

Grondwatermodellering Liefstinghsbroek

Effecten van aanpassingen van het
watersysteem op de grondwaterdynamiek van
Liefstinghsbroek e.o.

Sweco Nederland B.V.
Onderwerp Handelsregister 30129769
Grondwatermodellering
Liefstinghsbroek
Projectnummer 51010879
Klant Provincie Groningen
Versie 1
Datum 15-09-2022
Auteur Kees van Immerzeel
Document referentie h NL22-648800269-31895

Gecontroleerd door


Eva Holtus

Vrijgegeven door


Ron Buitelaar

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	Doel van het onderzoek	4
1.3	Leeswijzer	5
2	Lokale modelaanpassingen	6
2.1	Inleiding	6
2.2	Waterlopen	6
2.3	Maaiveldafvoer	9
2.4	Ondiepe weerstandbiedende lagen	12
2.5	Vergelijking met meetgegevens	17
3	Resultaten	25
3.1	Gevoeligheidsanalyse	25
3.1.1	Potklei weerstand	25
3.1.2	Doorlatendheid bovengrond	26
3.2	De huidige situatie	28
3.2.1	Dwarsdoorsneden	28
3.2.2	Kwelflux naar de wortelzone	30
3.2.3	Opwaartse flux door de potklei	32
3.2.4	Waterbalans	34
3.3	Scenario's	35
3.3.1	Maatregelen en beschouwde effecten	35
3.3.2	Effecten scenario 1	39
3.3.3	Effecten scenario 2	45
3.3.4	Effecten scenario 3	51
4	Conclusies	57
5	Discussie	61
6	Verwijzingen	62

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het Liefstinghsbroek is een Natura 2000-gebied in het oosten van Groningen op de flank van het beekdal van de Ruiten Aa. In het gebied liggen Natura 2000-doelstellingen voor 3 habitattypen (Prolander, 2017):

- H6410 Blauwgraslanden:
 - behoud oppervlakte verbetering kwaliteit;
- H9120 Beuken-eikenbossen met hulst:
 - behoud oppervlakte en kwaliteit;
- H9160A Eiken-haagbeukbossen:
 - behoud oppervlakte verbetering kwaliteit.

Het belangrijkste knelpunt voor de habitattypen is verzuring. Deze verzuring komt door de te hoge stikstofdepositie en het ontbreken van toestroom van voldoende gebufferd grondwater in de wortelzone (Wageningen Environmental Research, 2017).

Deze knelpunten worden opgepakt in de Groninger Aanpak Stikstof (GRAS). De gebiedsgerichte aanpak Liefstinghsbroek is hier een onderdeel van. De gebiedsgerichte aanpak is verankerd in de wet Stikstofreductie en Natuurverbetering en moet resulteren in een gebiedsplan waarin is vastgelegd hoe de Natura 2000-doelstellingen duurzaam kunnen worden gehaald.

De habitattypen H6410 en H9160A kunnen alleen behouden blijven als de bodem voldoende hoge basenverzadiging heeft. Dat kan alleen duurzaam worden bereikt als er in de wortelzone voldoende toestroom is van gebufferd grondwater.

Hiervoor zijn in het verleden al maatregelen getroffen. Recent onderzoek van KWR laat zien dat, ondanks de genomen inrichtingsmaatregelen, de basenverzadiging nog te laag is (KWR, 2022). KWR concludeerde dat:

- sterke ontwatering in en om het Liefstinghsbroek ertoe heeft geleid dat onvoldoende basenrijk grondwater aangevoerd, waardoor het gebufferde grondwater niet dicht aan het maaiveld komt door de infiltratie van regenwater.

Deze wellicht te sterke ontwatering kan ook de oorzaak zijn van de voor blauwgrasland te diep wegzakkende grondwaterstand in de zomer. De voorjaarsgrondwaterstand is door het vasthouden van regenwater kwantitatief wel op orde.

1.2 Doel van het onderzoek

Het grondwatermodel heeft twee doelen:

1. Het in beeld brengen van de effectiviteit van verschillende maatregelen (scenario's) om de hydrologische condities voor de Natura2000-doelstellingen (met name in het Liefstinghsbroek) te verbeteren.

2. Het in beeld brengen van de effecten van deze maatregelen op de omgeving van Liefstingsbroek. Het gaat om effecten op:
 - natuur : onder andere Barkenveen;
 - landbouw: verandering van nat- en droogteschade;
 - bewoning: verandering op de ontwateringsdiepte (effect op GHG).

Het resultaat van het model levert een set aan 'bouwstenen' waarmee een maatregelenpakket kan worden samengesteld om de waterhuishouding voor de natuur op orde te krijgen. Omdat de bouwstenen niet alléén effect op de Natura 2000-doelen hebben maar ook op de omgeving, kan dit laatste worden meegewogen bij de keuze van het uiteindelijk uit te voeren maatregelenpakket.

Opgemerkt wordt dat de analyse van de modelresultaten voor de Natura2000-doelstellingen in met name het Liefstingsbroek, in een afzonderlijke rapportage van het KWR plaatsvindt.

1.3 Leeswijzer

Voor dit onderzoek is het bestaande grondwatermodel lokaal aangepast om de grondwatersituatie in met name het Liefstingsbroek zo goed mogelijk na te bootsen. Hoofdstuk 2 beschrijft deze modelaanpassingen en vergelijkt de berekende stijghoogten (verkregen met het aangepaste model) met de meetgegevens uit het gebied.

Het derde hoofdstuk ('Resultaten') beschrijft de resultaten die met het aangepaste grondwatermodel zijn verkregen:

- Paragraaf 3.1 beschrijft de inzichten die met het model zijn verkregen over de gevoeligheid van de grondwatersituatie in Liefstingsbroek en omgeving voor belangrijke modelparameters:
 - de potkleiweerstand;
 - de doorlatendheid van het zandpakket boven de potklei.
- Paragraaf 3.2 geeft onder andere door middel van dwarsdoorsneden van het grondwatermodel inzicht in de werking van het grondwatersysteem in en rond het Liefstingsbroek.
- Paragraaf 3.3 toont de resultaten van de scenarioberekeningen. Het gaat om de effecten op:
 - de GxG's;
 - de landbouw (nat- en droogteschade);
 - de ontwateringsdiepte bij bebouwing;
 - de waterbalans.

Het vierde hoofdstuk bevat de conclusies van dit onderzoek. Het vijfde hoofdstuk ('Discussie') gaat in op de nauwkeurigheid van het grondwatermodel in relatie tot de getrokken conclusies. Hoofdstuk 6 tenslotte bevat een lijst met verwijzingen die zijn gebruikt in deze rapportage.

2 Lokale modelaanpassingen

2.1 Inleiding

De natte habitattypen in Liefstingsbroek zijn gebaat bij basenrijk grondwater dat de wortelzone kan bereiken. De balans tussen neerslag en kwel is daarvoor van belang. Gemiddeld is er in Liefstingsbroek sprake van een neerslag-overschot, maar lokaal en tijdelijk kan er toestroming zijn van kalkrijk grondwater naar de wortelzone. Daarbij speelt de afvoer van regenwater een grote rol. Deze afvoer kan op twee manieren plaatsvinden:

- via waterlopen;
- over het maaiveld.

Omdat het grondwatermodel de standplaatscondities van de vegetatie nauwkeurig moet kunnen beschrijven, is het belangrijk beide afvoerprocessen realistisch te modelleren.

Dit hoofdstuk beschrijft de aanpassingen die daartoe zijn gedaan in het bestaande grondwatermodel, MIPWA-versie 4.1.2.

De aanpassingen betreffen:

- waterlopen (sloten);
- afvoer over maaiveld (maaiveldafvoer);
- ondiepe weerstand biedende lagen.

De modelaanpassingen zijn gedaan op basis van de volgende gegevens:

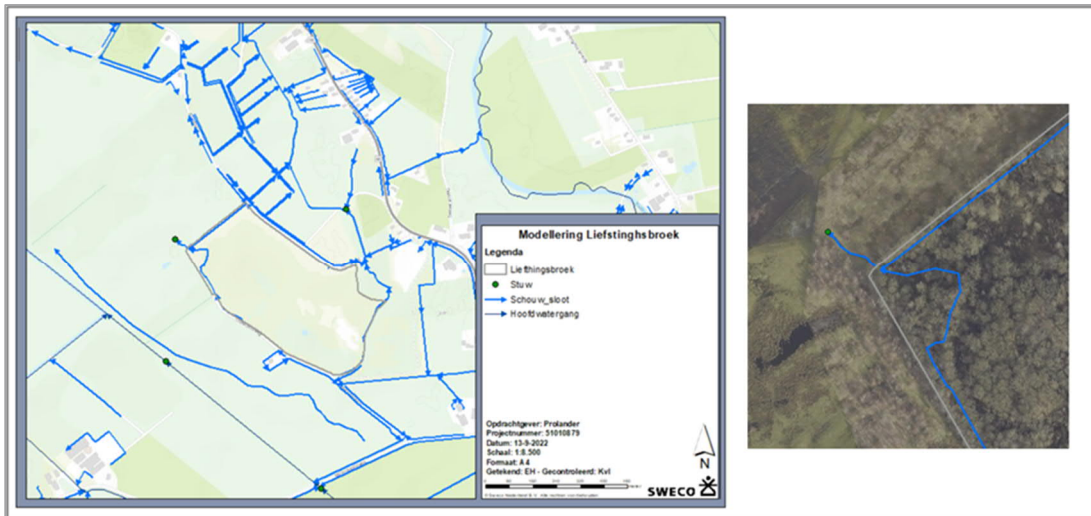
- de leggergegevens van het Waterschap Hunze en Aa's;
- het onderzoek (Wageningen Environmental Research, 2017) en de AHN3.

In enkele gevallen zijn de aanpassingen, bij gebrek aan gegevens, gedaan op basis van expert judgement. Waar dit het geval is geweest, wordt dat hieronder vermeld.

2.2 Waterlopen

Watergang, afwaterend op de stuw in het westen van Liefstingsbroek (Figuur 1)

Op basis van de aangeleverde data (bron: Waterschap Hunze en Aa's) is er een kaart met de aanwezige watergangen en stuwen gemaakt (Figuur 1). De stuw in het zuidwesten van Liefstingsbroek is toegevoegd op basis van gebiedskennis van KWR en Natuurmonumenten. Deze stuw is in 2018 gerealiseerd.



Figuur 1 Links: Waterlopen en stuwen in en rondom Liefstingsbroek. Rechts: uitvergroot stuw uit 2018 ten zuidwesten van Liefstingsbroek met luchtfoto (2022).

Deze stuw moet in het model worden meegenomen vanaf 2018. Dit is gedaan door de watergang (sloot) die aangelegd is, toe te voegen aan het model. De sloot is ingetekend en er is een peil, bodemhoogte en 'conductance' ¹ aan gegeven.

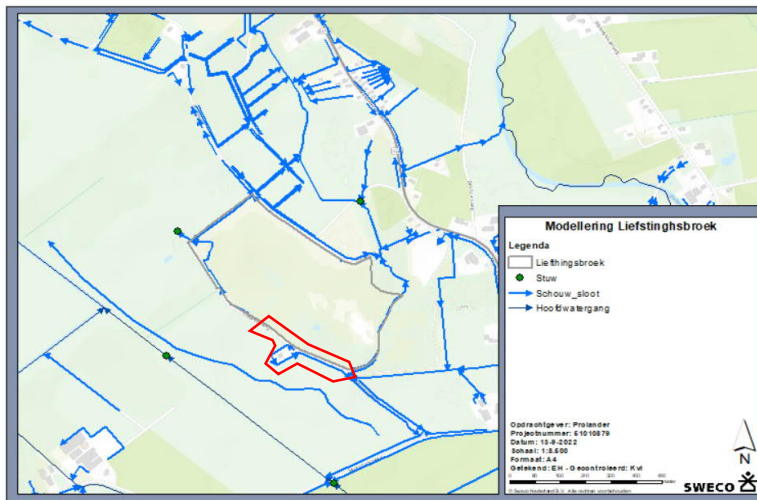
In het model is het mogelijk het peil en de conductance in de tijd te veranderen. Op deze manier is gesimuleerd dat er vanaf 2018 een sloot en stuw aanwezig zijn, terwijl dat daarvoor nog niet het geval was.

Voor de situatie vanaf 2018 heeft de sloot het peil van de stuw op +3,70 m NAP gekregen. Dit peil is ook doorgevoerd voor alle watergangen in het westen van Liefstingsbroek. Deze watergangen wateren af op de stuw. In het model is daarom het peil op dezelfde hoogte ingebracht (+3,70 m NAP).

Vóór 2018 was de situatie anders en waren de stuw en de sloot nog niet aanwezig. Er was dus vóór 2018 geen sprake van waterafvoer via deze watergang. In het model is die situatie 'vertaald' door een conductance van 0 m²/d in te voeren.

¹ De conductance [m²/d] is de reciproke van de bodemweerstand vermenigvuldigd met het doorstroomde oppervlak waarmee gerekend wordt.

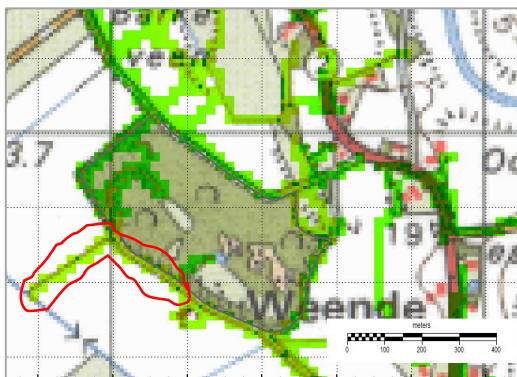
Watergang ten zuiden van het Liefstingsbroek (Figuur 2)



Figuur 2 Randsloot ten zuiden van Liefstingsbroek, hier is de infiltratie factor, 0.33 aangepast naar 0. De sloot kan niet meer infiltreren.

De watergang ten zuiden van het Liefstingsbroek zorgde vóór 2015 voor waterafvoer uit het gebied. De watergang is rood omlijnd in Figuur 3. Op basis van luchtfoto's en de kennis van Natuurmonumenten is geconcludeerd dat deze watergang vanaf 2015 niet meer in gebruik is geweest.

Echter, in het bestaande grondwatermodel is dit niet doorgevoerd: de watergang zit er ook na 2015 nog in. Dit is gecorrigeerd door vanaf 2015 de conductance op 0 m²/d te zetten.



Figuur 3 Ligging van de watergangen in en rondom Liefstingsbroek zoals deze aanwezig zijn in MIPWA versie 4.1.2. In rood omlijnd de watergang die

Randsloot ten zuiden Liefstingsbroek

Rondom Liefstingsbroek liggen randsloten die water afvoeren uit het gebied. Op basis van gebiedskennis is vastgesteld dat deze randsloten alleen zullen draineren en niet infiltreren². In het model hebben de meeste randsloten een infiltratiefactor van 0, dit betekent dat ze inderdaad niet zullen infiltreren. Echter de randsloot die loopt ten zuiden van Liefstingsbroek, heeft in het bestaande model een infiltratiefactor van 0,33, deze sloot kan dus wel infiltreren. Het model is daarom aangepast, zodat ook deze randsloot in het model niet kan infiltreren.

Welke effecten mogen worden verwacht door de aanpassing van de waterlopen?

Het waterpeil in het *westen* van Liefstingsbroek is vanaf 2018 maximaal circa 0,15 m hoger dan vóór 2018. In de directe omgeving van de waterloop kan daardoor het grondwater 15 cm hoger kan komen dan vóór 2018. Het toevoegen van de stuw, zal naar verwachting vooral effect hebben op de GHG en in mindere mate op de GLG.

Vóór 2015 is het waterpeil in de waterloop (randsloot) ten *zuiden* van het Liefstingsbroek circa NAP+ 2,3 - 2,5 m. Dit is circa 1 m lager dan het peil in Liefstingsbroek. Dat peil ligt op circa NAP +3,3 – 3,6 m en na plaatsing van de stuw op NAP +3,7 m. Deze waterloop zal dan ook water uit Liefstingsbroek afvoeren. Deze waterloop is gedempt in 2015, waardoor vanaf dat moment het verlagende effect ervan is weggenomen (maximaal circa een paar cm).

Overigens moet worden gerealiseerd dat in het grondwatermodel de GxG's berekend wordt over de jaren 2010-2020 waardoor het genoemde verlagende effect 'weggemiddeld' wordt door de jaren waarin de waterloop nog wél aanwezig was.

2.3 Maaiveldafvoer

In het gebied zijn verschillende laagtes aanwezig. In natte perioden kan het grondwater hier tot boven het maaiveld komen. Dit is vooral het geval als er ondiepe weerstandbiedende lagen in het profiel aanwezig zijn. Boven een bepaald niveau (de 'drempelhoogte') gaan de laagtes afvoeren en 'verdwijnt' er grondwater uit het gebied.

In de bovenste laag van het grondwatermodel zijn in verband met het bovenstaande slecht doorlatende lagen toegevoegd op basis van het onderzoek door Wageningen Environmental Research (2017).

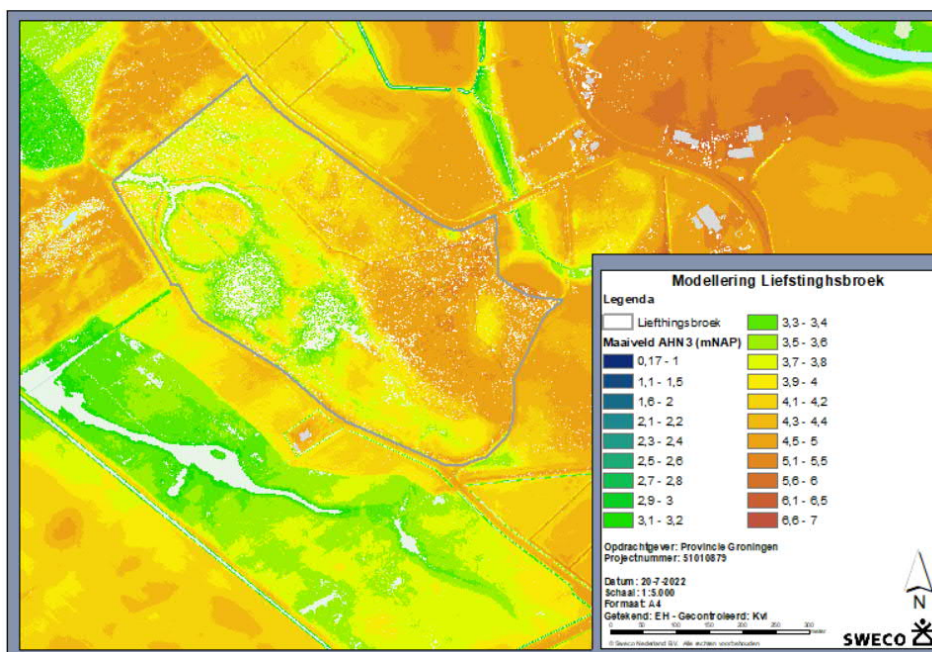
In het grondwatermodel wordt afvoer over het maaiveld gesimuleerd als de grondwaterstand uitkomt boven een drempelhoogte (m+NAP). Deze drempelhoogte is in het model gelijk aan de maaiveldhoogte plus de 'ponding depth'. In het ongewijzigde grondwatermodel is de 'ponding depth' voor het *hele* modelgebied gelijk, namelijk 2 centimeter.

² Als in de winter water via een sloot het gebied verlaat, is er sprake van een *drainerende* sloot. De grondwaterstand in de directe omgeving van de sloot is dan hoger dan het waterniveau in de sloot. Als in de zomer de grondwaterstand in de directe omgeving van de sloot juist *lager* is dan het waterniveau in de sloot, infiltreert er slootwater naar het grondwater. Er is dan sprake van een *infiltrerende* sloot. Die situatie kan alleen blijven bestaan als er sprake is van wateraanvoer via de sloot naar het gebied. Als er geen wateraanvoer is, dan zakt de waterstand in de sloot uit totdat de sloot droogvalt.

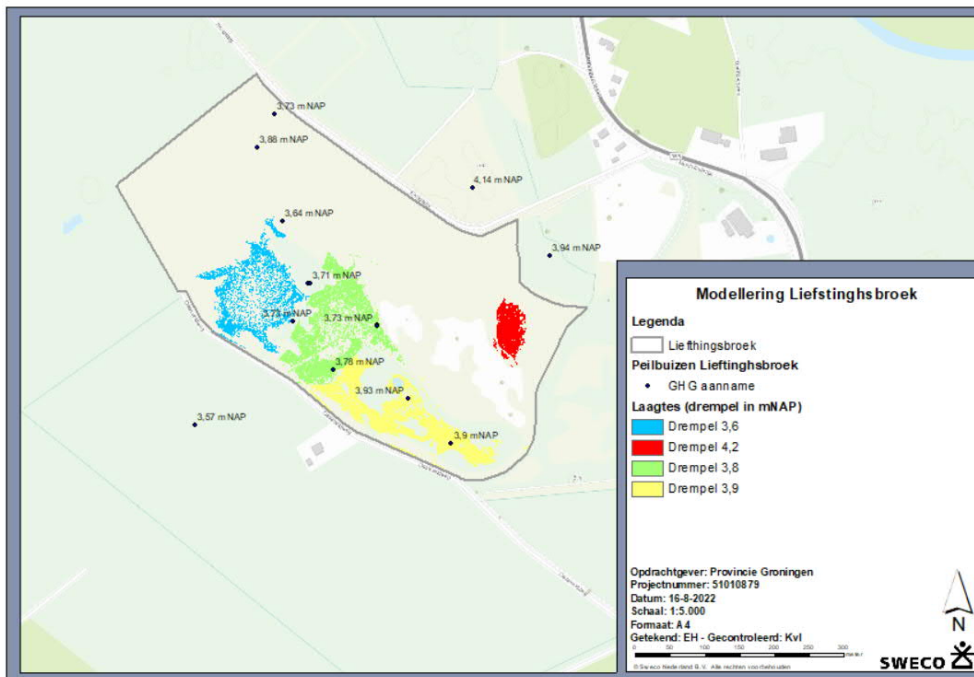
Door aanpassing van deze 'ponding depth' in de laagtes in het Liefstingsbroek is in het grondwatermodel de afstroming via laagtes over de 'drempels' gemodelleerd.

De begrenzing van de laagtes en de bijbehorende drempelhoogtes is als volgt bepaald.

Eerst zijn er, op basis van de AHN3 kaart (Figuur 4), 4 laagtes en bijbehorende drempelhoogtes gedefinieerd (Figuur 5). De drempelhoogtes zijn daarna vergeleken met de gemeten GHG (m+NAP) ter plaatse van de peilbuizen binnen Liefstingsbroek die in of dichtbij een laagte staan. Deze GHG's zijn naar verwachting vergelijkbaar met de drempelhoogte. De GHG's zijn ingeschat door KWR. Het gaat inderdaad om een inschatting, omdat de peilbuizen alleen metingen vanaf 2021 bevatten. Geconcludeerd is dat de GHG's bij de laagtes inderdaad goed (dat wil zeggen binnen een bandbreedte van 10 cm) overeenstemmen met de drempelhoogtes, zoals deze zijn bepaald op basis van de AHN3 kaart. De vergelijking van de drempelhoogtes die zijn bepaald op basis van de AHN3 kaart met de GHG's, heeft dus niet geleid tot een aanpassing van de drempelhoogtes.

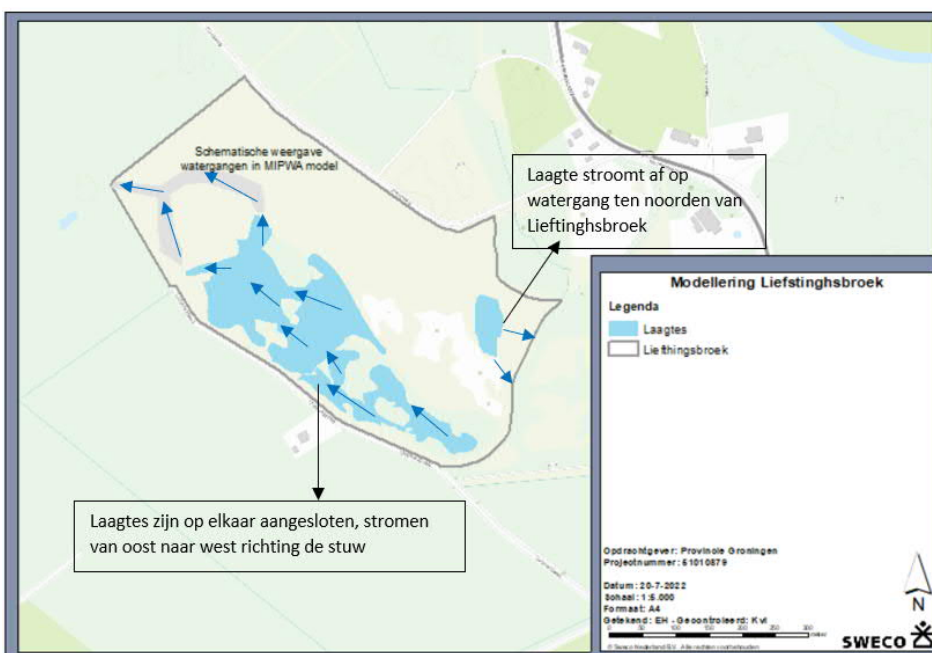


Figuur 4 AHN3 in m+NAP.



Figuur 5 Laagtes met bijbehorende drempelhoogte.

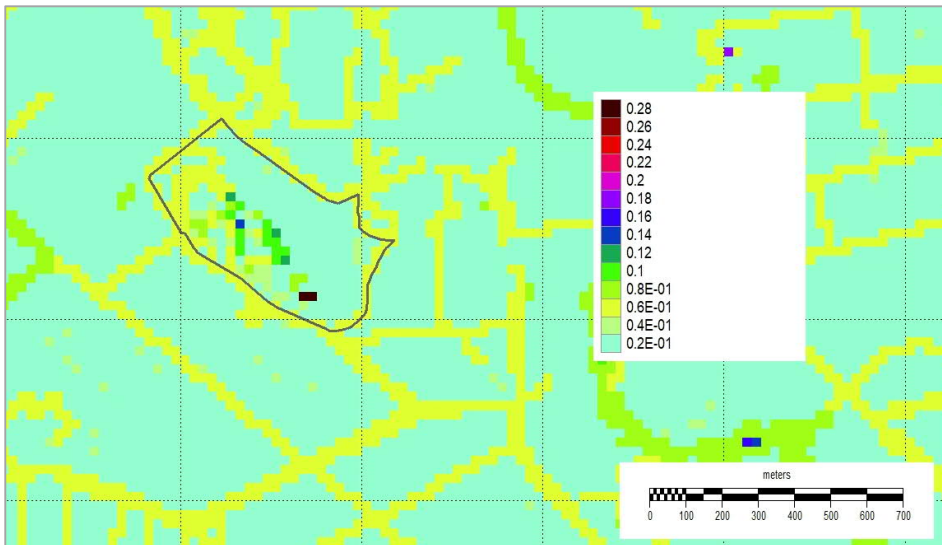
Figuur 6 toont op basis van Figuur 5 de stroming over maaiveld, zoals die wordt verwacht in natte periodes.



