

Rapport

Projectnummer: 363211

Referentienummer: SWNL0238168

Datum: 28-01-2019

Gekanaliseerde Hollandsche IJssel

(Geo)hydrologische effecten uitbaggeren

Definitief

Opdrachtgever:
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
Poldermolen 2
3994 DD HOUTEN

Verantwoording

Titel	Gekanaliseerde Hollandsche IJssel
Subtitel	(Geo)hydrologische effecten uitbaggeren
Projectnummer	363211
Referentienummer	SWNL0238168
Revisie	D2
Datum	28-01-2019

Auteur	Henk van den Berg
E-mailadres	henk.vandenberg@sweco.nl

Gecontroleerd door	Jeroen van Uden
Paraaf gecontroleerd	

Goedgekeurd door	Ron Buitelaar
Paraaf goedgekeurd	

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Algemeen	4
1.2	Proces	4
1.3	Doelstelling en resultaten.....	5
1.4	Leeswijzer	5
2	Modelvalidatie en -aanpassingen	6
2.1	Algemeen	6
2.2	Validatie en aanpassingen MORIA model	6
2.2.1	Achtergrondinformatie bodemopbouw	6
2.2.2	Bodemopbouw in grondwatermodel MORIA	7
2.2.3	Gekanaliseerde Hollandse IJssel.....	9
2.3	Berekende grondwaterstanden	12
3	Modellering baggeren GHJ.....	15
4	Effecten	18
4.1	Grondwaterstand	18
4.2	Kwel	20
5	Knelpunten en maatregelen	23
5.1	Risicolocaties	23
5.2	Beheersmaatregelen	24
6	Conclusie	24

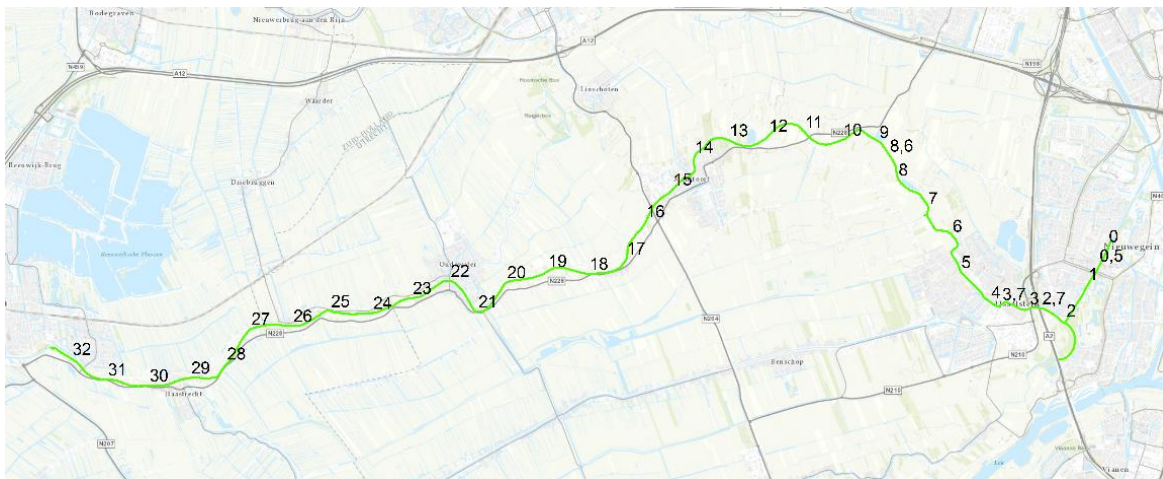
Bijlage 1	Input MORIA
Bijlage 2	Slib- en baggerhoogtes
Bijlage 3	Bollenkaarten GG
Bijlage 4	GeoTOP lithoklasse Oudewater
Bijlage 5	Resultaten Huidig
Bijlage 6	Resultaten c=0d
Bijlage 7	Resultaten c=1d

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Per 1 januari 2013 heeft Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) de Gekanaliseerde Hollandsche IJssel (GHIJ) overgenomen van Rijkswaterstaat (RWS). De GHIJ stroomt van Nieuwegein naar Gouda door de historische stadjes IJsselstein, Montfoort, Oudewater en Haastrecht.

Het waterschap verricht de komende jaren veel werk in en langs de GHIJ. Een onderdeel hiervan is het uitbaggeren van de gehele GHIJ (en Doorslag in Nieuwegein) over een traject van circa 32,5 km. Hiermee wordt er gewerkt aan de (water)veiligheid van het gebied. Deze maatregelen zorgen ervoor dat de aanvoer van zoet water in perioden van droogte (Klimaatbestendige Water Aanvoer) en afvoer in natte periodes gewaarborgd is.



Figuur 1.1 Gekanaliseerde Hollandsche IJssel en Doorslag, met kilometrerings.

Sweco heeft van het waterschap de opdracht gekregen voorbereidende advieswerkzaamheden aangaande de kwel en de stabiliteit uit te voeren. In deze rapportage is de kwel nader uitgewerkt.

1.2 Proces

In Werkpakket 1 is voor een tweetal locaties in Oudewater (Waardsedijk 44 en Oudeweg 8) aanvullende veldwerk verricht om de verandering van de kwel inzichtelijk te maken met het programma Seep/W. De resultaten zijn beschreven in de rapportage 'Verdiepen Hollandse IJssel in Oudewater Geohydrologische berekeningen', SWNL0226594, 31 mei 2018. Uit deze rapportage is gebleken dat als de gehele deklaag wordt afgegraven en het water van de GHIJ in direct contact komt met de goed doorlatende zandondergrond, dit lokaal kan leiden tot significante verslechtering van de kwelsituatie voor het binnendijkse gebied.

In het Plan van Aanpak GHIJ Risicokaart, Sweco (kenmerk: SWNL0230271, d.d. 09-08-2018) is een voorstel gedaan om een risicokaart voor de kwel langs de gehele GHIJ (32,5 km) op te stellen op basis van meerdere 2-dimensionale grondwatermodellen (Seep/W). Er blijkt onvoldoende inzicht in de bodemopbouw te zijn en er zijn te weinig grondwaterstandsgegevens beschikbaar. Hierdoor is de eerder voorgestelde Seep/W minder geschikt.

