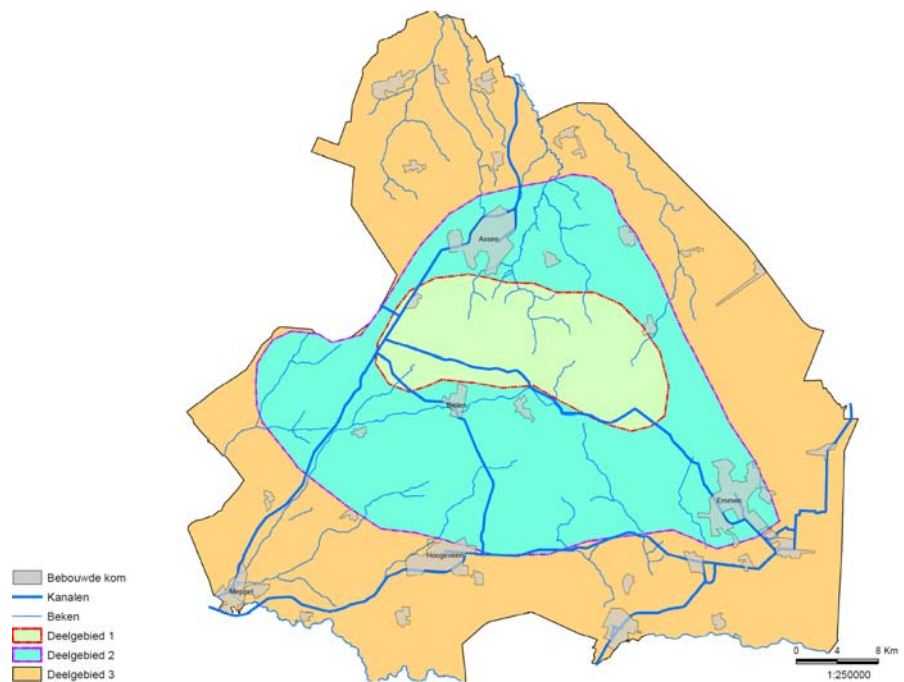


Onderzoek grondwaterbalans provincie Drenthe

28 november 2011

Onderzoek grondwaterbalans provincie Drenthe

De ontwikkeling van “het blauwe goud”



Verantwoording

Titel	Onderzoek grondwaterbalans provincie Drenthe
Opdrachtgever	Provincie Drenthe
Projectleider	Mariska Overbeek
Auteur(s)	Marc Steenvoorden, Mirjam Peet en Jacob Luijendijk
Projectnummer	4768956
Aantal pagina's	60 (exclusief bijlagen)
Datum	28 november 2011
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

Tauw bv
afdeling Water
Handelskade 11
Postbus 133
7400 AC Deventer
Telefoon +31 57 06 99 91 1
Fax +31 57 06 99 66 6

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom. De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001

Kenmerk R001-4768956JLY-mfv-V02-NL

Inhoud

Verantwoording en colofon	5
1 Inleiding	9
1.1 Aanleiding	9
1.2 Doelstelling	9
1.3 Leeswijzer	10
2 Analyse huidige waterhuishouding Drenthe	11
2.1 Inleiding	11
2.2 Uitgangspunten voor de modelberekeningen	11
2.3 Huidige waterhuishouding (nulsceario)	12
2.3.1 Grondwaterstanden	13
2.3.2 Waterbalans	13
2.4 Effecten van wateraanvoer	17
2.4.1 Effect op grondwaterstanden	18
2.4.2 Effect op de waterbalans	18
3 Effecten van klimaatscenario's	21
3.1 Modelscenario's	21
3.2 Effecten van klimaatscenario's	22
3.2.1 Effect op grondwaterstanden	22
3.2.2 Effect op de waterbalans	23
3.3 Conclusies klimaateffecten	26
4 Effecten van bandbreedtescenario's	27
4.1 Inleiding	27
4.2 Beschrijving bandbreedtescenario's	28
4.3 Effecten van bandbreedtescenario's	30
4.3.1 Effect op grondwaterstanden	30
4.3.2 Effect op waterbalans	31
4.4 Conclusies bandbreedte effecten	34
5 Effecten van afzonderlijke maatregelen	37
5.1 Meest kansrijke/effectieve maatregelen	37
5.2 Aanpassingscenario 1: dempen watergangen EHS	37
5.2.1 Effect dempen watergangen EHS op grondwaterstanden	37

5.2.2	Effect scenario 1 op regimecurves	38
5.2.3	Effect scenario 1 op waterbalans	38
5.3	Aanpassingsscenario 2: Dempen watergangen EHS en verhogen beekpeilen	40
5.3.1	Effect verhogen beekpeilen op grondwaterstanden	40
5.3.2	Effect scenario 2 op regimecurves	41
5.3.3	Effect scenario 2 op waterbalans	41
5.4	Aanpassingsscenario 3: dempen watergangen EHS, verhogen beekpeilen en verwijderen landbouwdrainage	42
5.4.1	Effect verwijderen landbouwdrainage op grondwaterstanden	42
5.4.2	Effect scenario 3 op regimecurves	43
5.4.3	Effect scenario 3 op waterbalans	43
5.4.4	Effecten scenario 3 op grondwaterstanden en stijghoogten	44
5.5	Bosomvorming	45
5.5.1	Effect om grondwaterstanden	45
5.5.2	Effect op waterbalans	46
5.6	Conclusies effectiviteit afzonderlijke maatregelen	46
6	Vuistregels benutting grondwatervoorraad	47
6.1	Inleiding	47
6.2	Wat is de te benutten grondwatervoorraad	47
6.2.1	Grondwatervoorraad voor vegetatie	49
6.2.2	Grondwatervoorraad voor waterwinning	50
6.3	Verandering grondwatervoorraad	51
6.3.1	Verandering grondwatervoorraad voor landbouw en natuur	51
6.3.2	Verandering grondwatervoorraad voor waterwinning	52
6.4	Vuistregels voor benutting grondwatervoorraad	53
7	Samenvatting, conclusies en aanbevelingen	55
7.1	Samenvatting	55
7.2	Conclusies	58
7.3	Aanbevelingen	60

Bijlage(n)

1. Onvolkomenheden in MIPWA
2. Uitgangspunten voor modelberekeningen
3. Kaarten
4. Regimecurves
5. Tabellen waterbalansen

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In juni 2009 heeft de provincie Drenthe haar Grondwatervisie uitgebracht. Hierin is een lange-termijn perspectief opgenomen voor duurzaam gebruik van het grondwater en de ondergrond. Centraal in de visie staat dat de grondwatervoorraad een grote waarde vertegenwoordigt voor mens en natuur. De grondwatervisie is opgebouwd uit drie pijlers:

1. De waarde van het grondwater (h)erkennen en deze benutten
2. Het koppelen van grondwater(gebruik) aan energie(gebruik)
3. Een gebiedsgerichte aanpak

Volgens het nieuwe Provinciale Omgevingsbeleid (juni 2010) dient de grondwatervisie verder te worden uitgewerkt op de volgende punten:

1. De gevolgen van klimaatverandering (met name droogte en verminderde beschikbaarheid aanvoerwater)
2. Het gebruik van de beschikbare grondwatervoorraad voor verschillende doelen (drinkwaterwinning, landbouw, natuur, energie)
3. Een driedimensionale ruimtelijke afstemming van activiteiten ter bescherming van de waterkwaliteit

Ten behoeve van de verdere uitwerking van de eerste twee pijlers van de Grondwatervisie en de eerste twee punten uit het Provinciale Omgevingbeleid is het "Onderzoek grondwaterbalans provincie Drenthe" uitgevoerd. Bij dit onderzoek zijn de actuele grondwatersituatie en de effecten van klimaatverandering nader geanalyseerd en gekwantificeerd. Daarbij is gebruik gemaakt van hydrologische modelberekeningen en grondwaterbalansen voor verschillende situaties. In het voorliggende rapport worden de resultaten van deze studie beschreven.

1.2 Doelstelling

Het "Onderzoek grondwaterbalans provincie Drenthe" heeft de volgende doelstellingen:

- Kwantificeren van de grondwatervisie in de vorm van een waterbalans van de provincie Drenthe
- Bepalen van de effecten van klimaatverandering op de grondwaterbalans en de grondwaterstanden
- Bepalen in welke mate de grondwatervoorraad kan worden vergroot door maatregelen in het watersysteem en het landgebruik
- Opstellen van vuistregels voor de benutting van de (extra) grondwatervoorraad voor landbouw, natuur en waterwinning

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de huidige waterhuishouding in de provincie Drenthe beschreven aan de hand van een grondwaterbalans en het grondwaterregime (GHG/GLG). Daarbij wordt apart gekeken naar de effecten van wateraanvoer. In hoofdstuk 3 worden de mogelijke effecten van klimaatverandering geanalyseerd voor de vier KNMI klimaatscenario's uit 2006. Opnieuw wordt apart gekeken naar de effecten van (het ontbreken van) wateraanvoer bij het toekomstige klimaat.

In hoofdstuk 4 worden de bandbreedte in de maximaal te behalen effecten beschreven van twee maatregelenscenario's voor de vergroting van de grondwatervoorraad. In hoofdstuk 5 wordt vervolgens ingegaan op de effectiviteit van afzonderlijke maatregelen. Aan de hand van de berekeningsresultaten en uitgevoerde analyses worden in hoofdstuk 6 vuistregels beschreven voor de kwantificering van de grondwatervoorraad die kan worden benut voor de landbouw, de natuur en/of de drinkwaterwinning.

In hoofdstuk 7 volgt een samenvatting met de belangrijkste conclusies en aanbevelingen.

De kaarten in bijlage 3 zijn origineel in A3-formaat opgemaakt schaal 1: 250000. In dit rapport is een verkleining (A4) opgenomen.

2 Analyse huidige waterhuishouding Drenthe

2.1 Inleiding

De huidige (grond)waterhuishouding van de provincie Drenthe is beschreven aan de hand hydrologische berekeningen met het grondwatermodel MIPWA. Voor een beknopte beschrijving van MIPWA wordt verwezen naar bijlage 1. Met dit model zijn de grondwaterstanden en grondwaterstromen niet-stationair berekend voor een periode van 8 jaar (1993-2001).

Het met MIPWA berekende grondwaterstandsregime is ruimtelijk weergegeven in kaartbeelden van de GHG, GVG en GLG. Voor vier locaties is het grondwaterstandsverloop in de tijd weergegeven als regimecurves.

De niet-stationaire grondwaterstromen zijn verwerkt tot waterbalansen. Er zijn waterbalansen van de gehele provincie Drenthe opgesteld voor een gemiddeld jaar, een gemiddeld winterhalfjaar en een gemiddeld zomerhalfjaar. Daarnaast zijn balansen opgesteld voor drie deelgebieden binnen de provincie.

2.2 Uitgangspunten voor de modelberekeningen

Bij de start van het onderzoek zijn uitgangspunten geformuleerd voor de te hanteren rekenmethode en het opstellen van de waterbalansen. Tijdens de uitvoering van het onderzoek zijn hier nog diverse uitgangspunten aan toegevoegd.

Enkele belangrijke uitgangspunten zijn:

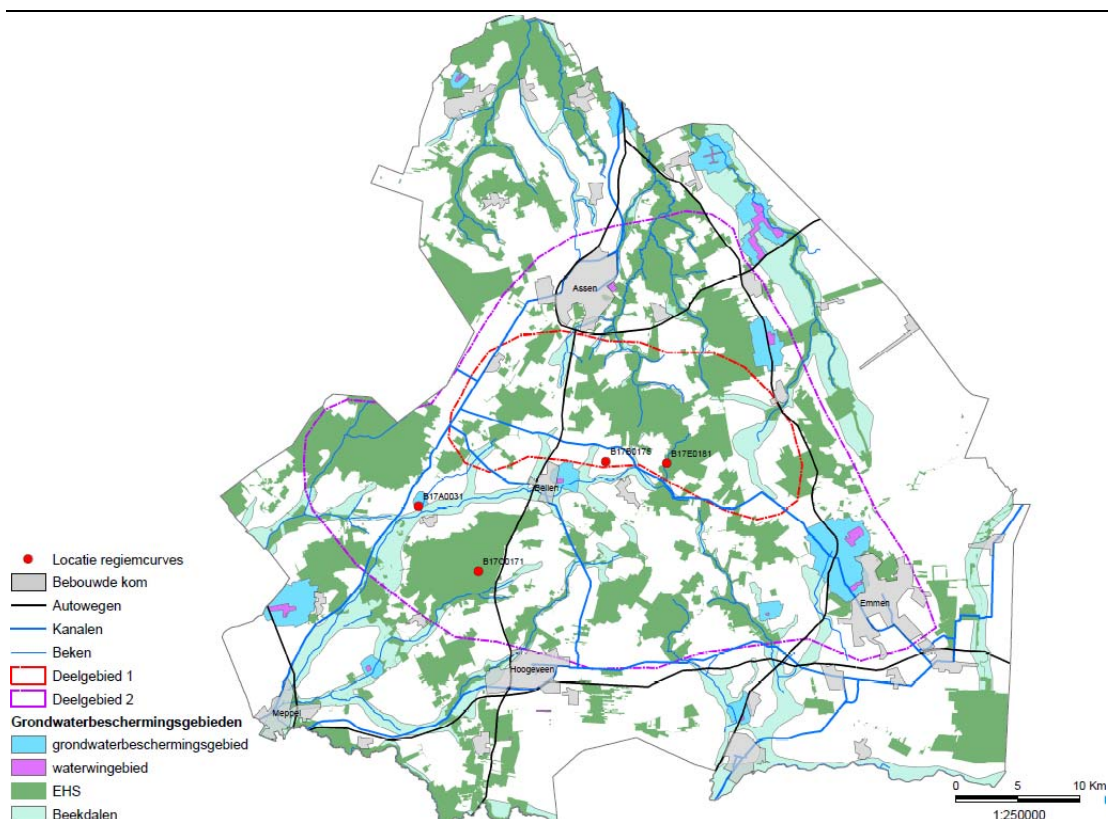
- Gebruik van MIPWA-versie april 2011 (inclusief schijngrondwaterspiegels PWT)
- Modelperiode 1993-2001 met tijdsintervallen van 14 dagen
- Modelgebied 66 x 66 km² met rekengrid 100x100 meter
- Invoering klimaatscenario's door aanpassing bestaande meteoreeksen in MIPWA (op dagbasis) met conversietool van het KNMI

Voor een compleet overzicht van alle gehanteerde uitgangspunten wordt verwezen naar bijlage 2.

2.3 Huidige waterhuishouding (nulscenario)

Het nulscenario dat is gebruikt als referentie voor de effectbeschrijvingen betreft het huidige watersysteem bij de historische neerslag en verdamping (1993-2001).

Het watersysteem van de provincie Drenthe is weergegeven op figuur 2.1 en bijlage 3, kaart 1. Het centraal gelegen Drentse Plateau (tussen Assen en Hoogeveen) watert in verschillende richtingen af naar de omgeving. De afwatering in noordelijke richting vindt plaats via de Drentsche Aa, Peizerdiep en de Hunze. In zuidwestelijke richting watert het gebied af via de Oude Vaart, de Ruiner Aa en het Oude Diep en in zuidoostelijke richting via het Loo- en Drostendiep. Behalve de beken liggen er ook een aantal kanalen langs en over het Drents Plateau. Tussen Assen en Meppel loopt de Drentsche Hoofdvaart en tussen Meppel en Emmen de Hoogeveense Vaart. Tussen Emmen en Hoogersmilde ligt het Oranjekanaal. Van Hoogersmilde naar Beilen loopt de Beilervaart en verder naar Hoogeveen het Linthorst-Homan kanaal.



Figuur 2.1 Overzicht provincie Drenthe

In de huidige situatie is naar grote delen van de provincie Drenthe wateraanvoer mogelijk. Hierdoor kan ook tijdens perioden met netto infiltratie het streefpeil in het aanvoergebied worden gehandhaafd. De gebieden met gemiddeld infiltratie in het zomerhalfjaar zijn weergegeven in bijlage 3 kaart 5. Dit betreft vooral gebieden buiten het Drents Plateau. Tevens treedt infiltratie op vanuit de meeste kanaaltrajecten langs en over het Drents Plateau.

2.3.1 Grondwaterstanden

De huidige grondwaterstanden GHG, GVG en GLG zijn weergegeven in bijlage 3, kaarten 2 tot en met 4. Ter plaatse van de Hondsrug ligt de GHG dieper dan 5 m onder maaiveld. Opvallend natte gebieden met een GHG nabij of boven maaiveld zijn het Bargerveen in het zuidoosten, het Hunzedal, het Dwingelerveld en de polders in het noorden van de provincie. Op de Drents Plateau varieert de GHG meest tussen 0,4 en 2 m onder maaiveld.

Op het grootste deel van het Drents Plateau, behalve in de beekdalen, ligt de GLG dieper dan 2 m onder maaiveld. In het Hunzedal ligt de GLG lokaal ondieper dan 40 cm onder maaiveld.

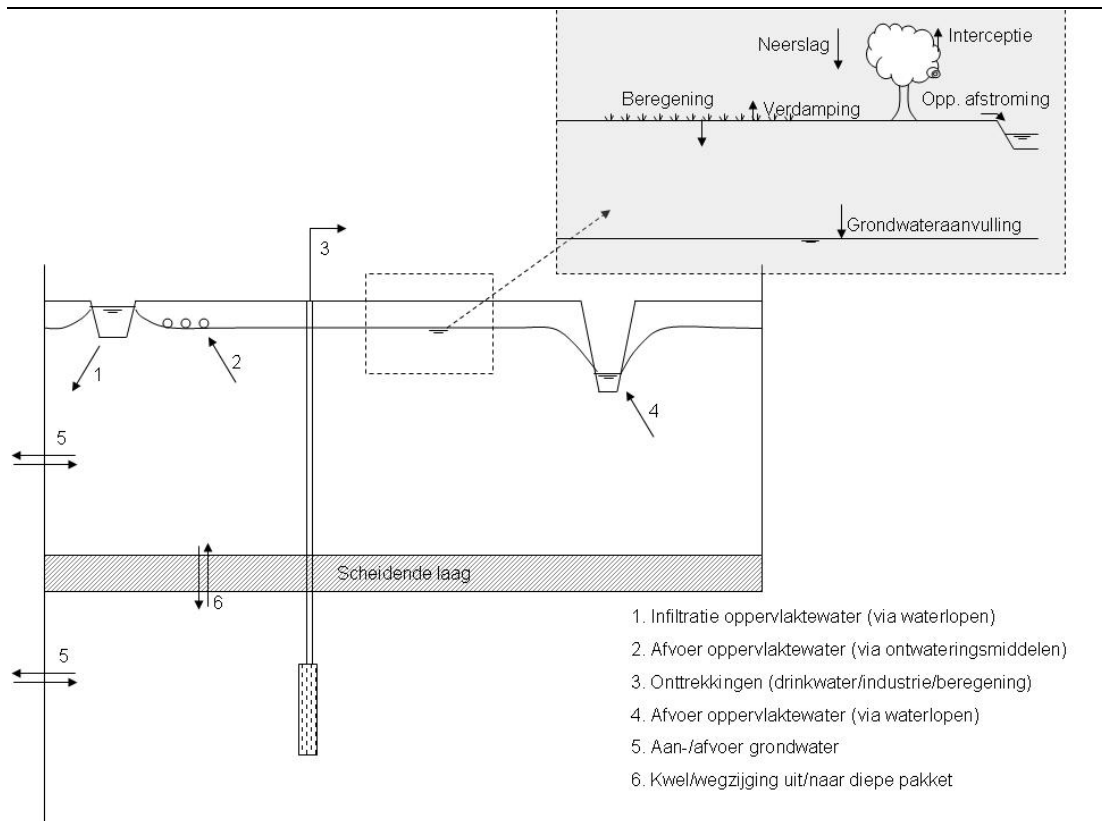
Voor vier peilbuislocaties (kaart 1) is het berekende grondwaterstandsregime in de jaren 1993 tot en met 2001 (inclusief het gemiddelde regime) weergegeven in bijlage 4, figuren b4.1 tot en met b4.4. Elke peilbuis representeert de waterhuishouding van een karakteristiek gebied.

- Bij peilbuis B17A0031 (gebiedstype: middenloop beekdal), gelegen langs de Oude Vaart ten westen van Beilen, varieert de berekende grondwaterstand tussen minimaal NAP+6,25 m in het droge jaar 1996 en maximaal NAP+7 m in de natte herfst van 1998. De gemiddelde seizoensfluctuatie is circa 25 cm
- Bij peilbuis B17C0171 (gebiedstype: hoog gelegen heidegebied), gelegen op het Dwingelerveld, is de maximale amplitude 2,7 m (van NAP+8 m tot NAP+10,7 m) en de gemiddelde amplitude circa 1 m
- Peilbuis B17B0175 (gebiedstype: hoge gronden tussen beekdalen) toont een gemiddelde seizoensfluctuatie van 70 cm
- Peilbuis B17E0181 (gebiedstype: bovenloop beekdal) laat een gemiddelde seizoensfluctuatie zien van 30 cm

2.3.2 Waterbalans

De waterbalans van het grondwatersysteem is opgebouwd uit de volgende termen (figuur 2.2):

- Grondwateraanvulling (neerslag+beregening-verdamping-interceptie-oppervlakkige afstroming)
- Infiltratie oppervlaktewater (gedeeltelijk door wateraanvoer)
- Afvoer oppervlaktewater (=drainage ontwateringsmiddelen)
- Aanvoer grondwater (=instroming over modelranden)
- Afvoer grondwater (=uitstroming over modelranden)
- Onttrekking grondwater (met onderscheid in beregening, drinkwater en industriewater)
- Bergingsverandering tijdens de balansperiode

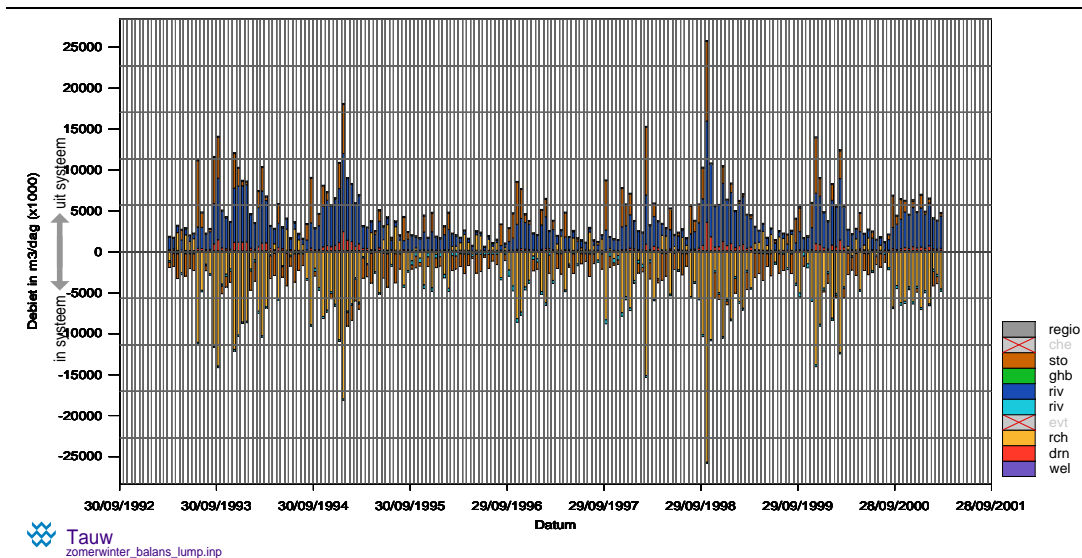


Figuur 2.2 Componenten waterbalans

In de voor het onderzoek gebruikte MIPWA-versie (update april 2011 met schijngrondwaterspiegels PWT) zijn de afzonderlijke waterbalanstermen van de onverzadigde zone onvolledig en/of niet betrouwbaar. In overleg met de expertgroep is daarom besloten om alleen de resulterende grondwateraanvulling op te nemen in de waterbalans (zie bijlage 1).

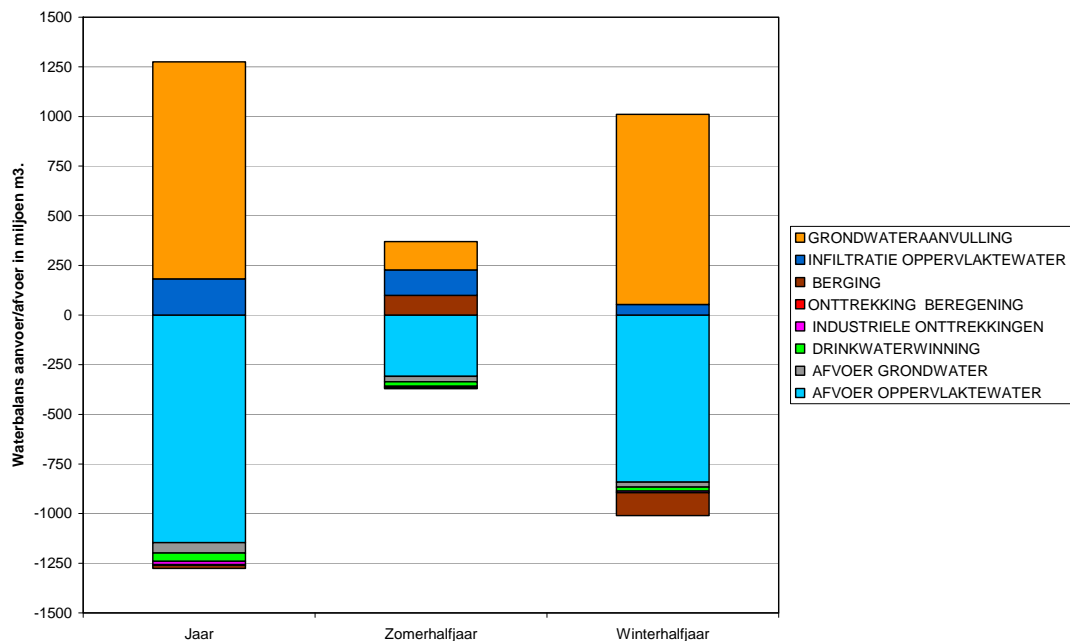
In figuur 2.3 wordt een voorbeeld getoond van de berekende grondwaterfluxen in de tijd. De balanstermen in de figuur (wel, drn, rch, riv, ghb en sto) corresponderen met de afzonderlijke rekenmodules van Mipwa (Modflow). Zeer natte 14-daagse perioden met veel neerslag (systeem in) leiden tot extra oppervlaktewater-afvoer en ook tot veel bergingsverandering (systeem uit). In de volgende perioden komt deze extra grondwaterberging weer vrij (systeem in).

Kenmerk R001-4768956JLY-mfv-V02-NL



Figuur 2.3 Voorbeeld tijdsafhankelijke grondwaterfluxen provincie Drenthe

Op basis van deze tijdsafhankelijke grondwaterfluxen uit MIPWA zijn voor de gehele provincie gemiddelde waterbalansen per halfjaar en per jaar opgesteld (zie figuur 2.4, tabel 2.1 en bijlage 5 tabel b5.1).



Figuur 2.4 Grondwaterbalans Drenthe huidige situatie

Tabel 2.1 Grondwaterbalans provincie Drenthe huidige situatie (gemiddelde 1993-2000)

Balansterm in miljoen m ³ *	Jaar	Zomerhalfjaar	Winterhalfjaar
Grondwateraanvulling	1.092	142	956
Drinkwaterwinning	-43**	-22	-20
Industriële onttrekking	-16	-7	-8
Onttrekking beregening	-4	-4	0
Infiltratie oppervlaktewater	183	128	54
Afvoer oppervlaktewater	-1.161	-309	-857
Afvoer grondwater	-52	-28	-24
Bergingsverandering	0	99	-100

*Positief is aanvoer, negatief is afvoer

** enkele onttrekkingscijfers in MIPWA zijn onjuist; de totale drinkwateronttrekking in Drenthe is circa 65 miljoen m³ per jaar (zie ook bijlage 1)

Op jaarbasis wordt het grondwatersysteem van de provincie Drenthe voor 86 % gevoed door de grondwateraanvulling (1,1 miljard m³/jaar is 1,1 mm/dag) en voor 14 % door infiltratie van oppervlaktewater (183 miljoen m³/jaar).

Infiltratie oppervlaktewater en wateraanvoer

De berekende infiltratie in de diverse stroomgebieden en op kanaaltrajecten hoeft in de praktijk niet volledig te worden gecompenseerd door aanvoer van oppervlaktewater van buiten de provincie Drenthe. Afhankelijk van de ligging van het infiltrerende traject binnen het watersysteem kan ook elders (bovenstrooms) gedraineerd oppervlaktewater opnieuw infiltreren. Deze gedeeltelijke 'overlap' tussen drainagewater en infiltratiewater binnen stroomgebieden kan bij de waterbalansberekeningen niet worden onderscheiden. Het gevolg is dat zowel de berekende totale waterafvoer (drainage) als de benodigde wateraanvoer (infiltratie) voor de provincie zijn overschat. Het verschil tussen de berekende afvoer en aanvoer is wel representatief voor de netto afvoer vanuit de provincie Drenthe.

In een gemiddeld jaar wordt in de praktijk circa 40 miljoen m³ water aangevoerd van buiten de provincie. Dit zou een betekenen dat bijna 80 % van het infiltrerende water kan worden geleverd door interne bronnen.

Mipwa is gekalibreerd op grondwaterstanden en niet op grondwaterfluxen. Mogelijk wordt de infiltratie binnen de provincie (onder andere de flux uit infiltrerende kanalen) door het model overschat.

Circa 90 % van de totale voeding stroomt af via de ontwateringsmiddelen en 4 % via het grondwater over de provinciegrenzen. De overige 6 % wordt benut door grondwateronttrekkingen.

In het zomerhalfjaar is de netto grondwateraanvulling 0,3 mm/dag (142 miljoen m³) en heeft de afname van de grondwaterberging een belangrijke invloed op de grondwaterbalans (circa 27 %). De grondwaterwinningen onttrekken samen 9 % van het afstromende water.

In het winterhalfjaar zijn grondwateraanvulling (956 miljoen m³ is 2,0 mm/dag) en afvoer van oppervlaktewater (841 miljoen m³ is 1,7 mm/dag) de grootste termen in de waterbalans. Tevens 'verdwijnt' 11 % van het water door een stijging van de grondwaterstand (seizoensberging).

Geconcludeerd wordt dat de grondwateraanvulling en drainage/afvoer van oppervlaktewater de belangrijkste termen zijn in de waterbalans van de provincie Drenthe. In het zomerhalfjaar levert infiltratiewater (deels wateraanvoer) een substantiële bijdrage in de waterbalans en verder is de afname van de seizoensberging in het grondwater een belangrijke balanstern.

2.4 Effecten van wateraanvoer

In de huidige situatie vindt via de kanalen en diverse regionale watergangen wateraanvoer plaats waardoor het streefpeil ook in perioden met netto infiltratie (kaart 5) kan worden gehandhaafd. Infiltratie van oppervlaktewater op grote schaal vindt vooral plaats ten oosten van het Hunzedal (Veenkoloniën), ten noordoosten van Meppel en ten zuiden van Hoogeveen. In de waterbalans van de huidige situatie (figuur 2.4) zien we dat de voeding van het grondwatersysteem in zomerhalfjaar voor circa 1/3-deel afkomstig is van infiltratie van oppervlaktewater. In tekstkader "Infiltratie en wateraanvoer" (paragraaf 2.3.2) is beschreven dat een deel van deze infiltratieflux dient te worden geleverd door wateraanvoer van buiten de provincie.

Bij een extreem klimaatscenario kan de aanvoer van voldoende oppervlaktewater mogelijk niet onder alle omstandigheden worden gerealiseerd. De mogelijke effecten van wateraanvoer op de waterhuishouding zijn met MIPWA globaal verkend op basis van een worstcase scenario zonder infiltratie vanuit de regionale watergangen, waarbij het streefpeil wel wordt gehandhaafd. De infiltratie vanuit de kanalen blijft wel mogelijk.

Dit scenario geeft een significante overschatting van de effecten van wateraanvoer omdat geen rekening is gehouden met infiltratie van lokaal drainagewater. Voor een goede simulatie van de oppervlaktewaterpeilen bij verminderde wateraanvoer dient een oppervlaktewaterbalans per stroomgebied te worden bijgehouden. Met MIPWA is dit niet mogelijk maar het NHI maakt wel gebruik van deze rekenmethodiek.

2.4.1 Effect op grondwaterstanden

De verandering van de GHG en GLG door het stopzetten van de infiltratie van oppervlaktewater is weergegeven in bijlage 3, kaarten 6 en 7. Vooral langs de randen van het Drents Plateau is er een aanzienlijk effect op de GLG. Ten oosten van de Hondsrug en ten noordoosten van Meppel daalt de GLG 10 tot 30 cm. Ten zuiden van Hoogeveen daalt de GLG zelfs tot 1 m. In een strook van Hoogeveen naar Smilde wordt de GLG zonder infiltratie 10 tot 20 cm lager.

De effecten op de GHG zijn op de meeste plaatsen kleiner dan 10 cm. Ten zuiden van Hoogeveen wordt de grondwaterstand in het groeiseizoen zo sterk verlaagd door het ontbreken van infiltratie dat ook de GHG tot 20 cm lager wordt. De sterke wegzijging en infiltratie in dit gebied hangt deels samen met de grondwateronttrekkingen in en rond Hoogeveen.

In het gebied rond de watergang Drostendiep tussen Emmen en Hoogeveen worden geen effecten van wateraanvoer berekend terwijl dit in praktijk wel mogelijk is. Volgens het MIPWA-model hebben deze waterlopen wel een peilgarantie maar is de infiltratiefactor zeer klein.

Voor vier peilbuislocaties (zie bijlage 3, kaart 1) is het berekende gemiddelde grondwaterstandsregime in de jaren 1993-2001 met en zonder infiltratie weergegeven in bijlage 4, figuur b4.5 tot en met b4.8. In de winter is het effect van infiltratie verwaarloosbaar. Bij peilbuis B17E0181 (noordoost van Westerbork) is het maximale effect van infiltratie in het groeiseizoen circa 40 cm.

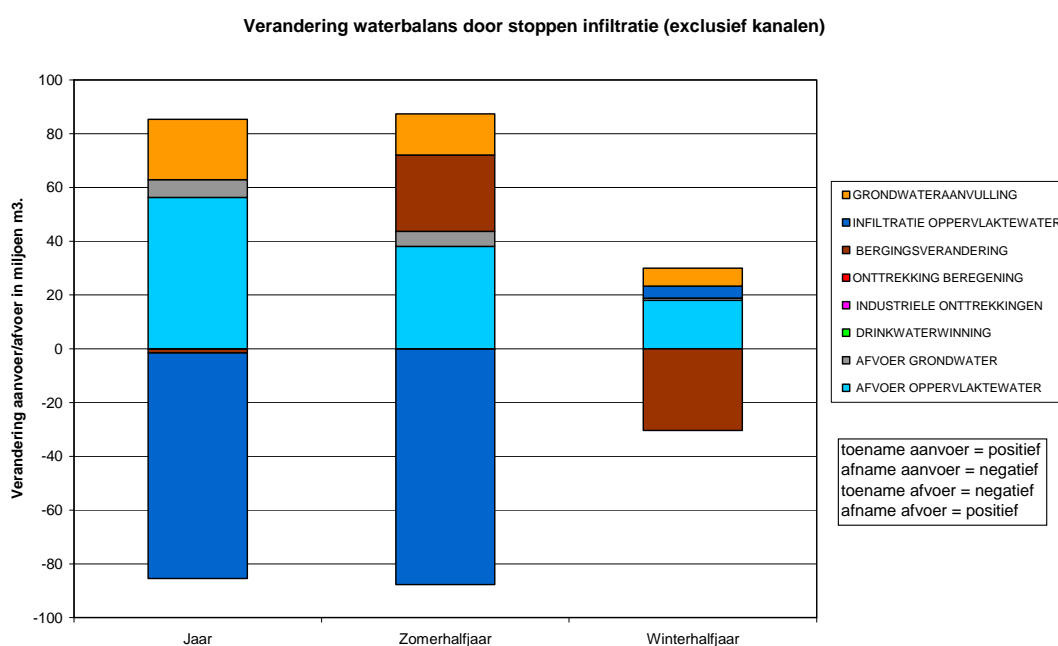
2.4.2 Effect op de waterbalans

Op basis van de tijdsafhankelijke grondwaterfluxen uit MIPWA zijn gemiddelde waterbalansen per halfjaar en per jaar opgesteld (figuur 2.5 en bijlage 5, tabel b5.2).

Op jaarbasis neemt de infiltratie van oppervlaktewater met 84 miljoen m³ (46 %) af ten opzichte van de huidige situatie. Samen met de waterbalans van de huidige situatie (tabel 2.1) volgt hieruit dat circa 100 miljoen m³/jaar infiltratie vanuit de kanalen wordt berekend. Dit is een zeer grote hoeveelheid en mogelijk een overschatting door MIPWA.

De afvoer van oppervlaktewater neemt met 56 miljoen m³ (5 %) en de grondwaterstroming over de provinciegrenzen neemt met 7 miljoen m³ (13 %) af. In de balans van het zomerhalfjaar is de relatieve afname van deze balanst termen nog groter. Verder valt op dat de netto grondweraanvulling in het zomerhalfjaar met 10 % toeneemt. Dit is het gevolg van een geringere actuele verdamping door lagere grondwaterstanden.

De bergingsverandering in de zomerbalans is groter geworden omdat de grondwaterstand (GLG) in diverse delen van Drenthe zonder infiltratie lager wordt (bijlage 3, kaart 7). Tijdens het zomerhalfjaar treedt een extra afname van de berging op van 28 miljoen m³. Dit is een tijdelijke afname van de grondwatervoorraad op seizoensbasis die in het volgende winterhalfjaar weer wordt aangevuld.



Figuur 2.5 Verandering grondwaterbalans Drenthe als gevolg stoppen infiltratie oppervlaktewater

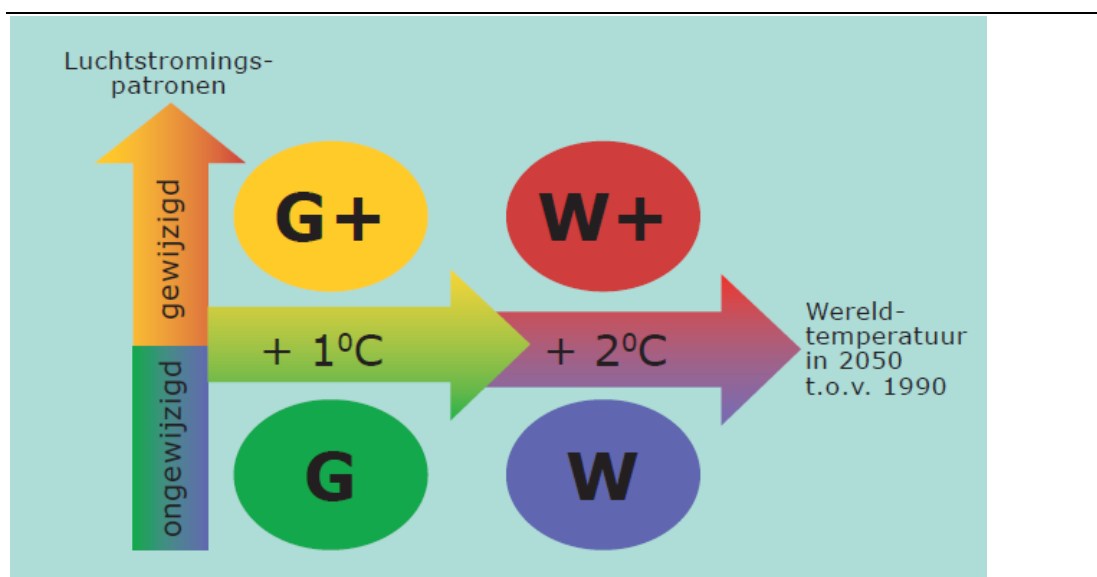
Kenmerk R001-4768956JLY-mfv-V02-NL

3 Effecten van klimaatscenario's

3.1 Modelscenario's

Bij dit onderdeel zijn de mogelijke effecten van klimaatverandering op de grondwaterstanden en de waterbalans van de provincie Drenthe geanalyseerd. Met MIPWA zijn zes scenario's doorgerekend voor de situatie 2050:

1. G (verhevigde neerslag, nattere winters, drogere zomers, 1 °C temperatuurstijging)
2. G+ (idem maar met extra hevige neerslag en langdurige droogte)
3. W (verhevigde neerslag, nattere winters, drogere zomers, 2 °C temperatuurstijging)
4. W+ (idem maar met extra hevige neerslag en langdurige droogte)
5. G_za, klimaatscenario G zonder wateraanvoer (met uitzondering van de kanalen)
6. W+_za, klimaatscenario W+ zonder wateraanvoer (met uitzondering van de kanalen)



Figuur 3.1 Klimaatscenario's KNMI 2006 (bron: KNMI)

Bij de klimaatscenario's G en W worden de winters natter en neemt ook op jaarbasis het neerslagoverschot toe. Bij de klimaatscenario's G+ en W+ worden de winters eveneens natter maar de zomers aanzienlijk droger. Het neerslagoverschot op jaarbasis neemt hierdoor af ten opzichte van de huidige situatie. De effecten van deze veranderingen op de grondwaterstand zijn mede afhankelijk van de actuele verdamping. Gebieden met diepe grondwaterstanden zijn ongevoelig voor de toename van de potentiële verdamping. De effecten op de GHG en GLG afzonderlijk worden mede bepaald door de reactietijd van het hydrologische systeem. Bij relatief

snel reagerende systemen is de grondwateraanvulling van het seizoen en bij zeer trage systemen (bijvoorbeeld Veluwe) de grondwateraanvulling op jaarbasis bepalend voor het effect.

De vertaling van klimaatscenario's naar modelinvoer wordt beschreven in bijlage 2.

3.2 Effecten van klimaatscenario's

3.2.1 Effect op grondwaterstanden

De veranderingen van de GHG en GLG bij de klimaatscenario's G, G+, W en W+ zijn weergegeven in bijlage 3, kaarten 8 tot en met 15.

Op de effectkaarten zijn zowel gebieden met een beperkte grondwaterstandverandering als afzonderlijke rekencellen (pixels) met een zeer grote verhoging of verlaging te zien.

De effecten in afzonderlijke rekencellen worden op de meeste plaatsen niet betrouwbaar geacht en zijn waarschijnlijk het gevolg van onjuistheden in de berekeningsuitkomsten van de module Capsim voor de bepaling van de grondwateraanvulling (zie ook bijlage 1).

Scenario G

Bij scenario G treedt ter plaatse van de Hondsrug en de Boswachterij Schoonlo (tussen Westerbork en Borger) op grote schaal een GHG-verhoging van 10 tot 20 cm op. Elders zijn de effecten verspreid en zeer lokaal. De effecten op de GLG zijn vergelijkbaar met de GHG-verhoging. Ten noorden van Borger is de GLG-verhoging lokaal groter dan 20 cm. In het Dwingelerveld treedt een GLG-verlaging tot 10 cm op.

Scenario G+

Bij scenario G+ treedt verspreid over de provincie een geringe verlaging van de GHG op, maar er zijn vrijwel geen aaneengesloten gebieden. Ten noorden van Borger is de GHG-verlaging ruim 10 cm. Hieruit blijkt dat de afname van het neerslagoverschot op jaarbasis bepalend is voor het grondwaterstandniveau bij GHG. De GLG wordt in een aantal gebieden verspreid over de provincie 10 tot 20 cm lager. Lokaal (onder andere Hondsrug en Dwingelerveld) wordt de GLG 20 tot 50 cm lager door de droogte in het groeiseizoen.

Scenario W

Bij scenario W zijn de effecten op de GHG en GLG versterkt ten opzichte van scenario G. In meer en grotere gebieden treedt een GHG-verhoging van meer dan 10 cm op, lokaal oplopend tot 50 cm ten noorden van Borger. Alleen ter plaatse van het Dwingelerveld ontstaat een GLG-verlaging tot 10 cm.

Scenario W+

Bij scenario W+ zijn de effecten op de GHG en GLG versterkt ten opzichte van scenario G+. In meer en grotere gebieden treedt een GHG-verlaging van meer dan 10 cm op. Op grote schaal treedt een GLG-verlaging van meer dan 10 cm op, lokaal oplopend tot circa 1 m ter plaatse van de Hondsrug en het Dwingelerveld.

De veranderingen van de GHG en GLG bij klimaatscenario's G en W+ zonder wateraanvoer zijn weergegeven op bijlage 3, kaarten 16 tot en met 19.

Scenario G zonder infiltratie van oppervlaktewater

De grondwaterstandsverhoging door scenario G en de verlaging door het stoppen van de infiltratie treden vooral in verschillende gebieden op. Alleen ten noordwesten van Emmen en in de Veenkoloniën treedt enige overlap op waardoor beide effecten elkaar deels compenseren.

Scenario W+ zonder infiltratie van oppervlaktewater

De grondwaterstandsverlaging door scenario W+ en de verlaging door het stoppen van de infiltratie treden deels in verschillende gebieden op. In de Veenkoloniën en in de zone van Hoogeveen naar Smilde treedt overlap op waardoor beide effecten elkaar versterken. Hierdoor neemt de GLG-verlaging in de Veenkoloniën toe tot meer dan 50 cm en ten zuiden van Hoogeveen meer dan 1 m.

Op vier peilbuislocaties (kaart 1) is het berekende gemiddelde grondwaterstandsregime voor vier scenario's weergegeven in bijlage 4, figuren b4.9 tot en met b4.24.

Bij klimaatscenario G bedragen de effecten op de grondwaterstand ter plaatse van deze peilbuizen enkele centimeters. Bij scenario W+ worden de laagste grondwaterstanden gemiddeld 10 tot 40 cm lager. Het seizoensregime blijft verder vergelijkbaar met de huidige situatie. Voor beide scenario's geldt dat effect van wateraanvoer sterk afhankelijk is van de afstand van de peilbuis tot infiltrerende waterlopen. Bij peilbuis B17E0181 (noordoost van Westerbork) is het gecombineerde effect in het groeiseizoen bij scenario W+ circa 60 cm.

3.2.2 Effect op de waterbalans

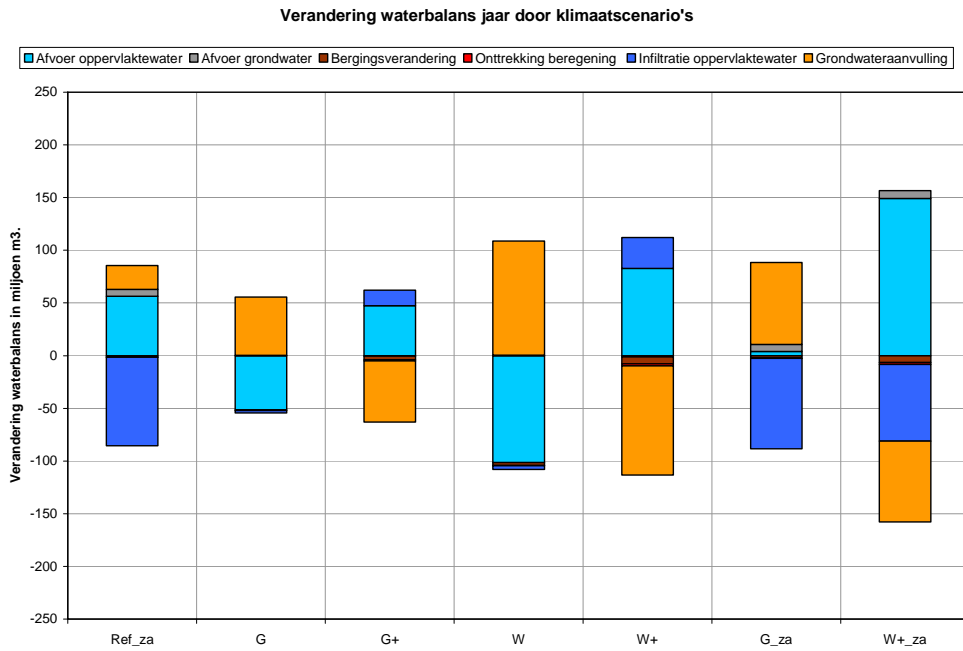
Op basis van de tijdsafhankelijke grondwaterfluxen uit MIPWA zijn gemiddelde waterbalansen per halfjaar en per jaar opgesteld. De huidige waterbalans en de veranderingen per scenario zijn weergegeven in figuren 3.2 tot en met 3.4 en bijlage 5, tabel b5.3.

Op jaarbasis neemt de grondwateraanvulling bij de scenario's G en W respectievelijk 5 en 10 % toe en bij de scenario's G+ en W+ met 5 en 10 % af. In het zomerhalfjaar neemt de grondwateraanvulling bij scenario's G+ en W+ zelfs 60 en 110 % af. In het winterhalfjaar neemt de grondwateraanvulling bij alle klimaatscenario's 3 tot 8 % toe.

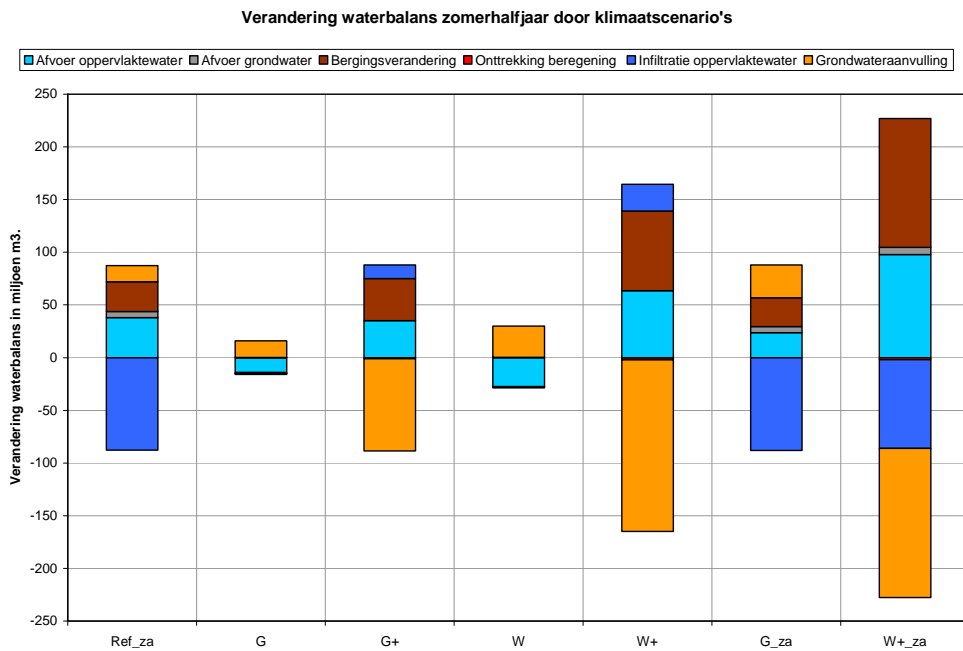
De klimaatscenario's hebben een geringe invloed op de jaarlijkse grondwaterstroming over de provinciegrenzen. Bij stoppen van de infiltratie van oppervlaktewater neemt deze grondwaterstroming in het zomerhalfjaar met circa 6 miljoen m³ (20 %) af.

Het klimaatscenario W+ heeft vooral in zomerhalfjaar een grote invloed op de infiltratie van oppervlaktewater (en dus de wateraanvoerbehoefte) en de onttrekking voor beregening (toename 20 % en 43 %) en op de afvoer van oppervlaktewater (afname 21 %). Bij de combinatie van een klimaatscenario met stopzetting van de infiltratie versterken beide effecten elkaar.

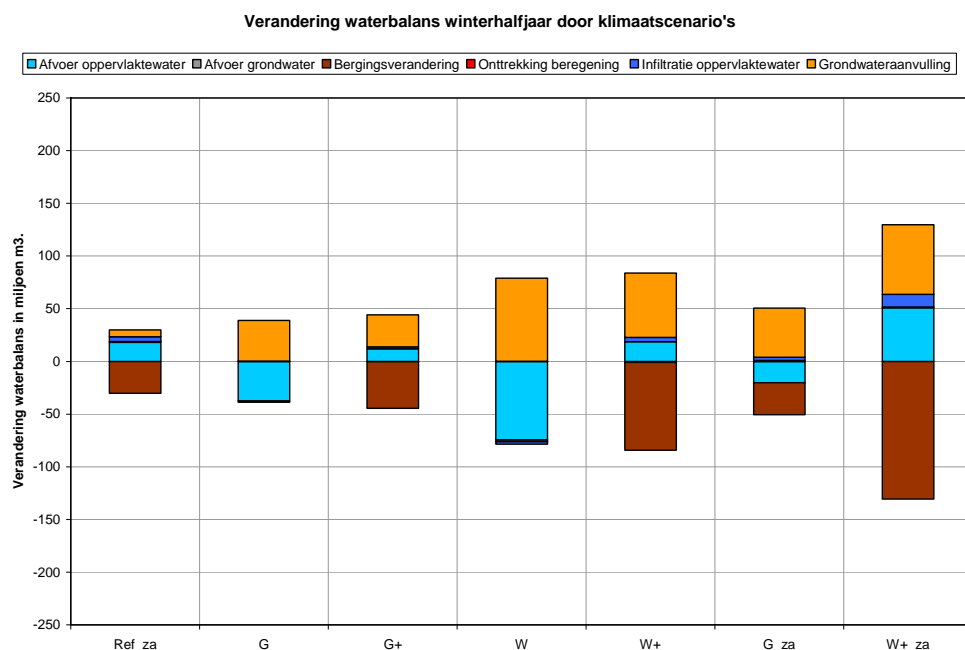
Bij klimaatscenario's G+ en W+ neemt de grondwaterberging in het zomerhalfjaar respectievelijk 40 en 76 miljoen m³ extra af ten opzichte van de huidige seizoensfluctuatie. Bij scenario W+ zonder wateraanvoer is het extra bergingsverlies zelfs 122 miljoen m³. Dit is een tijdelijke (extra) afname van de grondwatervoorraad op seizoensbasis die in het navolgende winterhalfjaar weer wordt aangevuld (figuur 3.4). Deze extra afname heeft weer invloed op de andere waterbalanstermen in het zomerhalfjaar, waaronder de netto grondwateraanvulling (actuele verdamping).



Figuur 3.2 Verandering waterbalans jaar als gevolg van klimaatscenario's



Figuur 3.3 Verandering waterbalans zomerhalfjaar als gevolg van klimaatscenario's



Figuur 3.4 Verandering waterbalans winterhalfjaar als gevolg van klimaatscenario's

3.3 Conclusies klimaateffecten

Als gevolg van klimaatverandering kan de voeding van het grondwatersysteem van Drenthe op jaarbasis zowel toenemen (G en W) als afnemen (G+ en W+). Met name de waterbalans van het zomerhalfjaar is gevoelig voor watertekorten. Bij de scenario's G+ en W+ worden deze tekorten aanzienlijk groter. Een toename van de voeding heeft vooral invloed op de grondwaterstand ter plaatse van de Hondsrug. Een afname van de voeding heeft in grote delen van Drenthe (buiten de beekdalen) invloed op de GLG.

Wanneer in combinatie met klimaatscenario W+ niet genoeg water kan worden aangevoerd zal de GLG extra dalen. Bij volledige stopzetting van de infiltratie (worstcase) zal de GLG 20 tot 100 cm extra dalen en de grondwatervoorraad in het zomerhalfjaar maximaal 122 miljoen m³ (45 mm) extra afnemen. In het voorjaar is extra voorraad nodig (hogere GVG) om voor dit effect te compenseren. De verandering van de grondwatervoorraad als gevolg van een hogere GVG wordt in hoofdstuk 6 besproken.

4 Effecten van bandbreedtescenario's

4.1 Inleiding

In de Grondwatervisie van de provincie Drenthe wordt de optimalisatie van de verdeling van voldoende grondwater van een goede kwaliteit als speerpunt van het beleid gezien. Dit verdelingsvraagstuk geldt zowel in de ruimte (er zijn gebieden met wateroverschot en watertekort) als in de tijd (in het winterhalfjaar is er een wateroverschot en in het zomerhalfjaar een tekort). In de toekomst wil met het gebruik van grondwater en de beschikbaarheid beter op elkaar afstemmen.

In het vorige hoofdstuk is beschreven dat bij bepaalde klimaatscenario's ernstige watertekorten kunnen ontstaan in het groeiseizoen. Bij scenario G+ en W+ is meer water nodig in het groeiseizoen vanwege de afgenomen grondwateraanvulling. Bij scenario W+ worden tevens de voorjaarsgrondwaterstanden (=grondwatervoorraad) belangrijk lager. In het winterhalfjaar stroomt echter 83 % van de totale voeding af via het oppervlaktewater.

Vanuit de Grondwatervisie is gekeken naar mogelijkheden om de grondwatervoorraad te vergroten om aan de toekomstige vraag te kunnen voldoen en tevens als mogelijke oplossingsrichting voor toekomstige watertekorten (door klimaatverandering). De grondwatervoorraad kan in principe worden vergroot door maatregelen die de voeding van het grondwatersysteem vergroten en door maatregelen die de afvoer vanuit het grondwatersysteem verminderen.

Allereerst is de hydrologische haalbaarheid van een extra grondwatervoorraad in de provincie Drenthe verkend aan de hand van twee bandbreedtescenario's met een combinatie van verschillende typen maatregelen. De effecten van deze scenario's zijn berekend bij het huidige klimaat.

De effecten van beide scenario's op de grondwaterstanden, de waterbalans en de grondwatervoorraad zijn beschreven. De scenario's zijn niet beoordeeld op eventuele negatieve effecten op functies, zoals natschade landbouw en grondwateroverlast.