Figuur 6 De verwachte stromingsrichting van de maaiveldafvoer in Liefstingsbroek.

Welke effecten mogen worden verwacht door het invoeren van de laagtes in het model?

Figuur 7 toont de nieuwe ponding diepte die gebruikt is in het model. Hieruit wordt duidelijk dat de ponding diepte grotendeels tussen de 0,02 en 0,1 m ligt. Verwacht wordt daarom dat de effecten op de grondwaterstand maximaal +0,1 m zullen zijn. De effecten zullen voornamelijk te zien zijn in natte perioden als de grondwaterstand aan het maaiveld komt. Er wordt wel een effect verwacht op de GHG en niet of nauwelijks op de GLG.



Figuur 7 Ponding diepte (m) voor Liefstingsbroek.

2.4 Ondiepe weerstandbiedende lagen

Hierboven is het belang van ondiepe weerstandbiedende lagen in het bodem-profiel al aan de orde geweest, in verband met de afvoer over maaiveld in natte perioden. Deze weerstandbiedende lagen kunnen daarnaast ook leiden tot stagnerend grondwater en daarmee tot relatief natte omstandigheden voor de vegetatie.

Het is daarom van belang om deze ondiepe weerstandbiedende lagen te verwerken in grondwatermodel.

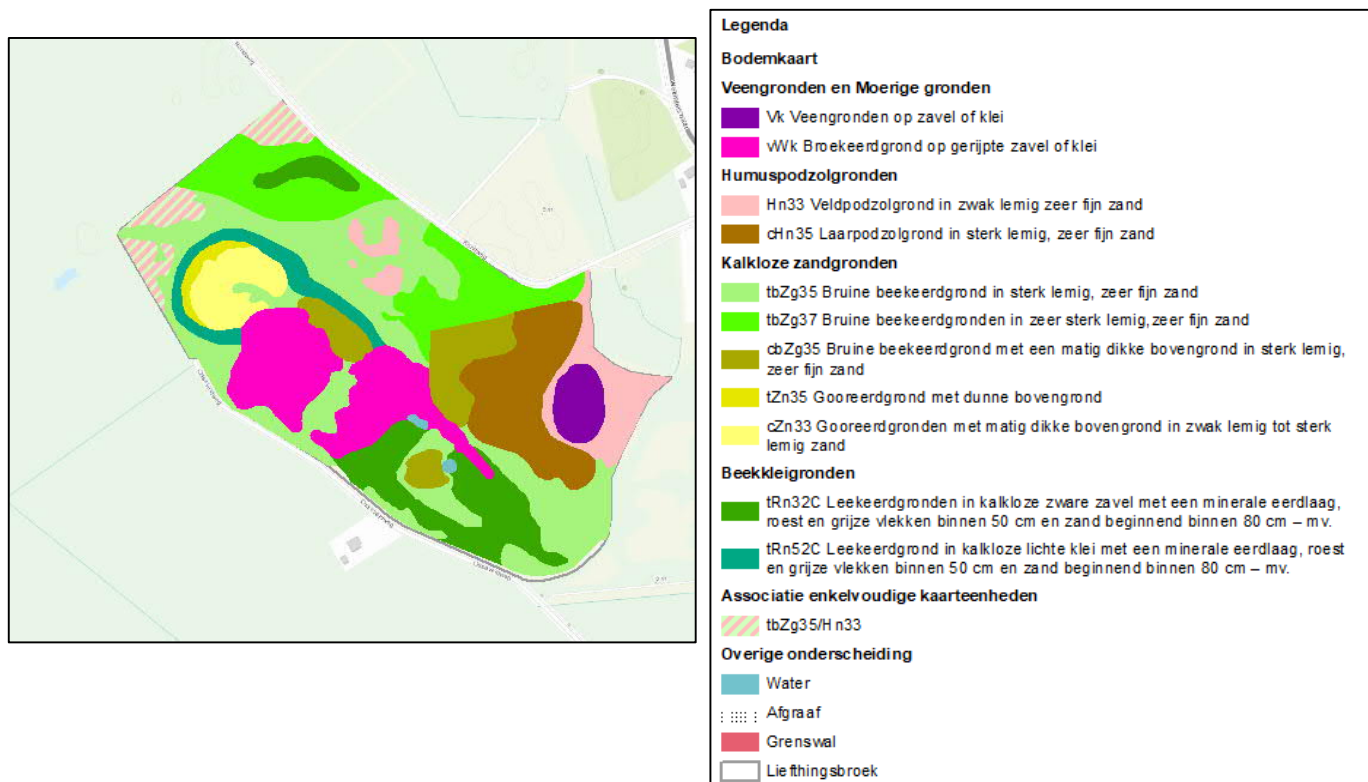
In het standaard MIPWA-grondwatermodel is de bodemkaart gebruikt voor de bovenste toplaag van het lagenmodel. Echter in het Liefstingsbroek is, aanvullend op de bodemkaart, meer informatie bekend over de bodemopbouw (Wageningen Environmental Research, 2017). Het gaat om:

- een meer gedetailleerde bodemkaart;
- ondiepe kleilagen.

Zowel de gedetailleerde bodemkaart als de ondiepe kleilagen zijn 'vertaald' naar een hydraulische weerstand. De som van beide weerstanden is verwerkt in het lagenmodel van het MIPWA-grondwatermodel. Hieronder wordt toegelicht op welke manier de hydraulische weerstanden zijn ingeschat.

Een meer gedetailleerde bodemkaart

Binnen het Liefstingsbroek zijn er verschillende bodemtypes onderscheiden (Wageningen Environmental Research, 2017), *Figuur 8*.



Figuur 8 Bodemkaart. Bron: (Wageningen Environmental Research, 2017)

Om bij ieder bodemtype een realistische hydraulische weerstand te bepalen, zijn de bodemtypes ‘vertaald’ naar corresponderende BOFEK-eenheden. De gemiddelde hydraulische weerstand (c-waarde) binnen de BOFEK-bodem-eenheden is in het grondwatermodel ingebouwd in het lagenmodel (tabel 1).

Figuur 9 toont het resultaat: de c-waarden van het bodemprofiel op basis van de bodemkaart uit (Wageningen Environmental Research, 2017).

Tabel 1 Bodemcodes gerelateerd aan BOFEK-bodemtypen

Bodemcode Van Delft (2017)	Bodemtype Van Delft (2017)	BOFEK eenheid	BOFEK bodemtype (2012)	C-waarde (dagen) (gemiddelde binnen de BOFEK bodemeenheid)
Vk	Veengronden op zavel of klei	108	Veen op zandondergrond binnen 120 cm-mv	4,7
vWk	Broekeerdgronden op gerijpte zavel of klei	201	kleig veen op zavel- en kleiondergrond	12,6
Hn33	Veldpodzolgrond in zwak lemig zeer fijn zand	304	Zwak lemige (podzol-)gronden	2,25
cHn35	Laarpodzolgrond in sterk lemig, zeer fijn zand	312	Lemige (podzol-)gronden	2,75
tbZg35	Bruine beekerdgrond in sterk lemig, zeer fijn zand	313	Lemige (beekerd-)gronden	2,6

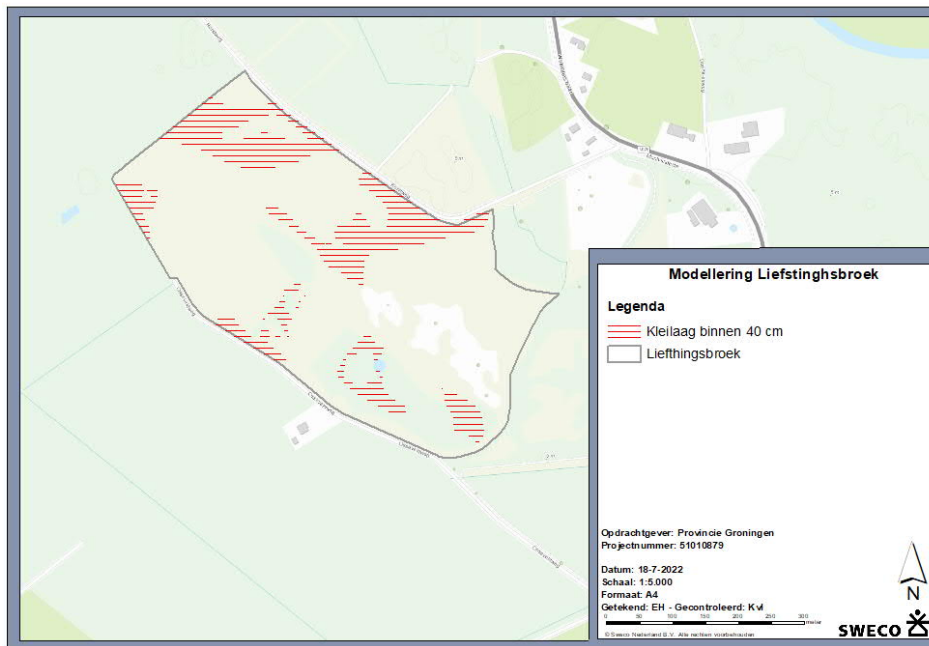
tbZg37	Bruine beekeerdgronden in zeer sterk lemig, zeer fijn zand	313	Lemige (beekeerd-)gronden	2,6
cbZg35	Bruine beekeerdgrond met een matig dikke bovengrond in sterk lemig, zeer fijn zand	313	Lemige (beekeerd-)gronden	2,6
tZn35	Gooreerdgrond met dunne bovengrond	310	Zwak lemige zandgronden met een matig dik cultuurdek	2,2
cZn33	Gooreerdgronden met matig dikke bovengrond in zwak lemig tot sterk lemig zand	310	Zwak lemige zandgronden met een matig dik cultuurdek	2,2
tRn32C	Leekeerdgronden in kalkloze zware zavel met een minerale eerdlaag, roest en grijze vlekken binnen 50 cm en zand beginnend binnen 80 cm – mv.	410	Zware zavel op zand (marien en fluviaal)	17
tRn52C	Leekeerdgrond in kalkloze lichte klei met een minerale eerdlaag, roest en grijze vlekken binnen 50 cm en zand beginnend binnen 80 cm – mv.	411	Zware zavel en lichte klei op zand (fluviaal)	16,5



Figuur 9 *Hydraulische weerstand (c-waarde) van het bodemprofiel op basis van de bodemkaart van Van Delft (2017).*

Ondiepe kleilagen

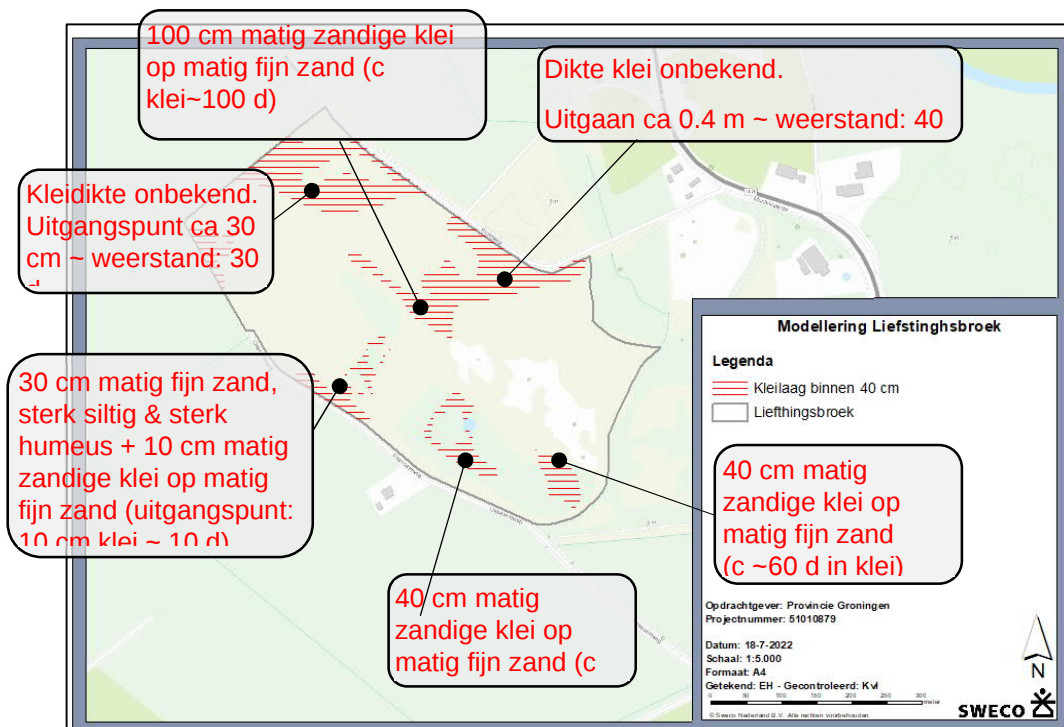
In de bovengrond van het Liefstingsbroek zijn kleilagen in de bovengrond gekarteerd (Figuur 10).



Figuur 10 Kleilagen in bovengrond Liefstingsbroek.

Op basis van het onderzoek (Wageningen Environmental Research, 2017) en gebiedskennis van KWR is de weerstand van deze kleilagen ingeschat (Figuur 11).

Daar waar de dikte van de ondiepe kleilaag onbekend is, is de weerstand ingeschat (expert judgment).



Figuur 11 Kleilagen en weerstand. Bron: Van Delft (2017) en KWR (expert judgement).

Zoals gezegd, zowel de gedetailleerde bodemkaart als de ondiepe kleilagen zijn 'vertaald' naar een hydraulische weerstand. De som van beide weerstanden is verwerkt in het lagenmodel van het MIPWA-grondwatermodel. Figuur 12 toont dit resultaat.



Figuur 12 De som van de hydraulische weerstand van het bodemtype (vertaald naar BOFEK-code) en de hydraulische weerstand van de ondiepe kleilagen.

Welke effecten mogen worden verwacht van het invoeren van de ondiepe weerstandbiedende lagen?

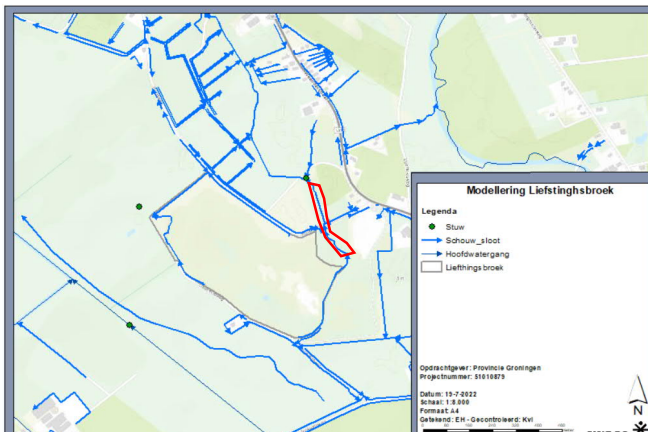
Figuur 12 toont dat in grote delen van Liefstingsbroek de hydraulische weerstand van de ondiepe weerstandbiedende lagen klein is (< 10 dagen). Daar komt bij dat de resolutie van het grondwatermodel (25 m) ertoe leidt dat kleine plekken (< 25 m) met een hogere hydraulische weerstand in de modellering kunnen worden 'gemist'. Verwacht wordt dan ook dat het invoeren van de ondiepe weerstandbiedende lagen, maar weinig effect heeft op de berekeningsresultaten van het grondwatermodel.

Veenlagen rondom Liefstingsbroek

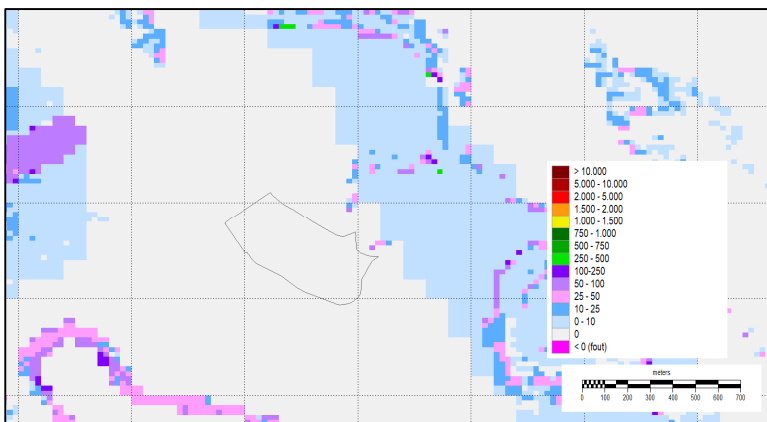
Op basis van gebiedskennis is het bekend dat in de omgeving van Liefstingsbroek veenlagen voorkomen. Voornamelijk ten noorden van Liefstingsbroek, langs de beek (rood omlijnd in *Figuur 13*).

In het basismodel is er een veenweerstand aanwezig in de bovenste laag van het model. De weerstanden van de bovenste laag van het basismodel is weergegeven in *Figuur 14*. Hierin zijn ter hoogte van de beek de weerstanden te relateren aan het voorkomen van veen. De hydraulische weerstand is in het model hier circa 50 dagen.

Opgemerkt wordt dat in het grondwatermodel het veen niet over de *gehele* loop van de beek en omgeving aanwezig is. Voor de modellering van de huidige grondwatersituatie is dit minder relevant, omdat de beek door de veenlaag 'snijdt' en daardoor direct contact heeft met het watervoerende pakket eronder. Met andere woorden: de veenlaag maakt geen deel uit van het grondwatersysteem. Opgemerkt wordt dat in natte omstandigheden door de veenlaag de grondwaterstand lokaal wel kan leiden tot ondiepe grondwaterstanden (het 'opbollen van de grondwaterstand').



Figuur 13 Waterlopen Liefstingsbroek. In rood omlijnd weergegeven beek die door een veenpakket stroomt.



Figuur 14 Hydraulische weerstand (c-waarde, d) van de bovenste modellaag van het basismodel (MIPWA-versie 4.1.2).

2.5 Vergelijking met meetgegevens

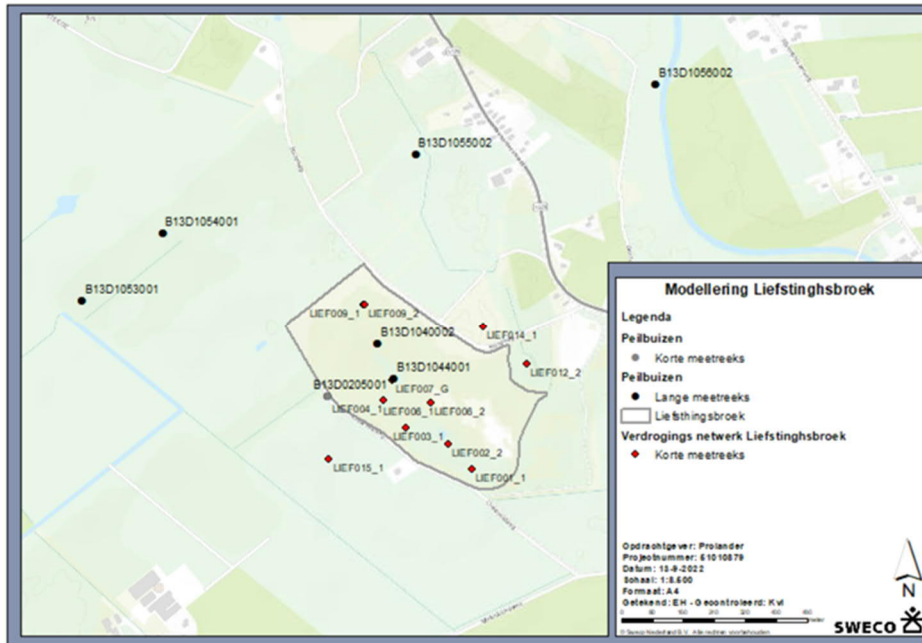
Binnen het Liefstingsbroek zijn de volgende stijghoogtegegevens beschikbaar:

- Er zijn twee peilbuizen binnen Liefstingsbroek aanwezig die *meer dan 3 jaar* aan meetgegevens bevatten (2011 tot 2019). De locatie van deze twee peilbuizen zijn weergegeven in Figuur 15.
- Daarnaast is er ook een meetnet aan data binnen Liefstingsbroek. Deze peilbuizen hebben betrekking op de periode vanaf 2021. Door KWR is er een tijdreeksanalyse gedaan met deze gegevens, waardoor een inschatting van de GxG's mogelijk is geworden.

Daarnaast is er een grondwatertrappenkaart uit (Wageningen Environmental Research, 2017) beschikbaar.

In dit hoofdstuk zijn de gegevens vergeleken met de berekeningsresultaten. Het gaat om een vergelijking van:

- de grondwatertrappen (paragraaf 2.5.1.1);
- tijdseries (paragraaf 2.5.1.2);
- GxG's (paragraaf 2.5.1.3).



Figuur 15 Peilbuizen in en rond Liefstingsbroek.

2.5.1.1 Grondwatertrappen

Om een indruk te krijgen hoe de gemeten stijghoogten zich verhouden tot de berekende stijghoogten, is gebruik gemaakt van de grondwatertrappenkaart uit (Wageningen Environmental Research, 2017). Deze grondwatertrappenkaart (Figuur 16) geeft een gedetailleerd beeld van de GxG's in het Liefstingsbroek.

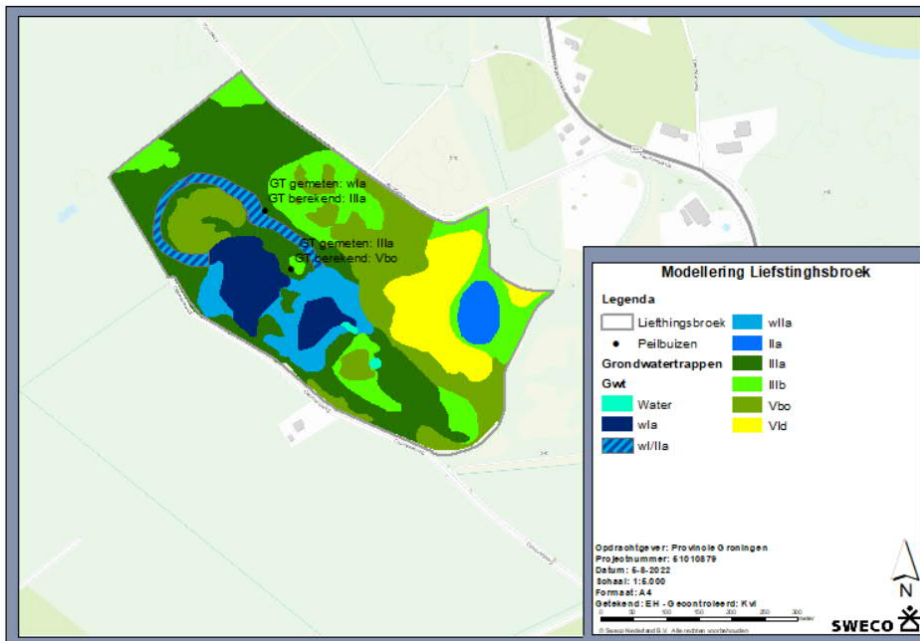
In tabel 2 zijn de verschillende klassen met GHG- en GLG-waarden van de grondwatertrappen weergegeven. De gemeten en berekende waarde voor de twee peilbuizen zijn vergeleken met de grondwatertrappenklassen. De waarden per peilbuis zijn weergegeven in tabel 3.

Tabel 2 *Klassen grondwatertrappen*

Gwt	Gemiddelde Grondwaterstand	
	GHG	GLG
Water	-	-
wIa	< 0	< 50
wI/IIa	< 0	< 60
wIIa	< 0	50 - 80
IIa	< 25	50 - 80
IIIa	< 25	80 - 120
IIIb	25 - 40	80 - 120
Vbo	25 - 40	120 - 180
VId	40 - 80	> 180

Tabel 3 *Berekende en gemeten GHG en GLG en bijbehorende grondwatertrappen*

	BUIS	B13D1040	B13D1044
MAAIVELD		3,346	3,92
GHG GEMETEN (MNAP)		3,67	3,718
GHG GEMETEN (M-MV)		-0,324	0,202
GLG GEMETEN (MNAP)		3,65	2,869
GLG GEMETEN (M-MV)		-0,304	1,051
GT GEMETEN		wIa	IIIa
GHG BEREKEND (MNAP)		3,68	3,65
GHG BEREKEND (M-MV)		-0,334	0,27
GLG BEREKEND (MNAP)		2,39	2,45
GLG BEREKEND (M-MV)		0,956	1,47
GT BEREKEND		IIIa	Vbo



Figuur 16 Grondwatertrappen kaart uit (Wageningen Environmental Research, 2017), met de gemeten en berekende grondwatertrappen voor 2 peilbuizen.

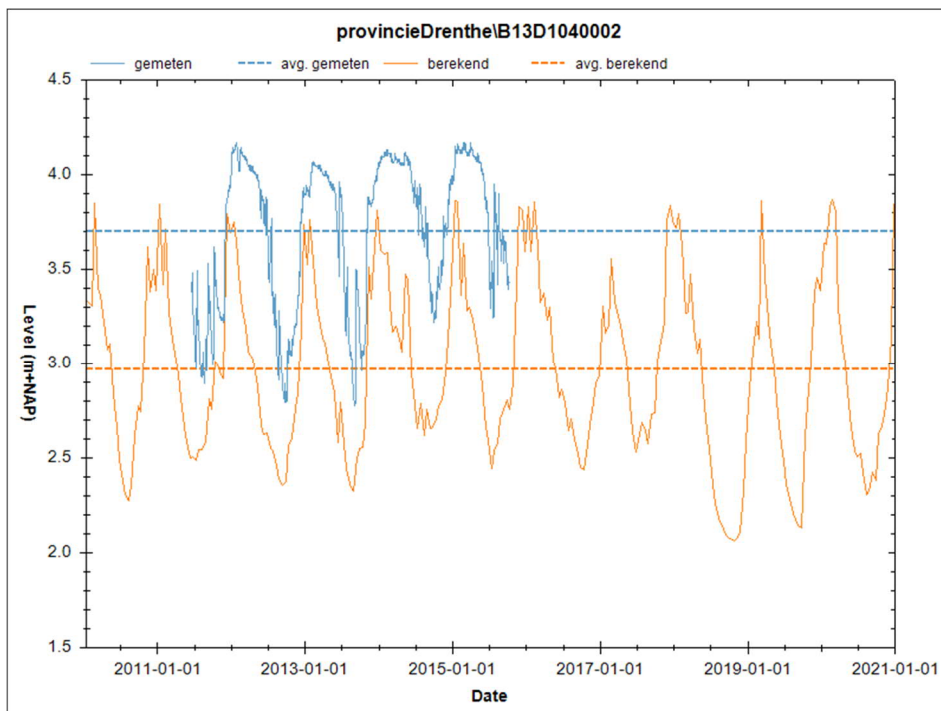
De berekende GHG's ter plaatse van beide peilbuizen komen goed overeen met de gemeten GHG's. De berekende GLG's van beide peilbuizen zijn duidelijk lager dan de gemeten GLG's (tussen 40 en 80 cm).

