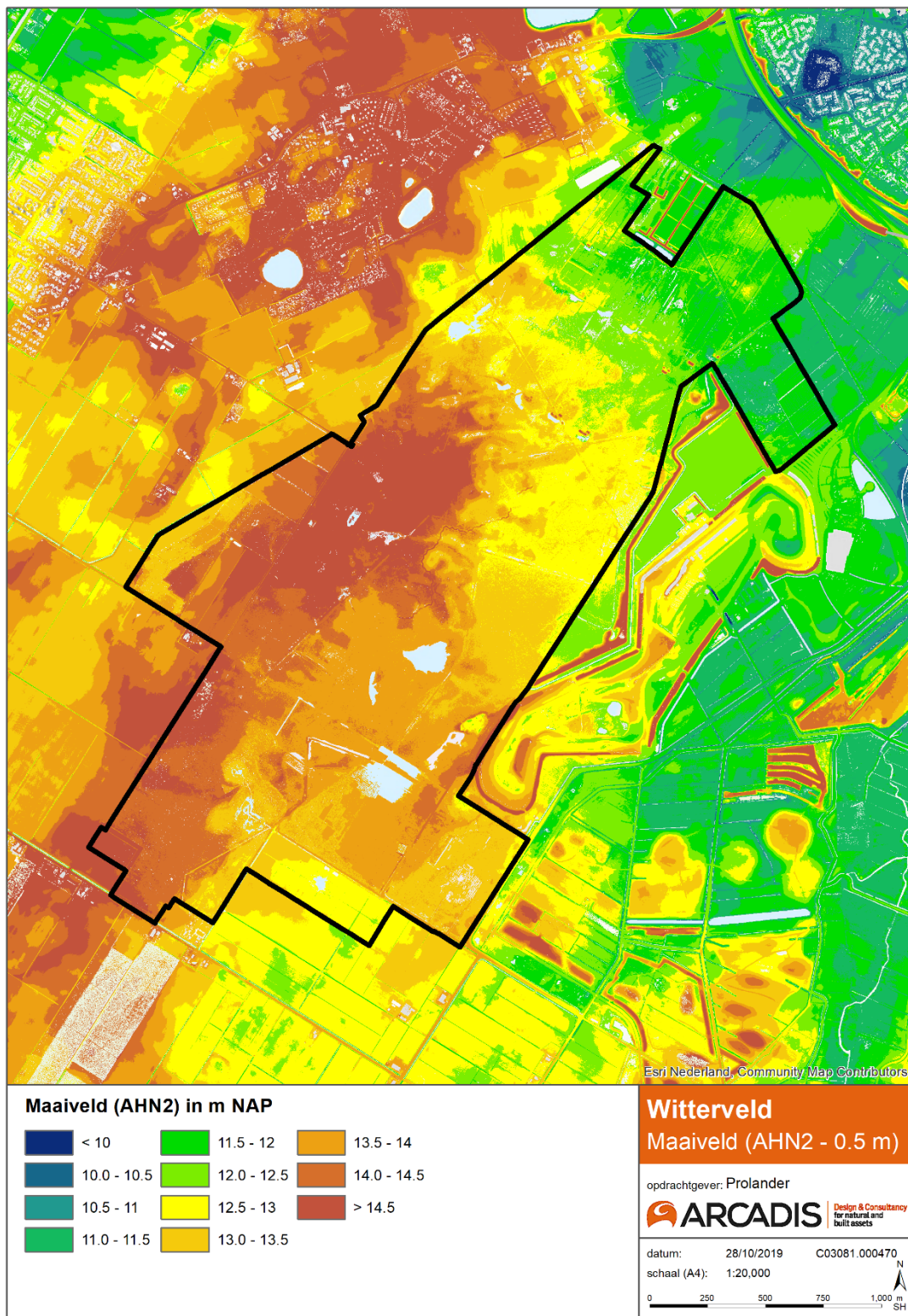
datum: 28/10/2019 C03081.000470

schaal (A4): 1:20,000

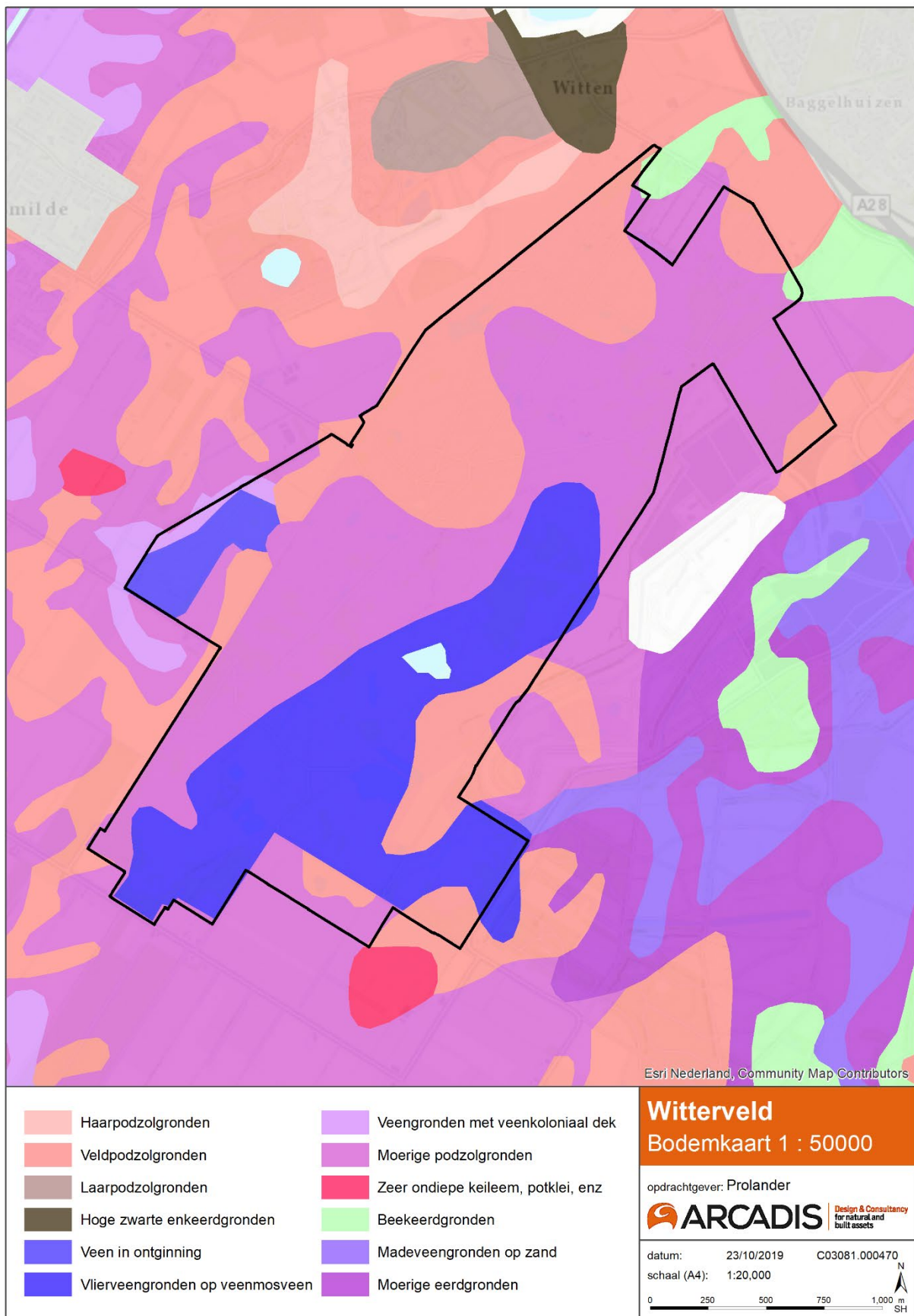
0 250 500 750 1,000 m SH



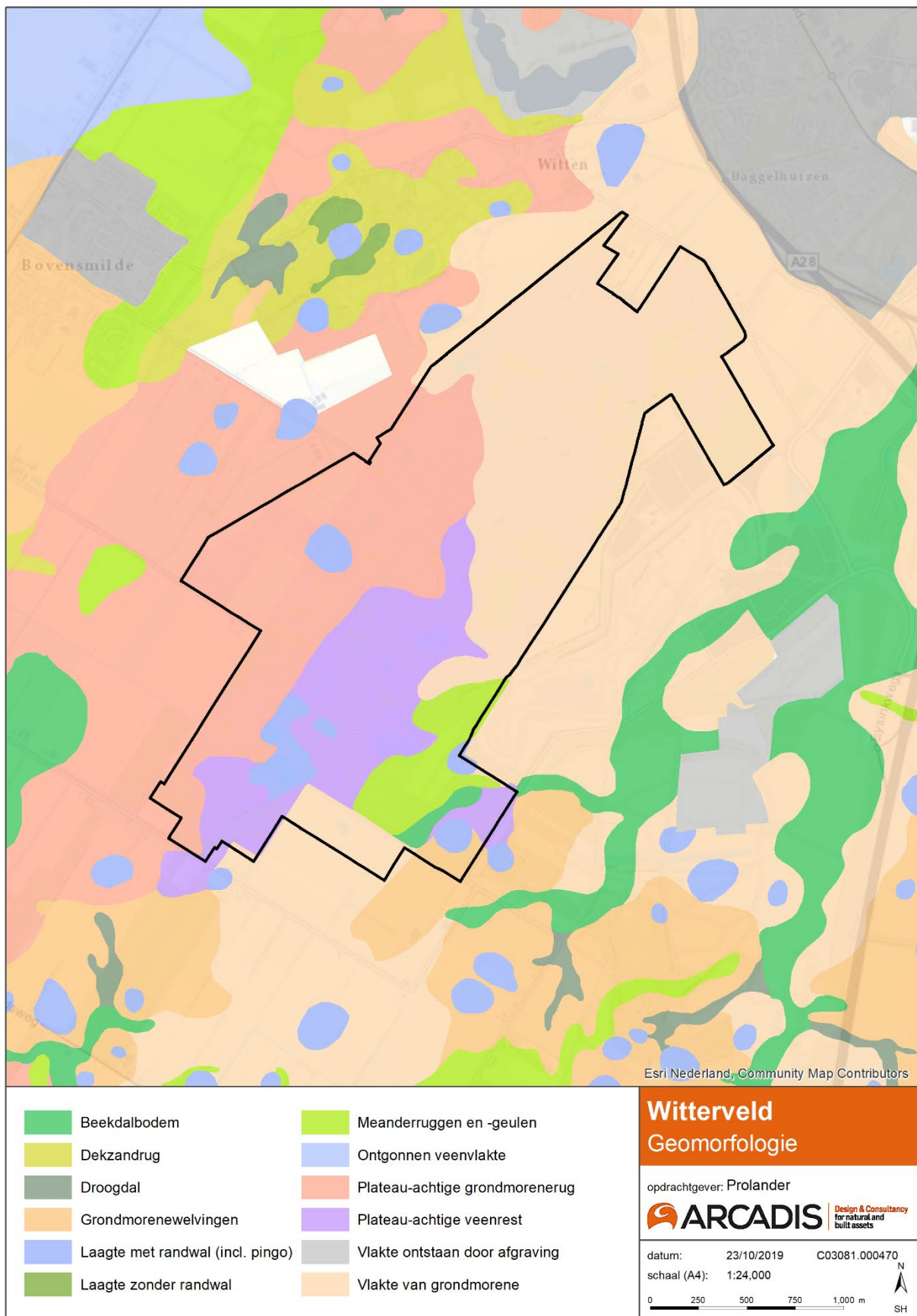
BIJLAGE 3 MAAIVELD (AHN2) 0.5 M



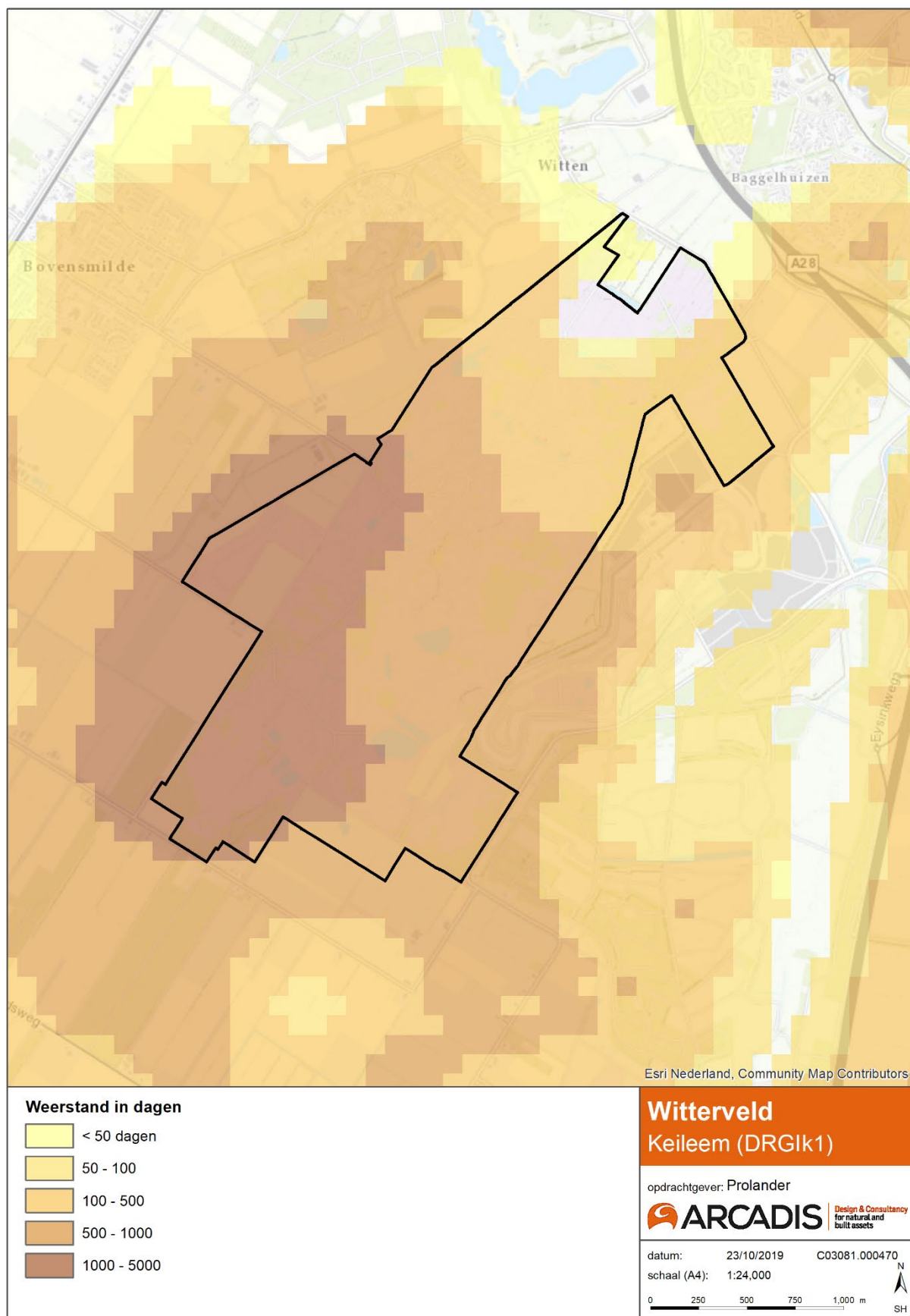
BIJLAGE 4 BODEMKAART 1 : 50.000



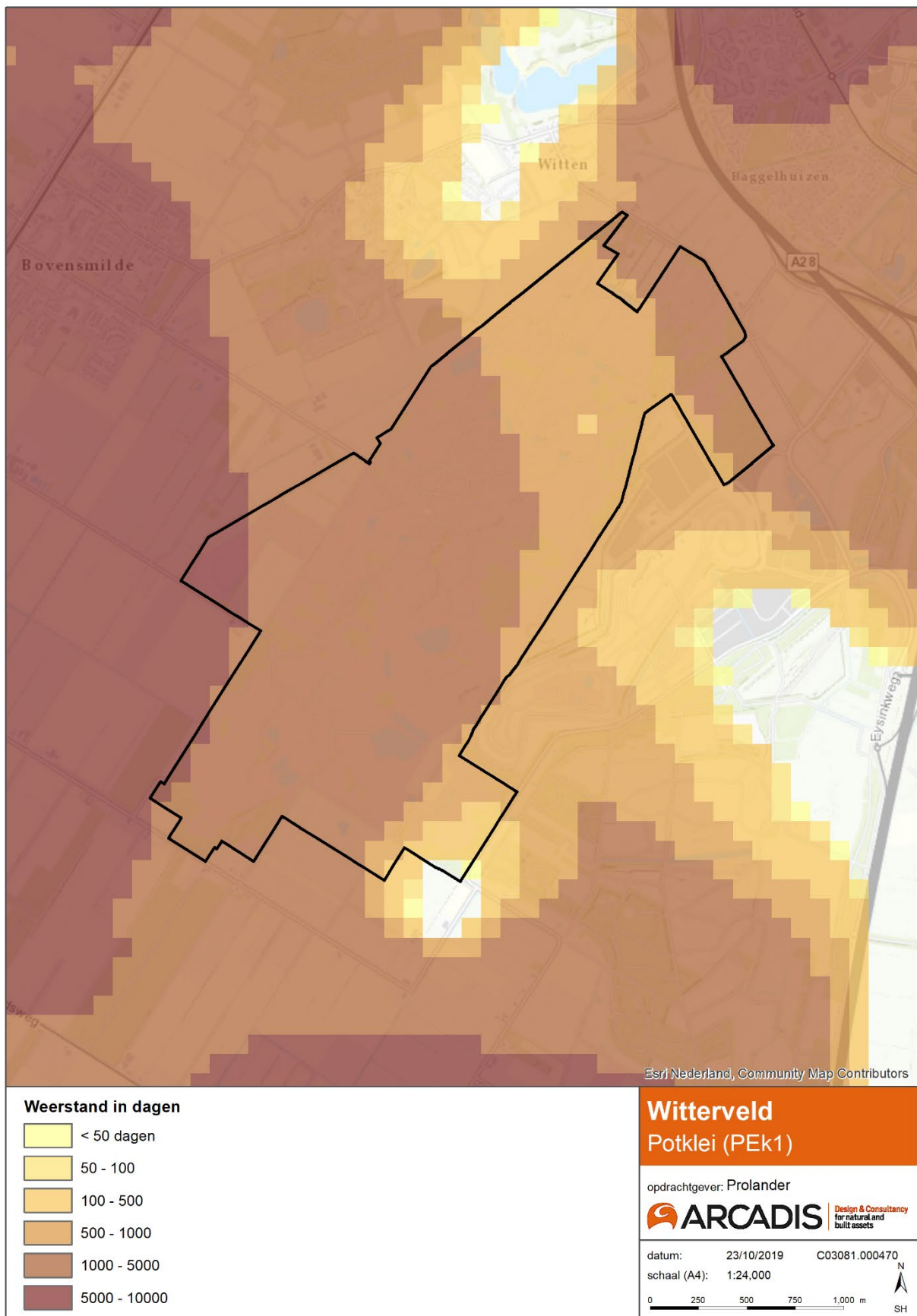
BIJLAGE 5 GEOMORFOLOGISCHE KAART



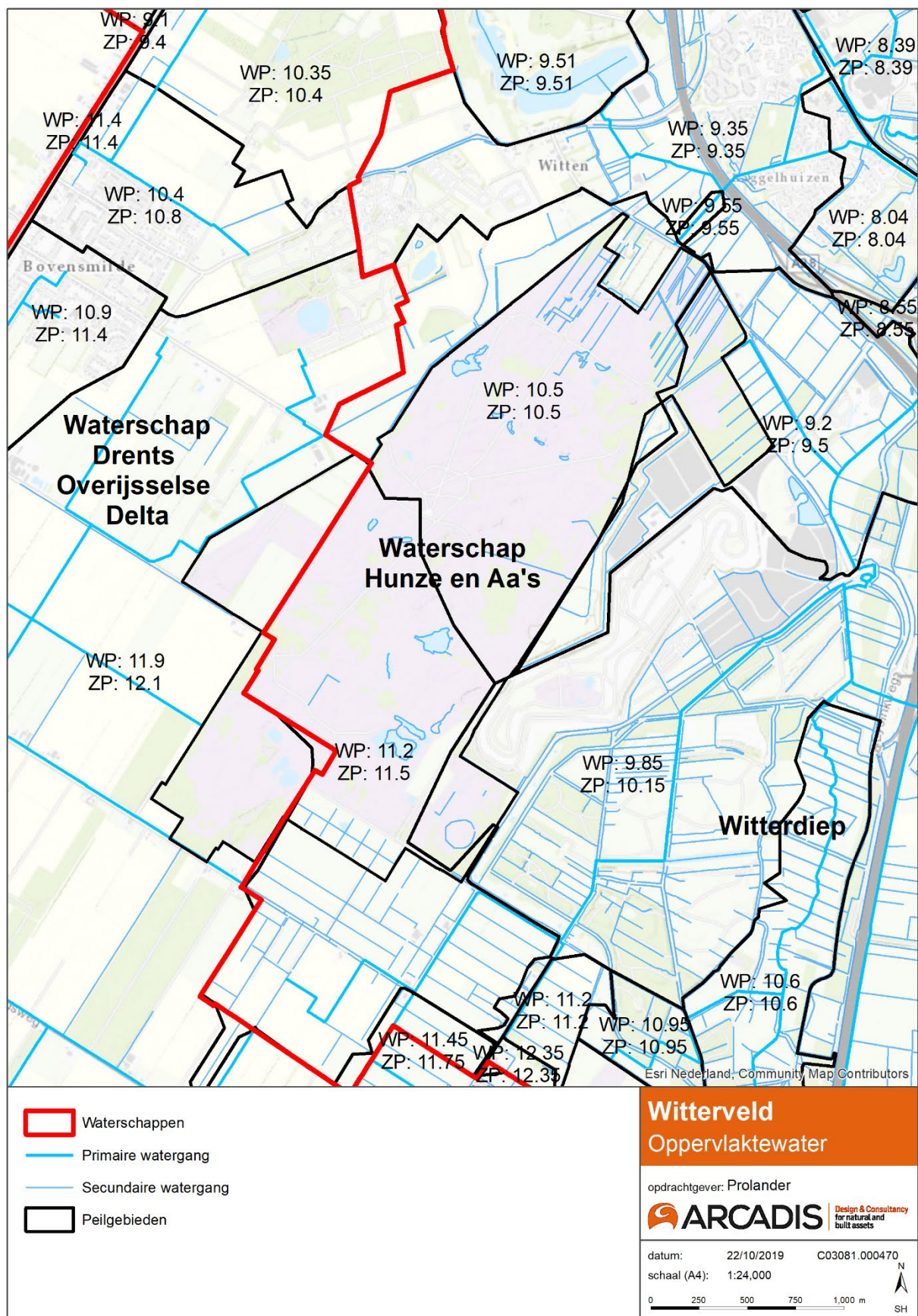
BIJLAGE 6 WEERSTAND KEILEEM (DRGIK1)



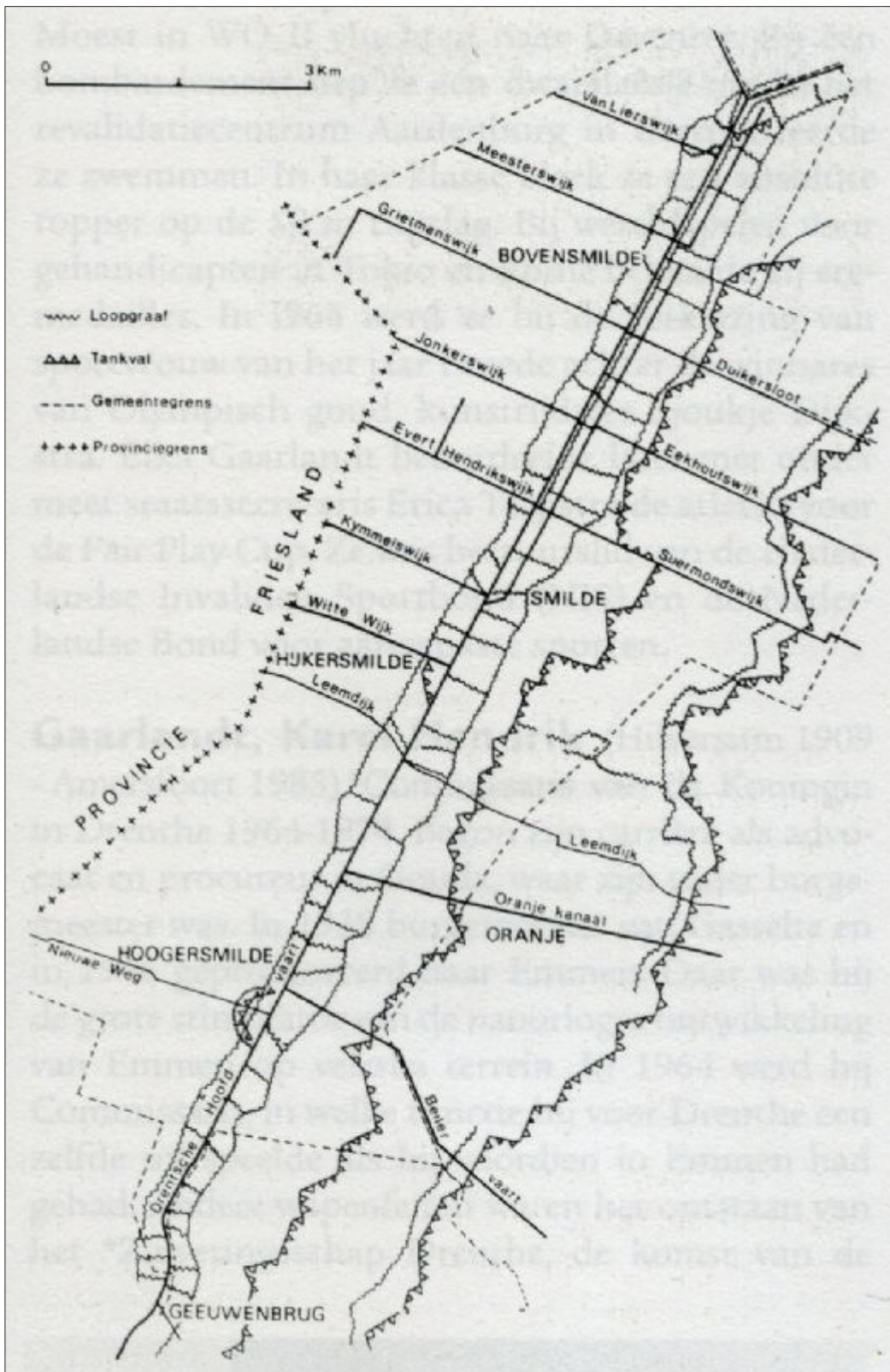
BIJLAGE 7 WEERSTAND POTKLEI (PEK1)



BIJLAGE 8 OPPERVLAKTEWATERSYSTEEM



BIJLAGE 9 TANKGRACHT



Bron: <https://www.geheugenvandrenthe.nl/frieslandriegel/>, d.d. 28-10-2019

BIJLAGE 10 PEILBUISMETINGEN

1. Centrum Witterveld (centraal zuidelijk)

In het centrum van het Witterveld staan, op een relatief korte afstand van elkaar, de peilbuizen B12D1570, P12D0016 en B12D1802 (zie bijlage 10). Alleen het 2^e filter van peilbuis B12D1802 bevindt zich in het 2^e WVP, de overige filters bevinden zich allemaal in het 1^e WVP. Hierbij bevinden de filters van B12D1570 en P12D0016 zich in het veenpakket, en het 1^e filter van B12D1802 zich in het onderliggende dekzand (boven het keileem).

Hoewel de peilbuizen relatief dicht bij elkaar staan, zijn grote verschillen in het verloop van de grondwaterstand van het 1^e WVP waargenomen: de grondwaterstand bij B12D1570 zakt relatief beperkt uit, in tegenstelling tot peilbuis B12D1802. Bij peilbuis B12D1802 zakt de grondwaterstand gedurende de zomermaanden diep uit. De ondergrond van B12D1802 bestaat uit een dun veenpakket met hieronder een diep zandpakket tot aan de keileemlaag. Het filter van peilbuis B12D1570 bevindt zich in een dikke veenlaag gevolgd door een dun zandpakket, en een meters dikke keileemlaag (Bijlage 14). Het dikkere veenpakket is beter in staat het water vast te houden waardoor het water er langer overdoet om te infiltreren. Daarnaast remt de keileemlaag de infiltratie.

2. Oostzijde van het Witterveld

Aan de oostzijde liggen de peilbuizen B12D1801, B12D1803, B12D1823 en B12D1804 in een raai naast elkaar. Alleen het 2^e filter van peilbuis B12D1823 bevindt zich in het 2^e WVP, de overige filters bevinden zich allemaal in het 1^e WVP. Hierbij bevinden de filters van B12D1801 en B12D1803 zich in het veenpakket en de filters van B12D1823 en B12D1804 in het onderliggende dekzand (boven het keileem).

Bij peilbuis B12D1801 en B12D1803 is een vergelijkbare fluctuatie van de grondwaterstand gemeten; een relatief hoge en constante grondwaterstand, die beperkt uitzakt. In het onderliggende dekzand is de gemeten stijghoogte in het 1^e WVP lager (B12D1823 en B12D1804), en deze zakt ook relatief diep uit gedurende de zomermaanden. De stijghoogte in het 2^e WVP bij B12D1823 ligt circa 1 m lager dan in het bovenliggende watervoerende pakket.

3. Noordzijde van het Witterveld

Aan de noordzijde van het Witterveld liggen de peilbuizen B12D1811, B12D1816, B12D1819 en B12D1820. Al deze peilbuizen staan in het dekzand (boven de keileem). De filters van peilbuis B12D1816 (filter 1 en 2) en B12D1819 staan in het 1^e WVP. De grondwaterstand zakt gedurende de zomer sterk uit. Peilbuizen B12D1811 en B12D1820 staan in het 2^e WVP, in dit pakket is de gemeten stijghoogte circa 1 meter lager.