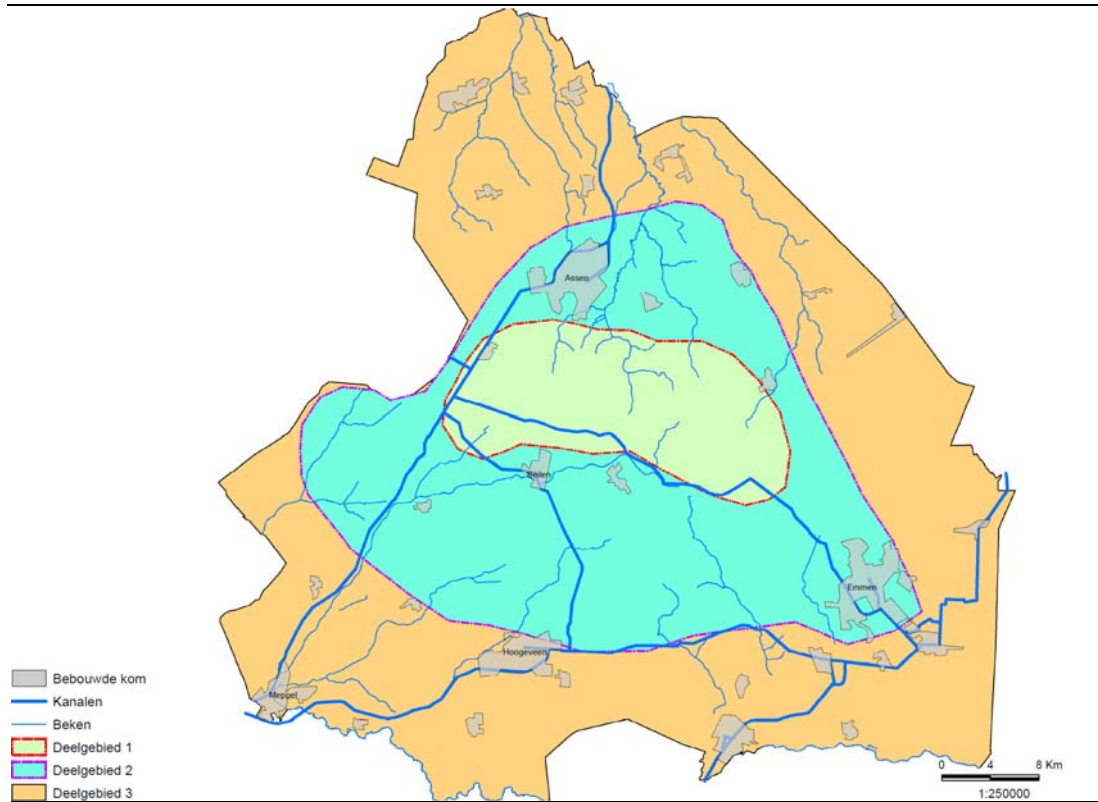
In hoofdstuk 5 wordt nader ingegaan op de effecten van afzonderlijke maatregelen.

4.2 Beschrijving bandbreedtescenario's

In het kader van de Omgevingsvisie Drenthe zijn twee deelgebieden aangewezen waar door middel van maatregelen de grondwatervoorraad op het Drents Plateau kan worden vergroot (figuur 4.1). Het verkennende maatregelenpakket dat is toegepast op deze twee deelgebieden omvat de volgende generieke maatregelen:

- Verhoging van beekpeil/drainagebasis in de beekdalen met 50 cm (zie toelichting bijlage 2)
- Isolatie van natuurgebieden in de EHS (dempen secundaire/tertiaire watergangen, beekdalen blijven gehandhaafd)
- Afkoppelen van verhard oppervlak in de stedelijke gebieden (functie verhard oppervlak wordt grasland)
- Omzetten van naaldbos naar loofbos
- Stopzetting drinkwaterwinningen Beilen en Leggeloo ten behoeve van voorraadvorming op het Drents Plateau (nog zonder vervangende winning elders in Drenthe)
- Uitzetten drainage in landbouwgebieden en verhoging winterpeil waterlopen (buiten de beekdalen) naar zomerpeil

Bij bandbreedtescenario 1 zijn deze maatregelen in deelgebied 1 toegepast en bij bandbreedtescenario 2 in deelgebied 1 en 2. De maatregel stopzetting drinkwaterwinningen Beilen en Leggeloo is in beide scenario's toegepast.



Figuur 4.1 Begrenzing deelgebieden 1 tot en met 3

4.3 Effecten van bandbreedtescenario's

4.3.1 Effect op grondwaterstanden

Bandbreedtescenario 1

De GHG en GLG bij bandbreedtescenario 1 en de verandering ten opzichte van de huidige situatie zijn weergegeven op bijlage 3, kaarten 20 tot en met 23.

Het effect op de GHG varieert sterk, tussen minder dan 10 en lokaal meer dan 50 cm ten zuidoosten van Assen en ten zuiden van Borger. In deze beekdalen wordt een GHG nabij maaiveld berekend (vergelijk bijlage 3, kaarten 2 en 20).

De verhoging van de GLG is meer gelijkmatig verdeeld en varieert meest tussen 10 en 40 cm. Ten westen van de A28 en aan de zuidoostkant van deelgebied 1 is de GLG-verhoging kleiner dan 10 cm.

De grondwatereffecten stralen relatief weinig uit naar de omgeving. Alleen ten zuiden van Rolde en ten oosten van Beilen worden significante effecten buiten deelgebied 1 berekend. Dit laatste effect wordt veroorzaakt door de gesimuleerde stopzetting van de drinkwaterwinning Beilen.

Op de vier peilbuislocaties (kaart 1) is het berekende gemiddelde grondwaterstandregime voor bandbreedtescenario 1 weergegeven in bijlage 4, figuur b4.25 tot en met b4.28.

Bij peilbuis B17A0031 treedt een verhoging van 10 tot 15 cm op. Bij peilbuis B17C0171 op het Dwingelerveld is het effect van bandbreedtescenario 1 te verwaarlozen. Bij peilbuis B17B0175, op de grens van deelgebied 1 ten noordoosten van Beilen, is de verhoging 5 tot 15 cm. Bij peilbuis B17E0181 binnen het deelgebied 1 varieert de grondwaterstandsverhoging tussen 40 cm in de winter en 10 cm in de zomer.

Bandbreedtescenario 2

De GHG en GLG bij bandbreedtescenario 2 en de verandering ten opzichte van de huidige situatie zijn weergegeven op bijlage 3, kaarten 24 tot en met 27.

In het grootste deel van deelgebied 2 treedt een GHG-verhoging tussen 10 en 50 cm op. Dit is ook het geval in delen van de bebouwde kom van Assen, Emmen en Beilen. Dit hoeft ter plaatse niet altijd tot overlast te leiden omdat de huidige GHG vrij diep ligt (vergelijk bijlage 3, kaarten 2 en 24). De GLG-verhoging is geconcentreerd in een gebied ten oosten van Assen en in de beekdalen en natuurgebieden langs de zuidrand van het Drents Plateau. Daartussen ligt een zone (traject Emmen-Beilen) met een GLG-verhoging kleiner dan 10 cm.

Op de vier peilbuislocaties (kaart 1) is het berekende gemiddelde grondwaterstandsregime voor bandbreedtescenario 2 weergegeven in bijlage 4, figuur b4.29 tot en met b4.32.

Bij peilbuis B17A0031 treedt een verhoging van 20 tot 40 cm op. Bij peilbuis B17C0171 varieert het effect van bandbreedtescenario 2 op de grondwaterstand tussen 20 en 30 cm. Bij de peilbuizen B17B0175 en B17E0181 zijn de effecten van bandbreedtescenario 2 hetzelfde als bij scenario 1.

4.3.2 Effect op waterbalans

Op basis van de tijdsafhankelijke grondwaterfluxen uit MIPWA zijn gemiddelde waterbalansen per halfjaar en per jaar opgesteld voor de gehele provincie en voor de drie onderscheiden deelgebieden (figuren 4.2 tot en met 4.5 en bijlage 5, tabellen b5.4 en b5.5). In de waterbalansen is tevens de uitwisseling tussen het ondiepe en diepe pakket (kwel/wegzijging) onderscheiden.

Bandbreedtescenario 1

Op jaarbasis neemt de infiltratie van oppervlaktewater in de gehele provincie met 2,6 miljoen m³/jaar (1 %) af ten opzichte van de huidige situatie. De drinkwaterwinning neemt met 4 miljoen m³/jaar af (9 %) in dit verkennende scenario. Dit leidt tot een netto toename van de oppervlaktewaterafvoer met 1,2 miljoen m³/jaar (<1 %).

Wanneer wordt gekeken naar de afzonderlijke deelgebieden (figuur 4.4) dan is te zien dat uit deelgebied 1 circa 7 miljoen m³/jaar minder oppervlaktewater wordt afgevoerd. De horizontale grondwaterstroming vanuit gebied 1 naar de rest van Drenthe neemt circa 6 miljoen m³/jaar toe. Door deze grondwaterstroming en het stopzetten van twee drinkwaterwinningen treedt in deelgebied 2 een opwaartse fluxverandering op van circa 8 miljoen m³/jaar. In deelgebied 3 zijn de balansveranderingen gering.

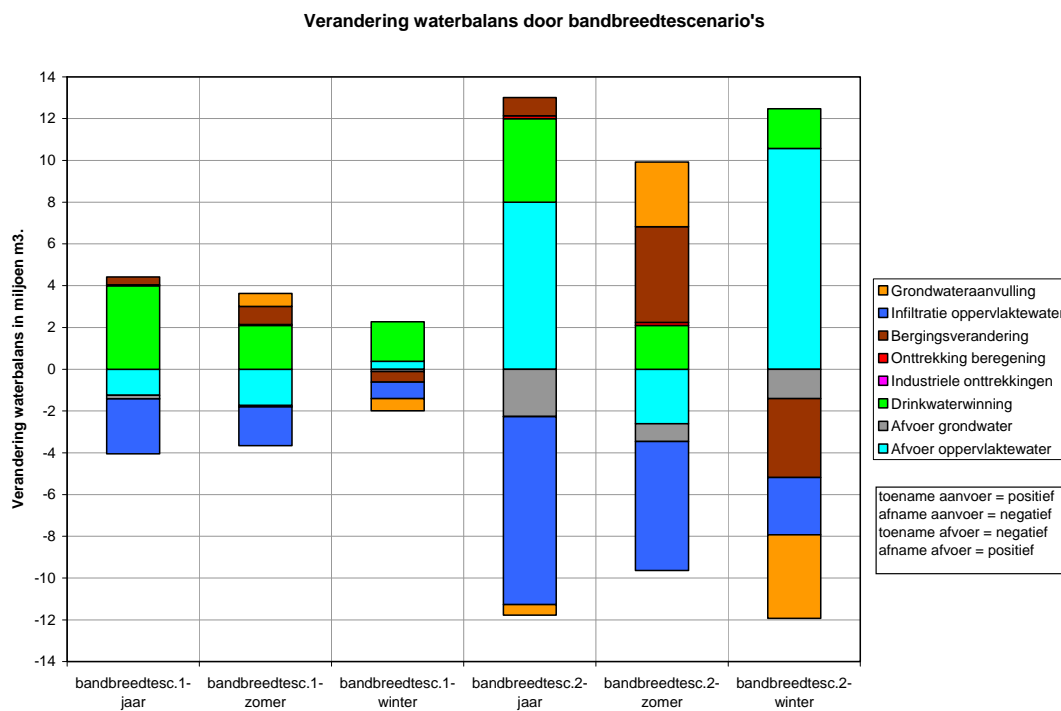
Bandbreedtescenario 2

Op jaarbasis neemt de infiltratie van oppervlaktewater in de gehele provincie 9 miljoen m³/jaar (5 %) af ten opzichte van de huidige situatie en de drinkwaterwinning neemt met 4 miljoen m³/jaar af (9 %). Dit leidt tot een netto afname van de oppervlaktewaterafvoer met 8 miljoen m³/jaar (1 %) en een toename van de grondwaterstroming over de provinciegrenzen met 2,3 miljoen m³/jaar (4 %).

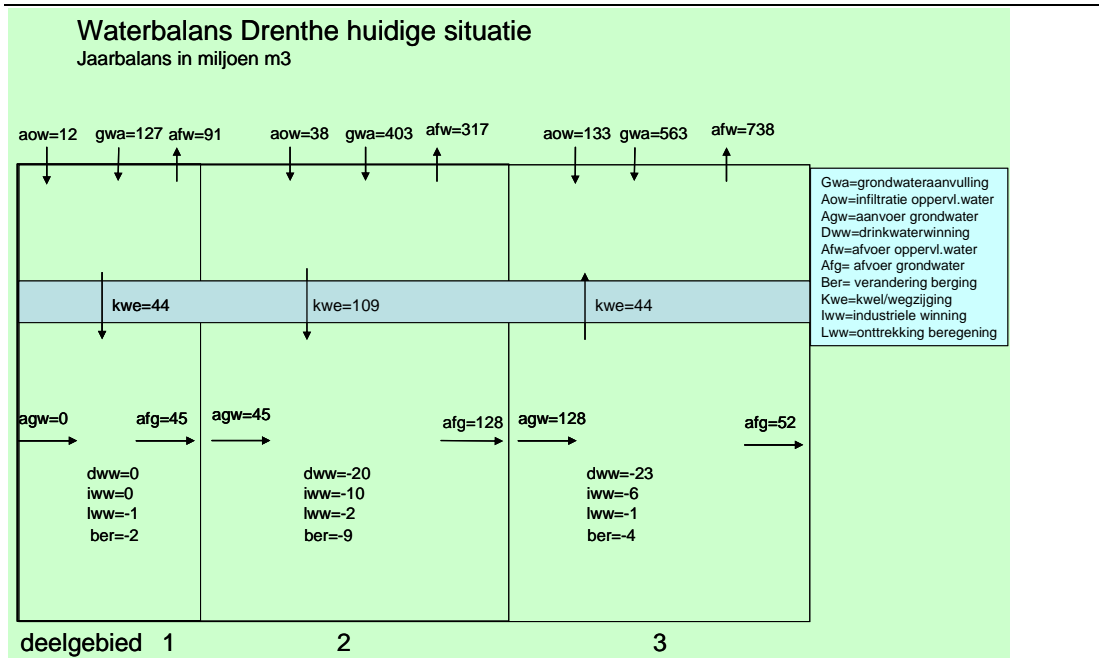
Wanneer wordt gekeken naar de afzonderlijke deelgebieden (figuur 4.5) dan is te zien dat uit deelgebied 1+2 circa 17 miljoen m³/jaar minder oppervlaktewater wordt afgevoerd. De grondwaterstroming vanuit deelgebied 2 naar de rest van Drenthe neemt circa 13 miljoen m³/jaar toe. Hierdoor treedt in deelgebied 3 een opwaartse fluxverandering van 9 miljoen m³/jaar op (toename 20 %). Deze extra grondwaterflux kan, afhankelijk van de locatie binnen het watersysteem, leiden tot extra kwel (in de beekdalen) of tot een afname van de wegzijging. Op het schaalniveau van deelgebied 3 kan niet worden aangegeven of deze grondwaterflux ook ten goede komt aan kwelafhankelijke natuurwaarden.

De infiltratie van oppervlaktewater neemt bij de bandbreedtescenario's met respectievelijk 2,6 en 9 miljoen m³/jaar af (1 tot 5 %). Dit effect is vrijwel volledig het gevolg van de hogere grondwaterstanden waardoor het verschil met het oppervlaktewaterpeil afneemt. Slechts in enkele gevallen zijn in de bandbreedtescenario's wateraanvoersloten in natuurgebieden gedempt waardoor de infiltratie stopt.

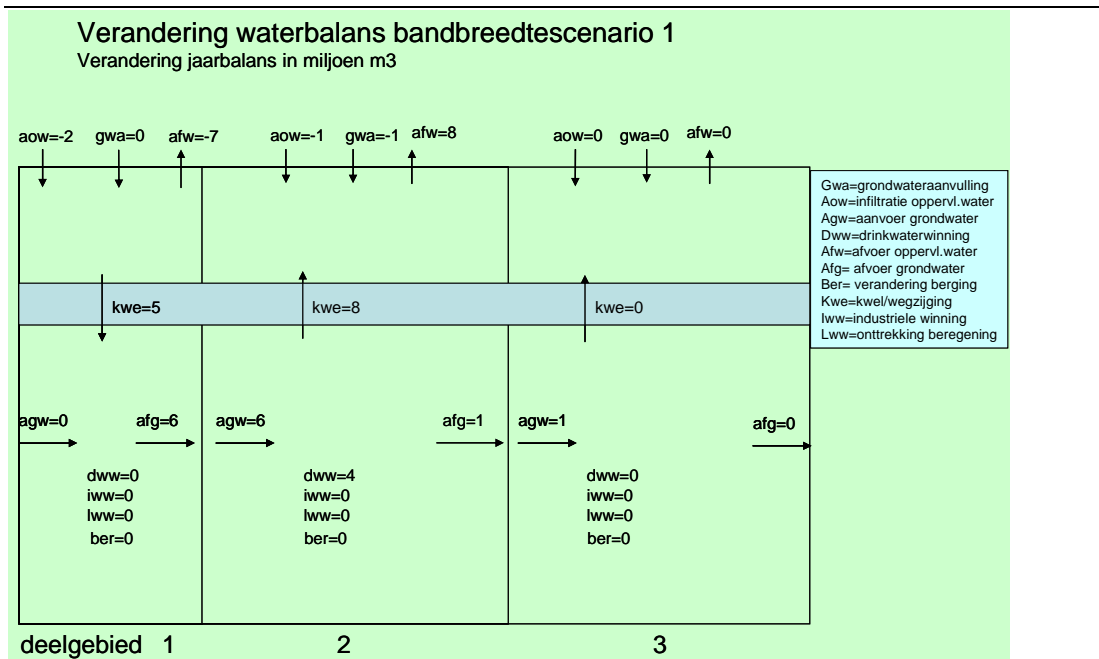
Vooraf bij bandbreedtescenario 2 treedt extra seizoensberging op ten opzichte van de huidige situatie. In het winterhalfjaar wordt extra grondwater geborgen die in het zomerhalfjaar weer vrij komt. De verandering van de grondwatervoorraad en de mogelijke benutting daarvan worden in hoofdstuk 6 besproken.



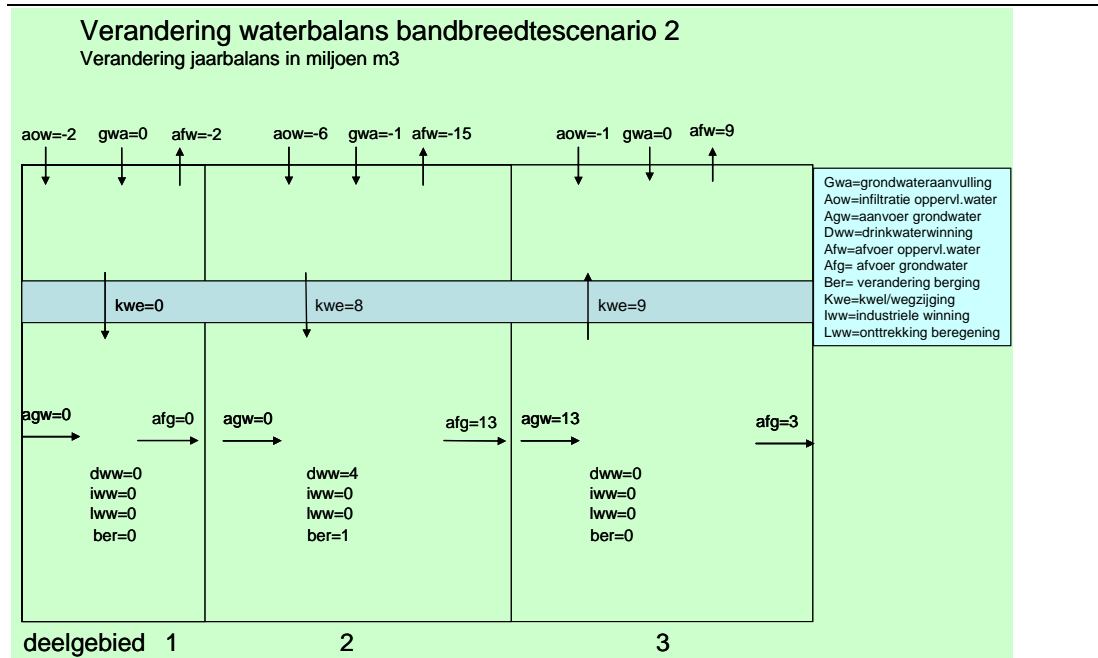
Figuur 4.2 Verandering grondwaterbalans Drenthe als gevolg van bandbreedtescenario's



Figuur 4.3 Huidige grondwaterbalans Drenthe per deelgebied



Figuur 4.4 Verandering waterbalans per deelgebied als gevolg van bandbreedtescenario 1



Figuur 4.5 Verandering waterbalans per deelgebied als gevolg van bandbreedtescenario 2

4.4 Conclusies bandbreedte effecten

Bij het bandbreedtescenario 1, met een combinatie van maatregelen in het centrum van het Drentse Plateau, treden op beperkte schaal grondwaterstandsverhogingen op die ten goede komen aan de natuur (GVG) en de landbouw (GLG) binnen deelgebied 1. De GHG-verhoging geeft mogelijk extra overlast voor de landbouw. Het voordeel voor natuurgebieden buiten deelgebied 1 (bijvoorbeeld het Dwingelerveld) is gering.

Vanuit deelgebied 1 treedt op jaarbasis een extra grondwaterstroming op van 6 miljoen m³/jaar en in deelgebied 2 een extra opwaartse grondwaterflux van 8 miljoen m³/jaar (verandering 8 %). In de beekdalen van deelgebied 2 kan de kwelsituatie hierdoor lokaal verbeteren maar de netto wegzijing (109 miljoen m³/jaar) in dit deelgebied blijft gehandhaafd.

Bij het bandbreedtescenario 2, met een combinatie van maatregelen op het gehele Drentse Plateau, treden op het gehele plateau grondwaterstandsverhogingen op die ten goede komen aan de natuur (GVG) en de landbouw (GLG). De GHG-verhoging geeft mogelijk extra overlast voor de landbouw en in stedelijke gebieden (Assen, Emmen en Beilen).

Vanuit deelgebied 2 treedt op jaarbasis een extra horizontale grondwaterstroming op van 13 miljoen m³/jaar en in deelgebied 3 een extra opwaartse grondwaterflux van 9 miljoen m³/jaar. Hierdoor wordt de huidige netto opwaartse grondwaterflux in deelgebied 3 (44 miljoen m³/jaar) belangrijk versterkt (toename 20 %). Tevens neemt de huidige grondwaterstroming over de provinciegrens (52 miljoen m³/jaar) toe met 3 miljoen m³/jaar.

Op basis van de grondwatereffecten en de verandering van de waterbalans per deelgebied wordt geconstateerd dat met bandbreedtescenario 1 de toekomstige effecten van klimaatscenario W+ niet volledig kunnen worden gecompenseerd. Bij bandbreedtescenario 2 is de waterbalans duidelijk gunstiger, maar ook dan is de ruimtelijke spreiding van de effecten op de grondwaterstand een mogelijk knelpunt (vergelijk bijlage 3, kaarten 15 en 27). Op het Drents Plateau is sprake van overcompensatie van het klimaateffect terwijl daarbuiten (noordelijk van Assen, oostelijk van de Hondsrug en zuidelijk van de lijn Emmen-Hoogeveen-Meppel) nog steeds een netto verlaging van de GLG mag worden verwacht.

Bij beide bandbreedtescenario's zijn op het Drents Plateau twee drinkwaterwinningen met een totale capaciteit van 4 miljoen m³/jaar gestopt. Om de totale huidige onttrekkingscapaciteit in Drenthe te handhaven dient hiervoor een alternatieve locatie buiten het Drents Plateau te worden gezocht.

De totale effecten van bandbreedtescenario 2 geven onvoldoende inzicht in de bijdrage van de afzonderlijke maatregelen. In hoofdstuk 5 zal daarom worden ingegaan op de effectiviteit van de belangrijkste (meest kansrijke) maatregelen uit dit pakket.

Kenmerk R001-4768956JLY-mfv-V02-NL

5 Effecten van afzonderlijke maatregelen

5.1 Meest kansrijke/effectieve maatregelen

De maatregelen in de ontwatering en afwatering uit de bandbreedtescenario's worden als meest effectief en kansrijk gezien voor het creëren van een extra grondwatervoorraad. Naar aanleiding hiervan zijn de volgende aanpassingsscenario's met gestapelde maatregelen geanalyseerd:

Scenario 1: Dempen watergangen in natuurgebieden EHS (beeklopen handhaven)

Scenario 2: Als scenario 1 plus verhoging van beekpeilen (winterpeil plus 50 cm)

Scenario 3: Als scenario 2 plus stopzetting drainage landbouwpercelen en verhoging winterpeil naar zomerpeil (buiten de beekdalen)

Scenario bosvorming: Als bandbreedtescenario 2, maar toegespitst op bosvorming

In hoofdstuk 4 is gebleken dat met alleen maatregelen in deelgebied 1 onvoldoende effect wordt bereikt. De bovengenoemde aanpassingsscenario's zijn daarom in deelgebied 1 en 2 toegepast (figuur 4.1). De effecten zijn berekend bij het huidige klimaat.

De effecten van de afzonderlijke maatregelen op de grondwaterstand zijn bepaald door de onderlinge verschillen tussen de scenario's (uitgangspunt superpositie). De effecten op de regimecurves en de waterbalansen zijn per scenario (met gestapelde maatregelen) beschreven.

5.2 Aanpassingsscenario 1: dempen watergangen EHS

5.2.1 Effect dempen watergangen EHS op grondwaterstanden

De verandering van de GHG en GLG door aanpassingsscenario 1 zijn weergegeven in bijlage 3, kaarten 28 en 29. De ruimtelijke effecten sterk gerelateerd aan de ligging van de grotere eenheden van de EHS. De grootste effecten op de GHG (meer dan 50 cm) treden op in de relatief laag gelegen beekdalen (door dempen detailontwatering). De uitstraling van de grondwaterstandsverhoging in percelen buiten de EHS is bij de meeste natuurgebieden beperkt tot maximaal enkele honderden meters. Er zijn echter uitzonderingen zoals ten zuidoosten van Assen, waar tot circa 2 km buiten de EHS een significante GHG-verhoging optreedt. In het gebied ten oosten van Assen zijn de effecten op de GLG het grootst, lokaal meer dan 50 cm. Er treedt vrijwel geen uitstraling van effecten op buiten deelgebied 2.

5.2.2 Effect scenario 1 op regimecurves

Op de vier peilbuislocaties (kaart 1) is het berekende gemiddelde grondwaterstandsregime voor aanpassingsscenario 1 weergegeven in bijlage 4, figuur b4.33 tot en met b4.36.

Bij peilbuis B17A0031 ten westen van Beilen zijn de effecten gering. Bij peilbuis B17C0171 op het Dwingelerveld varieert het effect van aanpassingsscenario 1 tussen 5 en 15 cm. Bij peilbuis B17B0175, ten noordoosten van Beilen, is de verhoging kleiner dan 5 cm. Bij peilbuis B17E0181 is de grondwaterstandsverhoging in de winter maximaal 15 cm. In de zomer wordt de grondwaterstand tot circa 5 cm lager dan in de huidige situatie. Dit is een zeer lokaal effect dat wordt veroorzaakt door het wegvallen van de berekende infiltratie als gevolg van het dempen van de betreffende watergang (In de praktijk is infiltratie vanuit deze beekloop minder waarschijnlijk).

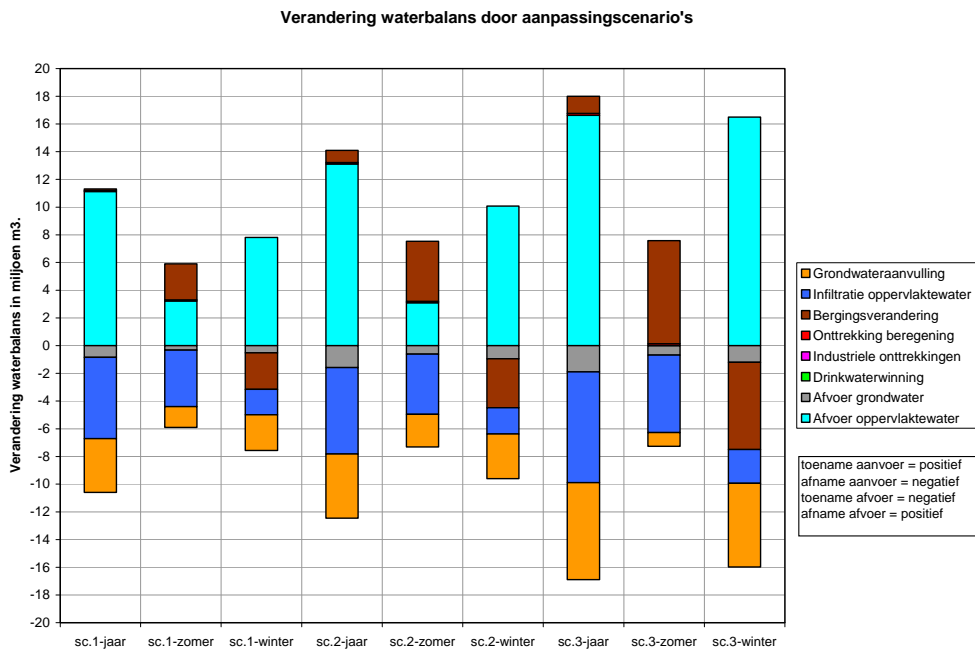
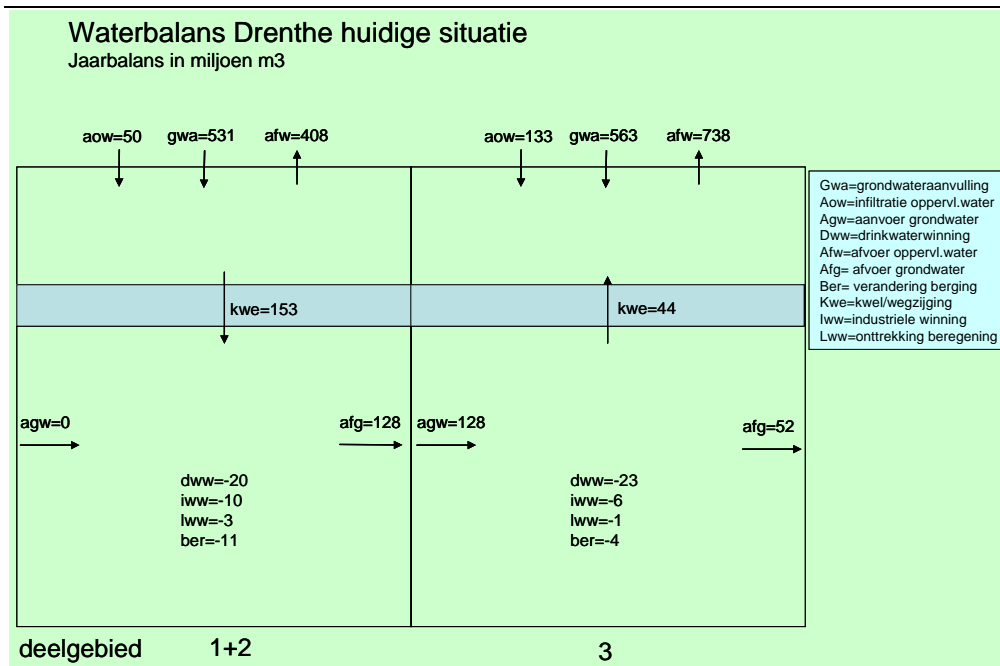
5.2.3 Effect scenario 1 op waterbalans

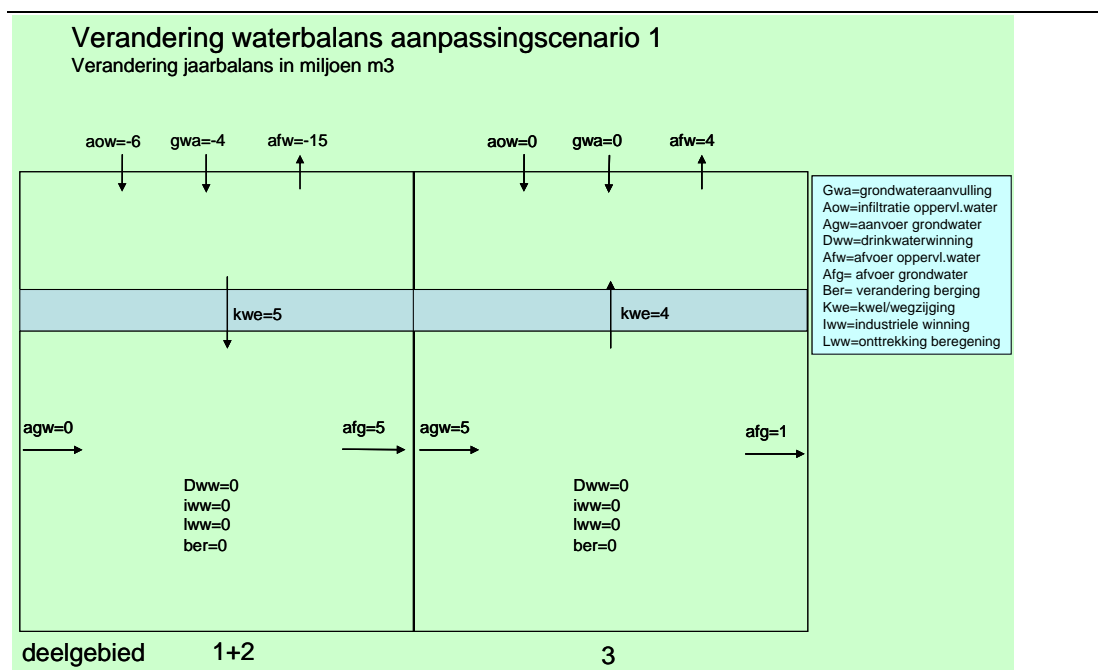
Op basis van de tijdsafhankelijke grondwaterfluxen uit MIPWA zijn gemiddelde waterbalansen per halfjaar en per jaar opgesteld voor de gehele provincie en voor de twee onderscheiden deelgebieden (figuren 5.1 tot en met 5.3 en bijlage 5, tabellen b5.6 en b5.7).

Door het dempen van watergangen in de natuurgebieden neemt de afvoer van oppervlaktewater op jaarbasis met circa 11 miljoen m³/jaar (1 %) af ten opzichte van de huidige situatie. De infiltratie van oppervlaktewater neemt 5,9 miljoen m³/jaar (3 %) af. Deze afname is hoofdzakelijk het gevolg van de hogere grondwaterstanden en wordt incidenteel veroorzaakt door het dempen van infiltrerende sloten.

De grondwateraanvulling neemt 3,9 miljoen m³/jaar (<1 %) af door de toename van de actuele verdamping in de zomer en oppervlakkige afstroming in de winter (bij grondwaterstand aan maaiveld). De grondwaterstroming vanuit de provincie neemt 0,8 miljoen m³/jaar (2 %) toe.

Wanneer wordt gekeken naar de afzonderlijke deelgebieden (figuur 5.2 en 5.3) dan is te zien dat uit deelgebied 1+2 circa 15 miljoen m³/jaar minder oppervlaktewater wordt afgevoerd en de grondwaterstroming met 5 miljoen m³/jaar toeneemt. De overige 10 miljoen m³/jaar 'verdwijnt' door een afname van de grondwateraanvulling (toename actuele verdamping en/of oppervlakkige afvoer) en een afname van de infiltratie. De extra horizontale grondwaterstroming vanuit deelgebied 2 leidt in deelgebied 3 tot een opwaartse fluxverandering van 4 miljoen m³/jaar (extra kwel of afname wegzijging), resulterend in extra afvoer naar het oppervlaktewater.


Figuur 5.1 Verandering grondwaterbalans Drenthe als gevolg van aanpassingsscenario's

Figuur 5.2 Huidige grondwaterbalans Drenthe per deelgebied



Figuur 5.3 Verandering waterbalans per deelgebied als gevolg van aanpassingsscenario 1

5.3 Aanpassingsscenario 2: Dempen watergangen EHS en verhogen beekpeilen

5.3.1 Effect verhogen beekpeilen op grondwaterstanden

De verandering van de GHG en GLG door de verhoging van beekpeilen zijn weergegeven in bijlage 3, kaarten 30 en 31. Als maatregel is een verhoging van het winterpeil van 50 cm toegepast en een verhoging van het zomerpeil tot dit zelfde niveau. Omdat het huidige zomerpeil op veel plaatsen enkele decimeters hoger ligt dan het winterpeil is deze ingreep in de zomer kleiner dan in de winter (geen ingreep als huidig peilverschil = 50 cm). Mede hierdoor zijn de effecten op de GLG kleiner dan op de GHG.

De effecten van hogere beekpeilen blijven op de meeste plaatsen beperkt tot de beekdalen zelf en stralen weinig uit naar de drogere gebieden tussen de beekdalen. Uitzonderingen hierop zijn de Oude Vaart tussen Beilen en Meppel en het gebied ten westen van Emmen waar wel een significante uitstraling optreedt. Langs de Drentsche Aa ten oosten van Assen worden nauwelijks effecten door een hoger beekpeil berekend. Dit is gevolg van de gestapelde maatregelen van scenario 2. Door het dempen van watergangen bij scenario 1 ontstaat hier reeds een zeer natte situatie met een GHG aan maaiveld. Het hogere beekpeil leidt dan niet tot een extra

grondwaterstandsverhoging maar tot extra maaiveldafvoer. Er treedt vrijwel geen uitstraling van effecten op buiten deelgebied 2.

5.3.2 Effect scenario 2 op regimecurves

Op vier peilbuislocaties (kaart 1) is het berekende gemiddelde grondwaterstandsregime voor aanpassingsscenario 2 weergegeven in bijlage 4, figuur b4.37 tot en met b4.40.

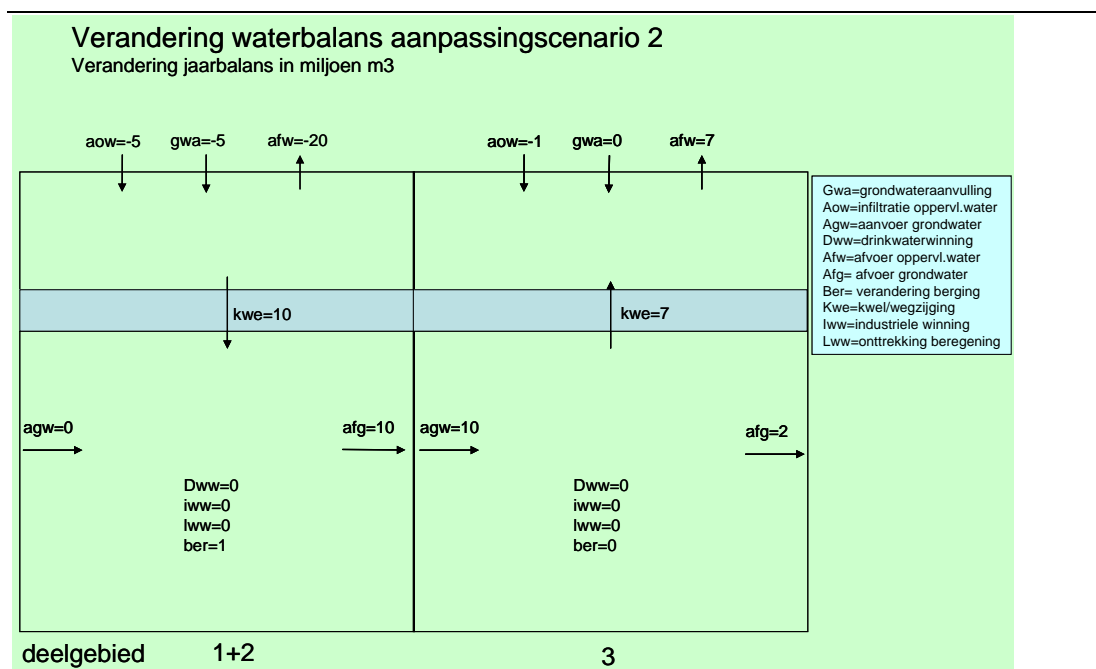
Bij peilbuis B17A0031 varieert de grondwaterstandsverhoging tussen 5 cm in de zomer en 20 cm in de winter. Bij peilbuis B17C0171 op het Dwingelerveld varieert het effect van aanpassings-scenario 2 tussen 10 en 25 cm. Bij peilbuis B17B0175, ten noordoosten van Beilen, varieert de verhoging tussen 5 en 15 cm. Bij peilbuis B17E0181 varieert de grondwaterstandsverhoging tussen 10 cm in de zomer en 40 cm in de winter.

5.3.3 Effect scenario 2 op waterbalans

Op basis van de tijdsafhankelijke grondwaterfluxen uit MIPWA zijn gemiddelde waterbalansen per halfjaar en per jaar opgesteld voor de gehele provincie en voor de twee onderscheiden deelgebieden (bijlage 5, tabellen b5.6 en b5.7).

Door aanpassingsscenario 2 neemt de afvoer van oppervlaktewater op jaarbasis met circa 13 miljoen m³/jaar (1 %) af ten opzichte van de huidige situatie. De infiltratie van oppervlaktewater neemt 6,2 miljoen m³/jaar (3 %) af als gevolg van de hogere grondwaterstanden. De grondwateraanvulling neemt 4,6 miljoen m³/jaar (<1 %) af. De grondwaterstroming over de provinciegrens neemt 1,6 miljoen m³/jaar (3 %) toe.

Wanneer wordt gekeken naar de afzonderlijke deelgebieden (figuur 5.4) dan is te zien dat uit deelgebied 1+2 circa 20 miljoen m³/jaar minder oppervlaktewater wordt afgevoerd en de horizontale grondwaterstroming met circa 10 miljoen m³/jaar toeneemt. Door deze grondwaterstroming treedt in deelgebied 3 een opwaartse fluxverandering op van circa 7 miljoen m³/jaar (extra kwel of afname wegzijging), resulterend in extra afvoer naar het oppervlaktewater.



Figuur 5.4 Verandering waterbalans per deelgebied als gevolg van aanpassingscenario 2

5.4 Aanpassingscenario 3: dempen watergangen EHS, verhogen beekpeilen en verwijderen landbouwdrainage

5.4.1 Effect verwijderen landbouwdrainage op grondwaterstanden

De verwijdering van drainage en de verhoging van het winterpeil in agrarisch gebied heeft verspreid over deelgebied 1+2 effect op de GHG (bijlage 3, kaart 32). Ten westen van Assen en Smilde is de GHG-verhoging lokaal groter dan 50 cm.

Op de Hondsrug tussen Gieten en Borger wordt door MIPWA een significant effect op de GLG berekend (bijlage 3, kaart 33). Gezien de diepe ligging van de GLG onder de Hondsrug kan dit effect van verwijdering van drainage hydrologisch niet verklaard worden. Mogelijk is hier sprake van een lokale fout in MIPWA door het inbrengen van een zogenaamd 'parelmodel' van dit deel van de Hondsrug. MIPWA berekent in het gebied tussen Gieten en Borger in het winterhalfjaar een schijngrondwaterspiegel die in het zomerhalfjaar verdwijnt. De berekende GLG-verandering is hier minder betrouwbaar (zie ook bijlage 1).

In het MIPWA-model van Noord-Nederland is het concept van buisdrainage globaal ingevuld. Gezien de omvang van het modelgebied is niet gebiedsdekkend de bestaande drainage geïnventariseerd. In plaats daarvan is een 'drainagewaarschijnlijkheidskaart' opgesteld aan de hand van de grondwatertrap, het grondgebruik en het bodemtype. Vervolgens zijn de hierbij gedane aannamen door middel van steekproeven in verschillende gebiedstypen gecontroleerd. Bij lokale gebiedsstudies met MIPWA blijkt nogal eens dat de gemodelleerde buisdrainage niet overeenkomt met de werkelijke situatie in het veld. Het hier doorgerkende scenario met verwijdering van buisdrainage geeft daarom alleen een indicatie van de regionale effecten van deze maatregel binnen de provincie Drenthe. Op lokale schaal zijn de effecten van buisdrainage minder betrouwbaar.

5.4.2 Effect scenario 3 op regimecurves

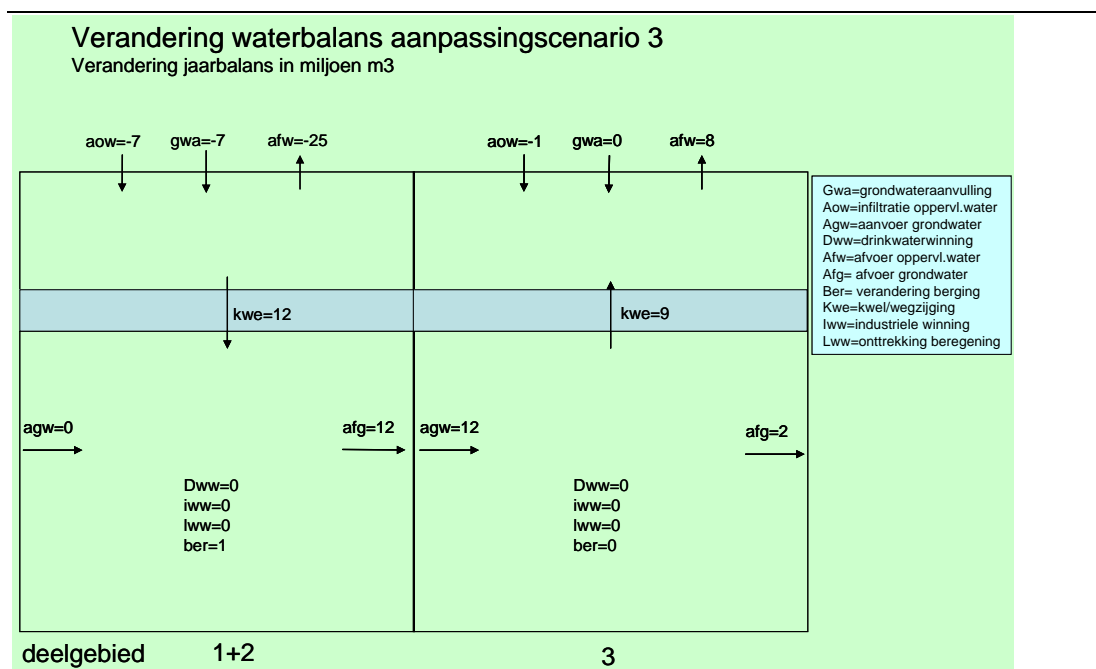
Op vier peilbuislocaties (kaart 1) is het berekende gemiddelde grondwaterstandsregime voor aanpassingsscenario 3 weergegeven in bijlage 4, figuur b4.41 tot en met b4.44. Het grondwaterregime wijkt weinig af van het regime bij scenario 2.

5.4.3 Effect scenario 3 op waterbalans

Op basis van de tijdsafhankelijke grondwaterfluxen uit MIPWA zijn gemiddelde waterbalansen per halfjaar en per jaar opgesteld voor de gehele provincie en voor de twee onderscheiden deelgebieden (figuur 5.5 en bijlage 5 tabellen b5.6 en b5.7).

Door aanpassingsscenario 3 neemt de afvoer van oppervlaktewater op jaarbasis met circa 16,6 miljoen m³/jaar (1 %) af ten opzichte van de huidige situatie. De infiltratie van oppervlaktewater neemt 8 miljoen m³/jaar (4 %) af als gevolg van de hogere grondwaterstanden. De grondwateraanvulling neemt 7 miljoen m³/jaar (1 %) af door een grotere actuele verdamping (zomer) en extra oppervlakkige afvoer (winter). De grondwaterstroming over de provinciegrens neemt 1,9 miljoen m³/jaar (4 %) toe.

Wanneer wordt gekeken naar de afzonderlijke deelgebieden (figuur 5.5) dan is te zien dat uit deelgebied 1+2 circa 25 miljoen m³/jaar minder oppervlaktewater wordt afgevoerd. De horizontale grondwaterstroming naar deelgebied 3 neemt met 12 miljoen m³/jaar toe. De overige 13 miljoen m³/jaar 'verdwijnt' door een afname van de grondwateraanvulling (toename actuele verdamping en/of oppervlakkige afvoer) en een afname van de infiltratie van oppervlaktewater. Door de extra horizontale grondwaterstroming vanaf het Drents Plateau treedt in deelgebied 3 een opwaartse fluxverandering van 9 miljoen m³/jaar op. Dit kan, afhankelijk van de plaats in het watersysteem, leiden tot een toename van de kwel (in de beekdalen) of een afname van de wegzijging. Op het schaalniveau van deelgebied 3 kan niet worden beoordeeld of de extra kwel ook ten goede komt aan kwelafhankelijke natuurdoeltypen.



Figuur 5.5 Verandering waterbalans per deelgebied als gevolg van aanpassingsscenario 3

5.4.4 Effecten scenario 3 op grondwaterstanden en stijghoogten

De effecten van aanpassingsscenario 3 (alle gestapelde maatregelen ontwatering en afwatering) op de GxG's zijn weergegeven in bijlage 3, kaarten 34 tot en met 36. In grote delen van deelgebied 1 en 2 is de GHG-verhoging groter dan 20 cm, in de beekdalen lokaal groter dan 50 cm. Lokaal treedt een GHG-verhoging van meer dan 10 cm op binnen de bebouwde kom van Assen, Borger, Emmen en Beilen. Mogelijk verhoogd dit het risico op grondwateroverlast. Alleen ten noorden van Havelte treedt ook buiten deelgebied 2 een GHG-verhoging van meer dan 10 cm op. Vooral ten oosten van Assen treedt in een groot gebied een GLG-verhoging van meer dan 20 cm op.

Behalve de effecten op de freatische grondwaterstand zijn ook de effecten van de aanpassingsscenario's op de diepte grondwaterstijghoogte in beeld gebracht (bijlage 3, kaarten 37 tot en met 39). De effecten van scenario 3 (bijlage 3, kaart 39) zijn het grootst ten oosten van Assen en lopen bij Borger lokaal op tot ruim 50 cm. De uitstraling buiten het deelgebied 2 is maximaal 4 km.

5.5 Bosomvorming

Bij bandbreedtescenario 2 zijn de gezamenlijke effecten onderzocht van maatregelen in de ontwatering en afwatering inclusief bosomvorming, afkoppeling van verhard oppervlak en het stoppen van de twee drinkwaterwinningen op het Drents Plateau. Bij aanpassingscenario 3 zijn alleen de maatregelen in de ontwatering en afwatering toegepast. Het verschil tussen de effecten van beide scenario's geeft inzicht in de effecten van overige drie genoemde maatregelen. Hierbij dient direct de kanttekening te worden gemaakt dat het watersysteem niet lineaire eigenschappen heeft zoals een meer dan evenredige toename van de ontwateringsflux bij ondiepe grondwaterstanden. De hier beschouwde effecten van bosomvorming, afkoppeling en waterwinning gelden voor de nattere situatie na ingrepen in de ontwatering en afwatering. In de huidige (=drogere) situatie kunnen dezelfde maatregelen een groter effect op de grondwaterstand hebben.

De extra voeding door bosomvorming en afkoppeling leidt deels tot een extra grondwatervoorraad (=hogere grondwaterstanden) maar zal ook andere componenten van de waterbalans beïnvloeden (zoals een grotere ontwateringsflux). In de modelsimulaties met MIPWA is met deze interacties rekening gehouden.

5.5.1 Effect om grondwaterstanden

De verandering van de GHG en GLG als gevolg van de drie maatregelen bosomvorming, afkoppeling en het stoppen van de waterwinningen Beilen en Leggeloo is weergegeven op kaarten 40 en 41. De effecten van bosomvorming op de GHG zijn op de meeste plaatsen kleiner dan 10 cm. Alleen in het bosgebied bij Schoonloo en tussen Gieten en Borger worden effecten van meer dan 10 cm berekend. In het noorden van Emmen zijn de effecten van afkoppeling op de GHG groter dan 10 cm.

De effecten van de drie maatregelen op de GLG zijn in het algemeen groter dan op de GHG. Vooral in de drogere naaldbosgebieden zonder ontwateringsmiddelen worden effecten van meer dan 10 cm berekend (Schoonloo, Gieten-Borger, Dwingelerveld, Diever, 't Hooge Loo).

Als gevolg van de maatregel afkoppeling wordt in de grotere stedelijke kernen (Assen, Emmen) een GLG-verlaging van meer dan 10 cm berekend. Dit is in strijd met de extra grondwateraanvulling die door afkoppeling wordt gerealiseerd. De oorzaak ligt in het toegepaste modelconcept voor deze maatregel waarbij het stedelijke grondgebruik is vervangen door grasland. Hierdoor wordt in het zomerhalfjaar (ten onrechte) meer verdamping gesimuleerd. De waterwinningen Beilen en Leggeloo hebben lokaal een significant effect op de GLG.

De effecten van bosomvorming op de grondwaterstanden en de grondwatervoorraad in de winter (GHG) zijn gering omdat de extra grondwatervoeding grotendeels tot afstroming komt naar ontwateringsmiddelen in de omgeving. Tijdens het groeiseizoen wordt een groter deel van de extra voeding geborgen in het grondwater waardoor in de drogere bosgebieden een significante GLG-verhoging optreedt. Vaak zijn dit niet dezelfde bospercelen waar ontwateringsmaatregelen worden getroffen zodat bosomvorming een goede aanvulling kan zijn op aanpassingsscenario 3.

5.5.2 Effect op waterbalans

Het effect van de maatregelen bosomvorming, afkoppeling en stoppen van twee drinkwaterwinningen op de grondwaterfluxen is afgeleid uit de waterbalansen van bandbreedtescenario 2 en aanpassingsscenario 3 (zie bijlage 5 tabellen b5.4 tot en met b5.7).

Bij bandbreedtescenario 2 neemt de netto grondwata aanvulling in Drenthe met 0,5 en bij aanpassingsscenario 3 met 7 miljoen m³/jaar af. De maatregelen bosomvorming en afkoppelen veroorzaken dus samen een extra voeding van 6,5 miljoen m³/jaar. De infiltratie van oppervlaktewater neemt echter met 1 miljoen m³/jaar af. Samen met het stoppen van twee drinkwaterwinningen (4 miljoen m³/jaar) komt dus 9,5 miljoen m³/jaar extra water beschikbaar. Van deze extra voorraad komt echter 90 % direct tot afstroming naar drainerende waterlopen. De diepe grondwaterstroming over de rand van het Drents Plateau neemt met circa 1 miljoen m³/jaar en de grondwaterstroming over de provinciegrens met 0,5 miljoen m³/jaar toe als gevolg van de maatregelen bosomvorming, afkoppeling en het stoppen van twee drinkwaterwinningen.

5.6 Conclusies effectiviteit afzonderlijke maatregelen

Uit de onderlinge vergelijking van de grondwatereffecten en waterbalansen volgt dat het dempen van watergangen in de EHS het meest effectief is voor het realiseren van extra grondwatervoorraad met zo min mogelijk risico op overlast. Het verhogen van de beekpeilen, het verwijderen van landbouwdrainage en bosomvorming hebben op lokaal schaalniveau een extra toegevoegde waarde.

6 Vuistregels benutting grondwatervoorraad

6.1 Inleiding

In de vorige hoofdstukken is onderzocht

- Hoe de huidige grondwaterbalans van de provincie Drenthe is opgebouwd
- Hoe deze balans zou kunnen veranderen bij verschillende klimaatscenario's en
- In welke mate de waterbalans kan worden beïnvloed door het treffen van maatregelen in het watersysteem

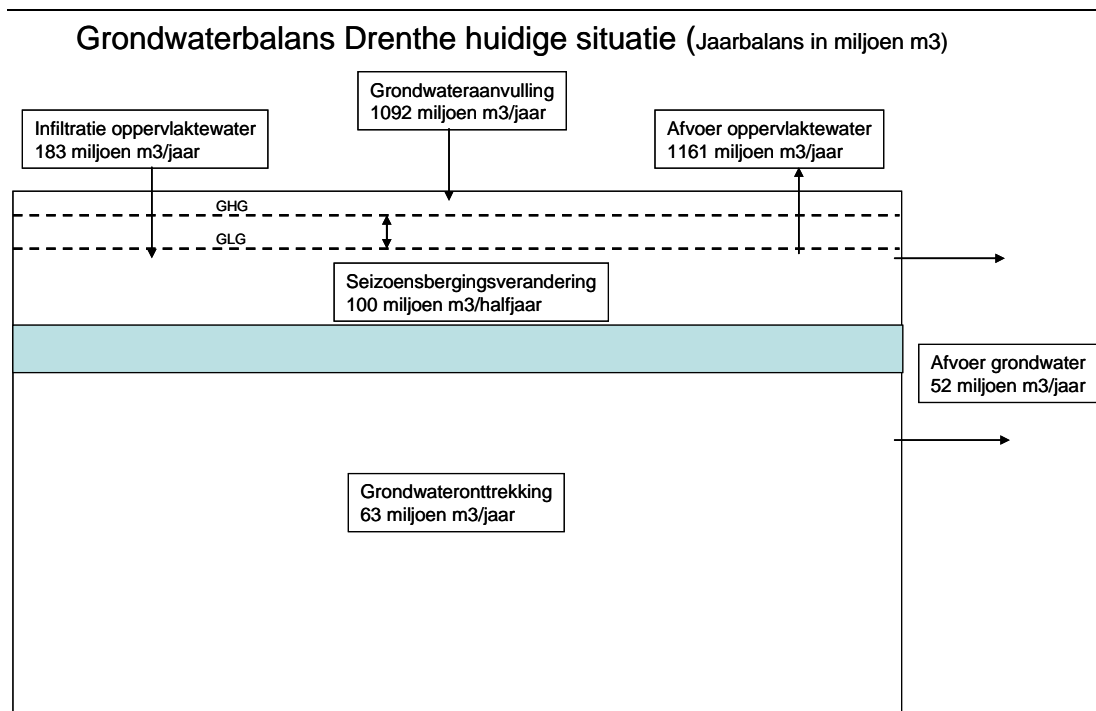
In dit hoofdstuk wordt aan de hand van de berekende grondwaterstanden en waterbalansen de grondwatervoorraad nader beschreven aan de hand van vuistregels. Tevens wordt aangegeven hoe de (extra) grondwatervoorraad bij bepaalde toekomstscenario's zou kunnen worden benut voor de landbouw, de natuur en voor drinkwaterwinning.