Daarbij moet worden opgemerkt dat de grondwatertrappenkaart niet consistent is met de metingen ter plaatse van peilbuis 40. De gemeten waarden 'passen' bij klasse wl/lla. Dat is natter dan in de grondwatertrappenkaart is weergegeven.

2.5.1.2 Tijdsreeks

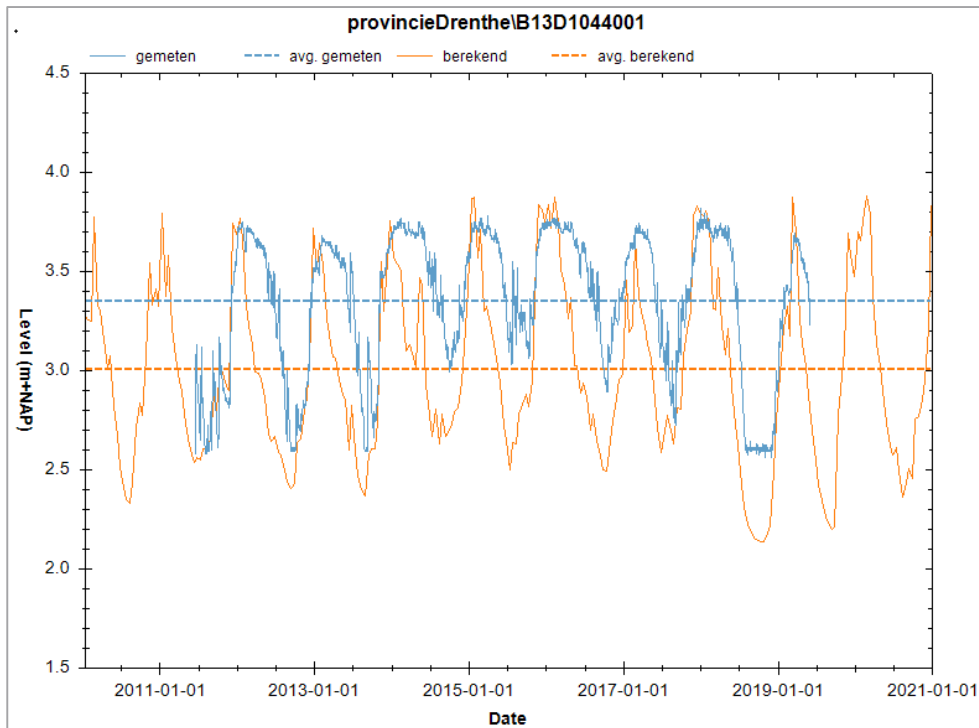
Naast de grondwatertrappen is er ook gekeken naar de berekende en gemeten tijdsreeks van de peilbuizen in Liefstingsbroek. Helaas is er geen peilbuis binnen Liefstingsbroek aanwezig die voor de *hele* modelperiode gemeten stijghoogten heeft.

Peilbuis B13D1040002 (*Figuur 17*) heeft metingen van 2011 tot 2016. Uit de grafiek wordt duidelijk dat de gemeten stijghoogten minder ver wegzakken dan de berekende stijghoogten. Daarnaast zakken de berekende stijghoogten sneller weg dan de gemeten stijghoogten. Voor de natte periode is de piek in de berekende stijghoogte korter. De berekende stijghoogten zijn dus wat droger berekend dan gemeten is binnen Liefstingsbroek. Daarnaast zakken de berekende grondwaterstanden sneller weg.



Figuur 17 Tijdsree voor peilbuis B13D1040002, gemeten en berekend.

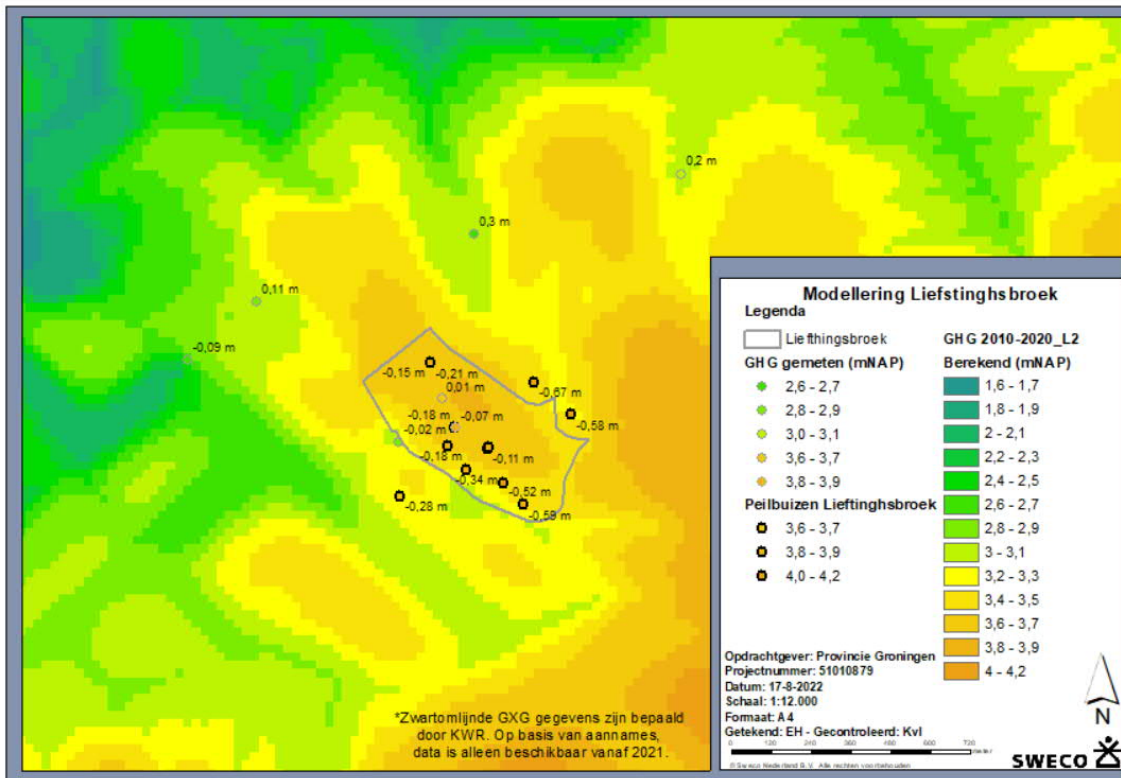
Peilbuis B13D1044001 (Figuur 18) laat een soortgelijk beeld zien, al liggen de berekende en gemeten stijghoogten hier dichter bij elkaar. De pieken in de natte periode zijn op dezelfde tijdstippen, alleen zakt de grondwaterstand in de berekende waarde sneller weg. Daarnaast zakken de berekende grondwaterstanden in de droge periode dieper weg dan de gemeten grondwaterstanden. Dit is vooral opvallend in de zomers van 2014 tot en met 2016.



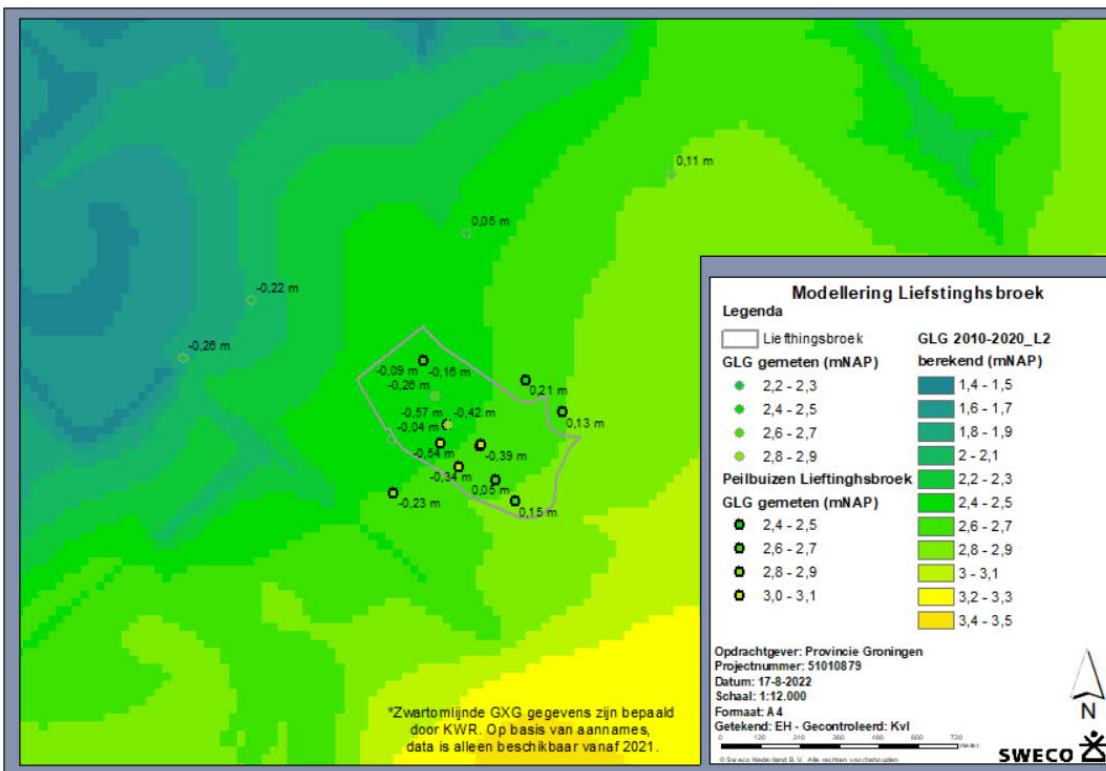
Figuur 18 Peilbuis B13D1044001 gemeten en berekend.

2.5.1.3 GxG

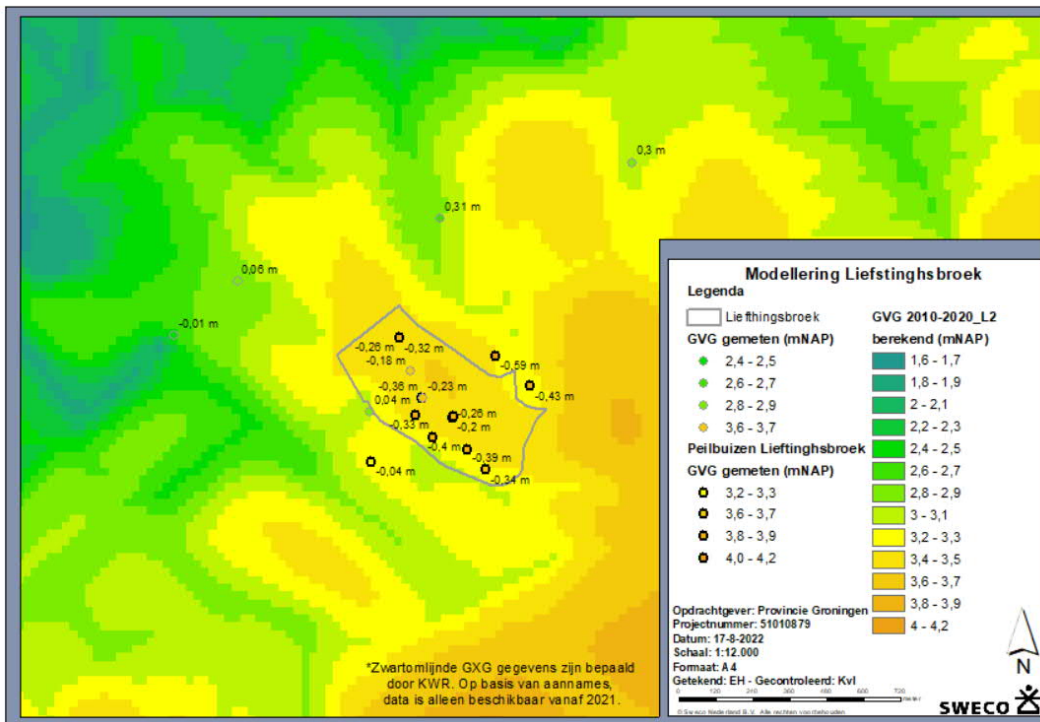
De berekende en gemeten GxG's zijn weergegeven in *Figuur 19*, *Figuur 20*, *Figuur 21*. De 'gemeten' GxG's zijn weergegeven in de stippen; de berekende GxG's zijn vlakdekkend weergegeven. Daarnaast is er een label toegevoegd met het residu: dat is de afwijking van de berekende waarde met de meetwaarde. Als het residu negatief is, dan is het model *droger* dan gemeten waarde; als de residu positief is, dan is het model juist *natter* dan de gemeten waarde.



Figuur 19 Berekende- en gemeten GHG's.



Figuur 20 Berekende en gemeten GLG's.



Figuur 21 Berekende en gemeten GVG's.

Vergelijking GHG's

Voor de peilbuizen met dezelfde meetperiode als het model is de afwijking tussen de 'gemeten' en berekende GHG klein (< 10 cm). De peilbuizen binnen het Liefstingsbroek meetnet wijken iets meer af, in het midden van Liefstingsbroek < 20 centimeter. Echter in het zuidoosten is de afwijking nog groter (circa 50 centimeter). Hierbij moet wel rekening gehouden worden dat de metingen van de peilbuizen beperkt zijn (andere meetperiode in vergelijking met de simulatieperiode).

Vergelijking GLG's

Zoals ook al bleek bij de vergelijking van de gemeten en berekende tijdseries (paragraaf 2.5.1.2), zakt in Liefstingsbroek de GLG over het algemeen teveel uit. Gemiddeld is het model circa 20 cm droger dan de gemeten waarde. In het midden van Liefstingsbroek zijn er afwijkingen van circa 50 centimeter.

Vergelijking GVG's

In Liefstingsbroek is de berekende GVG doorgaans circa 20-30 cm lager dan de 'gemeten' GVG's. Ook hier geldt de opmerking dat er rekening gehouden moet worden met het feit dat de metingen van de peilbuizen overwegend beperkt zijn (andere meetperiode in vergelijking met de simulatie periode).

3 Resultaten

3.1 Gevoeligheidsanalyse

In deze paragraaf wordt de gevoeligheid onderzocht van de modelresultaten voor twee belangrijke modelparameters. Het gaat om de *potkleiweerstand* en de *doorlatendheid van de zandlagen boven de potklei*.

3.1.1 Potklei weerstand

In 2020 is er een onderzoek geweest van Sweco in Drenthe naar de hydraulische weerstand van de potkleilaag (Peelo formatie) (SWECO, 2020). Daarbij zijn elektromagnetische metingen vanuit een helikopter gebruikt (SkyTem). Deze resultaten zijn vergeleken met REGISII v.2.2, REGIS is gebruikt in het lagenmodel van MIPWA.

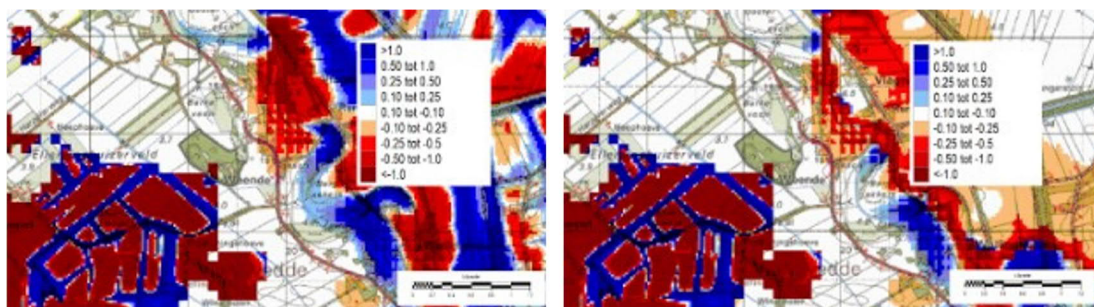
Uit het onderzoek is gebleken dat de hydraulische weerstand van de potkleilaag in REGIS wordt overschat: deze is mogelijk in werkelijkheid 10x kleiner dan eerder werd aangenomen.

In de gevoeligheidsanalyse is daarom de potkleiweerstand 10x kleiner gemaakt.

3.1.1.1 Resultaten

Onder kwel wordt hier verstaan: de opwaartse grondwaterstroming door de potklei (laag 4 in het grondwatermodel). Onder infiltratie/wegzijging wordt verstaan: de neerwaartse grondwaterstroming door de potklei.

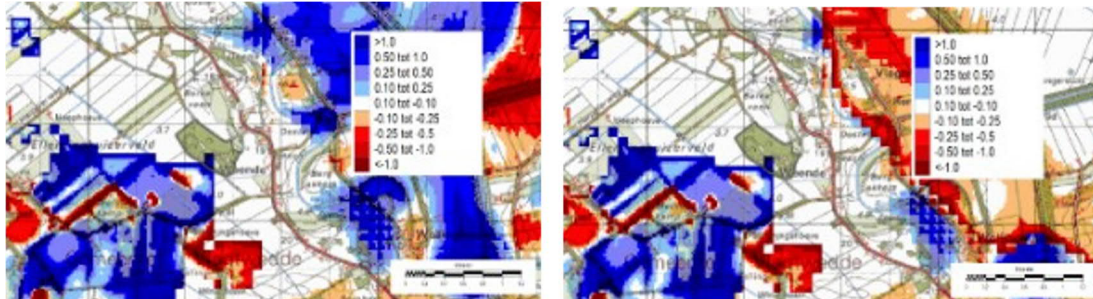
Figuur 22 toont de gemiddelde kwel en wegziingsflux door de potklei voor de wintermaanden: links de kwel/wegzijging met lagere potkleiweerstand; rechts verschil tussen de nieuwe potkleiweerstand en de referentie.



Figuur 22 Gemiddelde kwel en wegzijsing door de potklei in de winter. Links: Kwel en wegzijsing door laag 4 met de verminderde weerstand van de potklei (factor 10). Rechts: Verschil in de kwel en wegzijsing door laag 4 (t.o.v. referentie) door een vermindering van de potkleiweerstand.

Uit de figuur wordt duidelijk dat de verminderde potklei weerstand nauwelijks effect heeft op de kwel en wegzijsing binnen Liefstingsbroek. Dat houdt verband met de dikte van deze laag in Liefstingsbroek en de daarmee samenhangende grote hydraulische weerstand. Verschillen in de kwel en wegzijsing door de potklei zijn vooral te zien in de landbouwpercelen rondom Liefstingsbroek.

Figuur 23 toont de gemiddelde kwel en wegzijgingsflux door de potklei voor de zomermaanden: links de kwel/wegzijging met verminderde potkleiweerstand, rechts het verschil van deze flux door de verminderde potkleiweerstand.



Figuur 23 Gemiddelde kwel en wegzijging door de potklei in de zomer. Links: Kwel en wegzijging door laag 4 met verminderde weerstand potklei. Rechts: Verschil van de kwel en wegzijging door laag 4 door een vermindering van de potkleiweerstand.

Ook in de zomermaanden is er nauwelijks effect op de kwel en wegzijgingsstromen door de potklei binnen Liefstingsbroek. De landbouwpercelen ten zuiden van Liefstingsbroek hebben een toename van kwel bij verminderde potkleiweerstand. Dit houdt verband met het meer freatische karakter van het Liefstingsbroek in vergelijking met het omringende landbouwgebied.

Conclusie

Uit deze gevoeligheidsanalyse kan geconcludeerd worden dat het watersysteem van Liefstingsbroek zich met name in de zandlagen boven de potklei afspeelt. De flux door de potklei is in Liefstingsbroek nihil, zelfs als de hydraulische weerstand van deze laag een factor 10 kleiner wordt gemaakt.

De ruimtelijke verbreiding van de potklei en het eventuele voorkomen van gaten in de potklei zijn niet onderzocht.

3.1.2 Doorlatendheid bovengrond

Een andere parameter die mogelijk invloed heeft op het watersysteem van Liefstingsbroek, is de doorlatendheid van de zandlagen boven de potklei. Boven de (zeer slecht doorlatende) potklei is een 'zandbak' aanwezig. De verwachting is dat de doorlatendheid van dit zand boven de potklei van invloed is op het watersysteem van Liefstingsbroek.

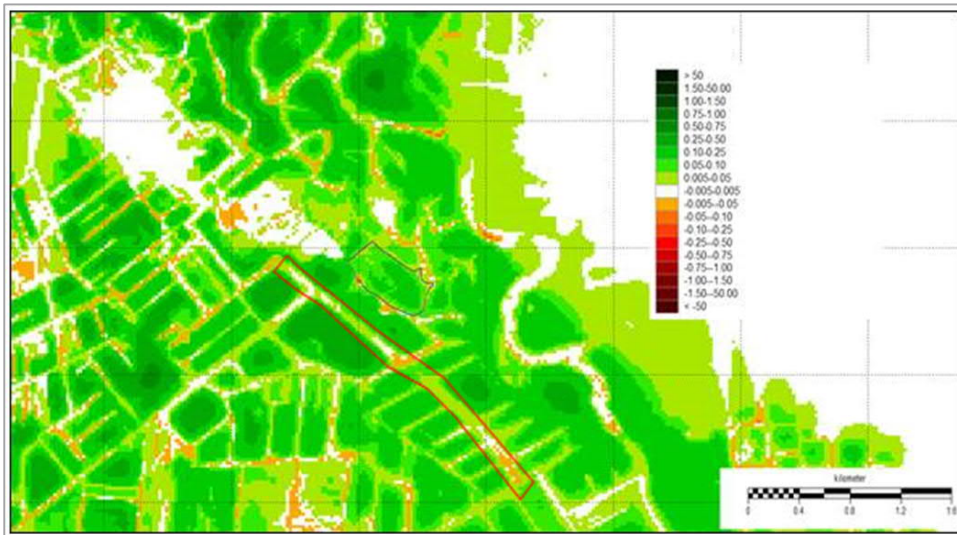
Uit de boringen in Liefstingsbroek blijkt dat de zandlaag overwegend bestaat uit fijn zand. Dit heeft een k-waarde van circa 3 m/dag. De gewogen gemiddelde k-waarde voor de lagen 1 tot en met 3 in het model is hoger, circa de 5 tot 7 m/dag.

Daarom is er in de gevoeligheidsanalyse voor gekozen om de k-waarde van de zandlagen boven de potklei de helft kleiner te maken.

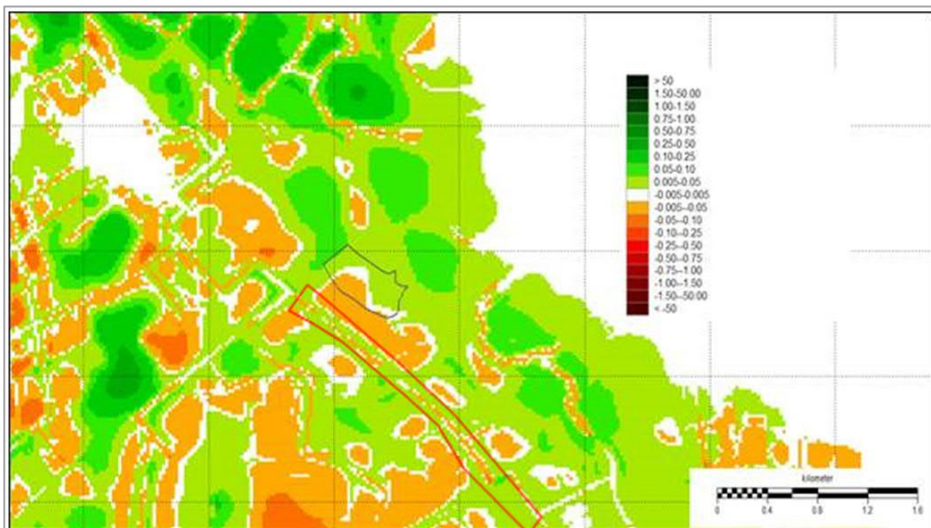
3.1.2.1 Resultaten

De gehalveerde doorlatendheid van de zandlagen boven de potklei leidt ertoe dat de berekende GHG in het model in het Liefstingsbroek circa 0,1 tot 0,25 m natter wordt (*Figuur 24*).

De berekende GLG wordt in het Liefstingsbroek deels natter, maar er zijn ook locaties waar de GLG droger wordt. De verklaring daarvoor is dat, als in de referentieberekening watergangen infiltreren, deze infiltratie kleiner is als de doorlatendheid van de zandlagen boven de potklei wordt verkleind. Ten zuiden van Liefstingsbroek is er een hoofdwatgang van het waterschap aanwezig. Deze watgang infiltreert. Dit effect ervan is dan ook terug te zien in *Figuur 25* waar de GLG lager is rondom deze watgang, door de verminderde doorlatendheid.



Figuur 24 Verandering van de berekende GHG (m) door halving van de doorlatendheid in de zandlagen boven de potklei (modellagen 1 tot en met 3). De hoofdwatgang van het waterschap is rood omlijnd weergegeven.