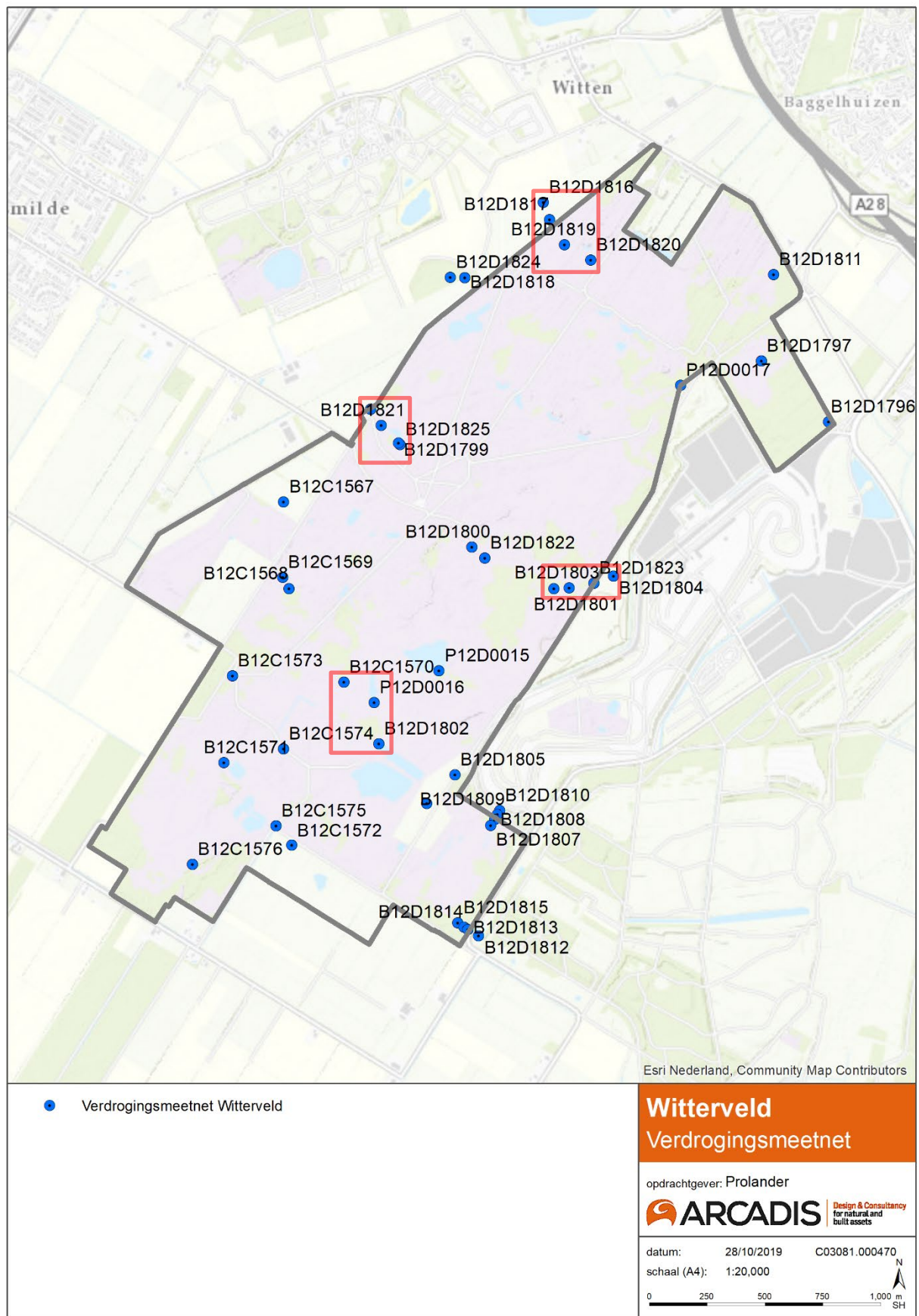
4. Westzijde van het Witterveld (omgeving pingo)

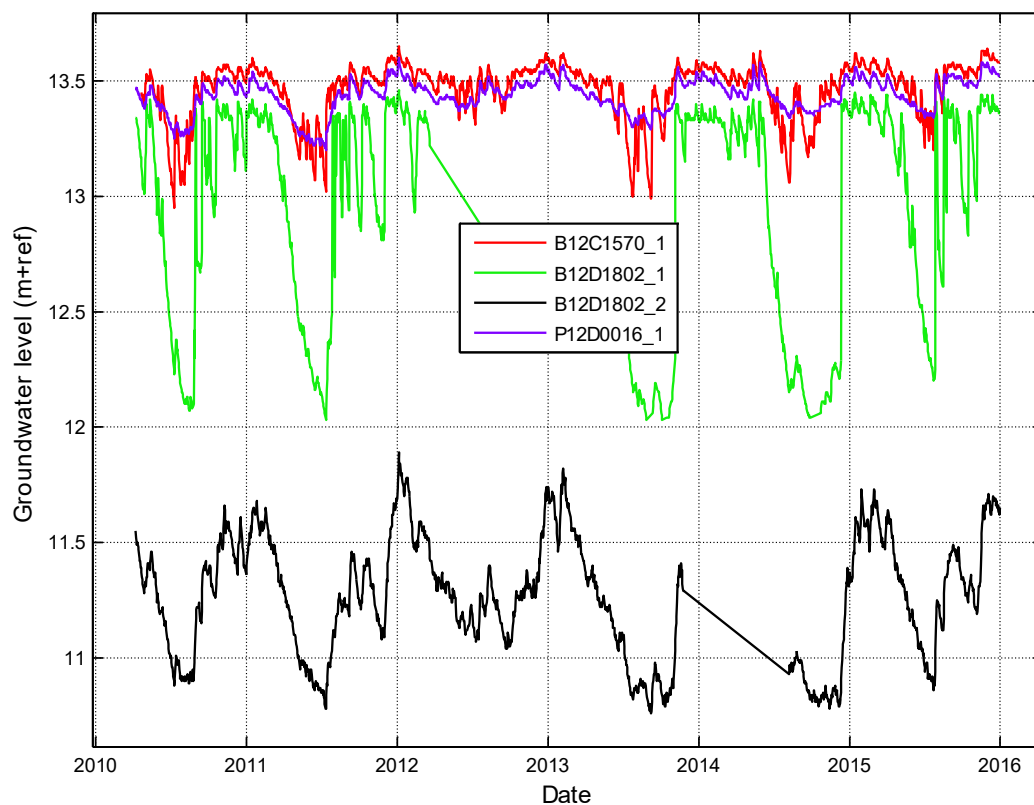
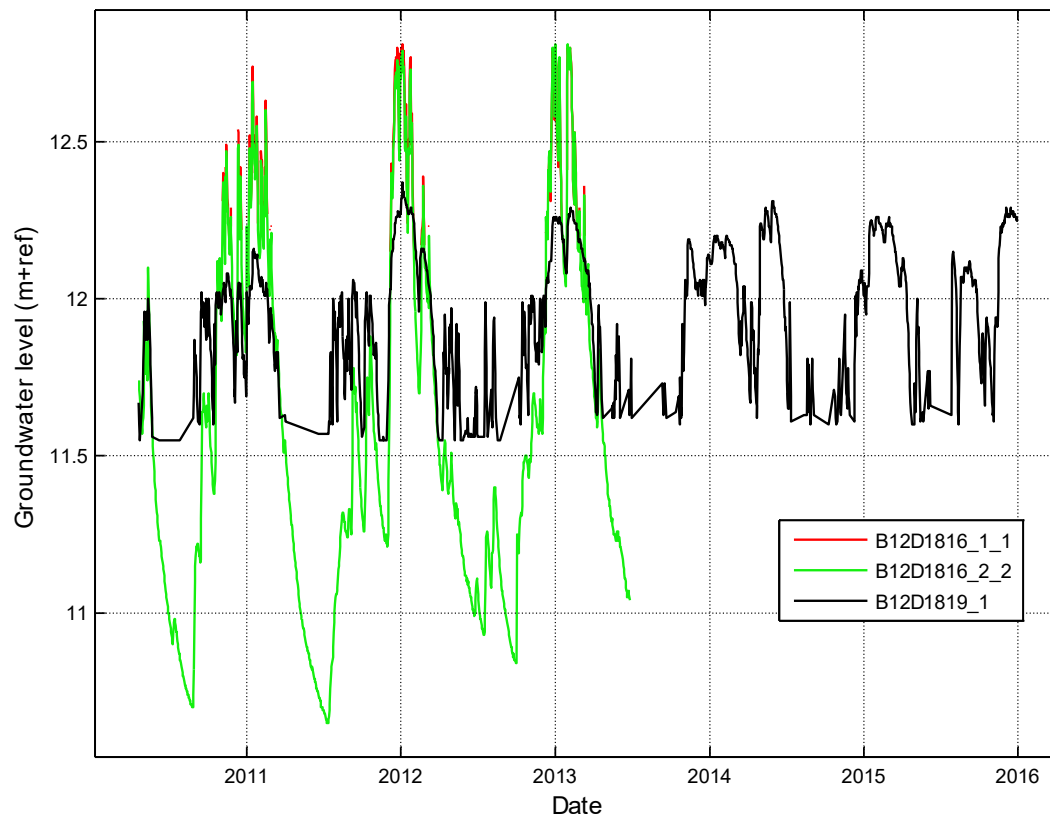
In het westen van het Witterveld ligt een pingoruïne. Peilbuis B12C1567, B12C1568 en B12C1569 liggen in de directe omgeving van de pingo. Peilbuis B12C1567, B12C1568 en B12C1569 (filter 1) staan in het veenpakket. Bij peilbuis B12C1568 wordt de grondwaterstand in de zomermaanden aan het maaiveld afgetopt. In alle drie de peilbuizen komt een schijngrondwaterspiegel voor.

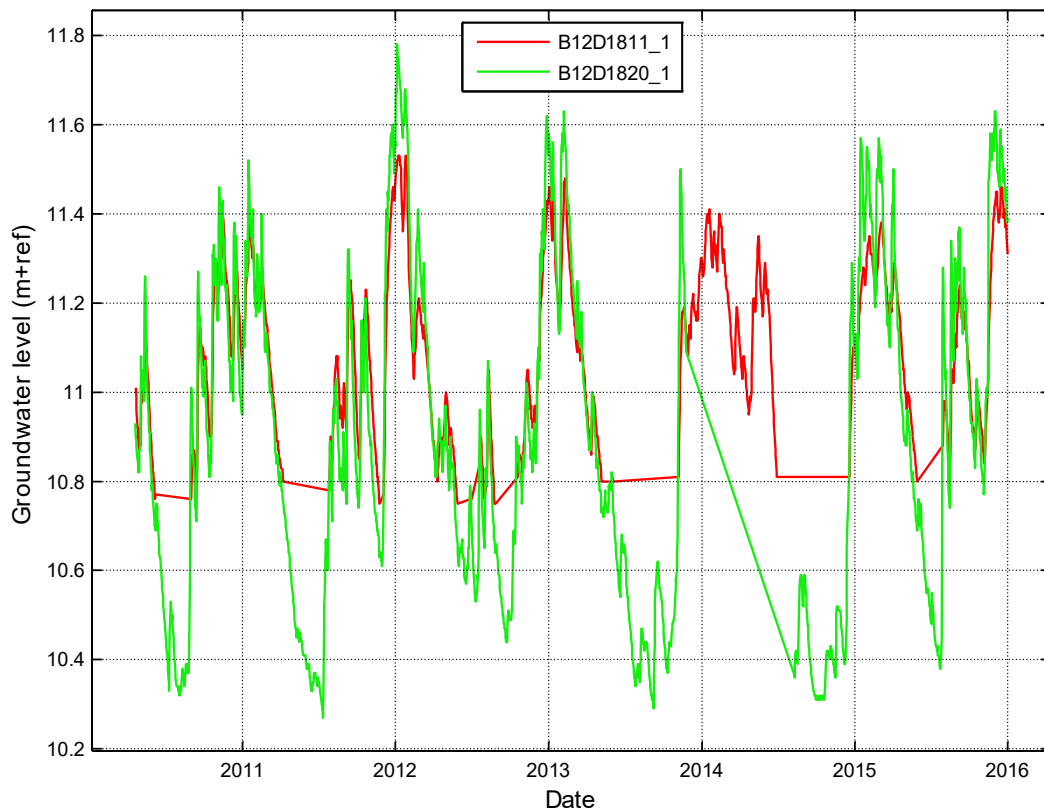
Peilbuis B12C1569 heeft een tweede filter onder het veen in het dekzand (WVP1). De grondwaterstand in het 1^e WVP pakket is beduidend lager, het gemiddelde stijghoogteverschil tussen het veen en het 1^e WVP bedraagt in de GHG circa 3 meter.

5. Zuidzijde van het Witterveld (omgeving kwelscherm)

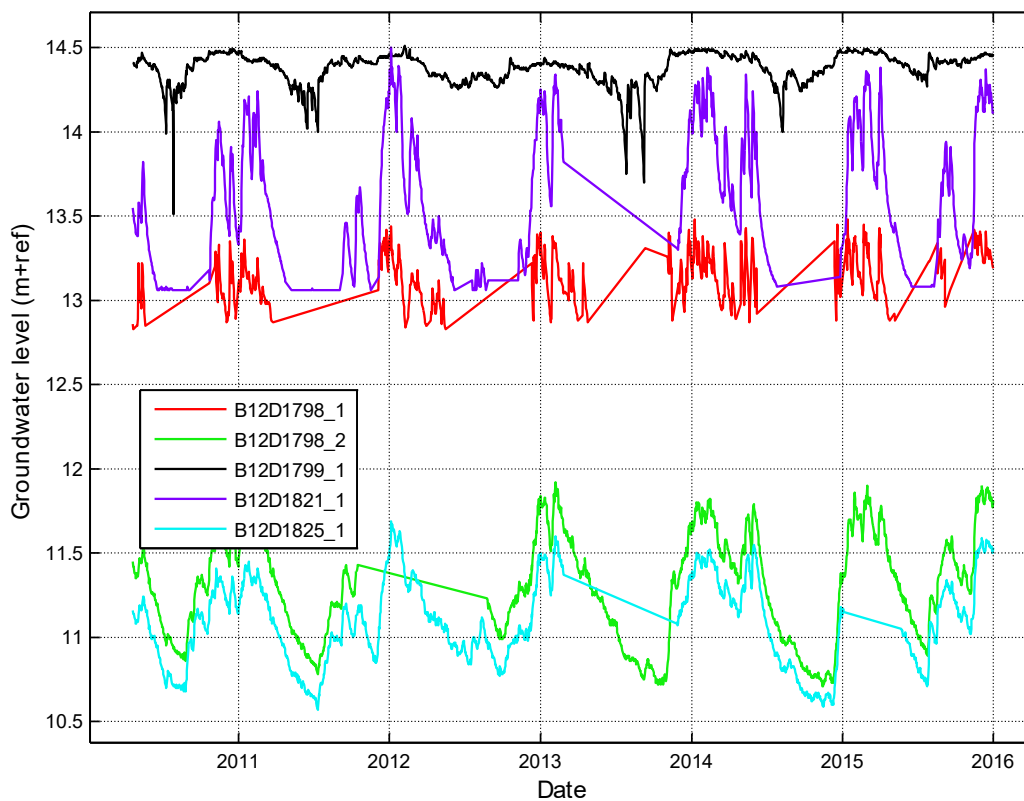
Aan de zuidzijde van het Witterveld vormen peilbuizen B12D1815, B12D1814, B12D1813 en B12D1812 een raai. Alle vier de buizen staan in het 1^e WVP. Van west naar oost is een lichte daling van de gemiddelde grondwaterstand zichtbaar. Gedurende de zomer vallen alle vier de peilbuizen droog, ook hier lijkt de grondwaterstandsfluctuatie gedurende het jaar groot. Peilbuis B12D1813 heeft een tweede filter in het 2^e WVP. De grondwaterstand in het 2^e WVP ligt gemiddeld circa 1 meter lager.

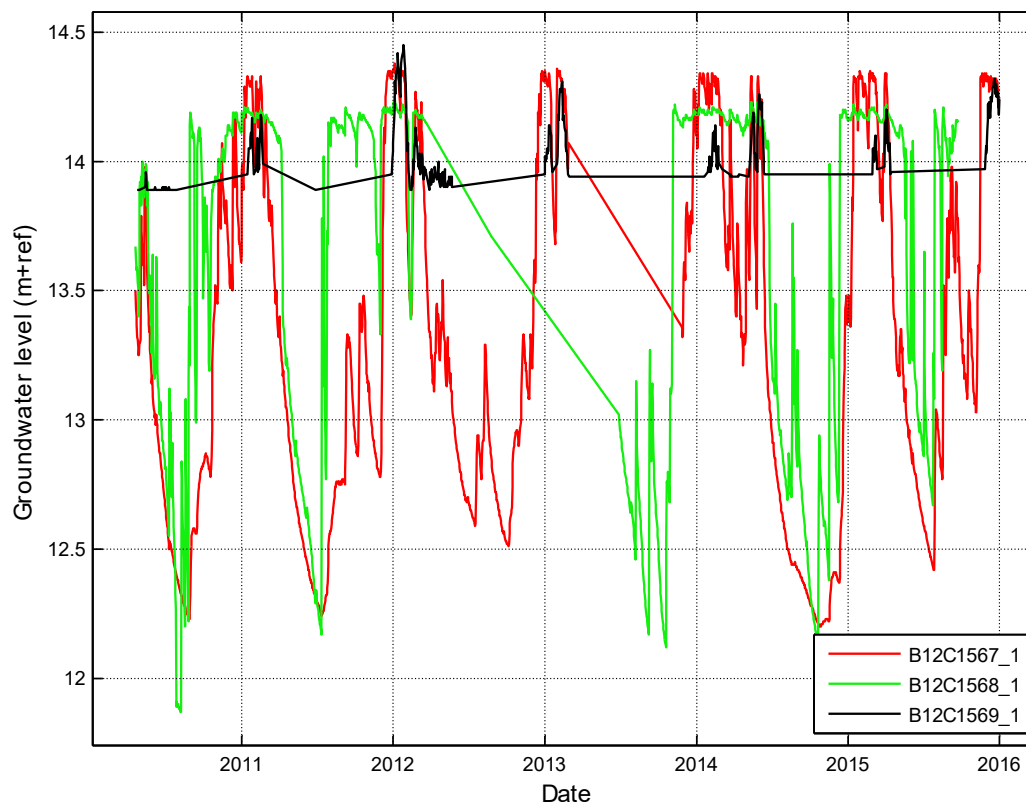
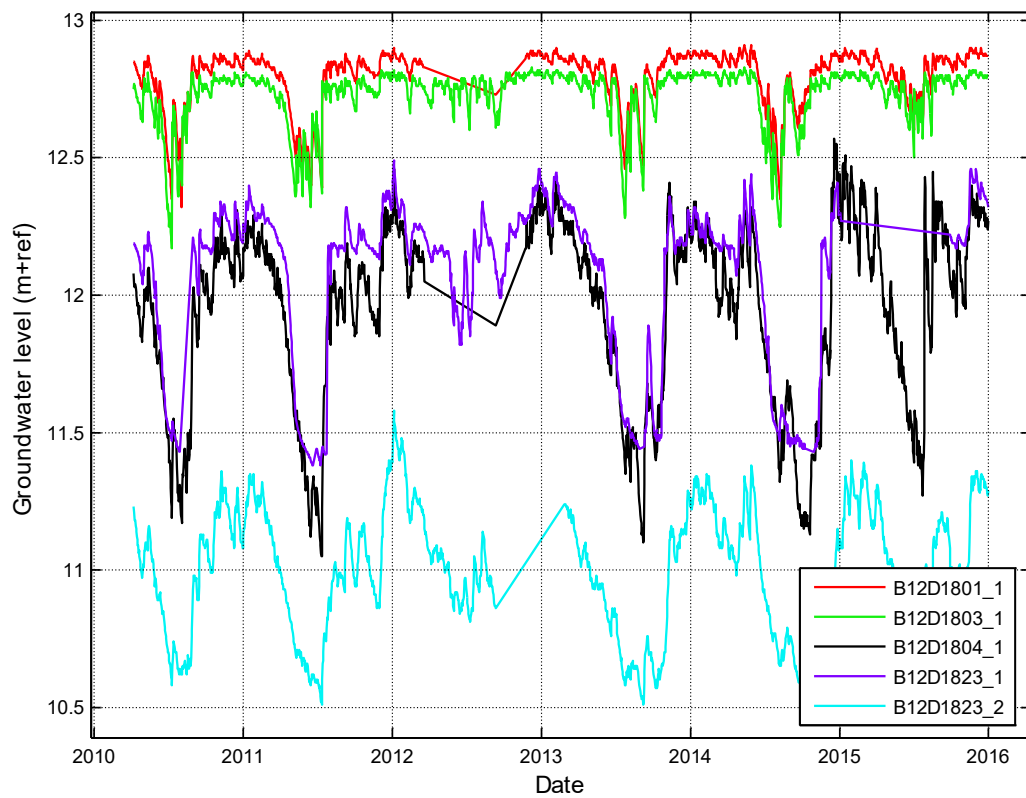


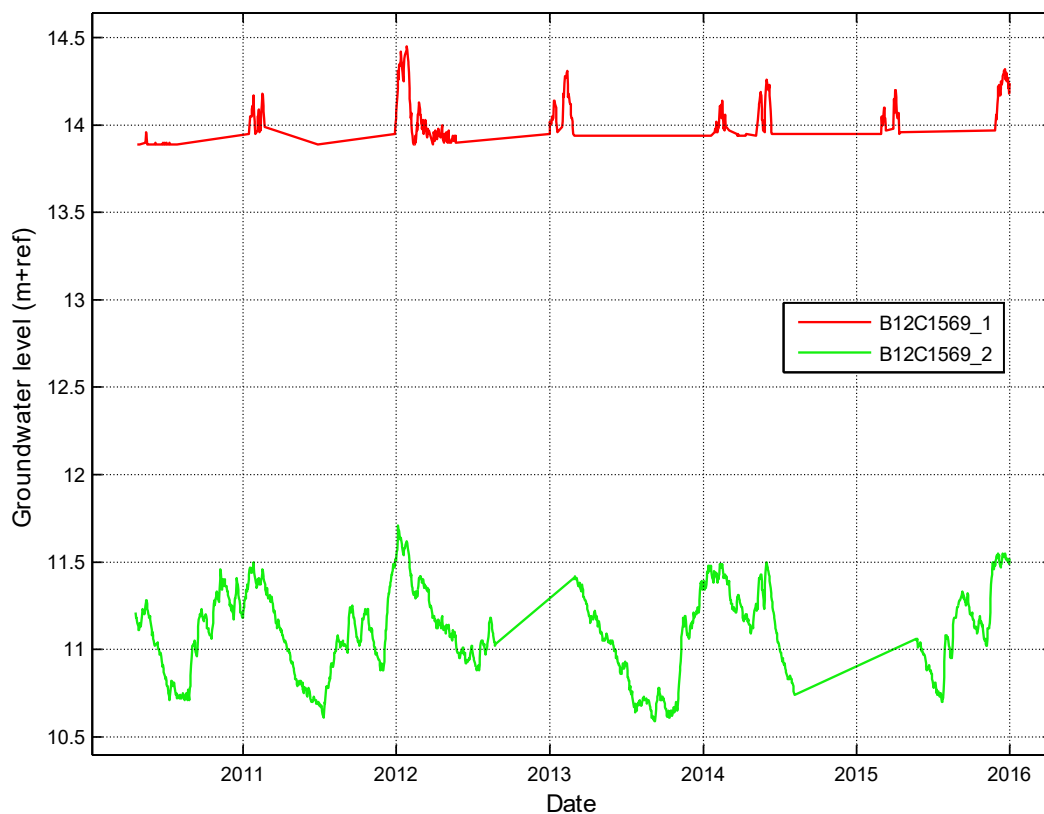
Centrum Witterveld (centraal zuidzijde)*Noordzijde Witterveld*



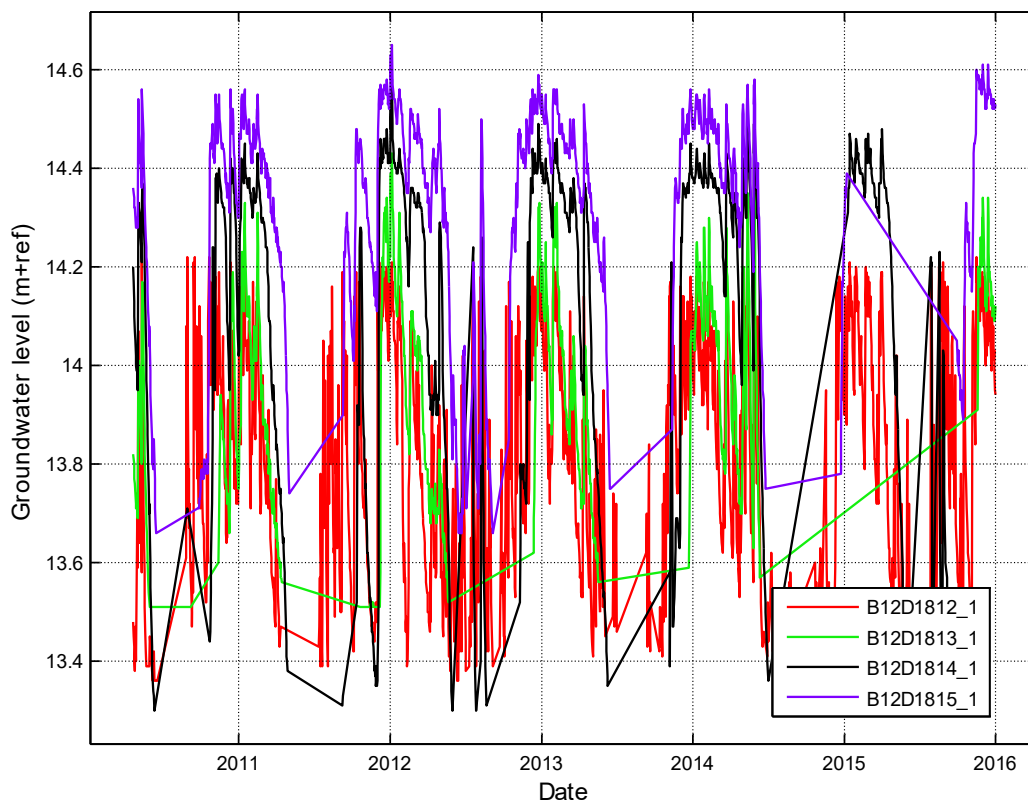
West- en oostzijde van het Witterveld

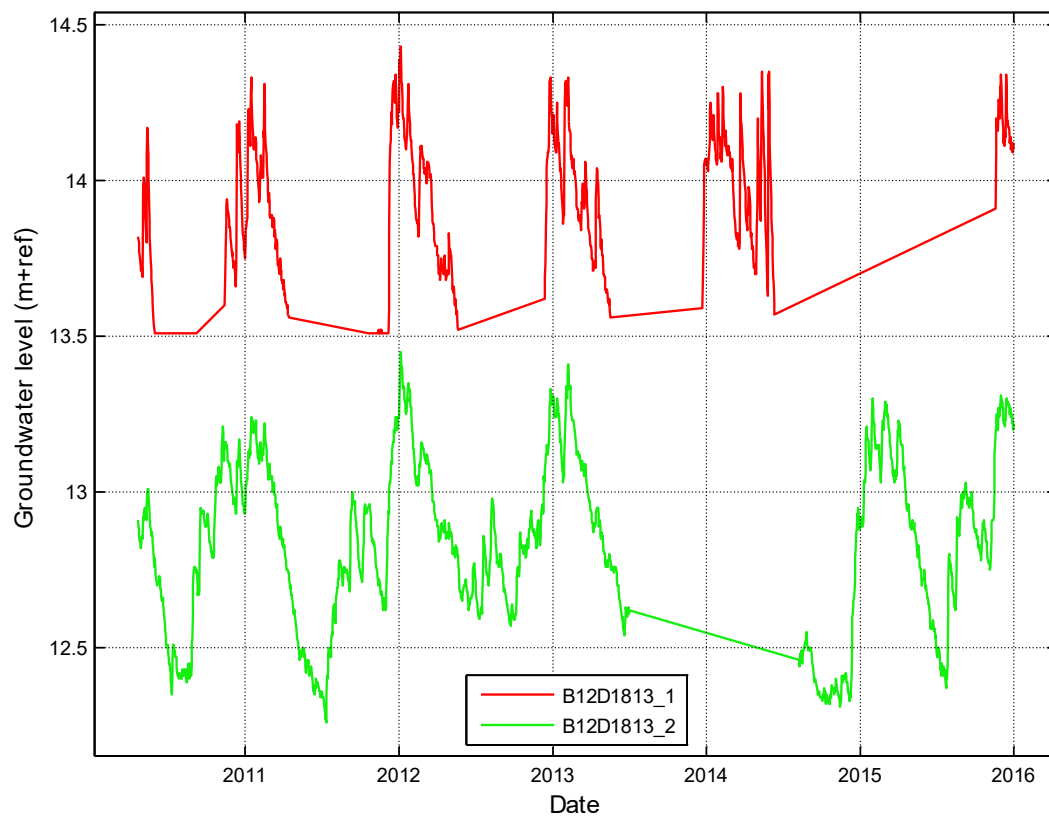






Zuidzijde van het Witterveld





BIJLAGE 11 REGIONALE GRONDWATERMODEL

Het regionale grondwatermodel MIPWA (versie 3.0) is gebruikt om modelberekeningen te maken. Voor de berekeningen is eerst het regionale model gevalideerd. Wanneer het regionale model de werkelijkheid voldoende nauwkeurig benaderd wordt het lokale grondwatermodel geoptimaliseerd.

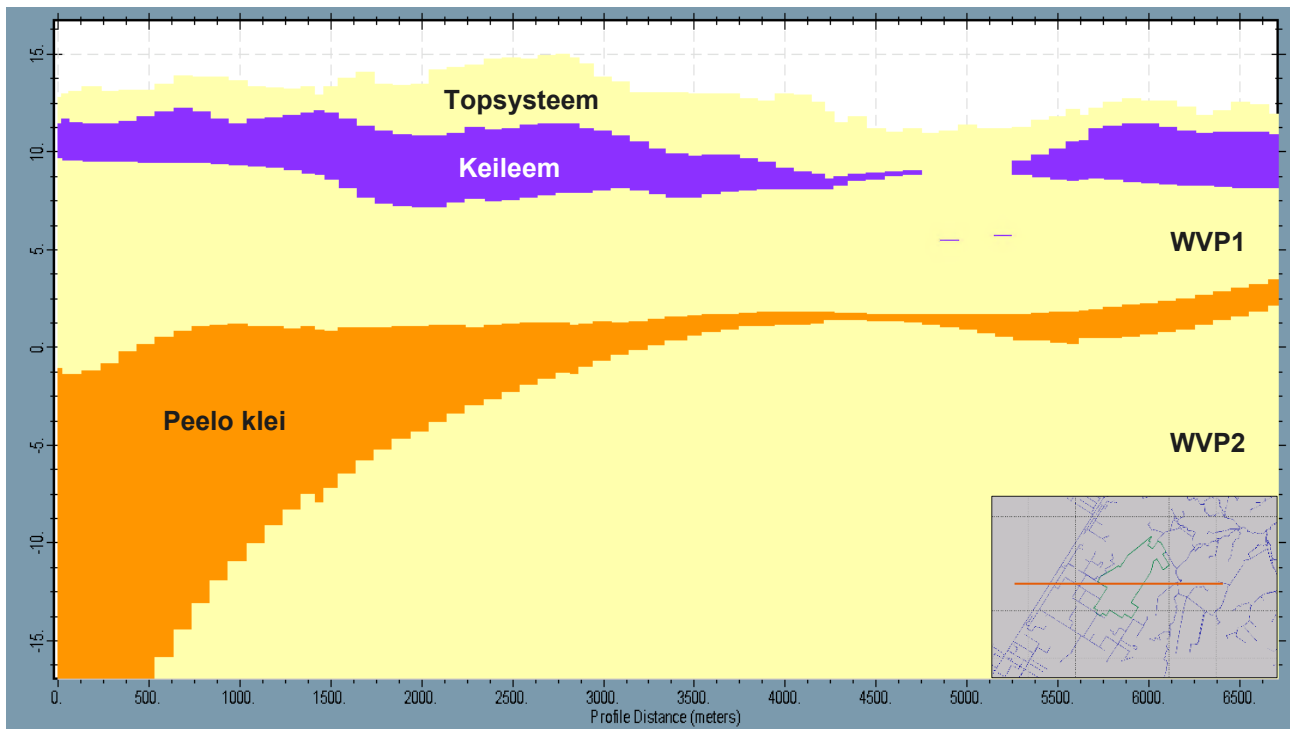
Lagenmodel

Na de oplevering van MIPWA 3.0 is REGIS II.2 opgeleverd. REGIS II.2 biedt nieuwe inzichten in de laagopbouw, met name het voorkomen van de Peelo klei is beter in beeld gebracht. Om deze reden is besloten een nieuw lagenmodel te bouwen alvorens de uitgangssituatie door te rekenen. Tabel 6 geeft een overzicht van de formaties, modellagen en gemiddelde K- en C-waardes. De keileem (Formatie van Drenthe laagpakket Gieten) is overgenomen uit MIPWA 2.0 en in het lagenmodel gebrand.