6.2 Wat is de te benutten grondwatervoorraad

Uit de grondwaterbalans van de huidige situatie (tabel 2.1 en figuur 6.1) kan worden afgeleid dat op jaarbasis zeer grote hoeveelheden water circuleren binnen het grondwatersysteem van de provincie Drenthe. Het watersysteem wordt gevoed door grondwateraanvulling (1.092 miljoen m³/jaar) en infiltratie van (deels van buiten de provincie aangevoerd) oppervlaktewater (183 miljoen m³/jaar). De belangrijkste uitgaande balanstermen zijn afvoer van drainagewater via het oppervlaktewater (1.161 miljoen m³/jaar) en de grondwaterstroming over de provinciegrens (52 miljoen m³/jaar). Van de totale waterstroom wordt circa 5 % (63 miljoen m³/jaar) onttrokken voor drinkwater, industrie en beregening.

De grondwateraanvulling varieert sterk over de seizoenen, tussen 142 miljoen m³ in het zomerhalfjaar en 956 miljoen m³ in het winterhalfjaar. Dit leidt tot vergelijkbare fluctuaties in de wateraanvoer en waterafvoer. Omdat de grondwaterstand in beide situaties streeft naar een nieuw evenwicht ontstaat hierdoor tevens een bergingsterm in de grondwaterbalans. Door de dalende grondwaterstand komt in het zomerhalfjaar circa 100 miljoen m³ grondwater vrij uit berging die deels wordt gebruikt door de vegetatie (verdamping) en in het volgende winterhalfjaar weer wordt aangevuld.

Door klimaatverandering en door maatregelen in het watersysteem zullen de genoemde waterstromen veranderen. Daarbij kunnen ook de gemiddelde grondwaterstand en de seizoensfluctuatie, en dus de grondwatervoorraad, wijzigen. Voor landbouw en natuur zijn de grondwatervoorraad tijdens het zomerhalfjaar bepalend voor optimale groeiomstandigheden. Voor kwelafhankelijke natuur is tevens de (regionale) kwelflux van belang. Voor waterwinning is de gemiddelde grondwatervoorraad over het jaar maatgevend.

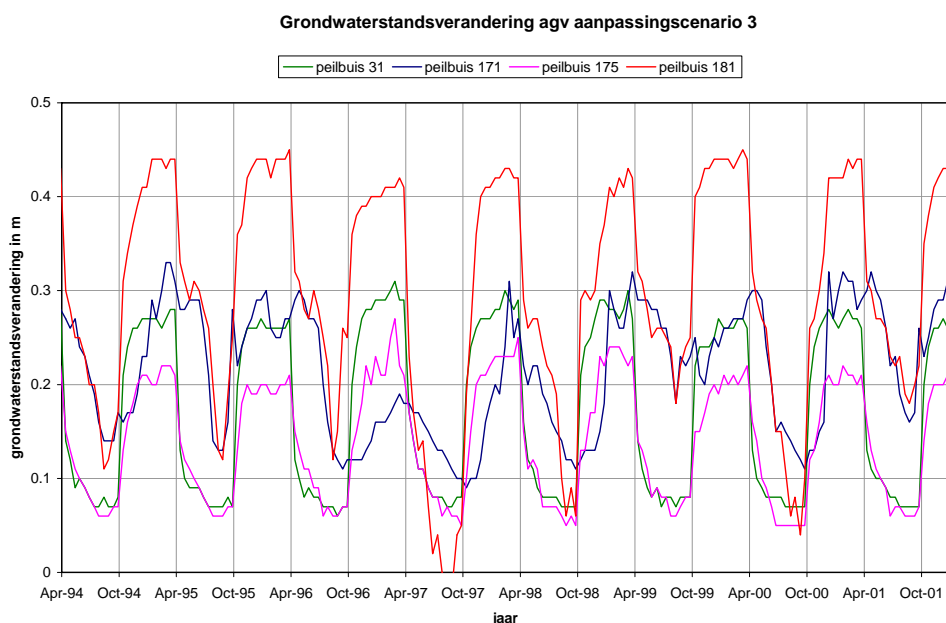


Figuur 6.1 Grondwaterbalans provincie Drenthe

De maximaal te benutten grondwatervoorraad voor de landbouw, de natuur en/of waterwinning kan niet los gezien worden van de nog toelaatbare effecten op het grondwaterregime. Wanneer meer grondwater wordt benut dan wordt aangevuld zullen de grondwaterstanden lager worden dan in de huidige situatie en mogelijk ontoelaatbare effecten veroorzaken. Als referentie voor de effectbeoordeling is de huidige grondwatersituatie gekozen. Dit betekent dat de veranderingen van de grondwatervoorraad door autonome ontwikkelingen (klimaatverandering) en door maatregelen zijn bepaald ten opzichte van de huidige situatie.

Binnen het watersysteem van Drenthe kan een extra grondwatervoorraad worden opgeslagen door het vergroten van de aanvoer en/of het verminderen van de afvoer. Dit moet op jaarbasis of seizoensbasis leiden tot een hogere grondwaterstand. Omdat de aanvoer van grondwateraanvulling en afvoer van drainagewater in het winterhalfjaar vele malen groter zijn dan in de zomer ligt het voor de hand om in het winterhalfjaar extra voorraad op te bouwen die in het zomerhalfjaar kan worden benut (voor landbouw en natuur).

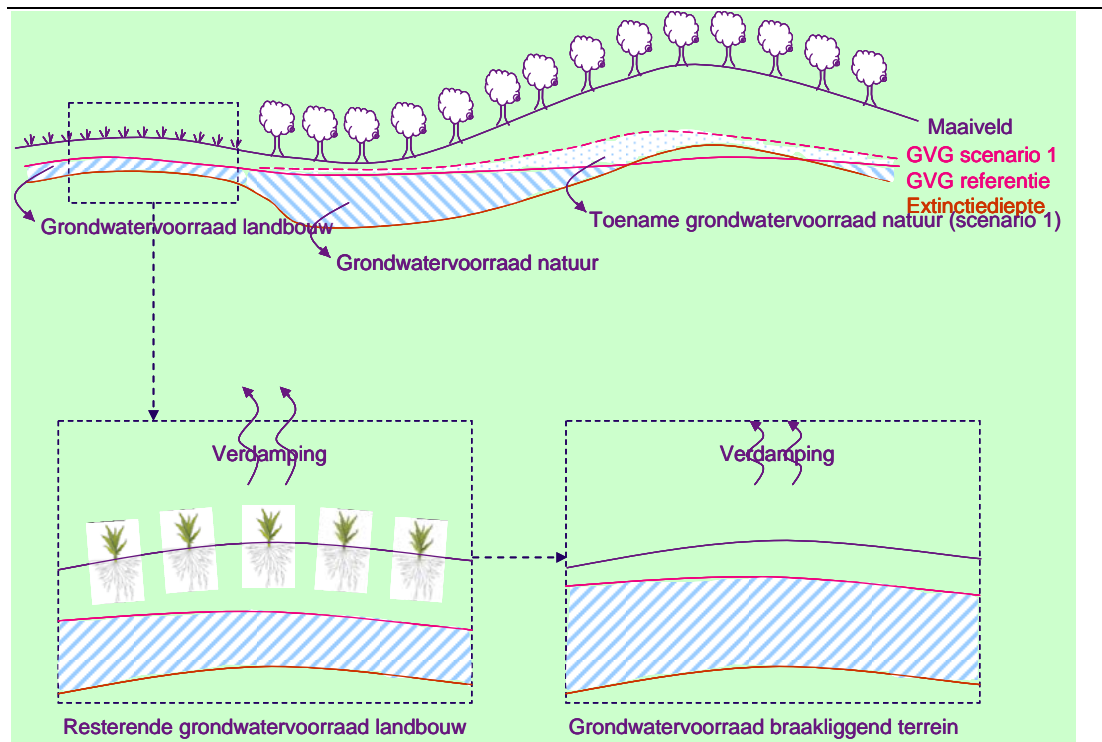
In figuur 6.2 zijn de tijdsafhankelijke effecten van aanpassingsscenario 3 weergegeven op de grondwaterstanden bij de vier representatieve peilbuislocaties (voor locaties zie kaart 1). Te zien is dat de effecten vooral in het winterhalfjaar optreden (verhoging 20 tot 45 cm) maar dat ook in het zomerhalfjaar de grondwaterstanden hoger worden dan in de huidige situatie (8 tot 15 cm).



Figuur 6.2 Tijdsafhankelijke effecten aanpassingsscenario 3 op grondwaterstanden

6.2.1 Grondwatervoorraad voor vegetatie

De grondwatervoorraad die beschikbaar is voor de vegetatie in het zomerhalfjaar is bepaald op basis van de gemiddelde grondwaterstand aan het begin van het groeiseizoen. Deze grondwaterstand komt ongeveer overeen met Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG). Omdat een diep onder maaiveld gelegen GVG niet via capillaire nalevering op natuurlijke wijze kan worden benut door de vegetatie (eventueel wel via kunstmatige beregening) is de grondwatervoorraad tevens gerelateerd aan de zogenoemde extinctiediepte (figuur 6.3). De extinctiediepte is afhankelijk van het bodemtype en betreft de grondwaterstandsdiepte waarbij nog een capillaire nalevering mogelijk is van maximaal 1 mm/dag (potentiële verdamping is circa 3 mm/dag). Bij diepere grondwaterstanden kan de grondwatervoorraad onvoldoende worden benut voor het gewas. De grondwatervoorraad bij de diverse scenario's is bepaald aan de hand van de waterschijf tussen de GVG en de extinctiediepte maal de freatische bergingscoëfficiënt.



Figuur 6.3 Benutbare grondwateraanvulling op basis van GVG en extinctiediepte

Bij bovengenoemde methode kan de kanttkening worden gemaakt dat de berekende GVG bij een maatregelenscenario reeds beïnvloed is door een verandering van de capillaire nalevering en de actuele verdamping. Hierdoor wordt (een deel van) de extra grondwateraanvulling als gevolg van de maatregelen in de modelsimulatie al benut door de vegetatie. Om die reden kan de berekende toename van de actuele verdamping in het zomerhalfjaar (=afname grondwateraanvulling) ook als extra grondwateraanvulling voor de vegetatie worden gezien (figuur 6.3).

6.2.2 Grondwateraanvulling voor waterwinning

De (extra) grondwateraanvulling voor waterwinning kan niet eenvoudig worden gerelateerd aan de grondwaterstanden. In principe zou de grondwaterstandsverhoging als gevolg van maatregelen weer teniet mogen worden gedaan door extra grondwateronttrekking. Vanwege de grote ruimtelijke spreiding van de effecten is dit praktisch gezien echter niet uitvoerbaar.

Een betere benadering van de extra grondwatervoorraad voor waterwinning is de toename van de horizontale grondwaterstroming via het diepe pakket over de randen van het Drents Plateau (figuur 5.5). De extra grondwaterstroming over de provinciegrenzen geeft een indicatie van de extra winbare hoeveelheid in de aangrenzende provincies.

6.3 Verandering grondwatervoorraad

In het winterhalfjaar wordt een grondwatervoorraad opgebouwd (door neerslagoverschot) waarop in het zomerhalfjaar weer wordt ingeteerd (verdampingoverschot). De grondwatervoorraad aan het begin van het groeiseizoen (bij GVG) is daarom een goede maat voor de beschikbaarheid van grondwater voor planten (natuur en landbouw). De grondwatervoorraad aan het einde van het groeiseizoen (bij GLG) hoeft niet te worden benut door de planten vanwege het neerslagoverschot in het volgende winterhalfjaar en de geringe gewasverdamping.

De toename van de grondwateraanvulling en/of afname van de ontwatering vertaald zich over het jaar gemiddeld in een toename van de grondwatervoorraad in combinatie met een toename van de grondwaterstroming naar de omgeving van het Drents Plateau.. Deze extra grondwaterstroming kan in principe worden benut door een (sterk gespreide) grondwateronttrekking zonder dat de voorraadvorming hierdoor wordt verstoord. De grondwatervoorraad bij GLG is een goede indicator om het netto effect van klimaatverandering en compenserende maatregelenscenario's aan het einde van het groeiseizoen te beschrijven.

6.3.1 Verandering grondwatervoorraad voor landbouw en natuur

De berekende grondwateraanvulling aan het begin en het einde van het groeiseizoen op basis van de GVG en GLG, de extinctiediepte en de bergingscoëfficiënt is per modelscenario weergegeven in tabel 6.1.

Grondwatervoorraad bij GVG

In de huidige situatie bedraagt de totale grondwatervoorraad bij GVG circa 405 miljoen m³, waarvan circa 313 miljoen m³ beschikbaar is voor de landbouw en 63 miljoen m³ voor de natuur. Bij de klimaatscenario's G en W neemt de grondwatervoorraad bij GVG respectievelijk 9 en 17 miljoen m³ toe als gevolg van de nattere winters. Bij de klimaatscenario's G+ en W+ neemt de grondwatervoorraad bij GVG met 7 tot 14 miljoen m³ af omdat de jaarlijkse grondwateraanvulling netto afneemt door de extra verdamping en droogte in de zomer.

De grootste afname van de grondwatervoorraad bij GVG treedt op bij scenario W+ in combinatie met stopzetting van de infiltratie van oppervlaktewater, namelijk 32 miljoen m³ (dit is worstcase voor stopzetting van wateraanvoer). Ook dit maximale verlies bij GVG kan nog worden gecompenseerd door de extra grondwatervoorraad die wordt gerealiseerd met bandbreedtescenario 2 of aanpassingscenario 3.

Grondwatervoorraad bij GLG

De huidige totale grondwatervoorraad bij GLG bedraagt circa 177 miljoen m³, waarvan circa 147 miljoen m³ beschikbaar is voor de landbouw en 18 miljoen m³ voor de natuur.

Bij de klimaatscenario's G en W blijft de grondwatervoorraad bij GLG ongeveer gelijk. Bij de klimaatscenario's G+ en W+ neemt de grondwatervoorraad bij GLG met respectievelijk 19 en 36 miljoen m³ af door extra verdamping en minder neerslag in de zomer.

De effecten van de aanpassingsscenario's op de grondwatervoorraad bij GLG variëren tussen 7 en 12 miljoen m³, en zijn ruim de helft kleiner dan de effecten bij GVG. De effecten van de klimaatscenario's G+ en W+ op de GLG kunnen niet volledig worden gecompenseerd met deze maatregelen.

Tabel 6.1 Verandering grondwatervoorraad bij GVG en GLG

Scenario	Grondwatervoorraad in miljoen m ³ bij GVG			Grondwatervoorraad in miljoen m ³ bij GLG		
	Totaal	Landbouw	Natuur	Totaal	Landbouw	Natuur
Referentie	405	313	63	177	147	18
Referentie zonder infiltratie	391	302	62	147	121	17
G	414	319	65	177	147	19
G+	397	309	61	157	132	15
W	422	325	67	176	147	19
W+	390	304	59	141	119	13
G zonder infiltratie	400	308	64	148	121	17
W+ zonder infiltratie	372	289	57	104	86	11
Bandbreedte 1	413	318	66	180	149	19
Bandbreedte 2	441	337	74	191	156	23
Scenario 1	421	322	70	183	151	21
Scenario 2	430	329	71	188	154	22
Scenario 3	438	335	72	189	155	22
Scenario	Verandering grondwatervoorraad bij GVG in miljoen m ³			Verandering grondwatervoorraad bij GLG in miljoen m ³		
	Totaal	Landbouw	Natuur	Totaal	Landbouw	Natuur
Referentie zonder infiltratie	-13	-11	-1	-30	-26	-2
G	9	6	2	0	0	0
G+	-7	-4	-2	-19	-15	-3
W	17	12	4	-1	-1	0
W+	-14	-9	-4	-36	-28	-5
G zonder infiltratie	-4	-5	1	-29	-26	-2
W+ zonder infiltratie	-32	-24	-6	-73	-61	-7
Bandbreedte 1	8	5	3	3	2	1
Bandbreedte 2	36	23	11	14	9	5
Scenario 1	16	9	7	7	4	3
Scenario 2	25	15	9	11	7	4
Scenario 3	33	22	10	12	8	4

6.3.2 Verandering grondwatervoorraad voor waterwinning

De toename van de grondwaterstroming over de randen van het Drentse Plateau bedraagt bij bandbreedtescenario 2 circa 13 miljoen m³/jaar. In dit scenario zijn echter twee bestaande winningen op het Drents Plateau stopgezet met een capaciteit van 4 miljoen m³/jaar. De netto beschikbaarheid van extra grondwater voor waterwinning bedraagt daarmee 9 miljoen m³/jaar.

Bij de aanpassingsscenario's 1 tot en met 3 bedraagt de extra grondwaterafvoer over de rand van het Drents Plateau respectievelijk 5, 10 en 12 miljoen m³/jaar. Bij een totale lengte van 143 km is de extra grondwaterstroming over de rand van het Drents Plateau 0,08 miljoen m³/jaar per strekkende kilometer bij scenario 3. Om deze grondwaterflux te benutten voor waterwinning is een sterke spreiding van de onttrekking nodig.

6.4 Vuistregels voor benutting grondwatervoorraad

Aan de hand van de waterbalansen uit MIPWA en de berekende verandering van de grondwatervoorraad kunnen nu vuistregels worden beschouwd voor de benutting van de (extra) grondwatervoorraad. Deze beide gegevens zijn niet 1 op 1 onderling vergelijkbaar. De waterbalansen beschrijven de gemiddelde grondwaterfluxen en de seizoensdynamiek in de grondwaterberging. De toekomstige grondwatervoorraad bij GVG en GLG beschrijft een hydrologische situatie. Deze nieuwe grondwatervoorraad is in evenwicht met de veranderde grondwaterfluxen en het nieuwe seizoensregime na uitvoering van alle maatregelen. De extra grondwaterraad bij GVG (33 miljoen m³ bij scenario 3) kan niet jaarlijks worden benut voor verschillende doelen. Dit zou namelijk betekenen dat na 1 jaar het huidige grondwaterstandregime zich opnieuw instelt met de bijbehorende huidige grondwaterfluxen. De beschreven extra voorraad bij GVG is **nodig** om de verschillende fluxveranderingen in de grondwaterbalans te realiseren. En via deze fluxveranderingen vindt ook de (gedeeltelijke) benutting van deze extra grondwatervoorraad plaats.

De benutting van grondwater voor natuur en landbouw vindt plaats via de actuele verdamping en voor natuur eventueel door een extra kwelflux in de beekdalen buiten het Drents Plateau. De benutting van grondwater voor waterwinning kan plaatsvinden door aftapping van de extra horizontale grondwaterstroming vanaf het Drents Plateau. In tabel 6.2 zijn de belangrijkste veranderingen in de waterbalans van het Drents Plateau voor scenario 1 tot en met 3 weergegeven.

Bij scenario 1 wordt de grondwatervoorraad op het Drents Plateau in het winterhalfjaar met 8,4 miljoen m³ aangevuld door verminderde drainage. Dit water wordt verdeeld over extra verdamping (2,6) en extra seizoensberging (2,5) of stroomt via het grondwater af naar de omgeving (3,1). De extra berging in het winterhalfjaar leidt tot extra verdamping in het zomerhalfjaar. Deze extra verdamping komt ten goede aan de natuur en de landbouw op het plateau. De extra grondwaterstroming van het plateau naar de omgeving kan worden benut voor (gespreide) waterwinning of voor kwelafhankelijke natuurwaarden in de beekdalen buiten het plateau. Vergelijkbare rekenvoorbeelden kunnen worden gemaakt voor de andere scenario's in tabel 6.2.

De verandering van de grondwatervoorraad bij GVG en GLG geeft een goede indicatie of toekomstige extra watertekorten in het groeiseizoen bij verschillende klimaatscenario's balansmatig kunnen worden opgevangen door middel van extra voorraadvorming in het winterhalfjaar.

De klimaatscenario's G en W hebben geen negatief effect op de grondwatervoorraad. De extra voorraad bij GVG door aanpassingsscenario 3 is voldoende om de afname door de klimaatscenario's G+ en W+ bij GVG te compenseren. Rond GLG treedt bij deze klimaatscenario's echter nog steeds een netto afname van de grondwatervoorraad op.

Tabel 6.2 Vuistregels benutting grondwatervoorraad Drents Plateau

Verandering grondwatervoorraad in miljoen m3	scenario 1	scenario 2	scenario 3
winterhalfjaar			
Voeding door minder afvoer Drents Plateau	8,4	12,9	19,9
Toename berging Drents Plateau	-2,5	-3,4	-6,1
Extra verdamping of runoff Drents Plateau	-2,6	-3,3	-6,0
Extra grondwaterstroming naar omgeving plateau	-3,1	-6,0	-7,6
extra opwaartse grondwaterflux buiten plateau	2,4	4,8	5,8
extra grondwaterstroming over provinciegrens	0,7	1,2	1,8
zomerhalfjaar			
Voeding door minder afvoer Drents Plateau	0,8	1,7	-2,0
Toename berging Drents Plateau	2,8	4,3	7,3
Extra verdamping of runoff Drents Plateau	-1,5	-2,1	-0,9
Extra grondwaterstroming naar omgeving plateau	-2,0	-3,6	-4,2
extra opwaartse grondwaterflux buiten plateau	1,4	2,6	3,1
extra grondwaterstroming over provinciegrens	0,6	1,0	1,1
jaar			
Voeding door minder afvoer Drents Plateau	9,1	14,6	17,9
Toename berging Drents Plateau	0,2	1,0	1,4
Extra verdamping of runoff Drents Plateau	-4,1	-5,4	-6,9
Extra grondwaterstroming naar omgeving plateau	-5,0	-9,7	-11,8
extra opwaartse grondwaterflux buiten plateau	3,6	7,4	8,9
extra grondwaterstroming over provinciegrens	1,4	2,3	2,9

7 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

7.1 Samenvatting

Huidige situatie

Met behulp van het grondwatermodel MIPWA is een gedetailleerde grondwaterbalans van de provincie Drenthe opgesteld. In deze waterbalans zijn alle in- en uitgaande waterstromen gekwantificeerd op jaarbasis en voor het zomer- en winterhalfjaar. Hieruit volgt dat de grondwateraanvulling en de drainage van grondwater naar het oppervlaktewater de belangrijkste balanstermen zijn (circa 1.100 miljoen m³/jaar). Daarnaast hebben de infiltratie van oppervlaktewater (circa 180 miljoen m³/jaar) en de seizoensberging in het grondwater (circa 100 miljoen m³) een belangrijke invloed op de waterbalans. Ongeveer 5 % van de totale waterstroom wordt onttrokken voor drinkwater, industrie en beregening en circa 4 % stroomt via het grondwater af over de provinciegrens.

Klimaatverandering

Als gevolg van klimaatverandering kan de voeding van het grondwatersysteem van Drenthe op jaarbasis zowel toenemen (scenario G en W) als afnemen (scenario G+ en W+). Met name de waterbalans van het zomerhalfjaar is gevoelig voor watertekorten. Bij de scenario's G+ en W+ worden deze tekorten aanzienlijk groter. Een toename van de voeding in de winter heeft vooral invloed op de grondwaterstanden ter plaatse van de Hondsrug (GHG-verhoging 10-50 cm). Een afname van de voeding in de zomer leidt in grote delen van Drenthe tot een GLG-verlaging tussen 10 en 50 cm. Wanneer de infiltratie van oppervlaktewater volledig stopt (worstcase voor stoppen wateraanvoer) zullen kunnen deze verlagingen nog een factor 2 groter worden.

Maatregelen

In de Grondwatervisie van de provincie Drenthe is de optimalisatie van de verdeling van voldoende grondwater van een goede kwaliteit een speerpunt van het beleid. Een mogelijke oplossingsrichting voor toekomstige watertekorten is het creëren van extra grondwatervoorraad in het winterhalfjaar zodat in het zomerhalfjaar (en jaarrond) voldoende water beschikbaar is. De beschikbare grondwatervoorraad kan worden vergroot door vergroting van de voeding of door vermindering van de afvoer.

Effecten bandbreedtescenario's

De hydrologische haalbaarheid van een extra grondwatervoorraad onder het inziingsgebied van het Drents Plateau is verkend aan de hand van twee bandbreedtescenario's met een combinatie van verschillende typen maatregelen:

- Dempen watergangen in EHS
- Verhogen beekpeilen
- Verwijderen landbouwdrainage en verhogen slootpeilen
- Afkoppelen verhard oppervlak
- Omzetten van naaldbos naar loofbos
- Stopzetten drinkwaterwinningen Beilen en Leggeloo (geen verplaatsing)

Bij toepassing van dit maatregelenpakket op het gehele Drents Plateau (bandbreedtescenario 2) treden op het plateau significante grondwaterstandsverhogingen op (GHG-verhoging 10 tot 50 cm) met natuurwinst, maar mogelijk ook overlast voor landbouw en stedelijk gebied. De grondwaterstandsverandering buiten het plateau is gering maar de waterbalans wordt wel beïnvloed door een toename van de grondwaterstroming naar de omgeving van het plateau. Bij de bandbreedtescenario's zijn op het Drents Plateau twee drinkwaterwinningen (4 miljoen m³/jaar) gestopt. Om de totale huidige onttrekkingscapaciteit in Drenthe te behouden dient hiervoor een alternatieve locatie buiten het Drents Plateau te worden gezocht.

Effect afzonderlijke maatregelen

Van de drie genoemde ontwateringsmaatregelen uit bovenstaande lijst is het dempen van watergangen binnen de EHS op een regionaal schaalniveau het meest effectief. De uitstraling van de grondwaterstandverhoging naar percelen buiten de EHS is op de meeste plaatsen beperkt tot maximaal enkele honderden meters maar kan lokaal oplopen tot circa 2 km. De effecten van beekpeilverhogingen blijven op de meeste plaatsen beperkt tot de beekdalen zelf. Ook de effecten door verwijdering van landbouwdrainage zijn vrij lokaal van aard.

De drie maatregelen samen leiden op het Drents Plateau tot een vrijwel vlakdekkende verhoging van de GHG met 20 tot 50 cm en in mindere mate tot een verhoging van de GLG. Vanaf het Drents Plateau treedt hierdoor een extra grondwaterstroming op van 12 miljoen m³/jaar en buiten het plateau een extra opwaartse grondwaterflux van 9 miljoen m³/jaar (afname wegzijging of toename kwel). De huidige grondwaterstroming over de provinciegrens neemt met 2 miljoen m³/jaar toe.

De maatregelen bosvorming en afkoppeling dragen lokaal bij aan een extra grondwatervoorraad (zie paragraaf 5.6). De totale voeding van grondwatersysteem neemt met netto 5,5 miljoen m³/jaar toe maar dit water komt grotendeels tot afstroming naar de (resterende) drainerende waterlopen.

Verandering grondwatervoorraad

In lijn met de Grondwatervisie is onderzocht op welke wijze de (extra) grondwatervoorraad in de provincie Drenthe kan worden ingezet voor de functies landbouw, natuur en waterwinning. De grondwatervoorraad wordt door de natuur en de landbouw op natuurlijke wijze benut middels capillaire nalevering via de onverzadigde zone (voor landbouw eventueel ook door middel van grondwateronttrekking voor beregening). Een verhoging van de grondwaterstand leidt dan ook tot een betere benutting van de grondwatervoorraad door de vegetatie. De voor de vegetatie beschikbare grondwatervoorraad aan het begin en einde van het groeiseizoen is gekwantificeerd op basis van de GVG en GLG en de extinctiediepte waarboven capillaire nalevering mogelijk is. Volgens deze methode bedraagt de huidige grondwatervoorraad bij GVG 405 miljoen m³ en bij GLG 177 miljoen m³.

De verandering van de grondwatervoorraad bij GVG bij verschillende klimaatscenario's laat zien (tabel 6.1) dat zoveel een toename (9 tot 17 miljoen m³ bij scenario G en W) als een afname kan optreden (7 tot 14 miljoen m³ bij scenario G+ en W+). De grondwatervoorraad bij GLG blijft bij scenario G en W gelijk en neemt bij de scenario's G+ en W+ met respectievelijk 19 en 36 miljoen m³ af.

De effecten van de aanpassingsscenario's op de grondwatervoorraad bij GLG zijn ruim de helft kleiner dan de effecten bij GVG (respectievelijk 7 tot 12 en 16 tot 33 miljoen m³). De afname van de grondwatervoorraad door de droge klimaatscenario's G+ en W+ kan bij GVG wel maar bij GLG niet volledig gecompenseerd worden met de onderzochte maatregelen.

De extra grondwatervoorraad voor waterwinning buiten het Drents Plateau is gerelateerd aan de verandering van de diepe grondwaterstroming vanaf het plateau. Bij de aanpassingsscenario's 1 tot en met 3 bedraagt de extra grondwaterstroming over de rand van het Drents Plateau respectievelijk 5, 10 en 12 miljoen m³/jaar.

Vuistregels benutting grondwatervoorraad

De benutting van grondwater voor natuur en landbouw vindt plaats via de actuele verdamping (afname grondwateraanvulling) en voor natuur mogelijk ook via een extra kwelflux in de beekdalen buiten het Drents Plateau. Bij aanpassingsscenario 3 neemt de actuele verdamping op het Drents Plateau met circa 7 miljoen m³/jaar toe. De opwaartse grondwaterflux buiten het Drents Plateau wordt 9 miljoen m³/jaar groter (toename 20 %). Afhankelijk van de plaats in het lokale watersysteem betekent dit een afname van de wegzijging of een toename van de kwel. De extra beschikbaarheid van kwelwater voor de natuur is op dit schaalniveau niet nader onderzocht.

De diepe, horizontale grondwaterstroming over de randen van het plateau neemt bij scenario 3 met 12 miljoen m³/jaar toe. Deze stroming kan eventueel (deels) worden benut voor extra grondwaterwinning. De rand van het Drents Plateau heeft een totale lengte van circa 143 kilometer. De extra grondwaterstroming per strekkende kilometer is 0,08 miljoen m³/jaar. Een centrale benutting van deze grondwatervoorraad is kostentechnische en maatschappelijk moeilijk realiseerbaar vanwege de zeer grote spreiding van een dergelijke winning. Waarschijnlijk is een verspreide onttrekking voor beregening van landbouwgronden wel haalbaar.

7.2 Conclusies

De onderzoeksresultaten geven een goed inzicht in de mogelijke toekomstige verandering van de grondwaterfluxen en de grondwatervoorraad door klimaatverandering. Tevens is inzichtelijk gemaakt in hoeverre de huidige en toekomstige grondwaterfluxen (en -voorraad) in tijd en ruimte kunnen worden geoptimaliseerd door middel van maatregelen.

De extra grondwatervoorraad kan worden ingezet voor een groeiende toekomstige vraag en tevens als oplossingsrichting voor watertekorten door klimaatverandering. De effecten van klimaatscenario's en maatregelen op de grondwatervoorraad zijn samengevat in tabel 7.1. De effecten van de minder extreme klimaatscenario's G en W in het groeiseizoen kunnen balansmatig goed worden gecompenseerd door extra voorraadvorming op het Drents Plateau in het winterhalfjaar. Voor de droge klimaatscenario's G+ en W+ is volledige compensatie van het extra watertekort in het groeiseizoen bij GLG niet goed mogelijk. Het tekort kan nog aanzienlijk groter worden door het (tijdelijk) wegvallen van de wateraanvoer naar de provincie Drenthe.

Tabel 7.1 Verandering grondwatervoorraad bij verschillende toekomstscenario's

Verandering jaarbalans Drenthe in miljoen m3	referentie	scenario	scenario	scenario	scenario
		G	G+	W	W+
Referentie					
Toename netto afvoer naar oppervlaktewater		53	-62	104	-112
Toename grondwateraanvulling		55	-58	108	-104
Toename grondwaterafvoer provinciegrens		0	0	0	1
Toename grondwatervoorraad bij GVG		9	-7	17	-14
Toename grondwatervoorraad bij GLG		0	-19	-1	-36
Scenario 1					
Toename netto afvoer naar oppervlaktewater	-5,2				
Toename grondwateraanvulling	-3,9				
Toename grondwaterafvoer provinciegrens	0,8				
Toename grondwatervoorraad bij GVG	16	25	9	33	2
Toename grondwatervoorraad bij GLG	7	7	-12	6	-29
Scenario 2					
Toename netto afvoer naar oppervlaktewater	-6,9				
Toename grondwateraanvulling	-4,6				
Toename grondwaterafvoer provinciegrens	1,6				
Toename grondwatervoorraad bij GVG	25	34	18	42	11
Toename grondwatervoorraad bij GLG	11	11	-8	10	-25
Scenario 3					
Toename netto afvoer naar oppervlaktewater	-8,6				
Toename grondwateraanvulling	-7,0				
Toename grondwaterafvoer provinciegrens	1,9				
Toename grondwatervoorraad bij GVG	33	42	26	50	19
Toename grondwatervoorraad bij GLG	12	12	-7	11	-24

De ruimtelijke verdeling van de watervraag en het wateraanbod is eveneens een aandachtspunt. De maatregelen met voorraadvorming op het Drents Plateau geven slechts weinig uitstraling op de grondwaterstanden in het aangrenzende gebied. Dit betekent dat de Veenkoloniën en de gebieden ten noorden van Assen en ten zuiden van de lijn Emmen-Hoogeveen-Meppel) niet op natuurlijke wijze kunnen profiteren van de extra grondwatervoorraad en hier nog steeds een netto verlaging van de GLG mag worden verwacht bij extreme klimaatscenario's

Door de extra grondwatervoorraad op het Drents Plateau neemt de grondwaterstroming over de provinciegrens met 2 miljoen m³/jaar (4 %) toe. De voordelen voor de grondwaterhuishouding in de aangrenzende provincies zijn dan ook gering.

7.3 Aanbevelingen

De haalbaarheid van een extra grondwatervoorraad onder het Drents Plateau die in de toekomst kan worden benut voor landbouw, natuur en waterwinning is voornamelijk beoordeeld op hydrologische effectiviteit. Bij deze verkenning van maatregelen is nog geen rekening gehouden met de verwachten overlast voor landbouw en bebouwing op het Drentse Plateau door hogere grondwaterstanden in het winterhalfjaar. Aanbevolen wordt om bij de nadere uitwerking van de visie en het beleid met dit aspect specifiek rekening te houden.

Een gebiedsfunctie grondwaterberging met verschillende vormen van grondgebruik stelt specifieke eisen aan de ontwateringmiddelen. Er is sprake van een ruimtelijk verdelingsvraagstuk. Voor een optimale invulling van de functie grondwaterberging dienen bepaalde (overlastgevoelige) vormen van grondgebruik mogelijk te worden geweerd. Aanbevolen wordt om hierover vroegtijdig een afweging te maken voor verdere hydrologische optimalisatie.

Bij de uitgevoerde berekeningen zijn de effecten van klimaatverandering en maatregelen op de grondwatervoorraad afzonderlijk beschouwd. De effecten van beide veranderingen mogen waarschijnlijk niet zondermeer worden gesuperponeerd (vanwege niet-lineaire interacties). Om de mate van klimaatcompensatie door voorraadvorming nader te onderbouwen wordt aanbevolen om beide veranderingen in combinatie door te rekenen met MIPWA.

Bijlage

1

Onvolkomenheden in MIPWA

MIPWA

Het gehanteerde Mipwa model is een instationair grondwatermodel voor Noord-Nederland. De modelinformatie is opgeslagen in een resolutie van 25x25 m². Het model is opgebouwd uit 7 modellagen. Het model rekent op dagbasis en omvat een totale periode van 1989 tot en met 2004. De afmetingen van het complete Mipwa model zijn 145 km (west-oost) bij 167 km (zuid-noord) en omvat de topografische coördinaten x:145000-29000, y: 448000-615000.

In het modelonderzoek "Grondwaterbalans provincie Drenthe" is gebruik gemaakt van de Mipwa versie van april 2011. Deze modelversie heeft nog een conceptstatus. In het onderzoek is gerekend met schijngrondwaterspiegels (de zogenaamde PWT module binnen Mipwa), die kunnen optreden boven de keileemafzettingen in de provincie.

Hiervoor is het Mipwa model doorgerekend met een aparte iModflow versie, te weten:

imodflow_v2.2.3_capsim_IOV9.exe **3,109,888** **03/15/2010 18:14 -a—**

Onvolkomenheden in MIPWA

Bij de uitvoering van dit onderzoek zijn een aantal onvolkomenheden in de gebruikte iModflow geconstateerd.

- De door iModflow geproduceerde bda-files van capsim bevatten niet de goede actuele verdamping. Het apart meenemen van deze term in de waterbalans was daardoor niet mogelijk. Voor de waterbalansberekeningen is derhalve volstaan met de netto grondwateraanvulling welke wel correct in de bda-files is opgeslagen
- In gebieden met anisotropie wordt niet de juiste "flow right face" (=frf) en "flow front face" (=fff) berekend. Deze fluxen beschrijven de horizontale grondwaterstroming in de verschillende modellagen. De berekende stijghoogten en de overige fluxen zijn wel correct. Deze foute fluxen verstoren de waterbalans. Dit uit zich in foute horizontale balans termen in de modellagen tussen verschillende aansluitende balansgebieden. Handmatig zijn deze fluxen gecorrigeerd zodat een sluitende balans per modellaag en per deelgebied is verkregen
- Bij bepaalde bodem- en/of grondgebruiktypen (vooral bosgebieden) produceert CAPSIM een per tijdstap extreem variërende grondwateraanvulling. Hierdoor worden op het schaalniveau van afzonderlijke modflowcellen extreme (numerieke?) fluctuaties in de grondwaterstand gesimuleerd. Dit lokaal verstoorte grondwaterstandsverloop heeft ook invloed op de effectkaarten op basis van het verschil van twee modelruns. De indruk bestaat dat de gemiddelde grondwaterstand (en het gemiddelde effect) wel van de goede orde van grootte zijn. Dit verschijnsel treedt niet alleen op in hier gebruikte conceptversie van MIPWA maar werd eerder geconstateerd bij vroegere MIPWA versies

- De berekende GLG-verhoging door het verwijderen van landbouwdrainage op de Hondsrug tussen Gieten en Borger is hydrologisch niet verklaarbaar en zeer waarschijnlijk onjuist. Mogelijk is hier sprake van een fout in de invoerdata van MIPWA bij het inbrengen van een zogenaamd 'parelmodel'. MIPWA berekent hier in het winterhalfjaar een schijngrondwaterspiegel die in het zomerhalfjaar verdwijnt. De berekende GLG-verandering in dit gebied is hierdoor minder betrouwbaar.
- De volgende grondwateronttrekkingscijfers in MIPWA zijn onjuist (bron: Provincie Drenthe):
 - De winning Annen
 - De winning Nietap (gemiddeld 700.000 m³/jaar in plaats van 10.000.000 m³/jaar)
 - De winning van Norg is niet helemaal meegenomen, terwijl deze winning in de ijkperiode nog wel in bedrijf was
 - De winning Holtien is opgenomen terwijl deze in de ijkperiode niet heeft onttrokken

Bijlage

2

Uitgangspunten voor modelberekeningen

Uitgangspunten voor modelberekeningen

Deze bijlage heeft tot doel om duidelijkheid te geven over de uitgangspunten die zijn toegepast bij de MIPWA-modellering en verwerking van resultaten.

Discretisatie in tijd en ruimte

- Alle berekeningen zijn instationair uitgevoerd
- Startmoment modelperiode: 1 oktober 1992 (aanlooperperiode van 6 maanden)
- Modelperiode voor genereren van output: 1 april 1993 – 1 oktober 2001. Voor deze periode is gekozen omdat deze de meest recente 8 jaren van het MIPWA-model omvat (maatgevend voor GxG's). De voorliggende jaren worden buiten beschouwing gelaten in verband met de lange rekentijd, zodat de planning haalbaar blijft
- Uitvoermomenten: 14^e en 28^e van elke maand. Deze momenten worden dus voor zowel de afleiding van GxG's als waterbalanstermen als maatgevend beschouwd. Een groter aantal uitvoermomenten levert geen beheersbare situatie op ten aanzien van dataopslag en – benadering
- Modelgebied exclusief buffer omvat de volledige provincie Drenthe (66 x 66 km²):
 - X: 204.000 – 270.000
 - Y: 514.000 – 580.000
- Buffergrootte: 8 km
- Resolutie modeluitvoer: 100 meter
- Toepassing van vier deelmodellen met assemblage van alle modeluitvoer naar totale modelgebied

Modelresultaten onverzadigde zone (capsim)

Op basis van de eerste resultaten lijkt het zo te zijn dat capsim altijd uitgaat van berekening in de zomer (berekening gaat aan bij een bepaald vochttekort maar gaat niet weer uit tot eind augustus). Er blijkt tevens geen verschil in actuele verdamping tussen het scenario met en zonder infiltratie van oppervlaktewater, terwijl we wel aanzienlijke effecten op de grondwaterstand zien. Het effect van capillaire opstijging op de verdamping kan niet worden beoordeeld. Deze term is niet beschikbaar als capsim uitvoer.

De expertgroep concludeert tijdens de eerste meeting dat de modeluitvoer Capsim onvoldoende betrouwbaar is voor de waterbalans. We ontlenen de waterbalanstermen volledig aan het de modelresultaten van de verzadigde zone. Dit betekent dat alleen de grondwateraanvulling als term in de waterbalans wordt opgenomen (in plaats van verdamping en neerslag).

Waterbalans

De waterbalansen worden opgesteld voor de hele provincie. Er worden balansen gegenereerd voor de gemiddelde wintersituatie, zomersituatie en jaarsituatie. De waterbalanstermen zijn:

- Grondwateraanvulling
- Onttrekkingen (onderscheid naar drinkwater, beregening en overig/industrieel)
- Infiltratie/drainage via oppervlaktewatersysteem
- Aanvoer/afvoer via grondwatersysteem
- Berging

Herdefiniëring meteorologische invoer MIPWA

MIPWA gaat uit van dagsommen van neerslag en verdamping. De provinciale waterbalans is gevoelig voor de neerslagverdeling op en direct voor de uitvoermomenten op de 14^e en 28^e van elke maand. Er is voor gekozen om de dagneerslagen tussen de uitvoermomenten te middelen ("blokmeteo"), en deze gemiddelde waarden te voeden aan MIPWA. Deze werkwijze heeft twee voordelen:

1. De waterbalanstermen komen beter overeen met de gemiddelde situatie in zomer en winter
2. De verschilbalansen van klimaatscenario's geven een representatief beeld

Ad 2

Voor het doorrekenen van de klimaatscenario's worden de meteoreeksen op dagbasis aangepast volgens de rekenregels van het KNMI. De neerslaghoeveelheden worden daarom niet alleen procentueel aangepast, maar ook anders in de tijd verdeeld in verband met heviger buien en het vaker optreden van droge periodes. Door de gewijzigde verdeling van neerslaghoeveelheden in de tijd zullen verschillen in individuele dagneerslagen tussen huidige en toekomstige situatie niet per definitie representatief zijn voor de klimaatverandering. Concreet voorbeeld: Als door het KNMI op de 14^e of 28^e (uitvoermomenten) toevalligerwijs relatief vaak hevige buien voorzien worden, zal de neerslagtoename in de waterbalans van het klimaatscenario overschat worden. Door het toepassen van "blokmeteo" wordt dit nadeel ondervangen, omdat toevallige extremen rond de uitvoermomenten worden vereffend door middeling over de langere periode (14-17 dagen) tussen de uitvoermomenten.

Voor de berekening van de GHG en GLG heeft deze aanpak geen noemenswaardige gevolgen. De aanpak met blokmeteo is getest voor het nulscenario. Daarbij zijn de berekende GxG's vergeleken met de GxG's die met standaard MIPWA (dagmeteo) zijn berekend, en met de GxG's die uit meetreeksen van grondwaterstanden in ruim 200 ondiepe peilbuizen (opgevraagd bij DINO-loket) zijn afgeleid. Bij de onderlinge vergelijking van resultaten (dagmeteo vs blokmeteo) ter plaatse van de peilbuislocaties blijkt dat de standaardafwijking van de afwijking 0,05 m bedraagt. Beide methoden worden daarom als goed vergelijkbaar beschouwd. Voor beide methoden geldt dat de standaardafwijking ten opzichte van de gemeten GxG's circa 0,20 m bedraagt. Omdat de resultaten van beide methoden niet significant verschillen, wordt de toepassing van blokmeteo acceptabel geacht. Deze methodiek zal daarom worden doorgevoerd voor alle scenarioberekeningen.

Nulscenario's

Nulscenario: MIPWA-model huidige situatie (met infiltratie van oppervlaktewater)

- Ongewijzigde modelinvoer
- Modeluitvoer wordt gepresenteerd in de vorm van:
 - Kaartbeelden van GxG's
 - Waterbalans voor hele provincie: jaargemiddelde, zomergemiddelde en wintergemiddelde (alle gemiddeld over 8 jaar) in staafdiagram en tabelvorm. Per waterbalansterm wordt het gemiddelde bepaald uit de 203 uitvoermomenten (14^e en 28^e van elke maand tussen 14-4-1993 en 28-9-2001)
 - Regimecurves voor vier puntlocaties

Nulscenario zonder infiltratie van oppervlaktewater

- Wijziging modelinvoer ten opzichte van nulscenario heeft betrekking op het niet toestaan van infiltratie vanuit alle waterlopen in het zomerhalfjaar, met uitzondering van de kanalen:
 - Infiltratiefactor wordt op 0 gesteld voor alle watergangen met uitzondering van de kanalen, die hun oorspronkelijke infiltratiefactor behouden
 - Berekening uit oppervlaktewater wordt uitgezet waar de infiltratiefactor op 0 wordt gesteld
- Modeluitvoer wordt gepresenteerd in de vorm van:
 - Kaartbeelden van GxG's
 - Verschilkaarten GxG's ten opzichte van nulscenario
 - Waterbalans voor hele provincie: jaargemiddelde, zomergemiddelde en wintergemiddelde (alle gemiddeld over 8 jaar) in staafdiagram en tabelvorm
 - Verschil waterbalanstermen ten opzichte van nulscenario
 - Regimecurves voor vier puntlocaties

Het presenteren van regiemcurves koppelen we aan de keuze van vier deelgebieden. De regiemcurves worden dus ook voor de door te rekenen scenario's gepresenteerd.

Klimaatscenario's

Er zijn zes klimaatscenario's doorgerekend:

- G (verhevigde neerslag, nattere winters, drogere zomers, 1 °C temperatuurstijging)
- G+ (idem maar met extra hevige neerslag en langdurige droogte)
- W (verhevigde neerslag, nattere winters, drogere zomers, 2 °C temperatuurstijging)
- W+ (idem maar met extra hevige neerslag en langdurige droogte)
- G, zonder infiltratie
- W+, zonder infiltratie

Voor de modellering van de klimaatscenario's is gebruik gemaakt van de klimaattool op de KNMI-website. Hierbij wordt een reeks neerslagsommen (datum en dagsom neerslag) aangeboden aan de tool, en levert de tool de toekomstige neerslagsommen terug voor de gegeven tijdshorizon (2050) en gewenste scenario. De potentiële verdamping is op maandbasis gecorrigeerd volgens onderstaande tabel.

Tabel. Gemiddelde procentuele verandering in potentiële verdamping per maand voor het klimaat rond 2050 ten opzichte van het klimaat rond 1990 voor de verschillende KNMI'06 klimaatscenario's.

	G	G+	W	W+
Januari	1,4	1,3	2,8	2,6
Februari	1,5	1,5	3,1	3,0
Maart	1,8	2,2	3,7	4,5
April	2,5	3,6	4,9	7,1
Mei	3,0	5,0	6,0	10,1
Juni	3,4	6,5	6,7	13,0
Juli	3,5	7,8	7,0	15,7
Augustus	3,4	8,5	6,7	16,9
September	3,0	7,6	6,0	15,2
Oktober	2,4	5,0	4,7	10,1
November	1,8	2,9	3,6	5,8
December	1,5	1,7	3,1	3,4

Voor de klimaatscenario's zonder infiltratie zijn dezelfde uitgangspunten toegepast als voor het nulscenario zonder infiltratie.

De concrete stappen in MIPWA zijn:

- Uit mete_sim.inp bestand de relevante meteostations binnen het modelgebied vaststellen
- Reeksen van neerslag en verdamping (op dagbasis) herleiden per meteostation
- Meteoreeksen neerslag converteren via klimaattool KNMI
- Meteoreeksen verdamping corrigeren volgens bovenstaande tabel
- Geconverteerde reeksen van neerslag en verdamping per meteostation terugbrengen in mete_sim.inp bestand
- Mete_sim.inp bestand omzetten naar "blokmeteo"

Bandbreedtescenario's

Voor de bandbreedtescenario's is ingezet op het doorvoeren van een maximaal maatregelenpakket met een vernattend effect op het nulscenario. Het maatregelenpakket is toegepast op een tweetal deelgebieden op het Drents Plateau en omvat de volgende generieke maatregelen:

1. Verhoging van beekpeil/drainagebasis in de beekdalen (zie toelichting)
2. Isolatie van natuurgebieden in de EHS (dempem secundaire/tertiaire watergangen, beekdalen blijven gehandhaafd)
3. Afkoppelen van verhard oppervlak in de stedelijke gebieden (functie verhard oppervlak wordt grasland)
4. Omzetten van naaldbos naar loofbos

5. Drinkwaterwinningen Beilen en Leggeloo uitzetten
6. Uitzetten drainage in landbouwgebieden en winterpeil waterlopen in overig gebied (buiten de beekdalen) is gelijk aan zomerpeil

Modellering verhoging beekpeil binnen (bandbreedte-)scenario's

Voor de peilstijging in de beekdalen in de deelgebieden 1 en 2 is het volgende uitgangspunt gedefinieerd: "verhoging van WP met 50 cm en ZP is gelijk aan net nieuwe WP, tenzij het nieuwe ZP dan lager is als het oude. In dat geval is nieuw ZP gelijk aan het oude ZP."

Tijdens de eerste expertmeeting is aangegeven dat er twee mogelijkheden zijn om dit modeltechnisch te realiseren:

1. Eenvoudig, door middel van integrale verhoging:

Voor elke rivercel binnen de begrenzing van de beekdalen wordt het ter plaatse geldende Mipwa winter- en zomerpeil (mits lager dan nieuwe WP) verhoogd. Op de grens van het beekdal zal dan een sprong optreden naar het oude winterpeil/zomerpeil. De bodemhoogte zal meeliften met de peilaanpassing, zodat de hydrologische karakteristieken van de watergangen hetzelfde blijven (al dan niet kunnen infiltreren).

2. Realistischer, door onderscheid te maken tussen de feitelijke beekloop, waar de peilstijging wordt opgelegd, en aantakkende waterlopen die de peilstijging "voelen".

De peilstijging wordt in eerste instantie in de feitelijke beekloop doorgevoerd. Het resulterende zomer- en winterpeil in de beekloop wordt vervolgens vergeleken met het huidige WP/ZP in de aantakkende waterlopen binnen de beekdalbegrenzing. Voor elke rivercel van aantakkende waterlopen binnen de beekdalbegrenzing wordt vastgesteld of het huidige WP en ZP lager is dan het dichtstbijzijnde nieuwe WP/ZP in de beekloop. Indien dit het geval is, krijgt de rivercel het desbetreffende beekpeil. Zo niet, dan behoudt de rivercel zijn oorspronkelijke WP en/of ZP. Op deze wijze krijg je een geleidelijke afname van peilverhogingen naar de randen van de beekdalbegrenzing, afhankelijk van de stijlheid van het beekdal. Ook hier zal de bodemhoogte meeliften.

De provincie geeft de voorkeur aan laatstgenoemde methodiek.

Presentatie waterbalans

Voor de bandbreedte scenario's wordt de waterbalans niet alleen gepresenteerd voor de hele provincie, maar ook voor drie deelgebieden binnen de provincie en een zone in verticale richting:

- Deelgebied 1
- Deelgebied 2 (zonder gebied 1)
- Deelgebied 3 (de rest van de provincie)
- Laagscheiding naar diepe watervoerende pakket (top modellaag 4). Deze term is onderdeel van aanvoer/afvoer via grondwatersysteem

Op deze wijze wordt een beter inzicht verkregen in de uitstraling van effecten van vernattingsmaatregelen naar de omgeving (van respectievelijk deelgebieden 1 en 2) en naar de diepte.