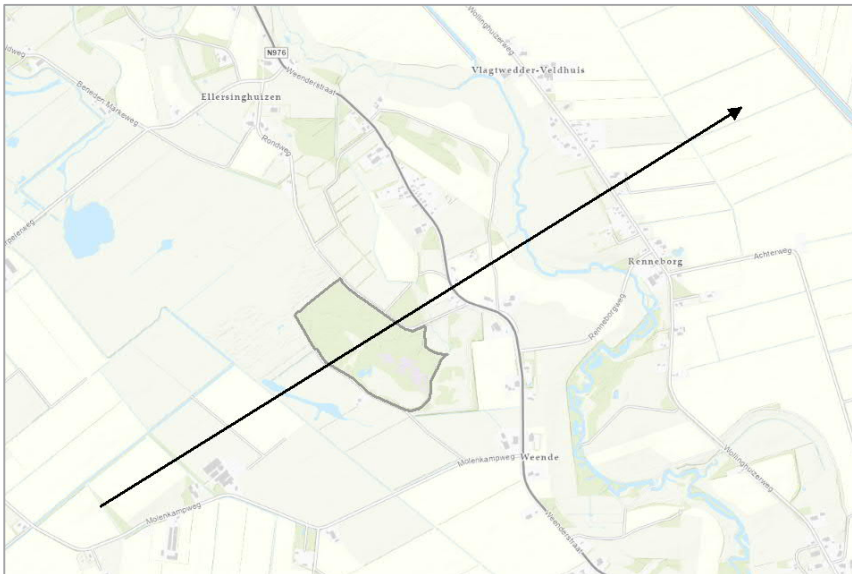
Figuur 25 Verandering van de berekende GLG (m) door halving van de doorlatendheid in de zandlagen boven de potklei (modellagen 1 tot en met 3). De hoofdwatgang van het waterschap is rood omlijnd weergegeven.

Geconcludeerd wordt dat een verkleining van de doorlatendheid van de zandlagen geen 'oplossing' is om de te diep berekende GLG's 'natter' te maken.

3.2 De huidige situatie

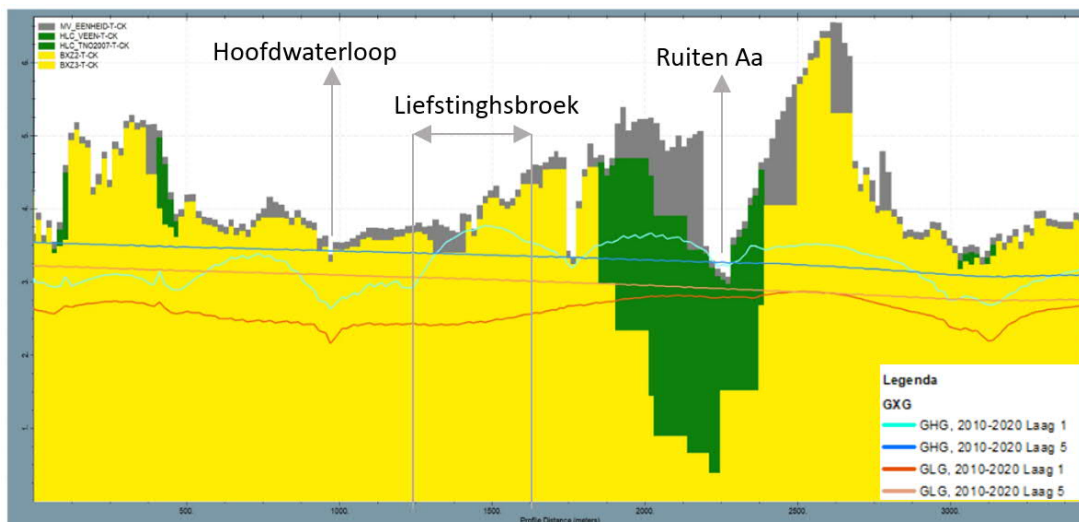
3.2.1 Dwarsdoorsneden

Om een beeld te krijgen van het grondwatersysteem in en rond Liefstingsbroek, is gebruik gemaakt van een dwarsdoorsnede van de stijghoogten (Figuur 26).



Figuur 26 Locatie van de dwarsdoorsnede gebied.

De dwarsdoorsnede (Figuur 27) laat de GHG en GLG zien van laag 1 (boven de potklei) en laag 5 (beneden de potklei).



Figuur 27 Zuidwest-noordoost dwarsdoorsnede van de GHG en GLG boven potklei (L1) en beneden potklei (L5). De potklei laag ligt op circa -6 m+NAP en is niet zichtbaar in de dwarsdoorsnede omdat dat buiten de schaal van de y-as valt.

Opgemerkt wordt dat de GHG-situatie boven de potklei (laag 1) rondom de hoofdwatgang optreedt in de zomer, terwijl de GHG-situatie binnen Liefstingsbroek juist optreedt in de winter. Dit komt doordat het zomerpeil van de hoofdwatgang hoger is dan het winterpeil.

Omgekeerd: de GLG -ituatie boven de potklei (laag 1) treedt rondom de hoofdwatgang op in de winter terwijl de GLG-situatie binnen Liefstingsbroek treedt juist op in de zomer.

Met andere woorden: het stijghoogteverloop, zoals dat zichtbaar is in Figuur 27, geeft tussen het Liefstingsbroek en de hoofdwatgang geen realistisch beeld. De verwachting is dat tussen Liefstingsbroek en de Ruiten Aa dat beeld wél realistisch is:

Wat daar opvalt is dat boven de potklei (laag 1) de Ruiten Aa een hogere GLG heeft in de droge situatie. Dit laat zien dat in een droge situatie het water vanuit de Ruiten Aa (via het grondwater) richting het Liefstingsbroek stroomt. Dit water wordt deels afgevangen door de hoofdwatgang ten zuiden van Liefstingsbroek.

De GHG beneden de potklei (laag 5, donkerblauw) laat een lichte helling zien naar het noordwesten. Daarnaast is de GHG onder de potklei ter hoogte van Liefstingsbroek lager dan de stijghoogte boven de potklei.

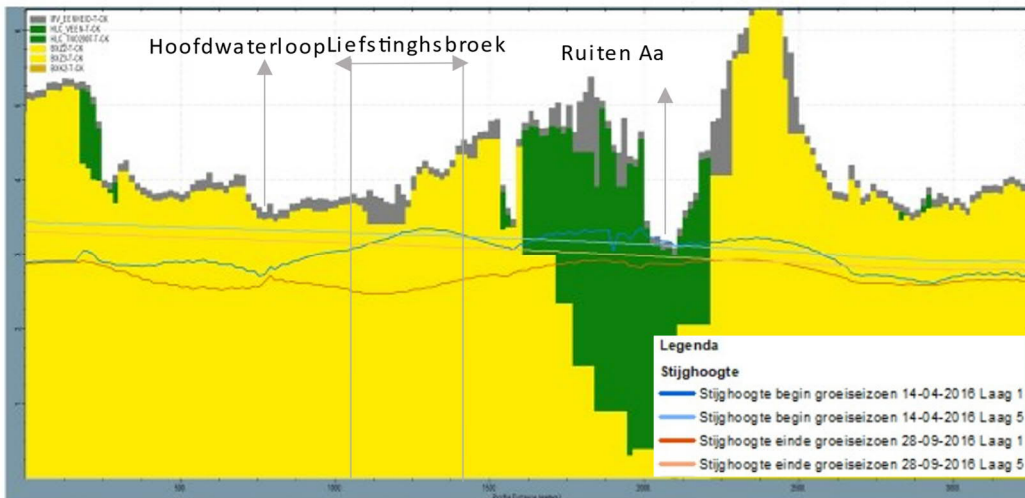
De GLG onder de potklei (laag 5, licht oranje) laat een lichte helling zien naar het noordwesten. De GLG onder de potklei ligt in de hele dwarsdoorsnede boven de GLG boven de potklei.

Dwarsdoorsnede stijghoogte begin en einde groeiseizoen

Hierboven is al opgemerkt dat Figuur 27 tussen het Liefstingsbroek en de hoofdwatgang geen realistisch beeld geeft van de GxG's, omdat de momenten waarop de GxG's optreden, verschillend zijn.

Daarom toont de dwarsdoorsnede in Figuur 28 aanvullend de berekende stijghoogten op twee *momenten* in het groeiseizoen van 2016:

- het voorjaar (14-04-2016);
- het najaar.



Figuur 28 Zuidwest-noordoost dwarsdoorsnede van de berekende stijghoogte aan het begin en het einde van het groeiseizoen 2016. Boven de potklei = L1; beneden de potklei = L5.

Aan het begin van het groeiseizoen is in Liefstingsbroek de stijghoogte boven de potklei relatief hoog, in vergelijking met de stijghoogte aan het einde van het groeiseizoen. De grondwaterstroming is boven de potklei gericht naar beide zijden van Liefstingsbroek: het grondwater 'stroomt het gebied uit'. De randsloten en de beek ten noorden van Liefstingsbroek vangen dit water af. Daarnaast vangt ook de hoofdwatervloei van het waterschap water af aan het begin van het groeiseizoen.

Aan het einde van het groeiseizoen (28-09-2016) is de stijghoogte binnen Liefstingsbroek relatief laag. De stijghoogte boven de potklei ligt lager dan onder de potklei. De stroming aan het einde van het groeiseizoen is gericht naar het Liefstingsbroek, met name vanuit de Ruiten Aa.

3.2.2 Kwelflux naar de wortelzone

In het Liefstingsbroek zijn overwegend ondiepe grondwaterstanden. De nabijheid van het grondwater maakt het mogelijk dat met name in de zomer de vegetatie hiervan 'profiteert': vanuit het grondwater kan dan een *opwaartse* stroming (flux) ontstaan richting de wortelzone die daardoor niet (of minder) uitdroogt.

Door de lage verdamping in de winter domineert in die periode de neerslag. In de bodem ontstaat dan een *neerwaartse* stroming (flux).

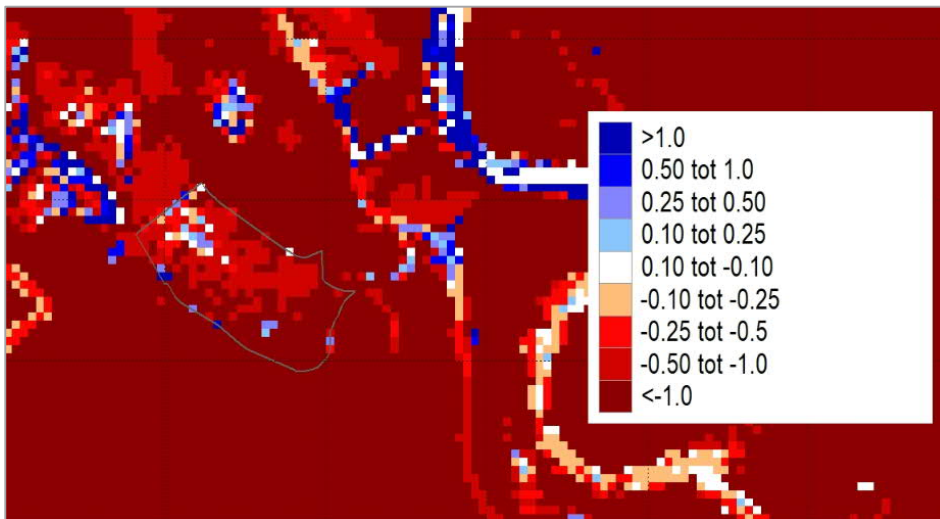
De berekende flux in modellaag 1 geeft een indruk van deze flux. Deze model-laag is in Liefstingsbroek circa 1,3 m dik. Kwel is daarbij de *opwaartse* flux naar de wortelzone en infiltratie de *neerwaartse* flux vanuit de wortelzone.

Er moet worden gerealiseerd dat dit beeld een resolutie heeft van 25x25 meter. Kwel en wegzijgingspatronen op een kleinere schaal zijn daardoor niet zichtbaar.

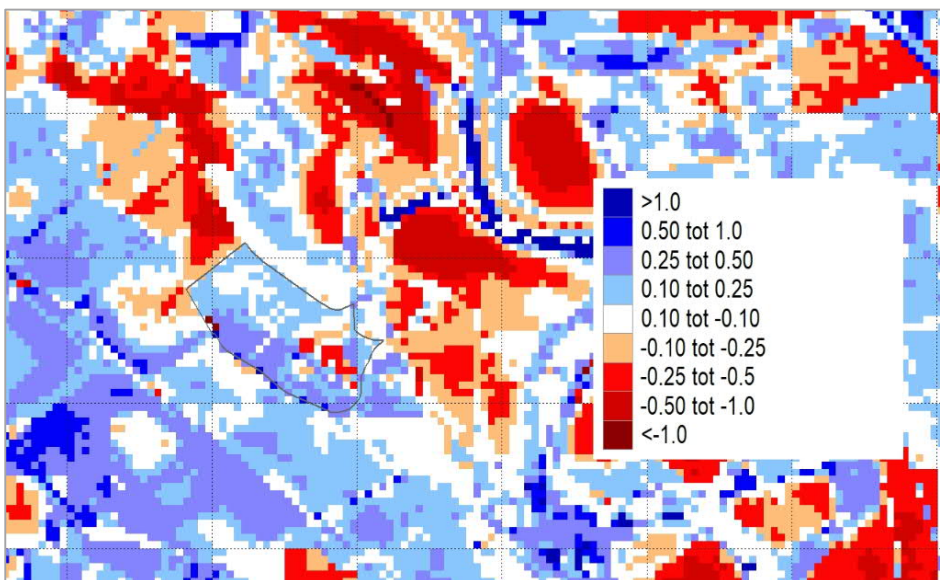
De kwel/wegzijgingsfluxen van laag 1 zijn weergegeven in *Figuur 29* en *Figuur 30* in mm/d gemiddeld voor de zomer- en de winterperiode.

In de winter (*Figuur 29*) is in grote delen van Liefstingsbroek een wegzijgingsflux aanwezig. Alleen in de lage delen is er in de winter sprake van een opwaartse flux (kwel).

In de zomer (*Figuur 30*) is er in grote delen van Liefstingsbroek sprake van een opwaartse flux naar de wortelzone. Alleen op de iets hogere dekzandrug is er sprake van een wegzijgingsflux.



Figuur 29 Kwelflux (blauwe kleuren) naar de wortelzone, in mm/dag gemiddeld voor de winter periode (januari - maart en oktober - december). Een negatieve kwelflux betekent infiltratie (=neerwaarts gericht flux, rode kleuren).

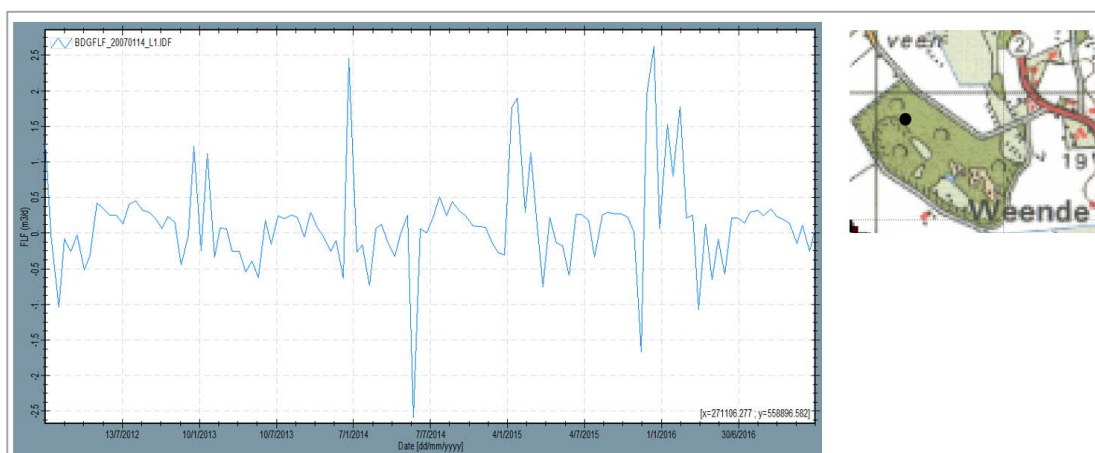


Figuur 30 Kwelflux (blauwe kleuren) naar de wortelzone, in mm/dag gemiddeld voor de zomer periode (april-september). Een negatieve kwelflux betekent infiltratie (=neerwaarts gericht flux, rode kleuren).

Om een indruk te krijgen van de *dynamiek* van de kwel- en wegzijgingsfluxen over laag 1, toont Figuur 31 een tijdreeks van deze fluxen op een locatie in het Liefstingsbroek.

De locatie van de tijdreeks is gekozen op basis van de gemiddelde kwel/wegzijgingsflux in de winter (Figuur 29). Deze locatie is interessant, omdat er in de winter een kwelflux optreedt waardoor in principe aangereikt grondwater de wortelzone zou kunnen bereiken.

De tijdreeks laat zien dat er in de wintermaanden overwegend sprake is van een wegzijgingsflux (negatieve waarden), maar dat incidenteel ook een kwelflux kan optreden (positieve waarden). In de zomermaanden wordt een opwaartse flux berekend (positieve waarden): toestroming naar de wortelzone.

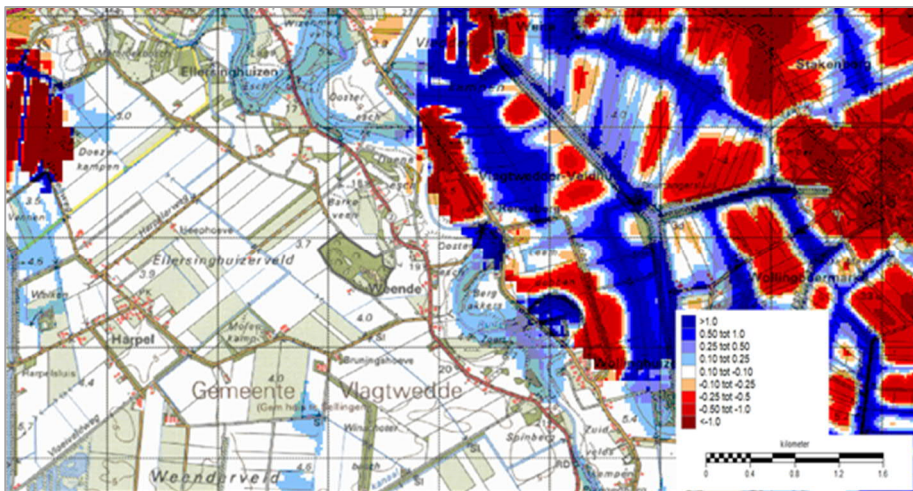


Figuur 31 Tijdreeks (2010-2012) van de kwelflux naar de wortelzone. Negatieve waarden duiden op een neerwaarts gerichte flux (wegzijging); positieve waarden duiden op een opwaartse flux (kwel). De locatie waar de tijdreeks betrekking op heeft is rechts weergegeven met de zwarte stip.

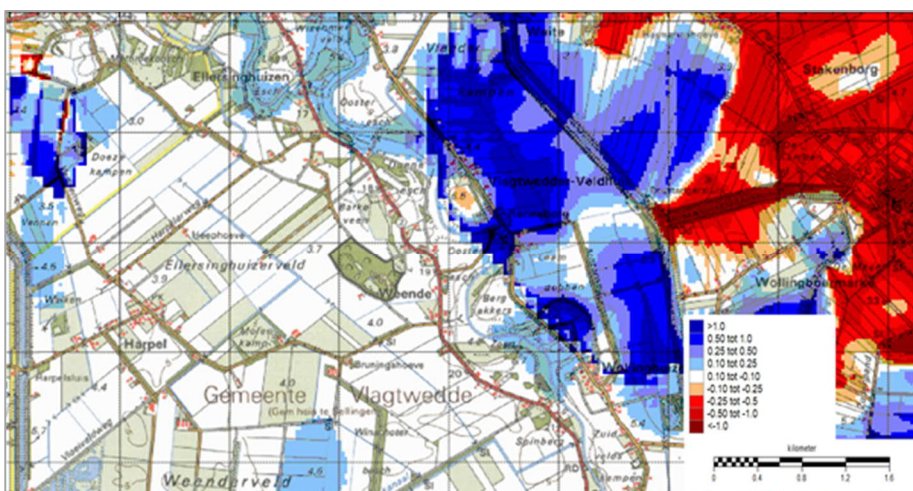
3.2.3 Opwaartse flux door de potklei

In deze paragraaf wordt onder kwel verstaan: de opwaartse grondwaterstroming door de potklei (laag 4 in het grondwatermodel). Onder infiltratie wordt verstaan: de neerwaartse grondwaterstroming door de potklei.

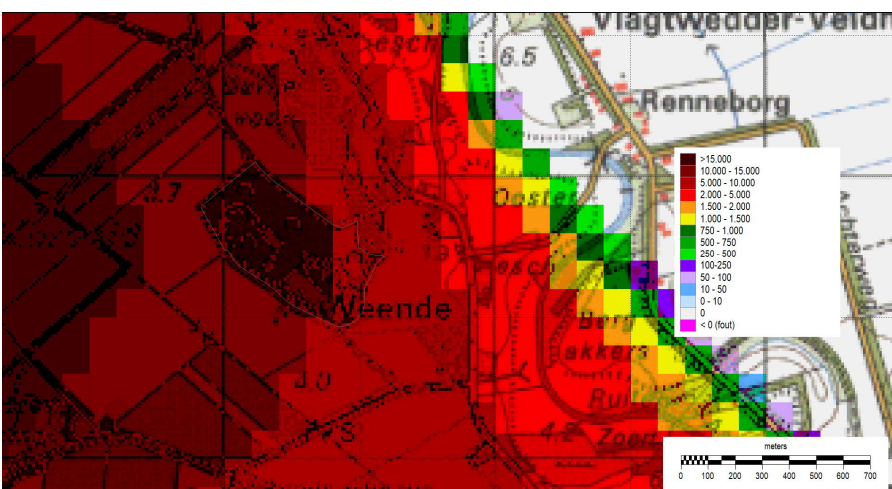
De figuren 32 en 33 tonen de gemiddelde kwel/wegzijging over de potkleilaag (= modellaag 4) voor respectievelijk de zomer- en winterperiode. Deze kaarten laten zien dat de kwel/wegzijging bij Liefstingsbroek minder dan 0,10 mm/dag is. Deze geringe flux hangt samen met de grote hydraulische weerstand van de potklei (> 12.000 dagen, Figuur 34).



Figuur 32 Kwel (mm/d) door de potlei in de winterperiode (januari- maart en oktober-december). Een opwaartse flux is een positieve waarde; een neerwaartse flux is een negatieve waarde.



Figuur 33 Kwel (mm/d) door de potlei in de zomerperiode (april-september). Een opwaartse flux is een positieve waarde; een neerwaartse flux is een negatieve waarde.



Figuur 34 Hydraulische weerstand (c-waarde, d) van de potlei. Bron: MIPWA.

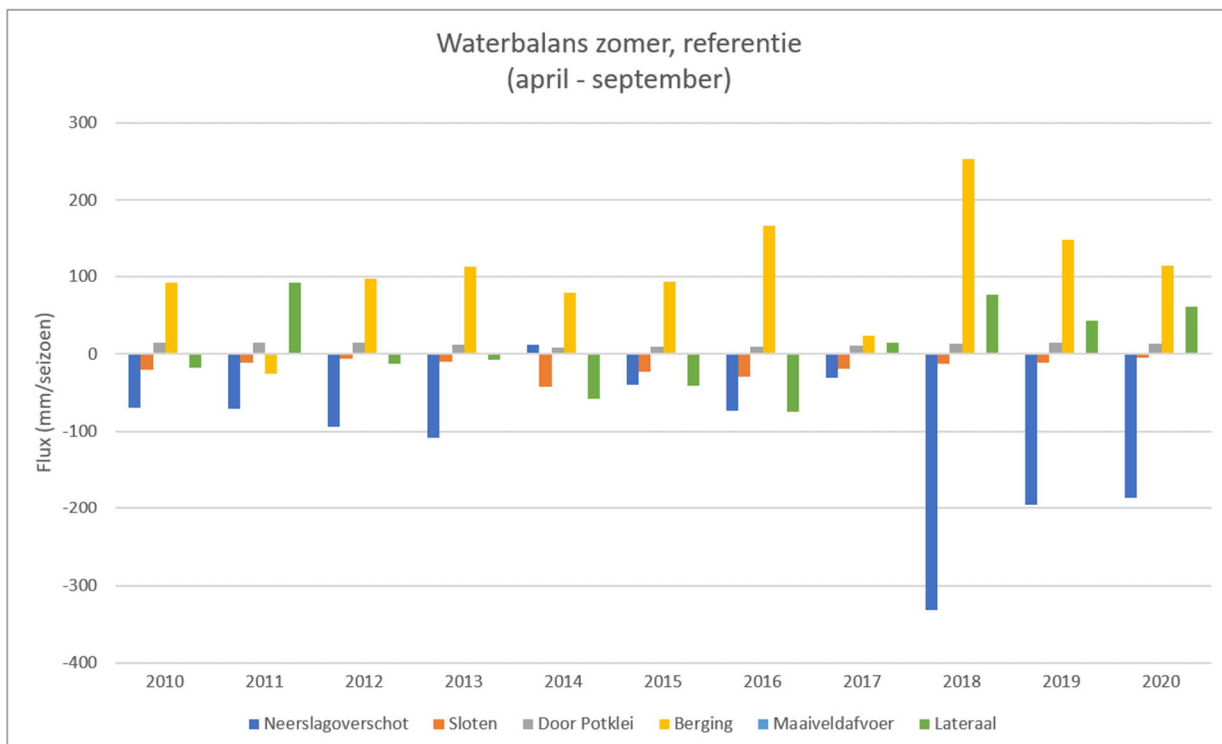
3.2.4 Waterbalans

Inzicht in de waterbalans van Liefstingsbroek helpt om het watersysteem ter plaatse te begrijpen. Dat kan helpen om gericht maatregelen te formuleren dit systeem te herstellen ten behoeve van de natuurdoelen.