Tabel 6: Overzicht formaties en modellagen

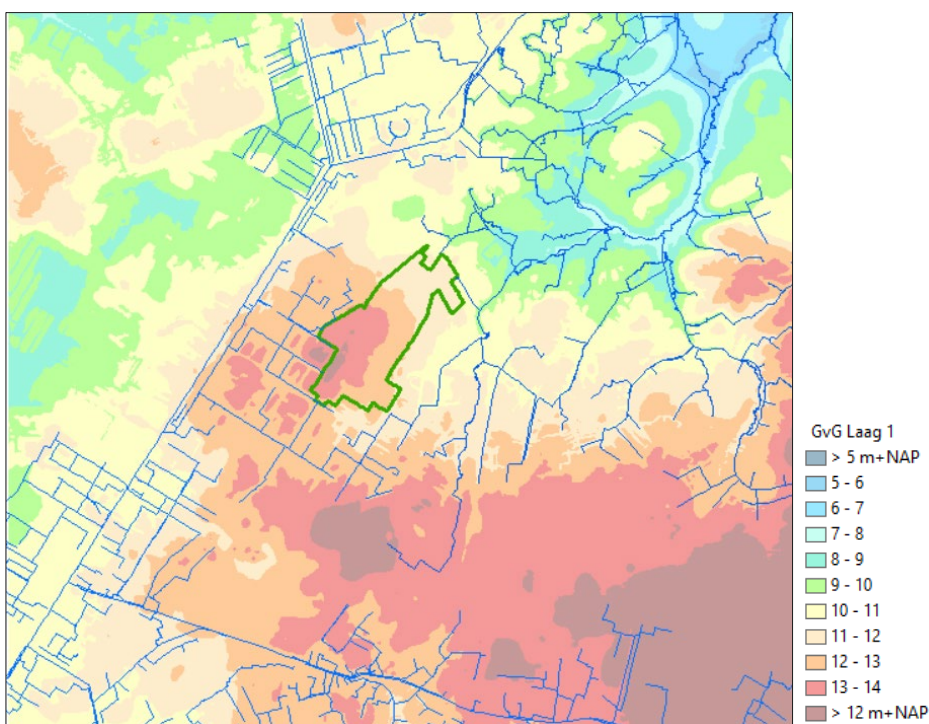
	Formatie	Codering	k-gem (m/d)	c (dagen)
Laag 1	Holoceen	hlc		
Laag 2	Boxtel zand 2	bxz2	5	
	Boxtel klei 1	bxk1		-
laag 3	Boxtel zand 3	bxz3	5	
	Boxtel zand 4	bxz4	5	
	Eem zand 2	eez2	5	
	Eem zand 3	eez3	10	
	Drenthe zand 1	drz1	10	
	Drenthe lp Gieten	drgik1	4	500
Laag 4	Drenthe zand 1	drz3		
	Drachten zand 1	dnz1	10	
	peelo zand 1	pez1	4	
	Peelo klei 1	pek1	5	1.000-50.000
Laag 5	Peelo zand 2	pez2		
	Peelo klei 2	pek2	7	1.000
Laag 6	Peelo zand 3	pez3	10	
	Urk zand 4	urz4	23	
	Urk zand 5	urz5	25	
	Appelscha zand 1	apz1	70	
	Peize zand 2	pzwaz2	40	
	Peize and 3	pzwaz3	40	
	Peize complex 1	pzc		200
Laag 7	Peize zand 5	pzwaz4	25	
	Maassluis zand 2	msz2	6	
	Maassluis zand 3	msz3	6	
	Maassluis complex	mscomplex		500
Laag 8	Maassluis zand 4	msz4	5	
	Oosterhout zand 2	ooz2	5	

Het grondwatermodel is opgebouwd uit 8 modellagen. De belangrijkste scheidende lagen zijn de keileem (laag 3; Drenthe Lp formatie van Gieten) en de Peelo klei in laag 4. Het lokaal voorkomen van onder andere lokale veenlagen en gliede lagen wordt nu buiten beschouwing gelaten. Eerst wordt het diepe grondwatersysteem gevalideerd alvorens verder te gaan met het detailleren van het topsysteem (zie hoofdstuk 4). Figuur 55 geeft het lagenmodel in MIPWA weer.



Figuur 55: Dwarsdoorsnede modellagen west-oost

Vanuit MIPWA is een regionale uitsnede gemaakt (X: 225000-239000 Y: 545000-560000). De doorsnijding van de riviers in verschillende modellagen evenals de laagtoekenning van onttrekkingen is opnieuw bepaald voor het nieuwe lagenmodel. Daarnaast is het model tevens op 250 m grid doorgerekend (X: 218000 - 2490000 Y: 539000 - 569000) de resultaten van deze berekening dienen als randvoorwaarde (CHD) voor het uitgangsmodel. Vervolgens is het regionale model doorgerekend voor de periode 2005-2015. In Figuur 56 zijn de berekende GvG's weergegeven voor het freatisch pakket (berekend over de jaren 2007-2015). Het grondwater stroomt richting het noordwesten. De insnijding van de verschillende lopen van de Drentsche Aa zijn duidelijk zichtbaar.

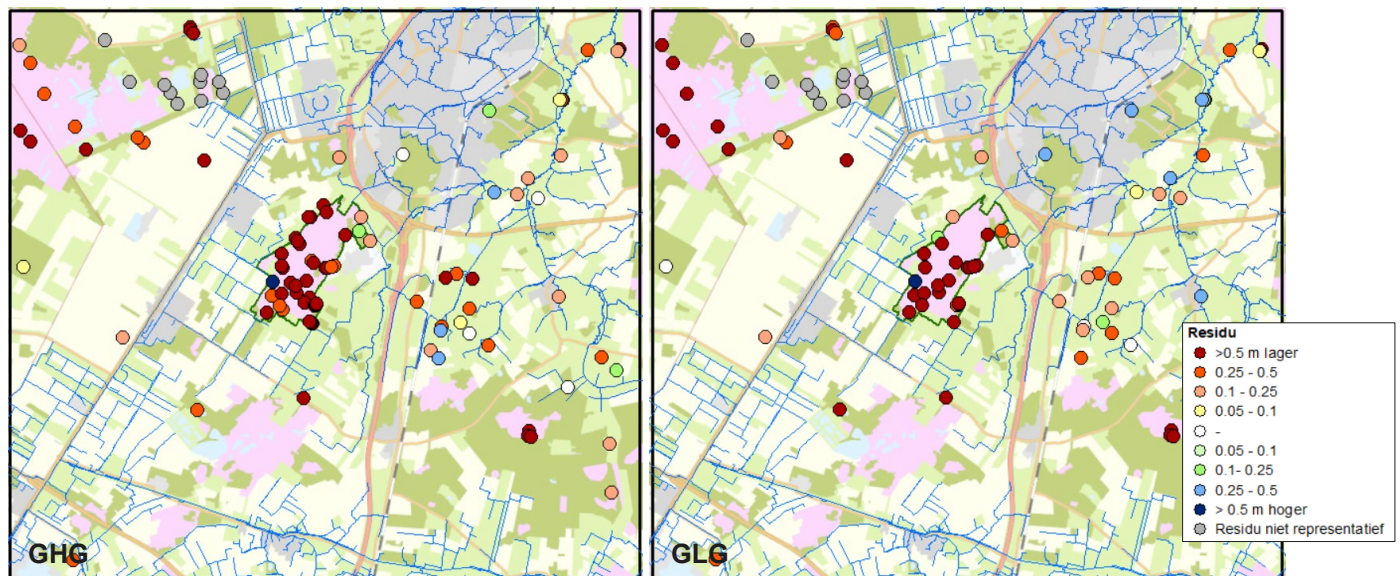


Figuur 56: Berekende GvG freatisch pakket

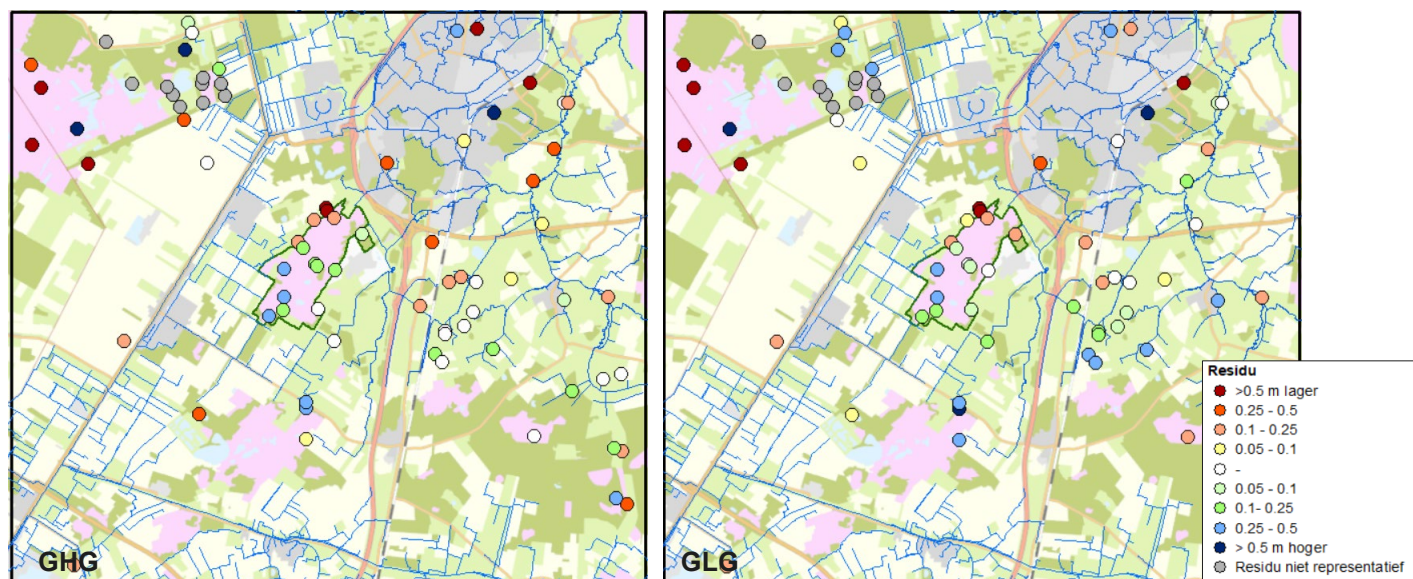
Modelpresteren uitgangsmodel

Om te beoordelen of het model voldoende presteert zijn de residuen bepaald. De residuen geven het verschil weer tussen de gemeten en berekende grondwaterstand. Voor het berekenen van de residuen is gebruik gemaakt van peilbuizen vanuit het DINO-loket en aangeleverde meetreeksen van Prolander en Waterschap Hunze en Aa's. Al deze reeksen zijn gecontroleerd op trends, volledigheid en uitschieters. Reeksen met een (zeer) beperkt aantal metingen, onverklaarbare sprongen of oude reeksen (van voor 2000) zijn niet meegenomen in de verdere validatie. De uiteindelijke validatieset bestaat uit 151 filters. In Figuur 57 zijn de residuen weergegeven van het uitgangsmodel. Hierbij is onderscheid gemaakt in de residuen per watervoerend pakket:

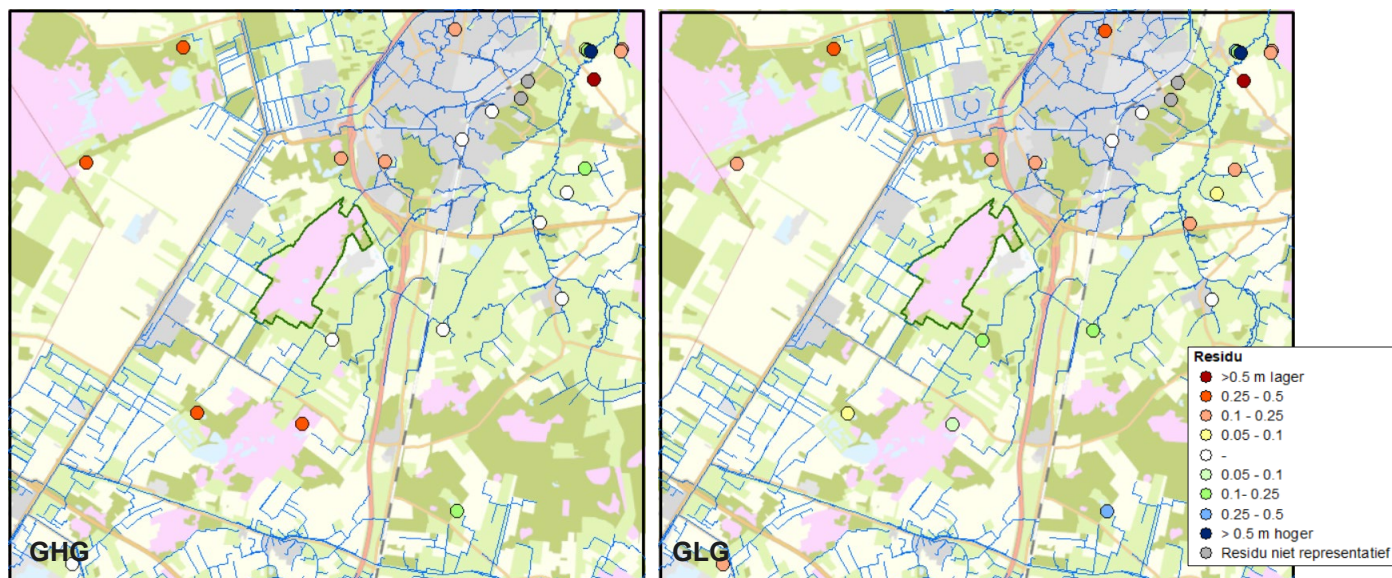
- Topsysteem pakket (L1-L3); gelegen boven de keileem.
- Watervoerend pakket 1 (L4): gelegen tussen de keileem de Peelo klei.
- Watervoerend pakket 2 (L5-8): gelegen onder de Peelo klei.



Topsysteem: boven de keileem



Watervoerend pakket 1 onder de Keileem boven de Peelo klei



Watervoerend pakket 2 onder de Peelo klei

Figuur 57: Residuen uitgangsmodel

In Tabel 7 zijn de residu-statistieken weergegeven. De grijsgekleurde peilbuizen in Figuur 57 zijn niet meegenomen in de statistiek omdat:

- De ondiepe filters nabij Veenhuizen; hier komen verschillende lokale veen en leemlagen voor. Deze lokale lagen zijn niet opgenomen in het regionale model en ook niet van invloed op het regionale systeem. Het missen van deze detailinformatie verklaart de afwijkingen.
- De boringen in WVP2 gelegen ten oosten van Assen. Deze twee diepe filters zitten direct naast een grondwaterwinning.

Voor alle overige peilbuizen is de gemiddelde afwijking en de absolute afwijking bepaald. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel. In bijlage 15 zijn de kalibratiegrafieken opgenomen.

Tabel 7: Modelstatistieken uitgangsmodel

Modellaag	Gemiddelde afwijking		Gemiddelde absolute afwijking	
	GHG	GLG	GHG	GLG
Topsysteem	-0,47	-0,39	0,57	0,49
WVP1	0,02	-0,19	0,51	0,43
WVP2	-0,98	-0,74	0,98	0,76

De statistieken in Tabel 7 in combinatie met Figuur 57 laten zien dat het model over het algemeen te droog is. Met name de afwijkingen in watervoerend pakket 2 zijn groot; de gemiddelde afwijking in de GHG bedraagt 0,98 cm en in de GLG 0,74 cm. In watervoerend pakket 1 is de gemiddelde afwijking relatief laag, dit indiceert dat afwijkingen zowel positief als negatief elkaar opheffen; er is geen duidelijke droge of natte trend zichtbaar. De absolute afwijking is wel relatief hoog. Het topsysteem is ook gemiddeld te droog. De residuen in de watervoerende pakketten (1&2) dienen eerst te worden verbeterd alvorens we het topsysteem verder gaan detailleren.

Kalibratieproces

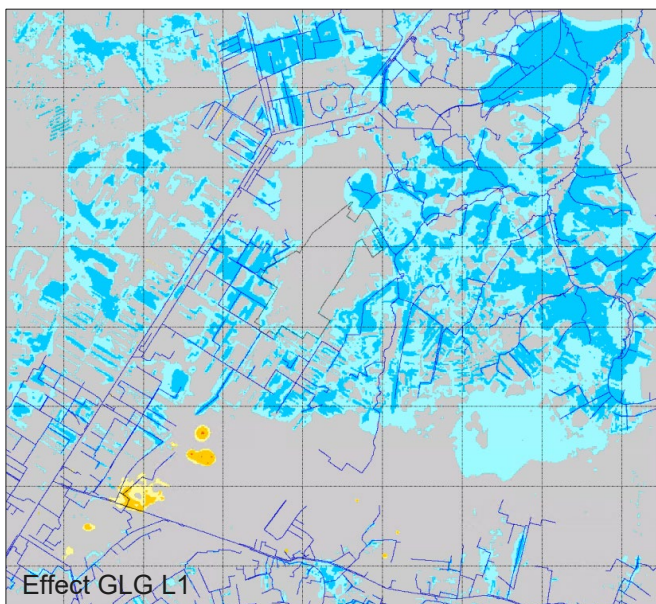
Om de residuen te verbeteren, is het model gekalibreerd. Hiervoor is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om inzicht te krijgen in de sturende en gevoelige parameters. Gebaseerd op deze resultaten is een aantal modelverbeteringen doorgevoerd en zijn de residuen opnieuw bepaald.

Gevoeligheidsanalyse

Om de modelprestatie te verbeteren en meer inzicht te krijgen in de sturende en gevoelige parameters, zijn diverse gevoeligheidsanalyses uitgevoerd onder andere voor de river conductance, weerstand van de keileem en de weerstand van de Peelo klei.

River conductivity

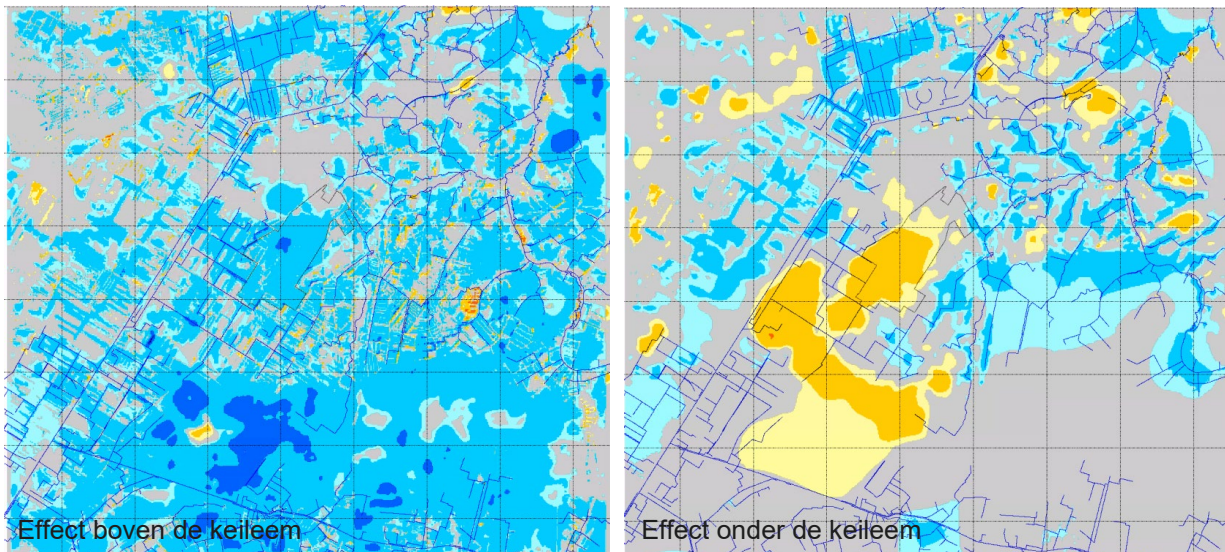
Door het verhogen van de weerstand van de rivers, wordt minder water via het oppervlaktewatersysteem uit het model onttrokken. Mogelijk draagt dit bij aan het vernatten van het freatisch pakket. Het model is doorgerekend waarbij de conductivity is gehalveerd. Het effect hiervan is weergegeven in Figuur 58. Door het verlagen van de River conductivity wordt het topsysteem natter; echter op de locaties waar de residuen te droog zijn (onder andere in het Witterveld en het Diependal) levert deze aanpassing geen verbetering op.



Figuur 58: Effect van het halveren van de River conductivity in de GHG L1

Weerstand keileem

De weerstand van de keileem is van belang voor met name het topsysteem. De weerstand en dikte van de keileem is overgenomen uit MIPWA2.0. De schematisatie van de keileem is vergeleken met boringen; hieruit bleek zowel de weerstand als de dikte van de keileem correct te zijn ingeschat. Wel is het mogelijk dat er in het Witterveld meer weerstand in de ondergrond zit, door het lokaal voorkomen van een B-horizont, gliede en/of gyttja lagen. Om de gevoeligheid van het topsysteem te testen, is het model doorgerekend waarbij de weerstand van de keileem is verdubbeld.

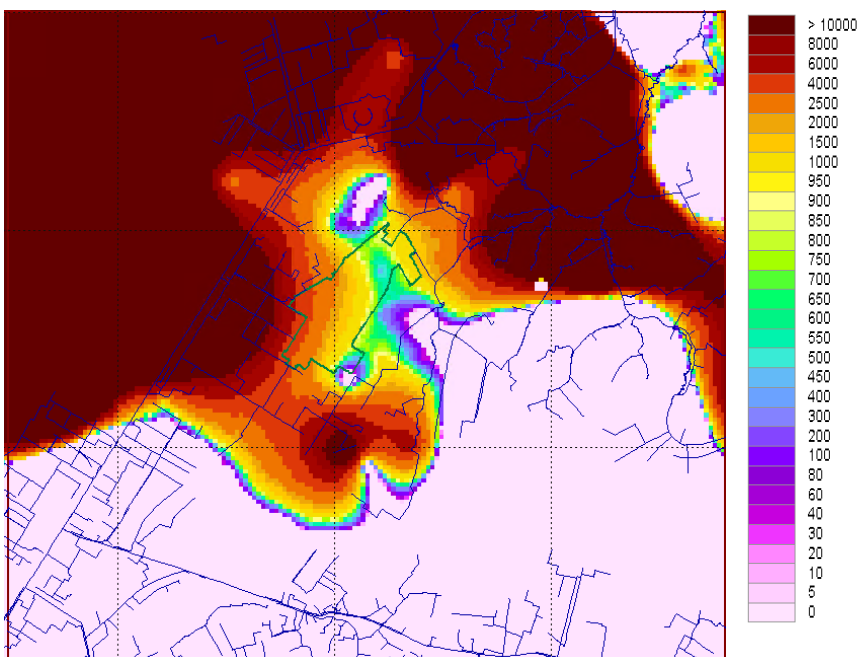


Figuur 59: Effecten verdubbeling weerstand Keileem op de GHG

Het verdubbelen van de weerstand van de keileem voorkomt wegzijging naar de diepere ondergrond. Vandaar dat de grondwaterstand in het freatisch pakket stijgt. Onder de keileem verdroogt het systeem. Dit is met name te zien in het Witterveld en nabij het Diependal. Lokale ondiepe weerstand biedende lagen kunnen positief bijdragen aan het verbeteren van de residuen. Het detailleren van het topsysteem, waarbij lokale slechtdoorlatende lagen in het model worden toegevoegd, zullen het topsysteem vernatten en hiermee het modelpresteren verbeteren.

Weerstand Peelo klei

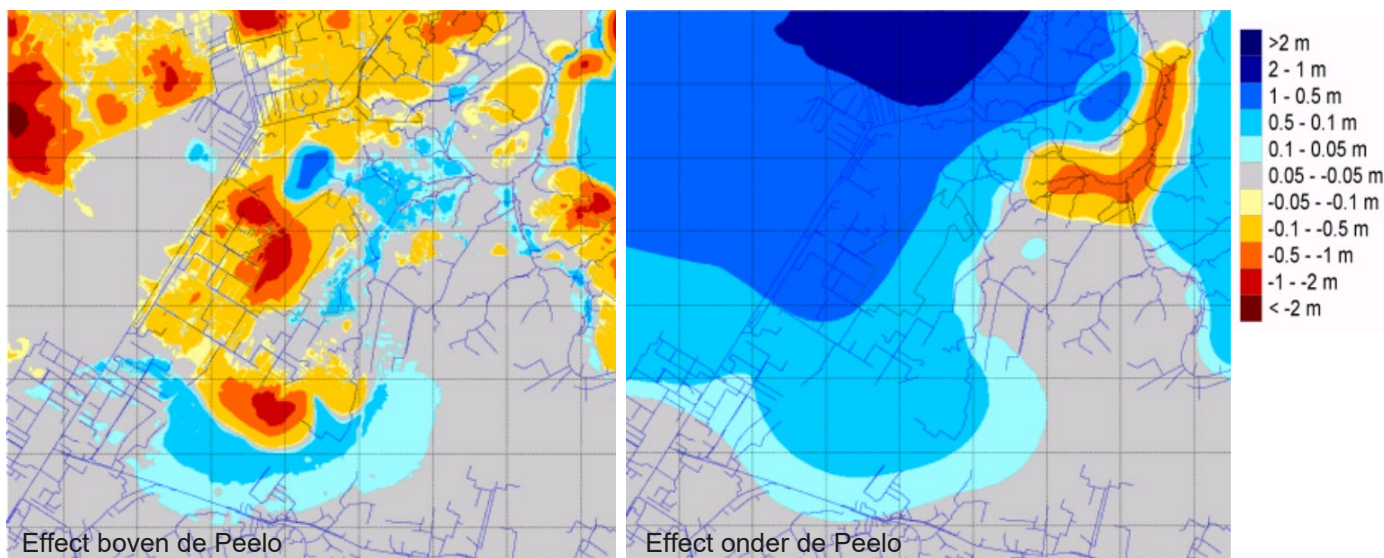
De residuen onder de Peelo klei zijn te droog. De weerstand van de Peelo klei is onrealistisch hoog met waarden tot maximaal 80.000 dagen in het noordwesten. In de noordwesthoek zijn de residuen boven de Peelo klei overwegend te nat. Door de weerstand van de Peelo klei te verlagen, neemt de wegzijging toe richting laag 10, hierdoor verbeteren de residuen zowel boven als onder de Peelo klei.



Figuur 60: Weerstand (in dagen) van de Peelo klei in het uitgangsmodel

Het model is doorgerekend waarbij de Peelo klei met een factor 10 is verlaagd, hierdoor krijgt de Peelo klei een weerstand van gemiddeld circa 3.000 dagen. Onder de Peelo klei is een sterke vernatting zichtbaar wat positief bijdraagt aan de residuen. Boven de Peelo klei is in het Witterveld een verdrogend effect zichtbaar. Met name in het Witterveld en nabij het Diependal is dit wenselijk. Opvallend is het verdrogende effect

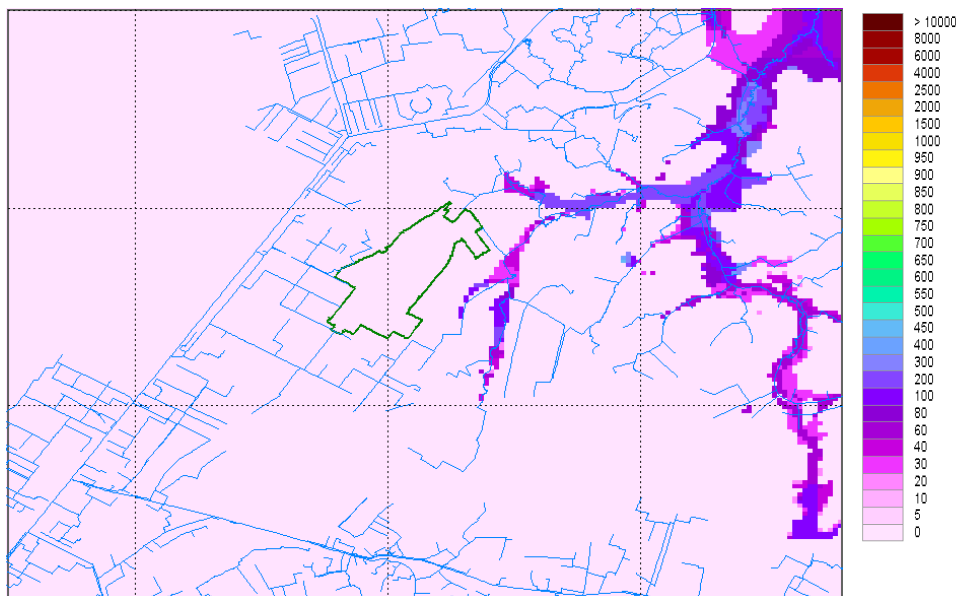
rondom het Deurzerdiep en het Loonerdiep; door de verlaging van de weerstand van de Peelo klei gaan deze beken meer water draineren wat voor een verlaging van de grondwaterstand onder de Peelo klei zorgt.



Figuur 61: Effecten weerstand Peelo klei gedeeld door 10 op de GHG

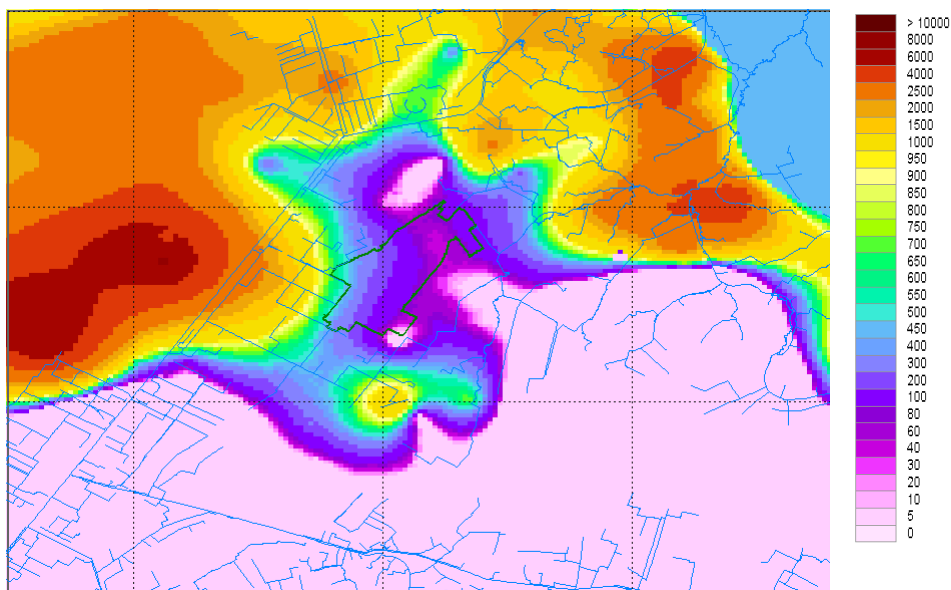
Modelverbetering

Met name het verlagen van de weerstand van de Peelo klei geeft een significante verbetering. Niet alleen verbeteren de residuen maar ook de weerstandwaarde wordt een stuk plausibeler. De sterke afwijkingen rondom het Deurzerdiep en het Loonerdiep worden echter niet met deze aanpassing opgelost; door het verlagen van de weerstand ontstaat er een kwelflux vanuit laag 10 richting de beken wat een verdrogend effect heeft. Modelmatig is de drainageflux van de beek relatief hoog, dit wordt niet door gebiedskenners herkend. De afvoerfluctuatie is relatief hoog wat erop duidt dat de beek niet constant grondwatergevoed is. Daarnaast ligt onder de beek beekleem wat de drainerende functie beperkt. Deze beekleem zit niet in het huidige lagenmodel. Op basis van data van MIPWA 2.0 is de beekleem opnieuw in het laagstelsel ingebrand. Figuur 62 geeft een overzicht van het voorkomen en de weerstand van de beekleem.



Figuur 62: Voorkomen en de weerstand van de beekleem

De gemeten en berekende stijghoogte verschillen over de Peelo klei ook met elkaar. Hieruit bleek dat in het model in de noordoosthoek weerstand ontbreekt. Dit 'gat' is opgevuld, tegelijk is de weerstand met een factor 10 verlaagd. In Figuur 63 is de weerstand van de Peelo klei weergegeven voor het regionale model.



Figuur 63: Weerstand Peelo klei regionale model

BIJLAGE 12 LOKAAL GRONDWATERMODEL - WITTERVELD

Voor het lokale grondwatermodel wordt het topsysteem van Witterveld verder gedetailleerd, hierbij wordt ter plaatste van het Witterveld het topsysteem toegevoegd (zogenoemde lokale model) aan het regionale model (zie Figuur 64). Met behulp van een aantal boringen worden verkitte B-horizonten, gliede, gyttja en veen geschematiseerd en aan het lagenmodel toegevoegd. In dit hoofdstuk wordt de schematisatie en validatie van dit lokale grondwatermodel verder toegelicht.