Aanpassingsscenario's

Bij de aanpassingsscenario's zijn de effecten van drie maatregelen uit het bandbreedtescenario afzonderlijk geanalyseerd. Dit betreft de maatregelen:

- Isolatie van natuurgebieden in de EHS (dempen secundaire/tertiaire watergangen, beekdalen blijven gehandhaafd)
- Verhoging van beekpeil/drainagebasis in de beekdalen (winterpeil plus 50 cm)
- Uitzetten drainage in landbouwgebieden en winterpeil waterlopen in overig gebied (buiten de beekdalen) verhogen tot zomerpeil

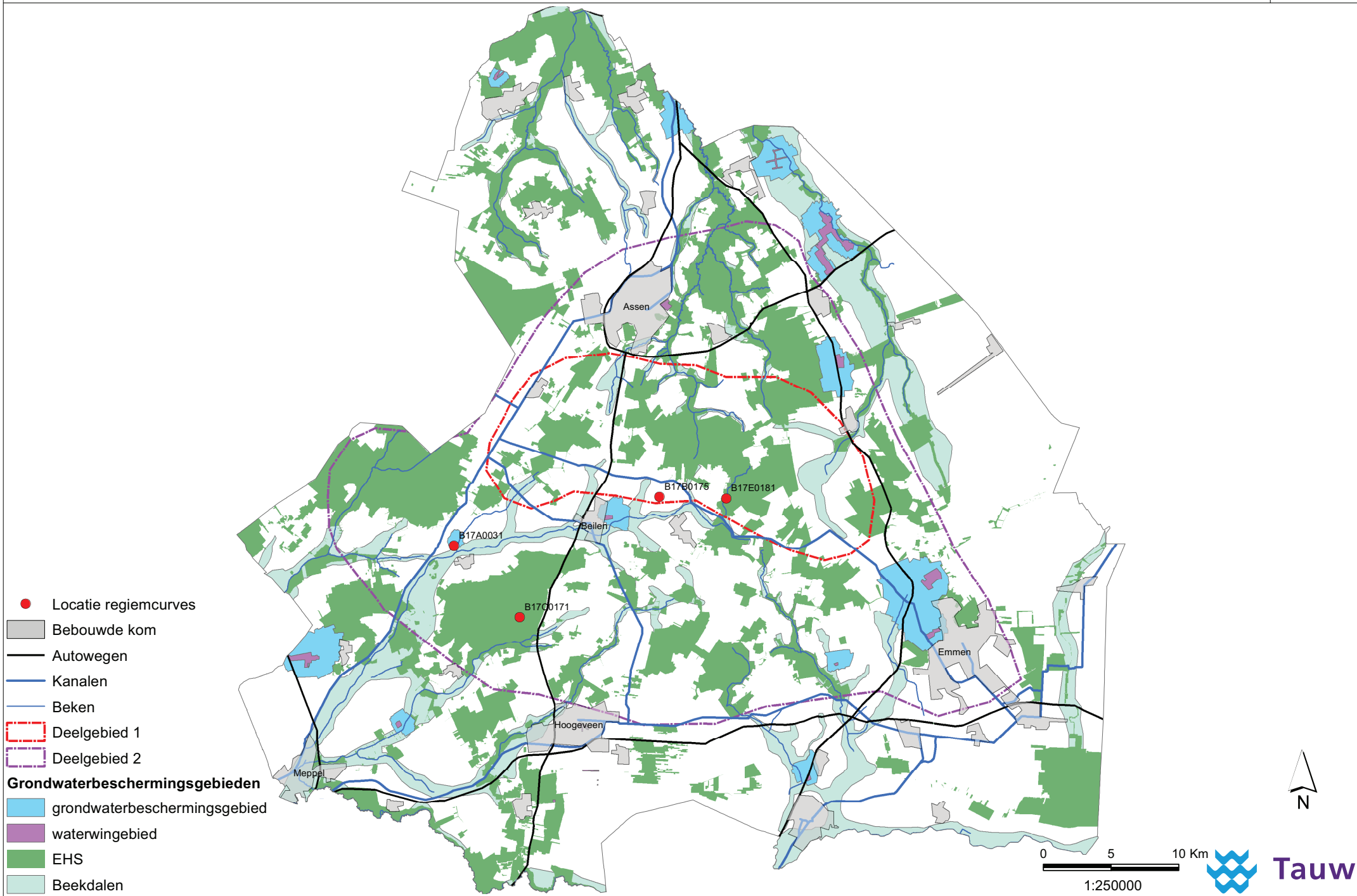
Voor de aanpassingsscenario's is de waterbalans niet alleen gepresenteerd voor de hele provincie, maar ook voor twee deelgebieden binnen de provincie en een zone in verticale richting:

- Deelgebieden 1+2
- De rest van de provincie
- Laagscheiding naar diepe watervoerende pakket (top modellaag 4). Deze term is onderdeel van aanvoer/afvoer via grondwatersysteem

Bijlage

3

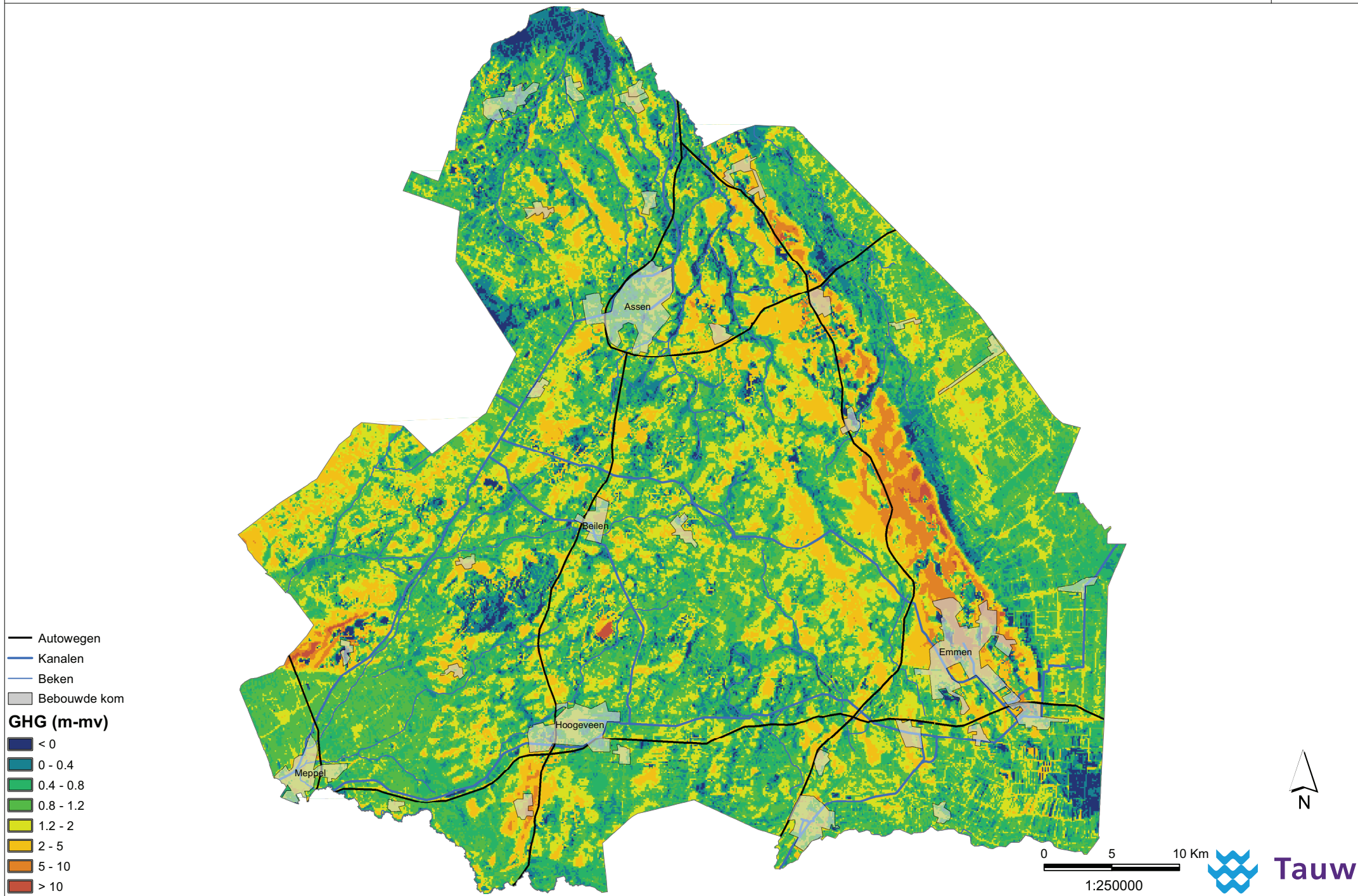
Kaarten

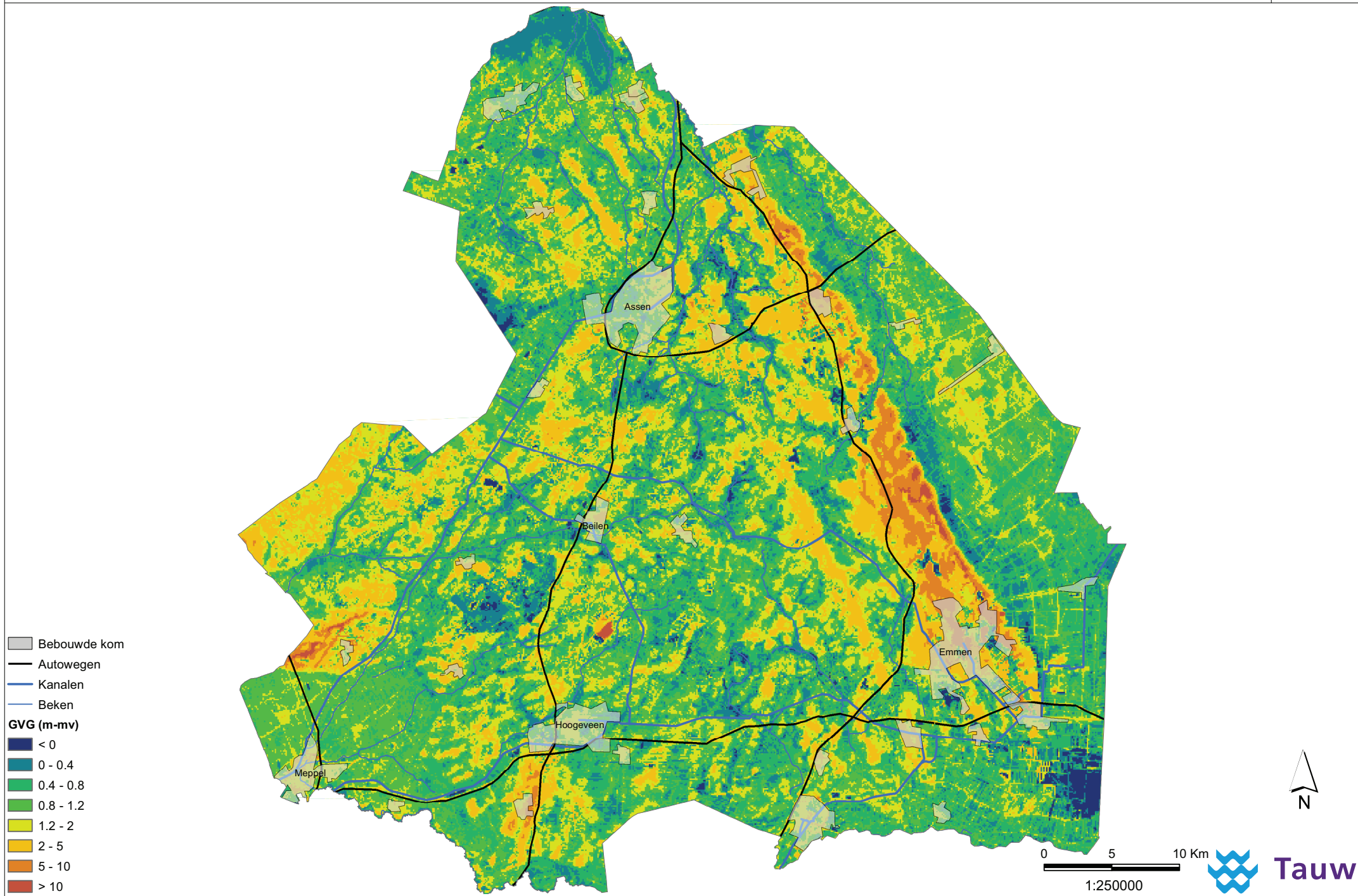


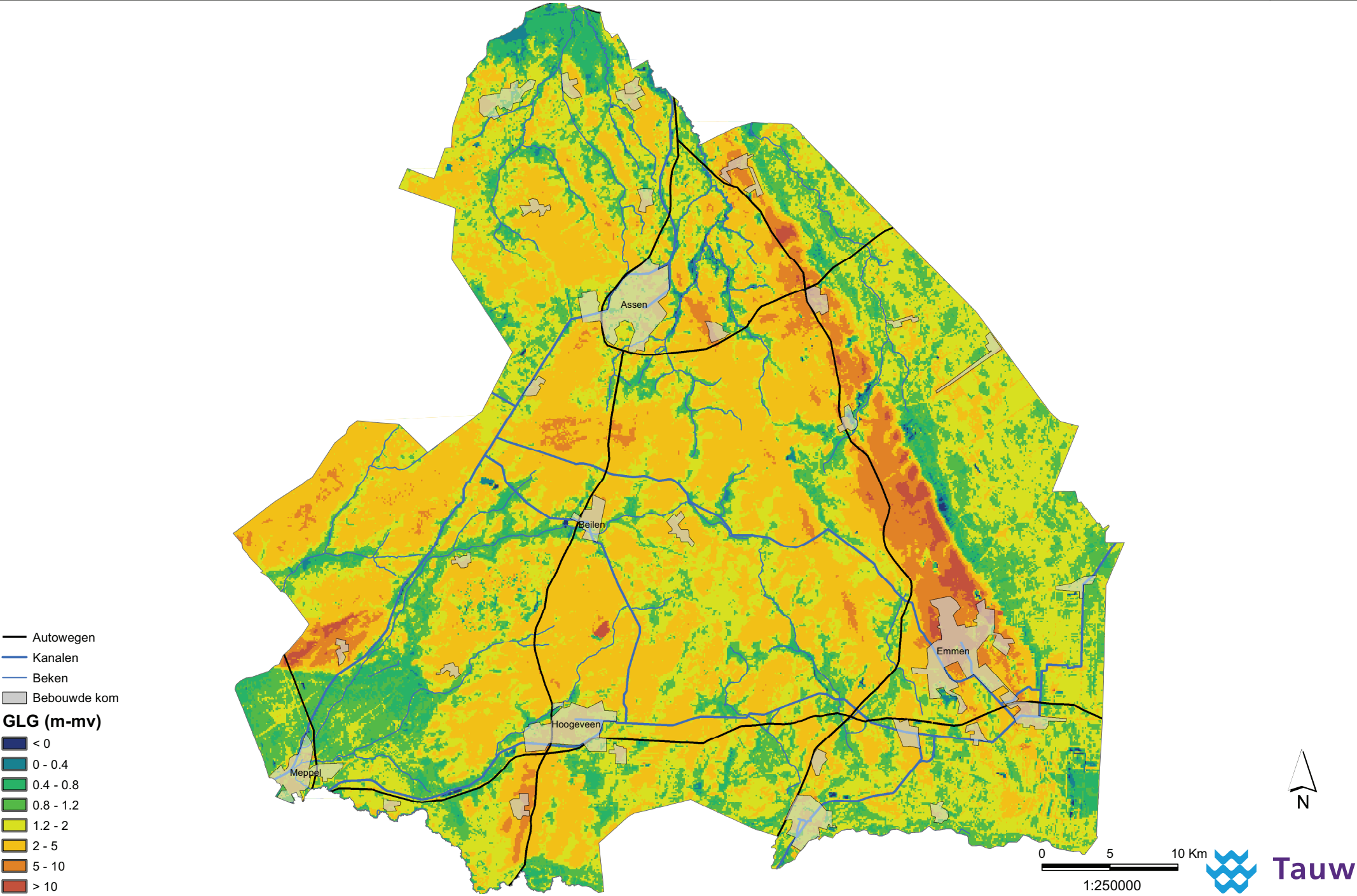
- Locatie regiemcurves
- Bebouwde kom
- Autowegen
- Kanalen
- Beken
- ▭ Deelgebied 1
- ▭ Deelgebied 2
- Grondwaterbeschermingsgebieden**
- grondwaterbeschermingsgebied
- waterwingebied
- EHS
- Beekdalen

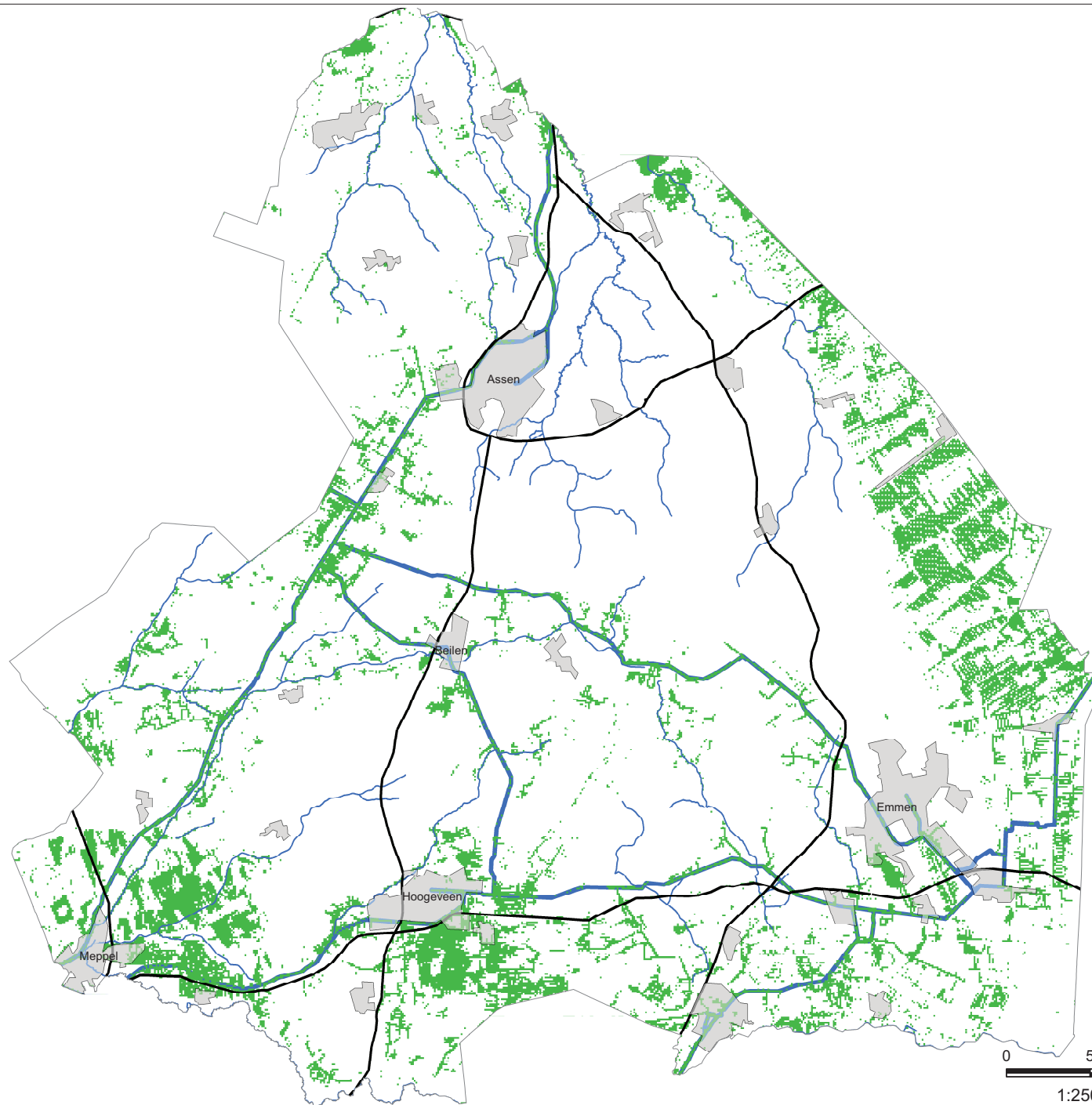
0 5 10 Km
1:250000











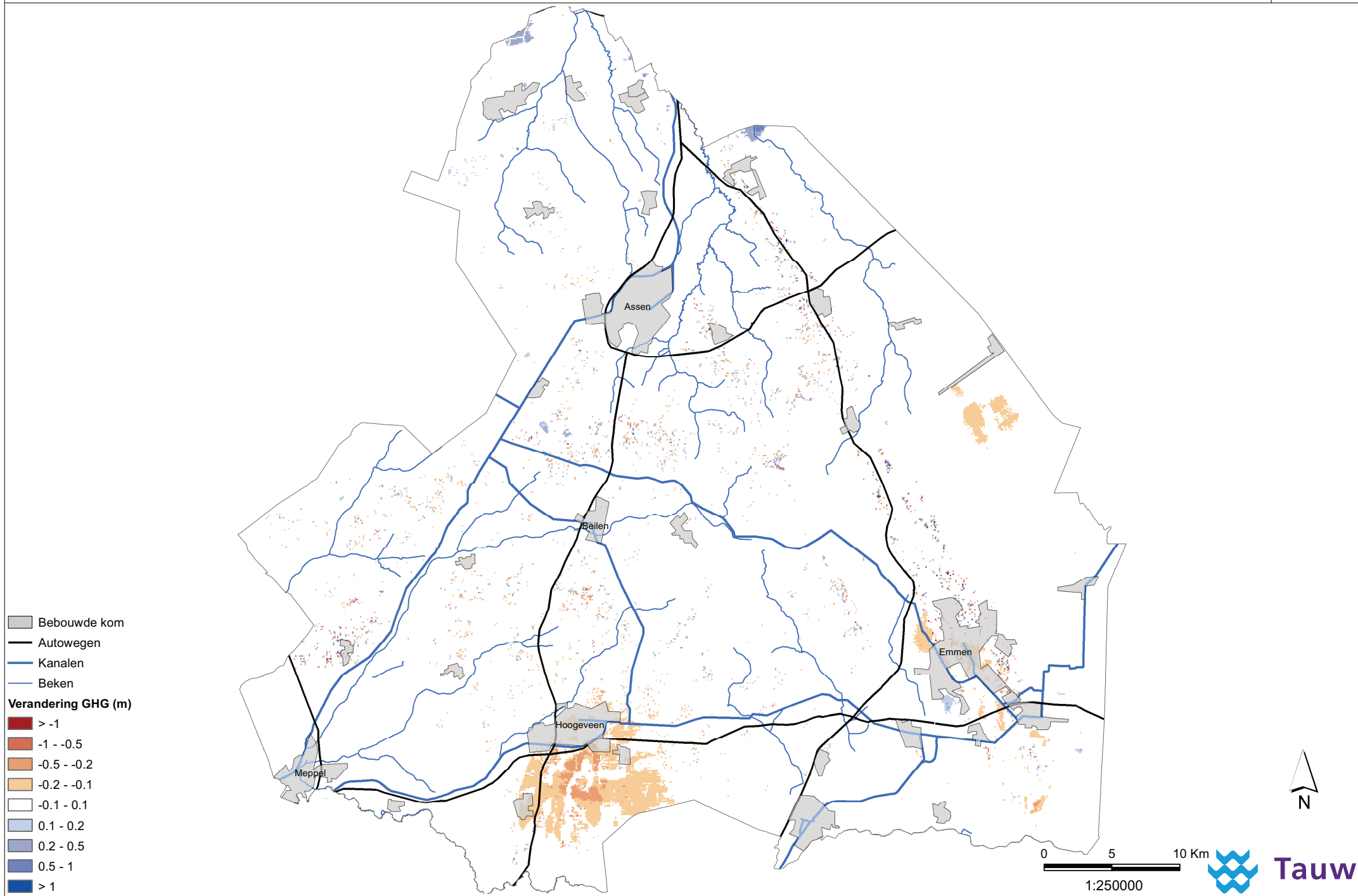
- Bebouwde kom
- Autowegen
- Beken
- Kanalen
- Watergang met infiltratie

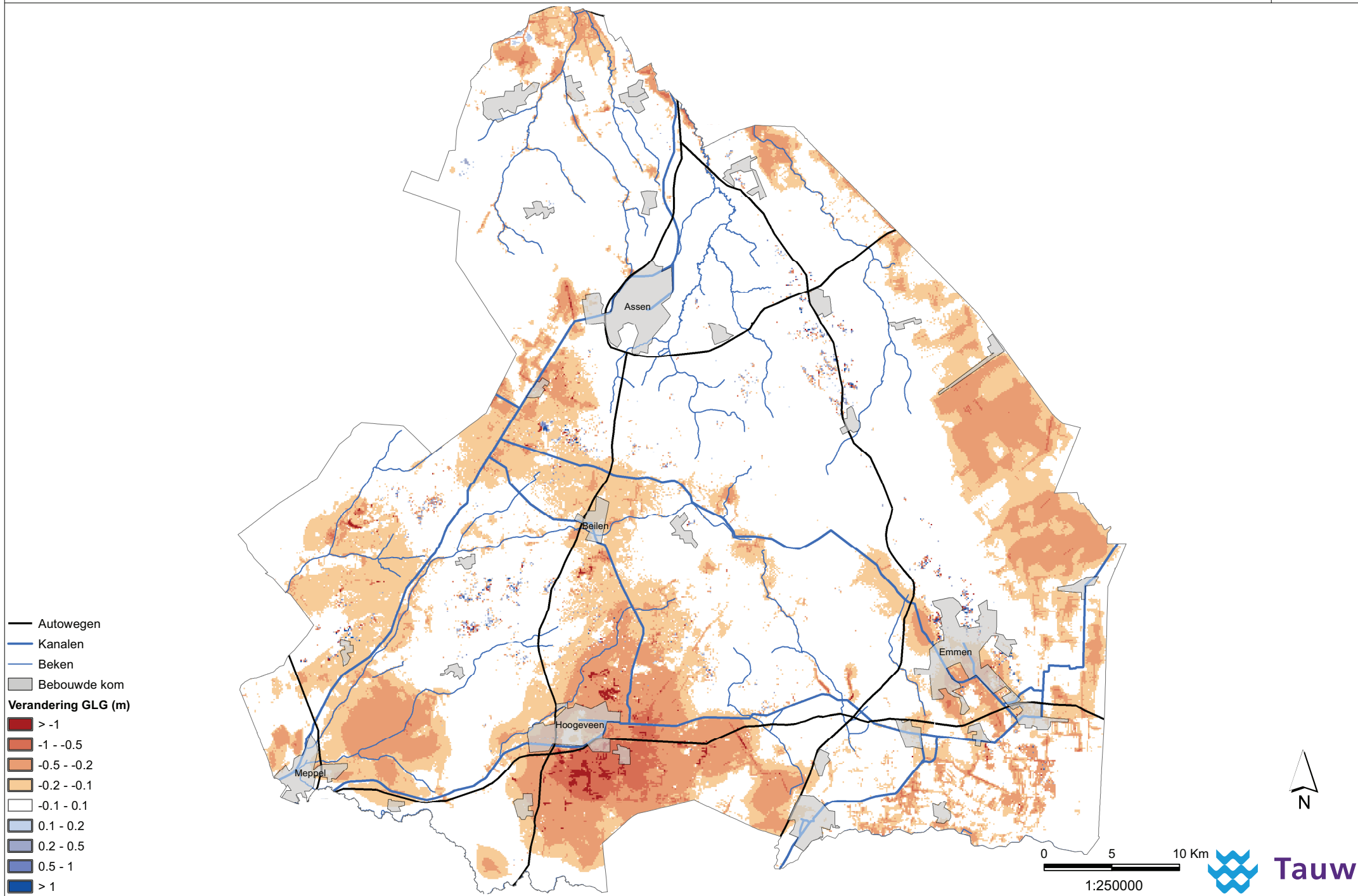
0 5 10 Km

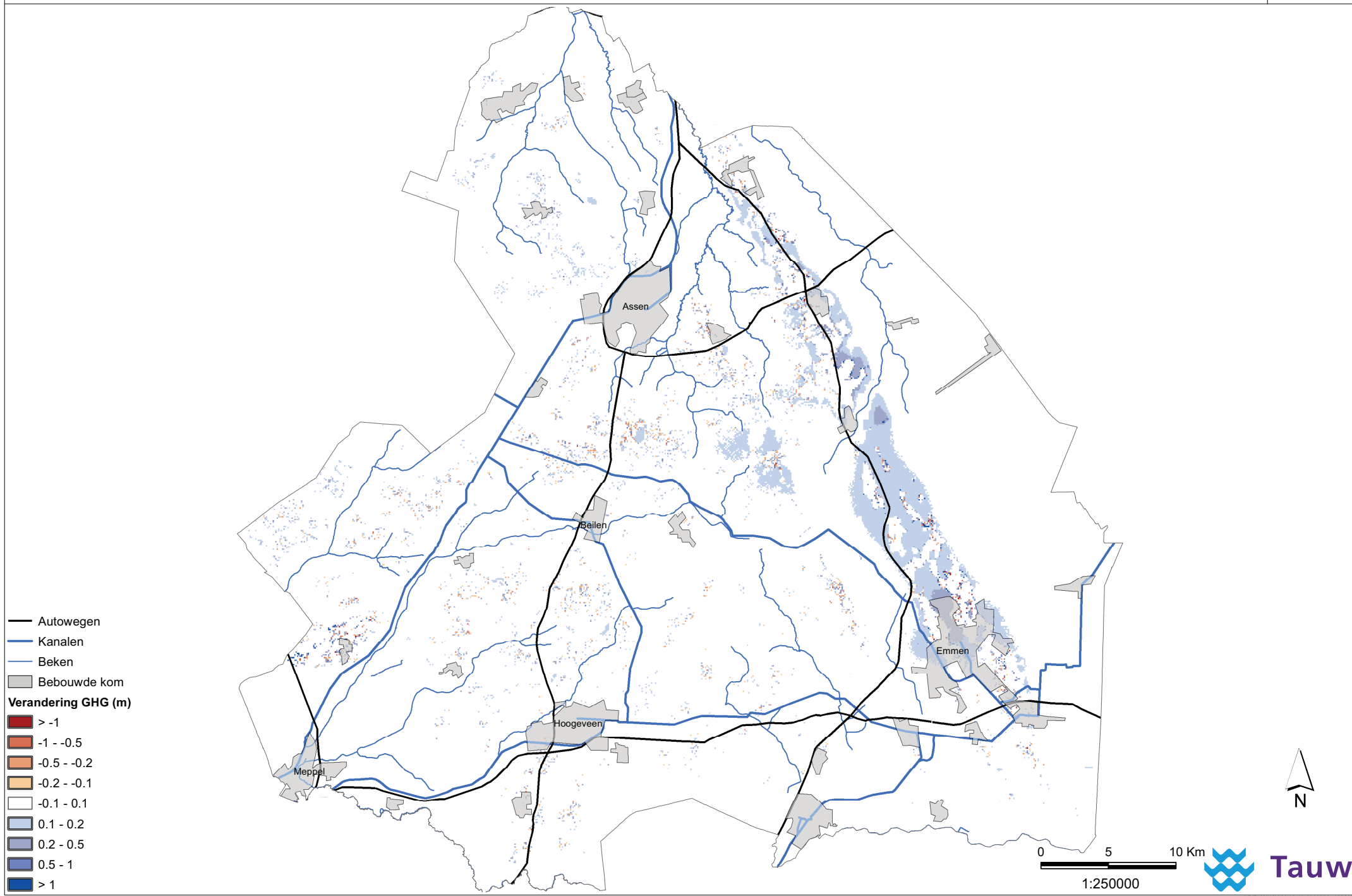
1:250000

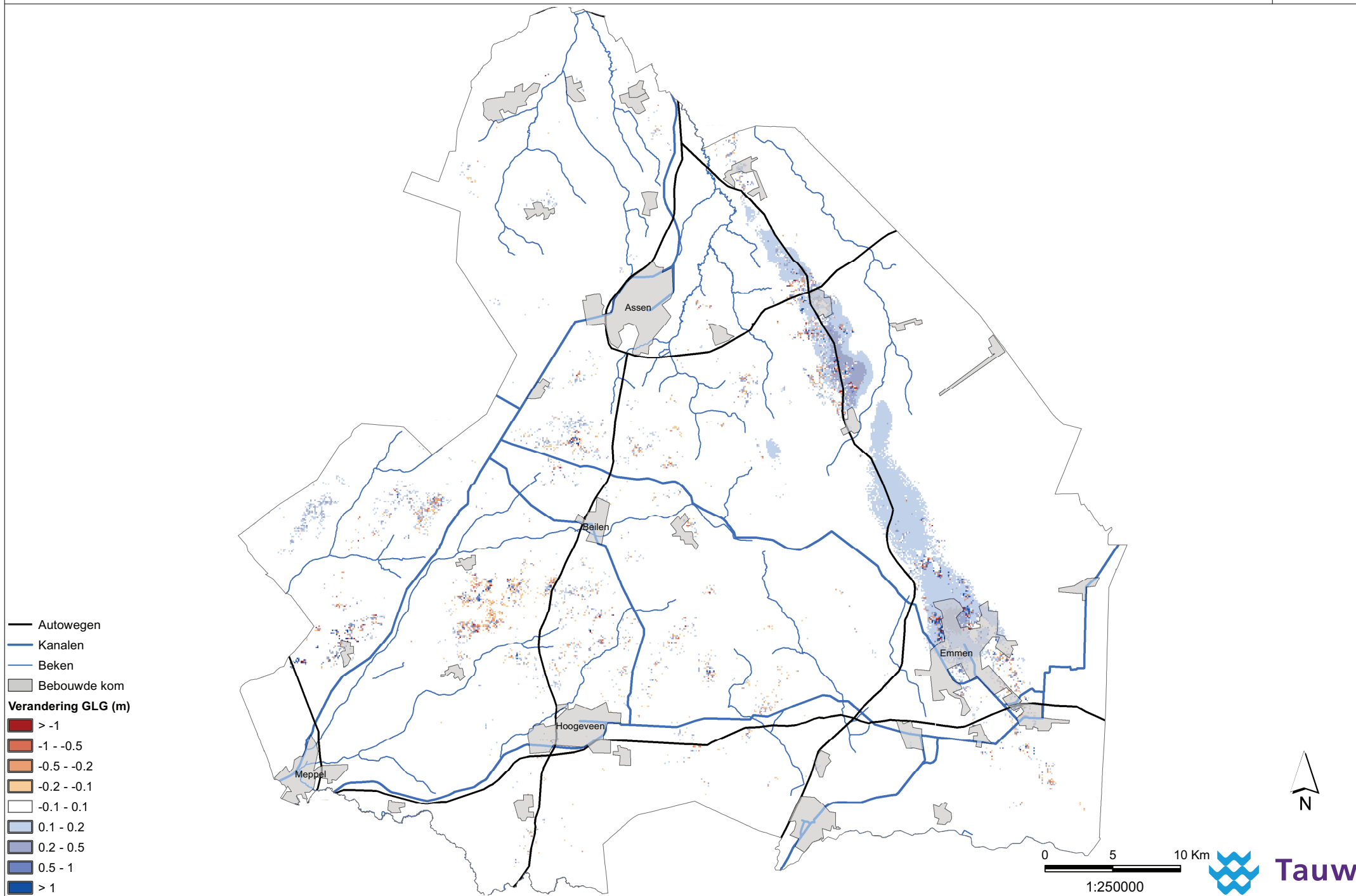


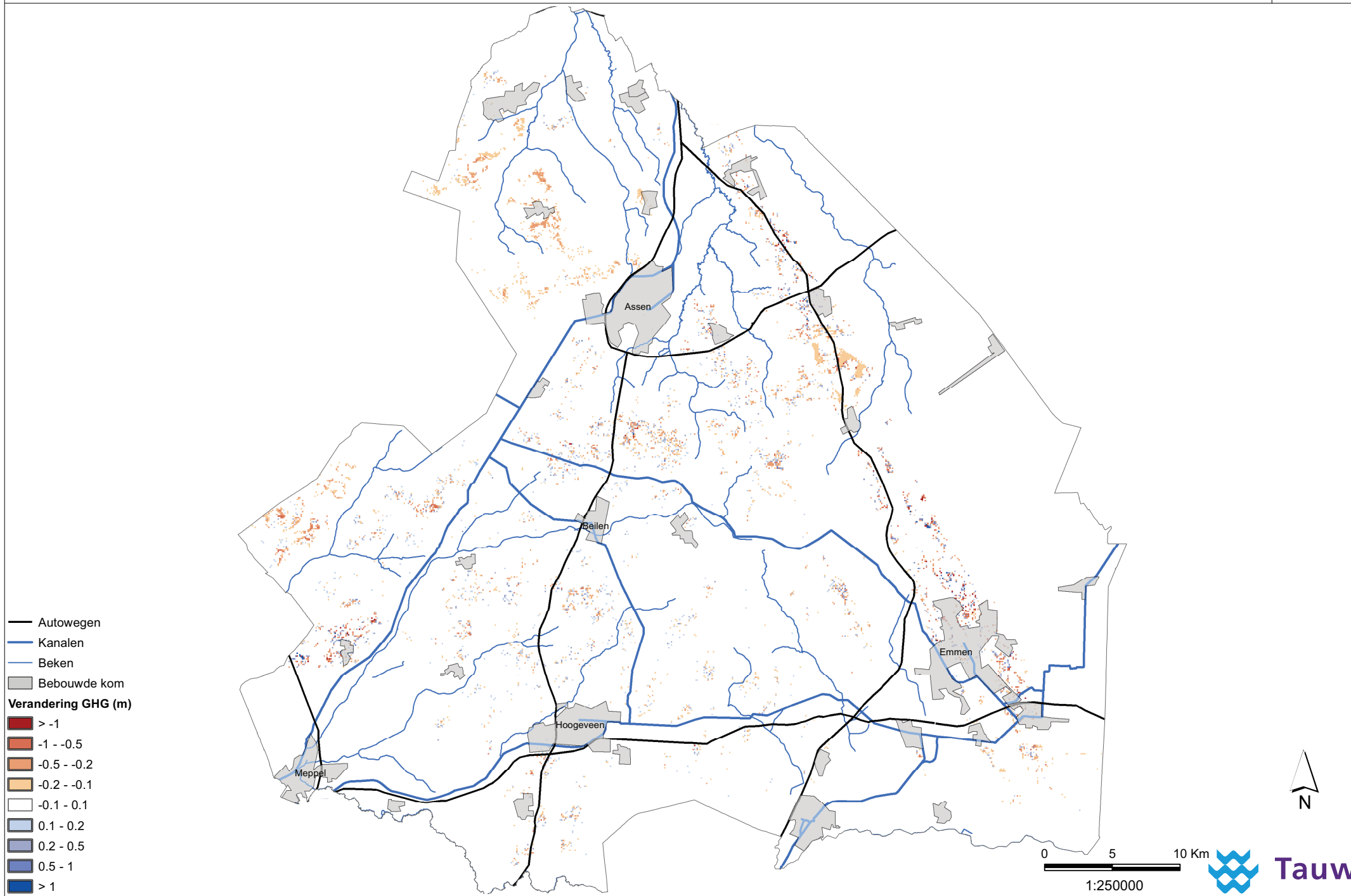
Tauw
















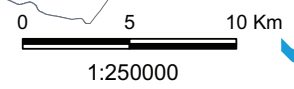


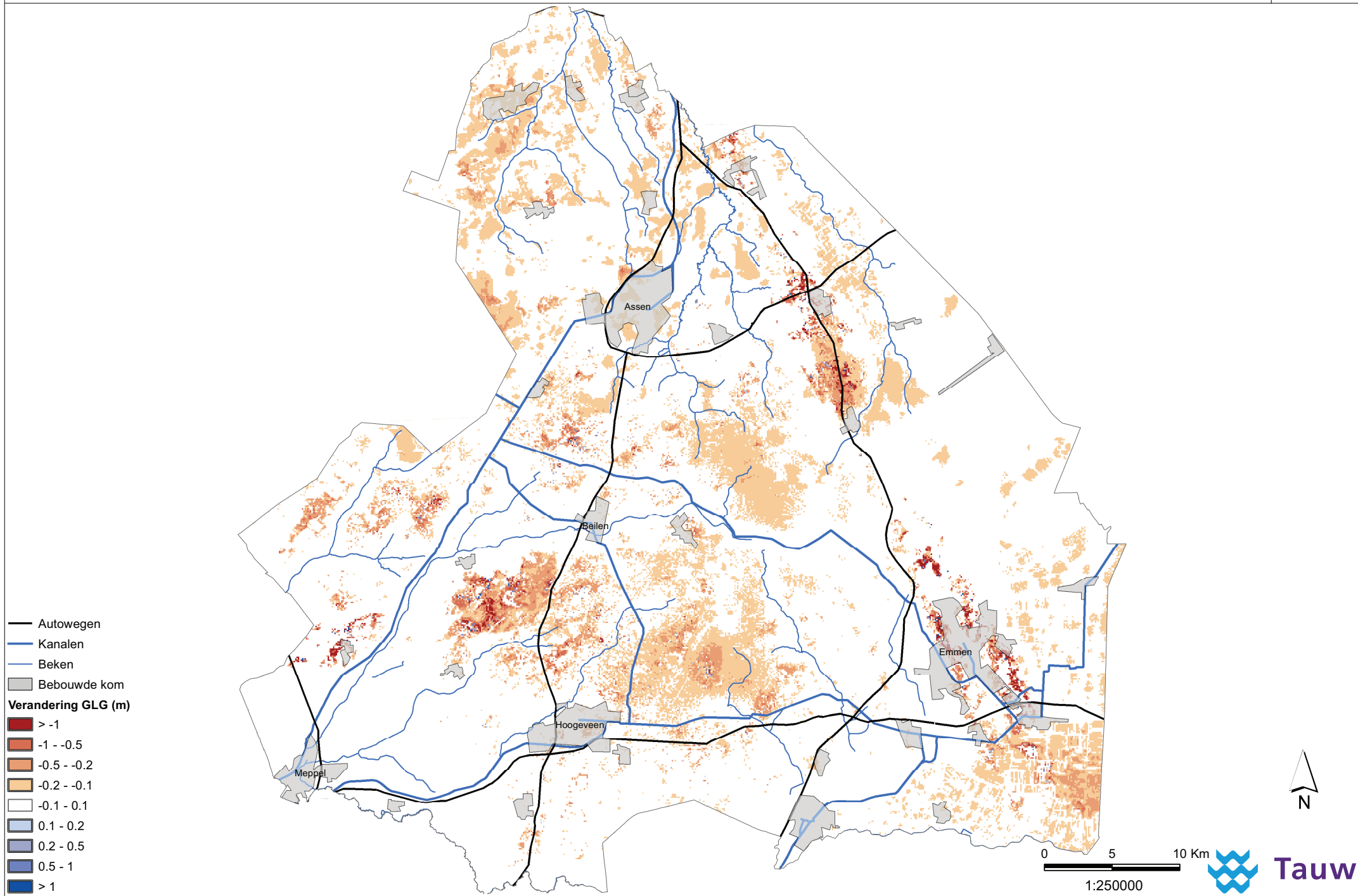


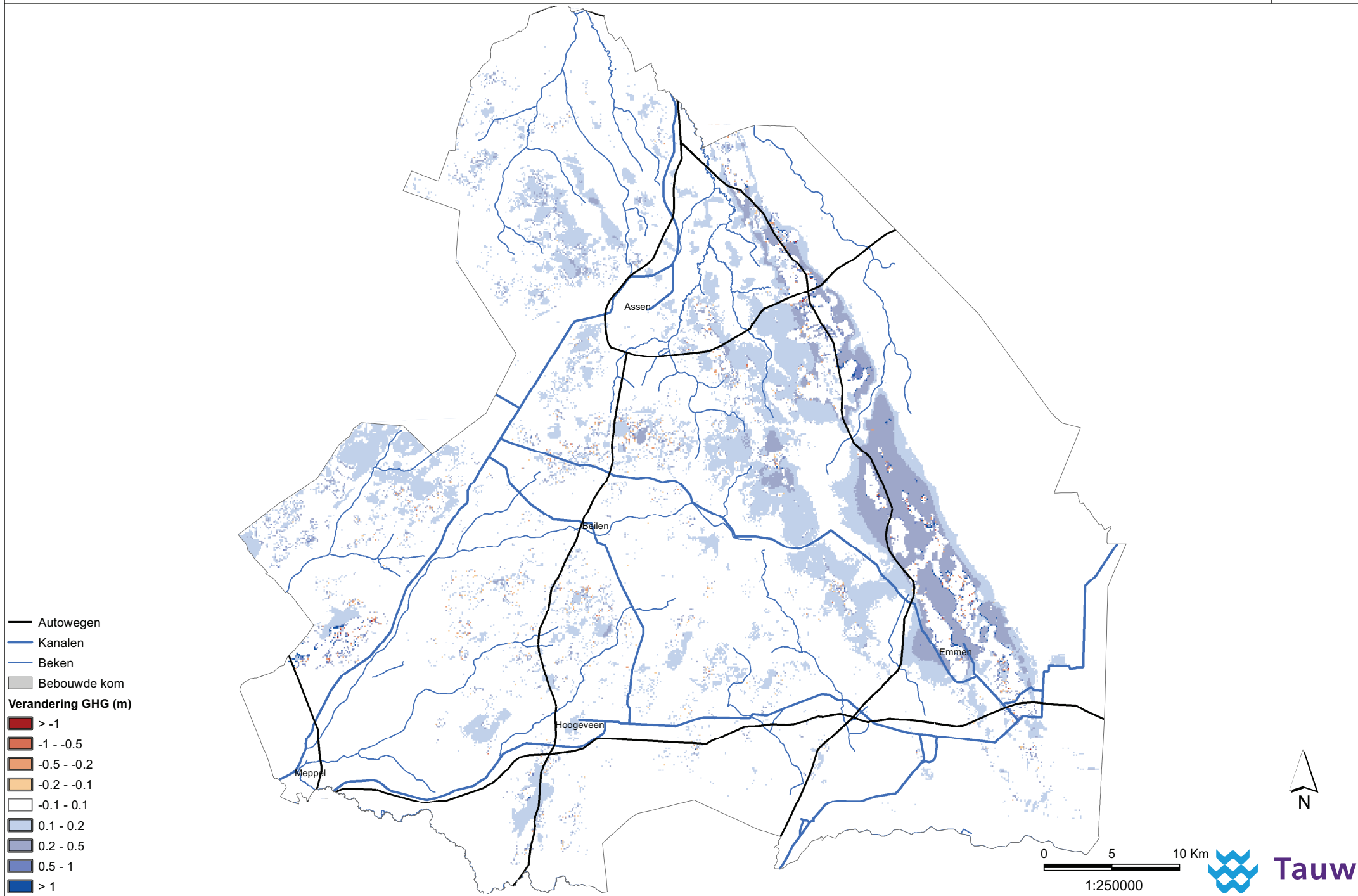


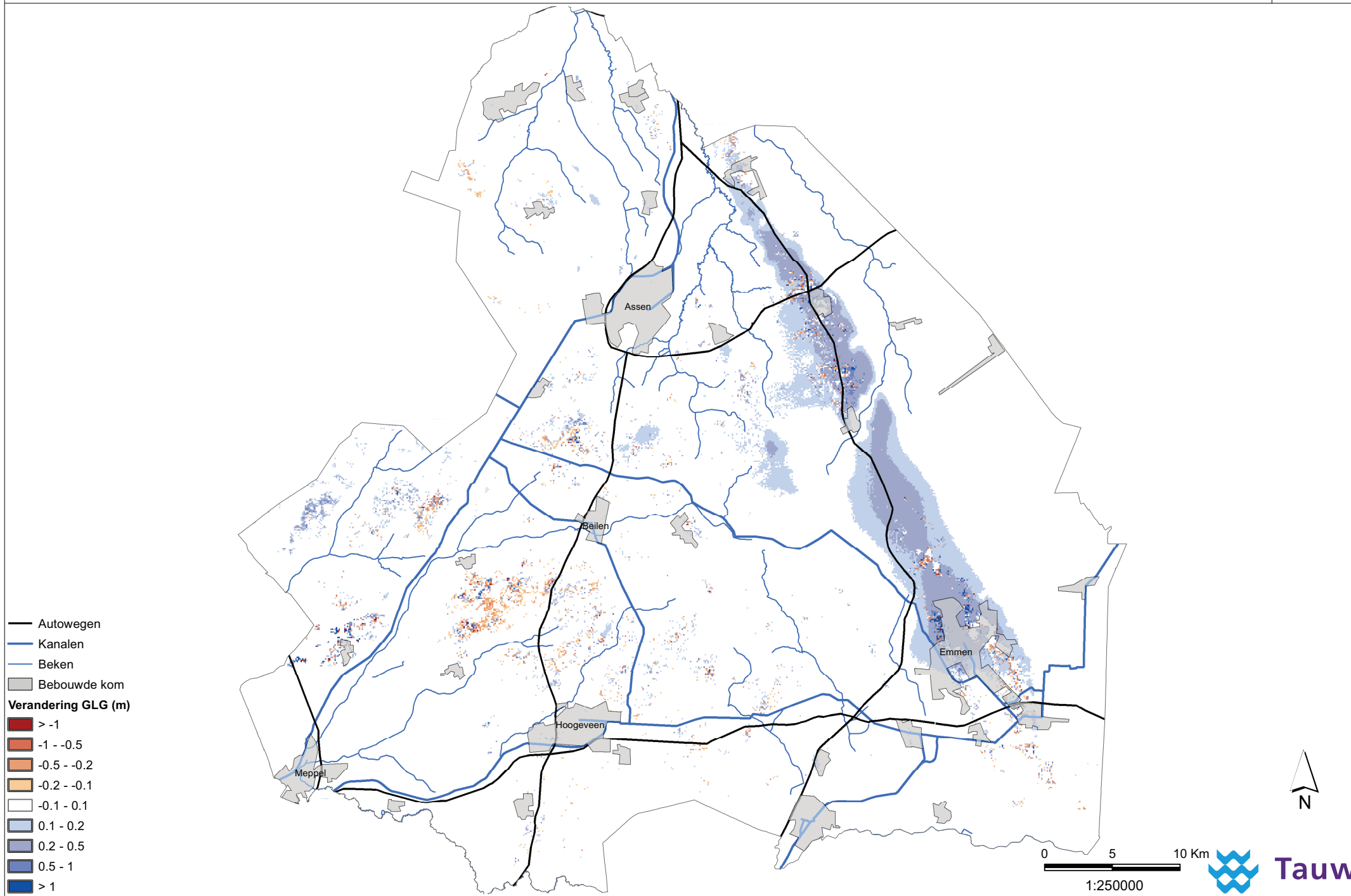


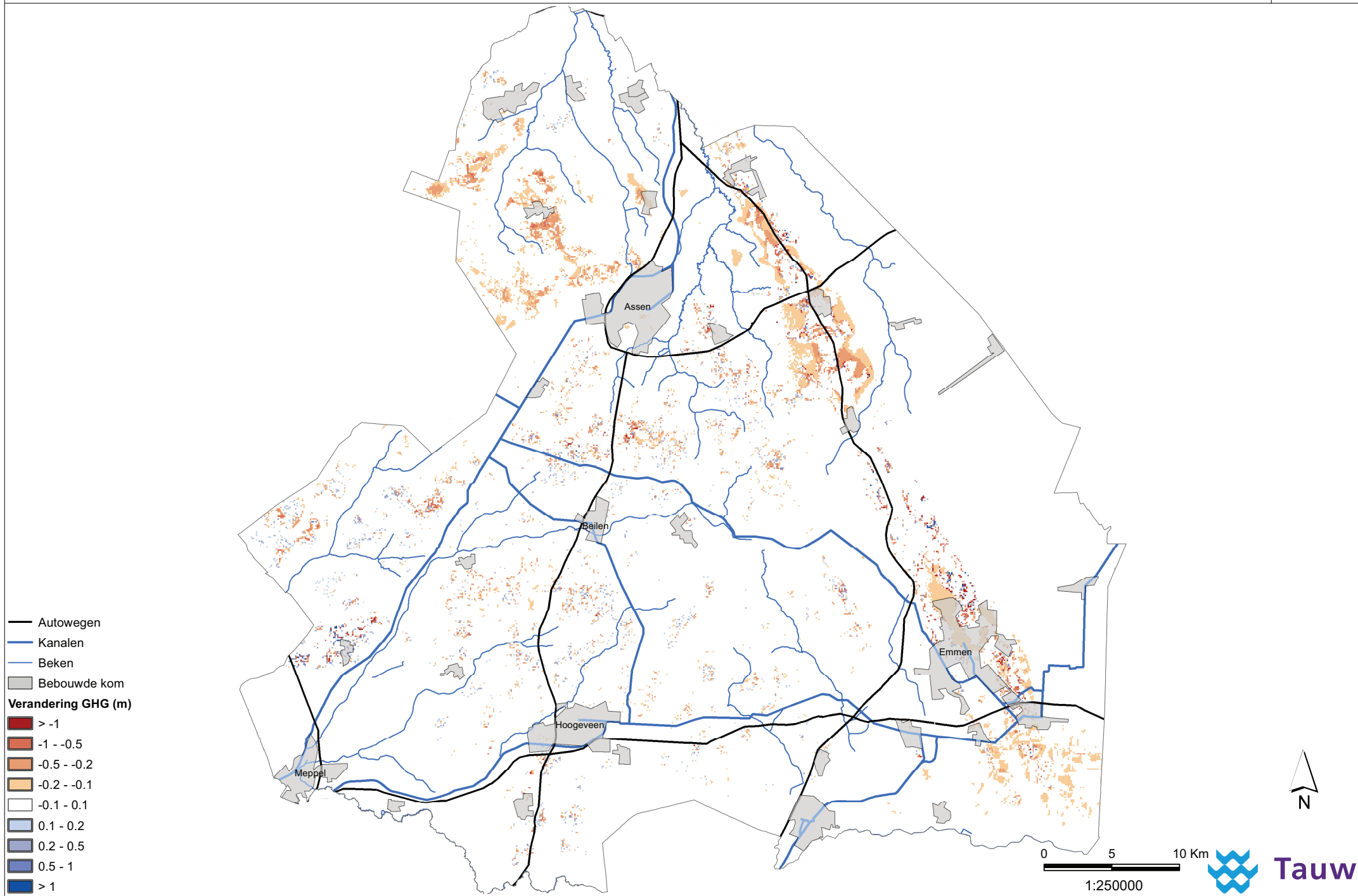
-  Autowegen
 -  Kanalen
 -  Beken
 -  Bebouwde kom
- Verandering GHG (m)**
-  > -1
 -  -1 - -0.5
 -  -0.5 - -0.2
 -  -0.2 - -0.1
 -  -0.1 - 0.1
 -  0.1 - 0.2
 -  0.2 - 0.5
 -  0.5 - 1
 -  > 1