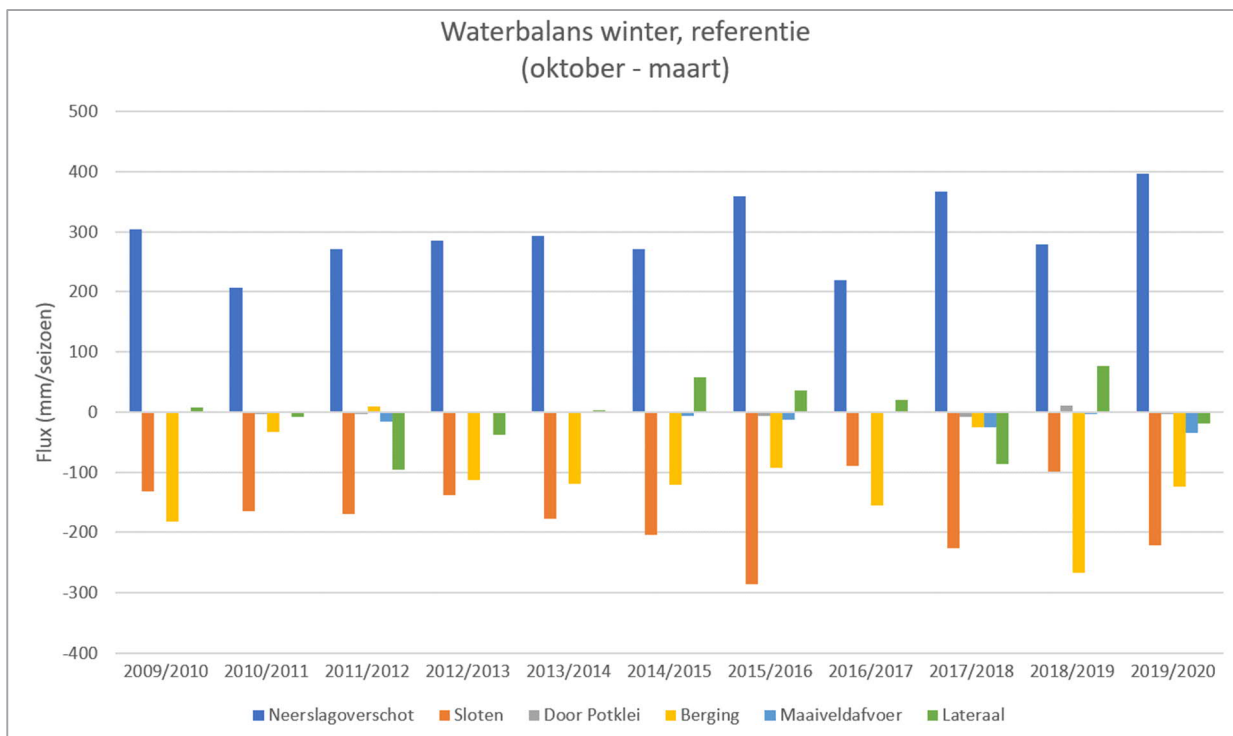
Op basis van de modelberekeningen geven Figuur 35 en Figuur 36 de waterbalans weer van respectievelijk de zomers en winters in de periode 2010-2020.

Uit deze waterbalansen blijkt dat:

- Het neerslagoverschot (neerslag-verdamping) de dominerende waterbalansterm is. In de zomer is deze term negatief; in de winter is deze term positief.
- Een andere grote balanspost is 'berging'. In de zomer wordt 'geteerd' op het (positieve) neerslagoverschot dat is geborgen in de winter.
- Via het grondwater ('Lateraal' in de onderstaande figuren) kan water *vanuit* Liefstingsbroek stromen naar de omgeving (= negatieve waarde in de figuren). Maar met name in droge jaren (zoals bijvoorbeeld 2018 en 2019) stroomt er in de zomer via het grondwater naar Liefstingsbroek toe.
- De afvoer via de sloten rond Liefstingsbroek vormen een relatief kleine balansterm. Dat geldt ook voor de stroming (flux) door de potklei.
- Ook de afvoer over maaiveld vormt een kleine balansterm. Deze afvoer wordt alleen berekend in (sommige) winters.



Figuur 35 Waterbalans van Liefstingsbroek in de zomers (april-september) van 2010-2020.



Figuur 36 Waterbalans van Liefstingsbroek in de winters (januari – maart en oktober – december) van 2010-2020.

De volgende balansposten krijgen bij de bespreking van de resultaten van de scenario's (hoofdstuk 3) extra aandacht, omdat deze van groot belang zijn voor de effecten op de habitattypen:

- Afvoer over maaiveld: de afvoer over maaiveld is van belang voor de vegetatie in het Liefstingsbroek die afhankelijk is van aangereikt grondwater. Als de afvoer over maaiveld toeneemt, kan dat dus worden gezien als 'gunstig'.
- Laterale grondwaterstroming: de stroming vanuit het Liefstingsbroek naar de omgeving kan worden beschouwd als verliespost. Als deze post groter wordt, dan kan dat worden gezien als 'ongunstig'.

3.3 Scenario's

3.3.1 Maatregelen en beschouwde effecten

3.3.1.1 Maatregelen

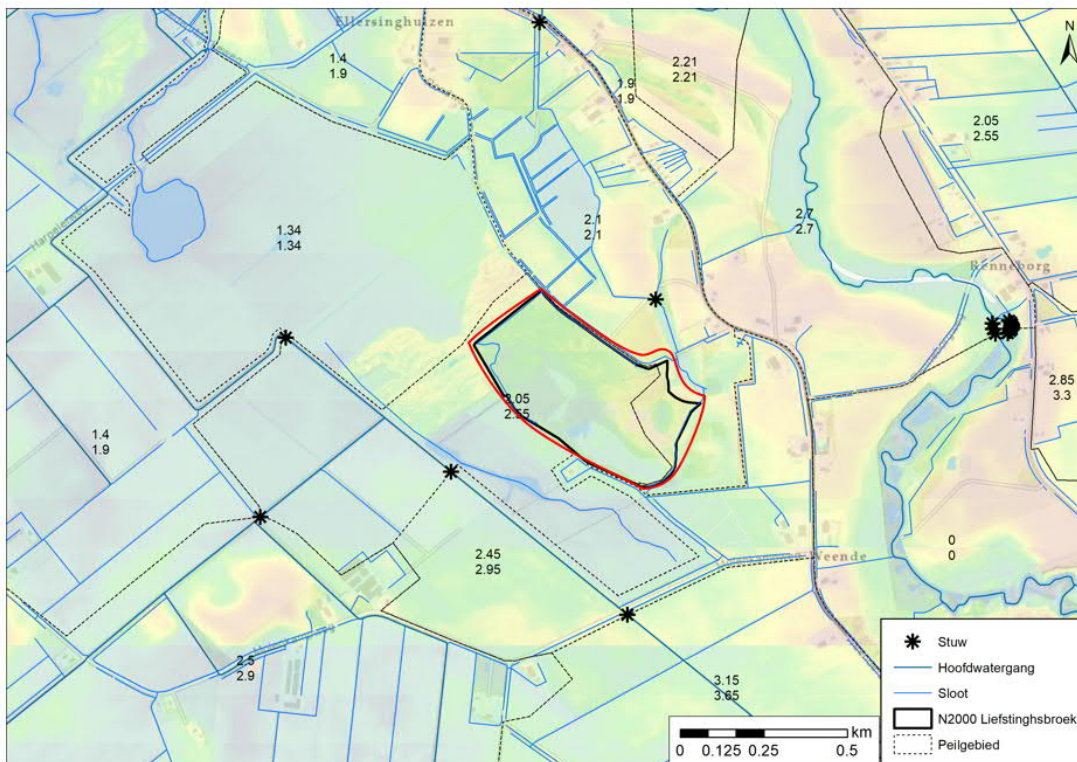
In het kader van dit onderzoek zijn er drie scenario's met maatregelen geformuleerd waarvan de effecten worden onderzocht. De scenario's zijn gebaseerd op adviezen, afkomstig uit (KWR, 2022).

De drie scenario's zijn (in het kort):

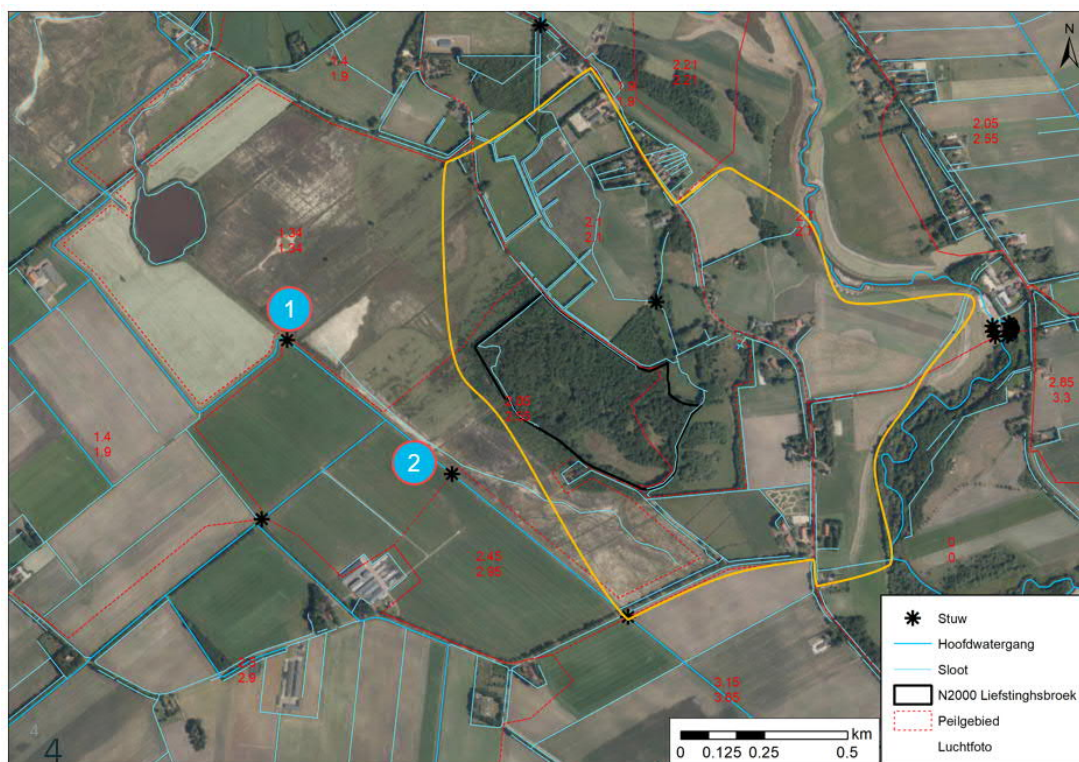
1. minimaal scenario: het dempen van de randsloten bij Liefstingsbroek (Figuur 37);
2. idem plus het dempen van sloten in de omgeving (Figuur 38);

3. Als (2) plus het verhogen van de stuwpeilen van de waterschapsleiding ten zuidwesten van het Liefstingsbroek door deze in de zomer en winter gelijk te maken met het winterpeil van het bovenstroomse peilvak (3,15 m+NAP, Figuur 39).

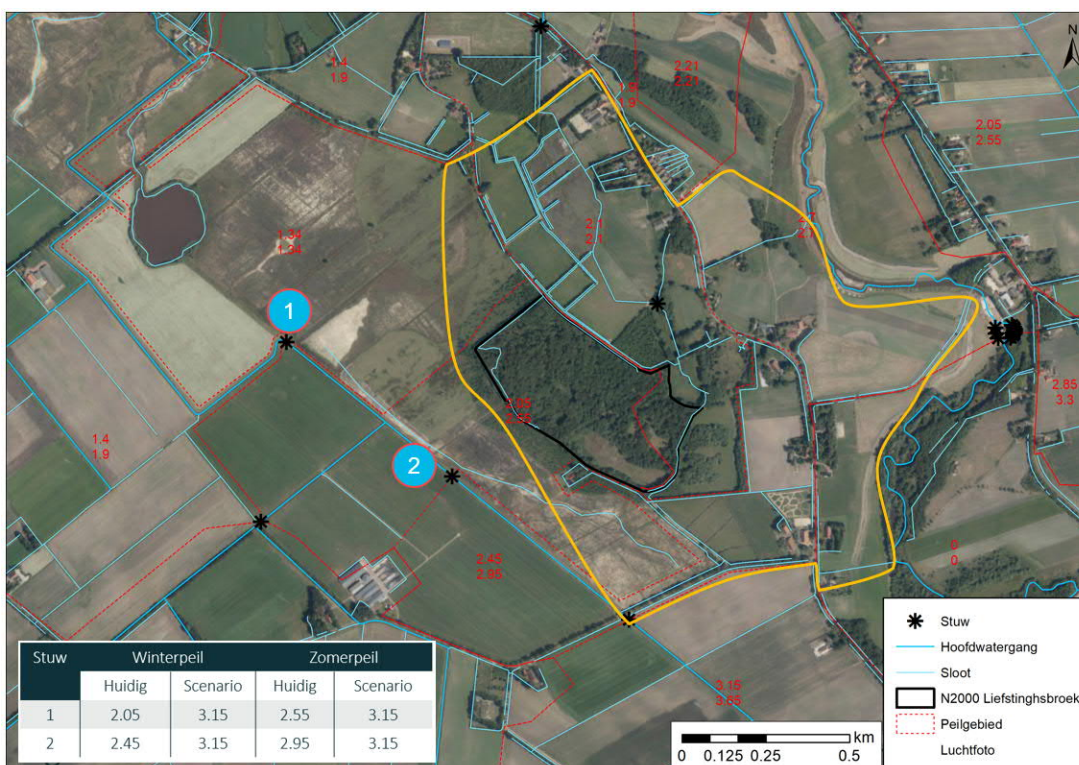
Ad 1 en 2: de afvoerende laagten binnen Liefstingsbroek en de 'sloten' in het Liefstingsbroek worden niet gedempt.



Figuur 37 In scenario 1 worden de randsloten van het rood aangegeven gebied gedempt.



Figuur 38 In scenario 2 worden ook de sloten in het geel omkaderde gebied gedempt.



Figuur 39 In scenario 3 wordt ook het stuwpeil verhoogd van de waterschapsleiding ten zuidwesten van het Liefstingsbroek.

3.3.1.2 Beschouwde effecten

In deze rapportage worden de effecten van de verschillende scenario's getoond. Het gaat om de effecten op de:

- a) GxG's;
- b) landbouw (nat- en droogteschade);
- c) ontwateringsdiepte bij bebouwing;
- d) waterbalans.

De effecten zijn berekend ten opzichte van het referentiescenario (=d e huidige situatie).

Zoals aangegeven in de inleiding: de betekenis van de modelresultaten voor de Natura2000-doelstellingen in met name Liefstinghsbroek vindt plaats in een afzonderlijke rapportage van het KWR.

Ad b) De landbouw (nat- en droogteschade)

De betekenis van de scenario's voor de landbouw zijn in dit onderzoek indicatief bepaald door gebruik te maken van de HELP-tabellen (Landinrichtingsdienst, 1987).

Ad c) De ontwateringsdiepte bij bebouwing

Er is geen ontwateringsnorm in Nederland voor bebouwing. Tot een paar jaar terug was 70 cm onder woningen (en 50 cm in groen) algemeen geaccepteerd (richtlijn). Maar met de droogte van de afgelopen jaren wordt deze meer en meer losgelaten.

Om een indruk te krijgen van de locaties waar door de vernattingsmaatregelen in Liefstinghsbroek de ontwateringsdiepte bij bebouwing mogelijk te gering wordt, is bij ieder scenario een figuur opgenomen waarin:

- De 5-cm GHG verhogingslijn is getekend. Het vlak binnen de 5-cm verhogingslijn wordt de effectzone genoemd.
- De berekende GHG vlakdekkend wordt getoond.
- De bebouwing binnen de 5-cm GHG verhogingslijn is gemarkeerd.

Indicatief kan worden gesteld dat er wellicht extra aandacht nodig is in verband met de ontwateringsdiepte ter plaatse van panden in de effectzone, waarbij de berekende GHG ondieper is 60 centimeter. De bovengenoemde werkwijze maakt het mogelijk deze panden in beeld te brengen.

Opgemerkt wordt dat deze werkwijze indicatief is. In de praktijk zal elke woning bezocht moeten worden om de daadwerkelijke situatie in kaart te brengen.

Ad d) De waterbalans

Zoals gezegd, inzicht in de waterbalans van Liefstinghsbroek helpt om het watersysteem ter plaatse te begrijpen. Dat kan helpen om gericht maatregelen te formuleren dit systeem te herstellen ten behoeve van de natuurdoelen.

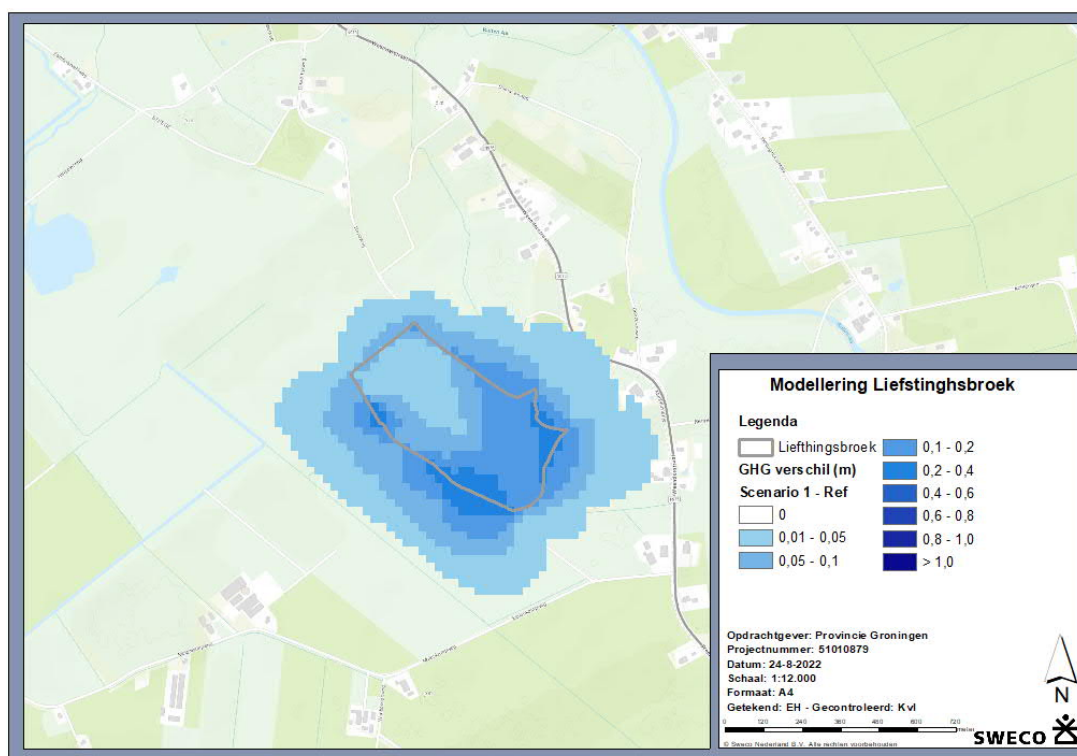
Zoals gezegd, krijgen de volgende balansposten extra aandacht omdat ze van groot belang zijn voor (de effecten op) de habitattypen:

- Afvoer over maaiveld: de afvoer over maaiveld is van belang voor de vegetatie in het Liefstingsbroek die afhankelijk is van aangereikt grondwater. Als de afvoer over maaiveld toeneemt, kan dat dus worden gezien als 'gunstig',
- Laterale grondwaterstroming: de stroming vanuit het Liefstingsbroek naar de omgeving kan worden beschouwd als verliespost. Als deze post groter wordt, dan kan dat worden gezien als 'ongunstig'.

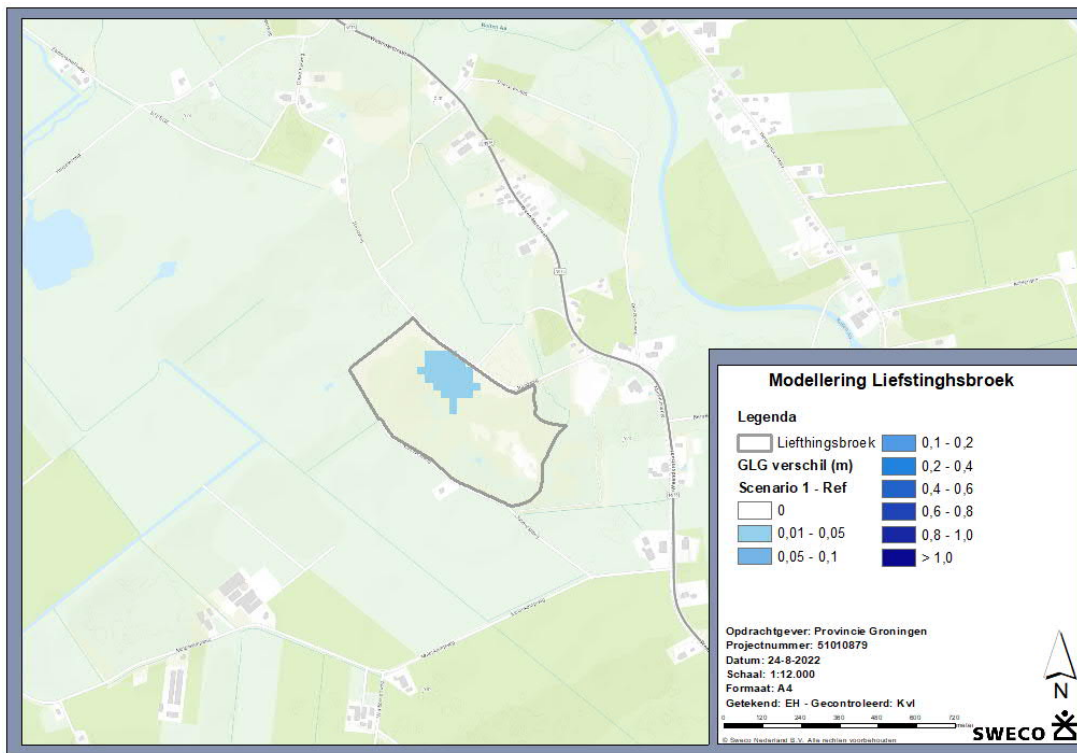
3.3.2 Effecten scenario 1

3.3.2.1 Effecten op GxG's

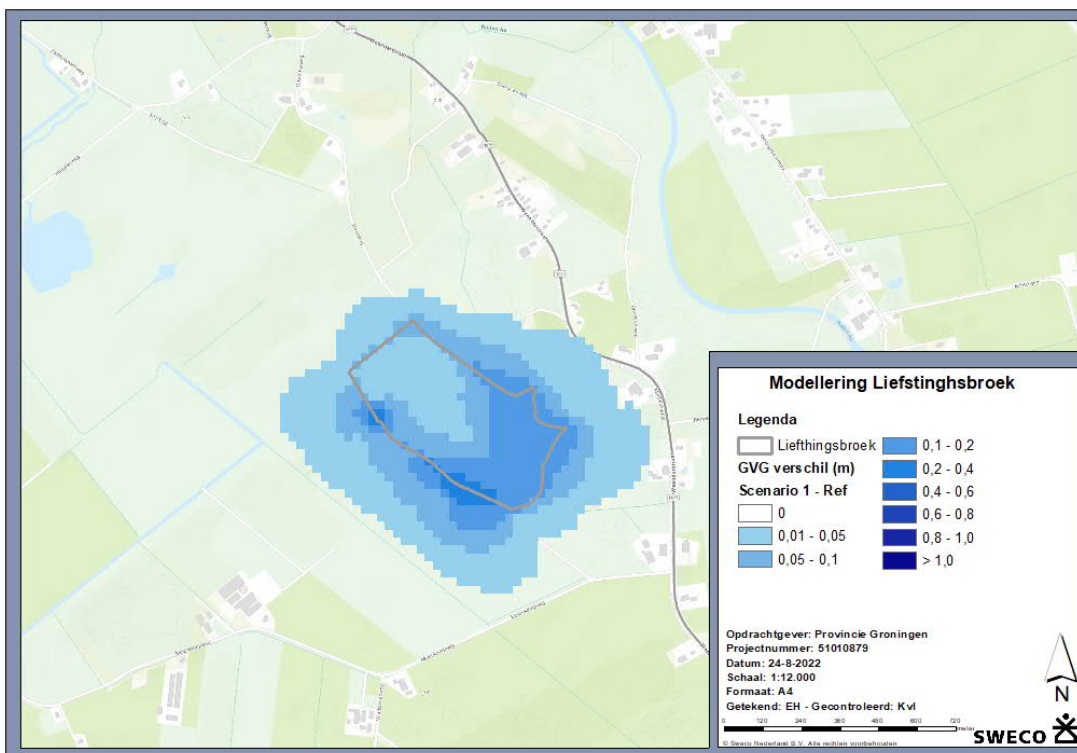
De effecten van scenario 1 op de GxG's zijn weergegeven in de figuren 40 tot en met 42. Hierin is te zien dat er vernatting plaatsvindt binnen Liefstingsbroek. Er is ook een klein uitstralend effect van de vernatting naar de omgeving in de GVG- en GHG-situatie. De GHG stijgt met circa 0,1 tot 0,4 m; aan de randen in het oosten en zuiden is het effect het grootst. De effecten op de GLG zijn beperkt, maximaal 0,1 m in het noordoosten van Liefstingsbroek.



Figuur 40 Effecten op de GHG (scenario 1).



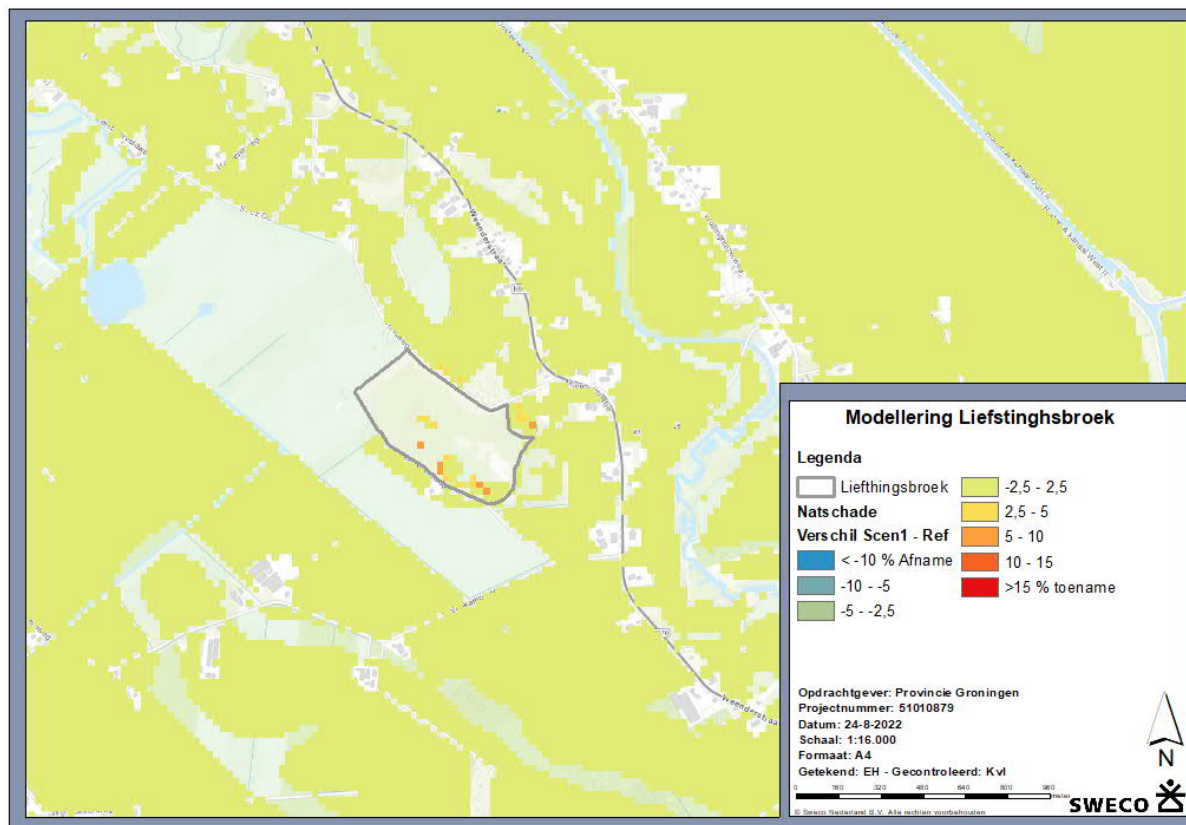
Figuur 41 Effecten op de GLG (scenario 1).