Om toch inzicht te krijgen in de verandering van de kwel langs de GHJ, is tijdens het overleg op 21 augustus 2018 voorgesteld om gebruik te maken van het grondwatermodel AZURE (Imod). Met dit model kan er vlakdekkend inzicht in de veranderingen van de kwel worden gegeven. Omdat toegang tot het grondwatermodel AZURE niet op tijd beschikbaar was voor de uitvoering van de werkzaamheden, is besloten gebruik te maken van het grondwatermodel MORIA. Het grondwatermodel MORIA (Modelleren Ondergrond Rivierenland Interactief en Actueel) is ontwikkeld voor het beheergebied van Waterschap Rivierenland en het omliggende rivierengebied. Het modelinstrumentarium is bedoeld voor toepassing in het GGOR-proces en als basis voor gedetailleerde modelstudies waarin onder andere gekoppeld kan worden met oppervlaktewater en kwaliteitsmodules. MORIA is ontwikkeld in opdracht van Waterschap Rivierenland, provincie Gelderland en Waterbedrijf Vitens, samen met een aantal specialistische kennisinstituten en adviesbureaus: Deltares, Alterra, TAUW en Royal Haskoning.

De ligging van de GHJ valt zowel in het grondwatermodel AZURE als in het grondwatermodel MORIA. Het grondwatermodel MORIA is met dezelfde expertise, en gedeeltelijk dezelfde partijen, opgesteld als het grondwatermodel AZURE. Het MORIA model heeft dus dezelfde betrouwbaarheid als het AZURE model.

1.3 Doelstelling en resultaten

Het doel van dit onderzoek is, om met behulp van het grondwatermodel AZURE, kaarten te maken met de veranderingen in kwel en grondwaterstand langs de GHJ als gevolg van de baggerwerkzaamheden.

De kaarten zijn primair bestemd voor het projectteam GHJ en zijn bedoeld risicogebieden van de GHJ in beeld te brengen met betrekking tot kwel; waar wordt de kans groot geacht dat de kwelsituatie verslechtert als gevolg van de voorgenomen baggerwerkzaamheden en waar niet. Door dit door middel van een risicokaart visueel in kaart te brengen, kunnen eventuele maatregelen worden genomen.

De verandering van de kwel zal worden ingedeeld in risicolocaties. Per risicolocaties wordt een set (preventieve) maatregelen voorgesteld ter beheersing met een indicatie van restrisico na uitvoering van deze maatregelen. Denk daarbij aan aanpassing van het baggerprofiel (diepte, breedte, etc.), preventief vervangen van beschoeiingen, aanbrengen deklaag (kwel), etc. Deze kunnen zowel generiek als (locatie-)specifiek zijn.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport is geschreven voor lezers met een achtergrond in geohydrologie en/of waterbouw. In hoofdstuk 2 is het bestaande grondwatermodel MORIA vergeleken met beschikbare informatie van de omgeving. De aanpassingen die gedaan zijn aan het model om de huidige situatie beter te modeleren, zijn beschreven in dit hoofdstuk. Vervolgens zijn in paragraaf 2.3 de berekende grondwaterstanden vergeleken met de modelresultaten. In hoofdstuk 4 worden de modelaanpassingen beschreven die gedaan zijn om de baggerwerkzaamheden te modeleren. In hoofdstuk 4 worden de effecten op de grondwaterstand en kwel beschreven en verklaard. Tot slot wordt in hoofdstuk 5 de conclusie gegeven in de vorm van een overzicht van de risicolocaties en de mogelijke beheersmaatregelen.

2 Modelvalidatie en -aanpassingen

2.1 Algemeen

Voor de berekening van de kwel is gebruik gemaakt van MORIA v4.3. Dit is de meest actuele versie (zomer 2018). Het model is stationair doorgerekend met een resolutie van 25x25 m. Voor de berekeningen is een uitsnede gemaakt die ruim rond de GHIJ valt, van 35x25 km. De zuidwesthoek van het model ligt nabij Ouderkerk aan de IJssel en de noordoosthoek ligt net voorbij Utrecht.

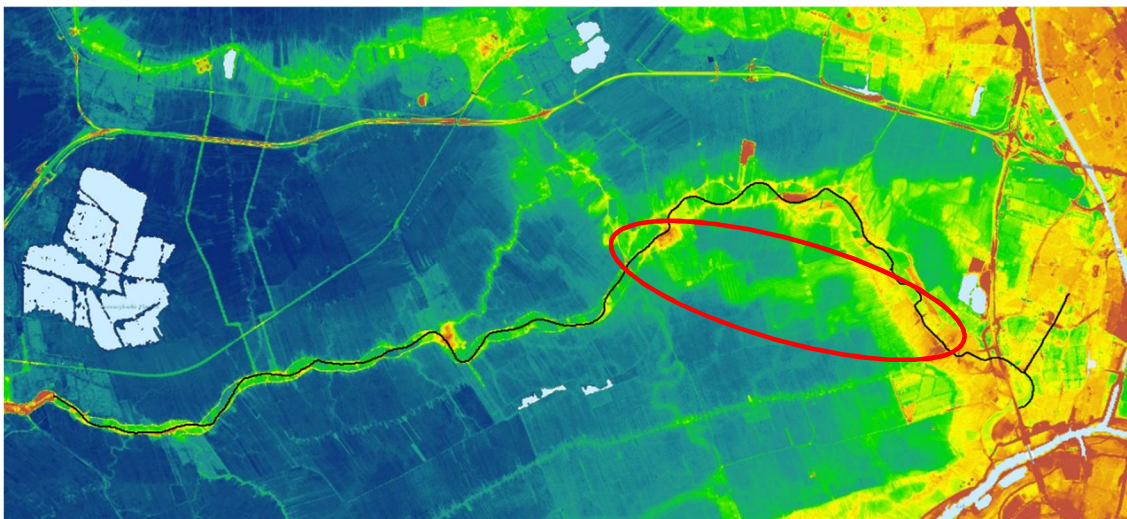
2.2 Validatie en aanpassingen MORIA model

2.2.1 Achtergrondinformatie bodemopbouw

Zandbanen

Onderstaande figuur geeft de maaiveldhoogte uit het AHN3 weer en is opgenomen om een indicatie te krijgen van de ligging van stroomruggen in de ondergrond. Een stroomrug is een voormalige rivierloop met oeverwallen, welke is opgebouwd uit zandig materiaal. Door differentiatie in inklinking liggen de zandige stroomruggen iets hoger in het landschap dan de omliggende (kleiige en venige) komgebieden. De maaiveldhoogtekaart geeft dus een goede indicatie van zandige afzettingen in de ondergrond.