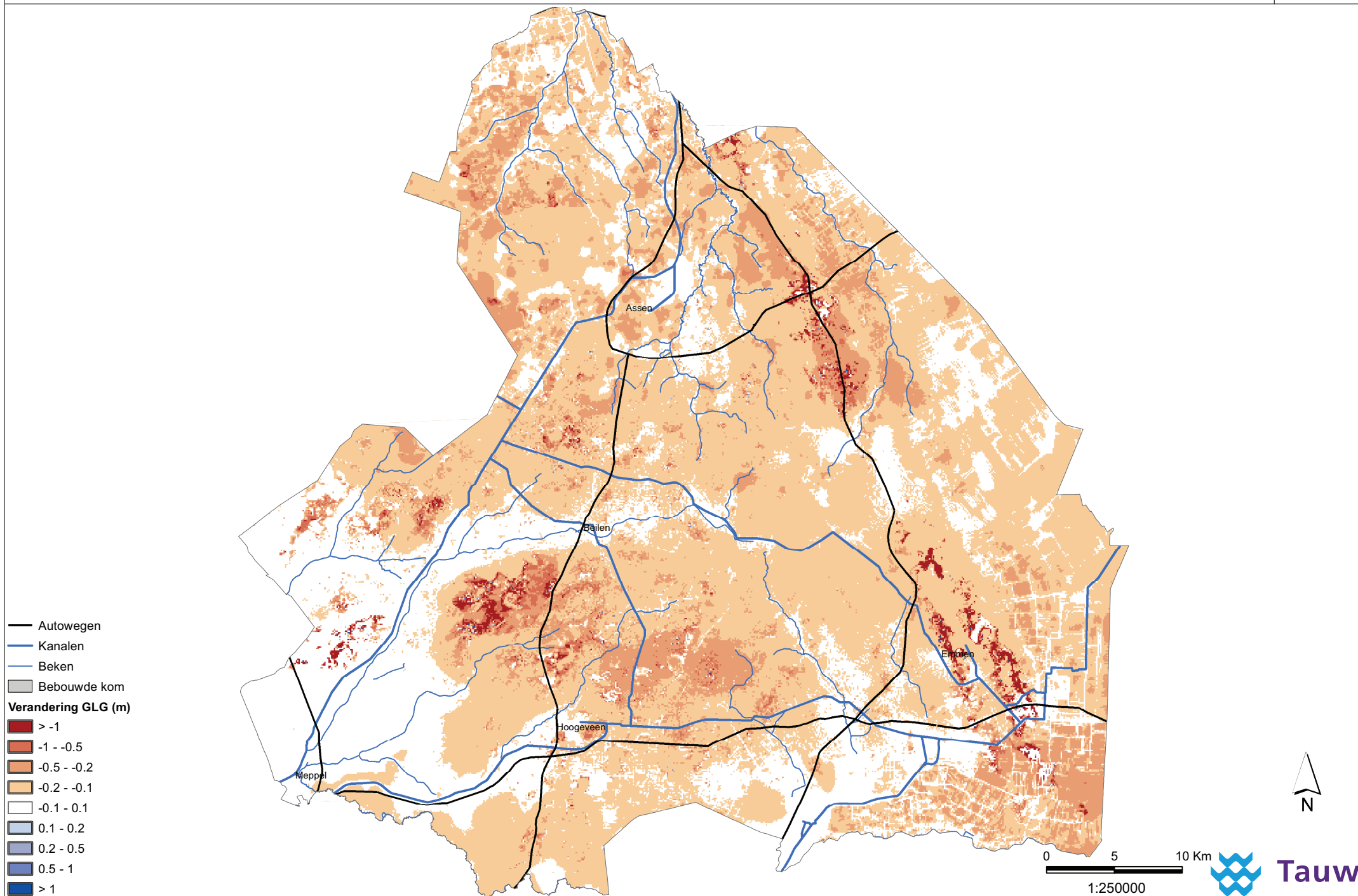


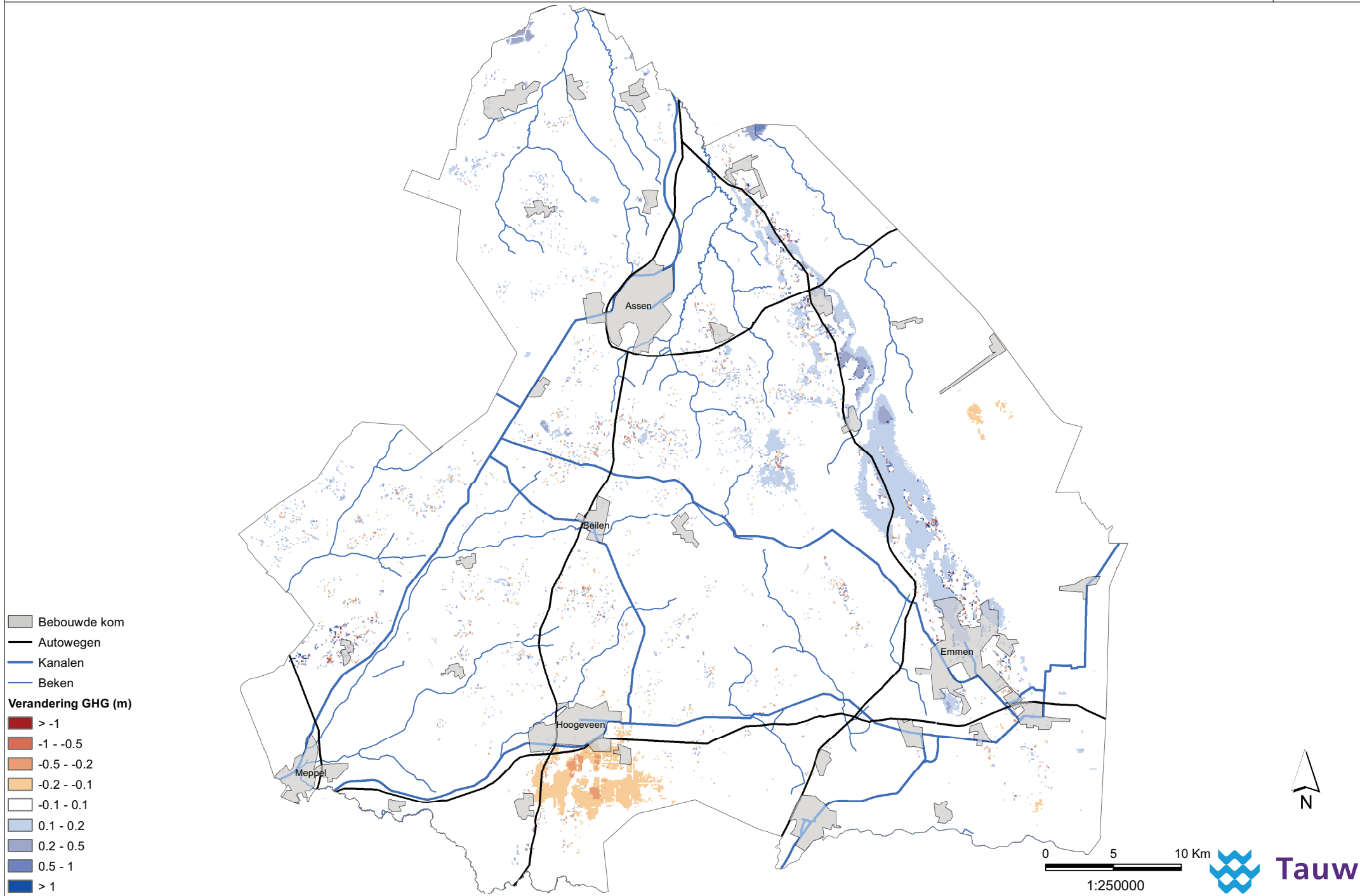


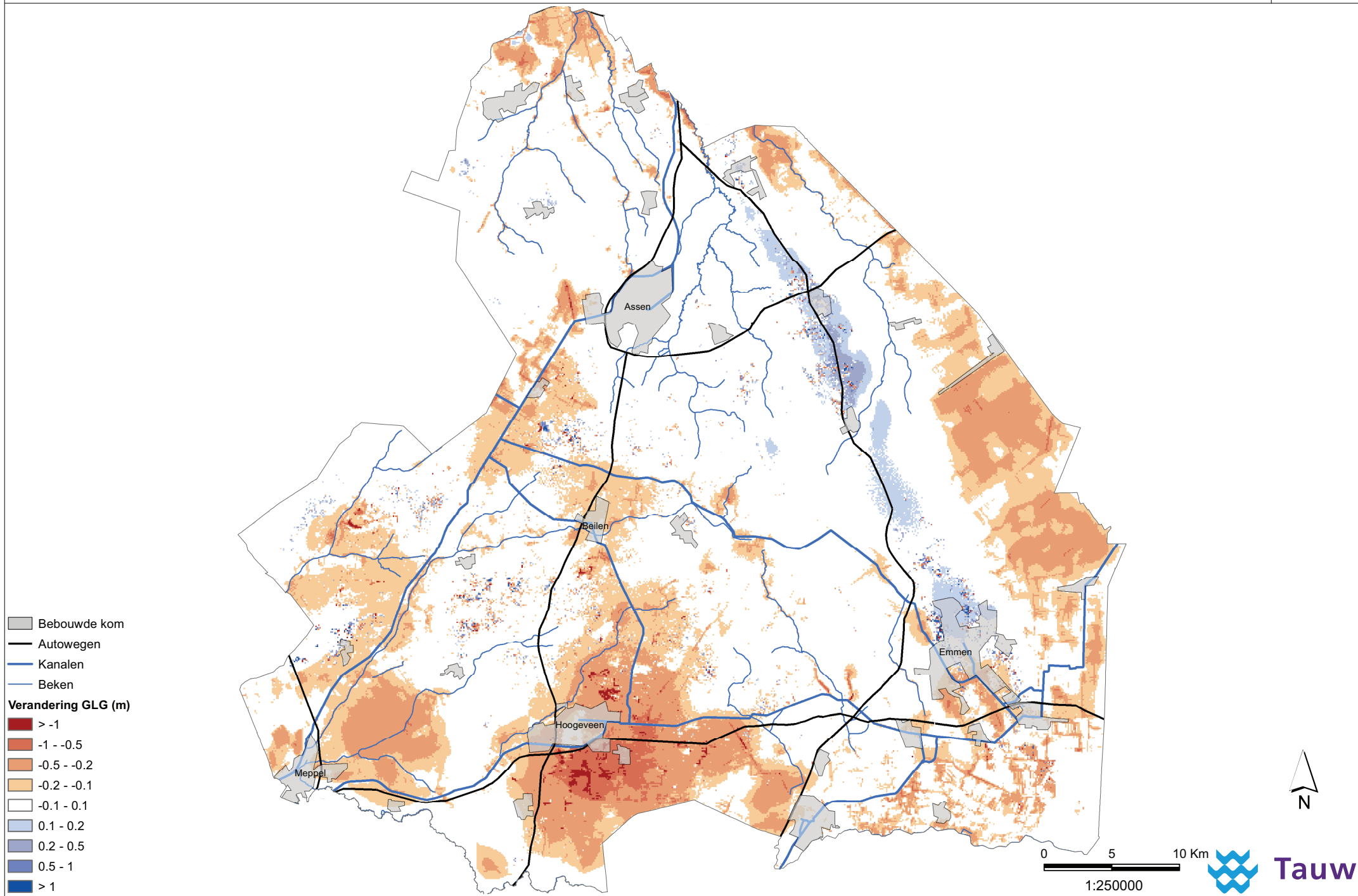


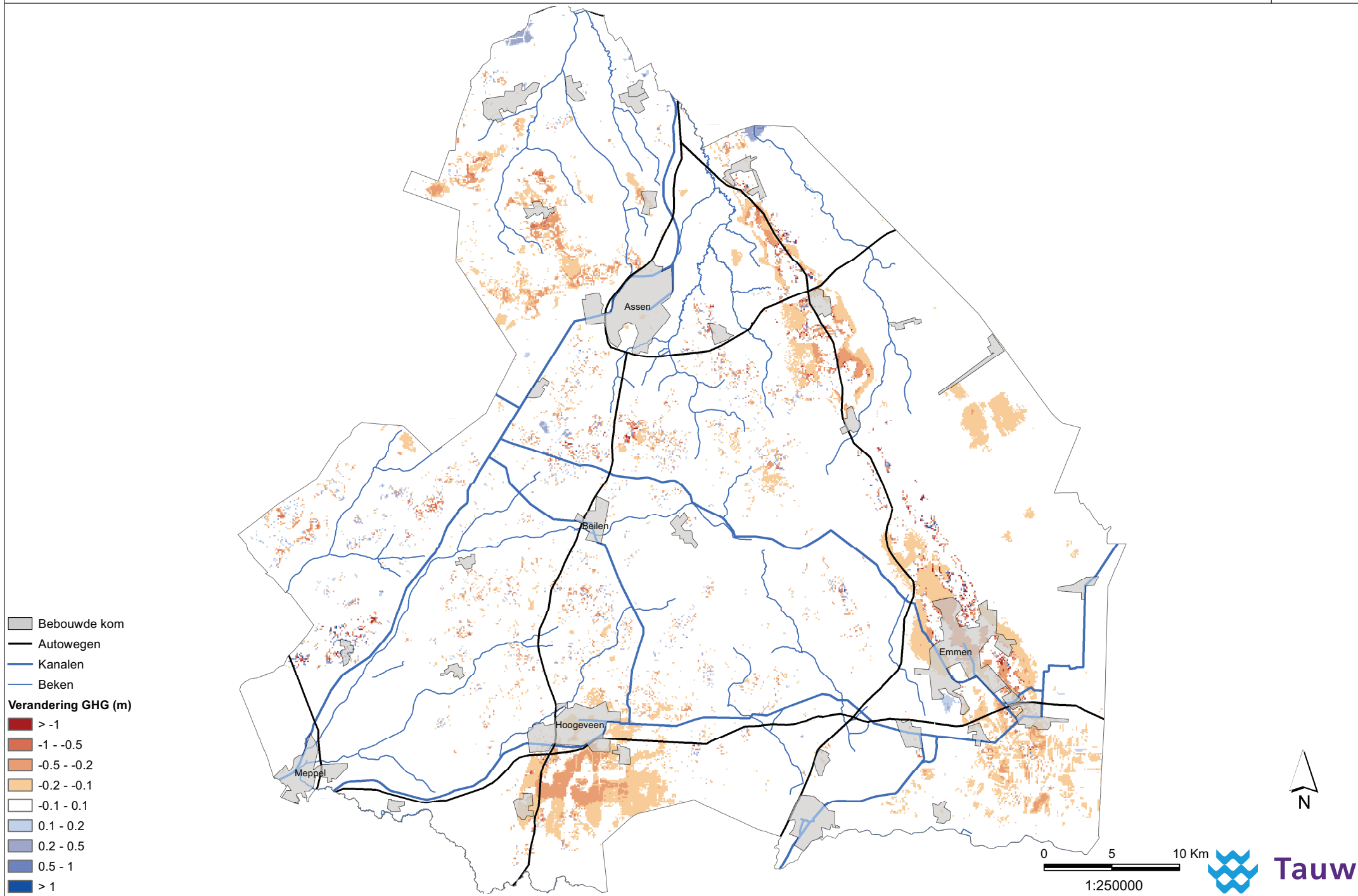


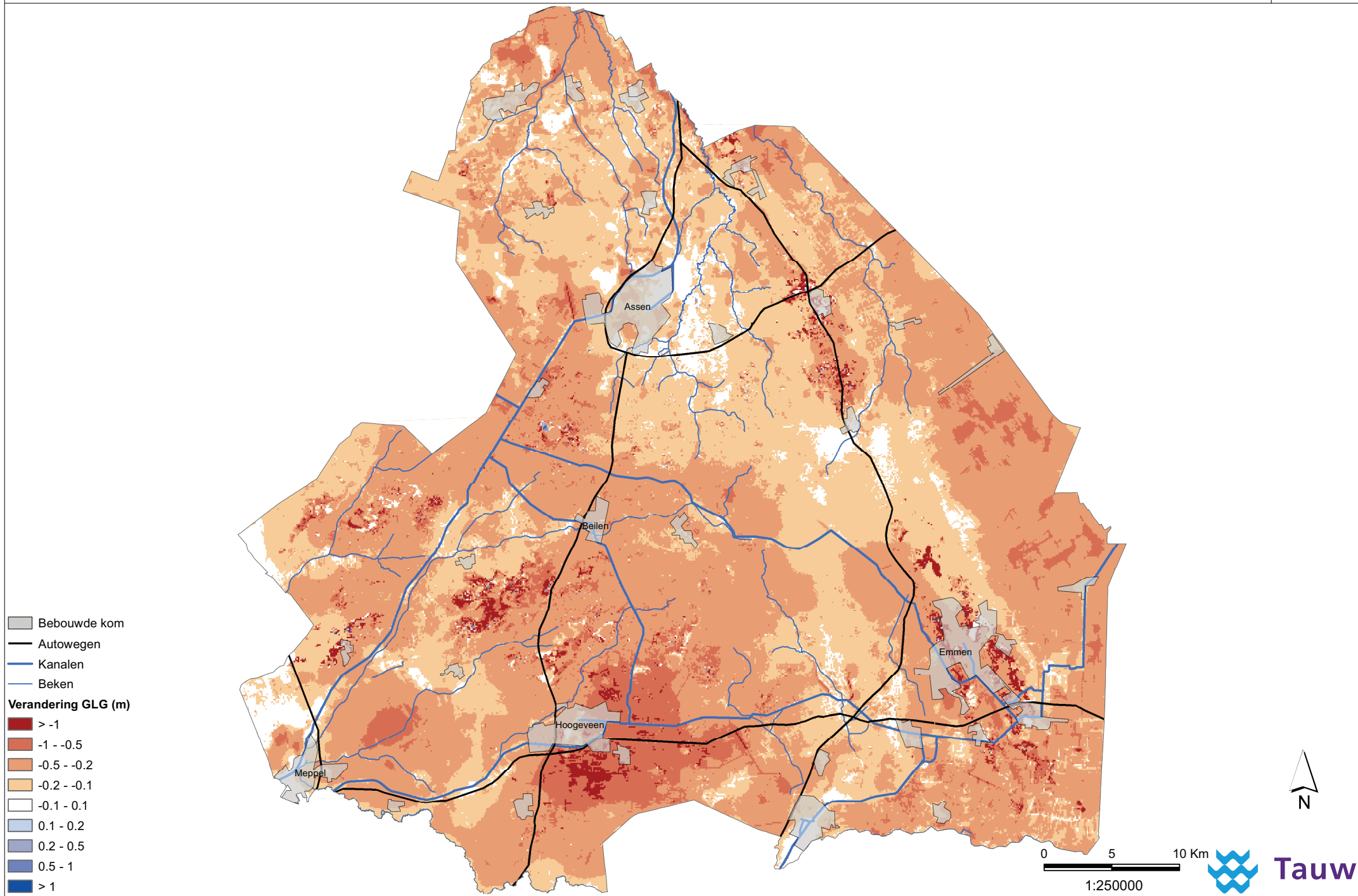


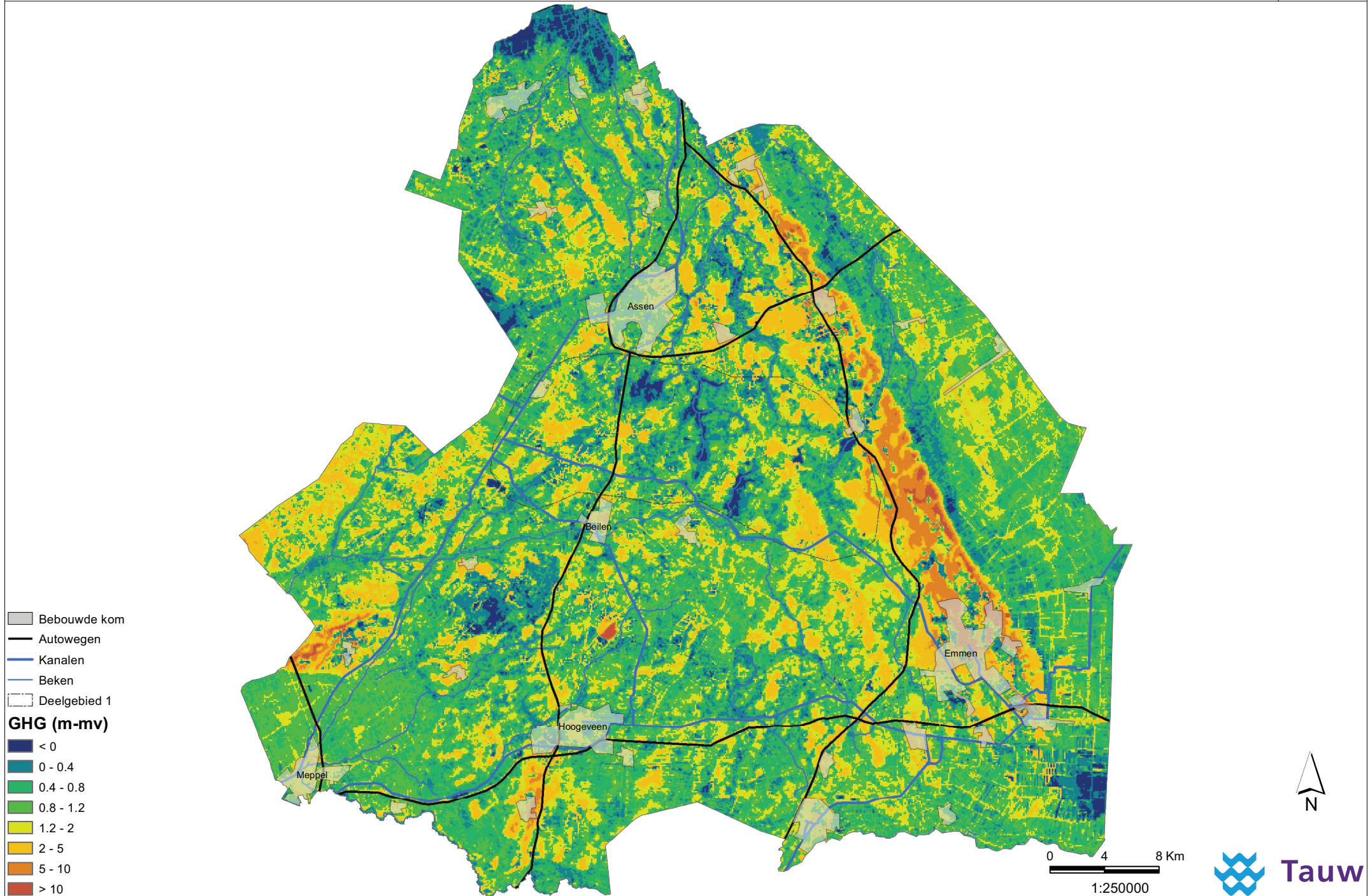


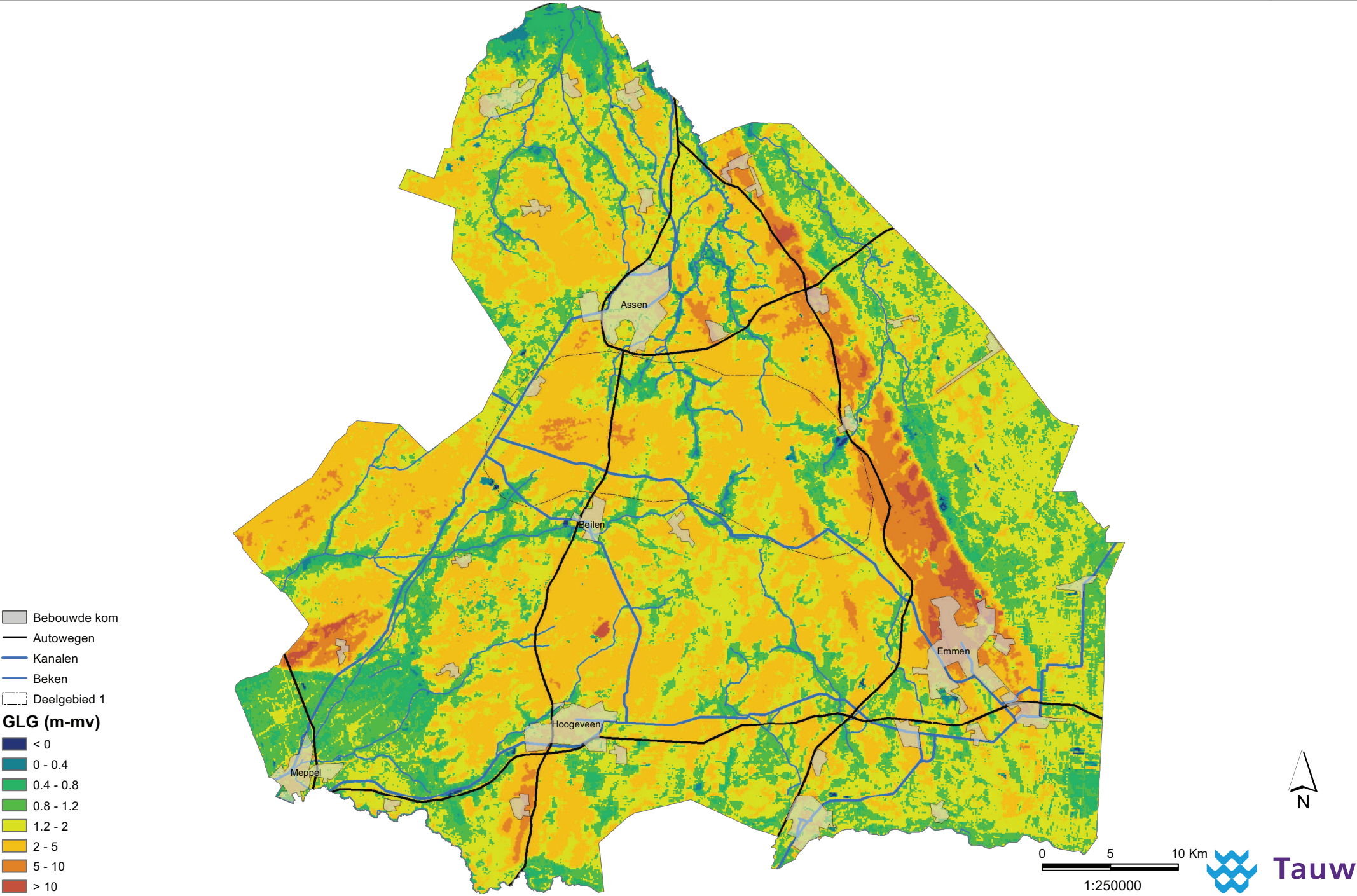





















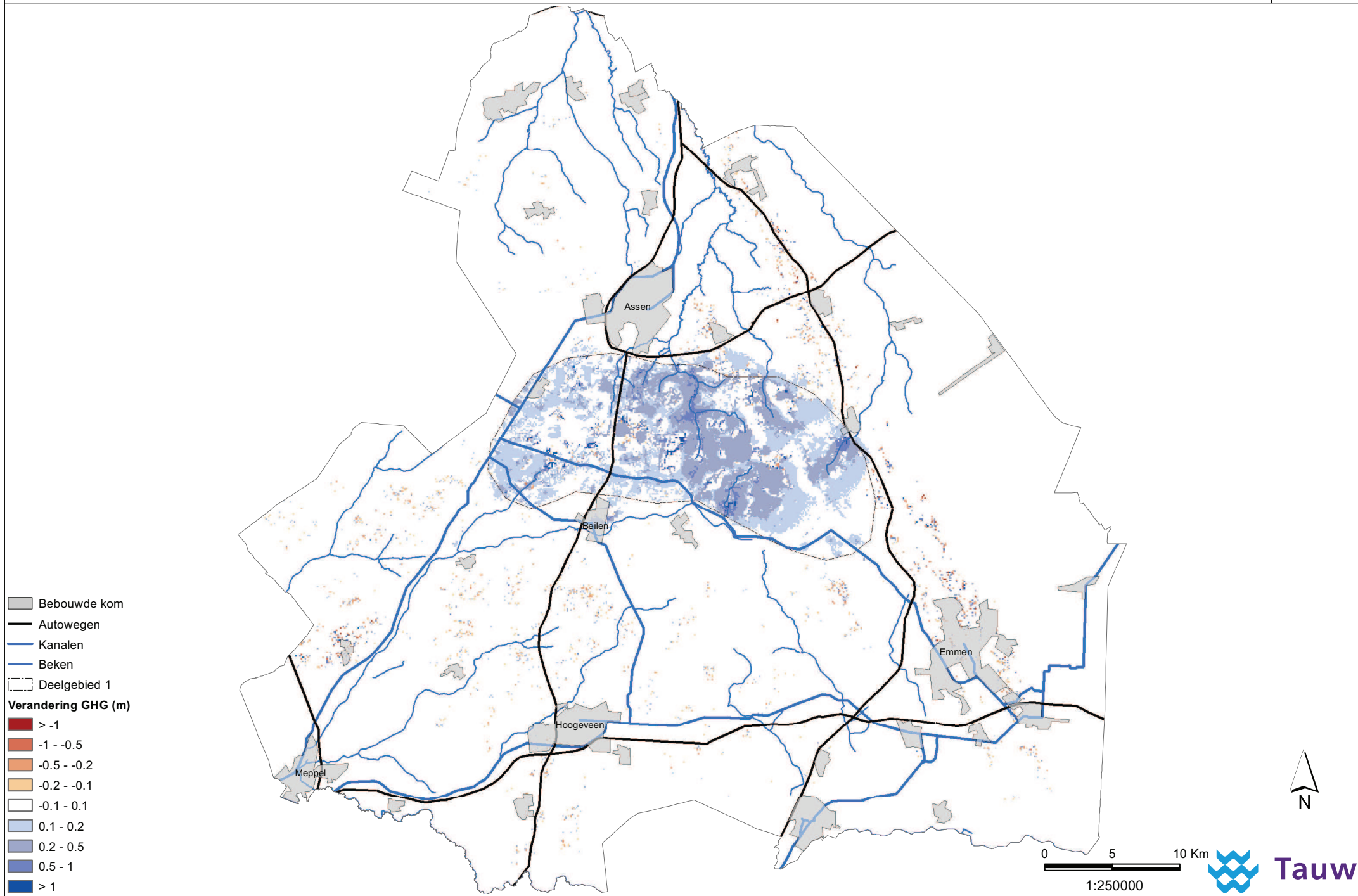


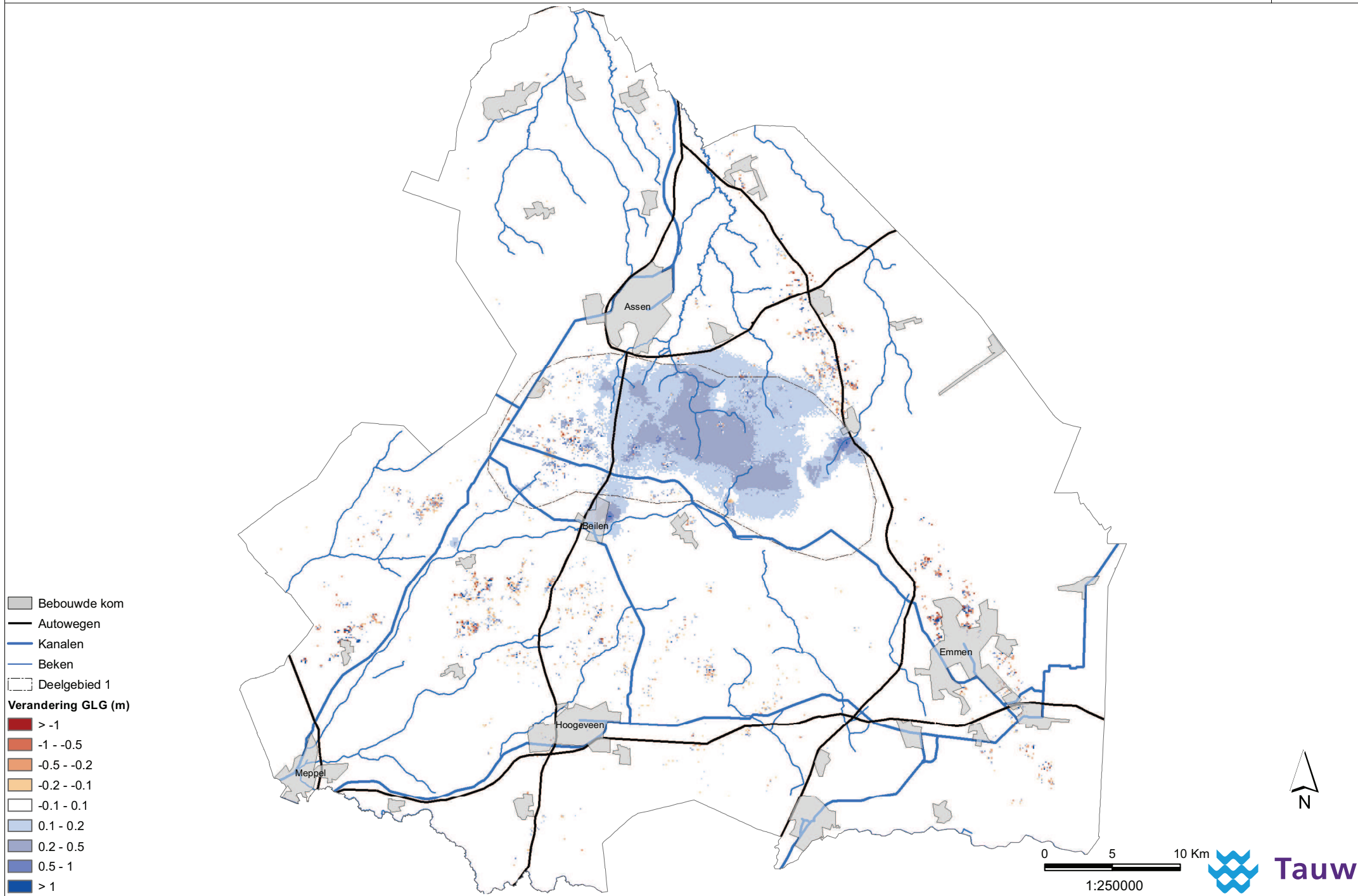


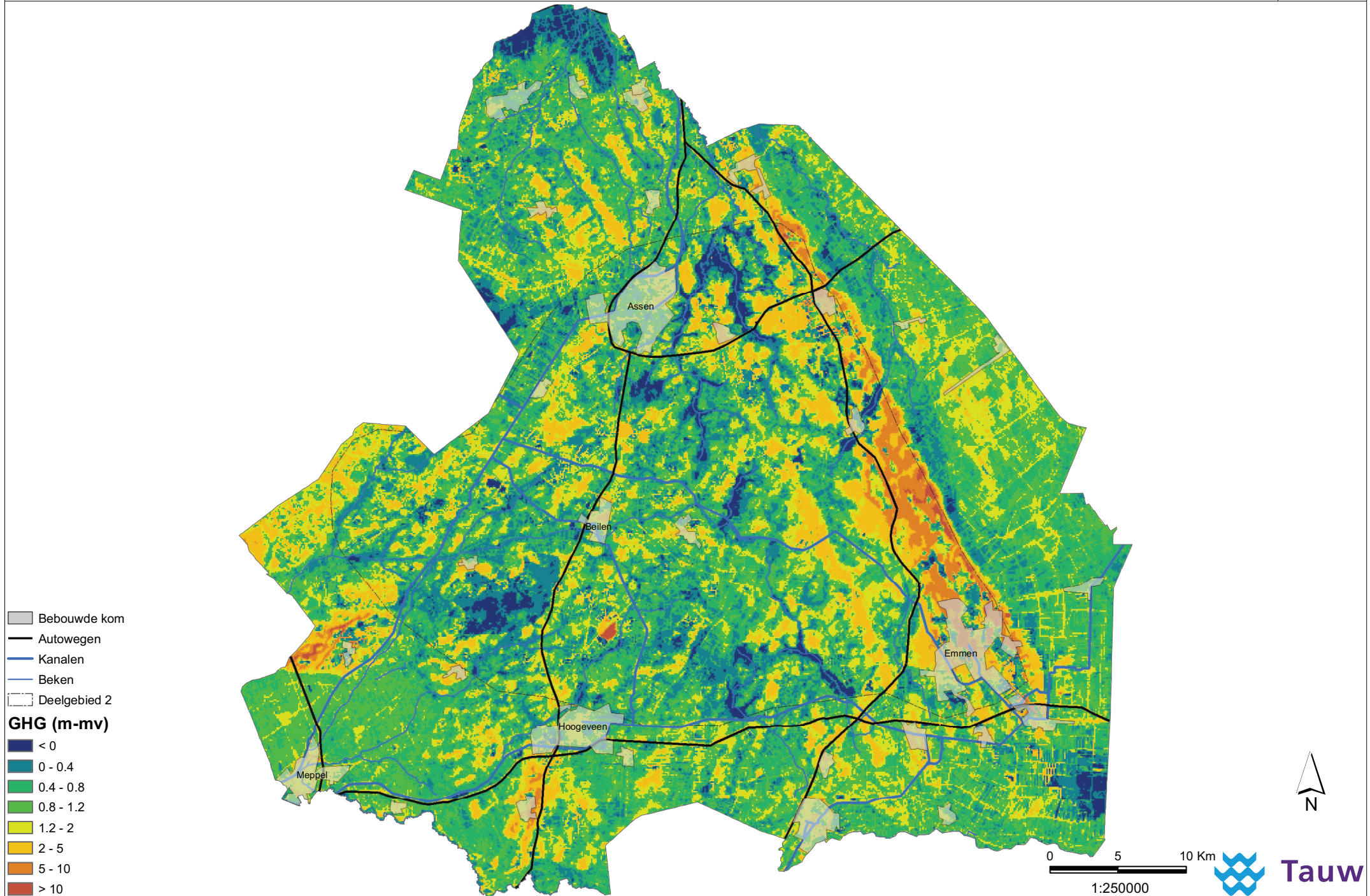
-  Bebouwde kom
-  Autowegen
-  Kanalen
-  Beken
-  Deelgebied 1
- GLG (m-mv)**
-  < 0
-  0 - 0.4
-  0.4 - 0.8
-  0.8 - 1.2
-  1.2 - 2
-  2 - 5
-  5 - 10
-  > 10

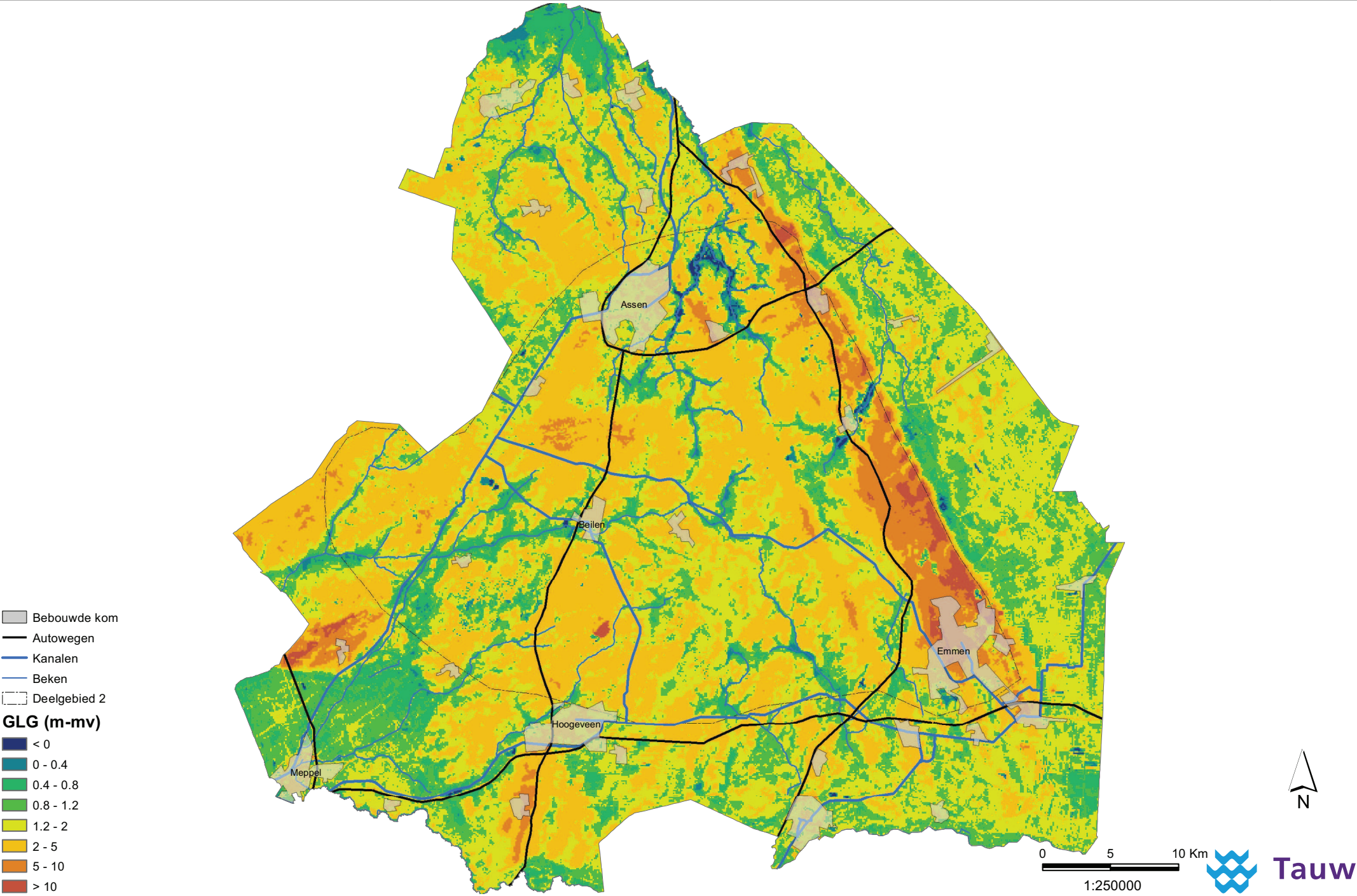
0 5 10 Km
1:250000
























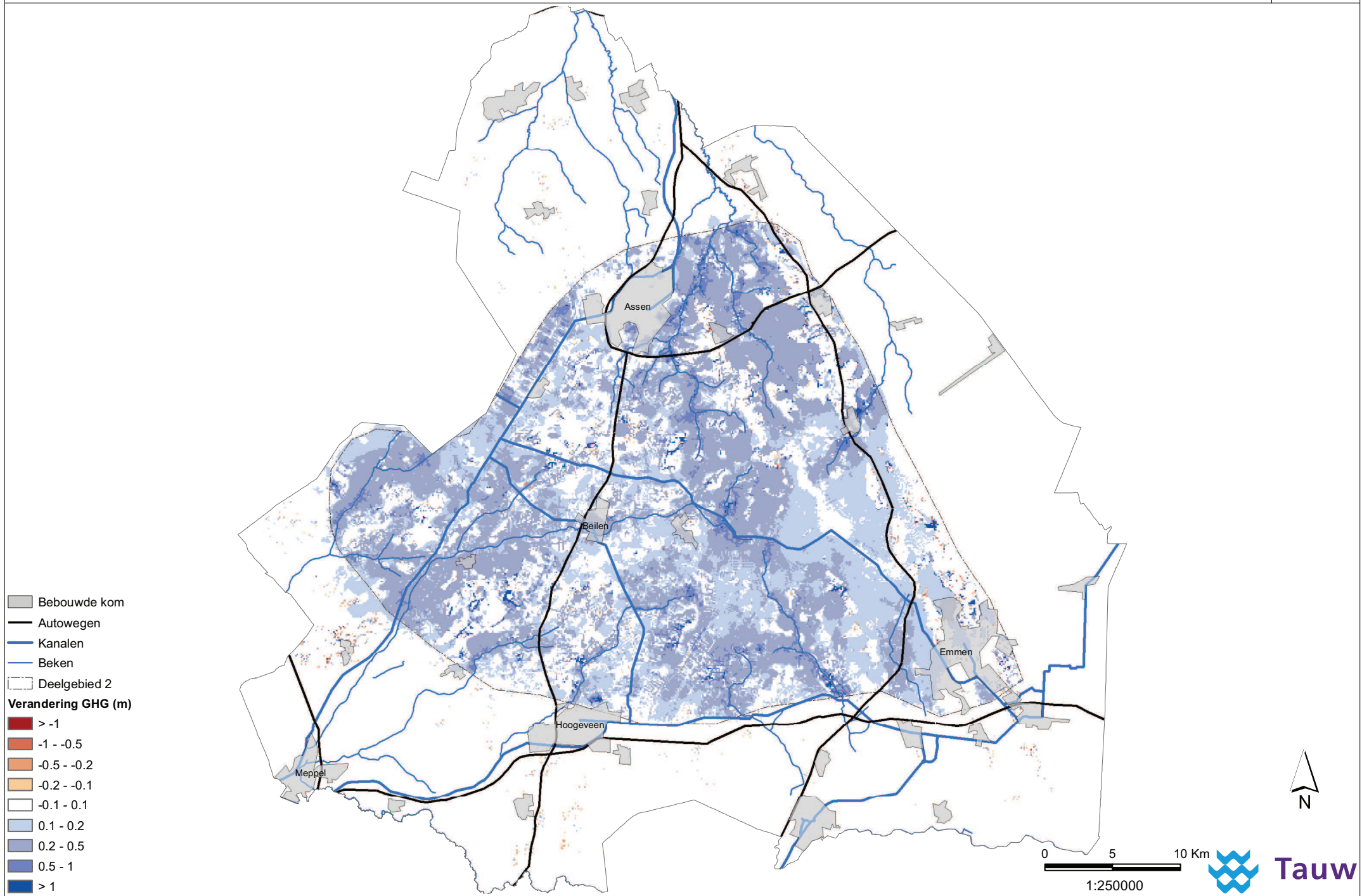
-  Bebouwde kom
-  Autowegen
-  Kanalen
-  Beken
-  Deelgebied 2
- GLG (m-mv)**
-  < 0
-  0 - 0.4
-  0.4 - 0.8
-  0.8 - 1.2
-  1.2 - 2
-  2 - 5
-  5 - 10
-  > 10