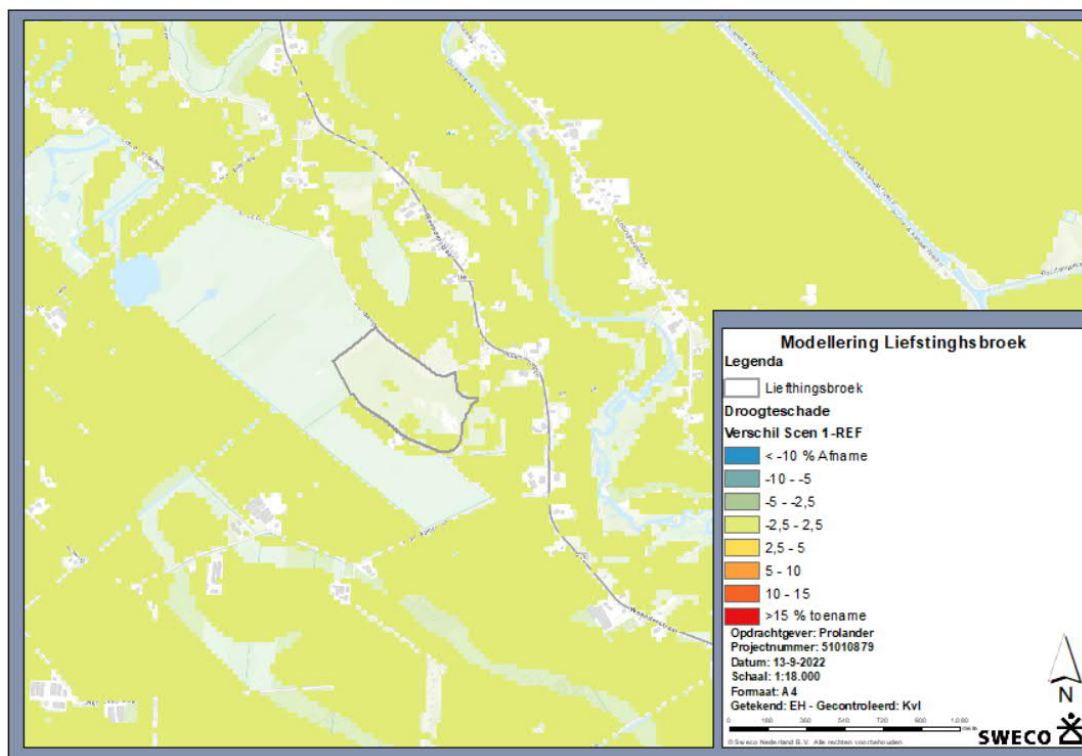
Figuur 42 Effecten op de GVG (scenario 1).

3.3.2.2 Effecten op de landbouw (nat- en droogteschade)

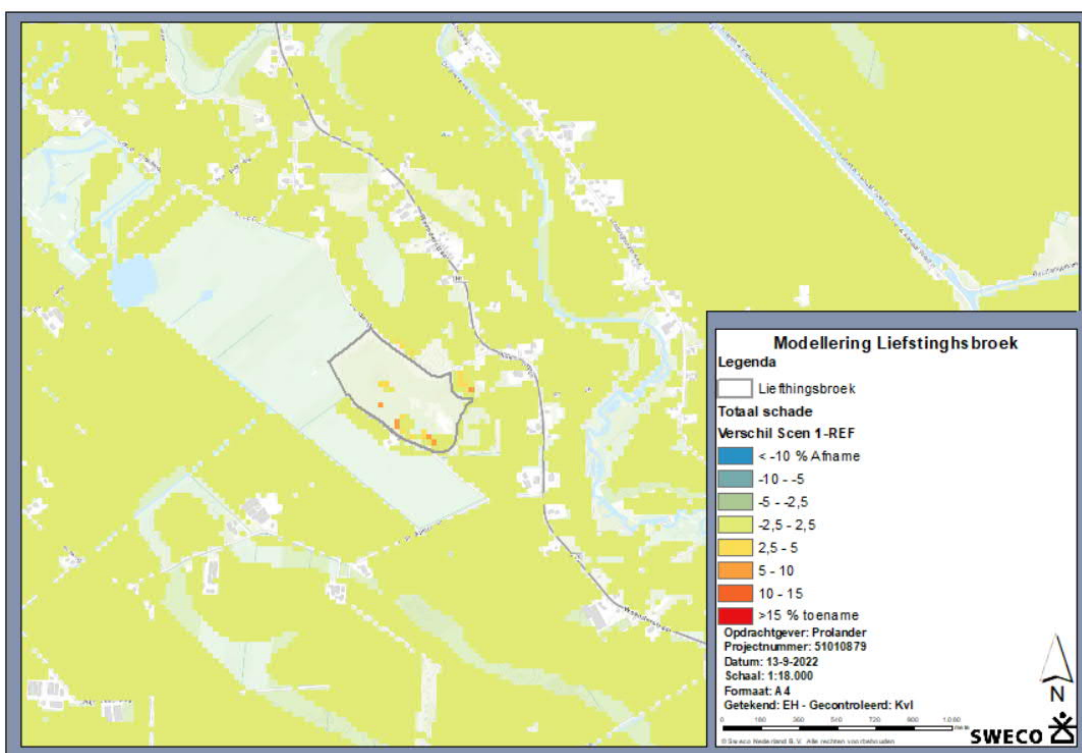
Het dempen van de sloten rond Liefstingsbroek leidt volgens de modelberekeningen niet tot een toename van de natschade in de omgeving (Figuur 43). Ook de verandering van de droogteschade (Figuur 44) en van de totale schade (Figuur 45) is gering.



Figuur 43 Verandering van de natschade in scenario 1.



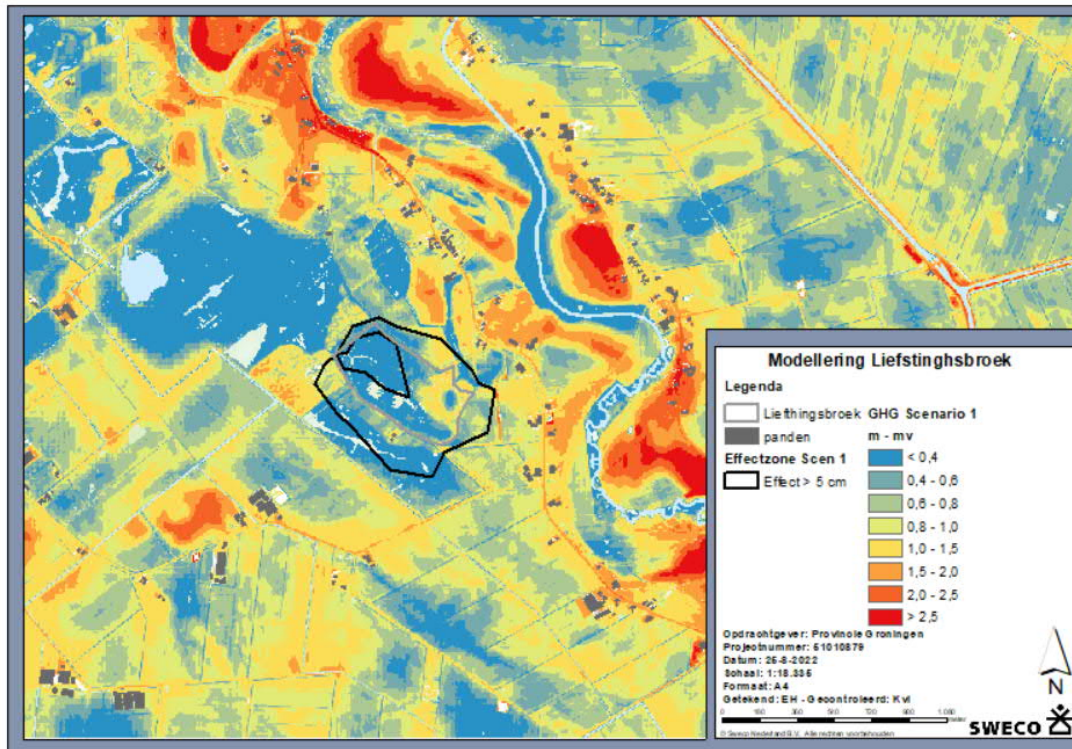
Figuur 44 Verandering van de droogteschade in scenario 1.



Figuur 45 Verandering van de totale schade in scenario 1.

3.3.2.3 Effecten op de ontwateringsdiepte bij bebouwing

Figuur 46 toont de berekende GHG in scenario 1 en de bebouwing binnen de effectzone. De berekende GHG in dit scenario is bij bebouwing overal dieper dan 60 cm-mv, waardoor er geen (nieuwe) problemen met de ontwateringsdiepte bij bebouwing zijn te verwachten.



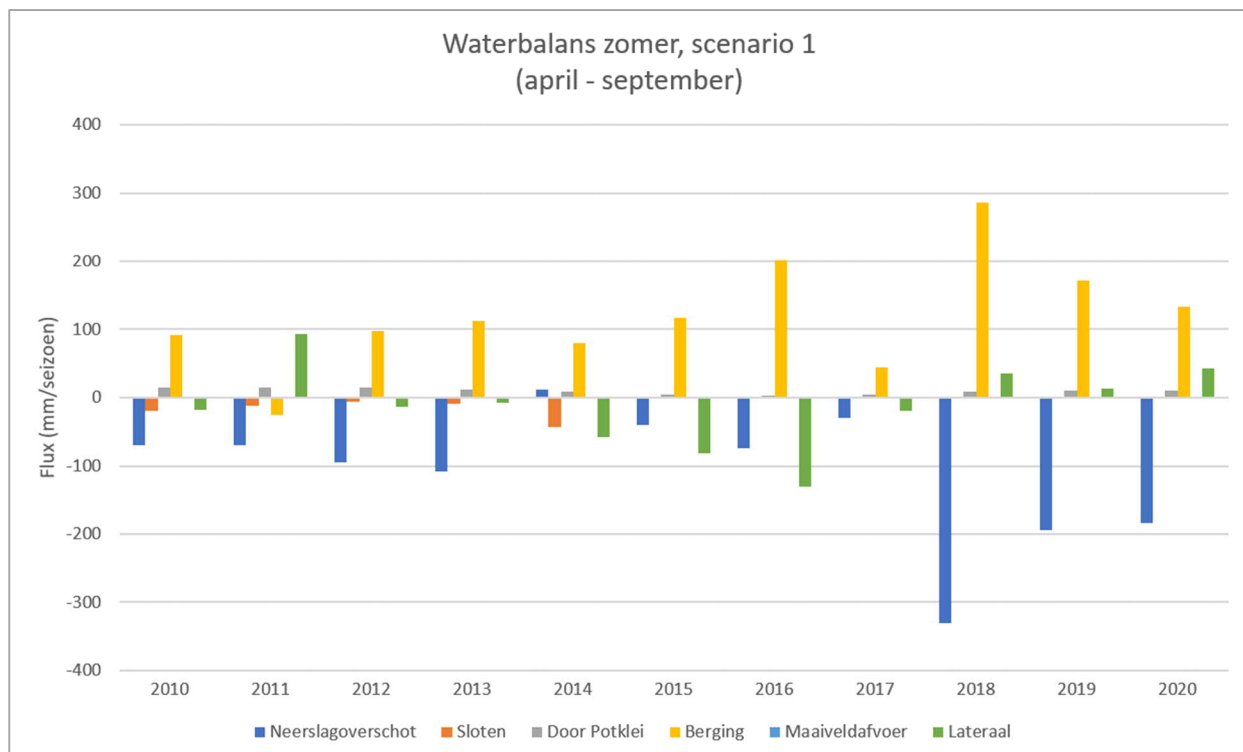
Figuur 46 Berekende GHG in scenario 1 en de bebouwing binnen de effectzone (d.i. de zone met een verhoging GHG > 5 cm, zwarte lijnen).

3.3.2.4 Effecten op de waterbalans

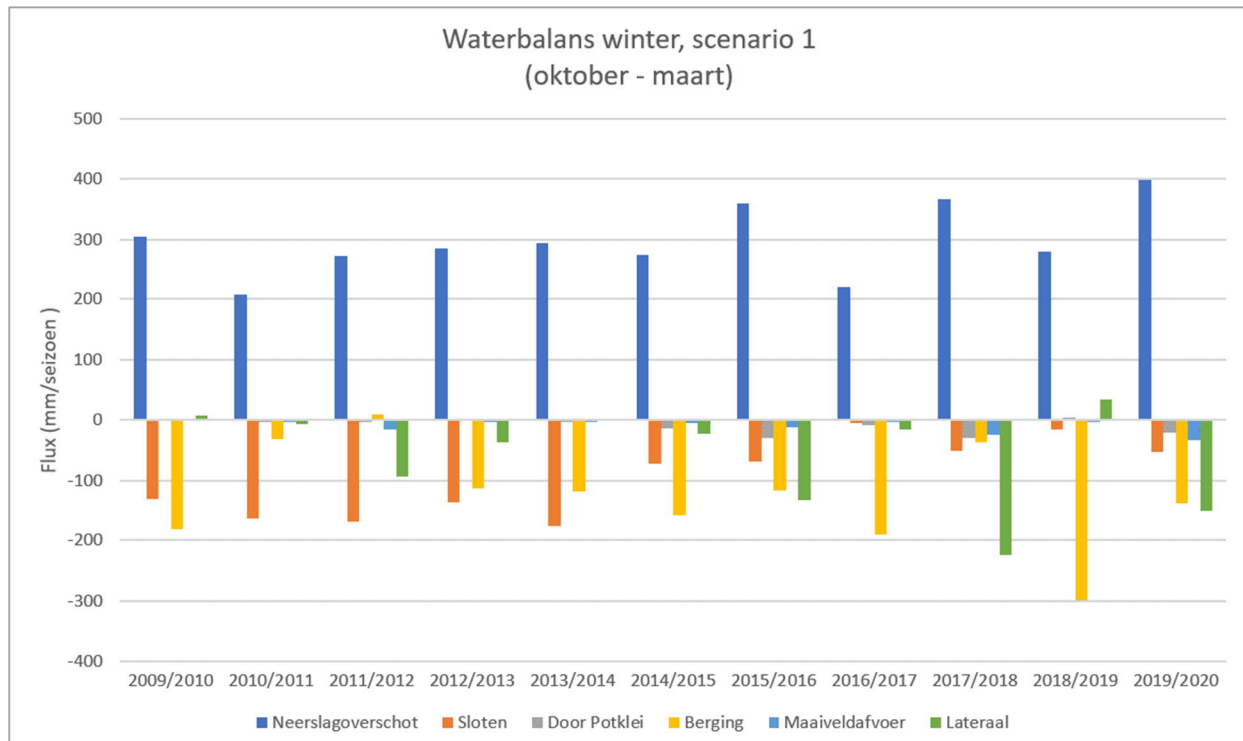
Het dempen van de sloten rond Liefstingsbroek in scenario 1 leidt tot hogere grondwaterstanden in het gebied, waardoor:

- de 'lek' (= laterale grondwaterstroming) naar de omgeving gemiddeld met circa 80 mm/jaar toeneemt;
- de slootafvoer gemiddeld met circa 100 mm/jaar afneemt.

Opvallend is dat jaargemiddeld de stroming over maaiveld niet toeneemt.



Figuur 47 Scenario 1: waterbalans van Liefstingsbroek in de zomers (april-september) van 2010-2020.



Figuur 48 Scenario 1: waterbalans van Liefstingsbroek in de winters (januari – maart en oktober – december) van 2010-2020.

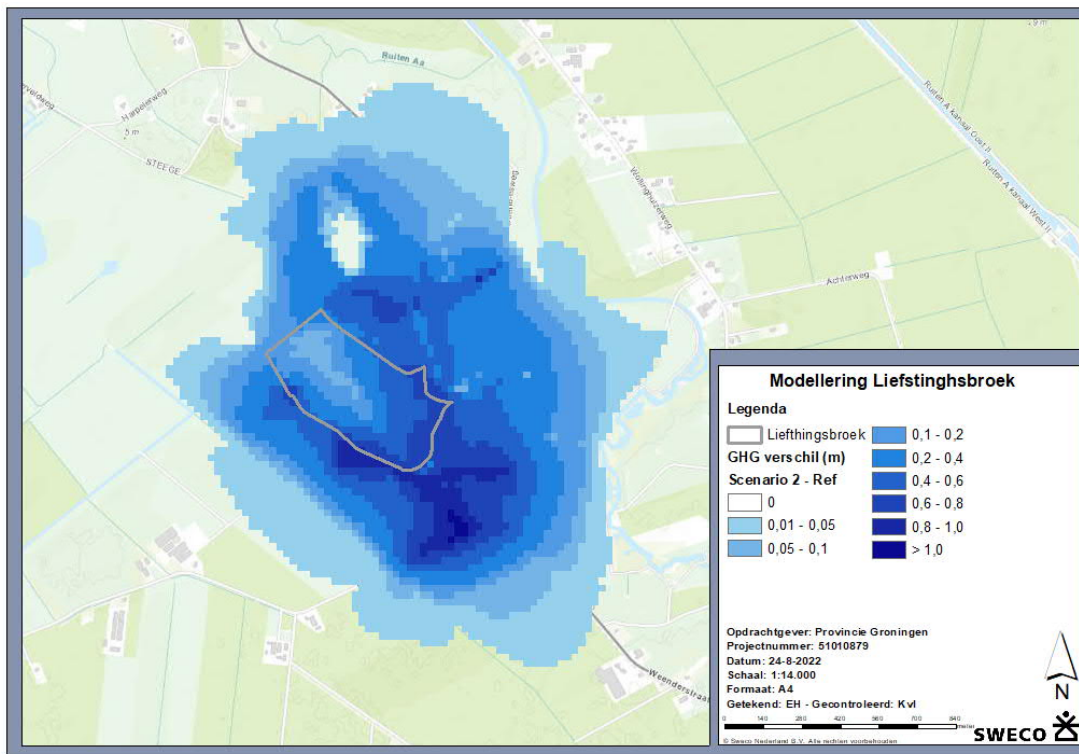
3.3.3 Effecten scenario 2

3.3.3.1 Effecten op GxG's

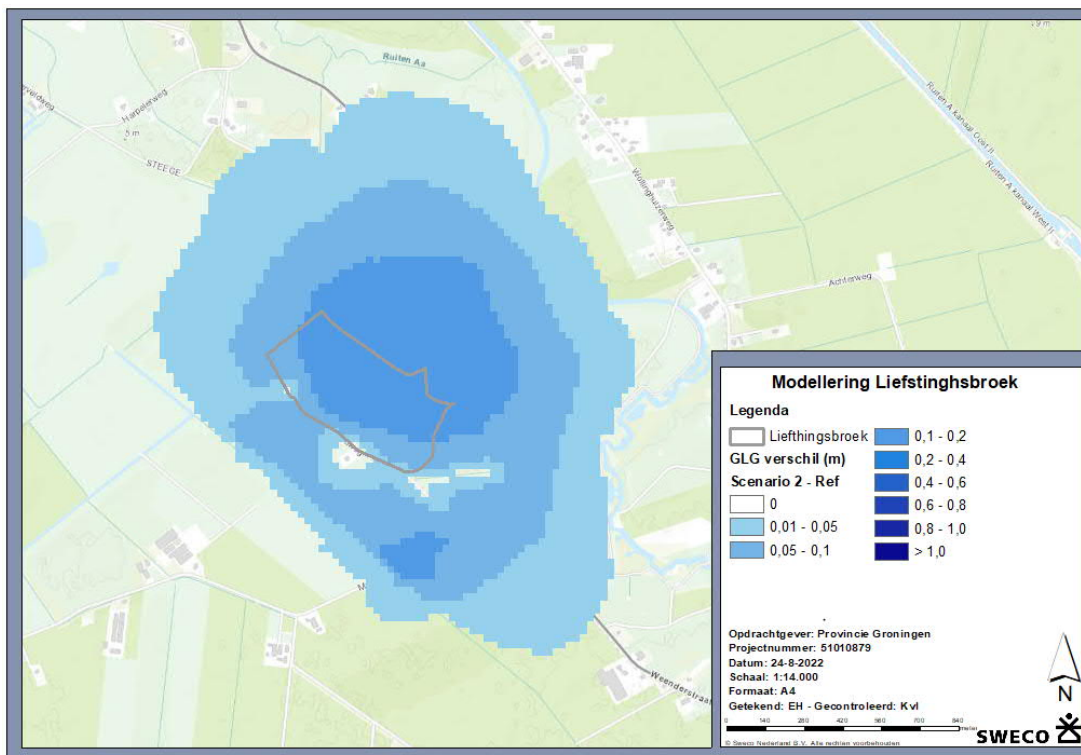
De effecten van scenario 2 op de GxG's, zijn weergegeven in de figuren 49 tot en met 51. De effecten van scenario 2 zijn groter dan in scenario 1 en hebben een groter uitstralend effect in de omgeving. De GxG's laten zien dat er vernatting is binnen Liefstingsbroek en omgeving.

De GHG stijgt binnen Liefstingsbroek tussen circa 0,1 en 0,6 m, waarbij het effect in het oosten en zuiden het grootst is. Ook in de omgeving is een vernatting te zien, voornamelijk rondom de sloten en waterlopen die gedempt zijn.

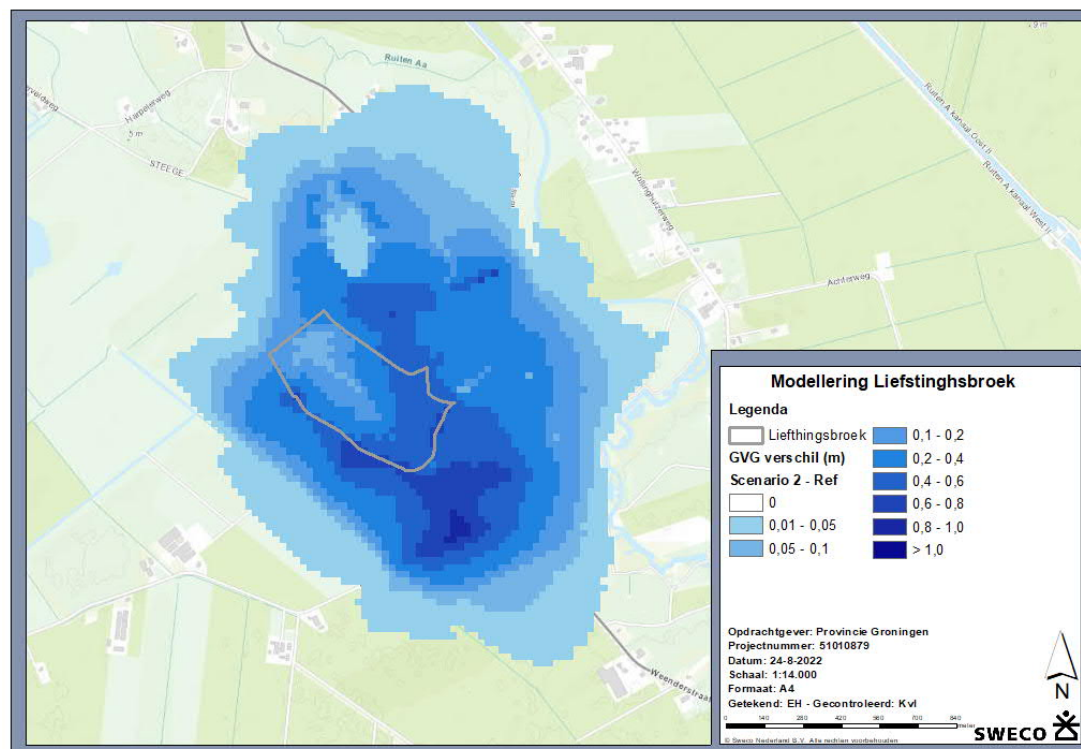
In berekende effecten op de GLG zijn duidelijk kleiner (0,1 – 0,2 m in en rond Liefstingsbroek).



Figuur 49 Effecten op de GHG (scenario 2)



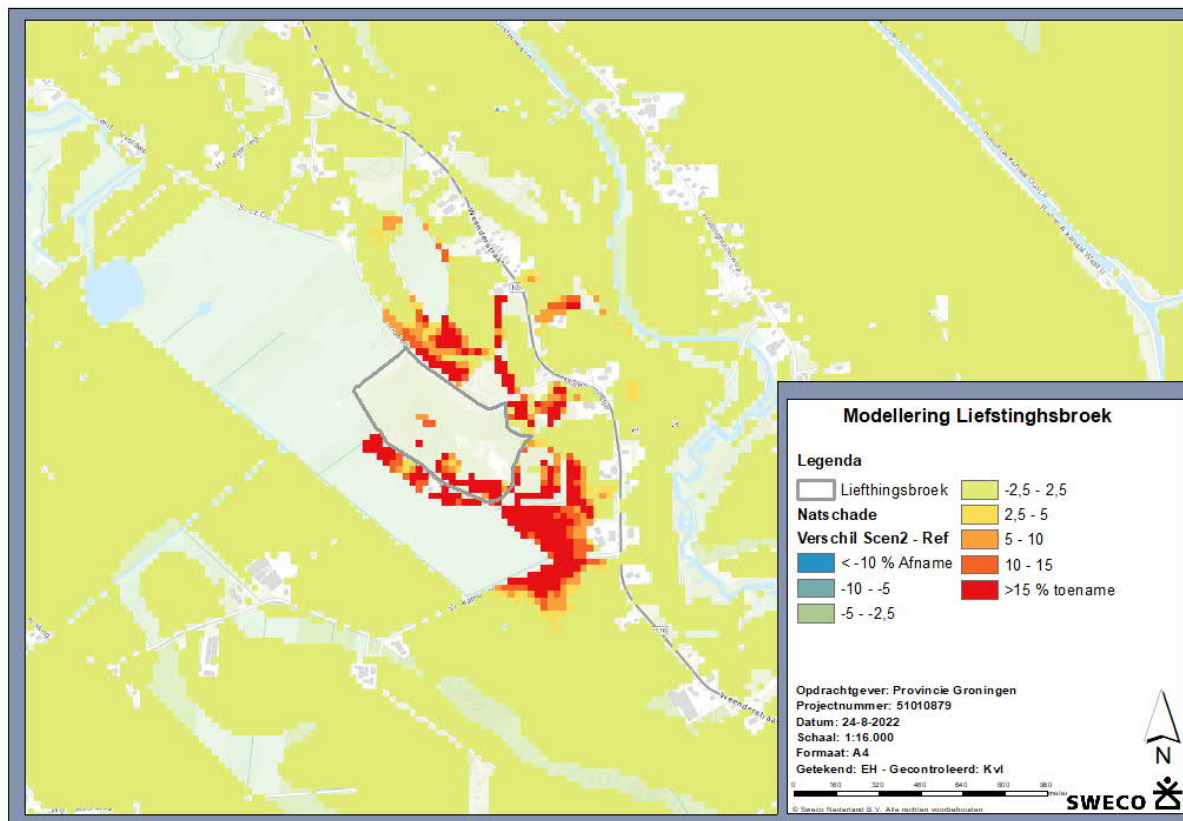
Figuur 50 Effecten op de GLG (scenario 2).