De maaiveldhoogte is in Figuur 2.1 weergegeven en laat zien dat de GHIJ 2x doorkruist wordt door een zandbaan die loopt van Nieuwegein naar Montfoort. Daarnaast liggen er hier meerdere kleinere zandbanen langs de GHIJ.



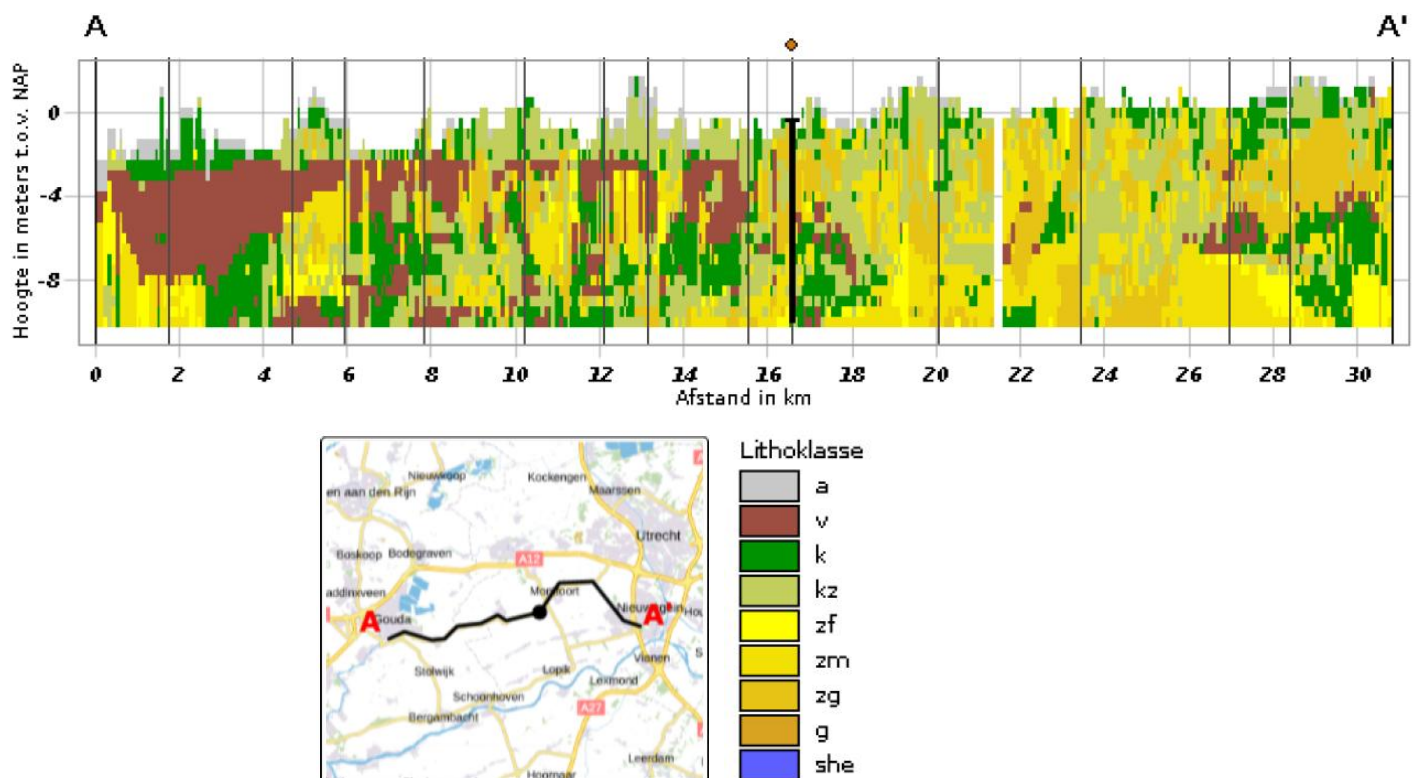
Figuur 2.1 Maaiveldhoogte (AHN3) en ligging zandbaan (rood omcirkeld)

Om de effecten van de baggerwerkzaamheden op de kwel goed in kaart te kunnen brengen, is het van belang dat deze zandbanen aanwezig zijn in het grondwatermodel (dit is gecontroleerd in par 2.2.2).

Opbouw deklaag

Onderstaand profiel is gebaseerd op de GeoTOP-gegevens van het TNO dinoloket. Het profiel laat zien dat de hoeveelheid klei en veen in de deklaag toeneemt richting het westen. Daarnaast is de zandige stroombaan zichtbaar tussen de 20 en 25 km.

Verticale Doorsnede GeoTOP v1.3



Figuur 2.2 Lithoklasse langs GHJ volgens GeoTOP (via www.dinoloket.nl)

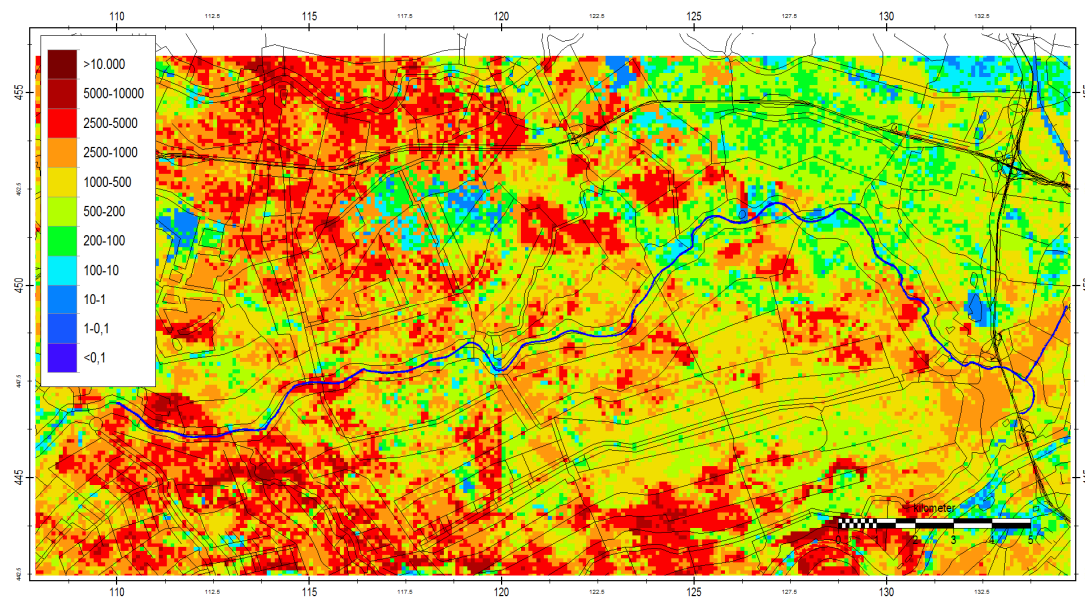
2.2.2 Bodemopbouw in grondwatermodel MORIA

Onderstaande figuren geven respectievelijk de doorlatendheid en de weerstand van de deklaag in MORIA weer. In deze twee modellagen zijn de eigenschappen van de deklaag geschematiseerd. Deze moeten dus een vergelijkbaar beeld met de bodemopbouw laten zien.