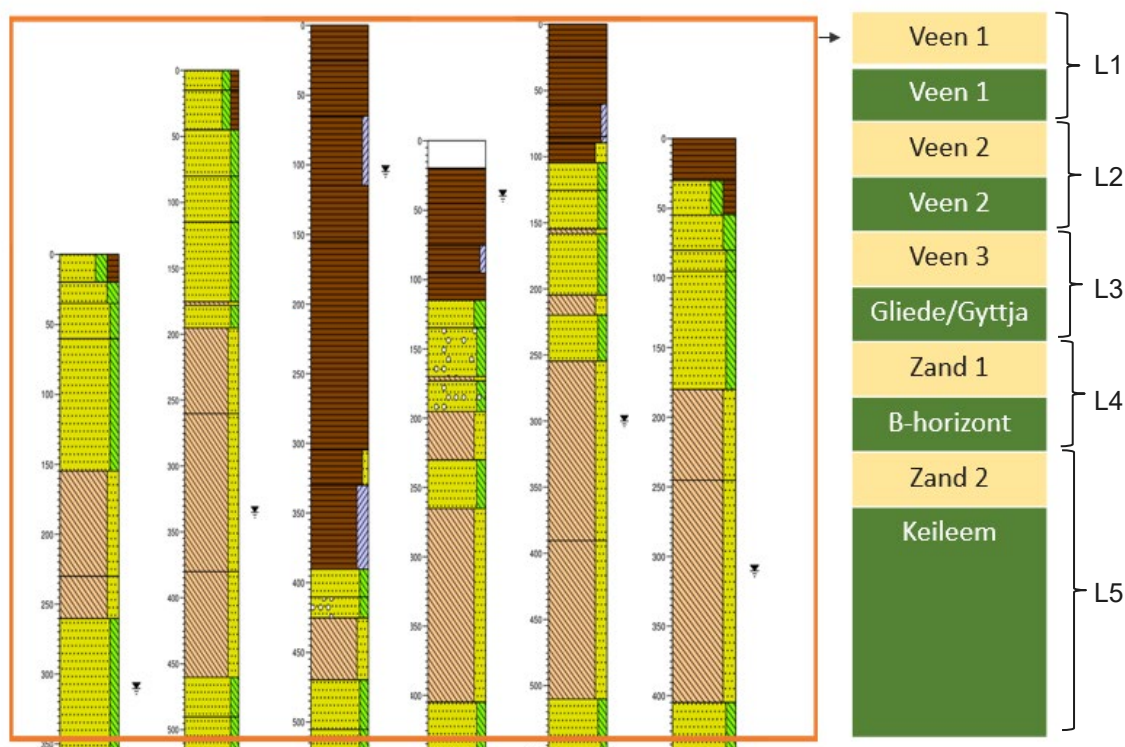


Figuur 64: Opbouw van het regionale model en het lokale grondwatermodel "Witterveld"

Conceptueel model

De ondergrond van het Witterveld kenmerkt zich door een (dik) veenpakket en veel lokale slechtdoorlatende lagen. Gebaseerd op 46 boringen is inzicht verkregen in de detail laagopbouw van het topsysteem. In bijlage 14 zijn de boorprofielen weergegeven. In een groot deel in het Witterveld ligt veen, met name in het zuidoosten. De doorlatendheid van veen kan met de diepte variëren afhankelijk van veraarding, mineralisatie en inspoeling. Door inspoeling is onder het veen een gliede laag ontstaan. Lokaal zijn ook Gytja lagen ontstaan. In alle peilbuizen is een verkitte B-horizont gevonden. Deze horizont is veelal gelegen direct onder de gliede/gyttja laag. Onder deze laag ligt een zandpakket, die opnieuw is onderlegen door de keileem.

Gebaseerd op alle boringen zijn de verschillende modellagen geschematiseerd. Hierbij zijn boorgegevens geïnterpoleerd voor het gehele Witterveld. Figuur 65 laat een aantal boorprofielen uit het Witterveld zien, inclusief de modellaag opbouw.



Figuur 65: Conceptueel model

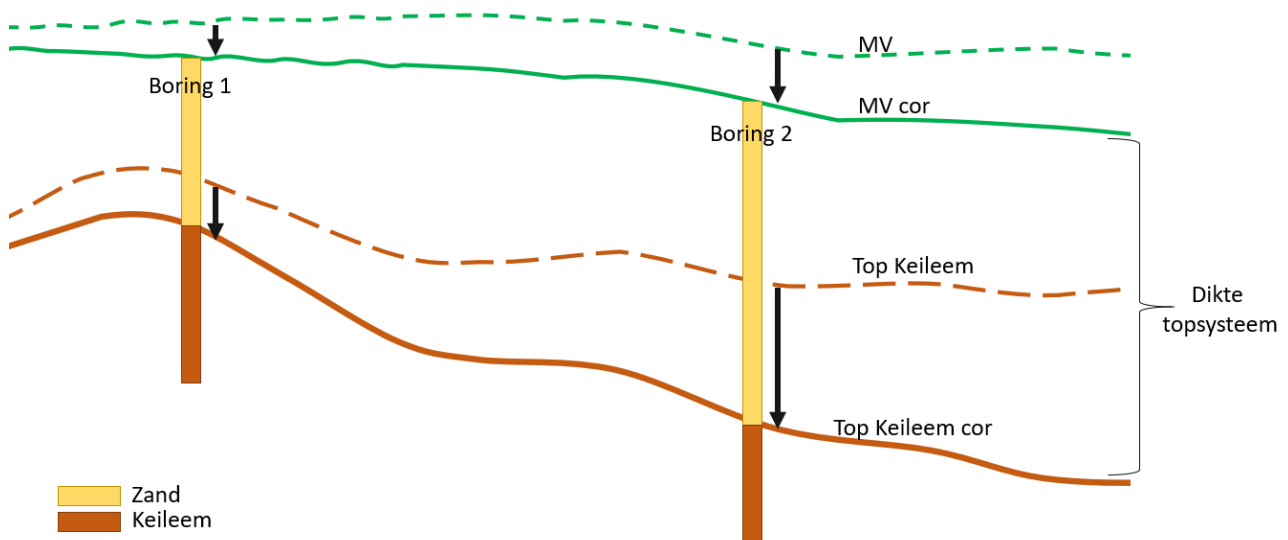
Parametrisatie

Het conceptueel model is het uitgangspunt voor de model parametrisatie. In dit hoofdstuk wordt per laag een toelichting gegeven op de opbouw en het voorkomen van de laag. Om te beginnen is eerst de hoogte van het maaiveld en de diepte van de keileem gecorrigeerd. Op basis van deze gecorrigeerde hoogtes wordt de laagdikte van het topsysteem bepaald. Deze laagdikte is het uitgangspunt voor de verdere opbouw. Op basis van boringen en gebiedskennis wordt het voorkomen van slechtdoorlatende lagen en veen geschematiseerd. Ook laagdikte is gebaseerd op de boringen geïnterpoleerd voor het gehele Witterveld. In deze paragraaf zal de schematisatie van het topsysteem verder worden toegelicht.

Correctie Maaiveldhoogte en diepte keileem

De dikte van het topsysteem is van belang voor het bepalen van de ontwateringscapaciteit. Er zit veel gevoeligheid in de doorlatendheid, daarom is het wenselijk om de fout in de dikte zo klein mogelijk te maken. Daarom is de hoogte van de top van de keileem en de top van het maaiveld gecorrigeerd. Hiervoor is een vergelijking gemaakt tussen gemeten keileemhoogtes en de keileemhoogte in het model. De top van de keileem lag in het model hoger in vergelijking met de metingen. De top van de keileem is vervolgens gecorrigeerd door het verschil te bepalen tussen de gemeten en de berekende top, deze gebiedsdekkend te interpoleren en dit bestand vervolgens gebruiken om de top van de keileem mee te corrigeren (dit is schematisch weergegeven in Figuur 66). Gemiddeld is de top van de keileem circa 40 cm verlaagd. De top van de keileem is het nieuwe referentievlak van waaruit het topsysteem wordt opgebouwd, waarbij de gecorrigeerde dikte van het topsysteem als uitgangspunt wordt gebruikt.

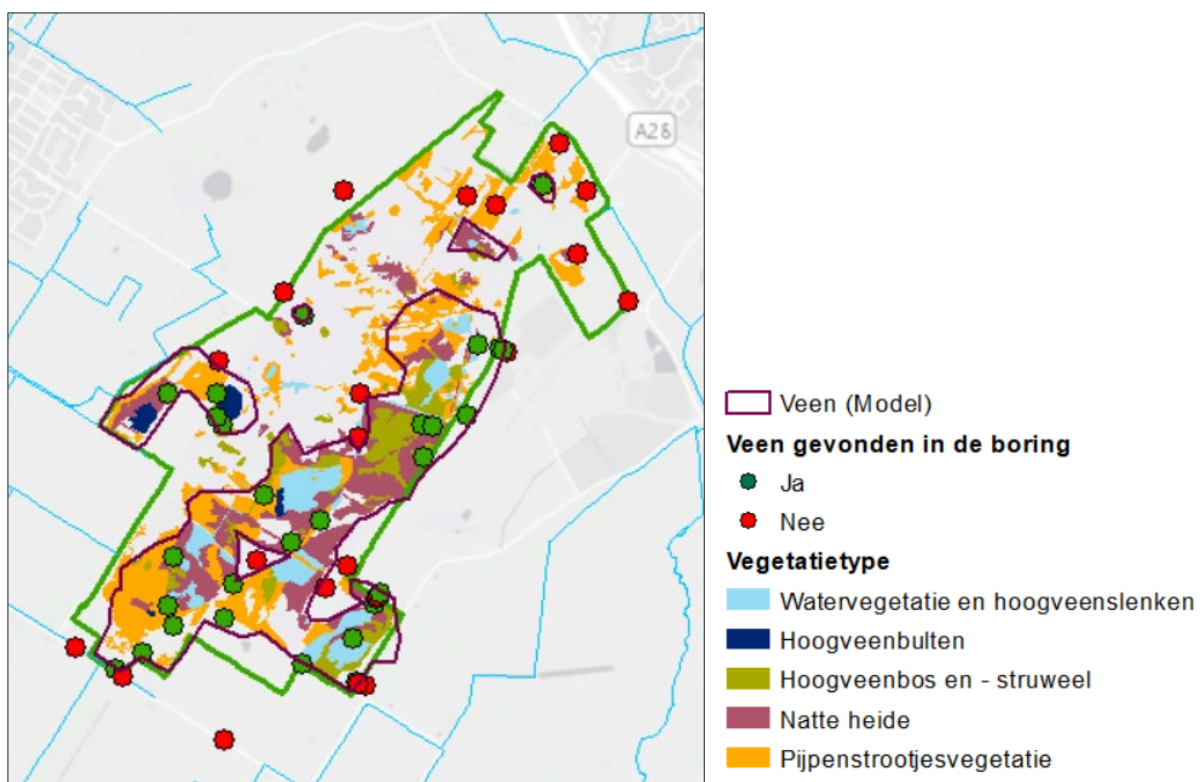
Hetzelfde is gedaan voor de top van het maaiveld. Uit boringen blijkt het maaiveld gemiddeld lager te liggen dan gemeten. Ook hier wordt de maaiveldhoogte gecorrigeerd door het verschil in maaiveldhoogte te bepalen, interpoleren en hiermee de maaiveldhoogte te corrigeren. Door het verschil te nemen van de gecorrigeerde maaiveldhoogte en top van de keileem wordt de dikte van het topsysteem bepaald.



Figuur 66: Schematisatie correctie top van de keileem (gestippelde lijn is de hoogte afkomstig uit het model, de doorgetrokken lijn is de gecorrigeerde hoogte).

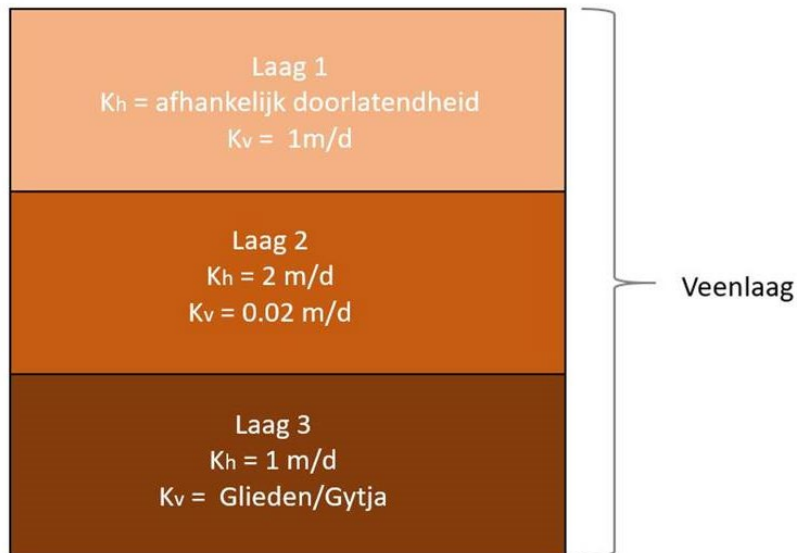
Veen (I1-L3)

Het voorkomen van veen is ingetekend op basis van boringen in combinatie met de vegetatie en geomorfologische kaart. Figuur 67 geeft een overzicht van de boorlocaties waar veen is gevonden, daarnaast is de vegetatiekaart weergegeven. De paarse lijn geeft aan hoe de veenkartering in het model is opgenomen. De veendikte is geïnterpoleerd tussen de verschillende boringen.

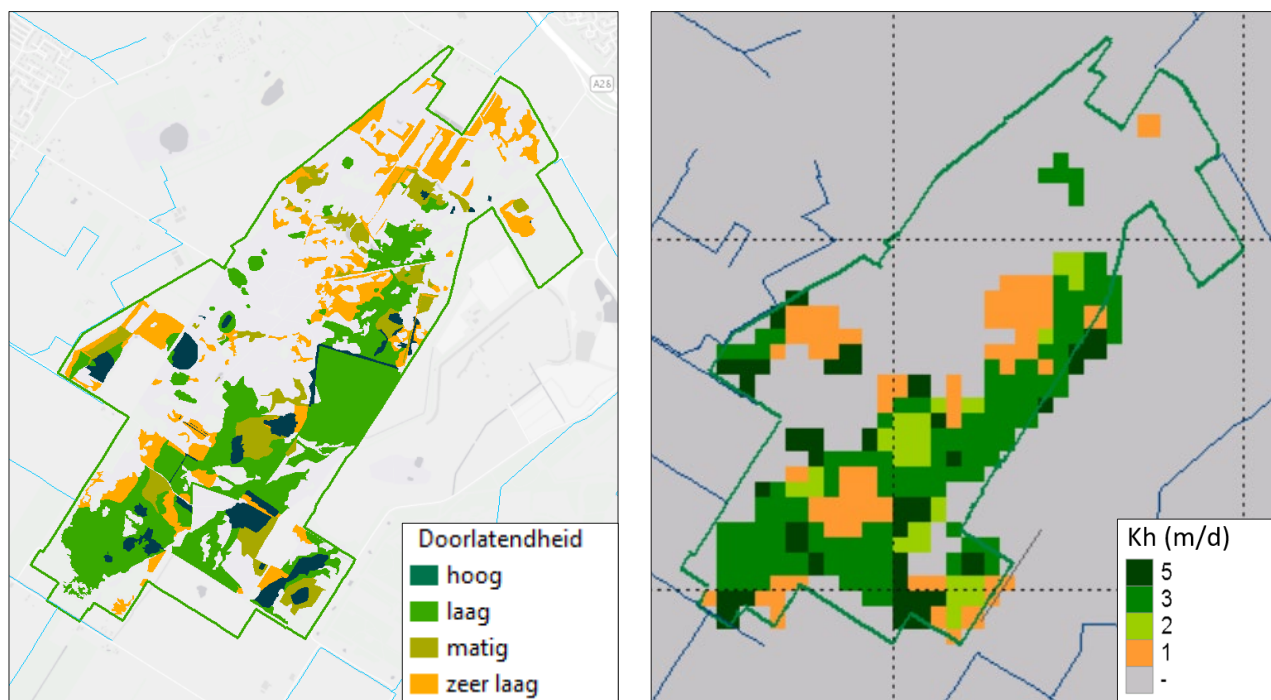


Figuur 67: Voorkomen veen

De weerstand van veen neemt toe met de diepte. Het bovenste stuk veen is veelal het meest open en het best doorlatend. Uitzondering hierop is veraard/gemineraliseerd veen, hier is de top van het veen slecht doorlatend. Om deze processen goed mee te nemen in het model, is de veenlaag opgeknipt in drie gelijke sublagen. Elke veenlaag heeft een andere horizontale en verticale doorlatendheid. Figuur 68 geeft schematisch de laagopbouw van het veen weer. De doorlatendheid van veenlaag 1 is afhankelijk van het vegetatietype. Op basis van expert judgement (Bron: André Jansen) is de doorlatendheid van het topsysteem beoordeeld en zijn waarden toegekend (Figuur 69).



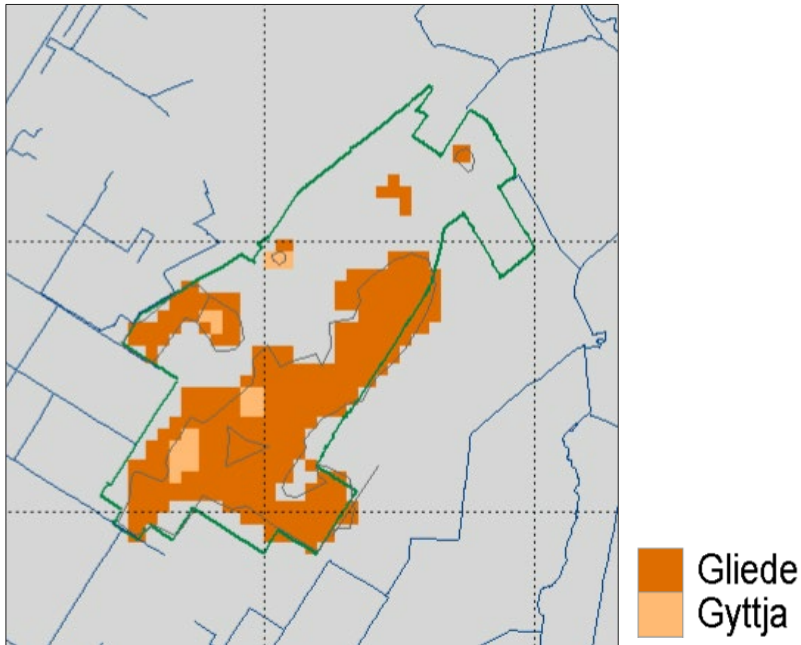
Figuur 68: Laagopbouw veen



Figuur 69: Ingeschatte doorlatendheid toplaag veen (L1) op basis van de vegetatiekartering (links) en schematisatie van de doorlatendheid van de toplaag zoals opgenomen in het model (rechts)

Gliede/Gyttja (L3)

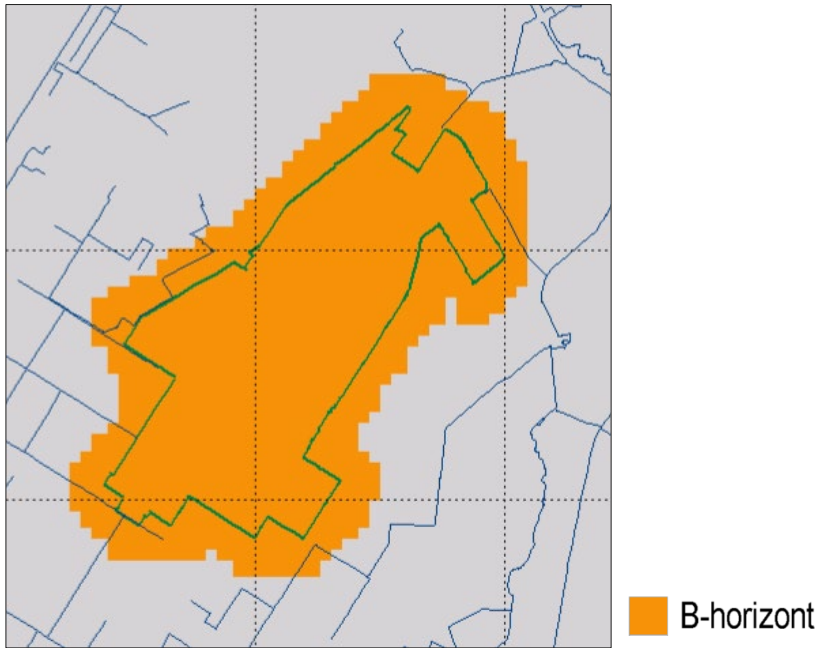
De aanname is gemaakt dat het gehele veenpakket is onderlegen door een gliede of gyttja laag. In vier boringen is een gyttja laag gevonden, op deze locaties wordt lokaal een gyttja laag ingetekend. Daarnaast is aangenomen dat de weerstand van de gliede in het gehele gebied gelijk is aan 500 d en de weerstand van de gyttja aan 75 d. Figuur 70 laat het voorkomen van de gyttja en gliede zien, zoals in het model is opgenomen.



Figuur 70: Doorlatendheid toplaag veen

Verkitte B-horizont (L4)

De verkitte B-horizont is in het overgrote deel van de boringen aangetroffen. Modelmatig is in het gehele N2000-gebied de B-horizont ingetekend. Het is niet bekend in hoeverre de B-horizont zich uitstrekt buiten het N2000-gebied. Daarom is modelmatig de B-horizont in het gehele Witterveld ingetekend met een begrenzing tot 200 m rondom het Witterveld (zie Figuur 71). De weerstand van deze horizont is in het gehele model gelijk aan 10.000 dagen. Door middel van een gevoeligheidsanalyse is deze weerstand bepaald. In veel boringen ligt de verkitte B-horizont direct onder de gliede/gyttja. In het model zijn deze twee afzettingen aan twee verschillende lagen toegekend (L3 en L4). Tussen beide slechtdoorlatende lagen zit modelmatig een 'dummy' watervoerend laagje met een dikte van 3 cm. In met name het oosten van het gebied (waar geen veen voorkomt) ligt boven de B-horizont mogelijk ook nog een zandpakket. De dikte van het pakket is gebaseerd op boringen, de horizontale doorlatendheid van het zand is aangenomen als 5 m/d.

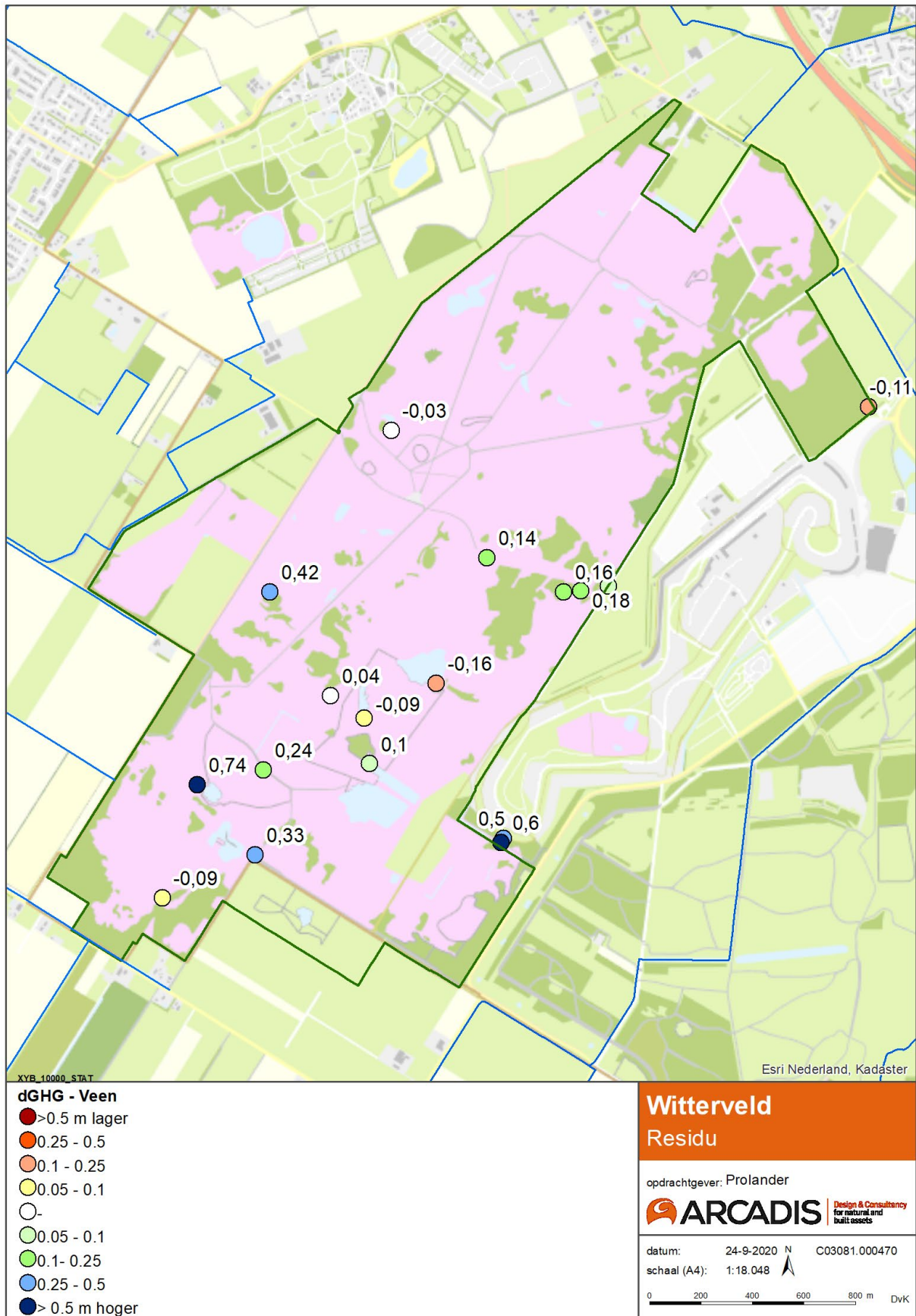


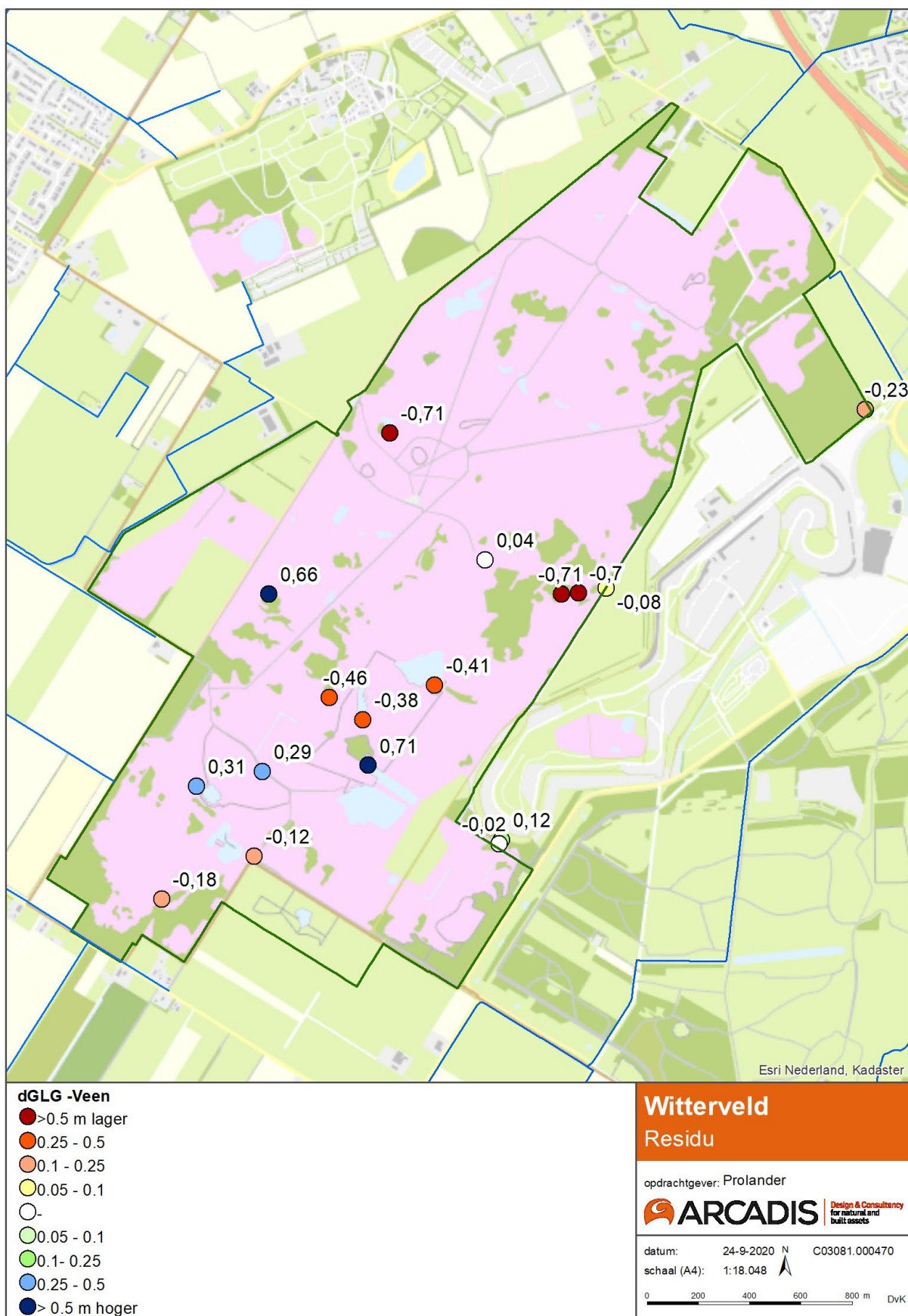
Figuur 71: Schematisatie verkitte B-horizont

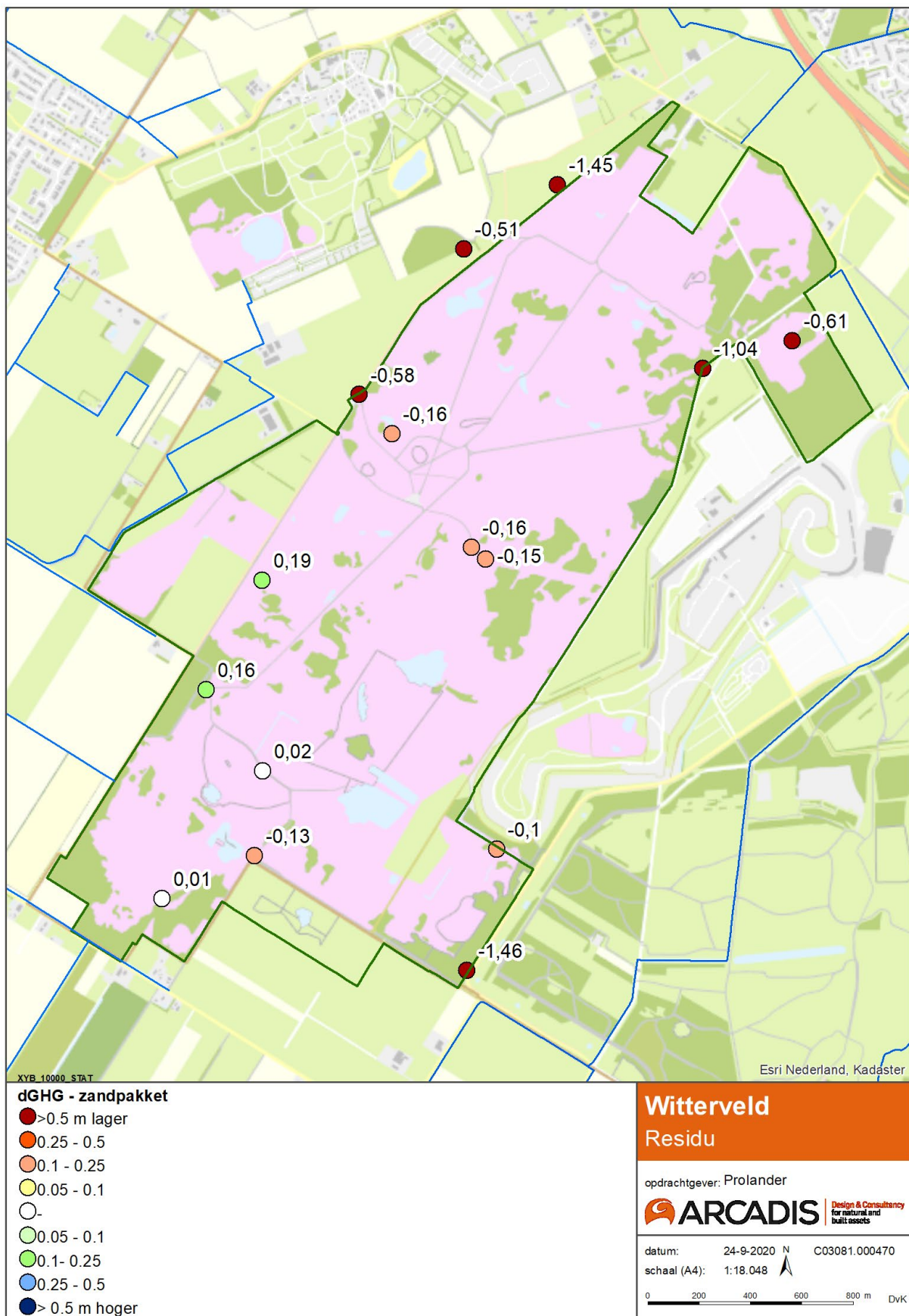
Keileem (L5)

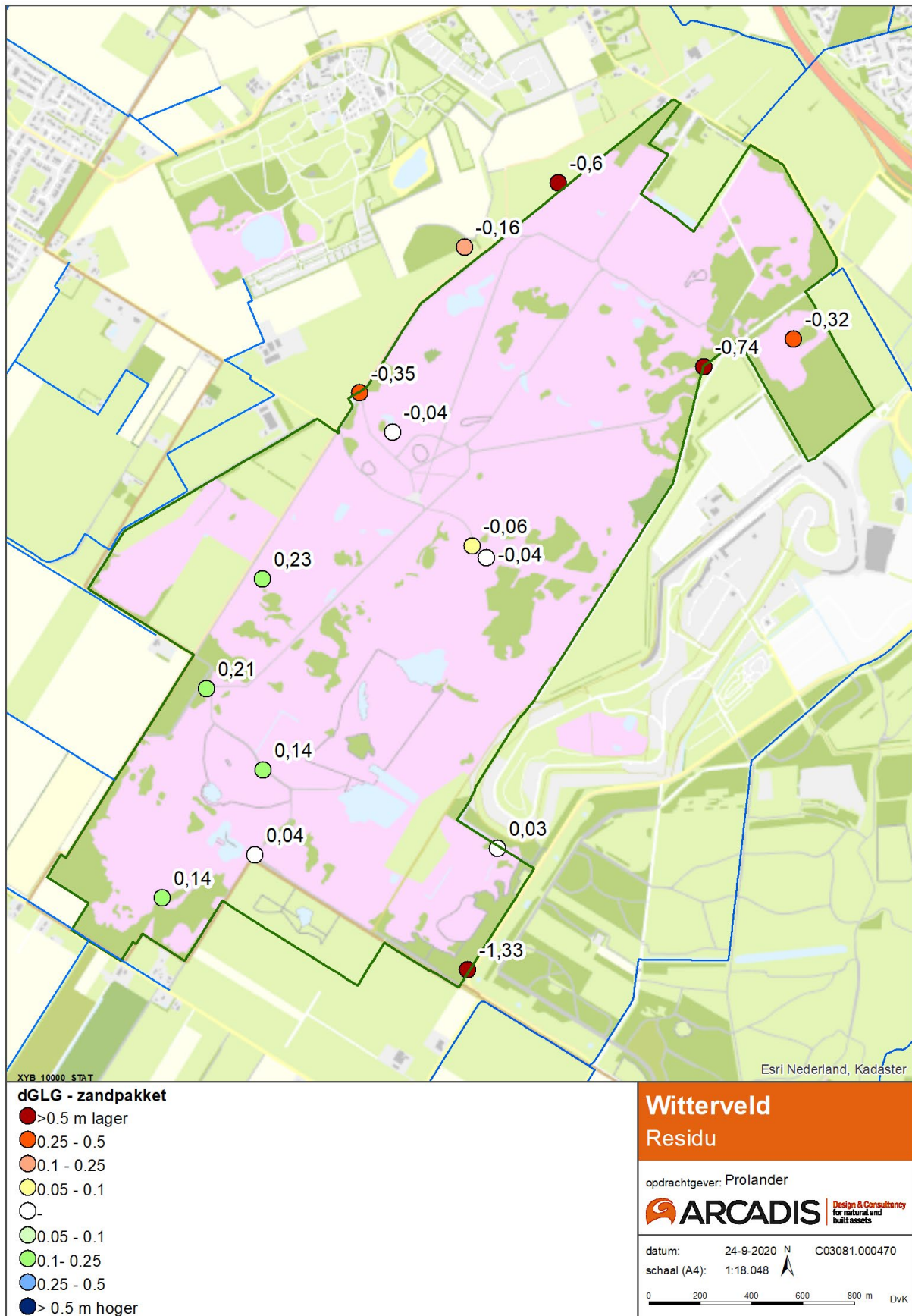
De keileemdikte uit de boringen komt goed overeen met de keileemkartering. Er zijn dan ook geen aanpassingen gedaan aan de weerstand dan wel het voorkomen van de keileem. Enkel de hoogte van deze laag is gecorrigeerd zoals aan het begin van deze paragraaf is beschreven. De dikte van de zandlaag boven de keileem (en onder de verkitte B-horizont) is gebaseerd op de dikte van het zandpakket uit de boringen en extrapoleert voor geheel het Witterveld. De horizontale doorlatendheid van het zandpakket is gelijk aan 5 m/d.