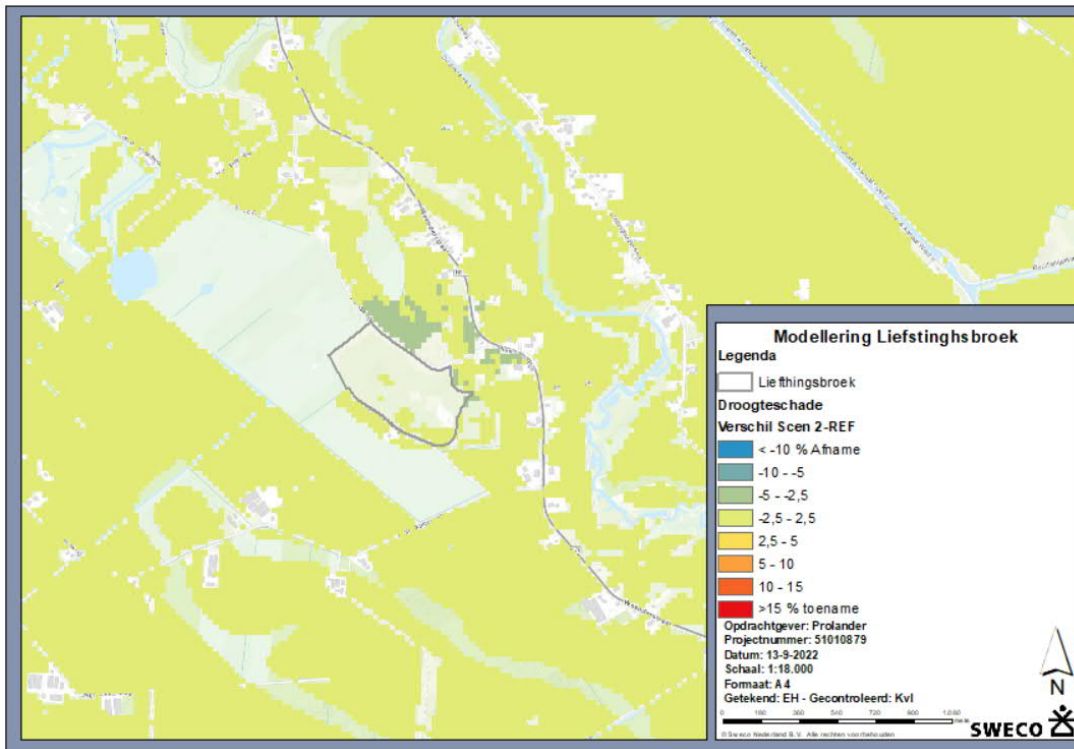
Figuur 51 Effecten op de GVG (scenario 2).

3.3.3.2 Effecten op de landbouw (nat- en droogteschade)

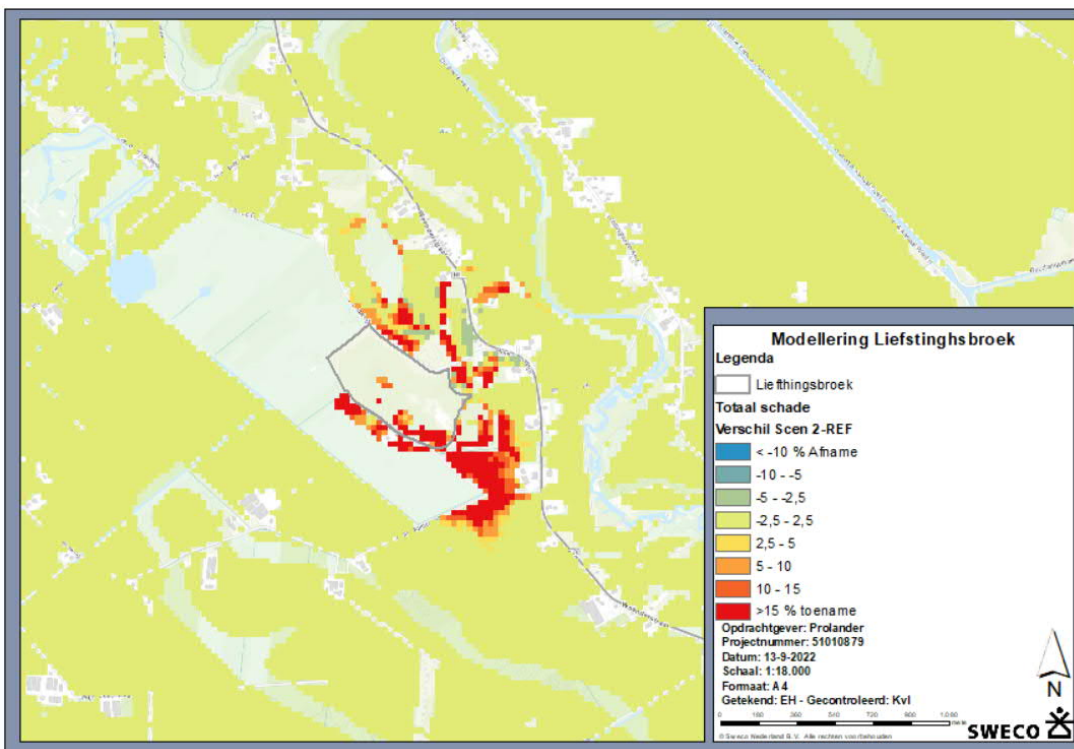
In scenario 2 wordt een toename verwacht van de natschade (Figuur 52). In de directe omgeving rondom Liefstingsbroek is de toename van de natschade meer dan 15%. De toename van de natschade wordt vooral voorzien ten noorden en (zuid)oosten van Liefstingsbroek. Ten noordoosten van Liefstingsbroek wordt een beperkte afname van de droogteschade berekend (Figuur 53). Netto is er echter sprake van een toename van de schade voor de landbouw (Figuur 54).



Figuur 52 Verandering van de natschade in scenario 2.



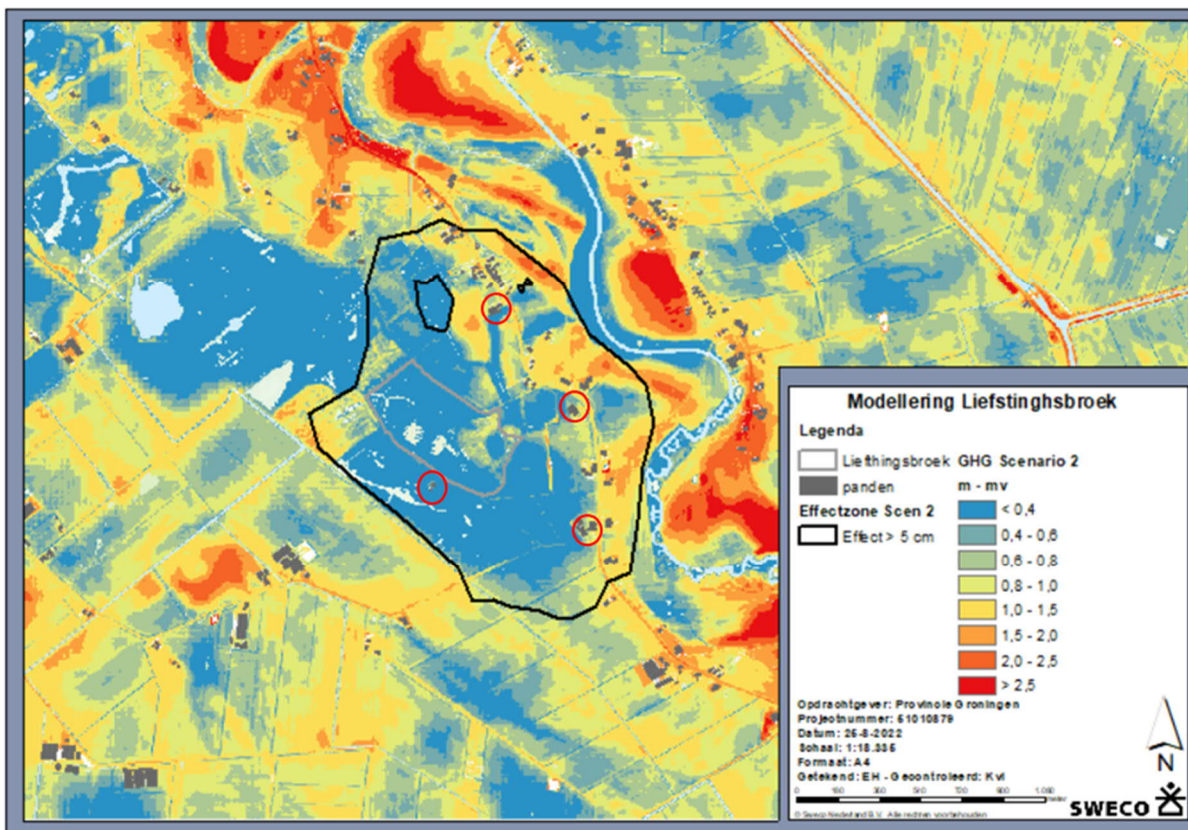
Figuur 53 Verandering van de droogteschade in scenario 2.



Figuur 54 Verandering van de totale schade in scenario 2.

3.3.3.3 Effecten op de ontwateringsdiepte bij bebouwing

Scenario 2 heeft een groter uitstralend effect dan scenario 1. *Figuur 55* toont de effectzone van dit scenario. Er zijn in dit scenario 4 locaties met panden, waarbij de berekende GHG ondieper is dan 60 cm-mv (rood omcirkeld). Door de verhoging van de GHG kan hier mogelijk een kritische situatie ontstaan met betrekking tot de ontwateringsdiepte.

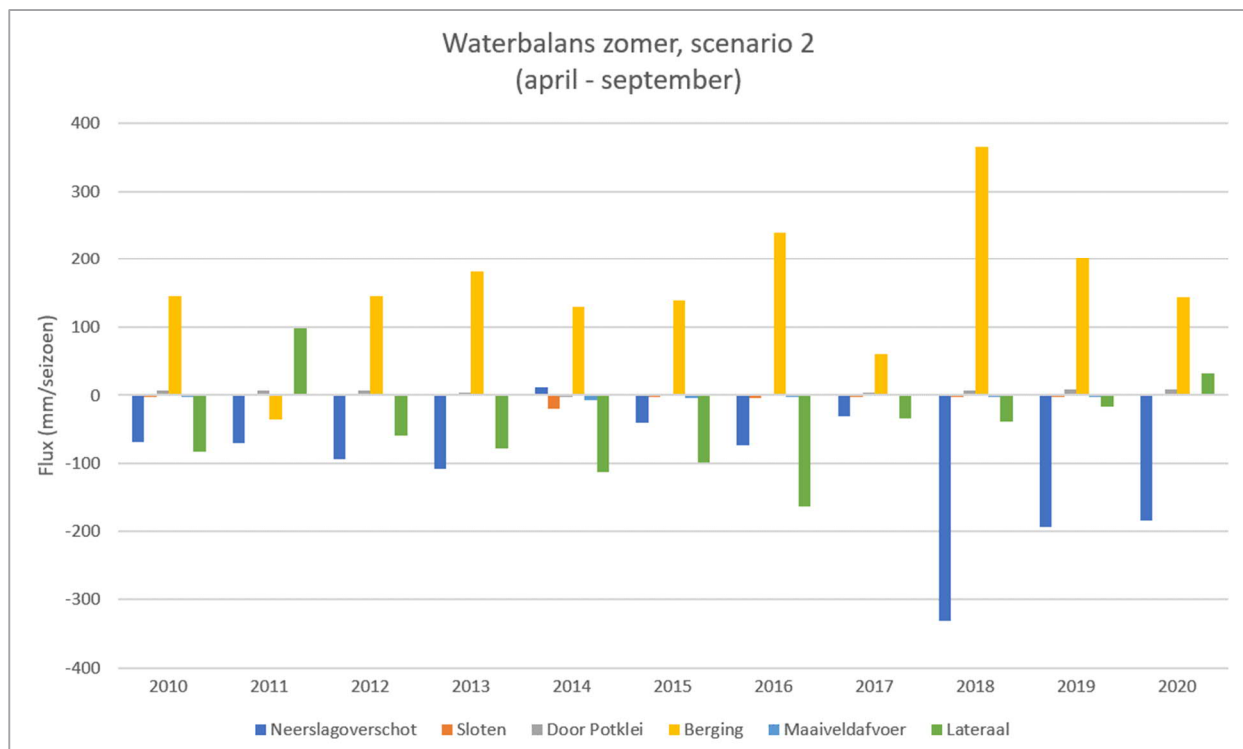


Figuur 55 Berekende GHG in scenario 2 en de bebouwing binnen de effectzone (d.i. de zone met een verhoging GHG > 5 cm, zwarte lijnen). De panden, waarbij de berekende GHG ondieper is dan 60 cm-mv zijn rood omcirkeld.

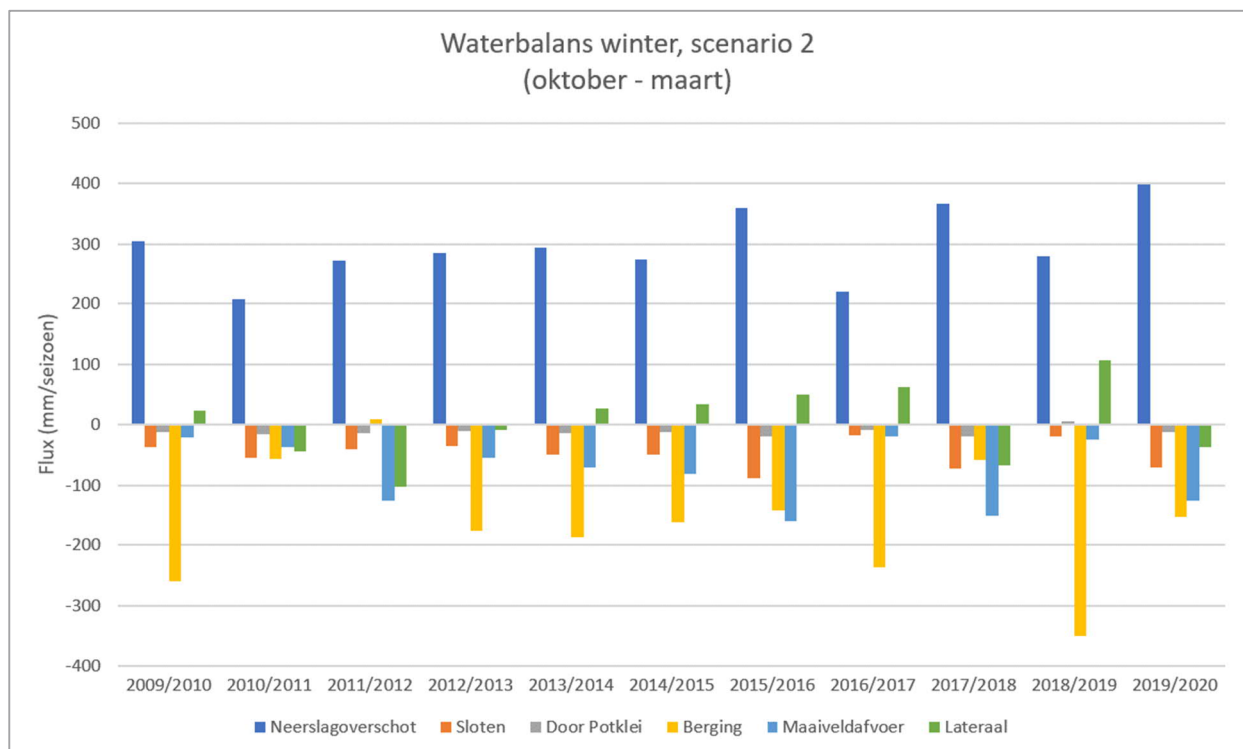
3.3.3.4 Effecten op de waterbalans

De maatregelen in scenario 2 leiden tot hogere grondwaterstanden in Liefstingsbroek. Maar ook in de omgeving van Liefstingsbroek worden maatregelen genomen. De toename van de 'lek' (= laterale grondwaterstroming) uit Liefstingsbroek wordt daardoor beperkt, in vergelijking met scenario 1 (vergelijk ruim 50 mm/jaar ten opzichte van 80 mm/jaar in scenario 1).

Door de maatregelen wordt de stroming over het maaiveld wezenlijk groter: jaargemiddeld ruim 80 mm (dat was circa 10 mm in de referentieberekening).



Figuur 56 Scenario 2: waterbalans van Liefstingsbroek in de zomers (april-september) van 2010-2020.

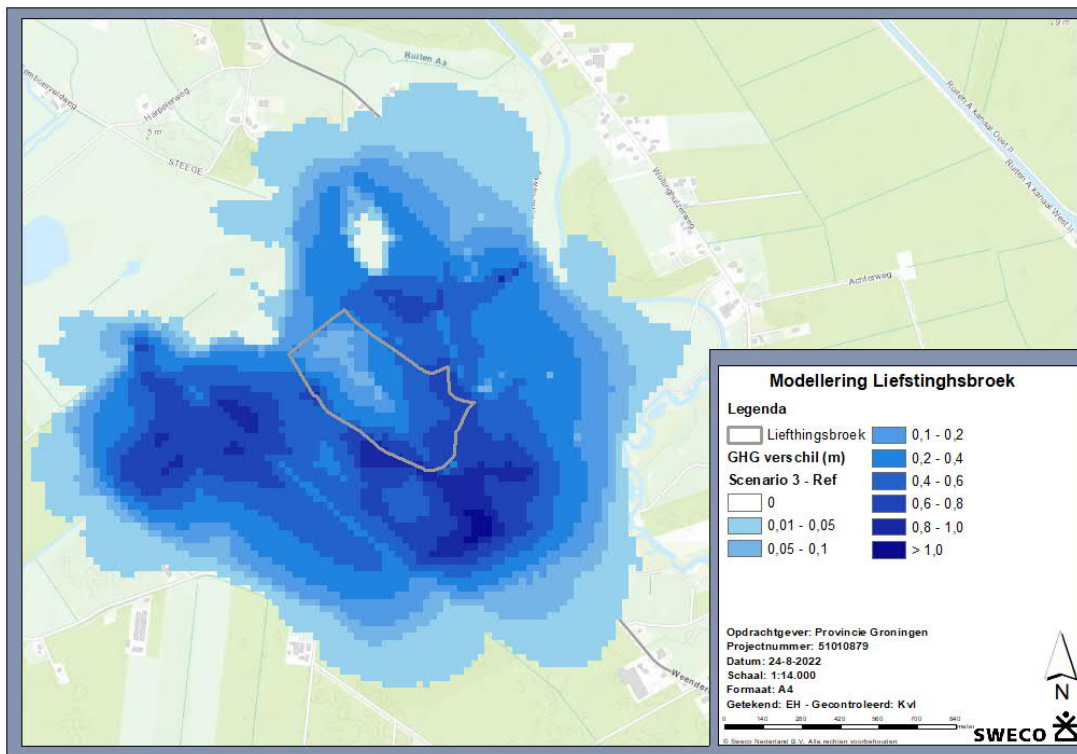


Figuur 57 Scenario 2: waterbalans van Liefstingsbroek in de winters (januari – maart en oktober – december) van 2010-2020.

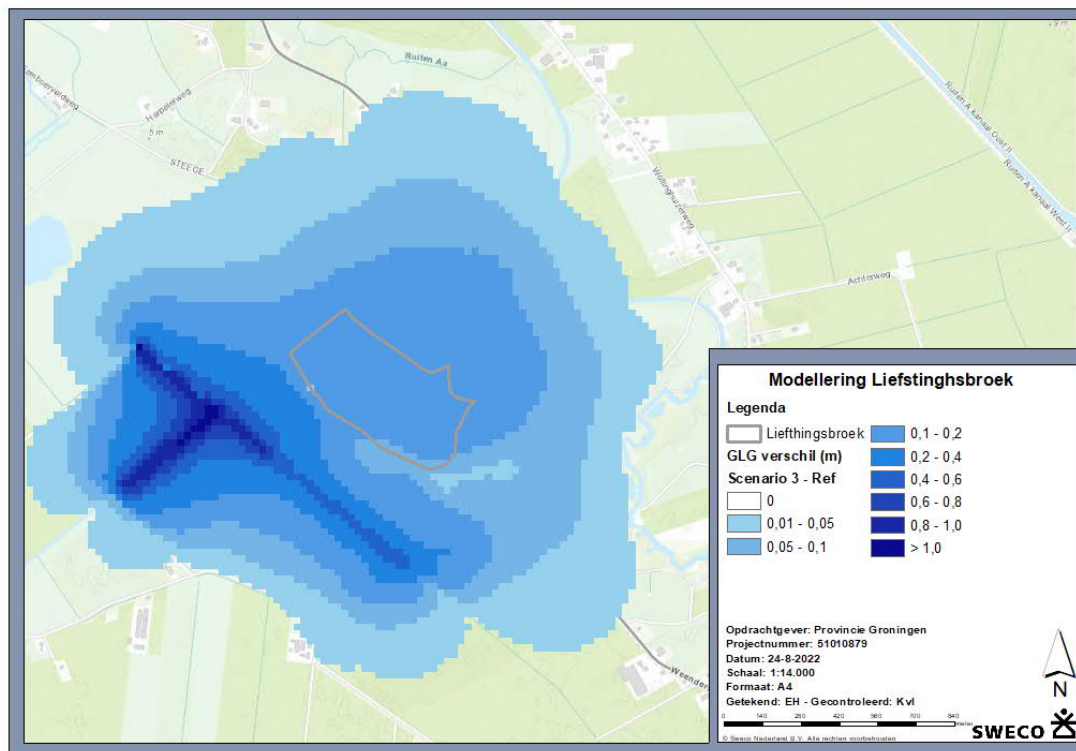
3.3.4 Effecten scenario 3

3.3.4.1 Effecten op GxG's

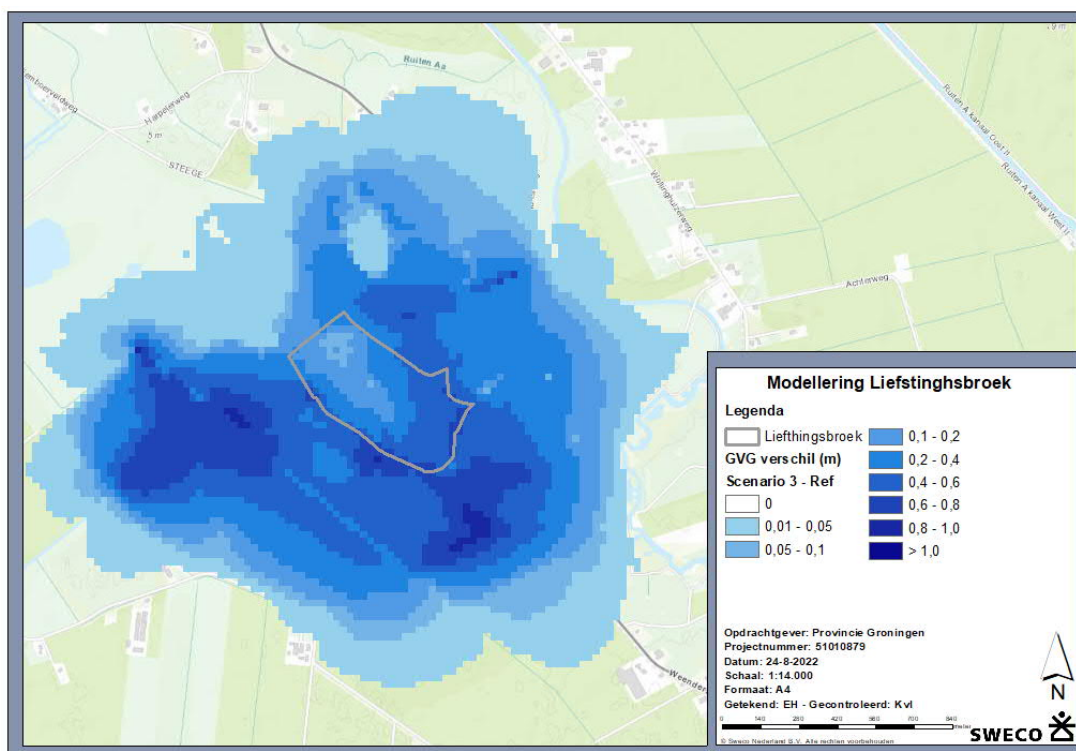
In het meest vergaande scenario (scenario 3) worden ook de stuwpeilen van de waterschapsleiding ten zuidwesten van Liefstingsbroek verhoogd. Alle maatregelen samen leiden tot verhogingen van de GxG's, zoals weergegeven in de figuren 58 tot en met 60. De verhoging van de berekende GxG's zijn aanzienlijk (deels meer dan 0,5 m).



Figuur 58 Effecten op de GHG (scenario 3).



Figuur 59 Effecten op de GLG (scenario 3).