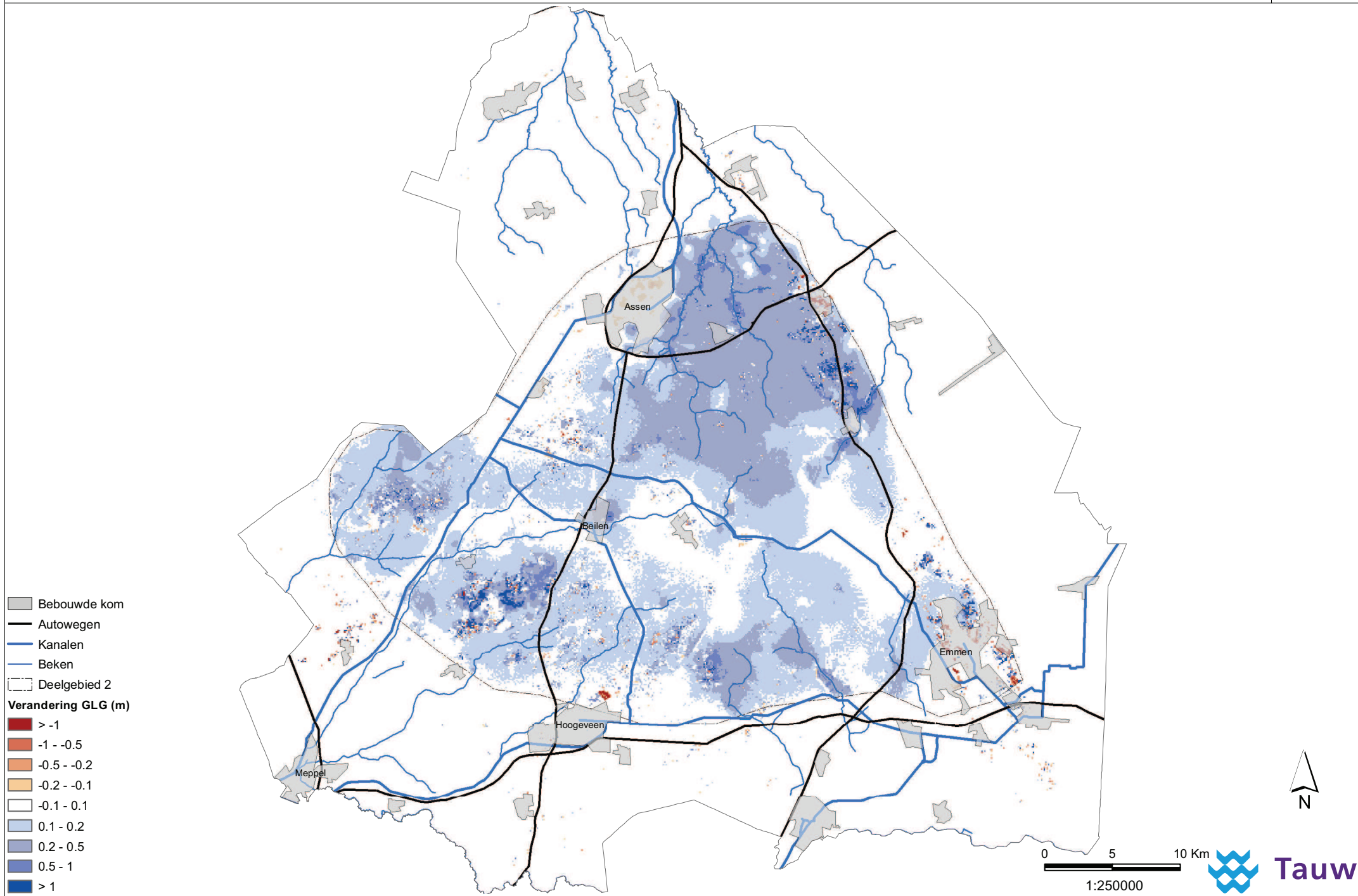
0 5 10 Km

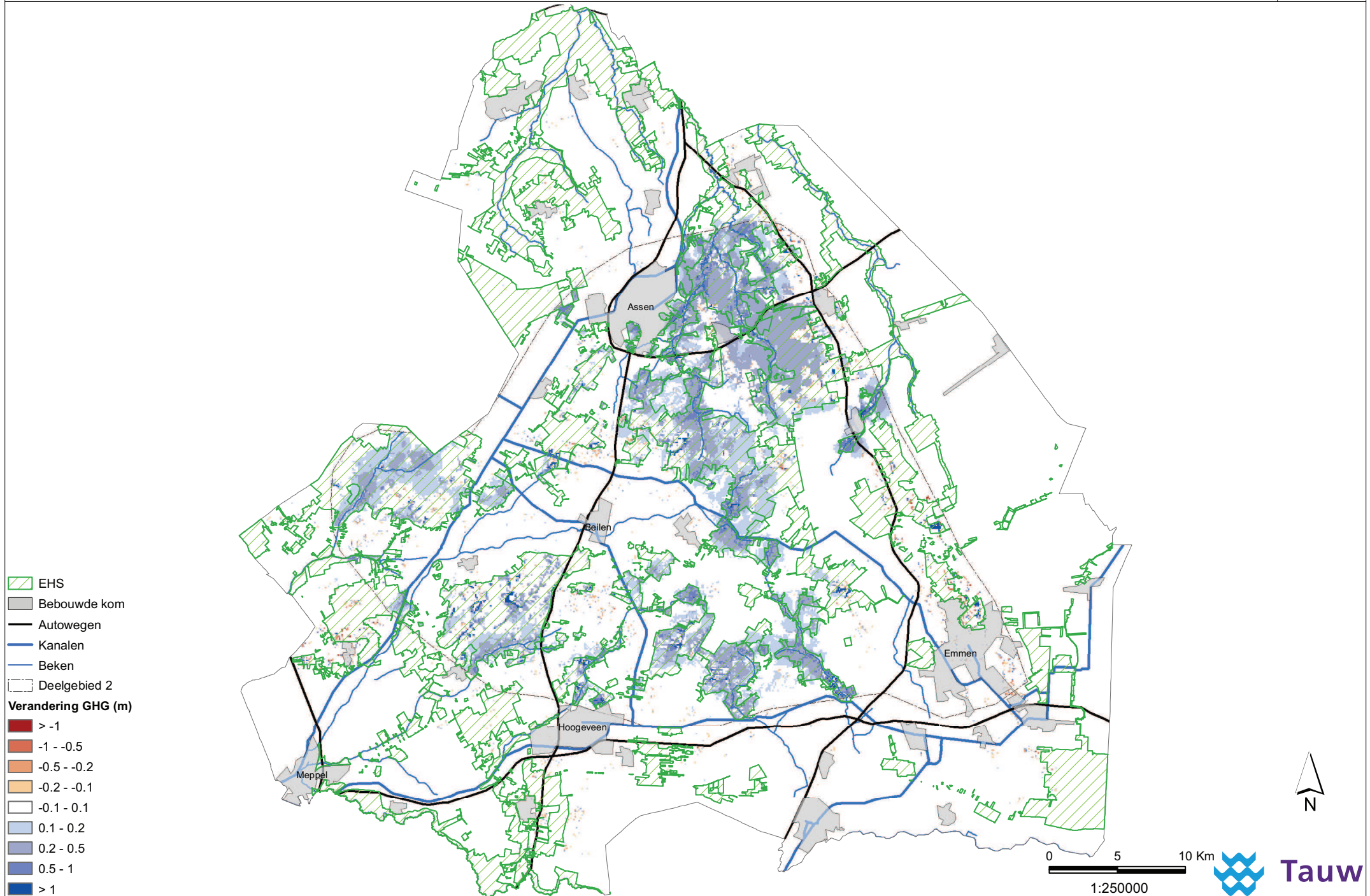
1:250000

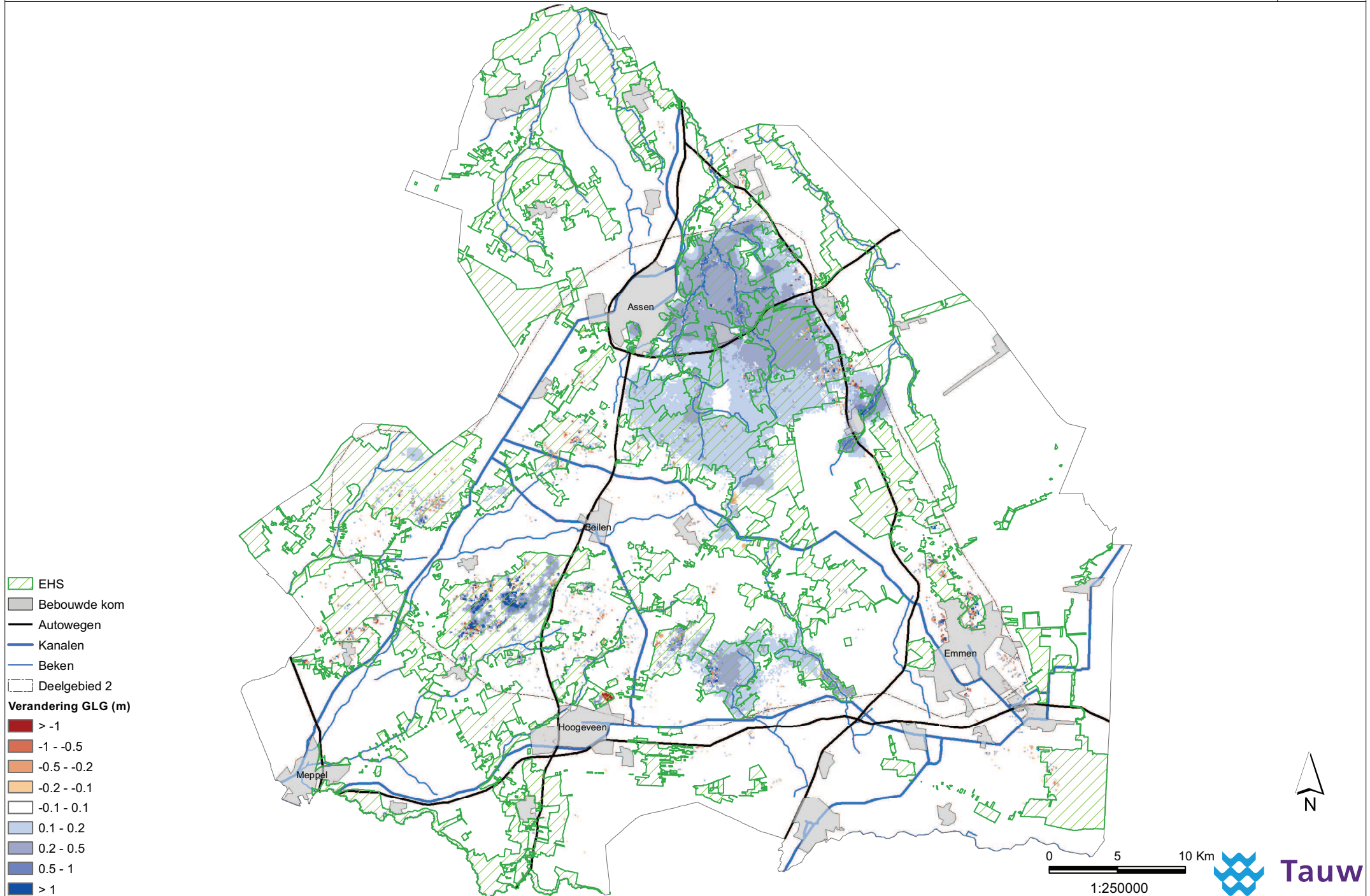


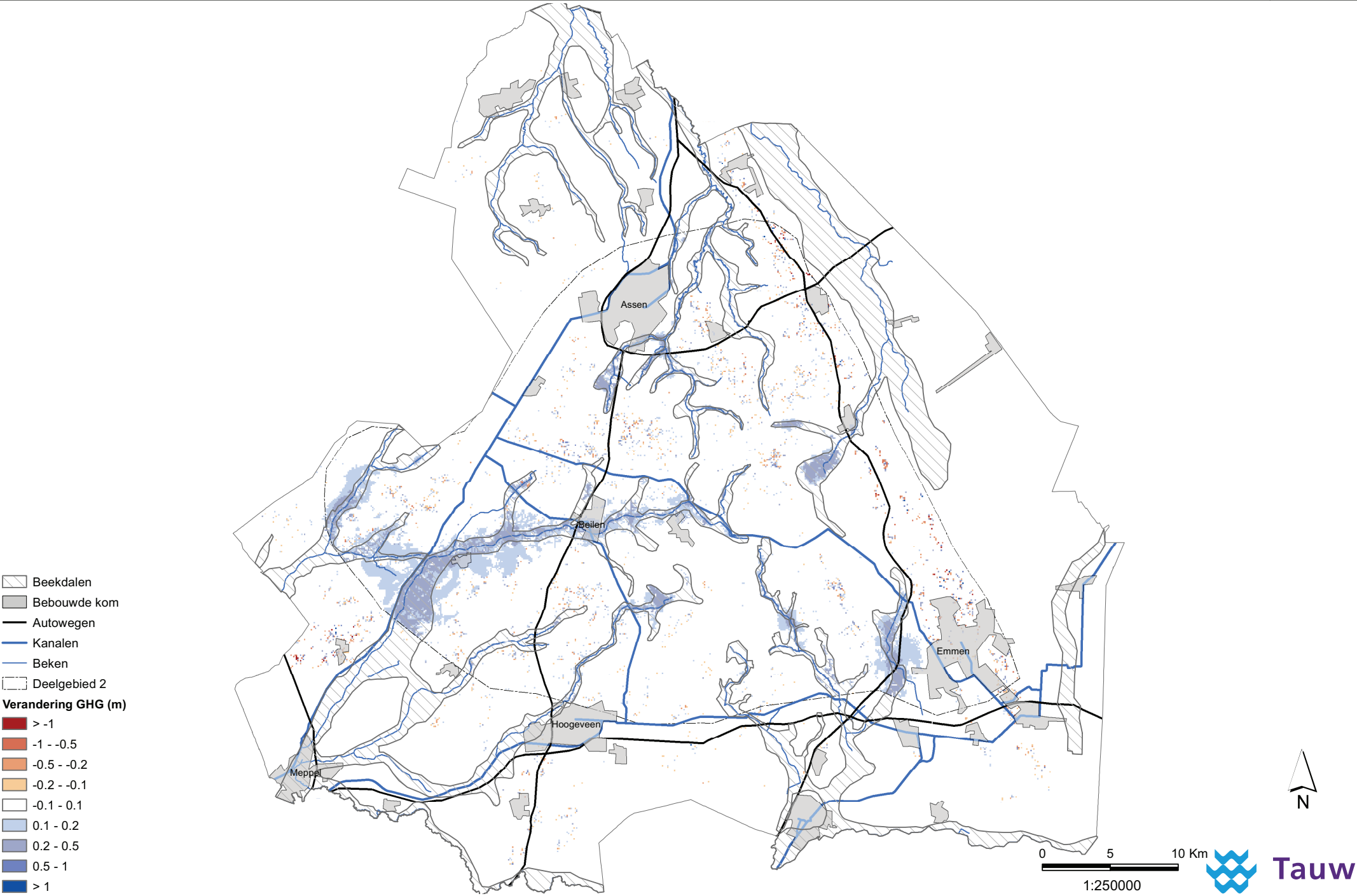
VMP 6/16/2011 09:25 4768956_100420

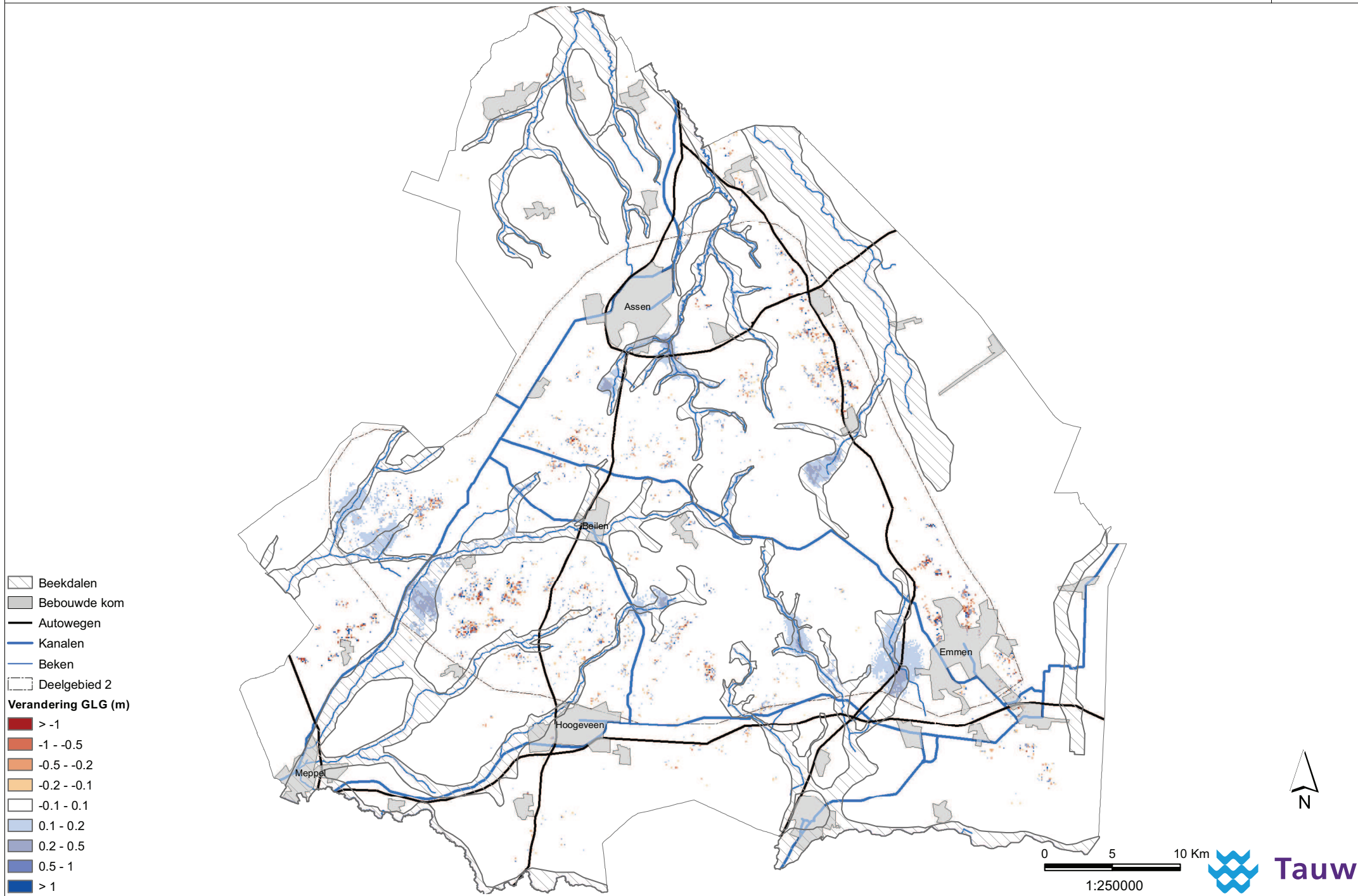


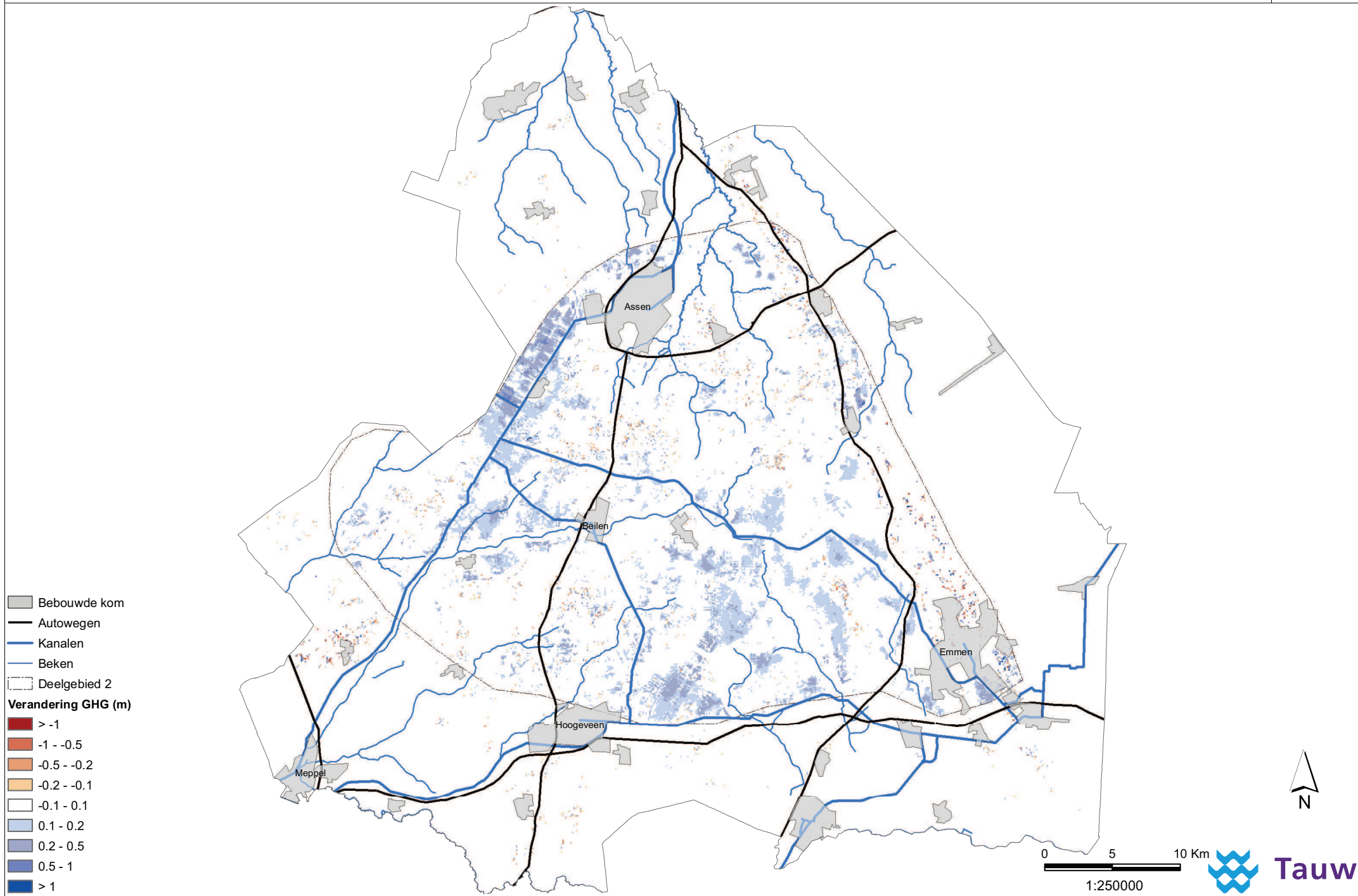


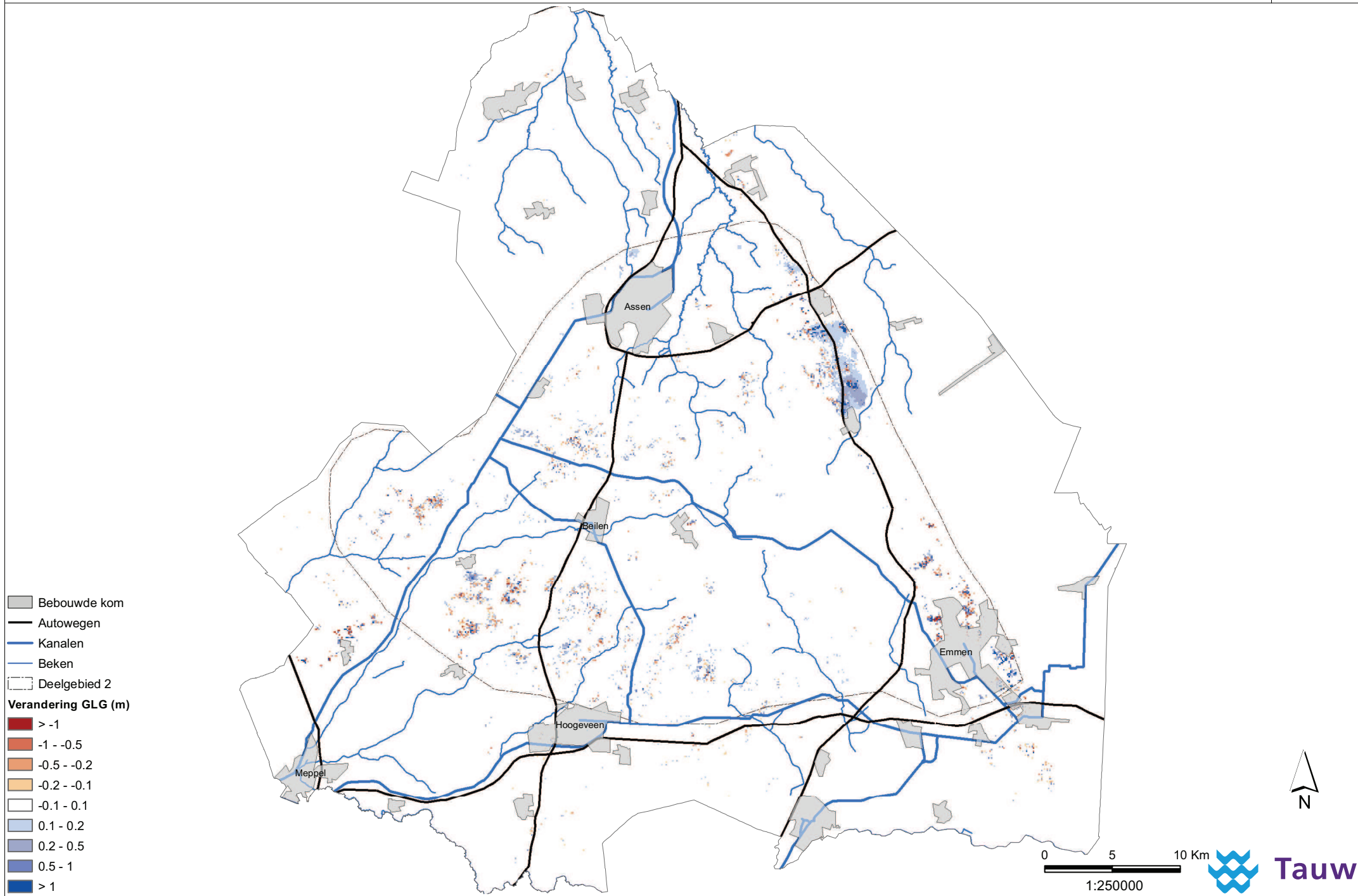


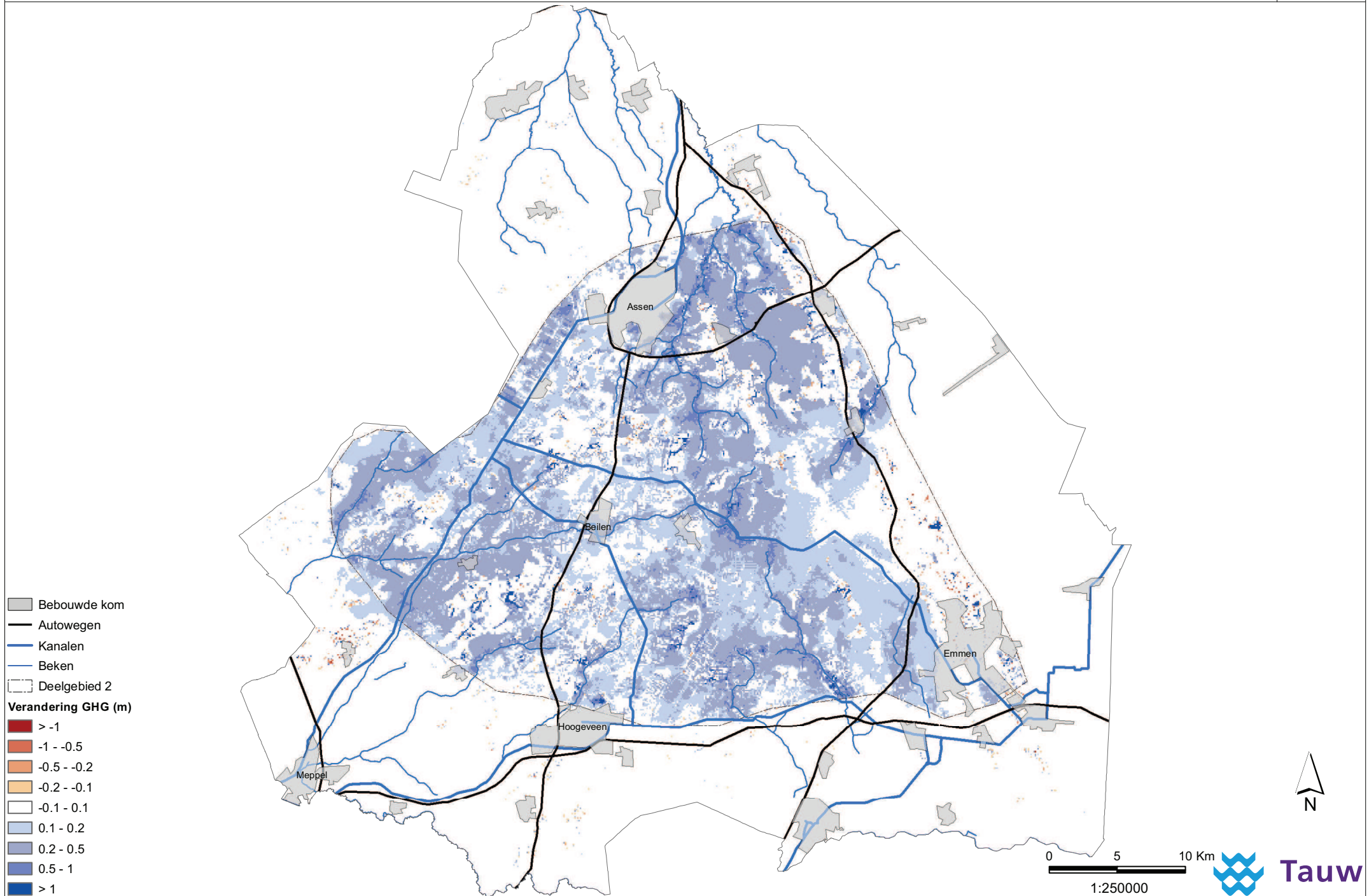


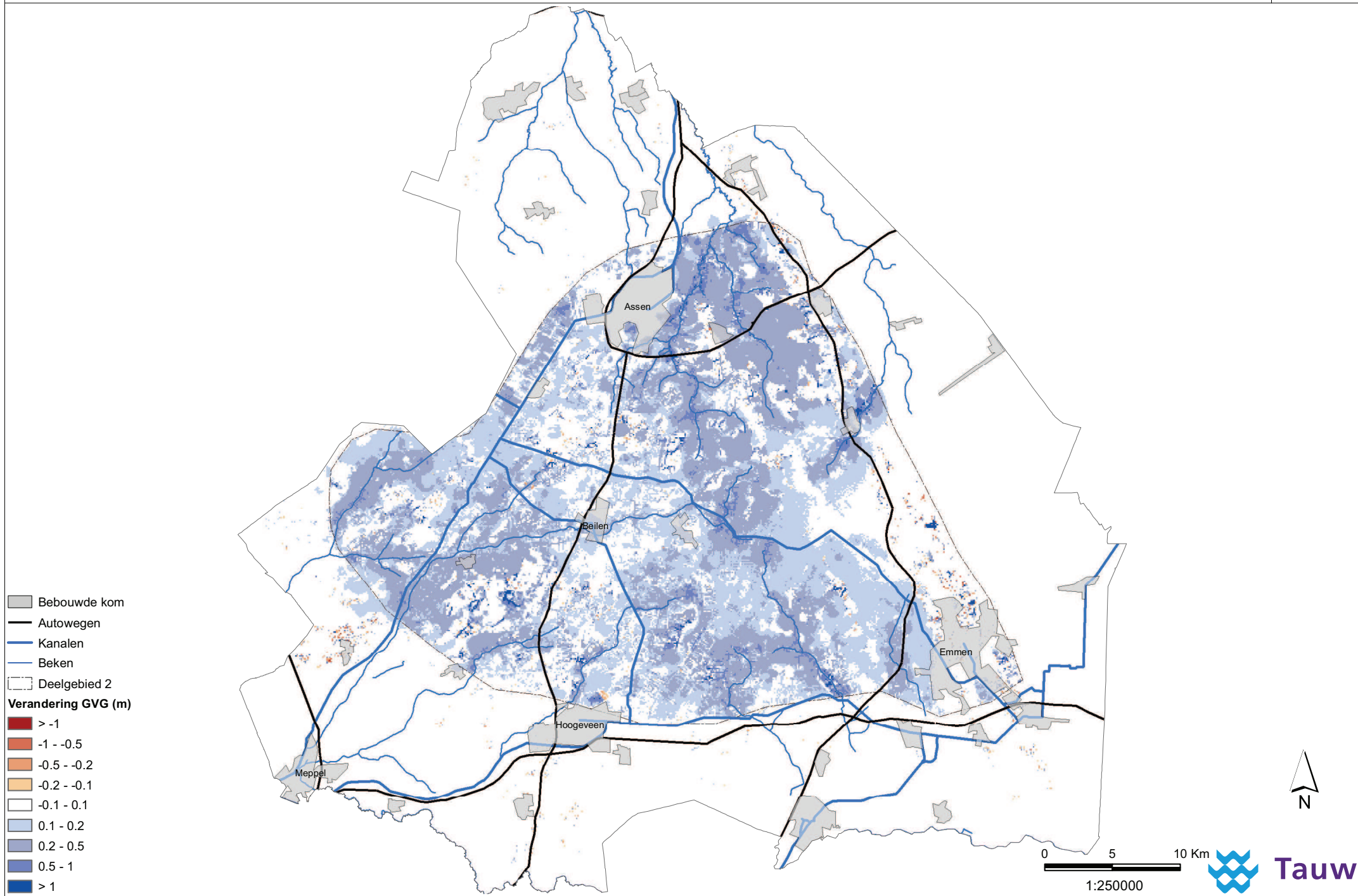


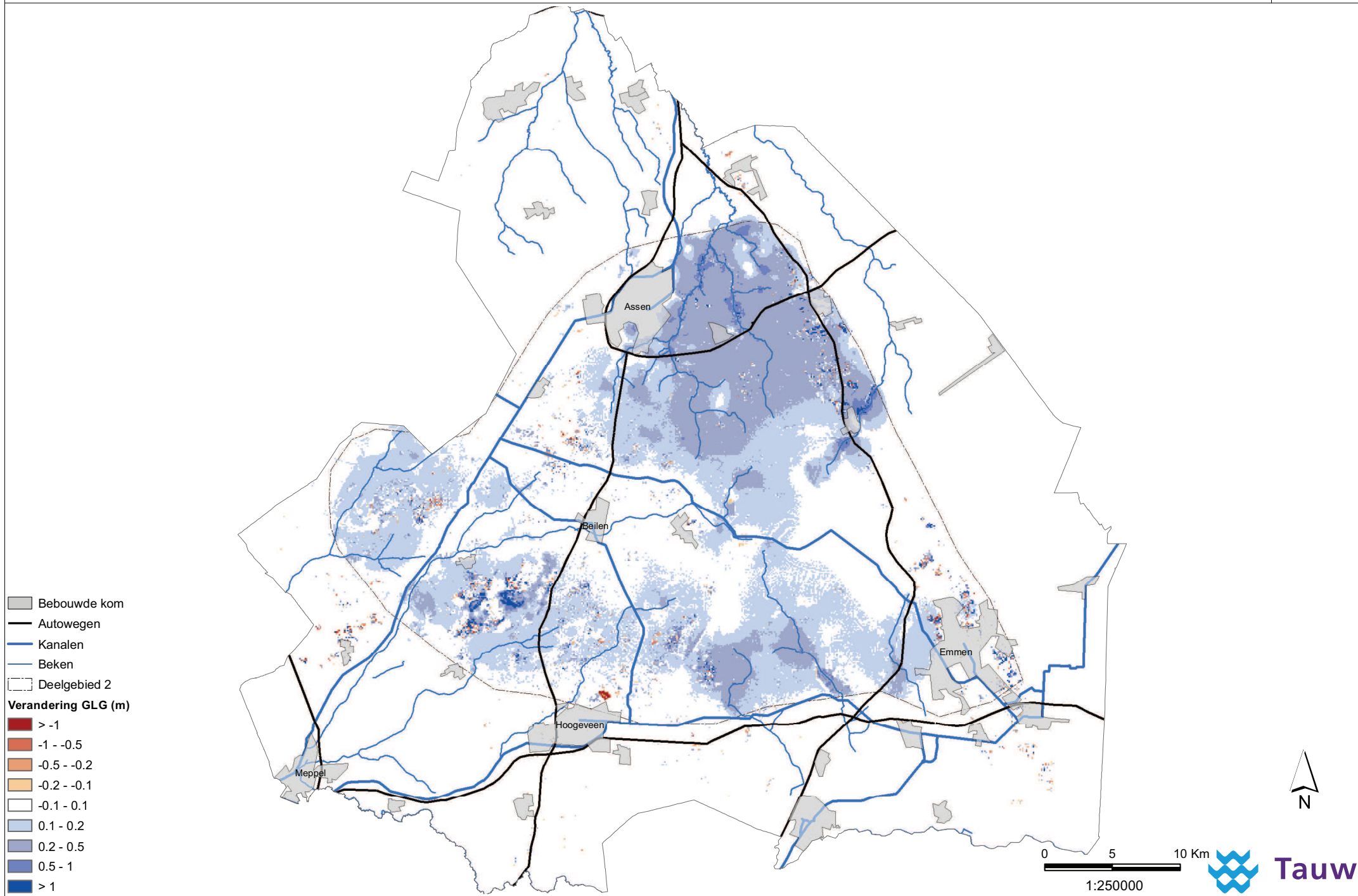


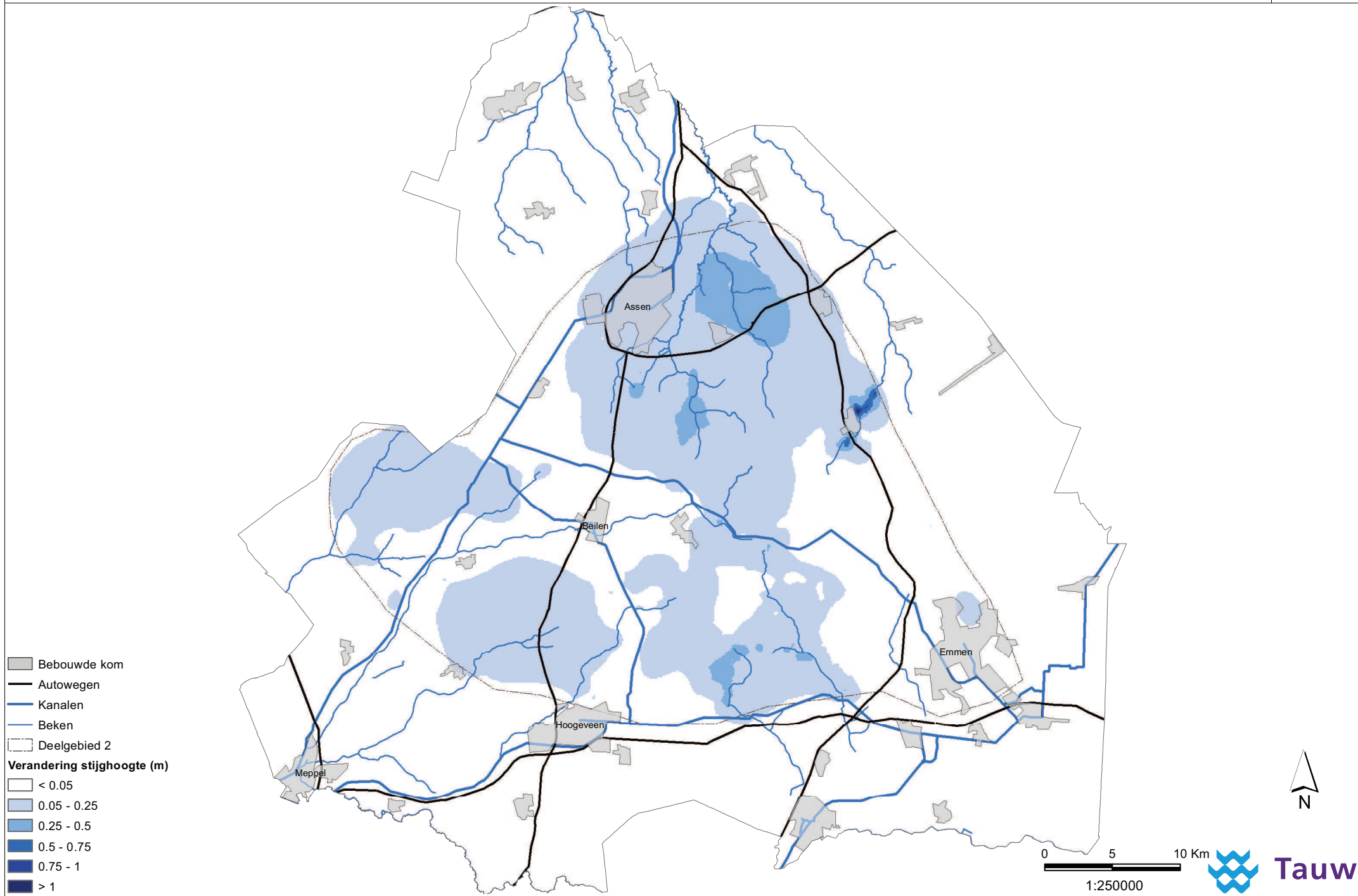


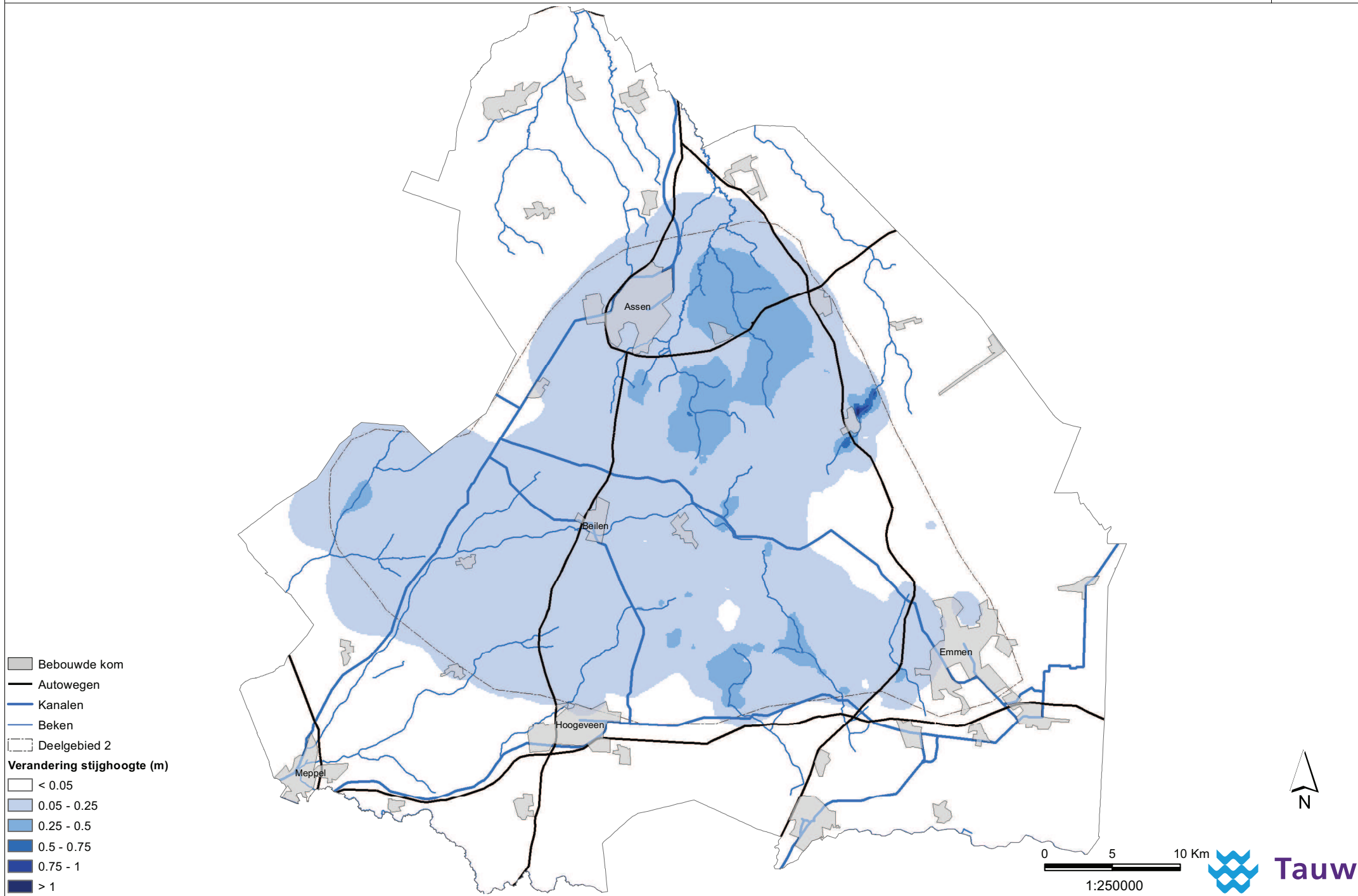


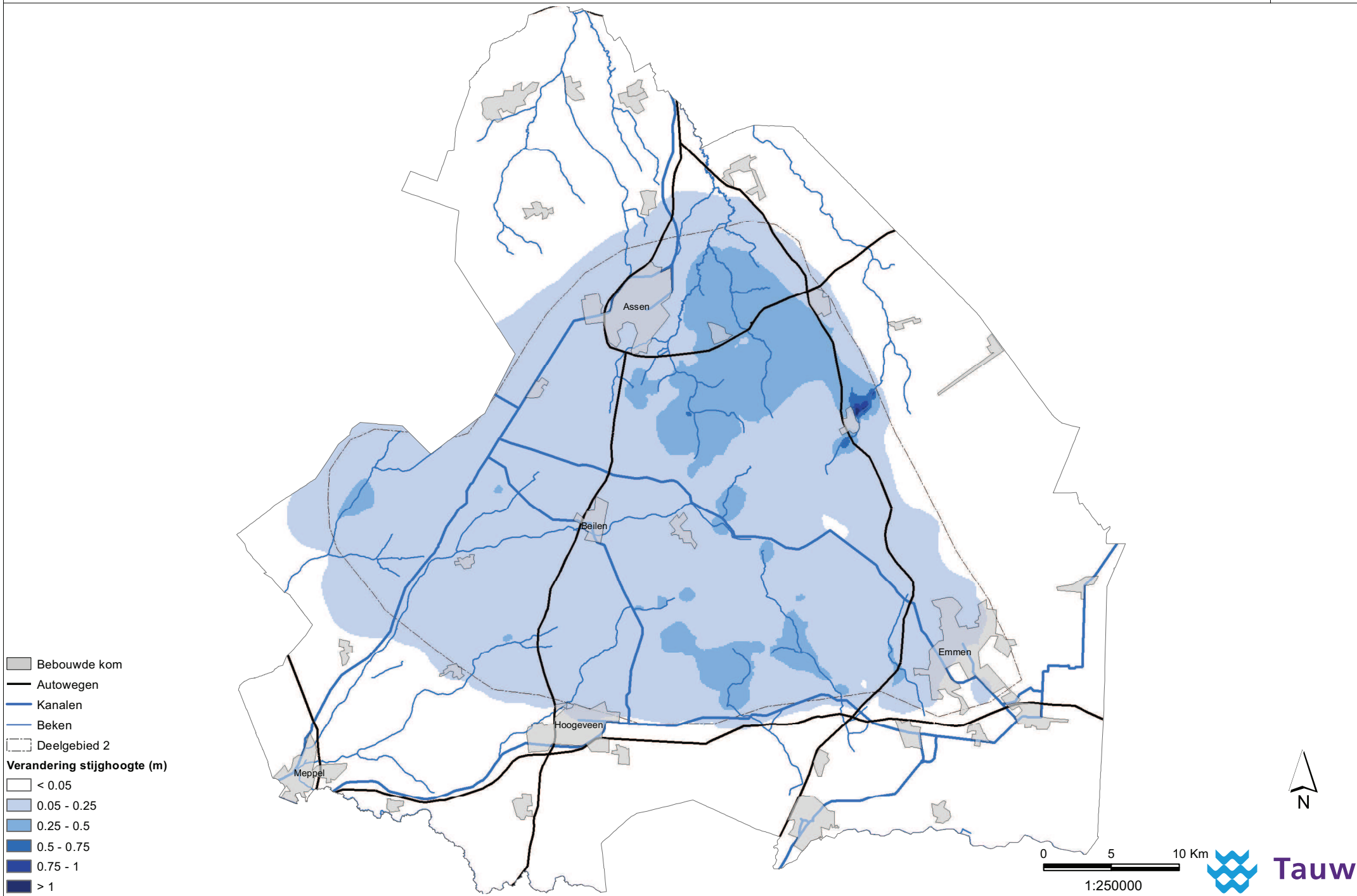


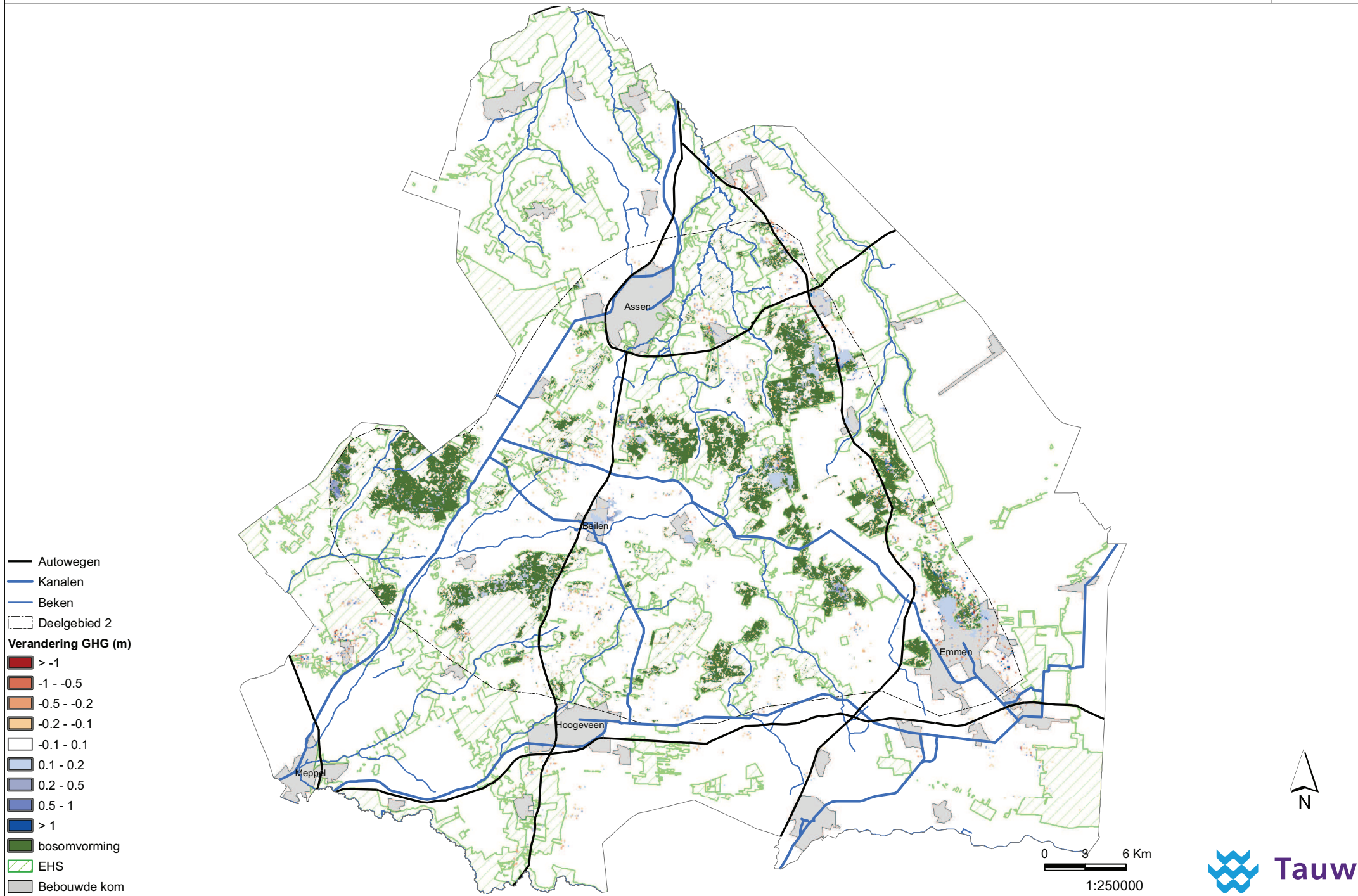


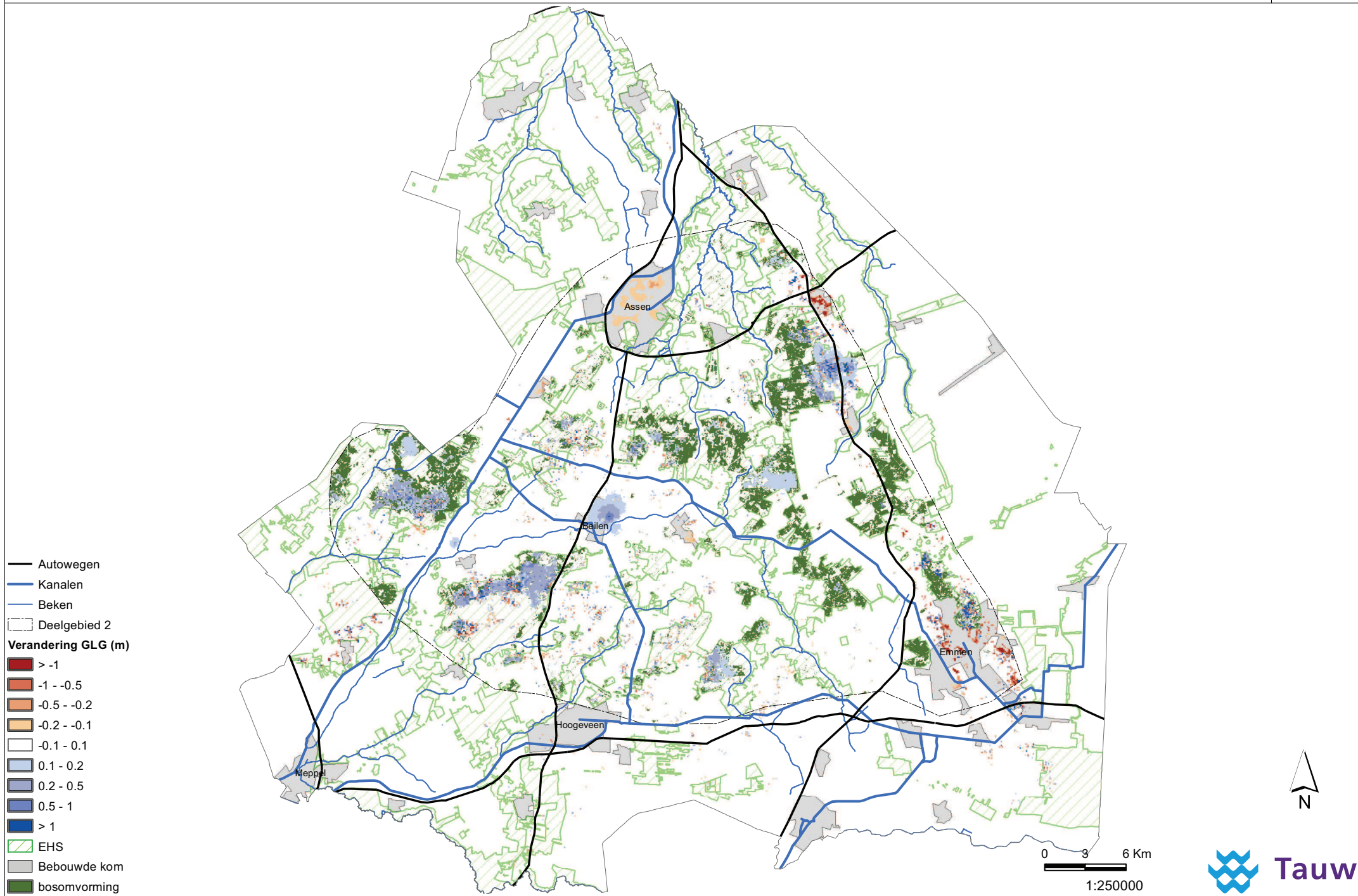












Bijlage

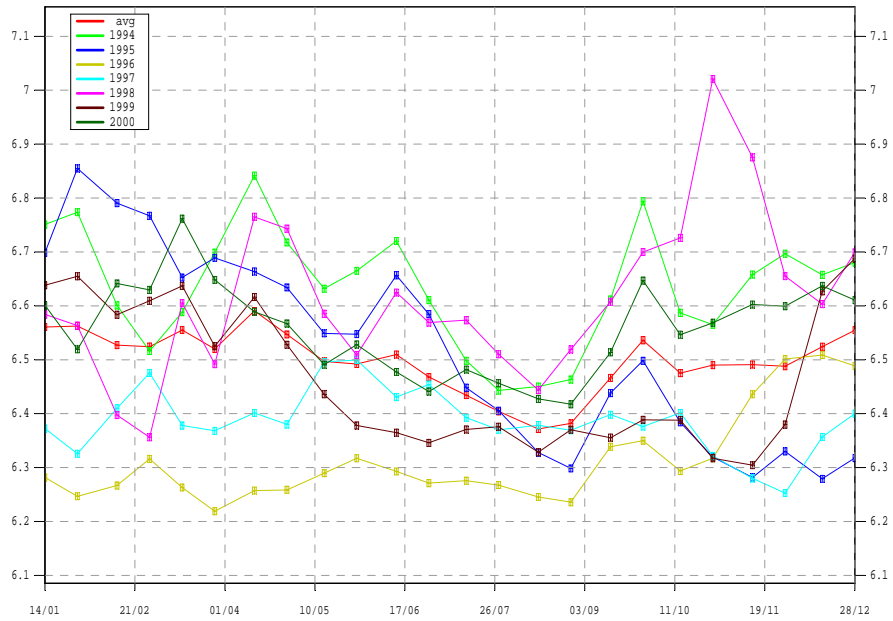
4

Regimecurves

1:\4768956\mipwa\uitvoer\ref\head\

B17A0031 laag 3

locatie: 220373-540197

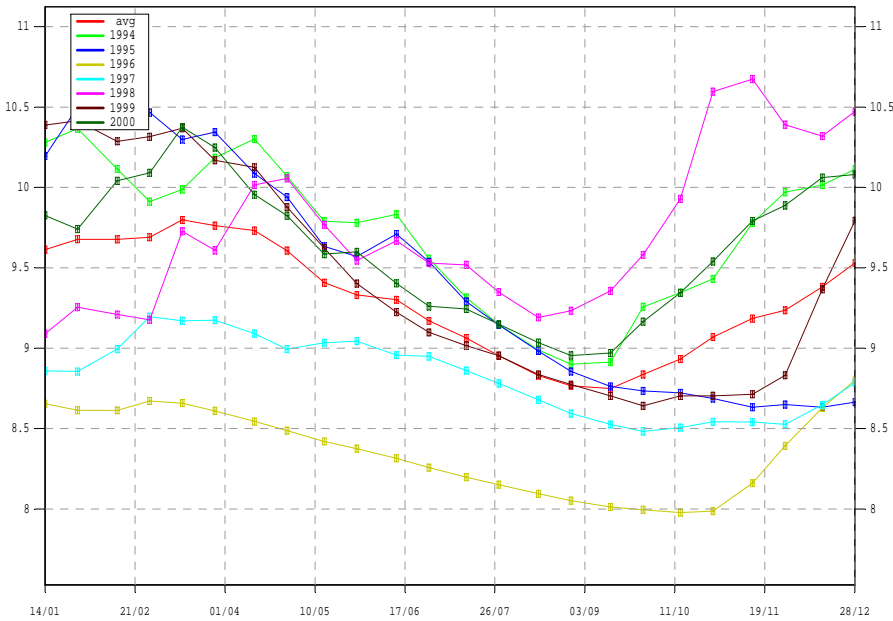


Figuur b4.1 Berekende regimecurves huidige situatie peilbuis B17A0031

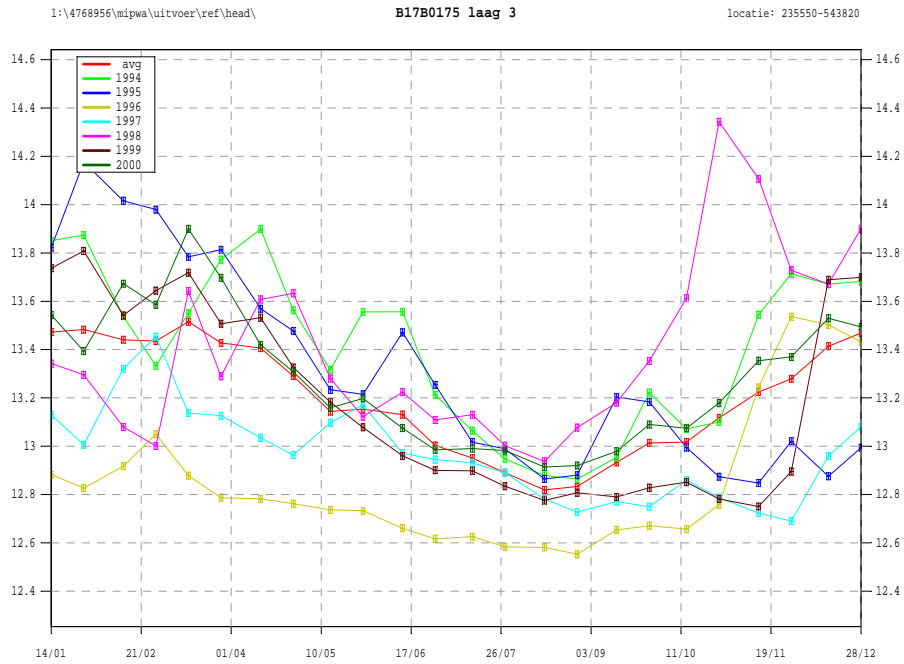
1:\4768956\mipwa\uitvoer\ref\head\

B17C0171 laag 3

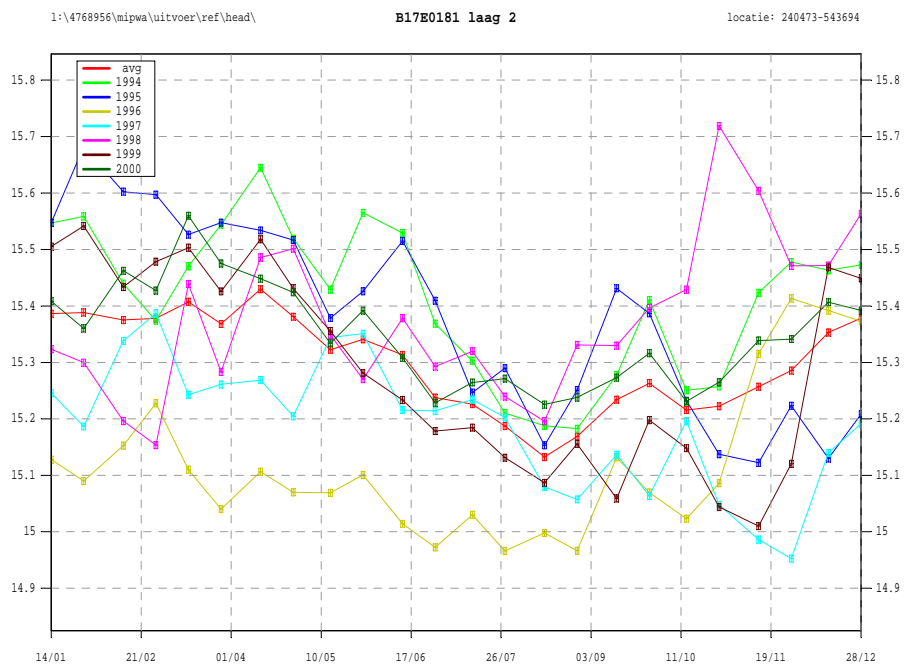
locatie: 225230-534920



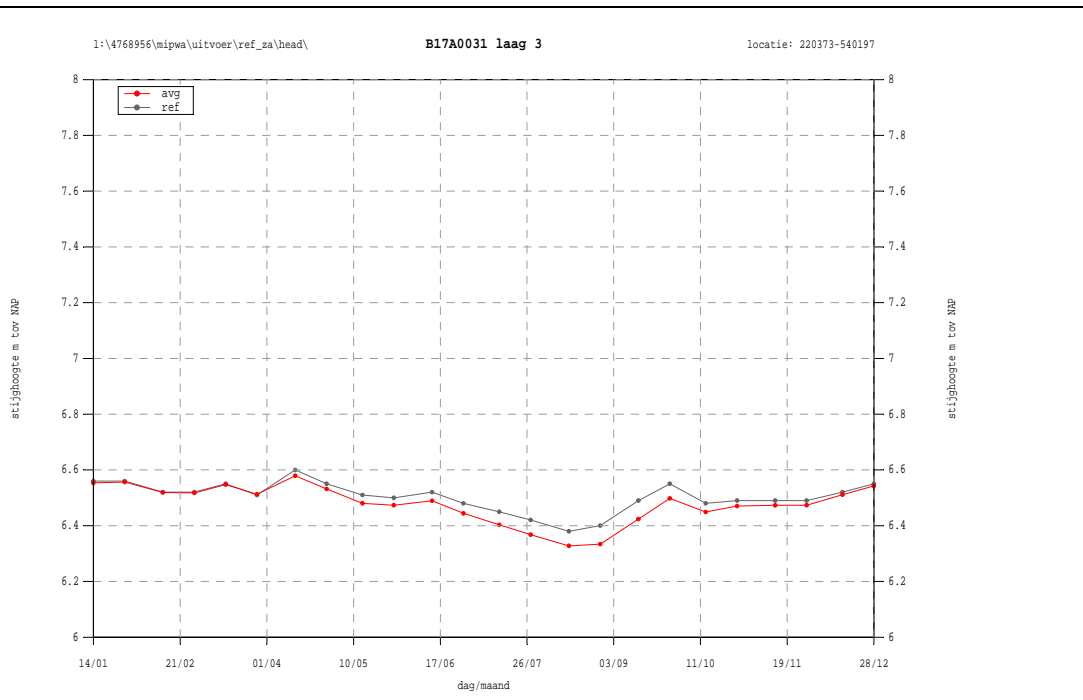
Figuur b4.2 Berekende regimecurves huidige situatie peilbuis B17C0171



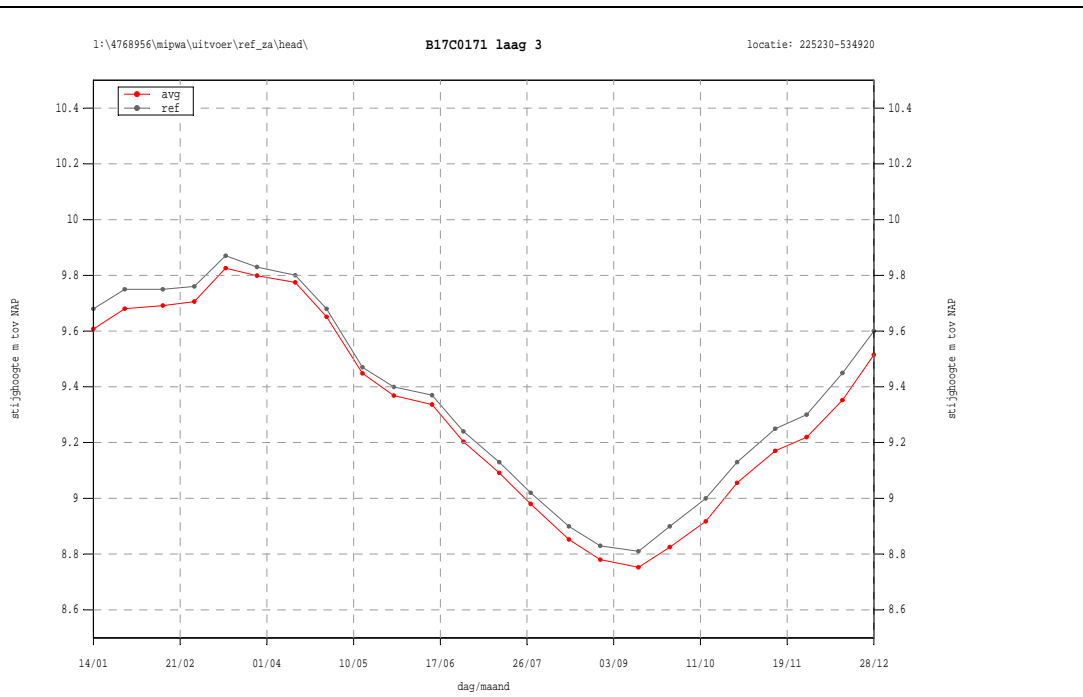
Figuur b4.3 Berekende regimecurves huidige situatie peilbuis B17B0175



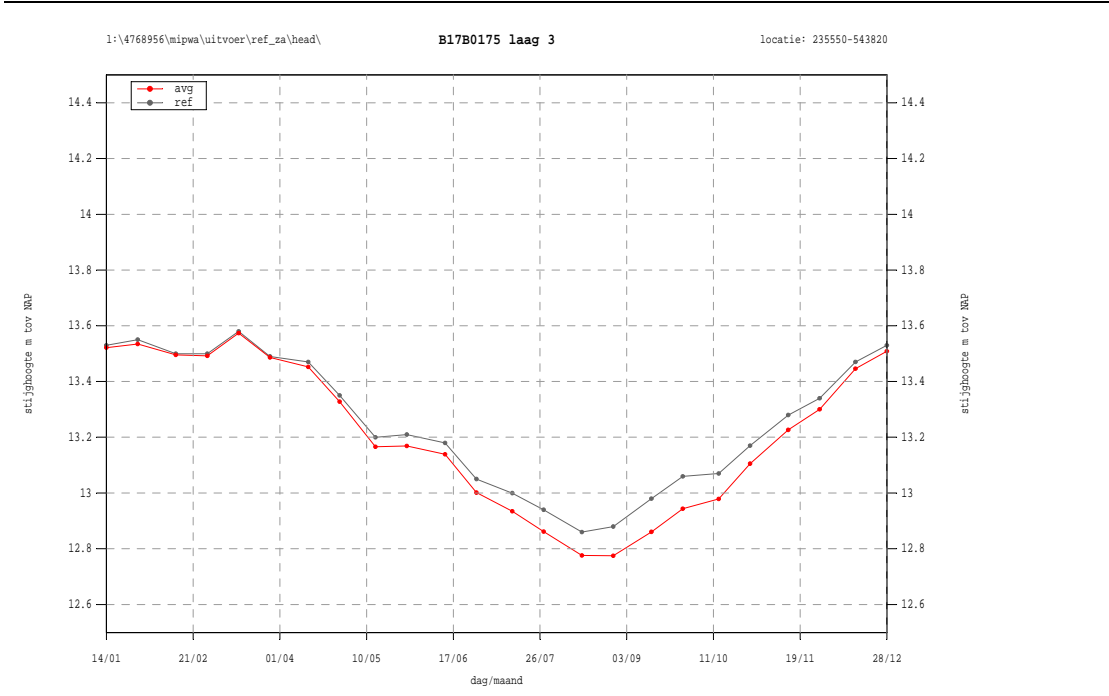
Figuur b4.4 Berekende regimecurves huidige situatie peilbuis B17E0181



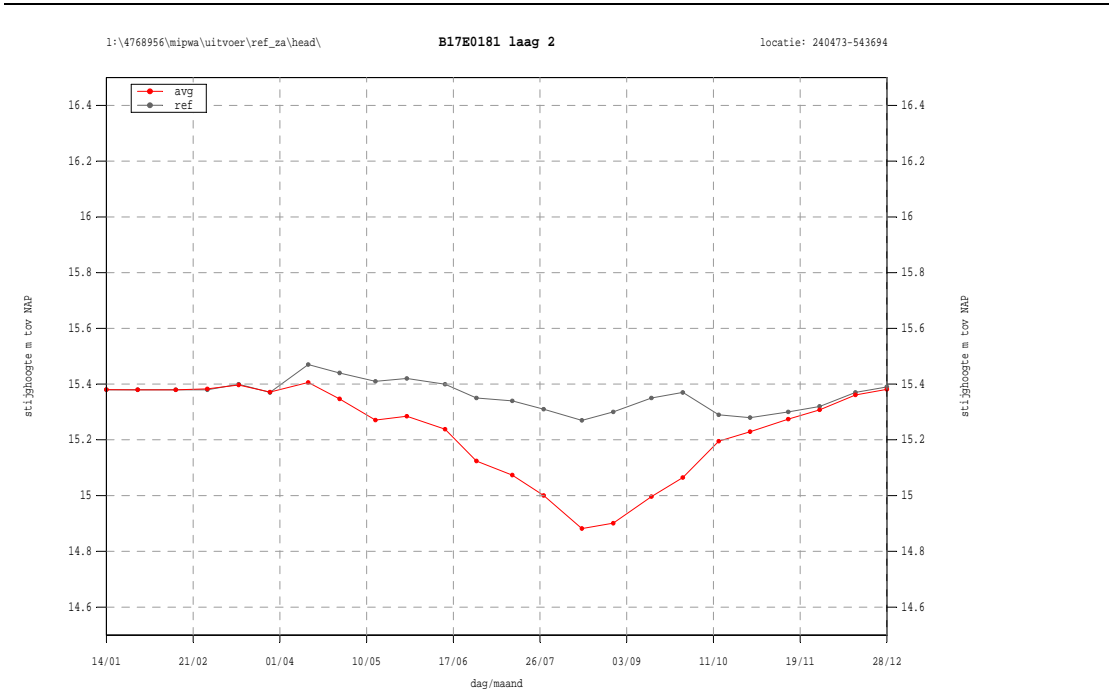
Figuur b4.5 Berekende regimecurves B17A0031 huidige situatie (zwart) en zonder infiltratie (rood)



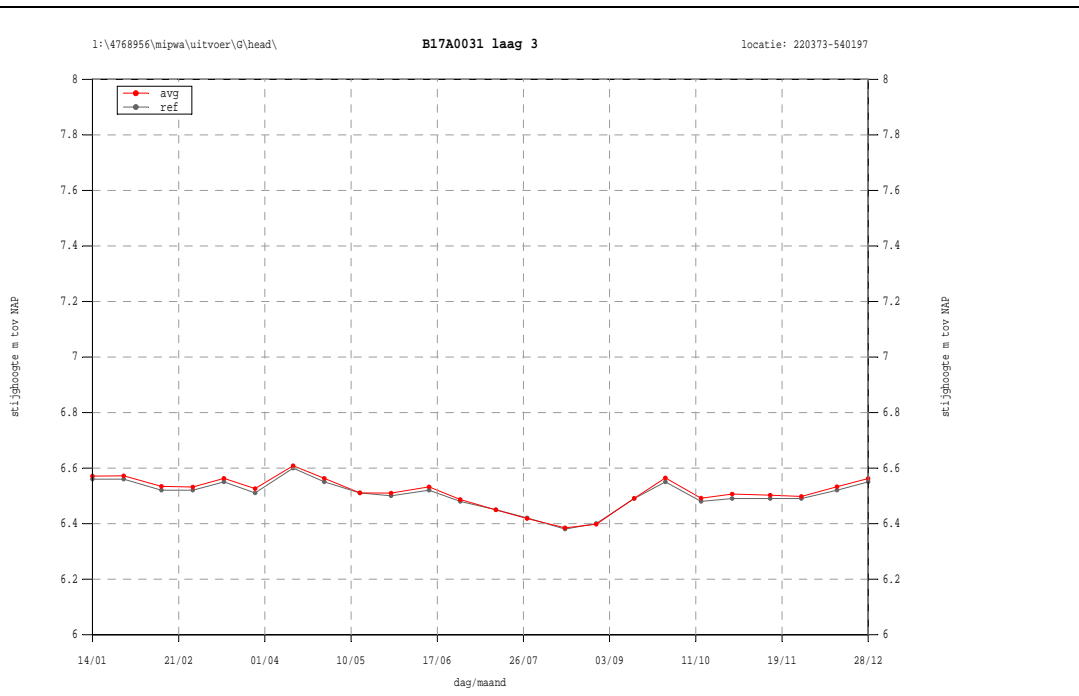
Figuur b4.6 Berekende regimecurves B17C0171 huidige situatie (zwart) en zonder infiltratie (rood)