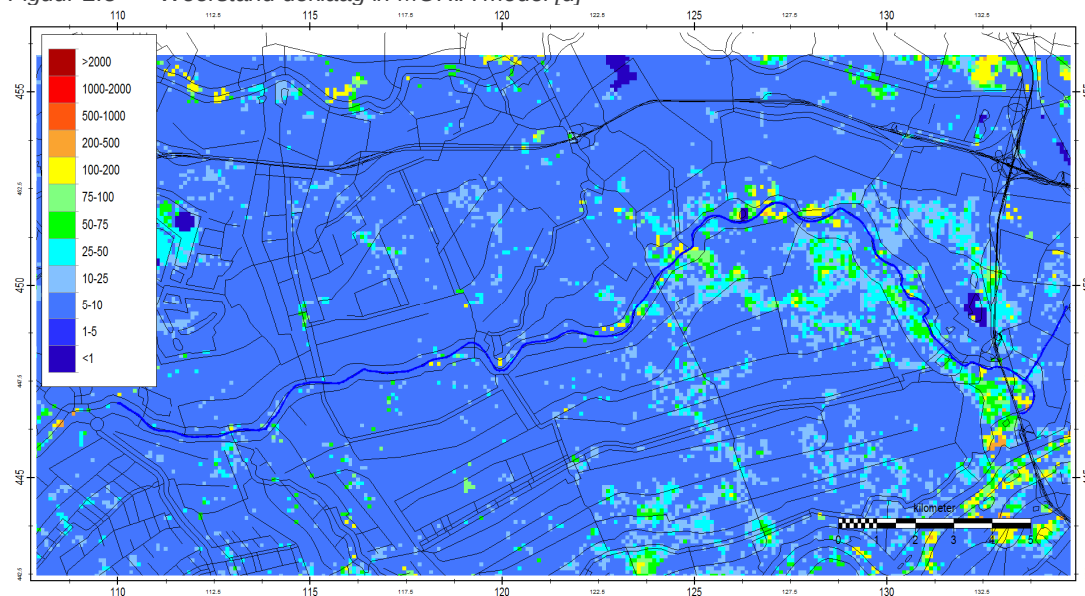
Hoe kleiiger en veniger de ondergrond is, hoe hoger de weerstand en kleiner de doorlatendheid van de deklaag. Zand heeft juist een lagere weerstand en hogere doorlatendheid. De weerstand in Figuur 2.3 laat zien dat deze lager is ter hoogte van de zandbanen tussen Nieuwegein en Montfoort. Ook neemt de weerstand van de deklaag toe, richting het westen waar zich ook dikkere klei en veenlagen bevinden (vergelijk ook met Figuur 2.2).

De doorlatendheid in Figuur 2.4 laat duidelijk zien dat de zandbanen zijn opgenomen in het MORIA model. Ter plaatse van de zandbanen is de doorlatendheid van de deklaag namelijk een stuk hoger dan die van de omgeving.

Op basis van de controle van de bodemopbouw blijken de goed en slecht doorlatende eenheden van de deklaag opgenomen te zijn in het huidige MORIA model. De maaiveldhoogte in het AHN in Figuur 2.1 laat dezelfde patronen zien als de weerstand en doorlatendheid in figuren 2.3 en 2.4. De bodemopbouw in het MORIA model is voldoende nauwkeurig om te voldoen aan de vraagstelling van dit onderzoek.



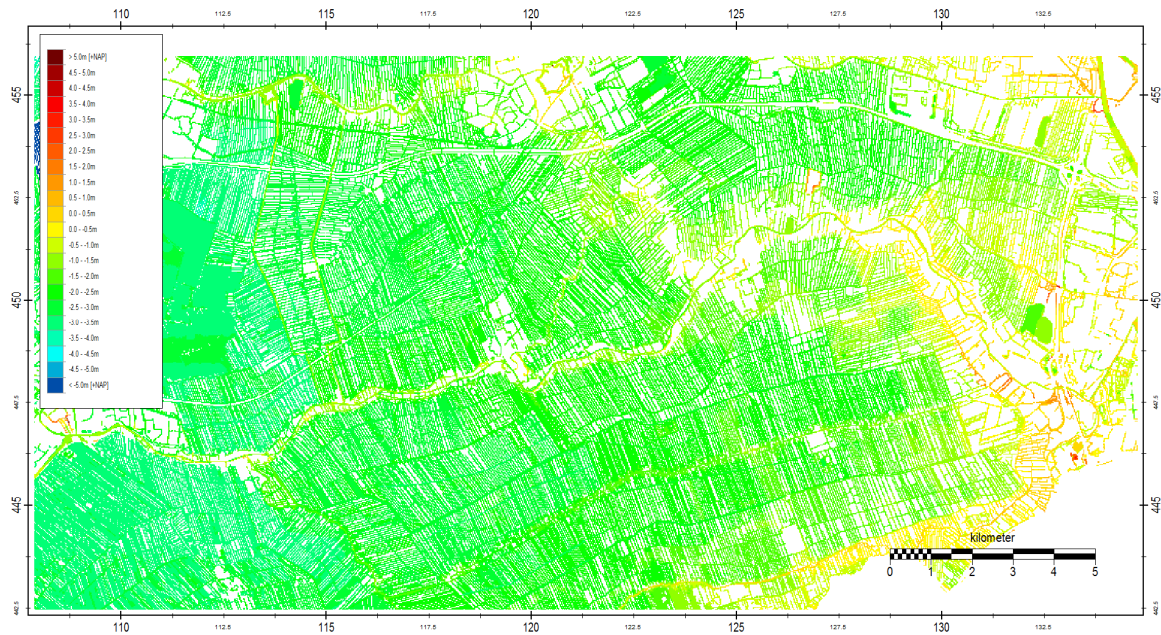
Figuur 2.3 Weerstand deklaag in MORIA model [d]