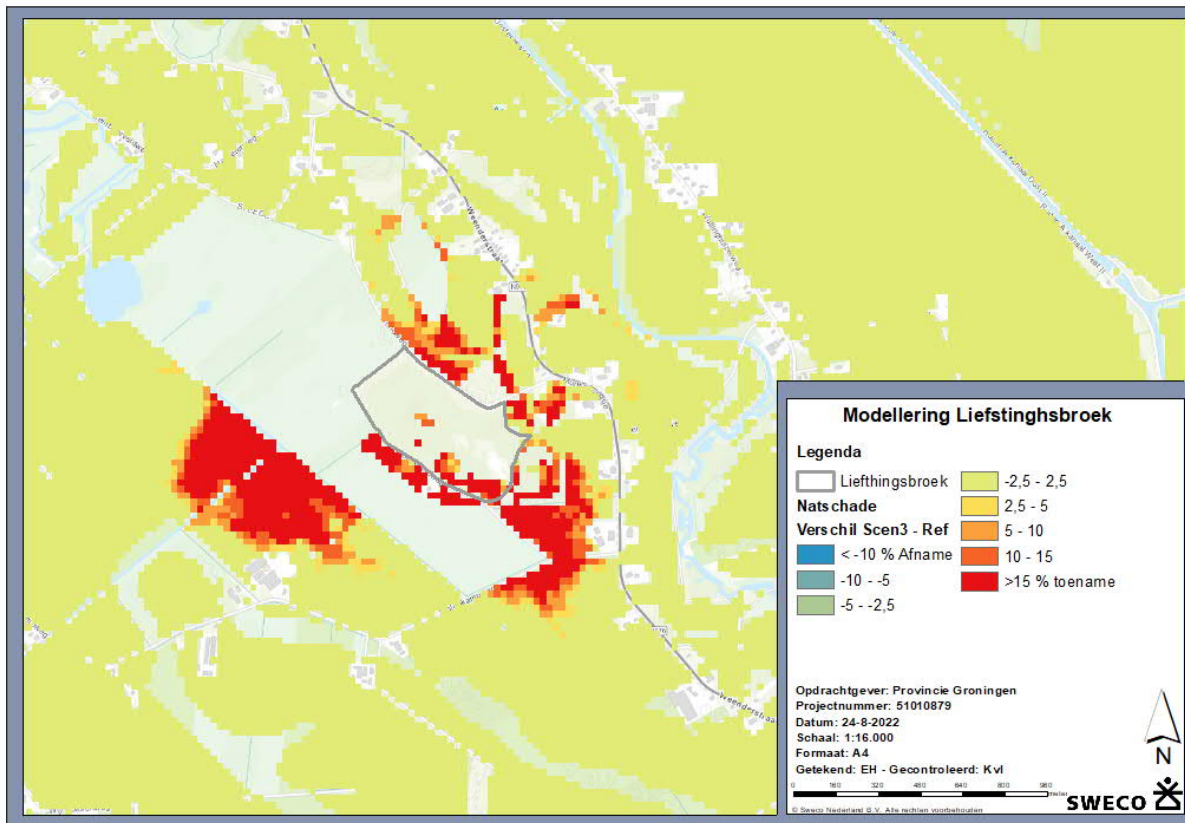


Figuur 60 Effecten op de GVG (scenario 3).

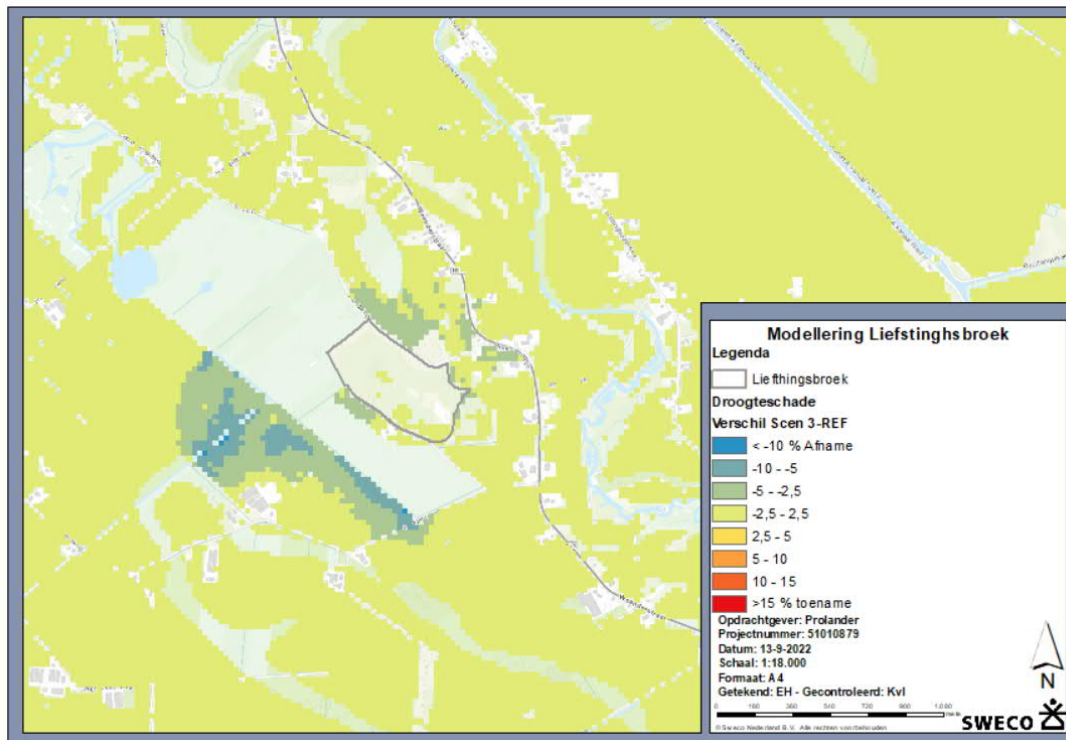
3.3.4.2 Effecten op de landbouw (nat- en droogteschade)

In scenario 3 is de toename van de natschade in de landbouw het grootst. Door het verhogen van het peil ten zuiden van Liefstingsbroek, is het natschade effect ook daar uitgebreid. De natschade neemt daar met meer dan 15% toe.

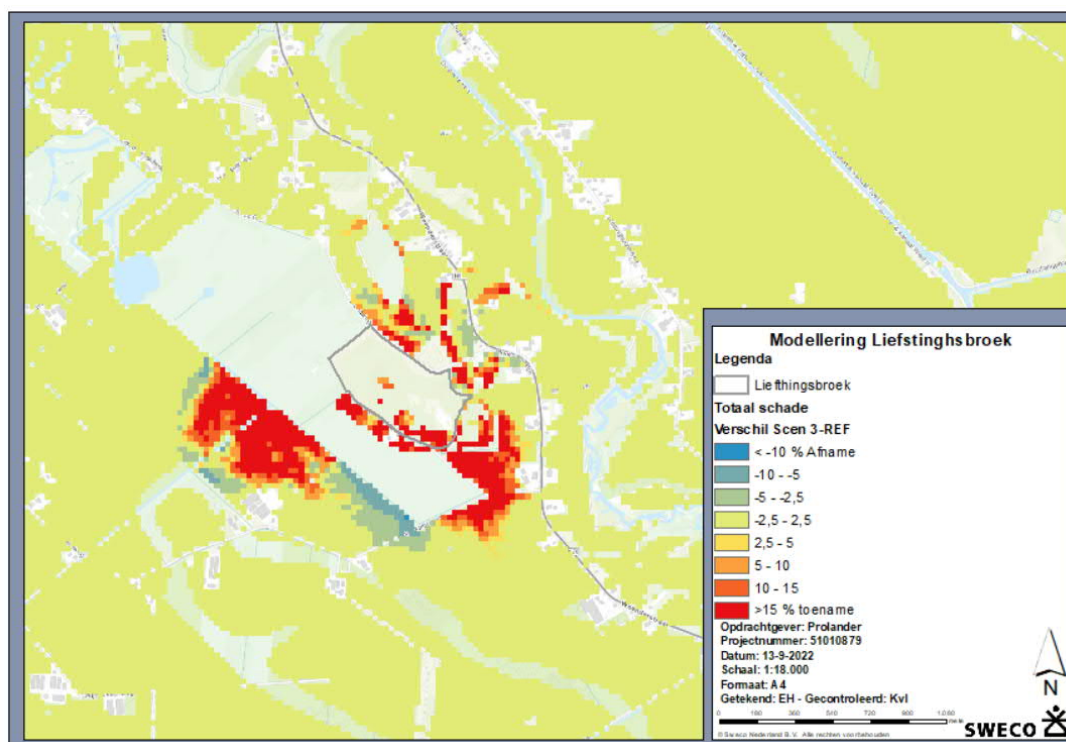
In scenario 3 wordt een afname verwacht van de droogteschade, met name zuidelijk van Liefstingsbroek (*Figuur 62*). Maar evenals in scenario 2 domineert in scenario 3 netto de toename van de natschade (*Figuur 63*).



Figuur 61 Verandering van de natschade in scenario 3.



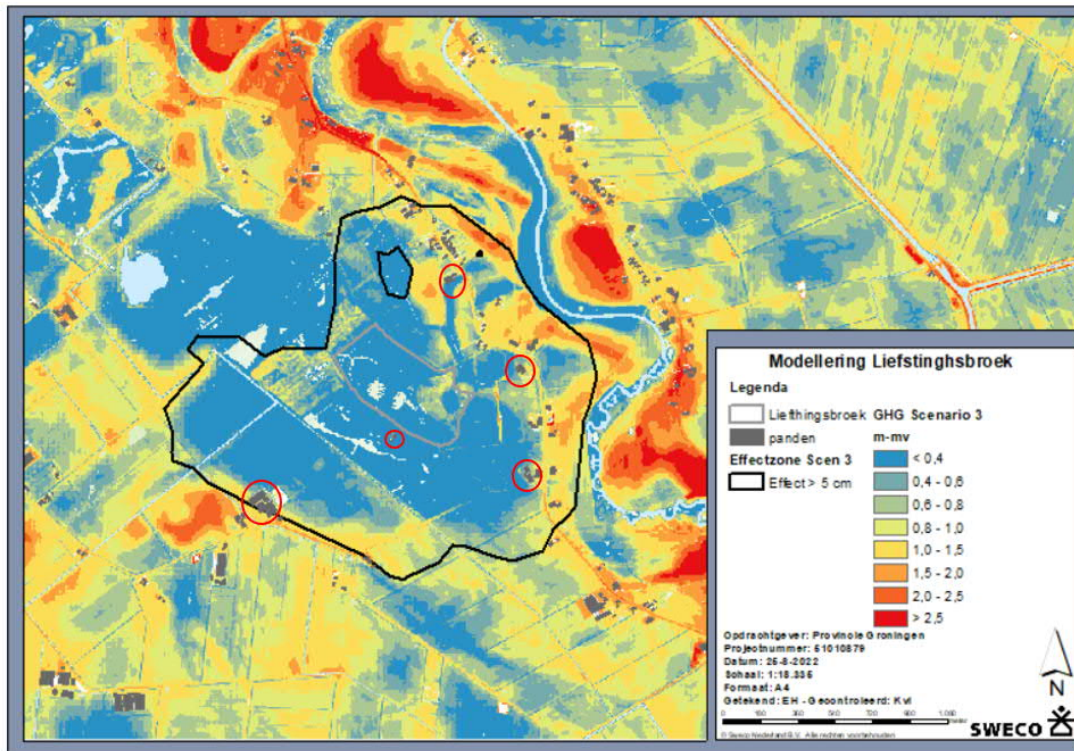
Figuur 62 Verandering van de droogteschade in scenario 3.



Figuur 63 Verandering van de totale schade in scenario 3.

3.3.4.3 Effecten op de ontwateringsdiepte bij bebouwing

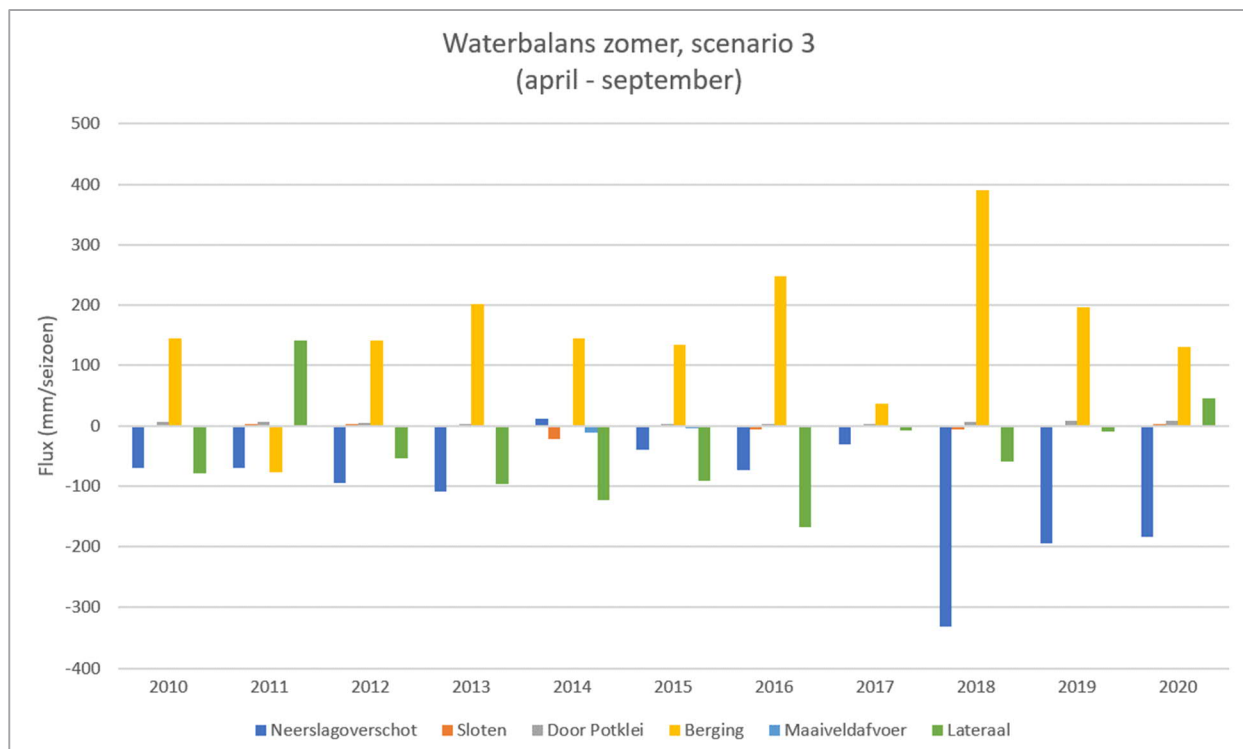
Figuur 64 toont de effectzone in scenario 3. Er zijn in dit scenario 5 locaties met panden, waarbij de berekende GHG ondieper is dan 60 cm-mv (rood omcirkeld). Door de verhoging van de GHG kan hier mogelijk een kritische situatie ontstaan met betrekking tot de ontwateringsdiepte.



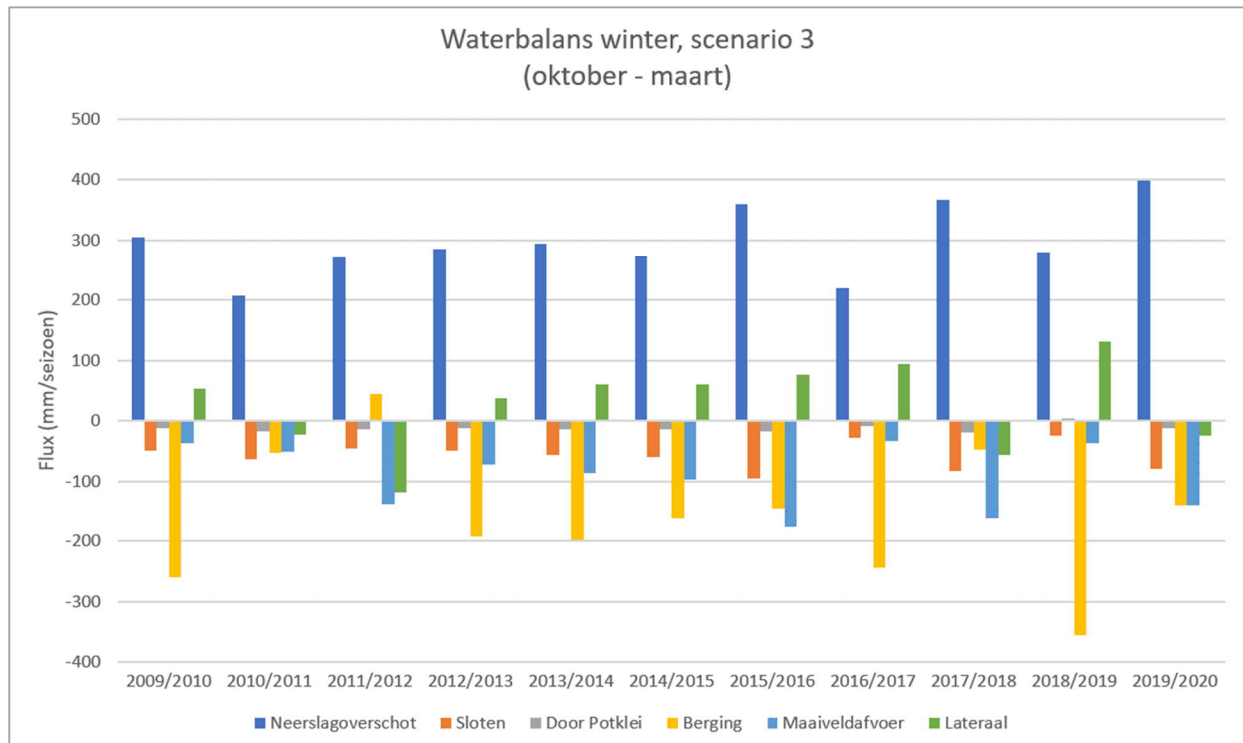
Figuur 64 Berekende GHG in scenario 3 en de bebouwing binnen de effectzone (d.i. de zone met een verhoging GHG > 5 cm, zwarte lijnen). De panden waarbij de berekende GHG ondieper is dan 60 cm-mv zijn rood omcirkeld.

3.3.4.4 Effecten op de waterbalans

In het derde scenario waarin ook de stuwpeilen van de waterschapsleiding ten zuidwesten van Liefstingsbroek zijn verhoogd, is het 'verlies' door laterale stroming in het grondwater gereduceerd tot gemiddeld circa 30 mm/jaar. De afvoer via maaiveld in Liefstingsbroek is aanzienlijk: circa 100 mm/jaar.



Figuur 65 Scenario 3: waterbalans van Liefstingsbroek in de zomers (april-september) van 2010-2020.



Figuur 66 Scenario 3: waterbalans van Liefstingsbroek in de winters (januari – maart en oktober – december) van 2010-2020.

4 Conclusies

Lokale modelaanpassingen

1. De lokale modelaanpassingen (de waterlopen, maaiveldafvoer en de ondiepe weerstandbiedende lagen) hebben een bruikbaar model voor de analyse opgeleverd, met de volgende aantekening: de berekende GLG's zijn duidelijk droger dan de gemeten GLG's. In Liefstinghsbroek gaat het om meerdere decimeters.

Gevoeligheidsanalyse

1. Door de hoge hydraulische weerstand van de potklei bestaat het watersysteem van Liefstinghsbroek vooral uit de zandlagen erboven. De flux door de potklei is in Liefstinghsbroek nihil, zelfs als de hydraulische weerstand van deze laag een factor 10 kleiner wordt gemaakt
2. De gehalveerde doorlatendheid van de zandlagen boven de potklei leidt ertoe dat de berekende GHG in het model in Liefstinghsbroek circa 0,1 tot 0,25 m natter wordt. Een verkleining van de doorlatendheid van de zandlagen is echter geen 'oplossing' om de te diep berekende GLG's 'natter' te maken. De reden hiervan is dat de GLG's in het Liefstinghsbroek door deze modelaanpassing deels 'droger' zouden worden.

De huidige grondwatersituatie

1. De grote weerstand van de potkleilaag (in het grondwatermodel) leidt ertoe dat de kwel en infiltratieflux door de potklei nihil is. Het grondwatersysteem in Liefstinghsbroek en de directe omgeving bestaat daarom vooral uit de zandlagen boven de potklei.
2. In de winter is in grote delen van Liefstinghsbroek een wegzijgingsflux vanuit de wortelzone aanwezig. Alleen in de lage delen is er in de winter ook sprake van een opwaartse flux naar de wortelzone (kwel).
3. In de zomer is er in grote delen van Liefstinghsbroek sprake van een opwaartse flux naar de wortelzone. In de lagere delen van het gebied zal deze flux de wortelzone bereiken. Basenrijker water bevindt zich echter enkele meters onder maaiveld, met andere woorden de opwaartse flux in de zomer leidt niet tot een aanrijking van de wortelzone met basenrijk grondwater.
4. Alleen op de iets hogere dekzandrug is er in de zomer sprake van een wegzijgingsflux.
5. De hoofdwatgang ten zuiden van Liefstinghsbroek vangt water af in de winterperiode.
6. In droge periode (zomer) is er grondwaterstroming vanuit de Ruiten Aa naar Liefstinghsbroek.

Effecten scenario 1

1. GxG's: de uitstralende effecten van het dempen van de randsloten zijn beperkt, terwijl de verhoging van de GHG in Liefstingsbroek 0,1 m tot maximaal 0,4 m bedraagt.
2. De landbouw (nat- en droogteschade): het dempen van de sloten rond Liefstingsbroek leidt volgens de modelberekeningen niet tot een toename van de natschade in de omgeving. Ook de verandering van de droogteschade en van de totale schade is gering in scenario 1.
3. De ontwateringsdiepte bij bebouwing: er zijn in dit scenario geen (nieuwe) problemen met de ontwateringsdiepte bij bebouwing te verwachten.
4. Waterbalans: de 'lek' (= laterale grondwaterstroming) naar de omgeving van Liefstingsbroek neemt gemiddeld met circa 80 mm/jaar toe, terwijl de stroming over maaiveld beperkt is en niet toeneemt ten opzichte van de huidige situatie.

Scenario 2

1. GxG's: de GHG stijgt binnen Liefstingsbroek tussen circa 0,1 en 0,6 m, waarbij het effect in het oosten en zuiden het grootst is. Ook in de omgeving is een vernatting te zien, voornamelijk rondom de sloten en waterlopen die gedempt zijn.
2. De landbouw (nat- en droogteschade): door het dempen van de randsloten rond Liefstingsbroek, wordt een toename van de natschade in de landbouw voorzien in een relatief – ten opzichte van scenario 3 – smalle zone. De natschade neemt daar met meer dan 15% toe. Ten noordoosten van Liefstingsbroek wordt een beperkte afname van de droogteschade berekend. Netto is er echter sprake van een toename van de schade voor de landbouw in scenario 2.
3. De ontwateringsdiepte bij bebouwing: er zijn in dit scenario 4 locaties met panden, waarbij de berekende GHG ondieper is dan 60 cm-mv. Door de verhoging van de GHG kan hier mogelijk een kritische situatie ontstaan met betrekking tot de ontwateringsdiepte.
4. Waterbalans: de toename van de 'lek' (= laterale grondwaterstroming) uit Liefstingsbroek is beperkt, in vergelijking met scenario 1 doordat in de omgeving vernattingsmaatregelen zijn genomen (ter vergelijking: de laterale stroming is in scenario 2 ruim 50 mm/jaar ten opzichte van 80 mm/jaar in scenario 1).
5. Door de maatregelen in scenario 2 wordt de stroming over het maaiveld wezenlijk groter: jaargemiddeld ruim 80 mm (dat was circa 10 mm in de referentieberekening).

Scenario 3

1. GxG's: de verhoging van de berekende GxG's zijn in dit scenario aanzienlijk (deels groter dan 0,5 m).
2. De landbouw (nat- en droogteschade): in scenario 3 is de toename van de natschade in de landbouw het grootst. Door het verhogen van het peil ten zuiden van Liefstingsbroek, is het natschade effect ook daar uitgebreid. De natschade neemt daar met meer dan 15% toe. In scenario 3 wordt een afname verwacht van de droogteschade, met name zuidelijk van Liefstingsbroek. Maar ook in scenario 3 domineert netto de toename van de natschade.

3. De ontwateringsdiepte bij bebouwing: er zijn in dit scenario 5 locaties met panden, waarbij de berekende GHG ondieper is dan 60 cm-mv (rood omcirkeld). Door de verhoging van de GHG kan hier mogelijk een kritische situatie ontstaan met betrekking tot de ontwateringsdiepte.

4. Waterbalans: in het derde scenario waarin ook de stuwpeilen van de waterschapsleiding ten zuidwesten van Liefstinghsbroek zijn verhoogd, is het 'verlies' door laterale stroming in het grondwater verder gereduceerd tot gemiddeld circa 30 mm/jaar. De afvoer via maaiveld in Liefstinghsbroek is aanzienlijk: circa 100 mm/jaar.

5 Discussie

Zoals in het vorige hoofdstuk aangegeven, hebben de modelaanpassingen een bruikbaar model voor de analyse opgeleverd, met de volgende aantekening: de berekende GLG's zijn duidelijk droger dan de gemeten GLG's. In Liefstingsbroek gaat het om meerdere decimeters.

Het vermoeden bestaat dat deze te droog berekende GLG's ontstaan, doordat in het model de verdamping in de zomer te groot is. Wellicht is er een samenhang met de aanwezigheid van ondiepe klei- en leemlagen in het profiel waar geen rekening mee is gehouden in de verdampingsmodule van het rekenmodel. Nader onderzoek zou hierop wellicht duidelijkheid over kunnen geven.

Hoe dan ook, het beeld dat het grondwatermodel schetst van de grondwater-situatie is voor de doelvegetatie (met name blauwgrasland) te somber: in werkelijkheid is de zomersituatie minder 'te droog' dan het model laat zien.

Maar het model schetst ook voor de winter een te sombere situatie voor de doelvegetatie. Door de (vermoedelijk) te groot berekende verdamping in de zomer 'blijft er minder water over' voor kwel aan het maaiveld.

Voor de analyse betekent het bovenstaande dat verwacht mag worden dat de verbetering van de standplaatscondities door de maatregelen in de scenario's waarschijnlijk groter zijn dan de modelresultaten suggereren. Maar, zoals gezegd: nader onderzoek kan hierop meer licht werpen.

6 Verwijzingen

- KWR. (2022). *Kansen en knelpunten voor natuur in het Liefstingsbroek. Rapport nummer 2022.018.*
- Landinrichtingsdienst. (1987). *De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige produktie. Rapport van de werkgroep HELP-tabel, Mededelingen Landinrichtingsdienst 176.*
- Prolander. (2017). *Definitief beheerplan Liefstingsbroek Arcadis.*
- SWECO. (2020). *Drentse Aa SkyTEM lagenmodel.*
- Wageningen Environmental Research. (2017). *Ecohydrologische systeemanalyse Liefstingsbroek (rapport 2790).*