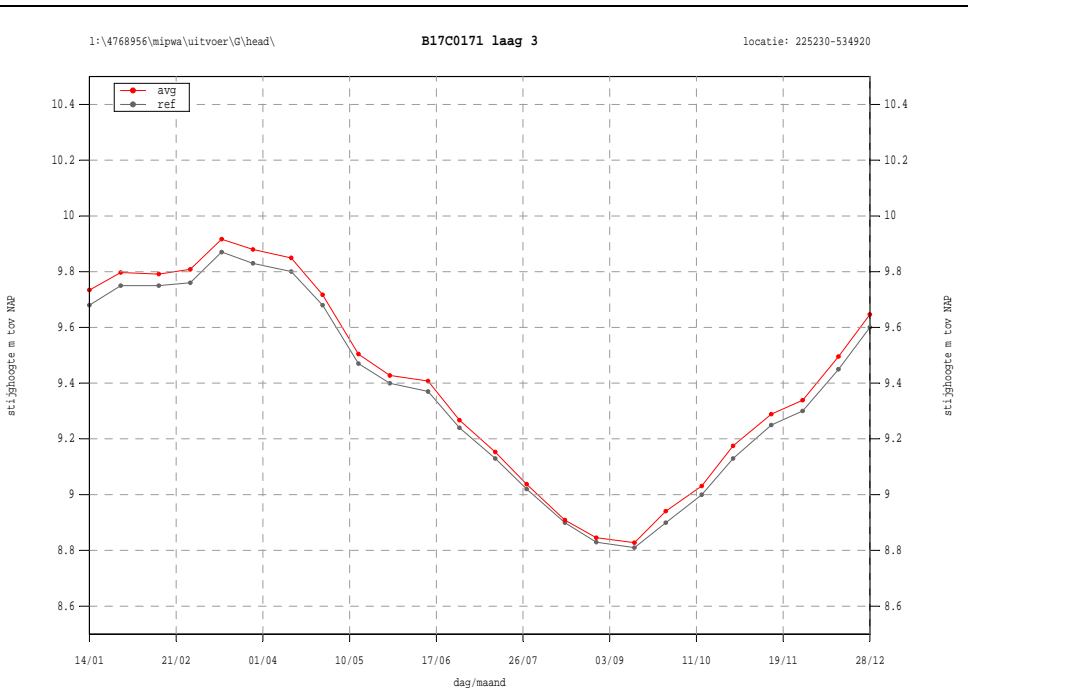
Figuur b4.7 Berekende regimecurves B17B0175 huidige situatie (zwart) en zonder infiltratie (rood)



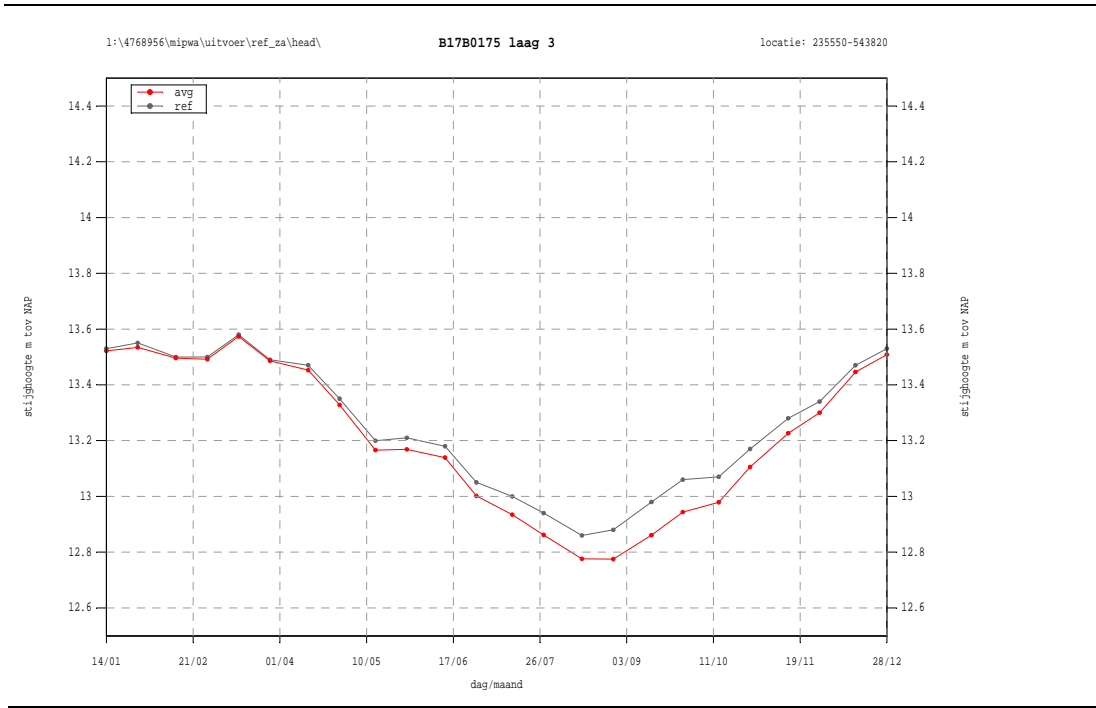
Figuur b4.8 Berekende regimecurves B17E0181 huidige situatie (zwart) en zonder infiltratie (rood)



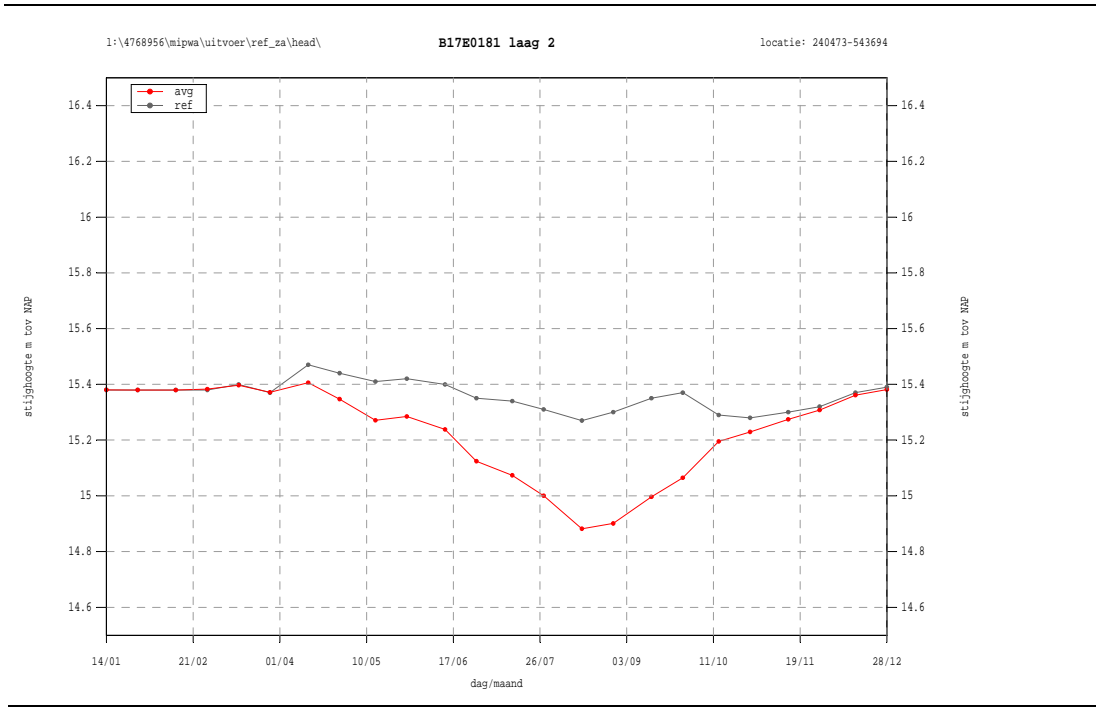
Figuur b4.9 Berekende regimecurves B17A0031 huidige situatie (zwart) en klimaatscenario G (rood)



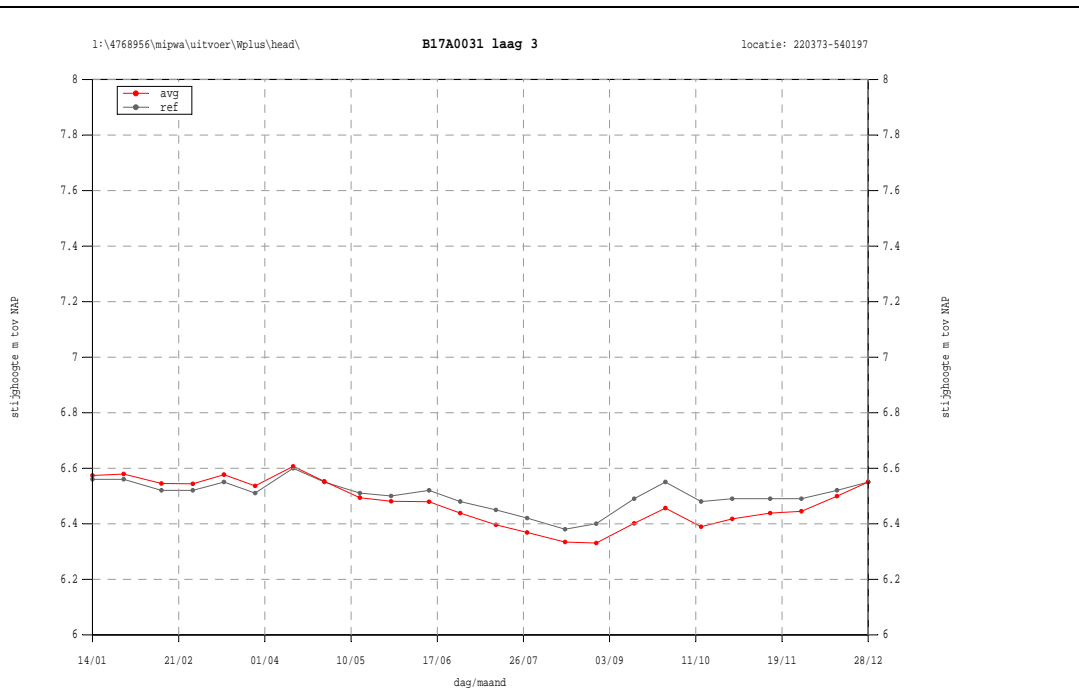
Figuur b4.10 Berekende regimecurves B17C0171 huidige situatie (zwart) en klimaatscenario G (rood)



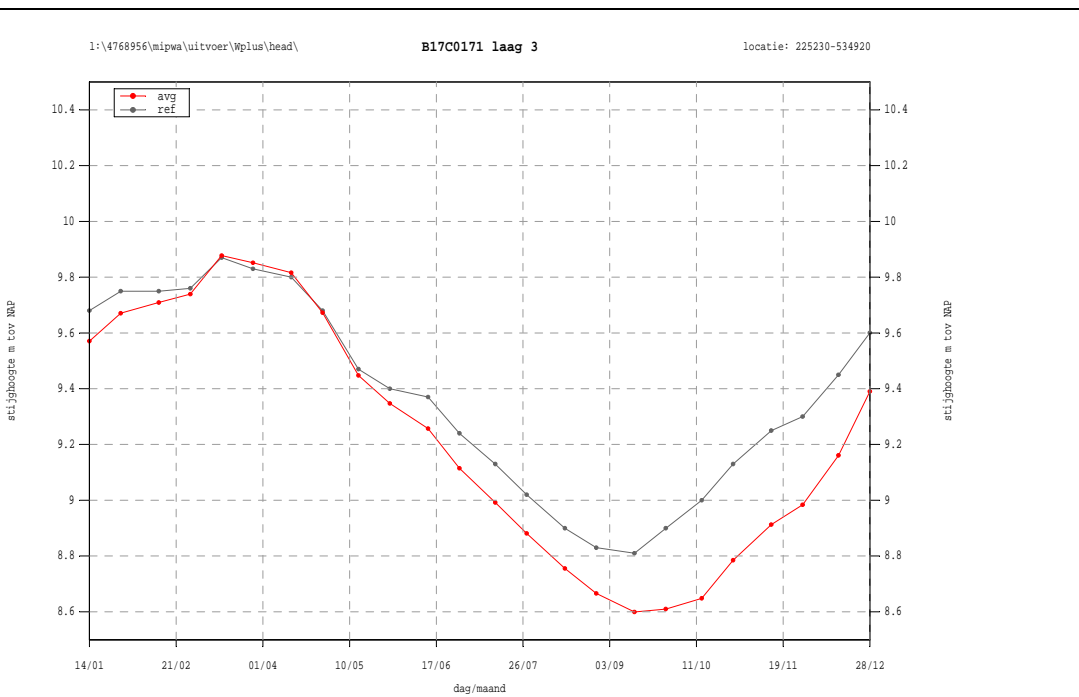
Figuur b4.11 Berekende regimecurves B17B0175 huidige situatie (zwart) en klimaatscenario G (rood)



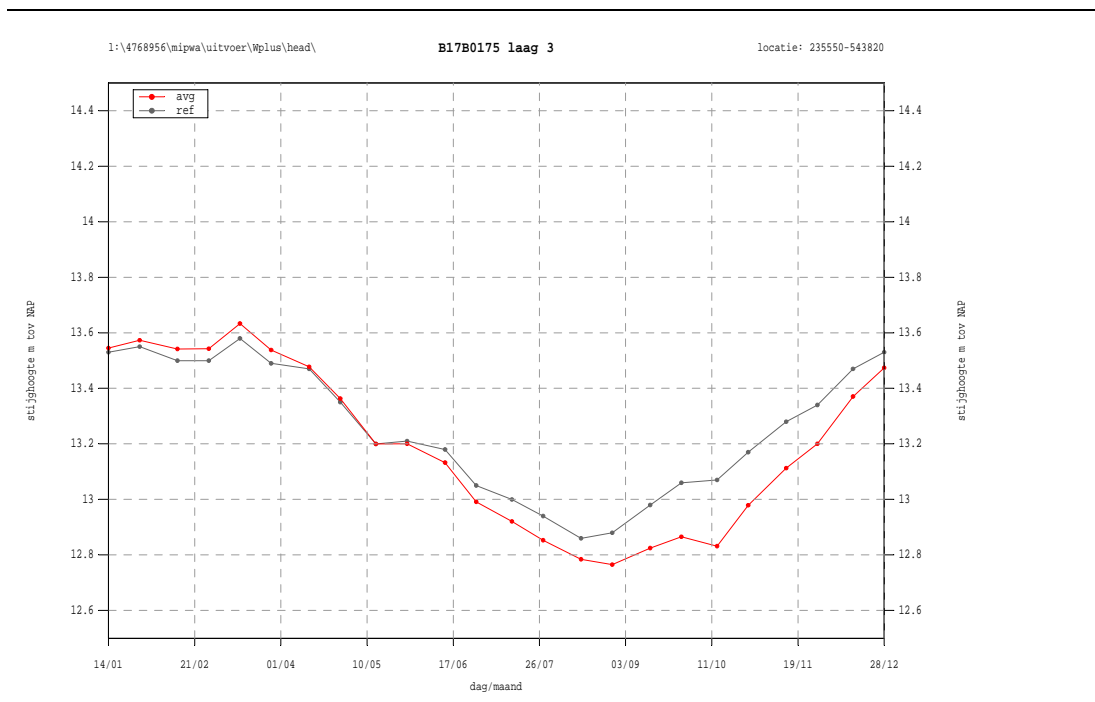
Figuur b4.12 Berekende regimecurves B17E0181 huidige situatie (zwart) en klimaatscenario G (rood)



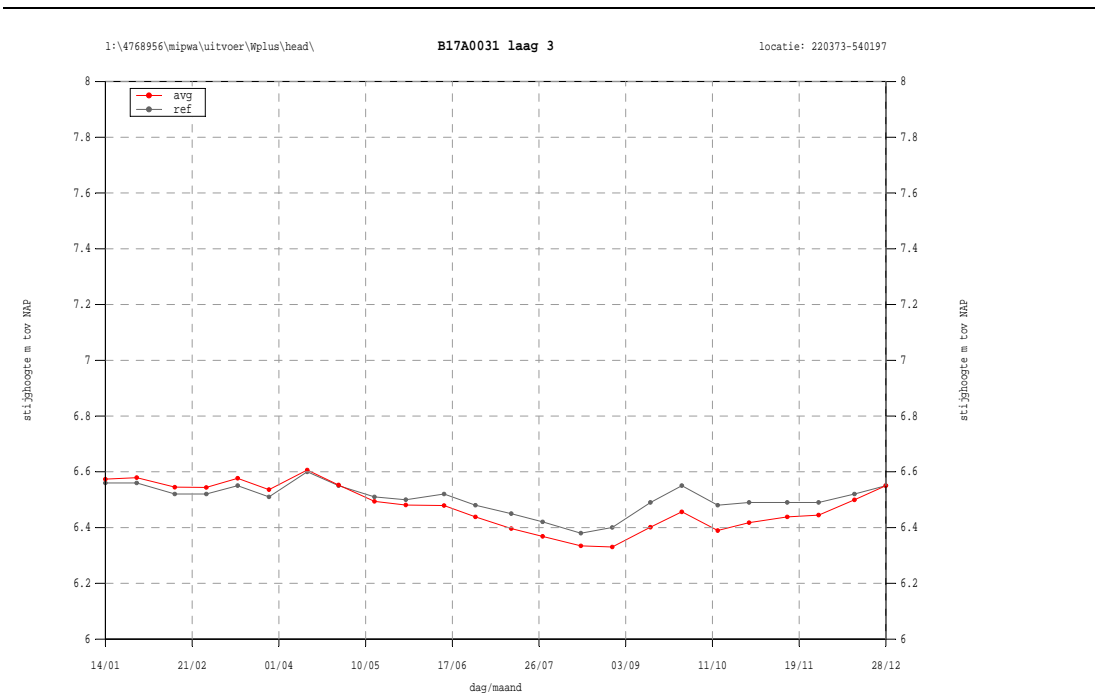
Figuur b4.13 Berekende regimecurves B17A0031 huidige situatie (zwart) en klimaatscenario W+ (rood)



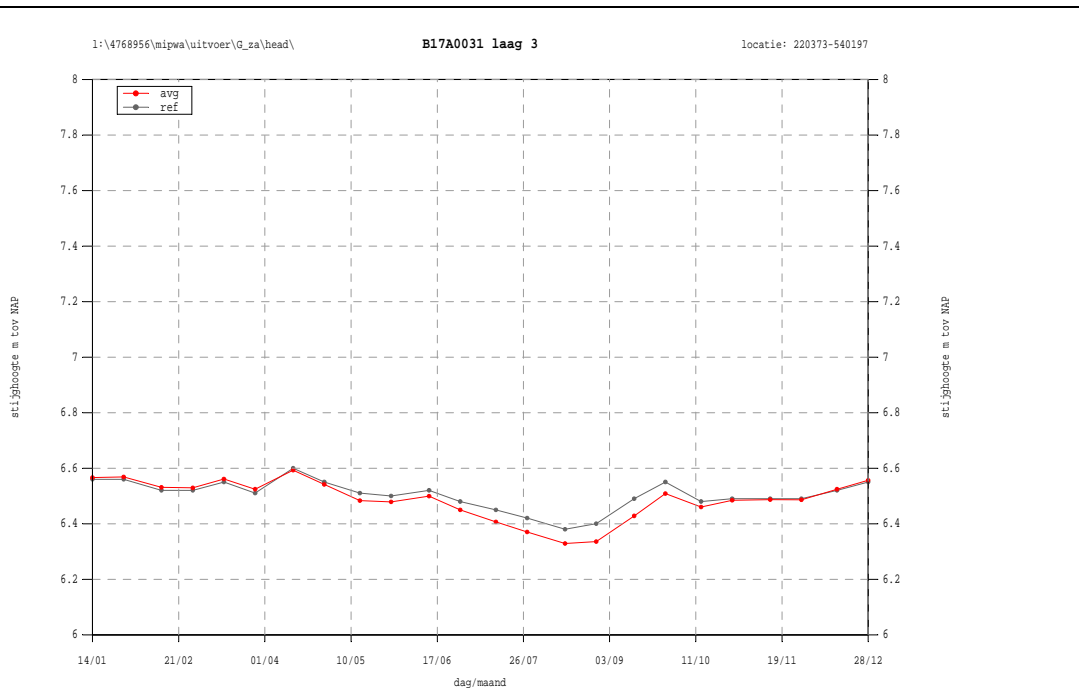
Figuur b4.14 Berekende regimecurves B17C0171 huidige situatie (zwart) en klimaatscenario W+ (rood)



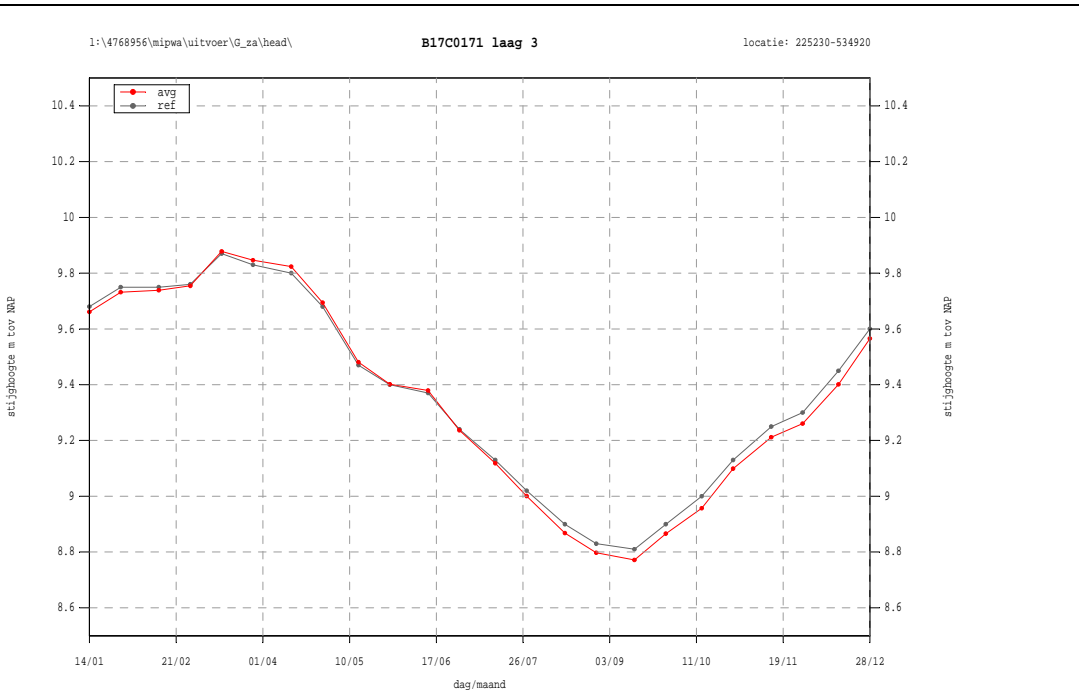
Figuur b4.15 Berekende regimecurves B17B0175 huidige situatie (zwart) en klimaatscenario W+ (rood)



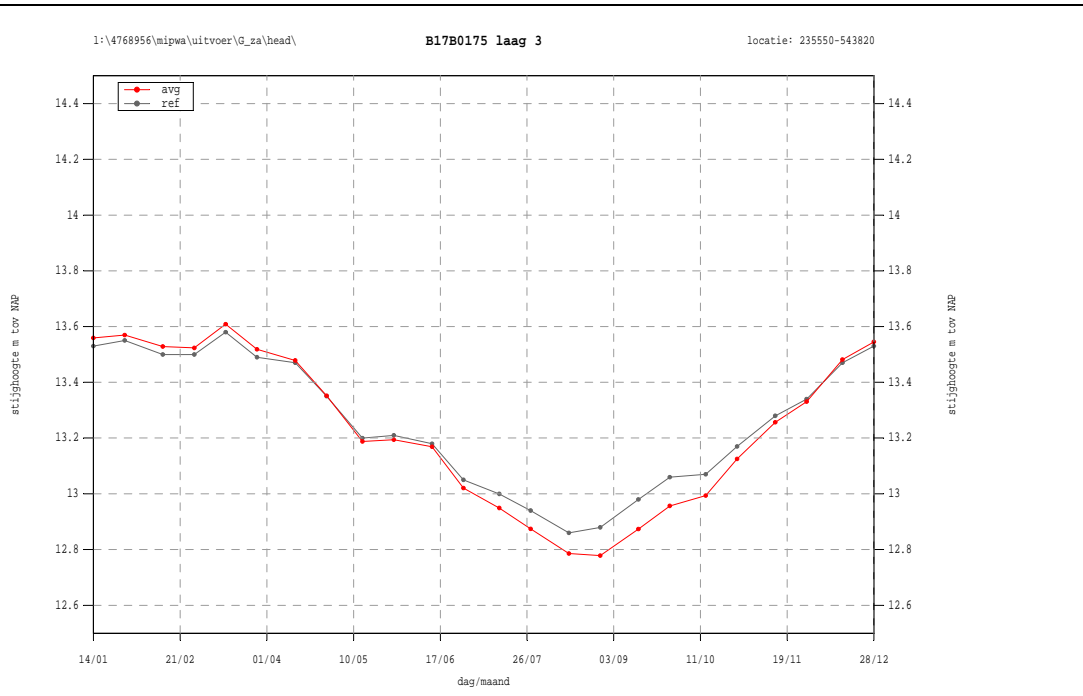
Figuur b4.16 Berekende regimecurves B17E0181 huidige situatie (zwart) en klimaatscenario W+ (rood)



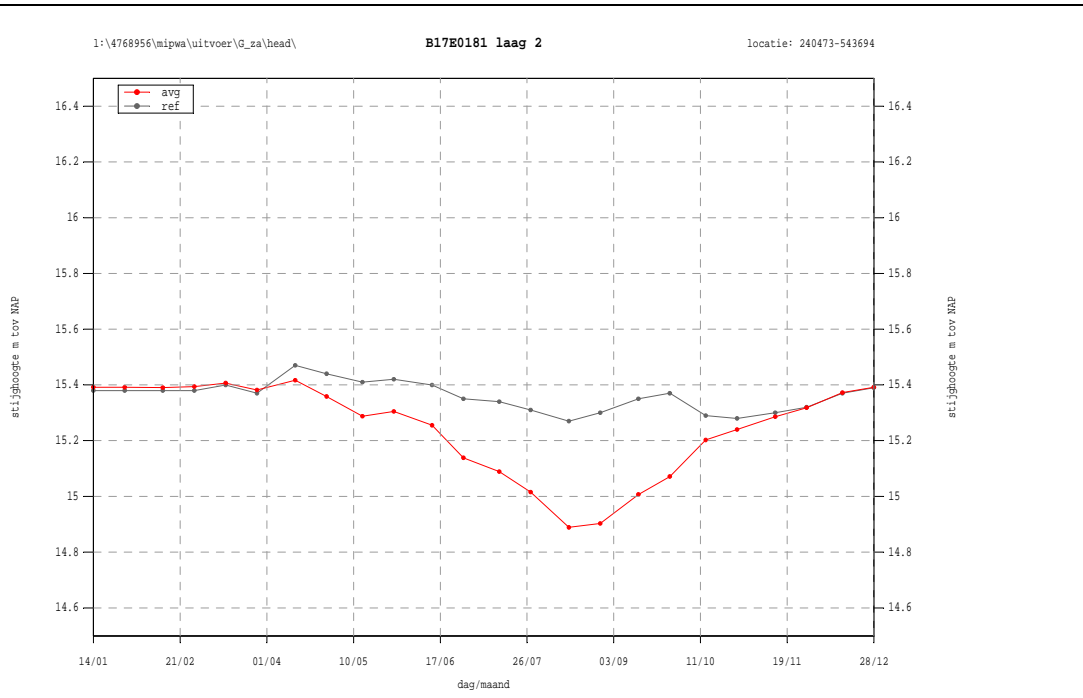
Figuur b4.17 Regimecurves B17A0031 huidige situatie (zwart) en klimaatscenario G zonder infiltratie (rood)



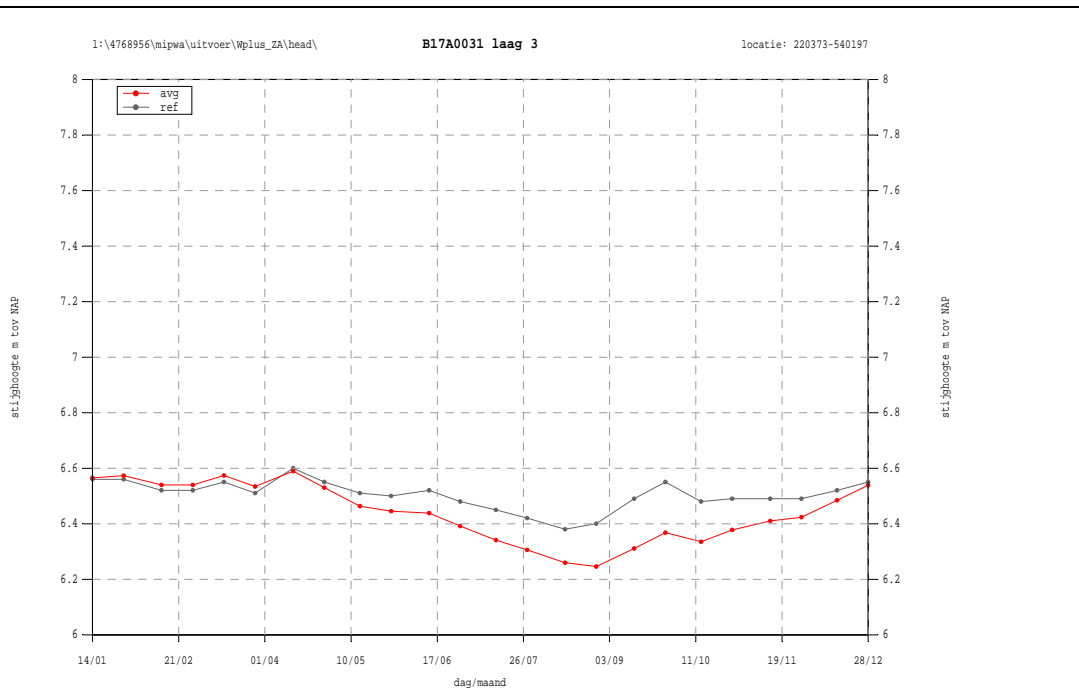
Figuur b4.18 Regimecurves B17C0171 huidige situatie (zwart) en klimaatscenario G zonder infiltratie (rood)



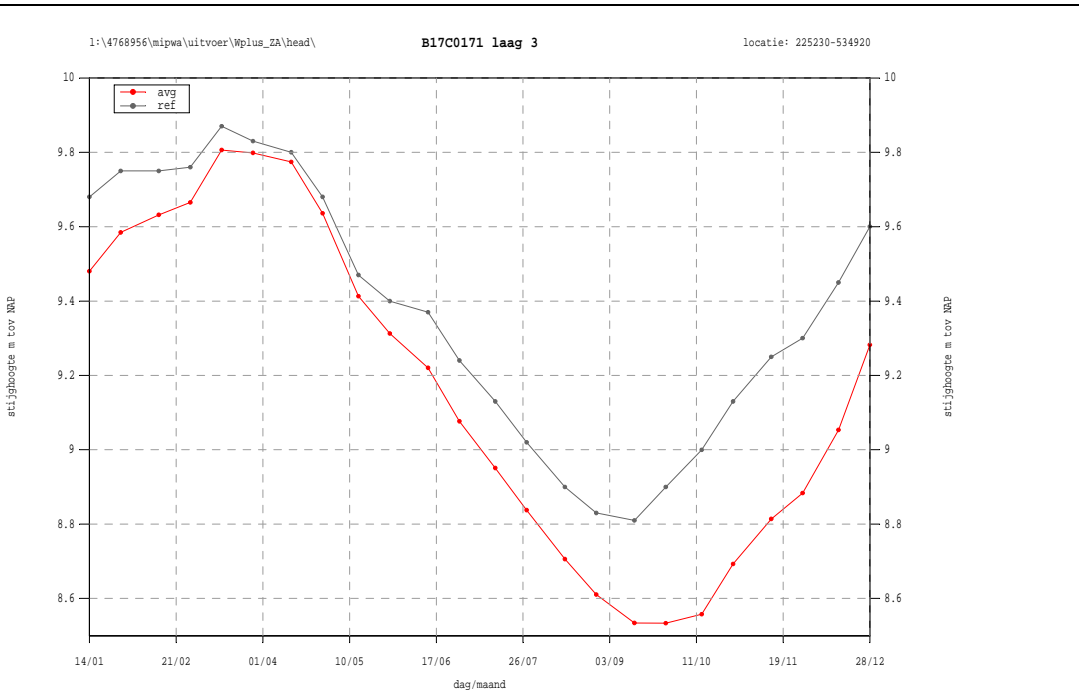
Figuur b4.19 Regimecurves B17B0175 huidige situatie (zwart) en klimaatscenario G zonder infiltratie (rood)



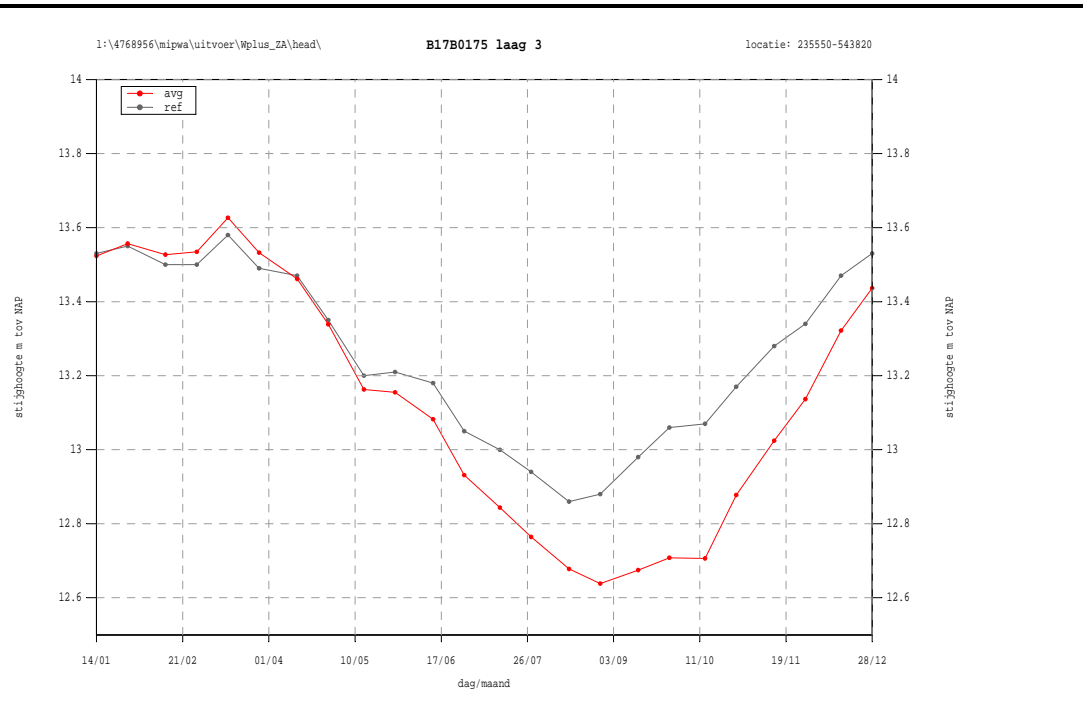
Figuur b4.20 Regimecurves B17E0181 huidige situatie (zwart) en klimaatscenario G zonder infiltratie (rood)



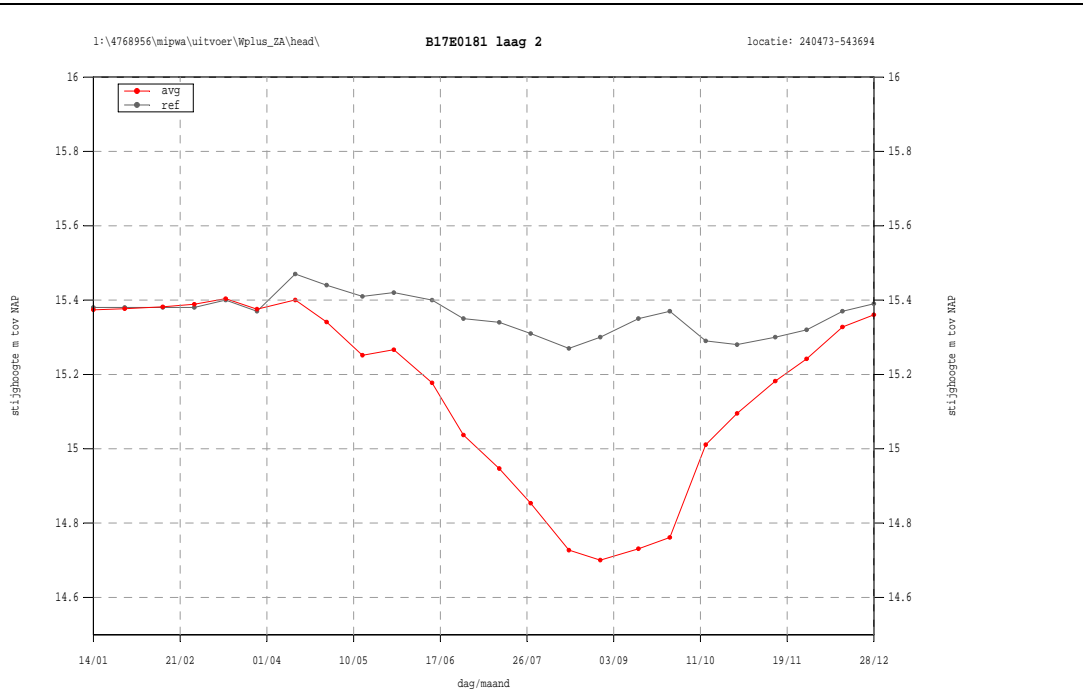
Figuur b4.21 Regimecurves B17A0031 huidige situatie (zwart); klimaatscenario W+ zonder infiltratie (rood)



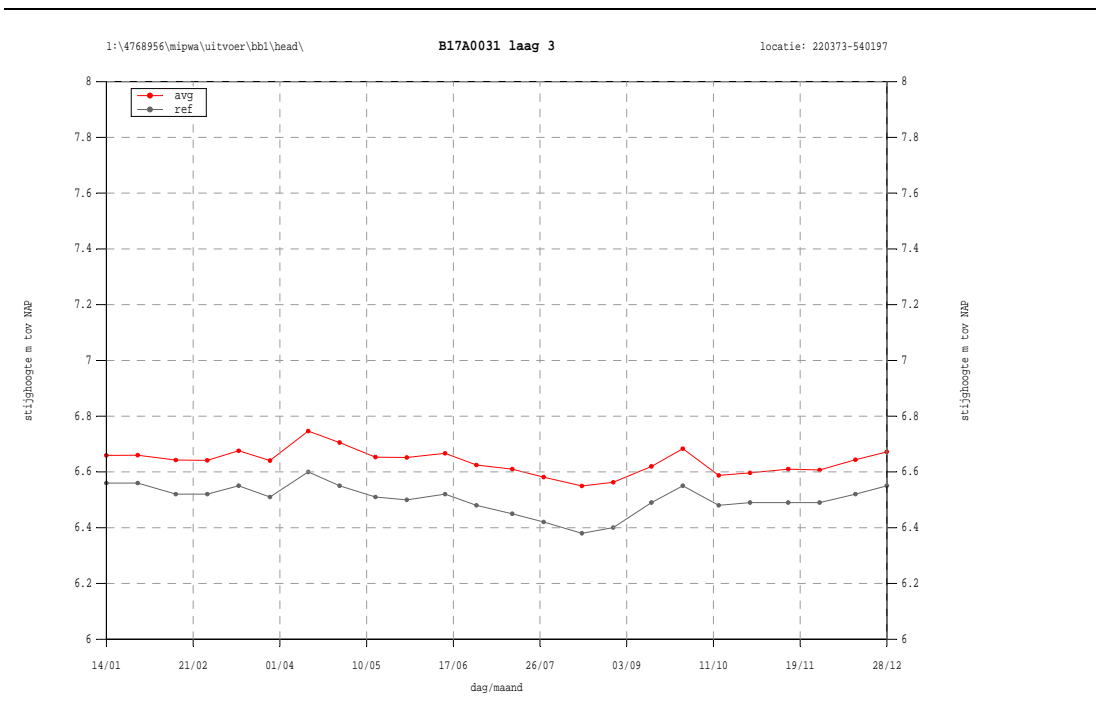
Figuur b4.22 Regimecurves B17C0171 huidige situatie (zwart); klimaatscenario W+ zonder infiltratie (rood)



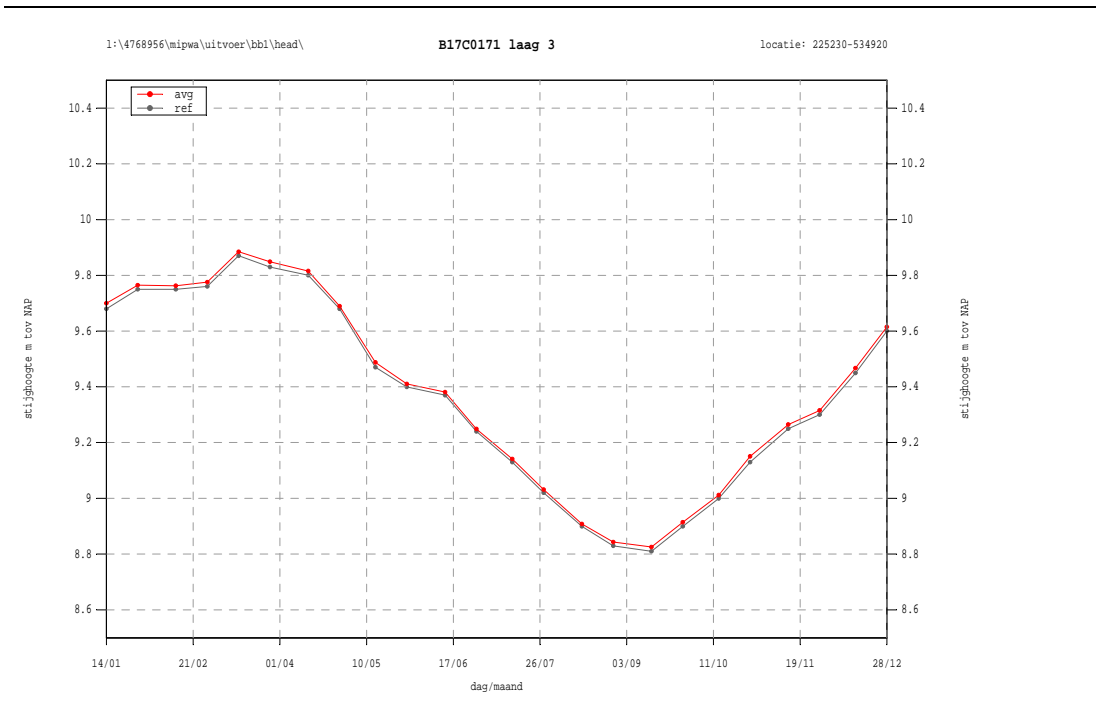
Figuur b4.23 Regimecurves B17B0175 huidige situatie (zwart); klimaatscenario W+ zonder infiltratie (rood)



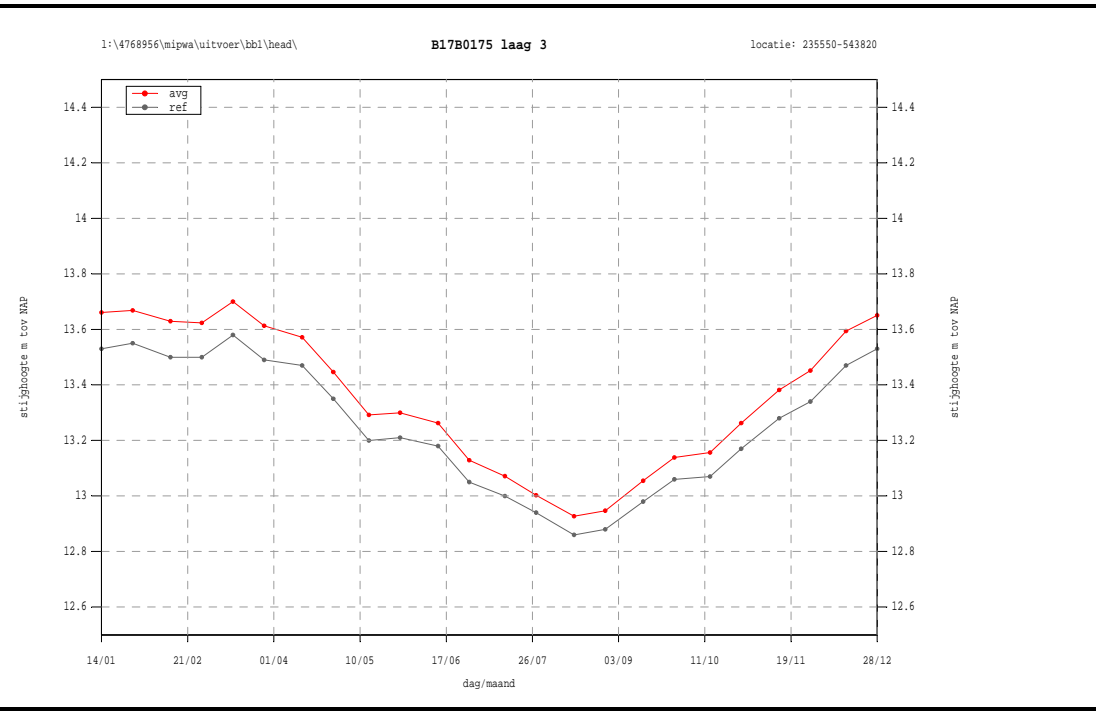
Figuur b4.24 Regimecurves B17E0181 huidige situatie (zwart); klimaatscenario W+ zonder infiltratie (rood)



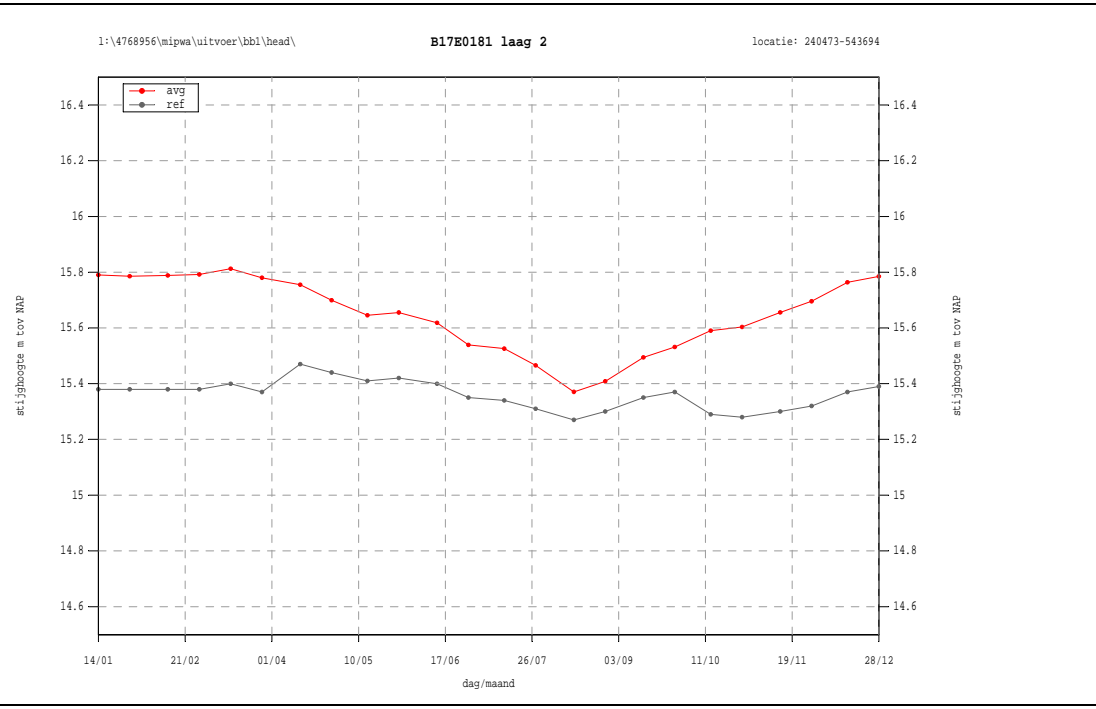
Figuur b4.25 Regimecurves B17A0031 huidige situatie (zwart) en bandbreedtescenario 1 (rood)



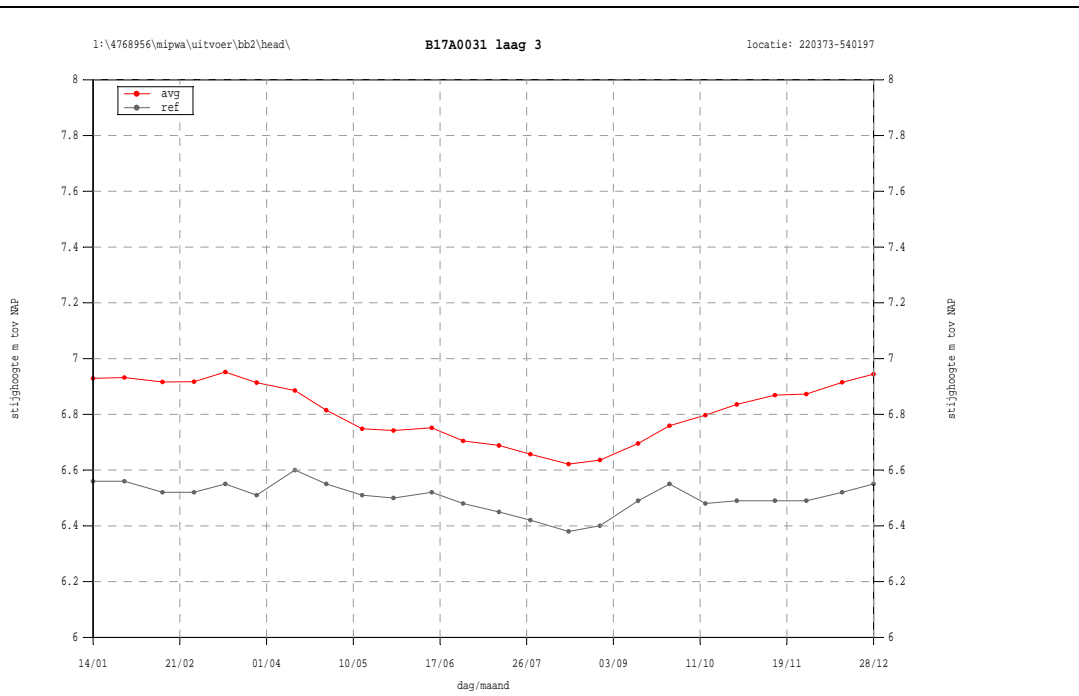
Figuur b4.26 Regimecurves B17C0171 huidige situatie (zwart) en bandbreedtescenario 1 (rood)



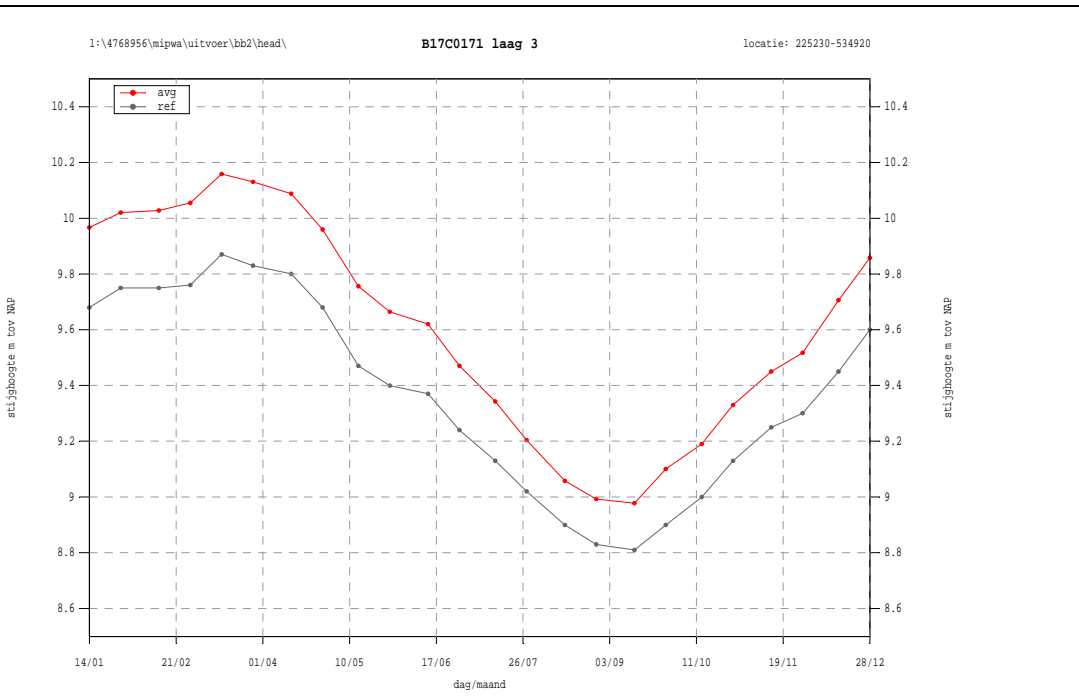
Figuur b4.27 Regimecurves B17B0175 huidige situatie (zwart) en bandbreedtescenario 1 (rood)



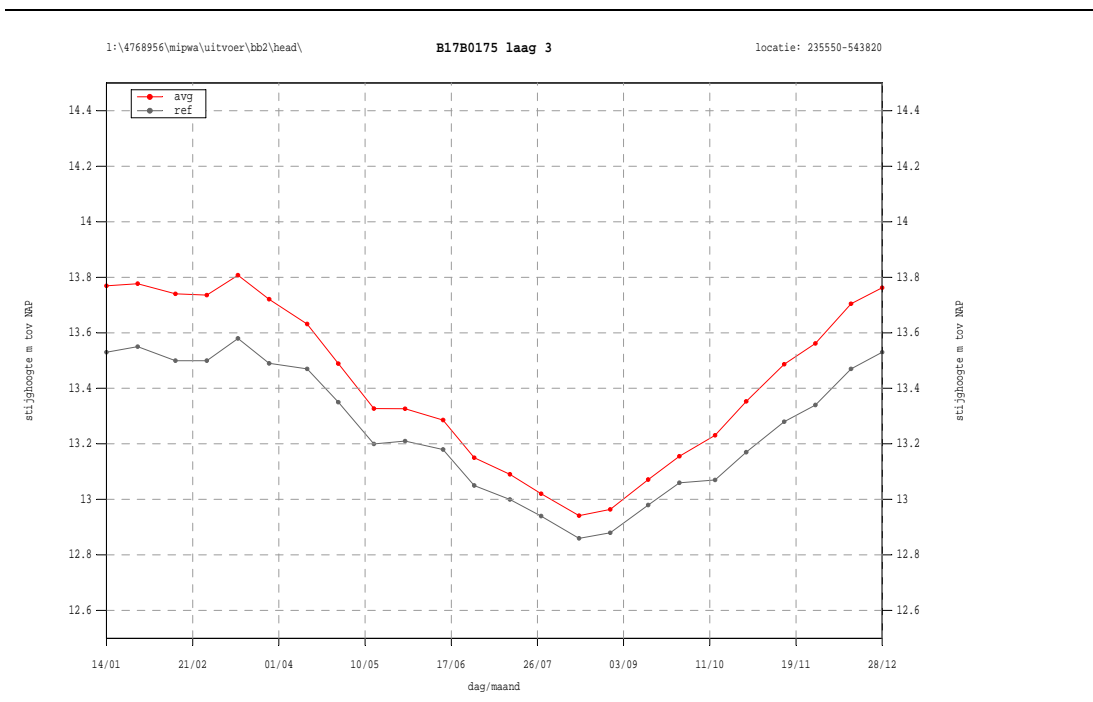
Figuur b4.28 Regimecurves B17E0181 huidige situatie (zwart) en bandbreedtescenario 1 (rood)



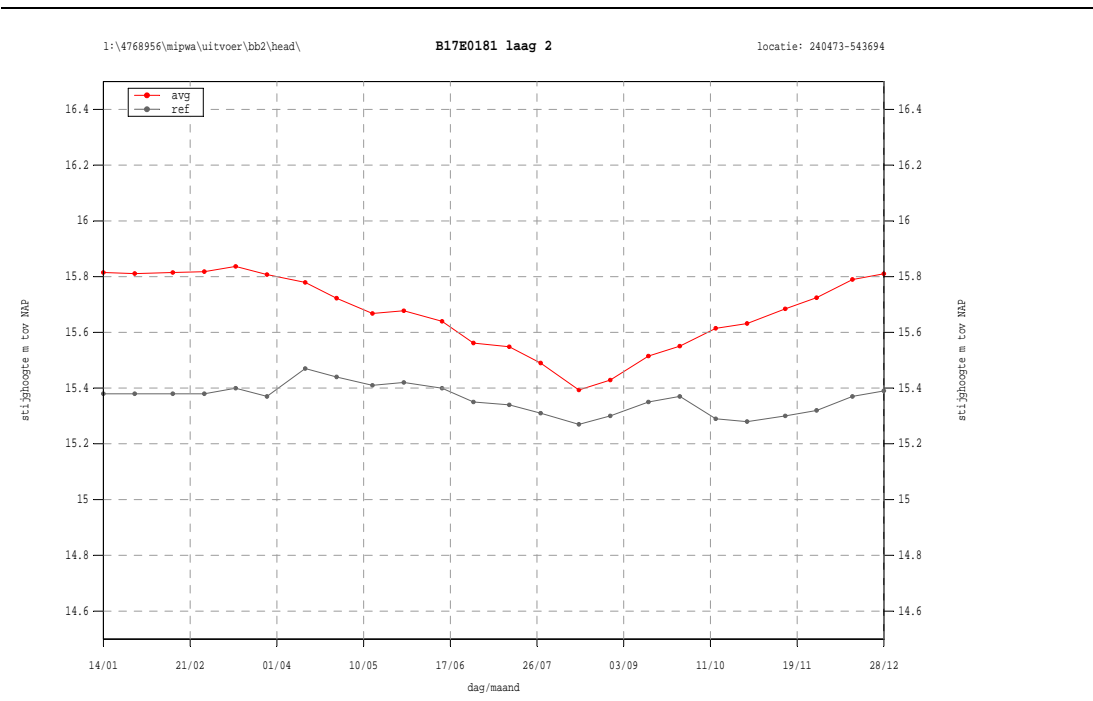
Figuur b4.29 Regimecurves B17A0031 huidige situatie (zwart) en bandbreedtescenario 2 (rood)