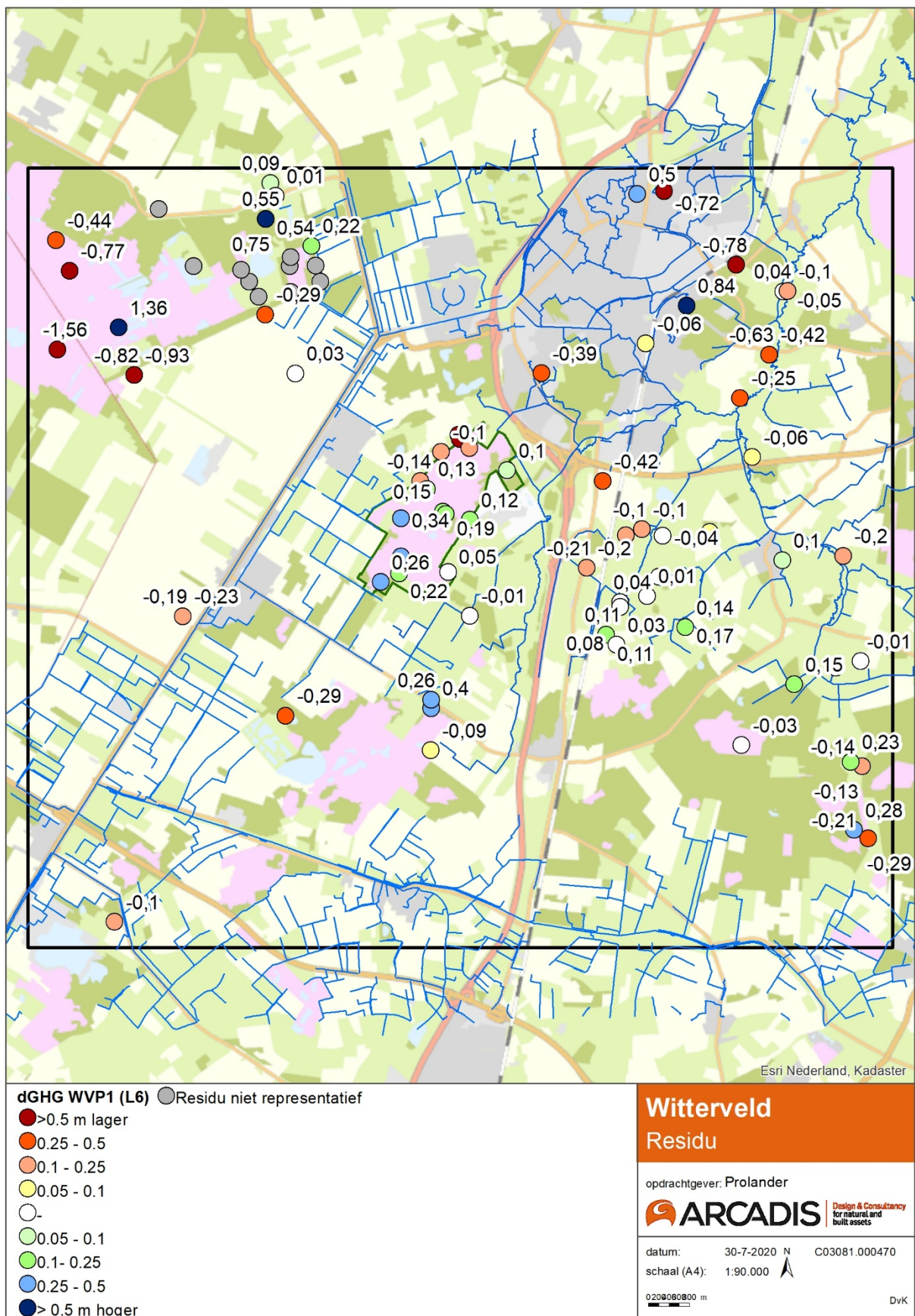
BIJLAGE 13 RESIDUEN

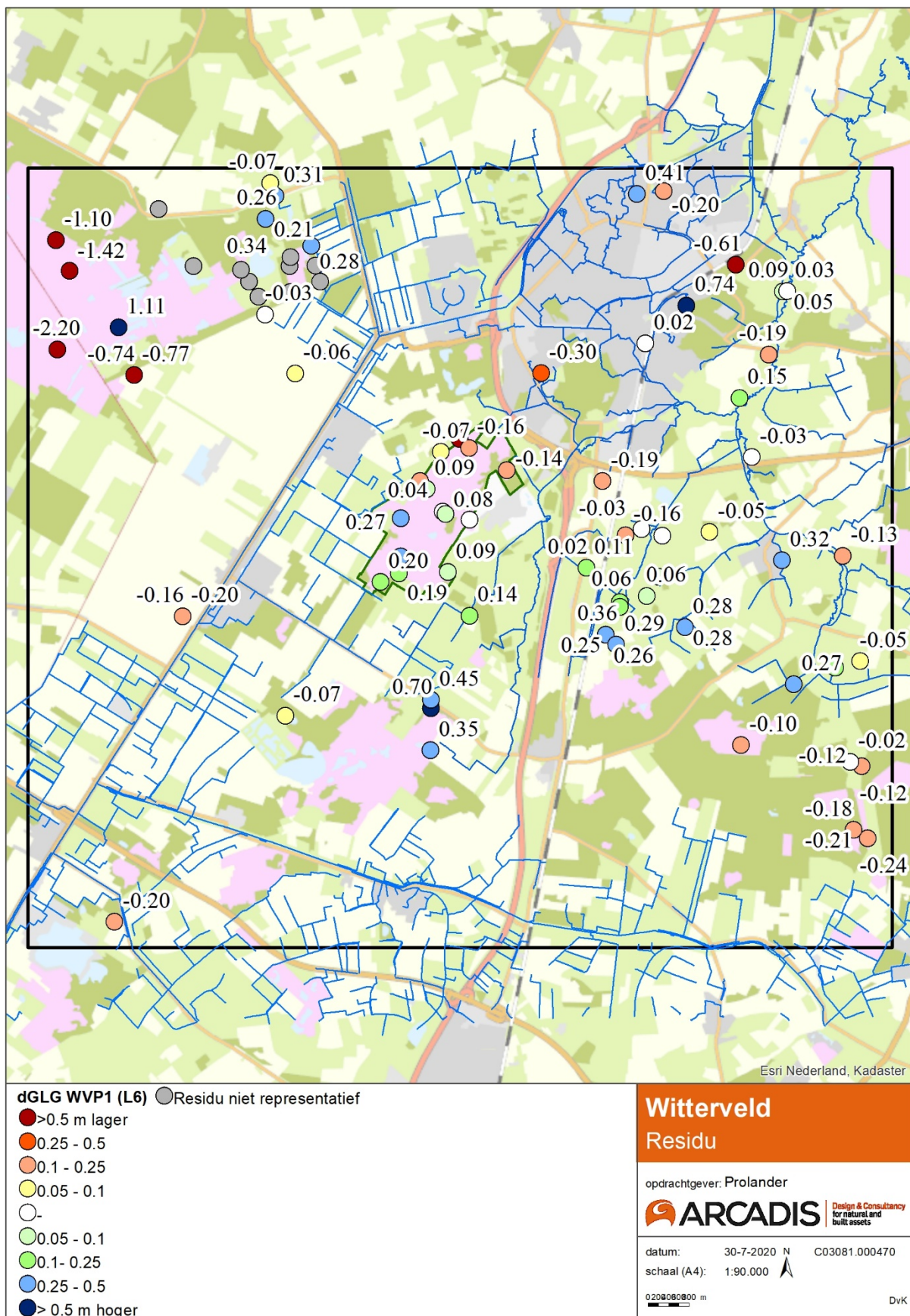


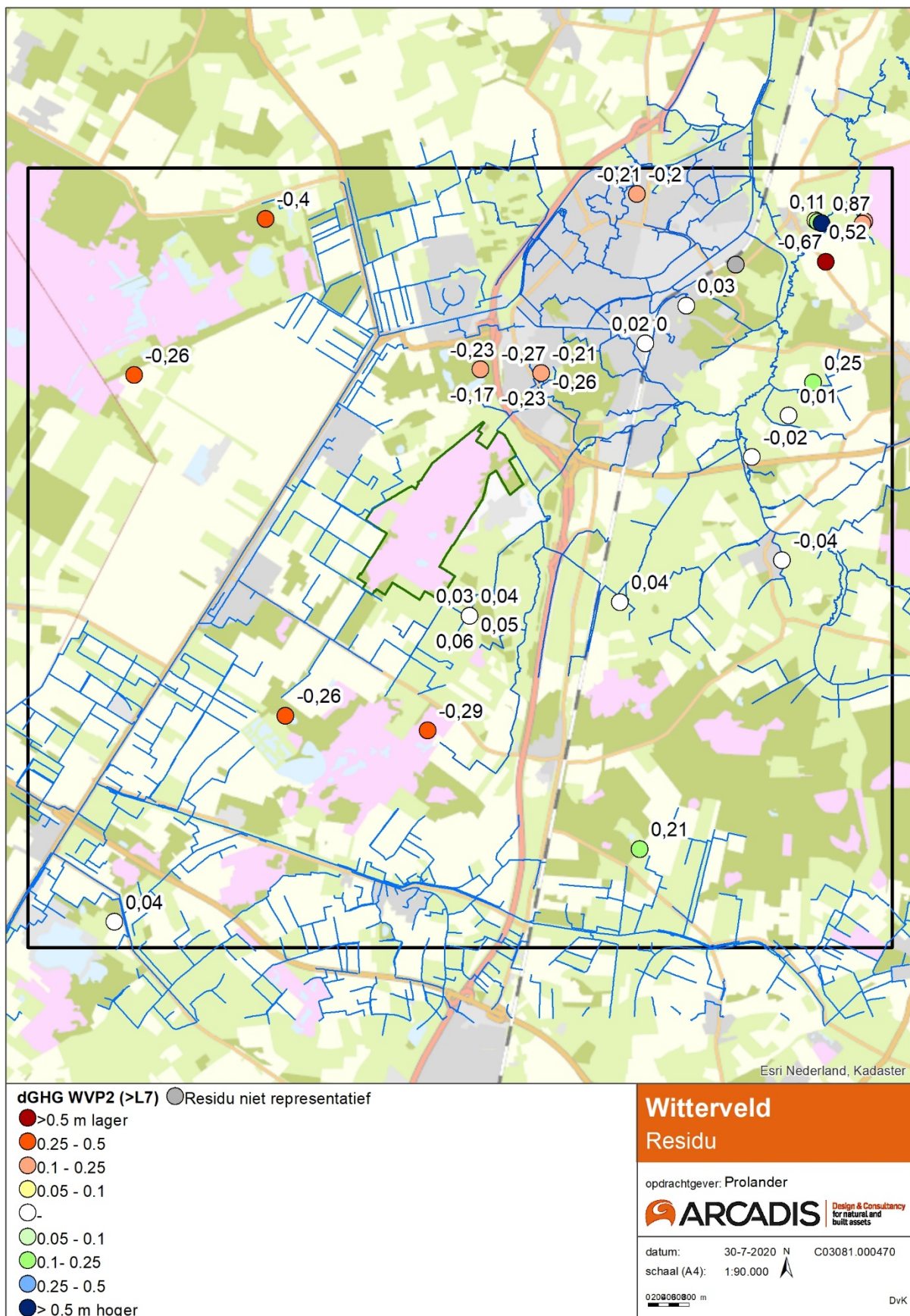


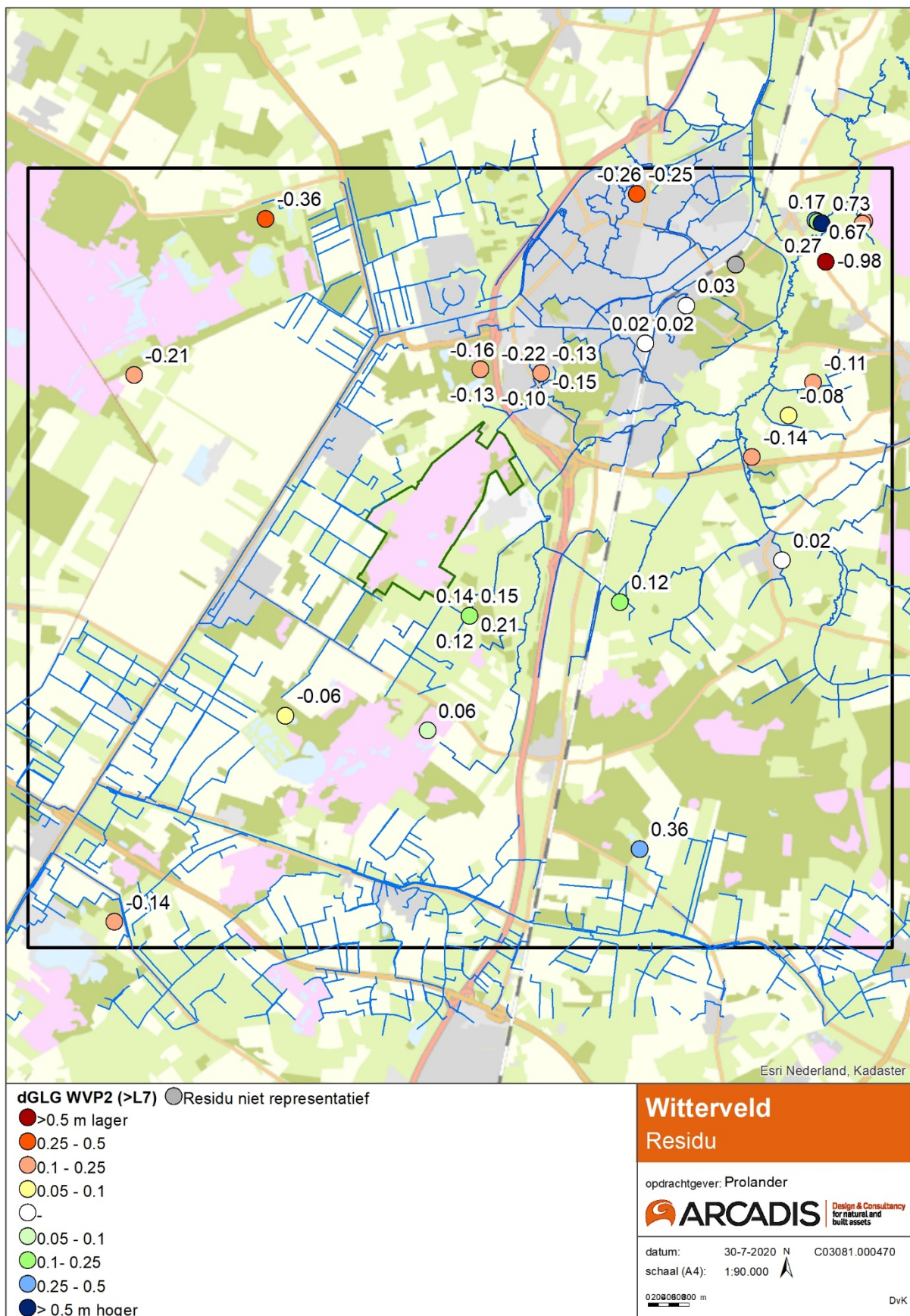




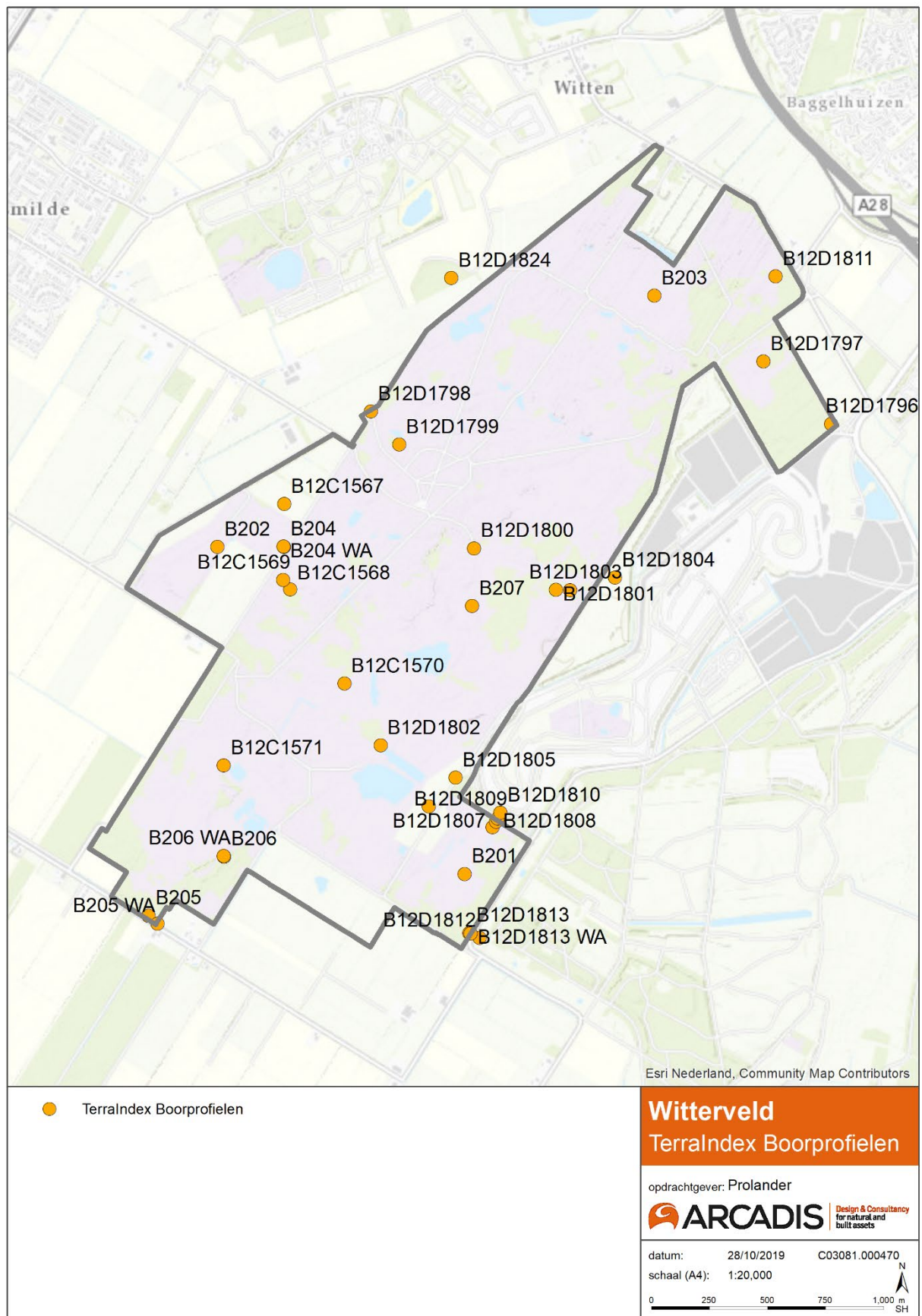






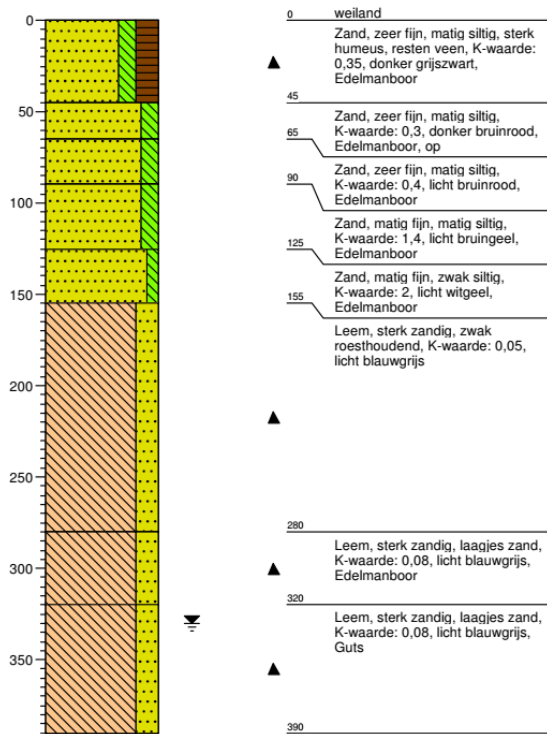


BIJLAGE 14 BOORPROFIELEN

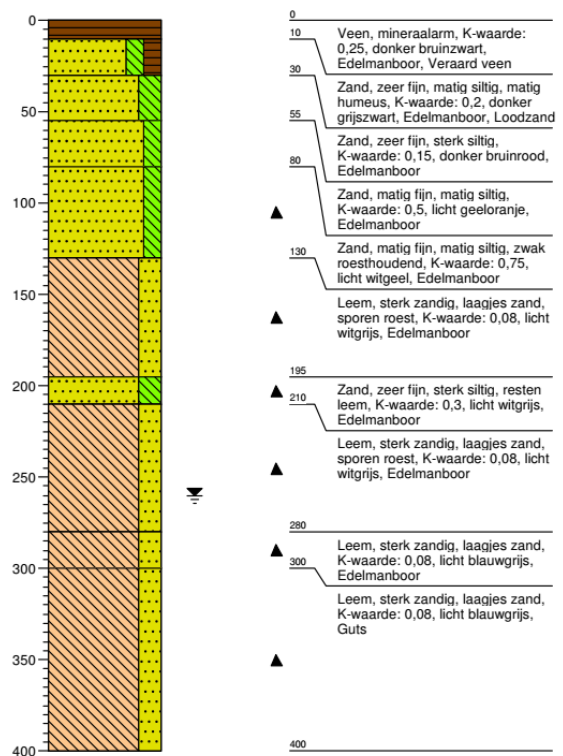


Boring: B12C1567

X: 229630,91
Y: 553601,70
Datum: 05-09-2019
GWS: 330
GHG: 55
GLG: 999999
Referentievlak: 14,39. -mv Schijn GHG

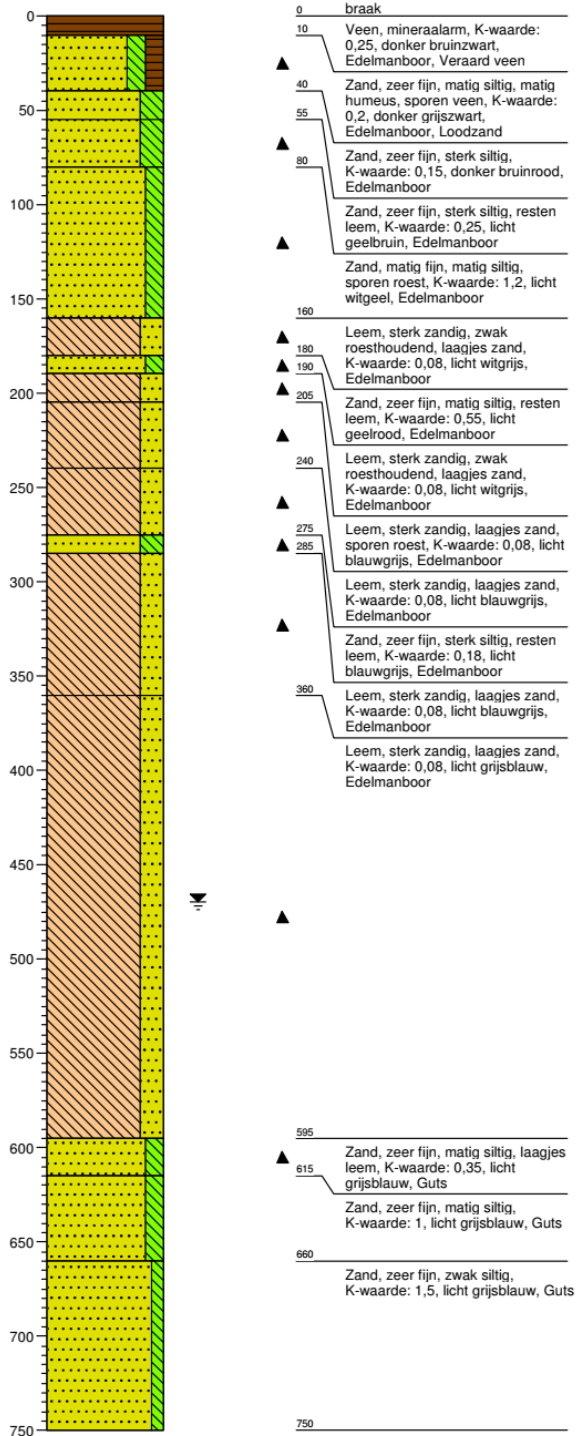
**Boring: B12C1568**

X: 229656,75
Y: 553233,68
Datum: 05-09-2019
GWS: 260
GHG: 25
GLG: 999999
Referentievlak: 14,29.

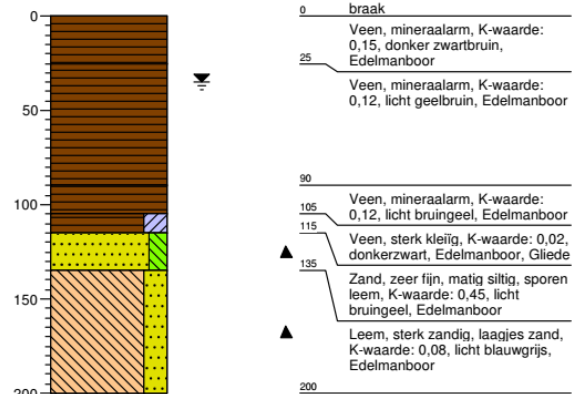


Boring: B12C1569

X: 229626,48
Y: 553274,73
Datum: 05-09-2019
GWS: 470
GHG: 40
GLG: 360
Referentievlak: 14,76.

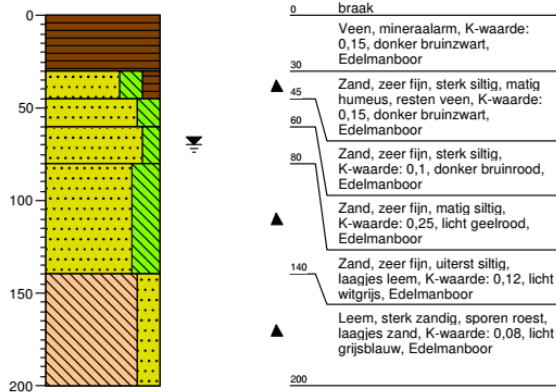
**Boring: B12C1570**

X: 229890,14
Y: 552829,16
Datum: 05-09-2019
GWS: 35
GHG: 0
GLG: 90
Referentievlak: 13,49. GLG op 90 cm -mv.??

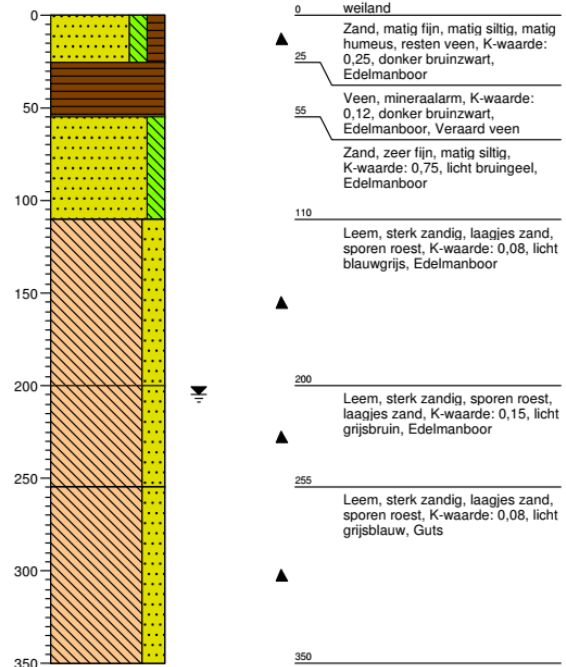


Boring: B12C1571

X: 229370,67
Y: 552477,07
Datum: 05-09-2019
GWS: 70
GHG: 5
GLG: 999999
Referentievlak: 13,39.

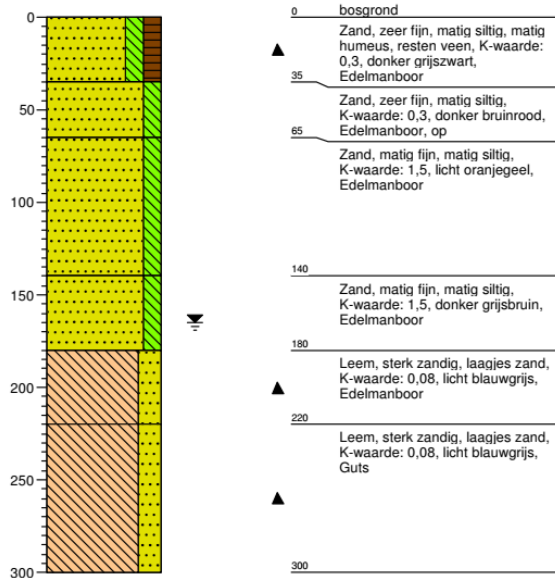
**Boring: B12C1572**

X: 229664,38
Y: 552126,06
Datum: 05-09-2019
GWS: 205
GHG: 25
GLG: 255
Referentievlak: 13,25.