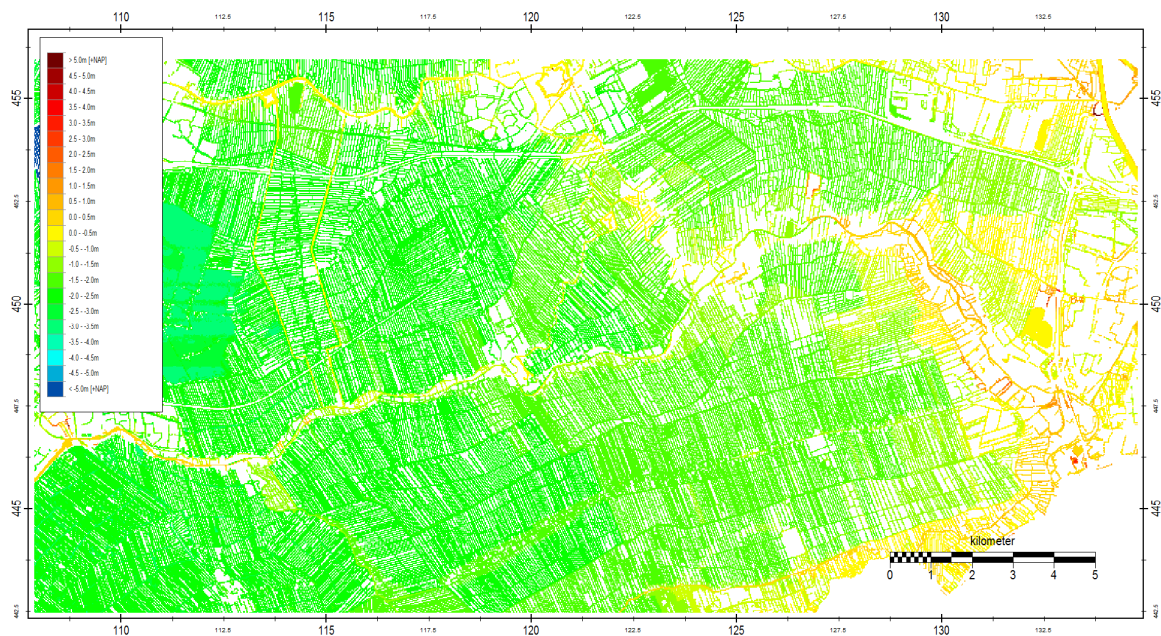
Figuur 2.4 Doorlatendheid (KD) deklaag in MORIA model [m²/d]

2.2.3 Gekanaliseerde Hollandsche IJssel

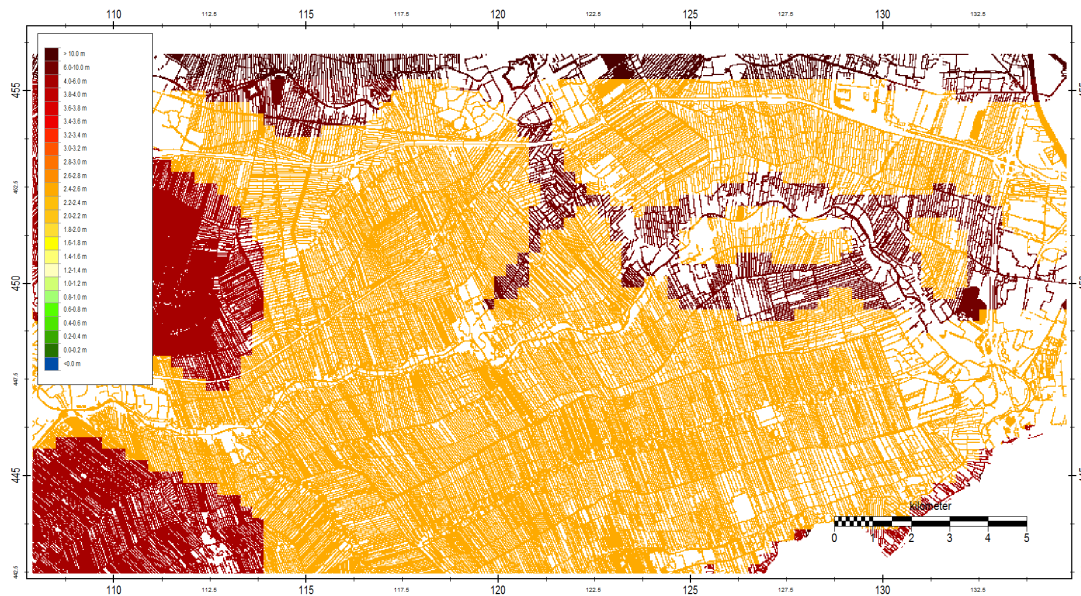
In onderstaande figuren is weergegeven hoe het oppervlaktewatersysteem opgenomen is in het grondwatermodel MORIA. Deze kaarten zijn ook bijgevoegd in bijlage 1.



Figuur 2.5 Bodemhoogte watergangen in MORIA [m +NAP]



Figuur 2.6 Oppervlaktewaterpeil in MORIA [m +NAP]