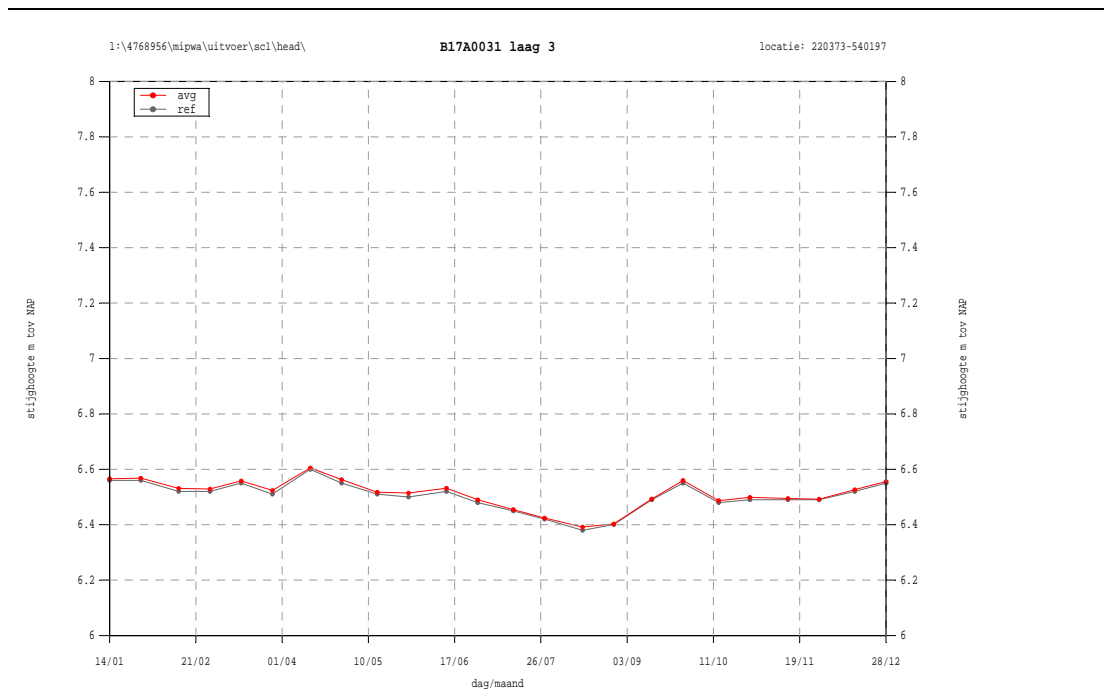
Figuur b4.30 Regimecurves B17C0171 huidige situatie (zwart) en bandbreedtescenario 2 (rood)



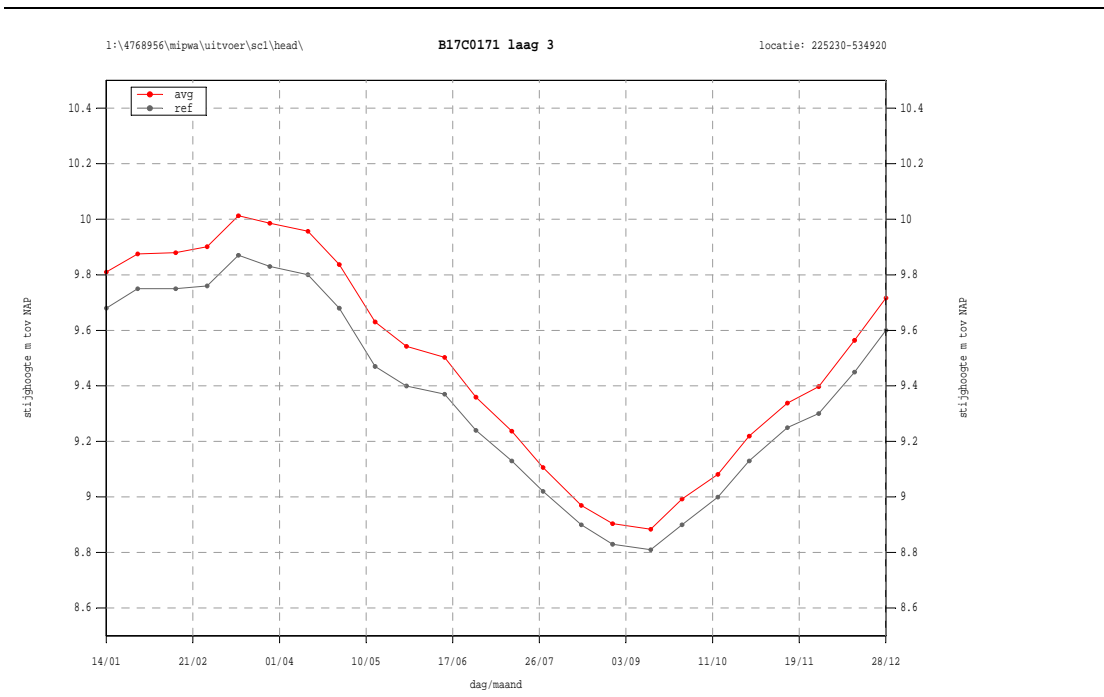
Figuur b4.31 Regimecurves B17B0175 huidige situatie (zwart) en bandbreedtescenario 2 (rood)



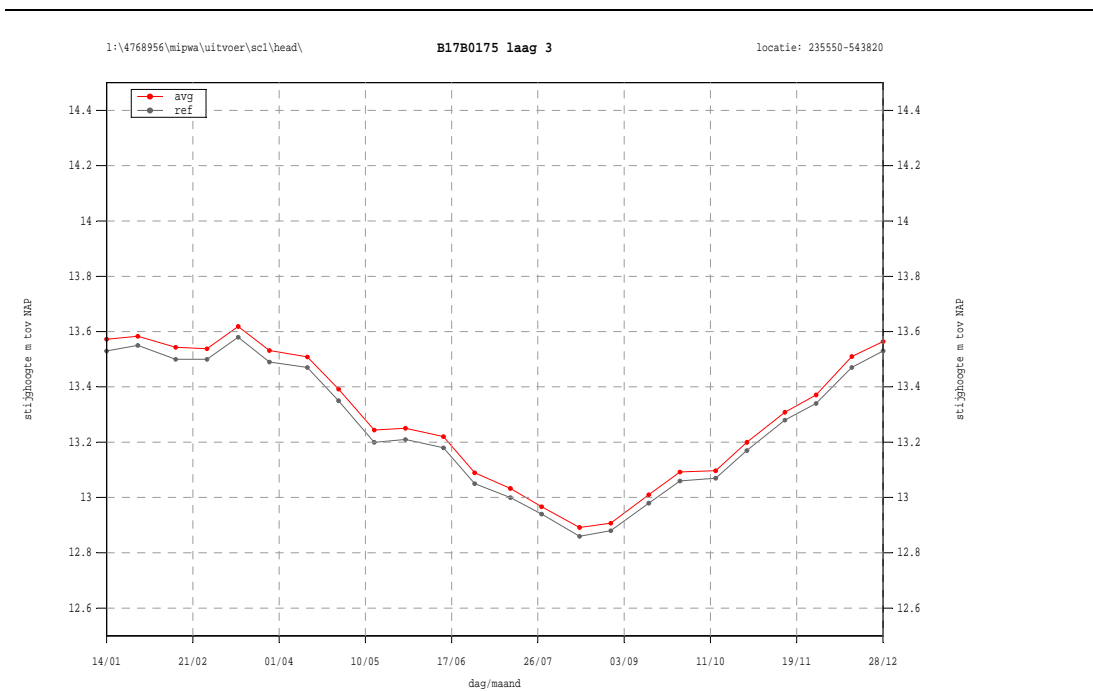
Figuur b4.32 Regimecurves B17E0181 huidige situatie (zwart) en bandbreedtescenario 2 (rood)



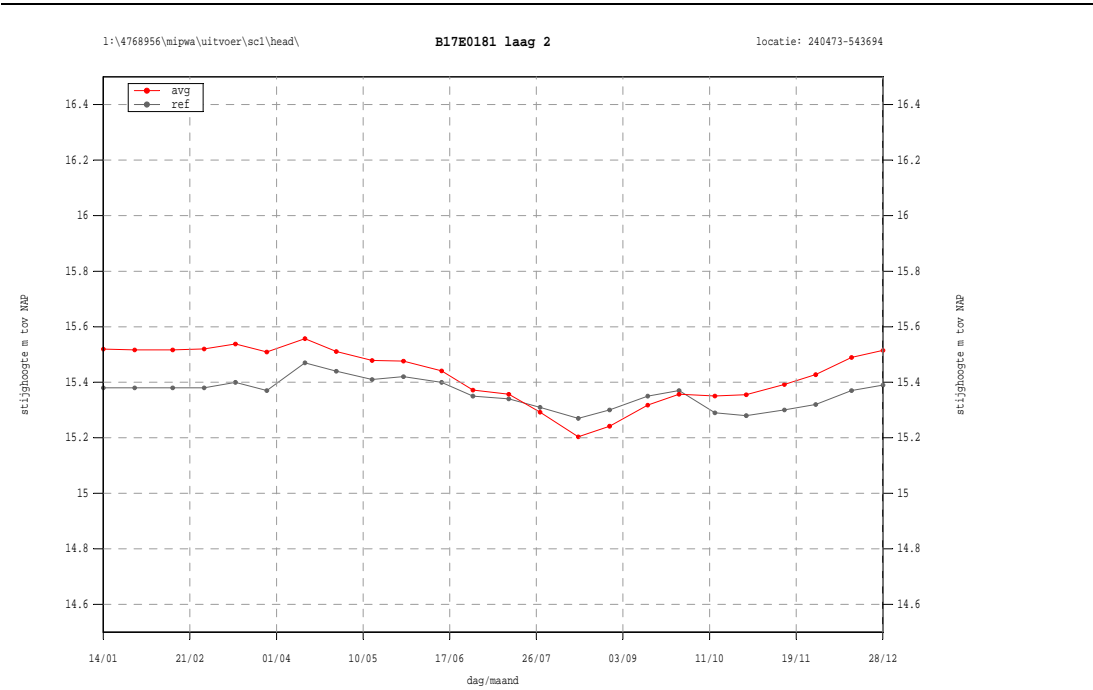
Figuur b4.33 Regimecurves B17A0031 huidige situatie (zwart) en aanpassingsscenario 1 (rood)



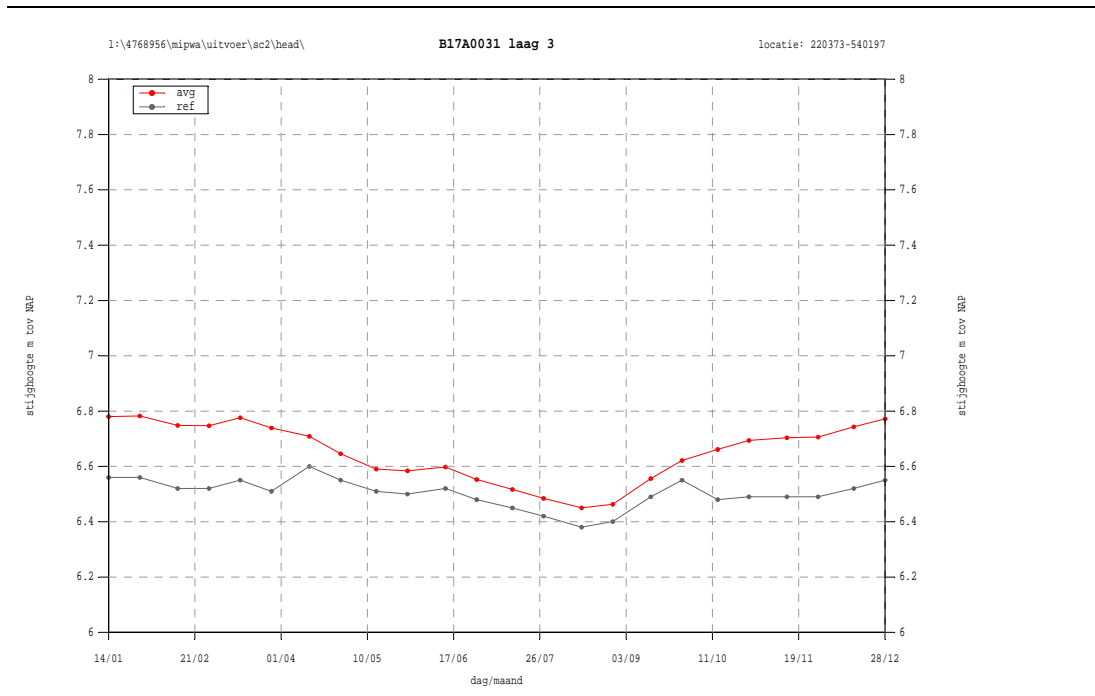
Figuur b4.34 Regimecurves B17C0171 huidige situatie (zwart) en aanpassingsscenario 1 (rood)



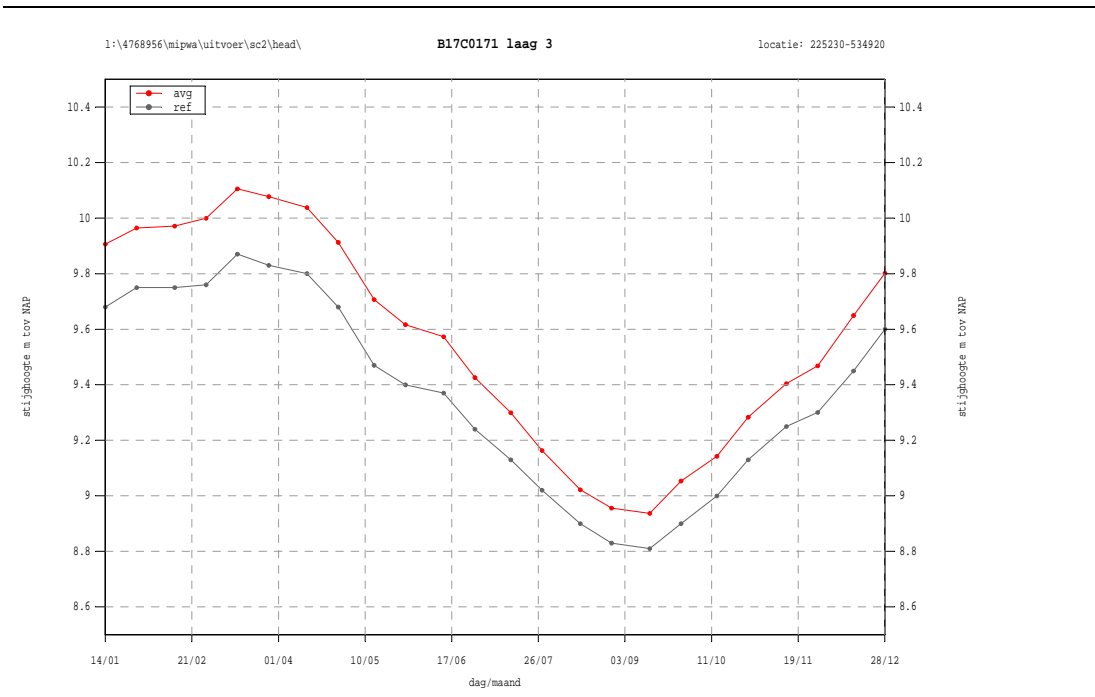
Figuur b4.35 Regimecurves B17B0175 huidige situatie (zwart) en aanpassingsscenario 1 (rood)



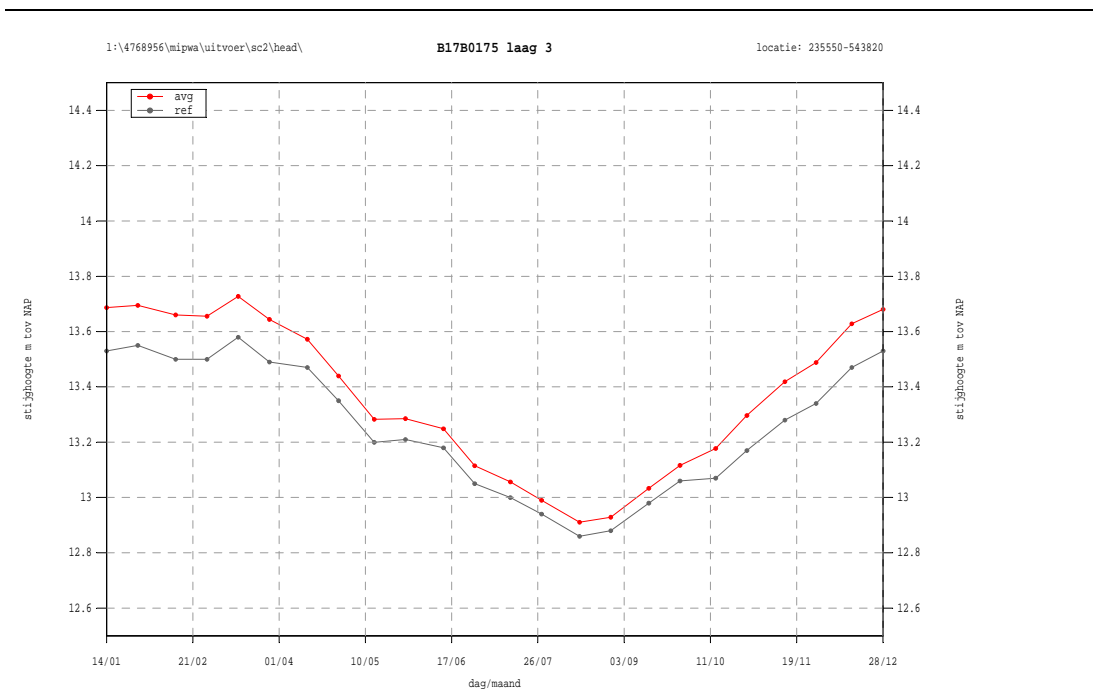
Figuur b4.36 Regimecurves B17E0181 huidige situatie (zwart) en aanpassingsscenario 1 (rood)



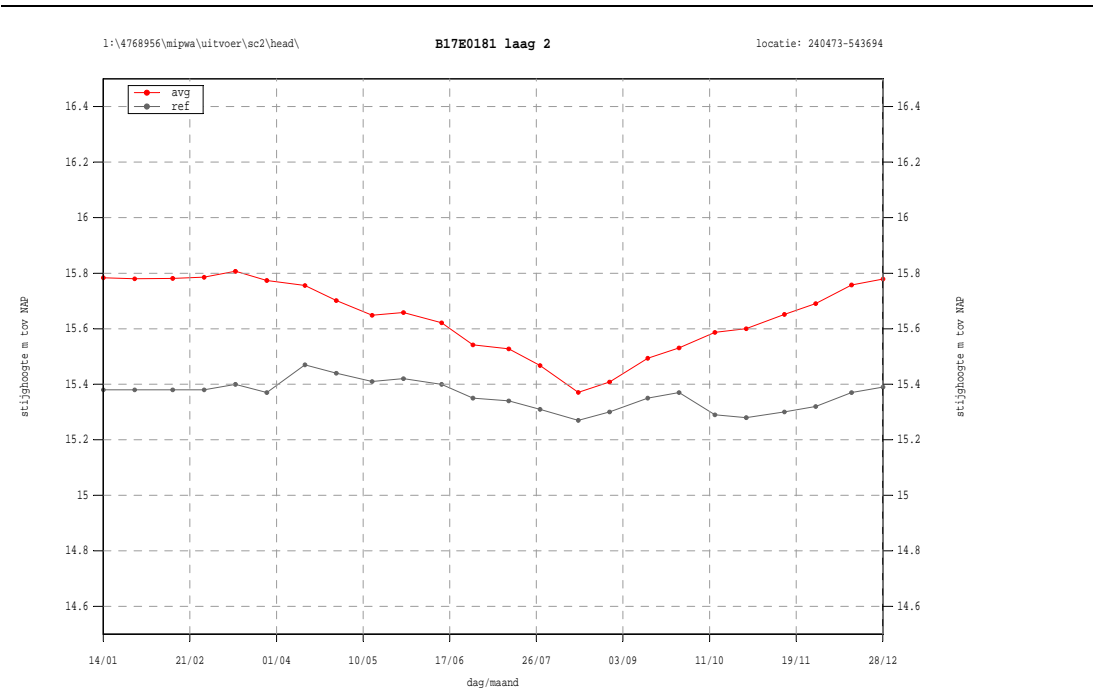
Figuur b4.37 Regimecurves B17A0031 huidige situatie (zwart) en aanpassingscenario 2 (rood)



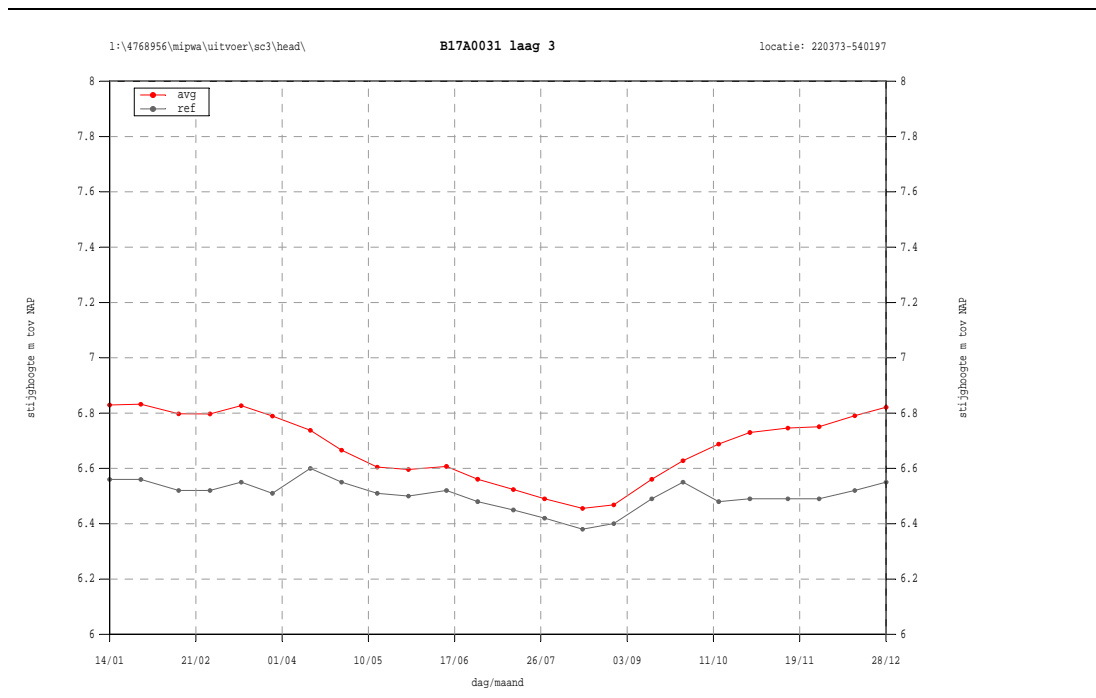
Figuur b4.38 Regimecurves B17C0171 huidige situatie (zwart) en aanpassingscenario 2 (rood)



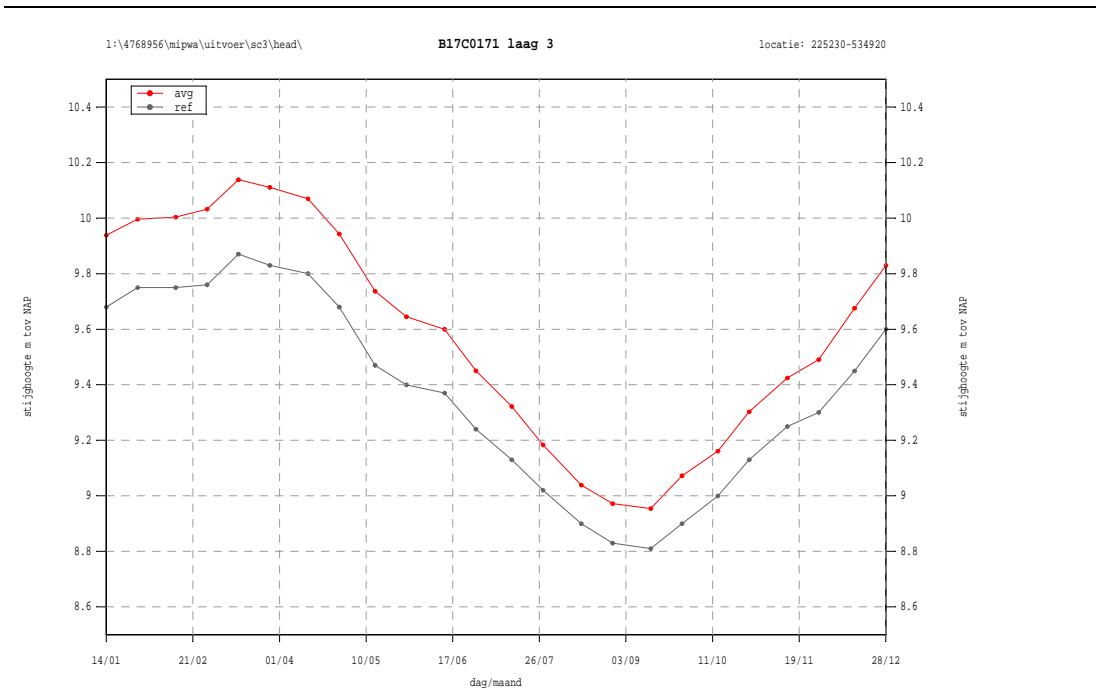
Figuur b4.39 Regimecurves B17B0175 huidige situatie (zwart) en aanpassingsscenario 2 (rood)



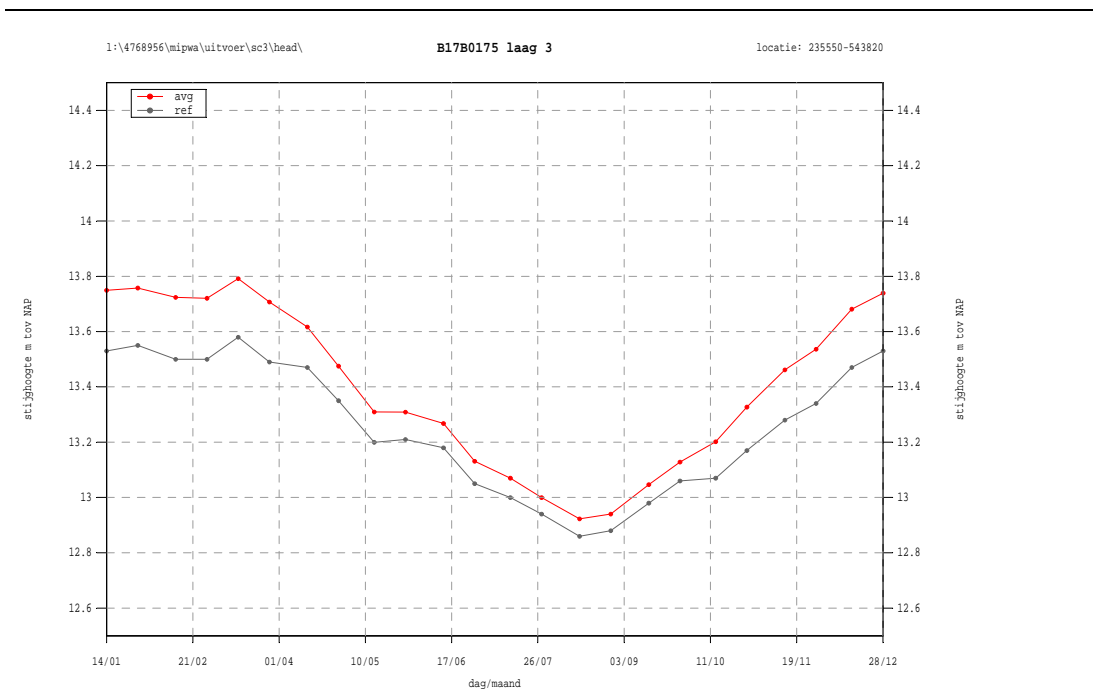
Figuur b4.40 Regimecurves B17E0181 huidige situatie (zwart) en aanpassingsscenario 2 (rood)



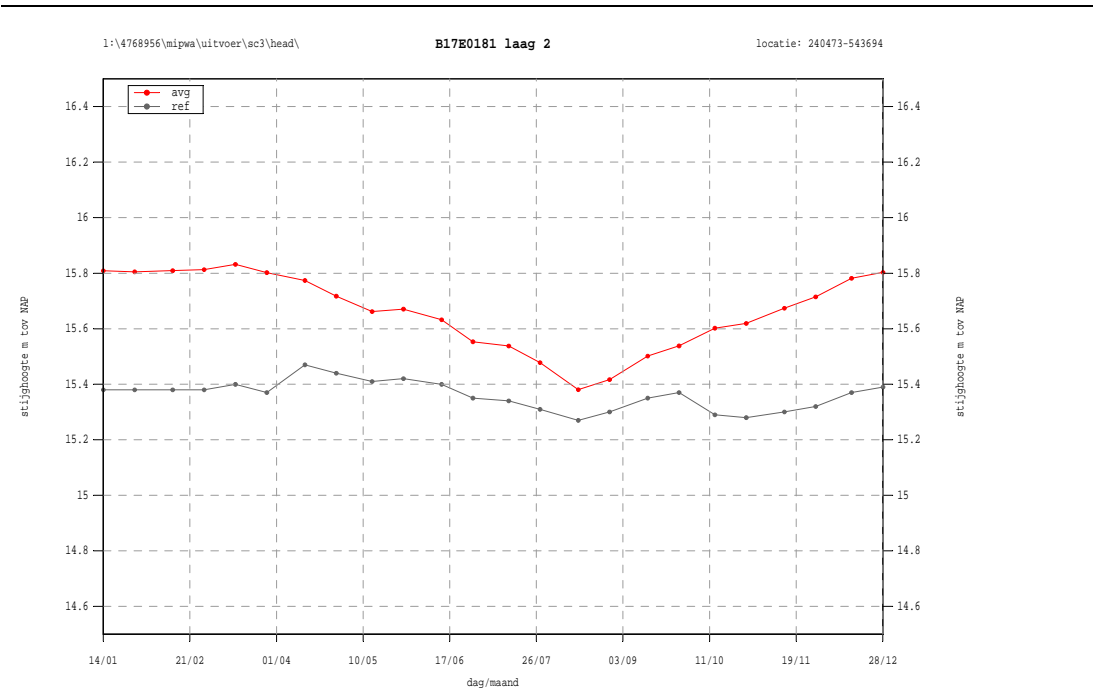
Figuur b4.41 Regimecurves B17A0031 huidige situatie (zwart) en aanpassingsscenario 3 (rood)



Figuur b4.42 Regimecurves B17C0171 huidige situatie (zwart) en aanpassingsscenario 3 (rood)



Figuur b4.43 Regimecurves B17B0175 huidige situatie (zwart) en aanpassingsscenario 3 (rood)



Figuur b4.44 Regimecurves B17E0181 huidige situatie (zwart) en aanpassingsscenario 3 (rood)

Bijlage

5

Tabellen waterbalansen

Tabel b5.1 Grondwaterbalans Drenthe huidige situatie

Referentie totaal					
Jaargemiddelde	In m3/dag	%	Uit m3/dag	%	
Grondwateraanvulling	2992471	85.7			Grondwateraanvulling
			-116461	3.3	Drinkwaterwinning
			-42540	1.2	Industriele onttrekkingen
			-11222	0.3	Beregening
Aanvoer oppervlaktewater	500342	14.3	-3140315	89.9	Afvoer oppervlaktewater
Aanvoer grondwater			-142574	4.1	Afvoer grondwater
Berging			-41068	1.2	Berging
Zomergemiddelde					
	In m3/dag	%	Uit m3/dag	%	
Grondwateraanvulling	780571	38.5			Grondwateraanvulling
			-121923	6.0	Drinkwaterwinning
			-40849	2.0	Industriele onttrekkingen
			-22276	1.1	Beregening
Aanvoer oppervlaktewater	702446	34.7	-1691576	83.4	Afvoer oppervlaktewater
Aanvoer grondwater			-150815	7.4	Afvoer grondwater
Berging	543478	26.8			Berging
Wintergemiddelde					
	In m3/dag	%	Uit m3/dag	%	
Grondwateraanvulling	5240276	94.7			Grondwateraanvulling
			-110975	2.0	Drinkwaterwinning
			-44266	0.8	Industriele onttrekkingen
					Beregening
Aanvoer oppervlaktewater	295172	5.3	-4610345	83.3	Afvoer oppervlaktewater
Aanvoer grondwater			-134207	2.4	Afvoer grondwater
Berging			-634483	11.5	Berging

Tabel b5.2 Verandering grondwaterbalans Drenthe als gevolg stoppen wateraanvoer

Referentie zonder wateraanvoer totaal					
Jaargemiddelde	Verandering in m3/dag	%	Verandering uit m3/dag	%	
Grondwateraanvulling	61602	2.1			Grondwateraanvulling
			0	0.0	Drinkwaterwinning
			0	0.0	Industriële onttrekkingen
			-212	1.9	Beregening
Aanvoer oppervlaktewater	-229808	-45.9	154346	-4.9	Afvoer oppervlaktewater
Aanvoer grondwater			17967	-12.6	Afvoer grondwater
Berging			-4107	10.0	Berging
Zomergemiddelde	Verandering in m3/dag	%	Verandering uit m3/dag	%	
Grondwateraanvulling	83560	10.7			Grondwateraanvulling
			0	0.0	Drinkwaterwinning
			0	0.0	Industriële onttrekkingen
			-421	1.9	Beregening
Aanvoer oppervlaktewater	-480299	-68.4	208560	-12.3	Afvoer oppervlaktewater
Aanvoer grondwater			30978	-20.5	Afvoer grondwater
Berging	155571	28.6			Berging
Wintergemiddelde	Verandering in m3/dag	%	Verandering uit m3/dag	%	
Grondwateraanvulling	36621	0.7			Grondwateraanvulling
			0	0.0	Drinkwaterwinning
			0	0.0	Industriële onttrekkingen
					Beregening
Aanvoer oppervlaktewater	24483	8.3	98621	-2.1	Afvoer oppervlaktewater
Aanvoer grondwater			4759	-3.5	Afvoer grondwater
Berging			-166207	26.2	Berging

Tabel b5.3 Waterbalans klimaatscenario's

<i>Waterbalans klimaatscenario's totale provincie</i>								
JAARROND scenario	Referentie	Ref_za	G	G+	W	W+	G_za	W+_za
IN	miljoen m3	verandering in miljoen m3						
Grondwateraanvulling	1092	22	55	-58	108	-104	78	-77
Infiltratie oppervlaktewater	183	-84	-2	15	-3	29	-86	-73
Aanvoer grondwater								
UIT								
Drinkwaterwinning	-43	0	0	0	0	0	0	0
Industriele onttrekkingen	-16	0	0	0	0	0	0	0
Onttrekking beregening	-4	0	0	-1	0	-2	0	-2
Afvoer oppervlaktewater	-1146	56	-51	47	-101	83	4	149
Afvoer grondwater	-52	7	0	0	0	-1	7	7
Bergingsverandering	-15	-1	-1	-3	-3	-7	-2	-6
	Referentie	Ref_za	G	G+	W	W+	G_za	W+_za
IN		verandering in %						
Grondwateraanvulling	0	2	5	-5	10	-9	7	-7
Infiltratie oppervlaktewater	0	-46	-1	8	-2	16	-47	-40
Aanvoer grondwater	0							
UIT								
Drinkwaterwinning	0	0	0	0	0	0	0	0
Industriele onttrekkingen	0	0	0	0	0	0	0	0
Onttrekking beregening	0	2	2	23	4	43	4	46
Afvoer oppervlaktewater	0	-5	4	-4	9	-7	0	-13
Afvoer grondwater	0	-13	0	1	-1	2	-13	-14
Bergingsverandering	0	10	5	23	19	44	17	43
	Referentie	Ref_za	G	G+	W	W+	G_za	W+_za
ZOMERHALFJAAR		verandering in miljoen m3						
IN	miljoen m3	verandering in miljoen m3						
Grondwateraanvulling	142	15	16	-87	30	-163	31	-142
Infiltratie oppervlaktewater	128	-88	-1	13	-1	25	-88	-84
Aanvoer grondwater								
UIT								
Drinkwaterwinning	-22	0	0	0	0	0	0	0
Industriele onttrekkingen	-7	0	0	0	0	0	0	0
Onttrekking beregening	-4	0	0	-1	0	-2	0	-2
Afvoer oppervlaktewater	-309	38	-14	35	-27	63	24	98
Afvoer grondwater	-28	6	0	0	0	0	6	7
Bergingsverandering	99	28	-1	40	0	76	27	122
	Referentie	Ref_za	G	G+	W	W+	G_za	W+_za
IN		verandering in %						
Grondwateraanvulling	0	11	11	-61	10	-114	22	-99
Infiltratie oppervlaktewater	0	-68	-1	10	-2	20	-69	-66
Aanvoer grondwater	0							
UIT								
Drinkwaterwinning	0	0	0	0	0	0	0	0
Industriele onttrekkingen	0	0	0	0	0	0	0	0
Onttrekking beregening	0	2	2	23	4	43	4	46
Afvoer oppervlaktewater	0	-12	5	-11	9	-21	-8	-32
Afvoer grondwater	0	-21	0	0	-1	1	-21	-24
Bergingsverandering	0	29	-1	40	19	76	28	123
	Referentie	Ref_za	G	G+	W	W+	G_za	W+_za
WINTERHALFJAAR		verandering in miljoen m3						
IN	miljoen m3	verandering in miljoen m3						
Grondwateraanvulling	956	7	39	30	79	61	47	66
Infiltratie oppervlaktewater	54	4	-1	2	-2	4	3	12
Aanvoer grondwater								
UIT								
Drinkwaterwinning	-20	0	0	0	0	0	0	0
Industriele onttrekkingen	-8	0	0	0	0	0	0	0
Onttrekking beregening	0	0	0	0	0	0	0	0
Afvoer oppervlaktewater	-841	18	-38	12	-75	19	-20	51
Afvoer grondwater	-24	1	0	0	0	-1	1	1
Bergingsverandering	-116	-30	0	-44	-2	-83	-30	-131
	Referentie	Ref_za	G	G+	W	W+	G_za	W+_za
IN		verandering in %						
Grondwateraanvulling	0	1	4	3	8	6	5	7
Infiltratie oppervlaktewater	0	8	-2	4	-4	7	6	23
Aanvoer grondwater	0							
UIT								
Drinkwaterwinning	0	0	0	0	0	0	0	0
Industriele onttrekkingen	0	0	0	0	0	0	0	0
Onttrekking beregening	0	-2	4	-1	9	-2	2	-6
Afvoer oppervlaktewater	0	-4	0	1	-1	4	-4	-3
Bergingsverandering	0	26	0	38	2	72	26	113

Tabel b5.4 Waterbalans bandbreedtescenario's provincie

JAARROND Scenario	Referentie	bandbreedtescenario 1	bandbreedtescenario 2
IN	miljoen m3	verandering in miljoen m3	
Grondwateraanvulling	1092	0,0	-0,5
Infiltratie oppervlaktewater	183	-2,6	-9,0
Aanvoer grondwater	0	0,0	0,0
UIT			
Drinkwaterwinning	-43	4,0	4,0
Industriele onttrekkingen	-16	0,0	0,0
Onttrekking beregening	-4	0,0	0,1
Afvoer oppervlaktewater	-1146	-1,2	8,0
Afvoer grondwater	-52	-0,2	-2,3
Bergingsverandering	-15	0,4	0,9
		bandbreedtescenario 1	bandbreedtescenario 2
IN		verandering in %	
Grondwateraanvulling		0	0
Infiltratie oppervlaktewater		-1	-5
Aanvoer grondwater		0	0
UIT			
Drinkwaterwinning		-9	-9
Industriele onttrekkingen		0	0
Onttrekking beregening		-1	-3
Afvoer oppervlaktewater		0	-1
Afvoer grondwater		0	4
Bergingsverandering		-2	-6
		bandbreedtescenario 1	bandbreedtescenario 2
ZOMERHALFJAAR	Referentie	bandbreedtescenario 1	bandbreedtescenario 2
IN	miljoen m3	verandering in miljoen m3	
Grondwateraanvulling	142	0,6	3,1
Infiltratie oppervlaktewater	128	-1,9	-6,2
Aanvoer grondwater	0	0,0	0,0
UIT			
Drinkwaterwinning	-22	2,1	2,1
Industriele onttrekkingen	-7	0,0	0,0
Onttrekking beregening	-4	0,0	0,1
Afvoer oppervlaktewater	-309	-1,7	-2,6
Afvoer grondwater	-28	-0,1	-0,9
Bergingsverandering	99	0,9	4,6
		bandbreedtescenario 1	bandbreedtescenario 2
IN		verandering in %	
Grondwateraanvulling		0	2
Infiltratie oppervlaktewater		-1	-5
Aanvoer grondwater		0	0
UIT			
Drinkwaterwinning		-9	-9
Industriele onttrekkingen		0	0
Onttrekking beregening		-1	-3
Afvoer oppervlaktewater		1	1
Afvoer grondwater		0	3
Bergingsverandering		1	5
		bandbreedtescenario 1	bandbreedtescenario 2
WINTERHALFJAAR	Referentie	bandbreedtescenario 1	bandbreedtescenario 2
IN	miljoen m3	verandering in miljoen m3	
Grondwateraanvulling	956	-0,6	-4,0
Infiltratie oppervlaktewater	54	-0,8	-2,7
Aanvoer grondwater	0	0,0	0,0
UIT			
Drinkwaterwinning	-20	1,9	1,9
Industriele onttrekkingen	-8	0,0	0,0
Onttrekking beregening	0	0,0	0,0
Afvoer oppervlaktewater	-841	0,4	10,6
Afvoer grondwater	-24	-0,1	-1,4
Bergingsverandering	-116	-0,5	-3,8
		bandbreedtescenario 1	bandbreedtescenario 2
IN		verandering in %	
Grondwateraanvulling		0	0
Infiltratie oppervlaktewater		-1	-5
Aanvoer grondwater		0	0
UIT			
Drinkwaterwinning		-9	-9
Industriele onttrekkingen		0	0
Onttrekking beregening		0	0
Afvoer oppervlaktewater		0	-1
Afvoer grondwater		0	6
Bergingsverandering		0	3

Tabel b5.5 Waterbalans bandbreedtescenario's per deelgebied

JAARROND Scenario	ref-1	ref-2	ref-3	bb1-1	bb1-2	bb1-3	bb2-1	bb2-2	bb2-3
IN	miljoen m3			verandering in miljoen m3					
Grondwateraanvulling	127	403	563	0,3	-0,6	0,1	0,2	-1,0	-0,1
Infiltratie oppervlaktewater	12	38	133	-1,5	-1,0	0,0	-2,2	-5,7	-1,0
Aanvoer grondwater	0	0	87	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	10,4
UIT									
Drinkwaterwinning	0	-20	-23	0,0	4,0	0,0	0,0	4,0	0,0
Industriele onttrekkingen	0	-10	-6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Onttrekking beregening	-1	-2	-1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
Afvoer oppervlaktewater	-91	-317	-738	6,7	-7,7	-0,4	2,2	14,5	-8,9
Afvoer grondwater	-45	-94	0	-5,7	5,1	0,0	0,2	-12,9	0,0
Bergingsverandering	-2	-9	-4	0,4	0,4	-0,2	0,2	1,0	-0,1
kwel/wegzijging	-44	-109	44	-5,3	8,4	0,2	-0,5	-7,9	9,4
	ref-1	ref-2	ref-3	bb1-1	bb1-2	bb1-3	bb2-1	bb2-2	bb2-3
IN				verandering in %					
Grondwateraanvulling				0	0	0	0	0	0
Infiltratie oppervlaktewater				-13	-3	0	-19	-15	-1
Aanvoer grondwater				0	0	1	0	0	12
UIT									
Drinkwaterwinning				0	-20	0	0	-20	0
Industriele onttrekkingen				0	0	0	0	0	0
Onttrekking beregening				-5	0	0	-6	-4	0
Afvoer oppervlaktewater				-7	2	0	-2	-5	1
Afvoer grondwater				13	-5	0	0	14	0
Bergingsverandering				-17	-4	6	-9	-11	3
kwel				12	-8	1	1	7	21
	ref1	ref2	ref3	bb1-1	bb1-2	bb1-3	bb2-1	bb2-2	bb2-3
ZOMERHALFJAAR	miljoen m3			verandering in miljoen m3					
Grondwateraanvulling	22	68	53	0,9	-0,2	-0,1	1,0	2,3	-0,2
Infiltratie oppervlaktewater	8	26	94	-1,0	-0,7	0,0	-1,4	-4,1	-0,6
Aanvoer grondwater	0	0	42	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	3,7
UIT									
Drinkwaterwinning	0	-10	-12	0,0	2,1	0,0	0,0	2,1	0,0
Industriele onttrekkingen	0	-5	-3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Onttrekking beregening	-1	-2	-1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
Afvoer oppervlaktewater	-25	-84	-200	1,2	-2,8	-0,1	-0,1	0,5	-3,0
Afvoer grondwater	-21	-48	0	-1,9	1,7	0,0	-0,2	-4,4	0,0
Bergingsverandering	17	51	31	1,0	0,0	0,0	0,8	3,6	0,3
kwel/wegzijging	-21	-56	20	-1,8	3,5	0,1	-0,4	-2,0	3,2
	ref-1	ref-2	ref-3	bb1-1	bb1-2	bb1-3	bb2-1	bb2-2	bb2-3
IN				verandering in %					
Grondwateraanvulling				4	0	0	5	3	0
Infiltratie oppervlaktewater				-14	-3	0	-18	-16	-1
Aanvoer grondwater				0	0	0	0	0	9
UIT									
Drinkwaterwinning				0	-20	0	0	-20	0
Industriele onttrekkingen				0	0	0	0	0	0
Onttrekking beregening				-4	0	0	-6	-4	0
Afvoer oppervlaktewater				-5	3	0	0	-1	1
Afvoer grondwater				9	-3	0	1	9	0
Bergingsverandering				6	0	0	5	7	1
kwel				9	-6	1	2	4	16
	ref1	ref2	ref3	bb1-1	bb1-2	bb1-3	bb2-1	bb2-2	bb2-3
WINTERHALFJAAR	miljoen m3			verandering in miljoen m3					
Grondwateraanvulling	106	338	513	-0,6	-0,3	0,3	-0,8	-3,3	0,1
Infiltratie oppervlaktewater	4	12	38	-0,5	-0,3	0,0	-0,9	-1,5	-0,4
Aanvoer grondwater	0	0	45	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	6,8
UIT									
Drinkwaterwinning	0	-9	-11	0,0	1,9	0,0	0,0	1,9	0,0
Industriele onttrekkingen	0	-5	-3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Onttrekking beregening	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Afvoer oppervlaktewater	-67	-234	-541	5,6	-4,9	-0,3	2,3	14,1	-5,8
Afvoer grondwater	-24	-46	0	-3,8	3,5	0,0	0,4	-8,5	0,0
Bergingsverandering	-19	-61	-36	-0,6	0,3	-0,4	-0,6	-2,7	-0,4
kwel/wegzijging	-23	-53	24	-3,5	4,9	0,3	-0,1	-5,9	6,2
	ref-1	ref-2	ref-3	bb1-1	bb1-2	bb1-3	bb2-1	bb2-2	bb2-3
IN				verandering in %					
Grondwateraanvulling				-1	0	0	-1	-1	0
Infiltratie oppervlaktewater				-12	-2	0	-21	-13	-1
Aanvoer grondwater				0	0	1	0	0	15
UIT									
Drinkwaterwinning				0	-20	0	0	-20	0
Industriele onttrekkingen				0	0	0	0	0	0
Onttrekking beregening				0	0	0	0	0	0
Afvoer oppervlaktewater				-8	2	0	-3	-6	1
Afvoer grondwater				16	-8	0	-2	19	0
Bergingsverandering				3	0	1	3	4	1
kwel				15	-9	1	0	11	26

Tabel b5.6 Waterbalans aanpassingsscenario's provincie

JAARROND Scenario	Referentie	aanpassingsscenario 1	aanpassingsscenario 2	aanpassingsscenario 3
IN	miljoen m3	verandering in miljoen m3		
Grondwateraanvulling	1092	-3,9	-4,6	-7,0
Infiltratie oppervlaktewater	183	-5,9	-6,2	-8,0
Aanvoer grondwater	0	0,0	0,0	0,0
UIT				
Drinkwaterwinning	-43	0,0	0,0	0,0
Industriële onttrekkingen	-16	0,0	0,0	0,0
Onttrekking beregening	-4	0,1	0,1	0,1
Afvoer oppervlaktewater	-1146	11,1	13,1	16,6
Afvoer grondwater	-52	-0,8	-1,6	-1,9
Bergingsverandering	-15	0,1	0,9	1,2
		aanpassingsscenario 1	aanpassingsscenario 2	aanpassingsscenario 3
IN		verandering in %		
Grondwateraanvulling		0	0	-1
Infiltratie oppervlaktewater		-3	-3	-4
Aanvoer grondwater		0	0	0
UIT				
Drinkwaterwinning		0	0	0
Industriële onttrekkingen		0	0	0
Onttrekking beregening		-2	-2	-3
Afvoer oppervlaktewater		-1	-1	-1
Afvoer grondwater		2	3	4
Bergingsverandering		-1	-6	-8
ZOMERHALFJAAR	Referentie	aanpassingsscenario 1	aanpassingsscenario 2	aanpassingsscenario 3
IN	miljoen m3	verandering in miljoen m3		
Grondwateraanvulling	142	-1,5	-2,4	-1,0
Infiltratie oppervlaktewater	128	-4,1	-4,3	-5,6
Aanvoer grondwater	0	0,0	0,0	0,0
UIT				
Drinkwaterwinning	-22	0,0	0,0	0,0
Industriële onttrekkingen	-7	0,0	0,0	0,0
Onttrekking beregening	-4	0,1	0,1	0,1
Afvoer oppervlaktewater	-309	3,2	3,1	0,0
Afvoer grondwater	-28	-0,3	-0,6	-0,7
Bergingsverandering	99	2,6	4,3	7,4
		aanpassingsscenario 1	aanpassingsscenario 2	aanpassingsscenario 3
IN		verandering in %		
Grondwateraanvulling		-1	-2	-1
Infiltratie oppervlaktewater		-3	-3	-4
Aanvoer grondwater		0	0	0
UIT				
Drinkwaterwinning		0	0	0
Industriële onttrekkingen		0	0	0
Onttrekking beregening		-2	-2	-3
Afvoer oppervlaktewater		-1	-1	0
Afvoer grondwater		1	2	2
Bergingsverandering		3	4	8
WINTERHALFJAAR	Referentie	aanpassingsscenario 1	aanpassingsscenario 2	aanpassingsscenario 3
IN	miljoen m3	verandering in miljoen m3		
Grondwateraanvulling	956	-2,6	-3,2	-6,1
Infiltratie oppervlaktewater	54	-1,8	-1,9	-2,4
Aanvoer grondwater	0	0,0	0,0	0,0
UIT				
Drinkwaterwinning	-20	0,0	0,0	0,0
Industriële onttrekkingen	-8	0,0	0,0	0,0
Onttrekking beregening	0	0,0	0,0	0,0
Afvoer oppervlaktewater	-841	7,8	10,1	16,5
Afvoer grondwater	-24	-0,5	-1,0	-1,2
Bergingsverandering	-116	-2,6	-3,5	-6,3
		aanpassingsscenario 1	aanpassingsscenario 2	aanpassingsscenario 3
IN		verandering in %		
Grondwateraanvulling		0	0	-1
Infiltratie oppervlaktewater		-3	-4	-5
Aanvoer grondwater		0	0	0
UIT				
Drinkwaterwinning		0	0	0
Industriële onttrekkingen		0	0	0
Onttrekking beregening		0	0	0
Afvoer oppervlaktewater		-1	-1	-2
Afvoer grondwater		2	4	5
Bergingsverandering		2	3	5

Tabel b5.7 Waterbalans aanpassingsscenario's per deelgebied

JAARROND Scenario	ref-1/2	ref-3	sc1-1/2	sc1-3	sc2-1/2	sc2-3	sc3-1/2	sc3-3
IN	miljoen m3		verandering in miljoen m3					
Grondwateraanvulling	531	563	-4,1	0,0	-5,4	-0,2	-6,9	-0,1
Infiltratie oppervlaktewater	50	133	-5,5	-0,2	-5,4	-0,7	-7,0	-1,0
Aanvoer grondwater	0	87	0,0	4,3	0,0	8,2	0,0	9,9
UIT								
Drinkwaterwinning	-20	-23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Industriële onttrekkingen	-10	-6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Onttrekking beregening	-3	-1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
Afvoer oppervlaktewater	-408	-738	14,6	-3,6	20,0	-6,9	24,9	-8,4
Afvoer grondwater	-139	0	-5,0	0,0	-9,7	0,0	-11,8	0,0
Bergingsverandering	-11	-4	0,2	-0,1	1,0	0,0	1,4	0,0
kwel/wegzijging	-153	44	-4,9	3,6	-9,6	7,4	-11,5	8,9
			0,3	0,3	0,5	0,3	0,7	0,4
	ref-1/2	ref-3	sc1-1/2	sc1-3	sc2-1/2	sc2-3	sc3-1/2	sc3-3
IN			verandering in %					
Grondwateraanvulling			-1	0	-1	0	-1	0
Infiltratie oppervlaktewater			-11	0	-11	-1	-14	-1
Aanvoer grondwater			0	0	0	9	0	11
UIT								
Drinkwaterwinning			0	0	0	0	0	0
Industriële onttrekkingen			0	0	0	0	0	0
Onttrekking beregening			-2	0	-3	0	-4	-1
Afvoer oppervlaktewater			-4	0	-5	1	-6	1
Afvoer grondwater			4	0	7	0	8	0
Bergingsverandering			-2	3	-9	0	-12	0
kwel			3	8	6	17	8	20
	ref-1/2	ref-3	sc1-1/2	sc1-3	sc2-1/2	sc2-3	sc3-1/2	sc3-3
ZOMERHALFJAAR								
IN	miljoen m3		verandering in miljoen m3					
Grondwateraanvulling	90	53	-1,5	-0,1	-2,1	-0,3	-0,9	-0,2
Infiltratie oppervlaktewater	34	94	-3,8	-0,2	-3,8	-0,5	-4,9	-0,6
Aanvoer grondwater	0	42	0,0	1,7	0,0	3,0	0,0	3,5
UIT								
Drinkwaterwinning	-10	-12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Industriële onttrekkingen	-5	-3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Onttrekking beregening	-3	-1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
Afvoer oppervlaktewater	-109	-200	4,6	-1,4	5,5	-2,4	2,9	-2,9
Afvoer grondwater	-69	0	-2,0	0,0	-3,6	0,0	-4,2	0,0
Bergingsverandering	68	31	2,8	0,0	4,3	0,3	7,3	0,3
kwel/wegzijging	-77	20	-1,9	1,4	-3,7	2,6	-4,3	3,1
			0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1
	ref-1/2	ref-3	sc1-1/2	sc1-3	sc2-1/2	sc2-3	sc3-1/2	sc3-3
IN			verandering in %					
Grondwateraanvulling			-2	0	-2	-1	-1	0
Infiltratie oppervlaktewater			-11	0	-11	-1	-15	-1
Aanvoer grondwater			0	4	0	7	0	8
UIT								
Drinkwaterwinning			0	0	0	0	0	0
Industriële onttrekkingen			0	0	0	0	0	0
Onttrekking beregening			-2	0	-3	0	-4	-1
Afvoer oppervlaktewater			-4	1	-5	1	-3	1
Afvoer grondwater			3	0	5	0	6	0
Bergingsverandering			4	0	6	1	11	1
kwel			2	7	5	13	6	15
	ref-1/2	ref-3	sc1-1/2	sc1-3	sc2-1/2	sc2-3	sc3-1/2	sc3-3
WINTERHALFJAAR								
IN	miljoen m3		verandering in miljoen m3					
Grondwateraanvulling	444	513	-2,6	0,0	-3,3	0,0	-6,0	0,0
Infiltratie oppervlaktewater	16	38	-1,7	-0,1	-1,6	-0,3	-2,1	-0,4
Aanvoer grondwater	0	45	0,0	2,6	0,0	5,1	0,0	6,4
UIT								
Drinkwaterwinning	-9	-11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Industriële onttrekkingen	-5	-3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Onttrekking beregening	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Afvoer oppervlaktewater	-301	-541	10,1	-2,3	14,5	-4,5	22,0	-5,5
Afvoer grondwater	-70	0	-3,1	0,0	-6,0	0,0	-7,6	0,0
Bergingsverandering	-80	-36	-2,5	-0,1	-3,4	-0,3	-6,1	-0,4
kwel/wegzijging	-76	24	-3,0	2,4	-6,1	4,8	-7,5	5,8
			0,2	0,1	0,2	0,0	0,3	0,1
	ref-1/2	ref-3	sc1-1/2	sc1-3	sc2-1/2	sc2-3	sc3-1/2	sc3-3
IN			verandering in %					
Grondwateraanvulling			-1	0	-1	0	-1	0
Infiltratie oppervlaktewater			-11	0	-10	-1	-13	-1
Aanvoer grondwater			0	6	0	11	0	14
UIT								
Drinkwaterwinning			0	0	0	0	0	0
Industriële onttrekkingen			0	0	0	0	0	0
Onttrekking beregening			0	0	0	0	0	0
Afvoer oppervlaktewater			-3	0	-5	1	-7	1
Afvoer grondwater			4	0	9	0	11	0
Bergingsverandering			3	0	4	1	8	1
kwel			4	10	8	20	10	24