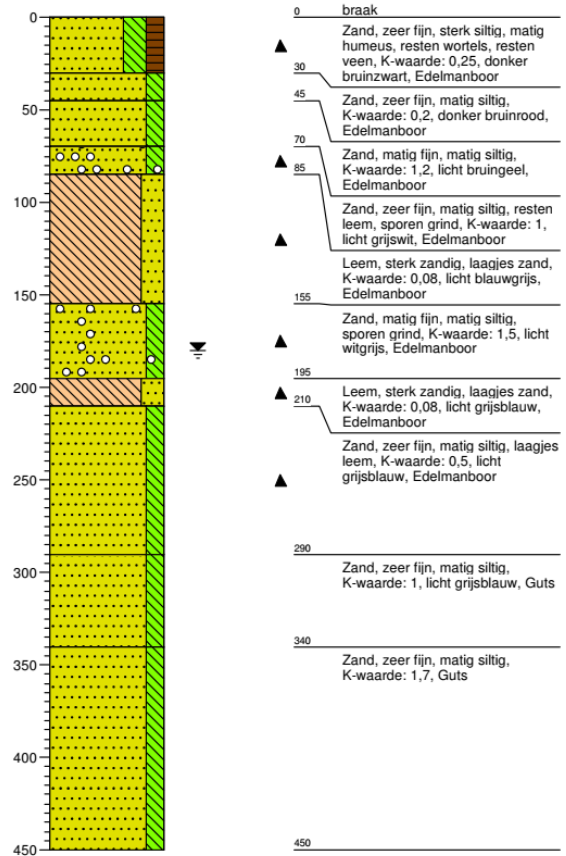


Boring: B12D1796

X: 231983,00
Y: 553946,28
Datum: 05-09-2019
GWS: 165
GHG: 45
GLG: 999999
Referentievlaak: 11,51.

**Boring: B12D1797**

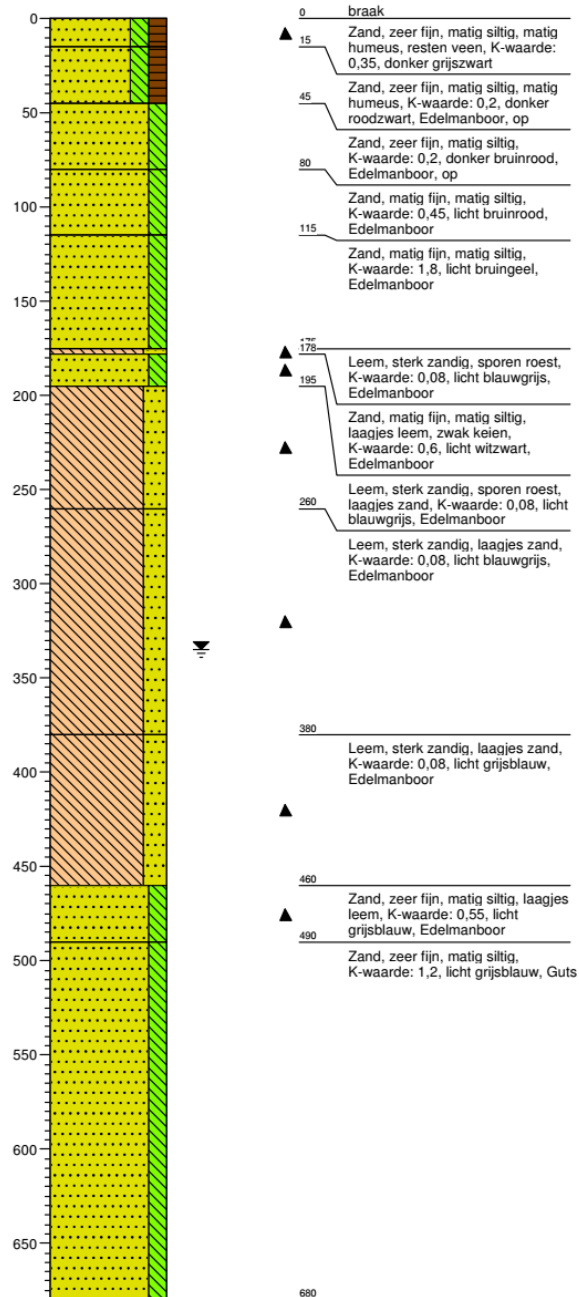
X: 231692,35
Y: 554214,63
Datum: 05-09-2019
GWS: 180
GHG: 25
GLG: 195
Referentievlaak: 11,66.



Boring: B12D1798

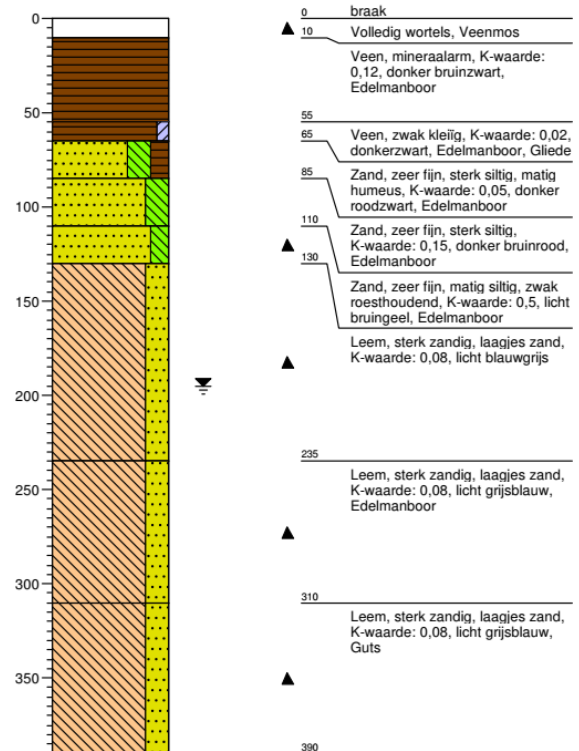
X: 230004,57
Y: 553999,33
Datum: 05-09-2019
GWS: 335

GLG: 380
Referentievlaak: 13,82.

**Boring: B12D1799**

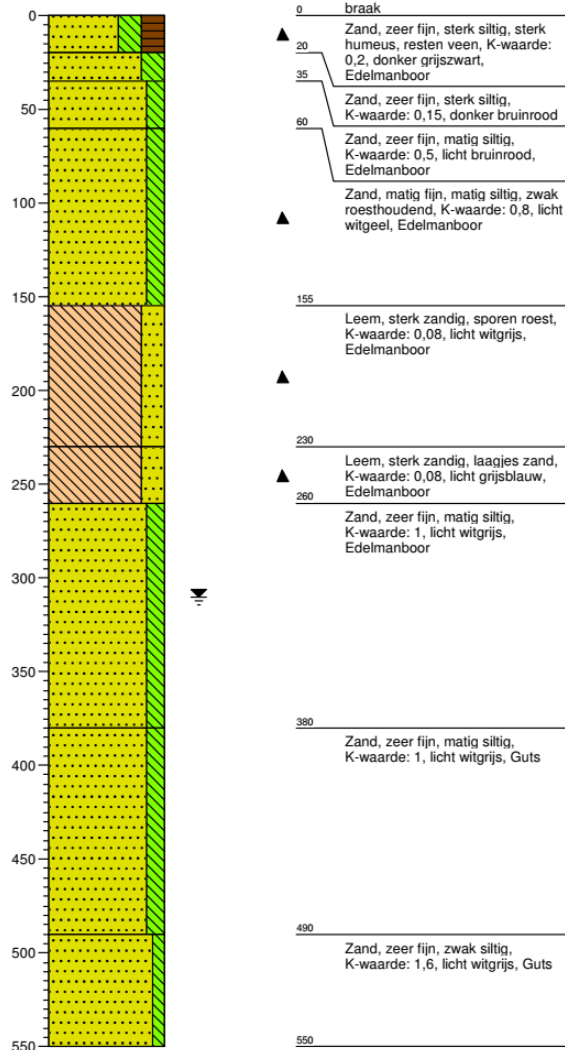
X: 230125,33
Y: 553856,87
Datum: 05-09-2019
GWS: 195

GHG: 5
GLG: 235
Referentievlaak: 14,19.

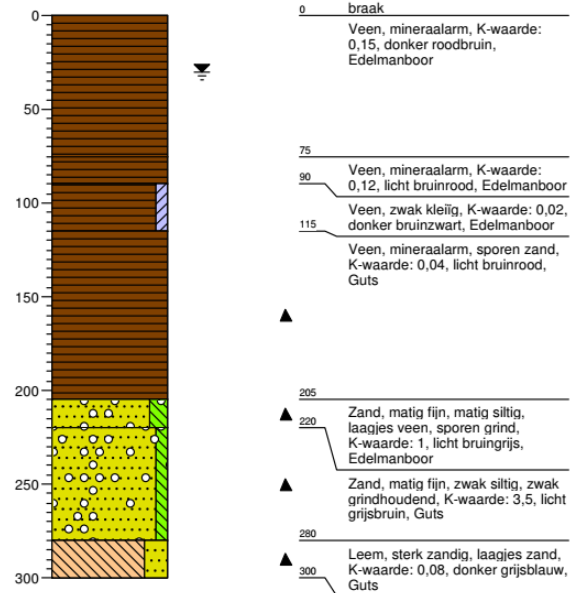


Boring: B12D1800

X: 230447,46
Y: 553410,61
Datum: 05-09-2019
GWS: 310
GHG: 25
GLG: 230
Referentievlak: 13,2P.

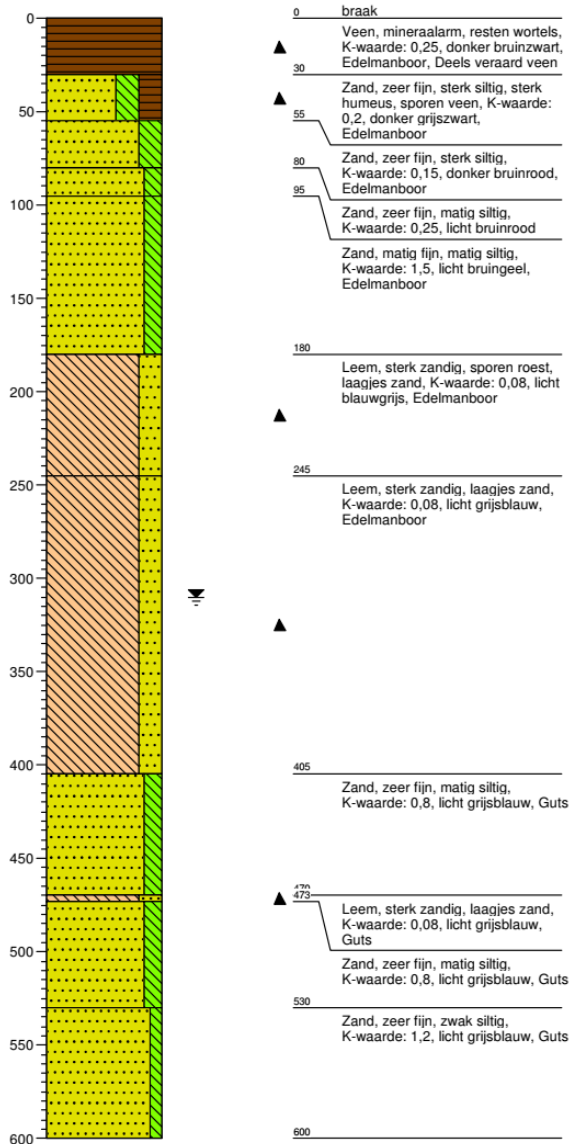
**Boring: B12D1801**

X: 230800,17
Y: 553232,91
Datum: 05-09-2019
GWS: 30
GHG: 0
GLG: 75
Referentievlak: 12,75.

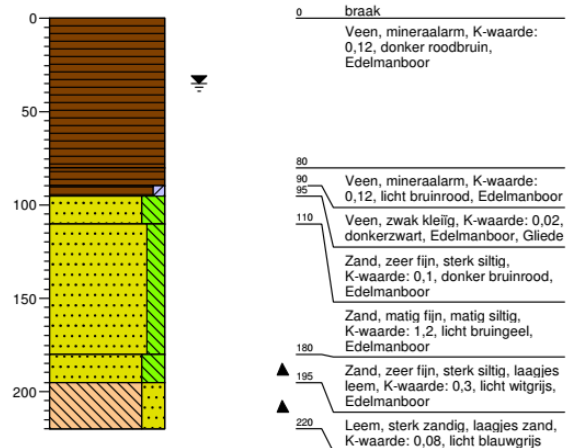


Boring: B12D1802

X: 230045,97
Y: 552563,13
Datum: 05-09-2019
GWS: 310
GHG: 20
GLG: 245
Referentievlak: 13,48.

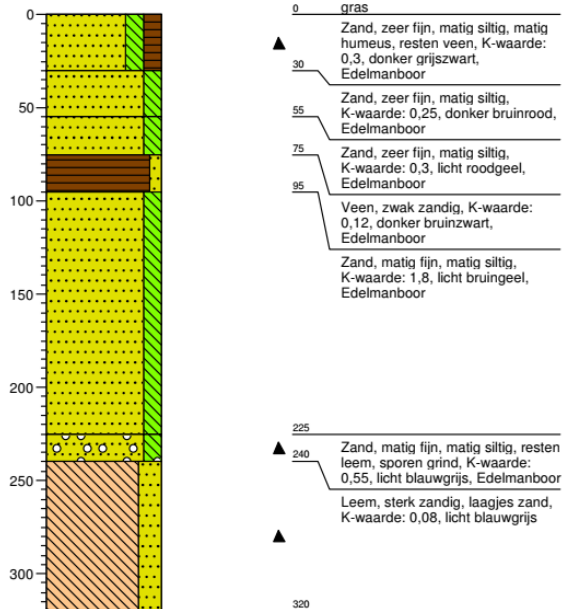
**Boring: B12D1803**

X: 230861,59
Y: 553231,48
Datum: 05-09-2019
GWS: 35
GHG: 0
GLG: 80
Referentievlak: 12,7P. GLG op 80 cm -mv?? Hangwater op 35 cm -mv?

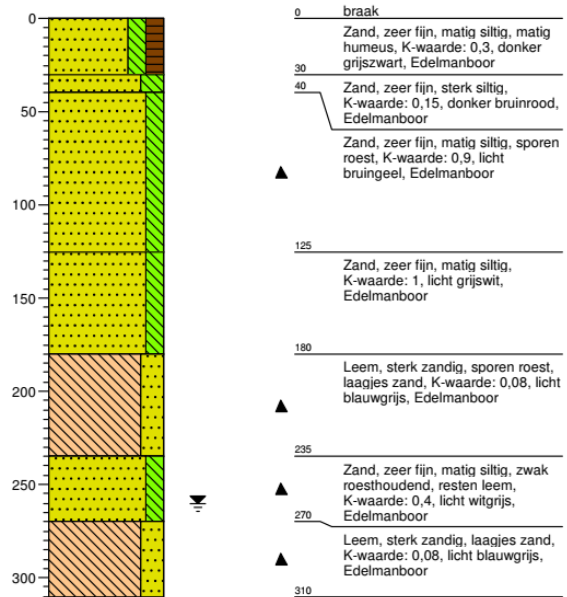


Boring: B12D1804

X: 231054,57
Y: 553285,00
Datum: 05-09-2019
GWS: 999999
GHG: 25
GLG: 999999
Referentievlak: 12,63.

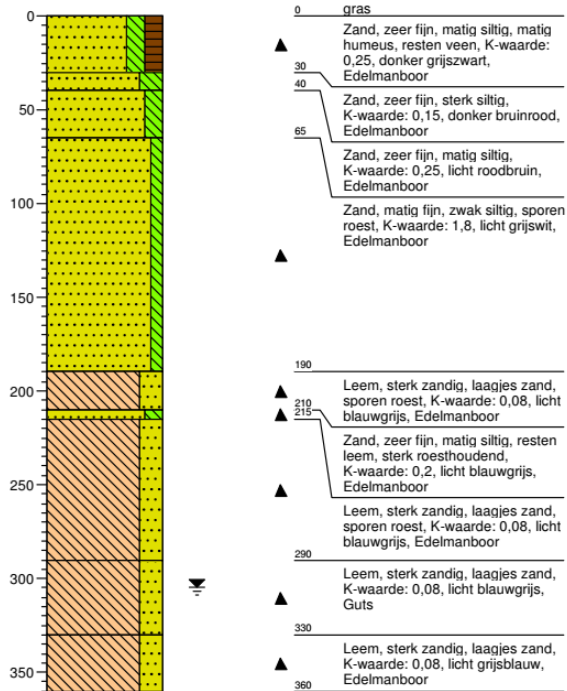
**Boring: B12D1805**

X: 230368,91
Y: 552424,75
Datum: 05-09-2019
GWS: 260
GHG: 55
GLG: 280
Referentievlak: 14,19.

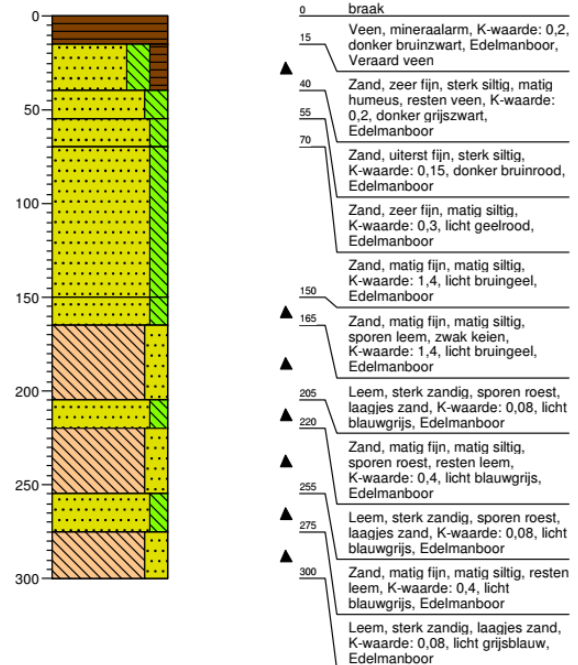


Boring: B12D1806

X: 230252,45
Y: 552301,90
Datum: 05-09-2019
GWS: 305
GHG: 30
GLG: 330
Referentievlak: 14,16.

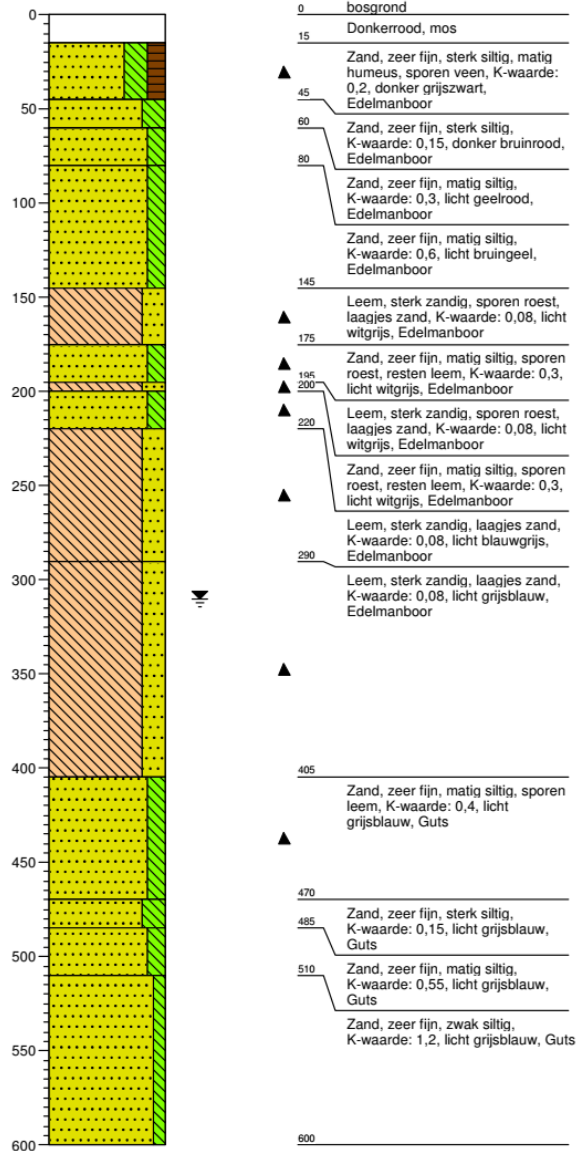
**Boring: B12D1807**

X: 230526,82
Y: 552211,31
Datum: 05-09-2019
GWS: 999999
GHG: 20
GLG: 275
Referentievlak: 13,37.

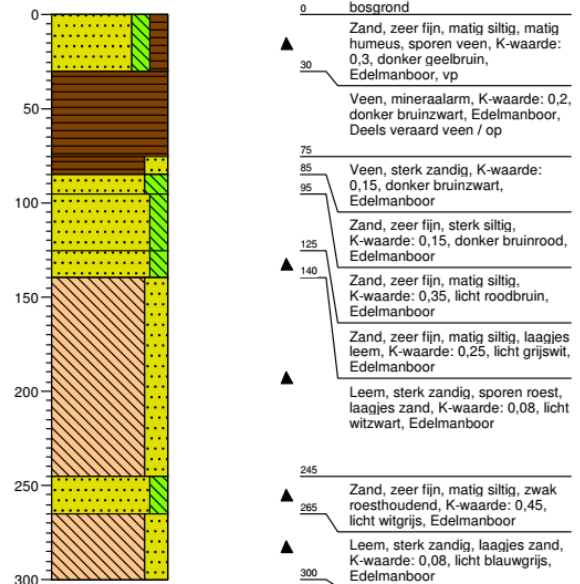


Boring: B12D1808

X: 230543,00
Y: 552235,40
Datum: 05-09-2019
GWS: 310
GHG: 25
GLG: 290
Referentievlak: 13,24.

**Boring: B12D1809**

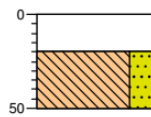
X: 230557,57
Y: 552255,55
Datum: 05-09-2019
GWS: 999999
GHG: 45
GLG: 999999
Referentievlak: 13,22.



Boring: B12D1809 WA

X: 230549,26
Y: 552248,09
Datum: 30-09-2019

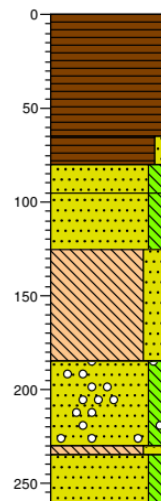
Referentievlak: 11,27spiegel



0	waterbodem
	Neutraal, Edelmanboor
20	
▲	Leem, sterk zandig, laagjes zand, licht grijsblauw, Edelmanboor
50	

Boring: B12D1810

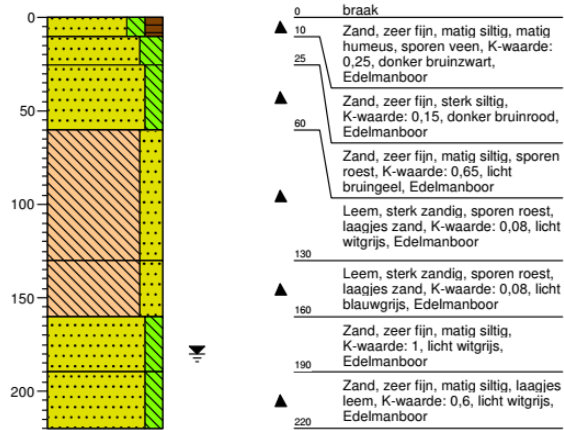
X: 230561,00
Y: 552273,61
Datum: 05-09-2019
GWS: 45
GHG: 5
GLG: 999999
Referentievlak: 12,89.



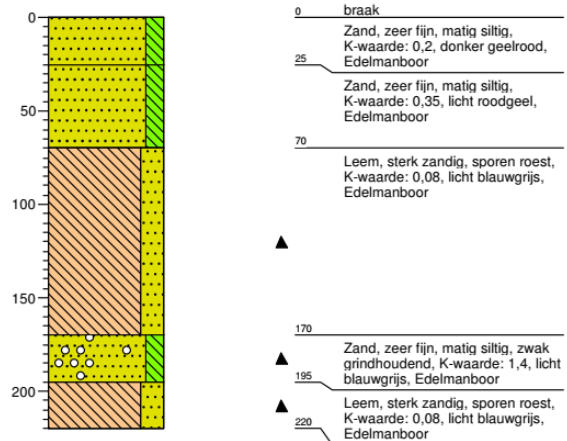
0	braak
	Veen, mineraalarm, K-waarde: 0,2, donker bruinzwart, Edelmanboor, Deels veraard veen
65	
80	Veen, zwak zandig, K-waarde: 0,1, donker bruinzwart, Edelmanboor
95	Zand, zeer fijn, matig siltig, K-waarde: 0,2, donker bruinrood, Edelmanboor
125	Zand, zeer fijn, matig siltig, K-waarde: 0,45, licht bruingeel, Edelmanboor
▲	Leem, sterk zandig, sporen roest, laagjes zand, K-waarde: 0,08, licht witgrijs, Edelmanboor
185	
▲	Zand, matig fijn, matig siltig, sporen grind, K-waarde: 2, licht witgrijs, Edelmanboor
220	
235	Leem, sterk zandig, sporen roest, laagjes zand, K-waarde: 0,08, licht witgrijs, Guts
260	Zand, matig fijn, matig siltig, K-waarde: 1,5, licht witgrijs, Guts

Boring: B12D1811

X: 231745,60
Y: 554580,35
Datum: 05-09-2019
GWS: 180
GHG: 10
GLG: 999999
Referentievlak: 11,61.

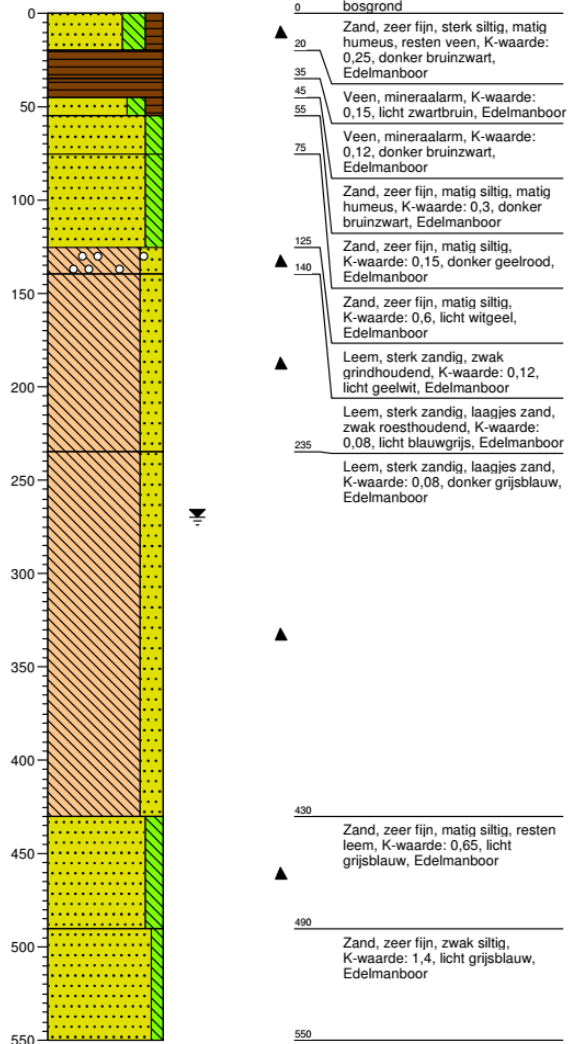
**Boring: B12D1812**

X: 230471,55
Y: 551735,04
Datum: 05-09-2019
GWS: 999999
GLG: 999999
Referentievlak: 12,91.

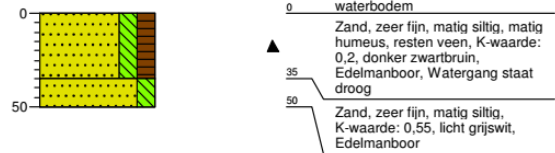


Boring: B12D1813

X: 230427,41
Y: 551756,40
Datum: 05-09-2019
GWS: 270
GHG: 40
GLG: 235
Referentievlak: 13,38.

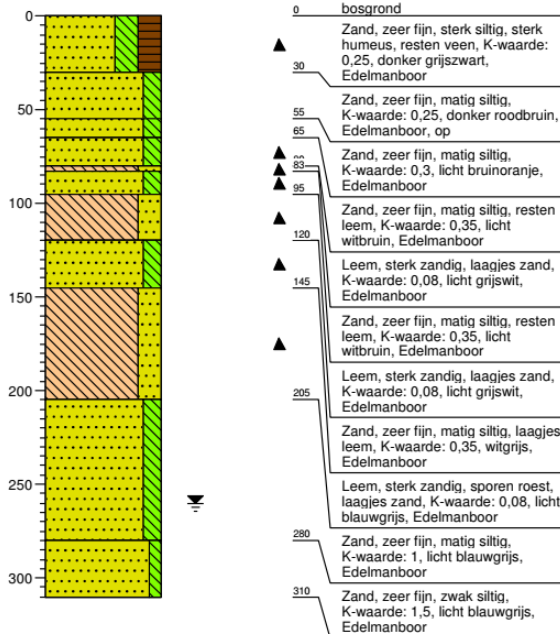
**Boring: B12D1813 WA**

X: 230432,25
Y: 551753,58
Datum: 23-09-2019
GWS: 999999
GLG: 999999
Referentievlak: 12,16.

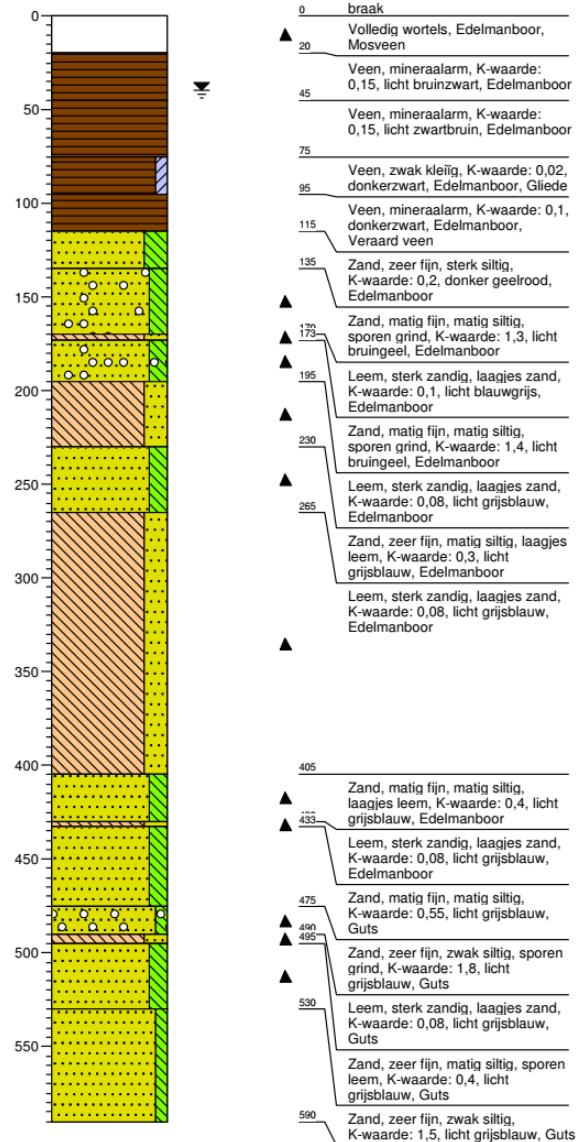


Boring: B12D1824

X: 230350,38
Y: 554573,20
Datum: 05-09-2019
GWS: 260
GHG: 30
GLG: 999999
Referentievlak: 12,63.

**Boring: B201**

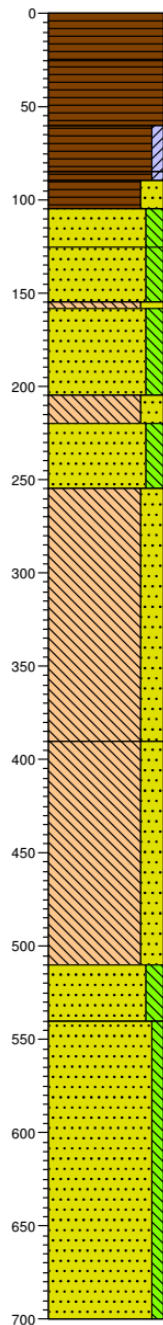
X: 230406,76
Y: 552010,02
Datum: 06-09-2019
GWS: 40
GHG: 5
GLG: 195
Referentievlak: 13,03. GLG op 45 cm -mv.