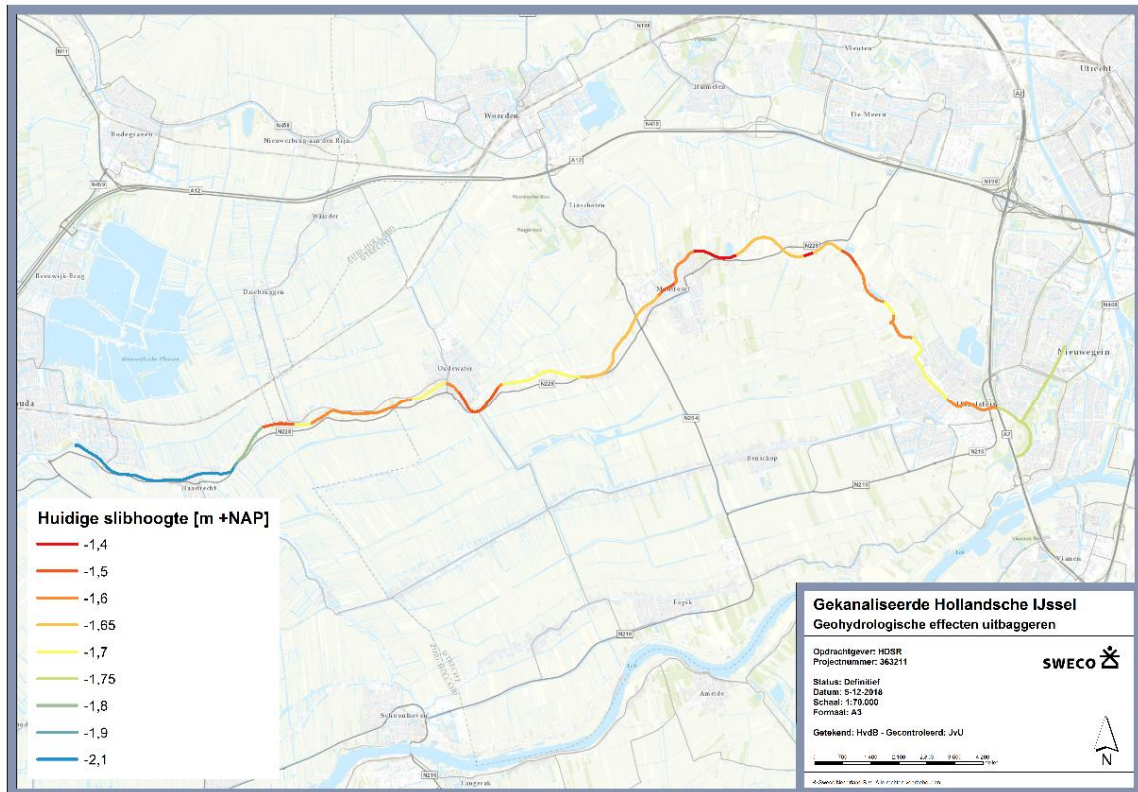
Figuur 2.7 Doorlatendheid watgangbodem in MORIA [m²/d]

Onderstaand zijn de verschillende kaarten nader toegelicht en zijn eventuele aanpassingen in het grondwatermodel MORIA beschreven.

Bodemhoogte

Het MORIA is opgesteld op basis van informatie van de legger, waardoor de bodemhoogte in het originele MORIA model niet overeenkomt met de huidige bodemhoogte. De bodemhoogte in MORIA is lager dan de huidige bodemhoogte, omdat op de bodem een sliblaag aanwezig is. De bodemhoogte van de GHIJ is aangepast naar de huidige situatie op basis van de beschikbare informatie (boringen in de GHIJ) voordat de berekening zijn uitgevoerd.

In Figuur 2.8 is de hoogte van bovenkant van de sliblaag weergegeven. Kaarten met slib- en baggerhoogtes zijn in grotere resolutie bijgevoegd als bijlage 2. Kanttekening hierbij is dat de boringen zijn uitgevoerd tot baggerdiepte. De onderkant van het bagger is daardoor niet bekend. Voor de berekening is aangenomen dat de onderkant van de deklaag de onderkant van de sliblaag (slecht doorlatende bodemlaag) is.



Figuur 2.8 Huidige slibhoogte [m +NAP] op basis van boringen

Oppervlaktewaterpeil

De oppervlaktewaterpeilen in MORIA (Figuur 2.6) voor de (polder)watergangen rondom de GHJ lopen van oost naar west af van ongeveer NAP +0,00 m naar ongeveer NAP -2,00 m. Deze waarden zijn aannemelijk en voldoen voor de scope van dit onderzoek. Echter blijkt het peil van de GHJ niet langs het gehele traject op NAP +0,55 m te liggen. Het peil van de GHJ is aangepast naar NAP +0,55 m voordat de modelberekeningen uitgevoerd zijn.

Doorlatendheid bodem watergangen

In Figuur 2.7 is de doorlatendheid van de bodem van de watergangen in MORIA weergegeven. De oranje watergangen hebben een doorlatendheid van $2,5 \text{ m}^2/\text{d}$, de donkerrode watergangen hebben een doorlatendheid van $6,4 \text{ m}^2/\text{d}$. De ligging van de donkerrode plekken komt overeen met de ligging van de zandbanen. Deze zandbanen zorgen voor een grotere doorlatendheid van de bodem.

Voordat de modelberekeningen worden uitgevoerd, is de bodemhoogte van het model verhoogd naar de huidige slibhoogte. Dit betekent ook dat de doorlatendheid van de bodem omlaag moet gaan. Er bevindt zich namelijk een dikkere sliblaag op de bodem dan oorspronkelijk aangenomen in het MORIA model. De doorlatendheid van de bodem is aangepast naarmate de sliblaag dikker wordt, hierbij is aangenomen dat de onderkant van de slib/bodemlaag de onderkant van de deklaag in MORIA is.

De doorlatendheid van de watergangbodem in MORIA is als volgt bepaald:

$$\text{Conductance} = (K * \text{nat_oppervlak}) / d$$

Waarbij:

- Conductance is de doorlatendheid van de bodem [m^2/d]
- K is de doorlaatfactor van het bodemmateriaal [m/d]
- nat_oppervlak is de oppervlak van de modelcel die bestaat uit oppervlaktewater [m^2]
- d is de dikte van de bodemlaag [m]

Overzicht

Onderstaande tabel 2.1 geeft een overzicht van de aanpassingen aan de GHJ om deze op de actuele wijze in MORIA te schematiseren.