Boring: B202

X: 229343,36
Y: 553416,84
Datum: 06-09-2019
GWS: 300

GLG: 390
Referentievlak: 14,36.

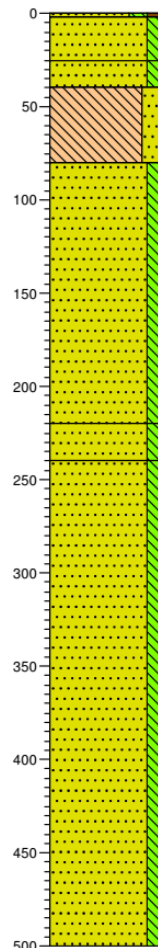


0	braak
25	Veen, mineraalarm, matig wortelhoudend, K-waarde: 0,25, donker zwartbruin, Edelmanboor
60	Veen, mineraalarm, K-waarde: 0,15, donker bruinzwart, Edelmanboor
85	Veen, zwak kleiig, K-waarde: 0,05, donker bruinzwart, Edelmanboor
90	Veen, zwak kleiig, K-waarde: 0,02, donkerzwart, Edelmanboor, Gliede
105	Veen, sterk zandig, K-waarde: 0,2, donker bruinzwart, Edelmanboor
125	Zand, zeer fijn, matig siltig, K-waarde: 0,2, donker bruinrood, Edelmanboor
155	Zand, zeer fijn, matig siltig, K-waarde: 1, licht bruingeel, Edelmanboor
205	Leem, sterk zandig, K-waarde: 0,08, licht blauwgrijs, Edelmanboor
220	Zand, zeer fijn, matig siltig, sporen leem, K-waarde: 0,6, licht grijswit, Edelmanboor
255	Leem, sterk zandig, laagjes zand, K-waarde: 0,08, licht blauwgrijs, Edelmanboor
	Zand, matig fijn, matig siltig, sporen leem, K-waarde: 1,4, licht blauwgrijs, Edelmanboor
	Leem, sterk zandig, laagjes zand, K-waarde: 0,08, licht blauwgrijs, Edelmanboor
390	Leem, sterk zandig, laagjes zand, K-waarde: 0,08, licht grijsblauw, Edelmanboor
510	Zand, zeer fijn, matig siltig, resten leem, K-waarde: 0,55, licht grijsblauw, Guts
540	Zand, zeer fijn, zwak siltig, K-waarde: 1,5, licht grijsblauw, Guts

Boring: B203

X: 231224,10
Y: 554497,11
Datum: 06-09-2019
GWS: 200
GHG: 10
GLG: 240

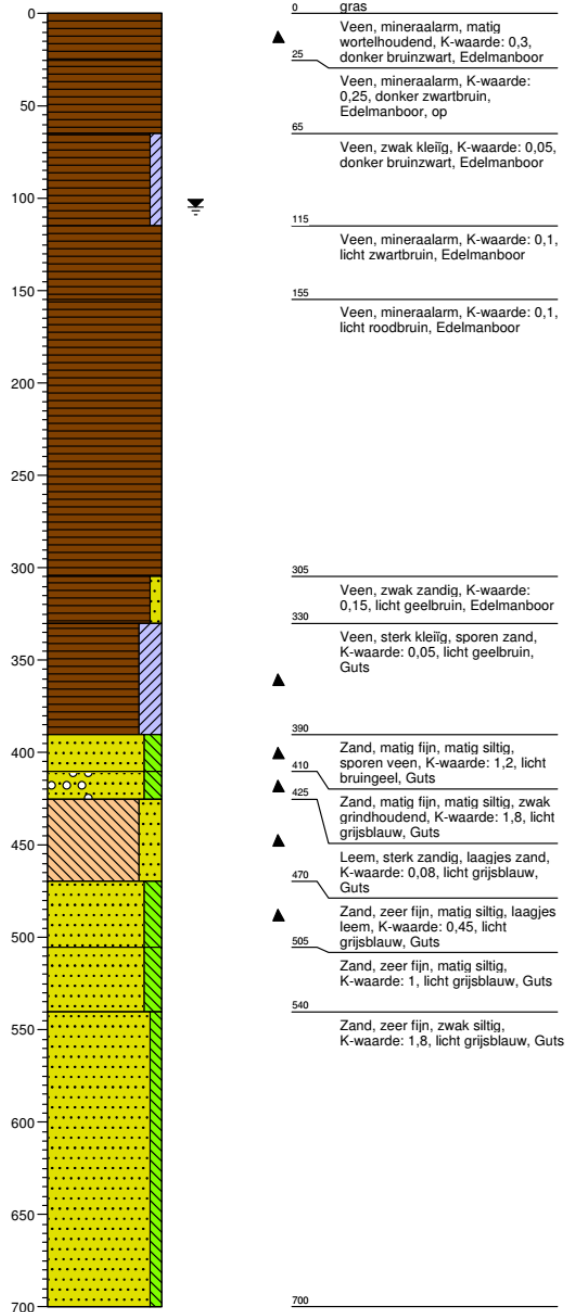
Referentievlak: 11,66.



2	braak
25	Zand, zeer fijn, matig siltig, matig humeus, K-waarde: 0,3, donker bruinzwart, Edelmanboor
40	Zand, zeer fijn, matig siltig, K-waarde: 0,3, licht roodbruin, Edelmanboor
80	Zand, zeer fijn, matig siltig, resten leem, K-waarde: 0,3, licht grijswit
	Leem, sterk zandig, sporen roest, K-waarde: 0,08, licht witgrijs, Edelmanboor
	Zand, zeer fijn, matig siltig, sporen leem, K-waarde: 1, licht witgrijs, Edelmanboor
220	Zand, zeer fijn, matig siltig, K-waarde: 1,2, licht witgrijs, Edelmanboor
240	Zand, zeer fijn, matig siltig, K-waarde: 1,6, licht grijsblauw, Guts

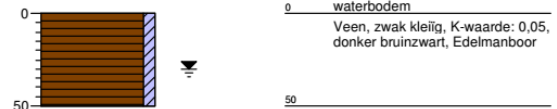
Boring: B204

X: 229629,06
Y: 553417,52
Datum: 06-09-2019
GWS: 105
GHG: 25
GLG: 405
Referentievlak: 14,61 m mv. Schijn GLG? 105 cm hangwater?

**Boring: B204 WA**

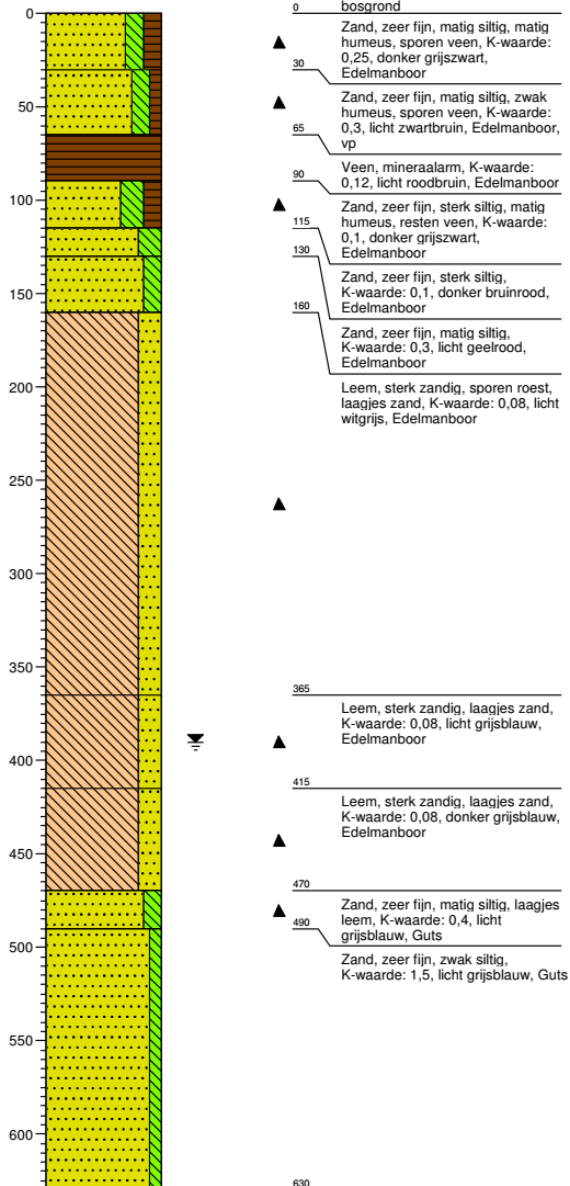
X: 229628,23
Y: 553418,89
Datum: 10-09-2019
GWS: 30

Referentievlak: 13,84.



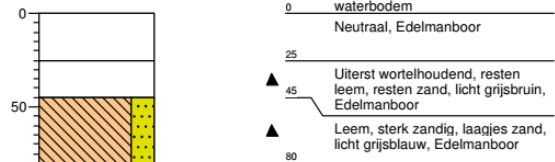
Boring: B205

X: 229047,16
Y: 551830,99
Datum: 06-09-2019
GWS: 390
GHG: 55
GLG: 415
Referentievlak: 14,43.

**Boring: B205 WA**

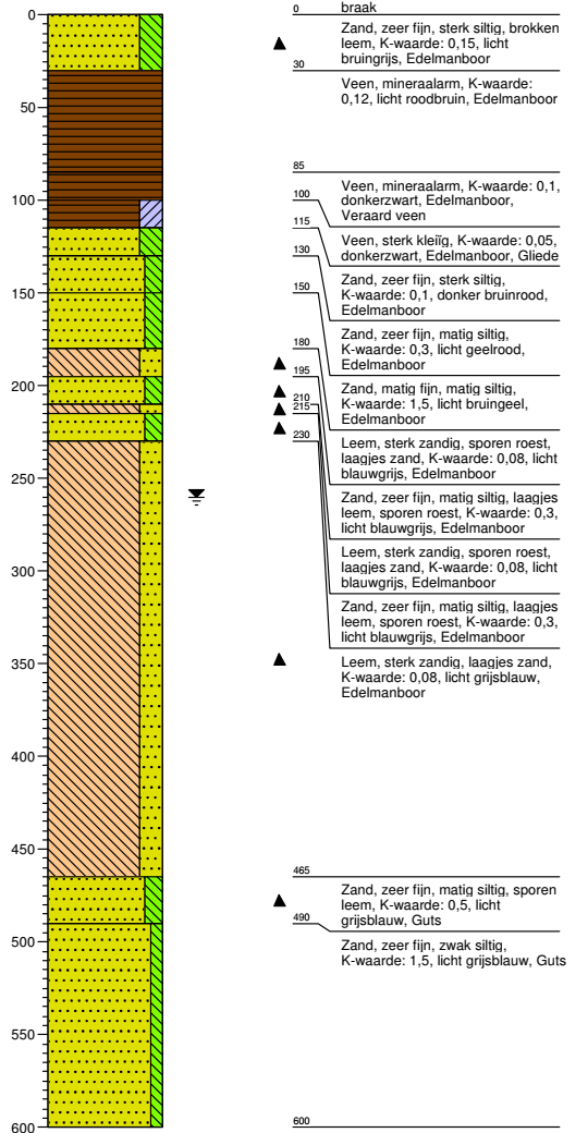
X: 229086,91
Y: 551796,88
Datum: 30-09-2019

Referentievlak: 12,11spiegel



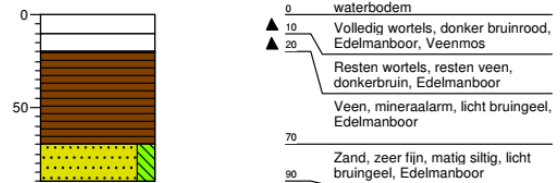
Boring: B206

X: 229372,09
Y: 552085,16
Datum: 06-09-2019
GWS: 260
GHG: 20
GLG: 330
Referentievlak: 14,08.

**Boring: B206 WA**

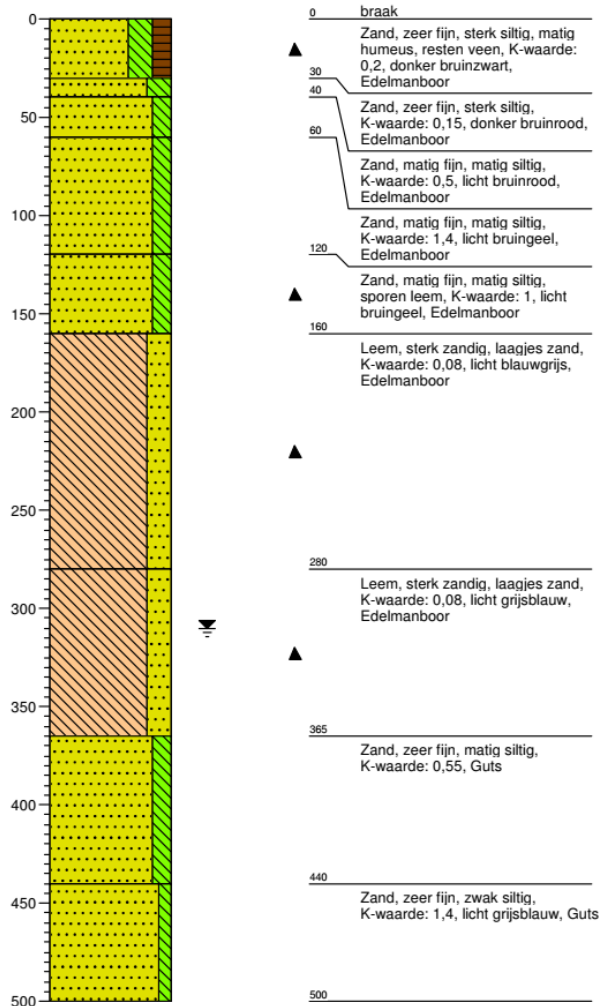
X: 229370,47
Y: 552088,38
Datum: 30-09-2019

Referentievlak: 12,89.



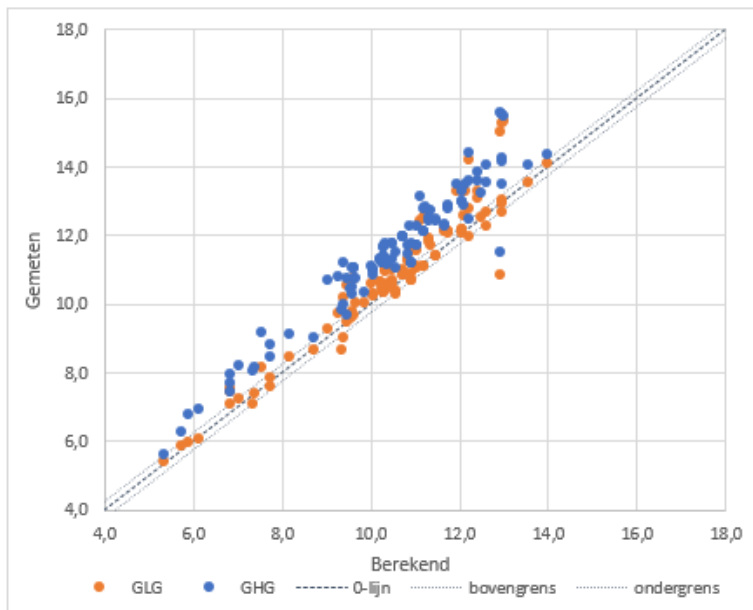
Boring: B207

X: 230439,75
 Y: 553162,37
 Datum: 06-09-2019
 GWS: 310
 GHG: 40
 GLG: 280
 Referentievlak: 13,41



PM boorprofielen B208-239 nog toevoegen.

BIJLAGE 15 KALIBRATIE GRAFIEKEN REGIONAAL GRONDWATERMODEL



STATISTIEKEN (2008-2015)

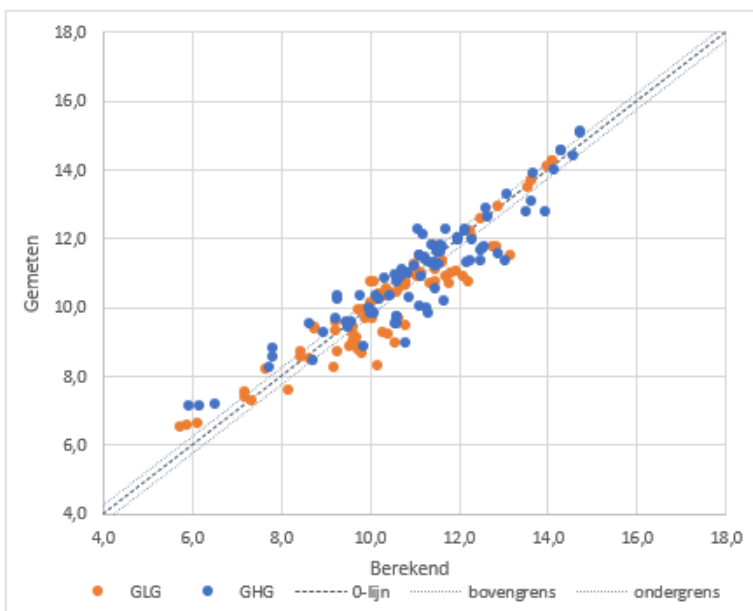
GHG

Gemiddelde afwijking 1,01 (te droog)
 Gemiddelde absolute afwijking 1,01
 Min/Max -13,02/2,7

GLG

Gemiddelde afwijking 0,43 (te droog)
 Gemiddelde absolute afwijking 0,51
 Min/Max -2,02/2,39

Figuur 72: Residuen uitgangsmodel Toppstelsysteem



STATISTIEKEN (2008-2015)

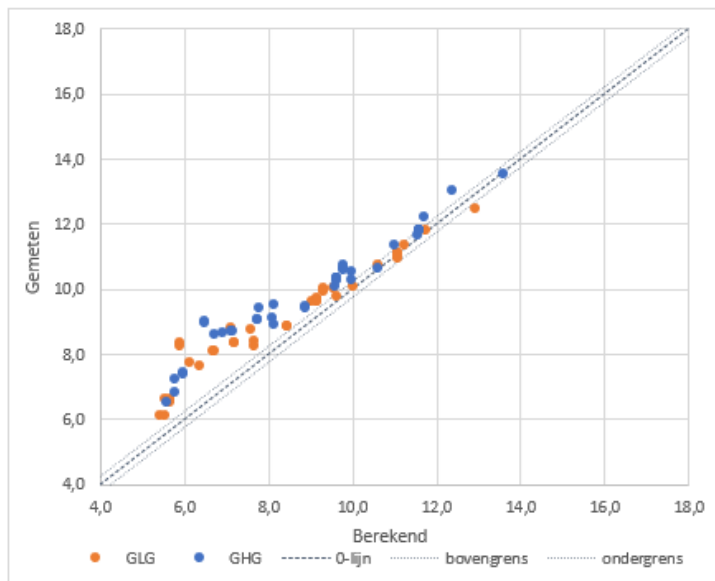
GHG

Gemiddelde afwijking 0,04 (te droog)
 Gemiddelde absolute afwijking 0,54
 Min/Max -1,77/1,23

GLG

Gemiddelde afwijking -0,09 (te nat)
 Gemiddelde absolute afwijking 0,44
 Min/Max -1,79/0,82

Figuur 73: Residuen uitgangsmodel WVP1

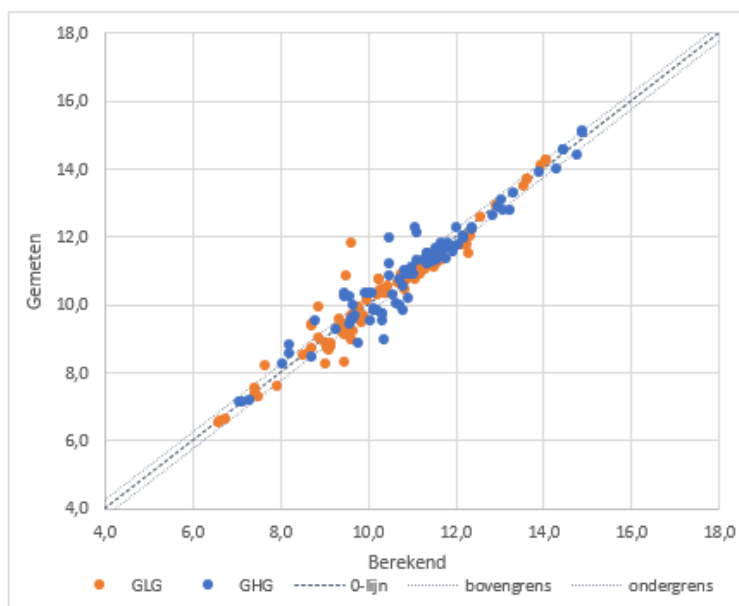
**STATISTIEKEN (2008-2015)****GHG**

Gemiddelde afwijking 0,98 (te droog)
 Gemiddelde absolute afwijking 0,98
 Min/Max -0,01/2,56

GLG

Gemiddelde afwijking 0,74 (te droog)
 Gemiddelde absolute afwijking 0,76
 Min/Max -0,38/2,47

Figuur 74: Residuen uitgangsmodel WVP2

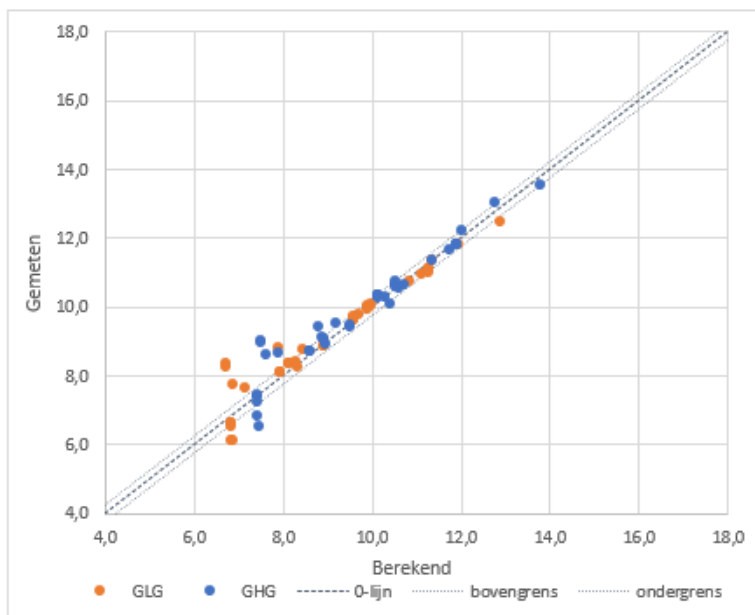
**STATISTIEKEN (2008-2015)****GHG**

Gemiddelde afwijking 0,04 (te droog)
 Gemiddelde absolute afwijking 0,37
 Min/Max -1,36/1,56

GLG

Gemiddelde afwijking 0,09 (te droog)
 Gemiddelde absolute afwijking 0,35
 Min/Max -1,11/2,21

Figuur 75: Residuen model na validatie WVP1

**STATISTIEKEN (2008-2015)****GHG**

Gemiddelde afwijking 0,18 (te droog)
 Gemiddelde absolute afwijki 0,29
 Min/Max -0,87/1,56

GLG

Gemiddelde afwijking 0,14 (te droog)
 Gemiddelde absolute afwijki 0,30
 Min/Max -0,73/1,66

Figuur 76: Residuen model na validatie WVP2

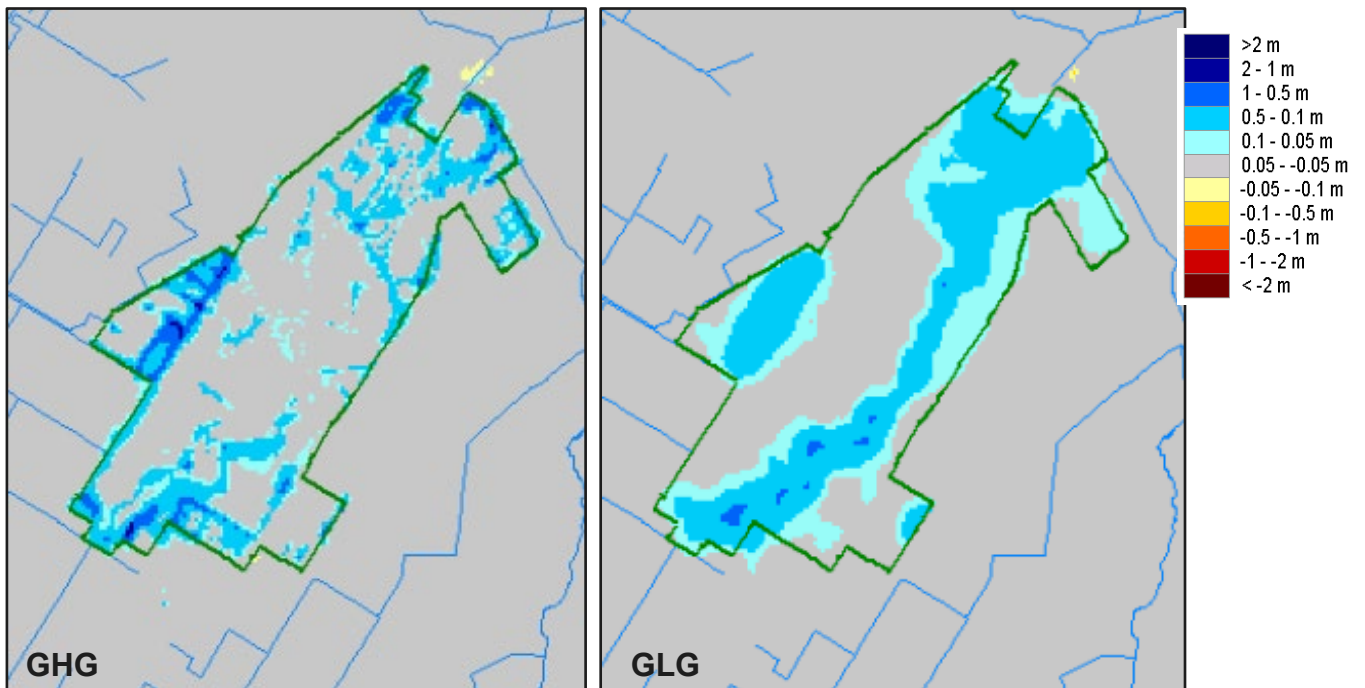
BIJLAGE 16 WATERBALANS INZICHTSCENARIO'S

Huidig	Neerslag (mm/d)	Verdamping (mm/d)	Kwel (mm/d)	Wegzijging (mm/d)	Oppervlaktewater (mm/d)
1	2,51	-1,57	0,03	-0,25	-0,40
2	2,51	-1,57	0,03	-0,29	-0,25
3	2,51	-1,57	0,01	-0,21	-0,25
Totaal	2,51	-1,57	0,02	-0,25	-0,28
AfwatExternAut	Neerslag	Verdamping	Kwel	Wegzijging	Oppervlaktewater
1	2,51	-1,57	0,03	-0,25	-0,39
2	2,51	-1,57	0,03	-0,30	-0,25
3	2,51	-1,57	0,01	-0,21	-0,24
Totaal	2,51	-1,57	0,02	-0,25	-0,28
AfwatIntern	Neerslag	Verdamping	Kwel	Wegzijging	Oppervlaktewater
1	2,51	-1,57	0,03	-0,19	0,00
2	2,51	-1,57	0,02	-0,30	0,00
3	2,51	-1,57	0,01	-0,20	0,00
Totaal	2,51	-1,57	0,02	-0,23	0,00
Buffergebied 2a	Neerslag	Verdamping	Kwel	Wegzijging	Oppervlaktewater
1	2,51	-1,57	0,03	-0,24	-0,06
2	2,51	-1,57	0,03	-0,29	-0,14
3	2,51	-1,57	0,01	-0,20	-0,26
Totaal	2,51	-1,57	0,02	-0,25	-0,17
Buffergebied 2b	Neerslag	Verdamping	Kwel	Wegzijging	Oppervlaktewater
1	2,51	-1,57	0,03	-0,24	-0,40

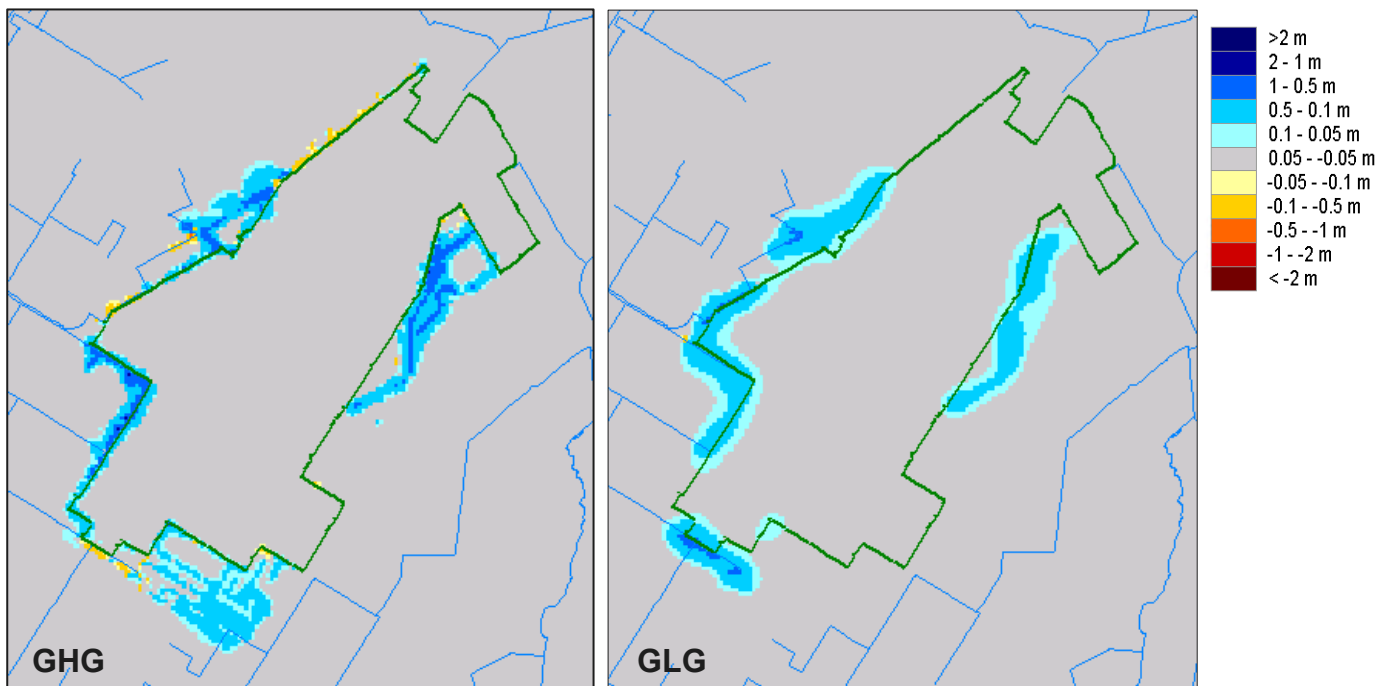
Huidig	Neerslag (mm/d)	Verdamping (mm/d)	Kwel (mm/d)	Wegzijging (mm/d)	Oppervlaktewater (mm/d)
2	2,51	-1,57	0,03	-0,29	-0,25
3	2,51	-1,57	0,01	-0,21	-0,25
Totaal	2,51	-1,57	0,02	-0,25	-0,28
Eekhoutswijk	Neerslag	Verdamping	Kwel	Wegzijging	Oppervlaktewater
1	2,51	-1,57	0,03	-0,25	-0,40
2	2,51	-1,57	0,03	-0,29	-0,25
3	2,51	-1,57	0,01	-0,21	-0,25
Totaal	2,51	-1,57	0,02	-0,25	-0,28
Mogelijkbuffergebied	Neerslag	Verdamping	Kwel	Wegzijging	Oppervlaktewater
1	2,51	-1,57	0,03	-0,23	-0,35
2	2,51	-1,57	0,03	-0,27	-0,19
3	2,51	-1,57	0,01	-0,20	-0,20
Totaal	2,51	-1,57	0,02	-0,23	-0,23
Kwelscherm	Neerslag	Verdamping	Kwel	Wegzijging	Oppervlaktewater
1	2,51	-1,57	0,03	-0,23	-0,34
2	2,51	-1,57	0,03	-0,27	-0,19
3	2,51	-1,57	0,01	-0,20	-0,21
Totaal	2,51	-1,57	0,02	-0,23	-0,23