DS = Dikte sliblaag [m]

Cond = conductiviteit bodem [m^2/d]

BH = Bodemhoogte [$\text{m} + \text{NAP}$]

Org = Originele AZURE model [XX_0]

Huidig = Aangepast AZURE model naar huidige situatie [XX_h]

Tabel 2.1 Overzicht aanpassingen huidig model MORIA

	Org	Huidig
Bodemhoogte (BH)	BH_0	$\text{BH}_h = \text{Topslib}^1$
Dikte sliblaag (DS)	$\text{DS}_0 = \text{BH}_0 - \text{TopL2}$	$\text{DS}_h = \text{BH}_h - \text{TopL2}$
Conductiviteit bodem (Cond)	Cond_0	$\text{Cond}_h = \text{Cond}_0 * \text{DS}_h / \text{DS}_0$
Oppervlaktewaterpeil [$\text{m} + \text{NAP}$]	-1,5 tot 0,55	0,55

¹Veldwerkgegevens

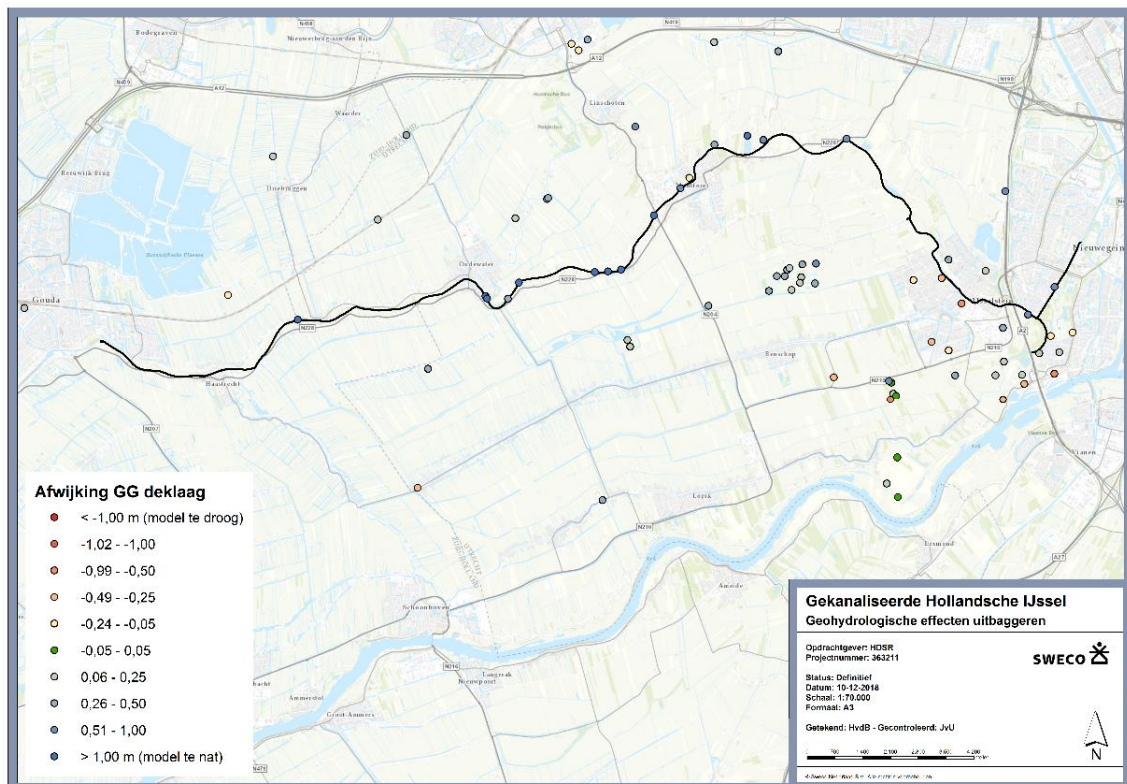
2.3 Berekende grondwaterstanden

Na het doorvoeren van bovenstaande modelaanpassingen is de schematisatie van het model en de GHJ up-to-date en is het grondwatermodel doorgerekend. In deze paragraaf zijn de berekende grondwaterstanden vergeleken met peilbuisgegevens uit het TNO dinoloket om te bepalen wat de betrouwbaarheid van de modelresultaten is.

De weergegeven kaarten zijn in bijlage 3 eveneens weergegeven op groter formaat.

Deklaag

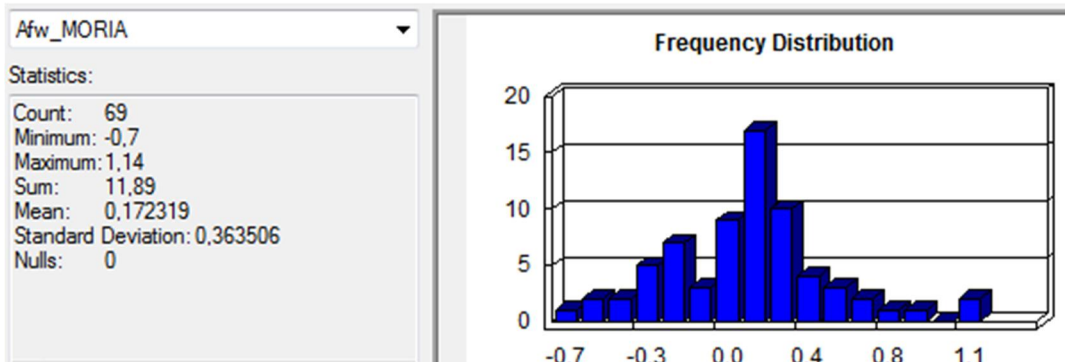
Voor de validatie van berekende grondwaterstanden in de deklaag zijn alle peilbuizen met filters tot NAP -8 m geselecteerd. Dit resulteert in 78 peilbuizen met een tijdreeks die geschikt is om een GG (Gemiddelde Grondwaterstand) met Menyanthes uit te rekenen. De afwijking tussen de GG en berekende waarden is in de vorm van een bollenkaart weergegeven in Figuur 2.9 (en bijlage 3).



Figuur 2.9 Afwijking GG (gemiddelde grondwaterstand) in deklaag [m]

Te zien is dat het overgrote deel van de peilbuizen een afwijking van minder dan 40 cm heeft. Wel bevinden zich enkele peilbuizen erg dicht langs de GHIJ welke een afwijking van meer dan 1,00 meter hebben. Dit is omdat deze peilbuizen zo dicht langs de GHIJ staan (minder dan 25 m) dat deze in de validatie het oppervlaktewaterpeil uit MORIA hebben gekregen. De peilbuizen dichter dan 25 meter langs de GHIJ zijn daarom niet geschikt om de berekende grondwaterstanden mee te valideren. Deze peilbuizen zijn daarom ook buiten de statistiek gelaten (zie Figuur 2.1).

De statistieken van de verschillen tussen de gemiddelde en berekende waarden zijn weergegeven in Figuur 2.10.