BIJLAGE 17 GESTAPELDE MAATREGELEN EFFECT GXG

Maatregelpakket 1

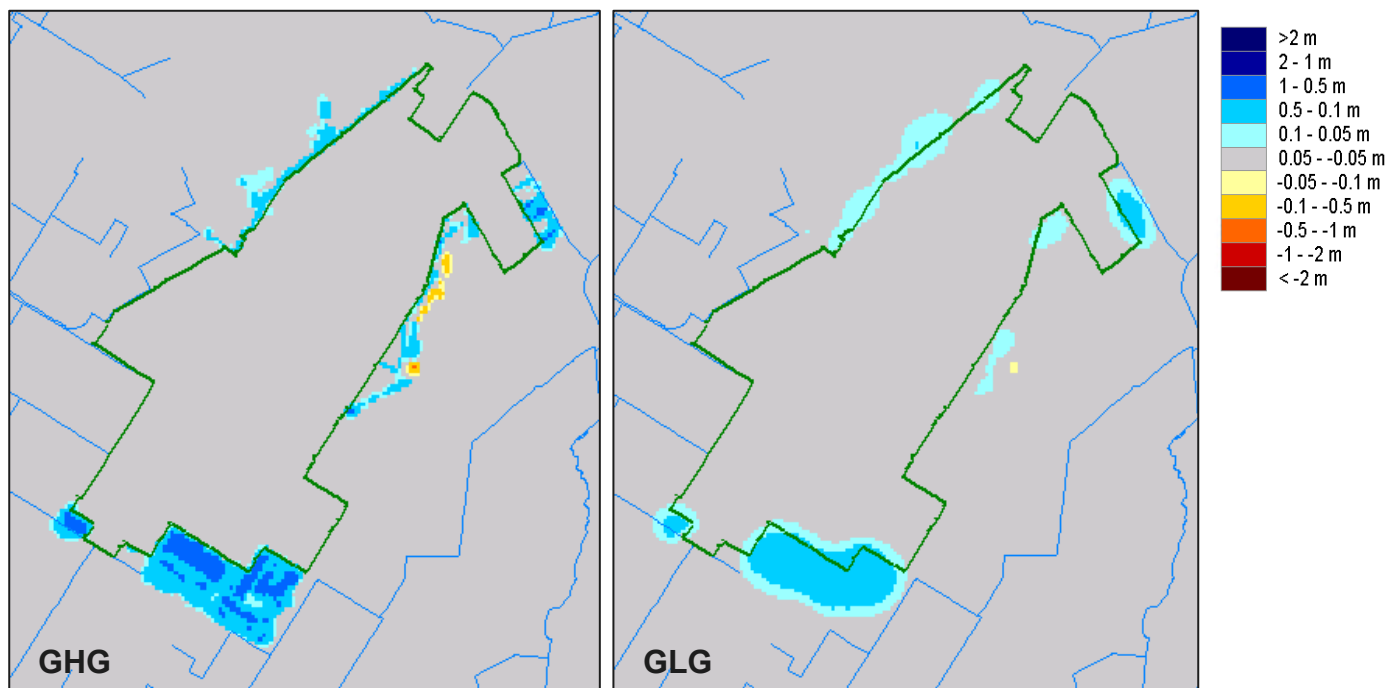


Maatregelpakket 2



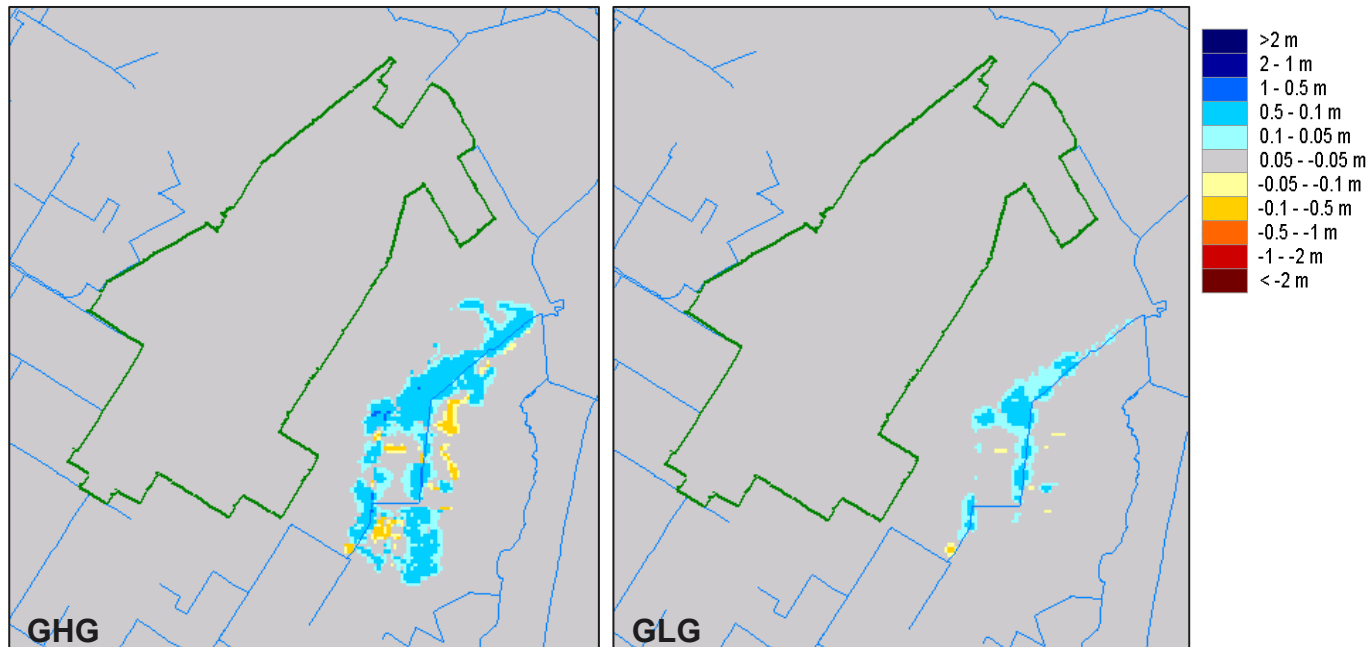
Figuur 77: Effecten maatregelpakket 2 t.o.v. maatregelpakket 1 op de GHG en GLG in het veen (L3)

Maatregelpakket 3

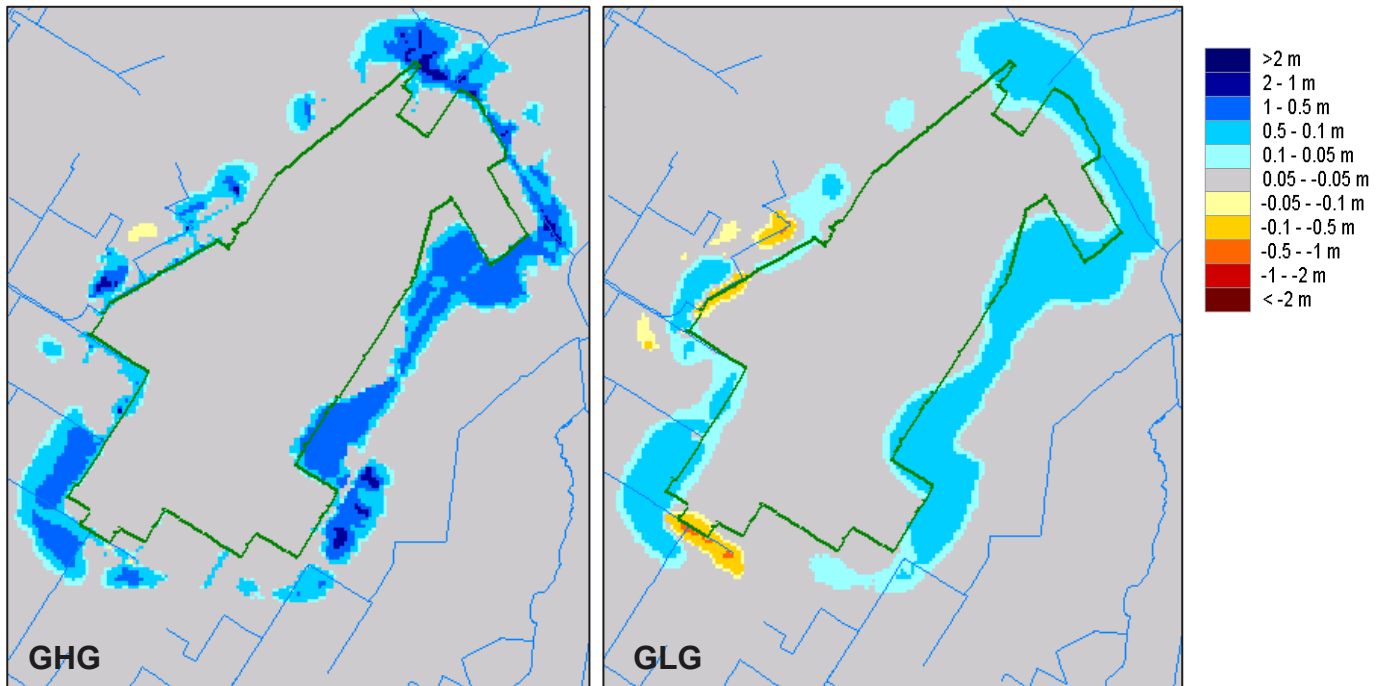


Figuur 78: Effecten maatregelpakket 3 t.o.v. maatregelpakket 2 op de GHG en GLG in het veen (L3)

Maatregelpakket 4



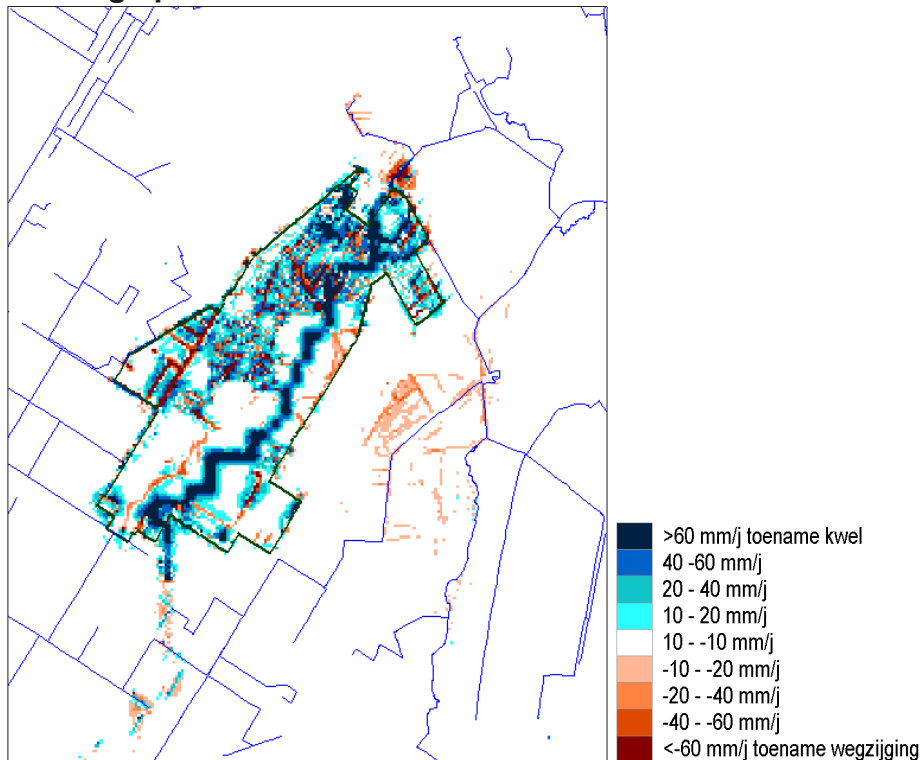
Figuur 79: Effecten maatregelpakket 4 t.o.v. maatregelpakket 3 op de GHG en GLG in het veen (L3)

Maatregelpakket 5

Figuur 80: Effecten maatregelpakket 5 t.o.v. maatregelpakket 4 op de GHG en GLG in het veen (L3)

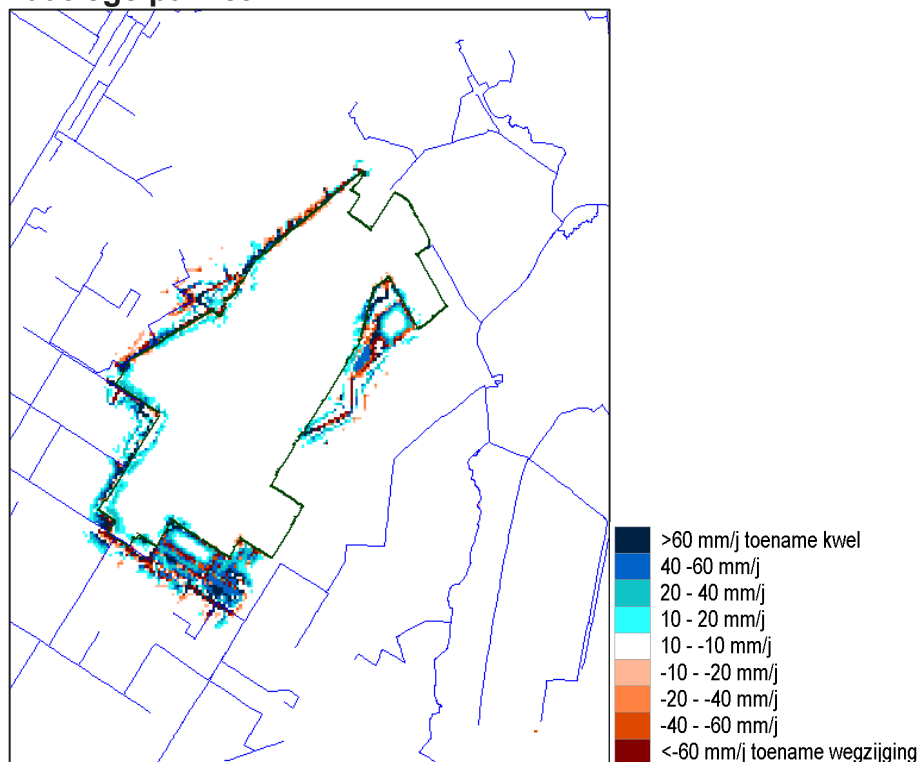
BIJLAGE 18 GESTAPELDE MAATREGELEN EFFECT WEGZIJGING

Maatregelpakket 1

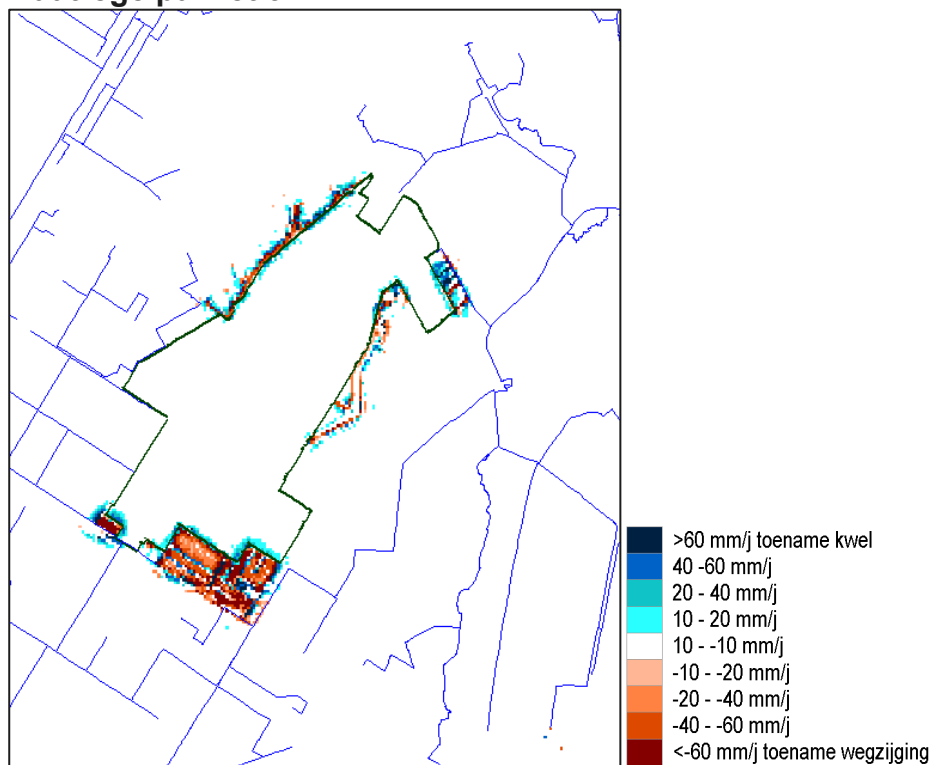


Figuur 81: Maatregelpakket 1 Effect op jaarlijks gemiddelde kwel t.o.v. Referentie

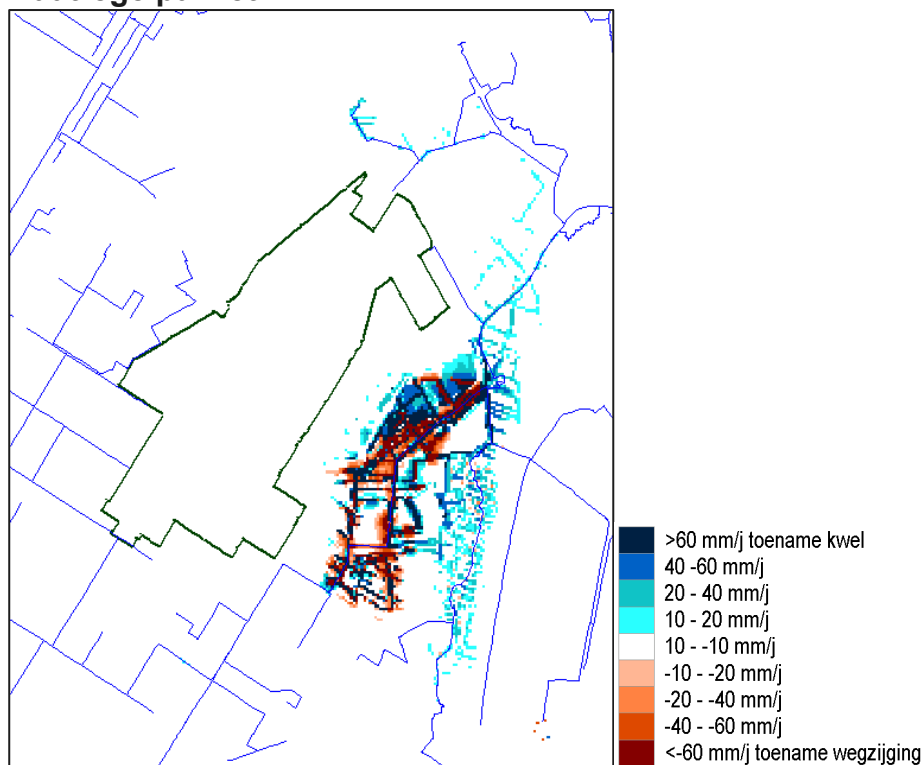
Maatregelpakket 2



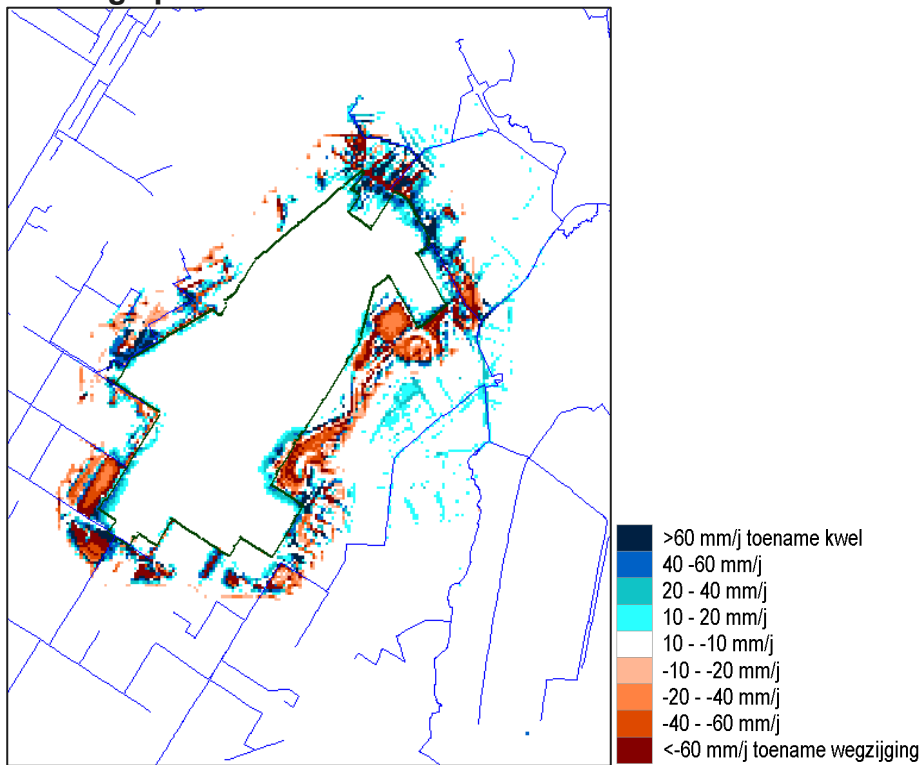
Figuur 82: Maatregelpakket 2 Effect op jaarlijks gemiddelde kwel t.o.v. maatregelpakket 1

Maatregelpakket 3

Figuur 83: Maatregelpakket 3 Effect op jaarlijks gemiddelde kwel t.o.v. maatregelpakket 2

Maatregelpakket 4

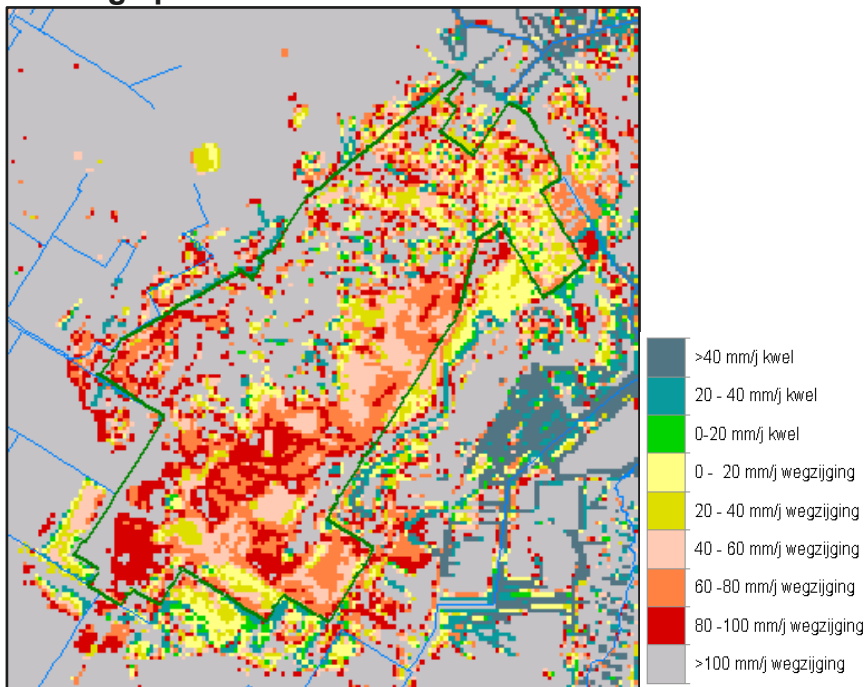
Figuur 84: Maatregelpakket 4 Effect op jaarlijks gemiddelde kwel t.o.v. maatregelpakket 3

Maatregelpakket 5

Figuur 85: Maatregelpakket 5 Effect op jaarlijks gemiddelde kwel t.o.v. maatregelpakket 4

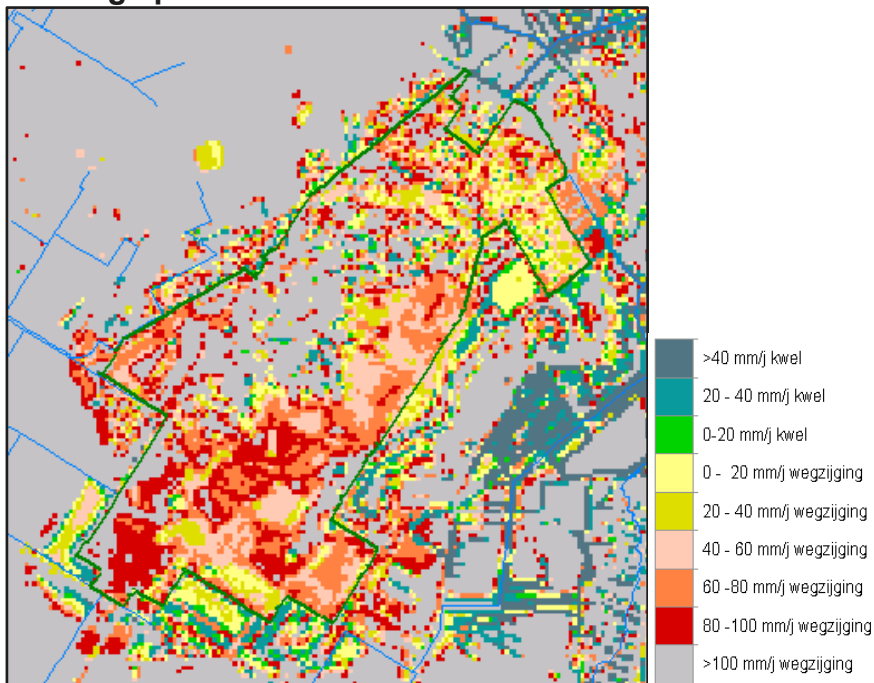
BIJLAGE 19 KWEL GESTAPELDE MAATREGELEN

Maatregelpakket 1

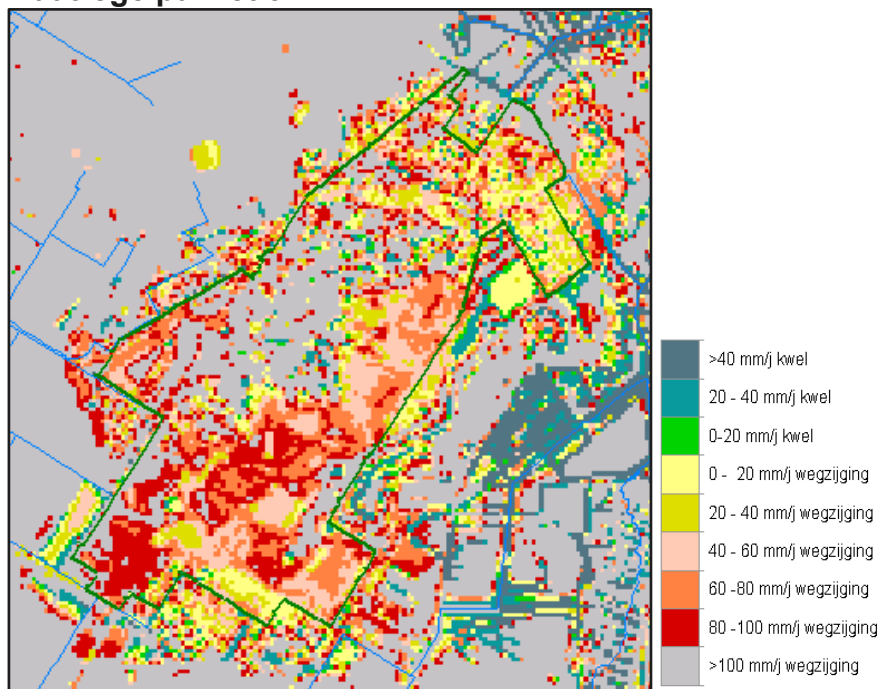
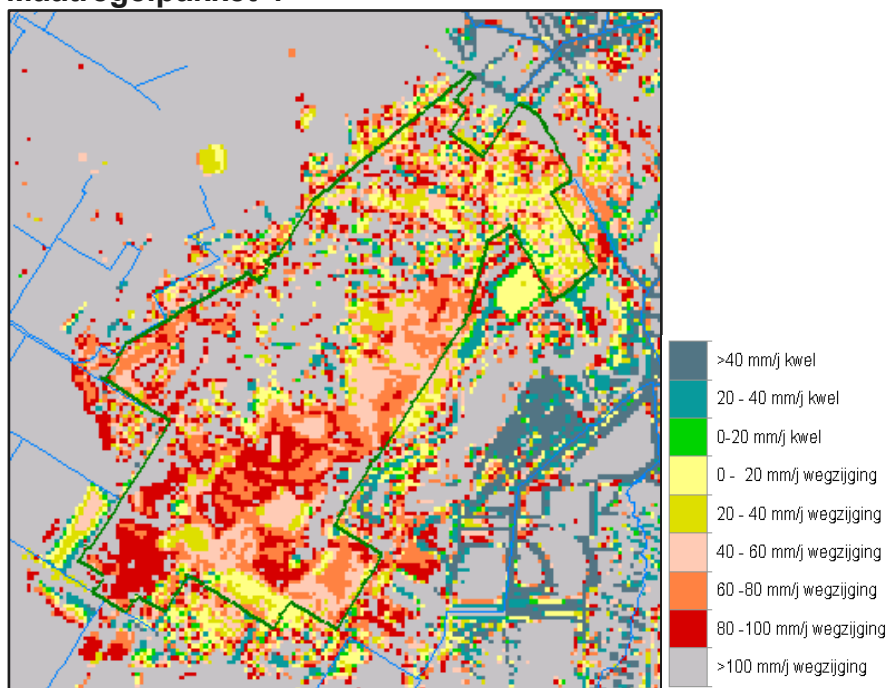


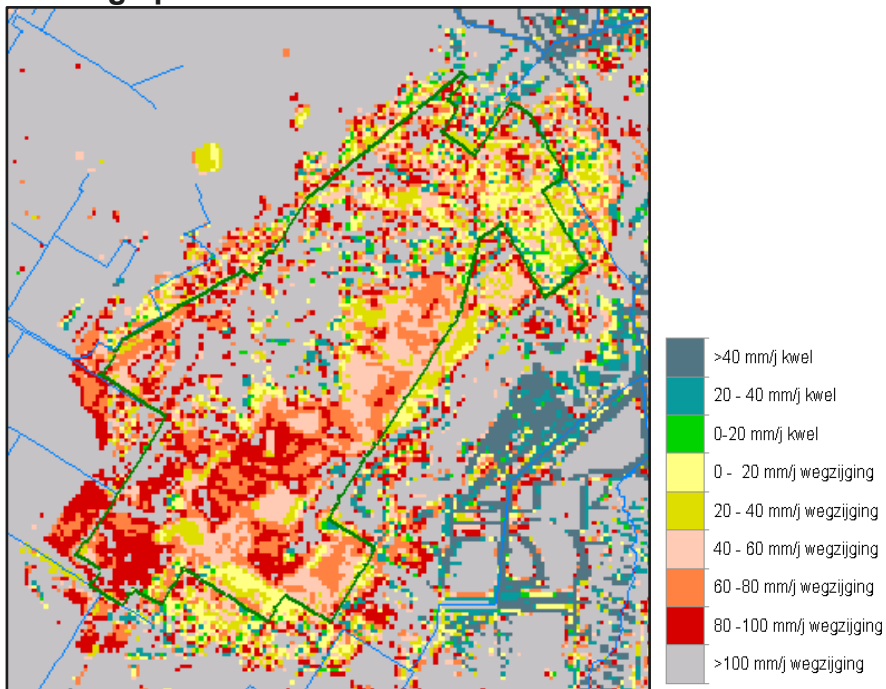
Figuur 86: Jaarlijks gemiddelde kwel in het veen, pakket 1

Maatregelpakket 2



Figuur 87: Jaarlijks gemiddelde kwel in het veen, pakket 2

Maatregelpakket 3*Figuur 88: Jaarlijks gemiddelde kwel in het veen, pakket 3***Maatregelpakket 4***Figuur 89: Jaarlijks gemiddelde kwel in het veen, pakket 4*

Maatregelpakket 5

Figuur 90: Jaarlijks gemiddelde kwel in het veen, pakket 5

COLOFON

HYDROLOGISCH ONDERZOEK N2000-GEBIED WITTERVELD
ONDERZOEK EN MODELLERING VOOR OPTIMALISATIE HOOGVEENONTWIKKELING

AUTEUR

Iris Vreugdenhil

PROJECTNUMMER

C03081.000470

ONZE REFERENTIE

D10013487:147

DATUM

15 december 2020

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

Wilco Klutman
Senior Specialist Hydrologie

VRIJGEGEVEN DOOR

Cindy Groenewoud
Projectleider

Arcadis Nederland B.V.

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

www.arcadis.com