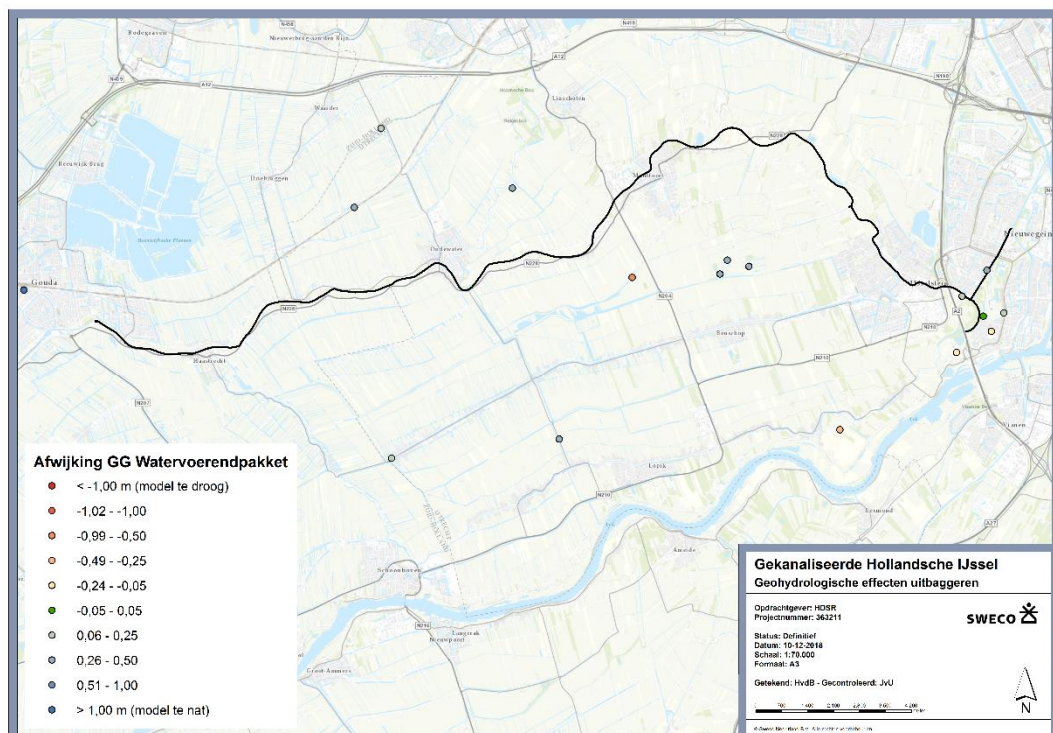


Figuur 2.10 Statistiek afwijking GG in deklaag

De statistiek van de afwijkingen laat zien dat de afwijkingen redelijk normaal verdeeld zijn. Wel berekent het model de grondwaterstanden gemiddeld iets te hoog uit (10-20 cm).

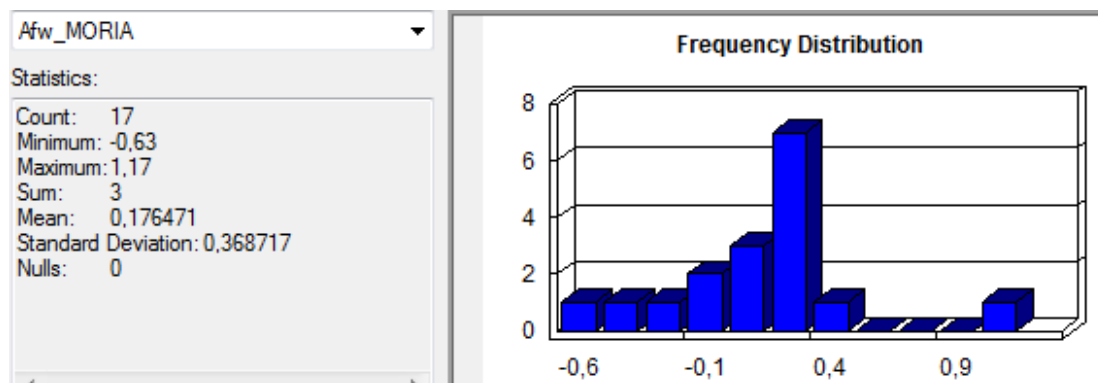
Watervoerend pakket

Voor de validatie van berekende stijghoogten in het watervoerend pakket zijn alle peilbuizen met filters van NAP -8 m tot NAP -30 m geselecteerd. Dit resulteert in 17 peilbuizen met een tijdreeks die geschikt is om een GG (Gemiddelde Grondwaterstand) met Menyanthes uit te rekenen. De verschillen tussen de gemeten en berekende waarden is in de bollenkaart weergegeven (zie Figuur 2.11 en bijlage 3).



Figuur 2.11 Afwijking GG (gemiddelde grondwaterstand) in watervoerend pakket [m]

De statistiek van de afwijkingen tussen de GG en berekende waarde in het watervoerend pakket in Figuur 2.12 laat eenzelfde beeld zien als in de deklaag. De berekende grondwaterstanden zijn redelijk normaal verdeeld en zijn gemiddeld 10-20 cm te hoog.



Figuur 2.12 Statistiek afwijking GG in watervoerend pakket

Conclusie

Op basis van vergelijking van de berekende grondwaterstanden met de afgeleide GG uit Dinoloket blijkt dat grondwaterstanden in zowel de deklaag als het watervoerend pakket gemiddeld 10-20 cm te hoog berekend worden.

De afwijkingen laten het patroon zien van een normale verdeling, wat betekent dat er maar enkele peilbuizen met een grote afwijking zijn. Het doel van het onderzoek is het bepalen van risicolocaties op basis van een effectberekening. Hiervoor is de afwijking van 10-20 cm in de berekende grondwaterstanden acceptabel. Het grondwatermodel MORIA model wordt op basis van bovenstaande validatie voldoende nauwkeurig beschouwd om de doelstelling van dit onderzoek te halen.

3 Modelleren baggeren GHIJ

Er zijn verschillende situaties doorgerekend om inzicht te krijgen in de hoeveelheid kwel en eventuele risico's:

1. Huidige situatie. De schematisering en resultaten van de huidige situatie zijn al gerapporteerd in hoofdstuk 2. Deze situatie wordt gebruikt als referentie scenario.
2. Situatie na baggeren. Hiervoor zijn twee scenario's met een verschillende mate van verandering van de doorlatendheid van de bodem doorgerekend.

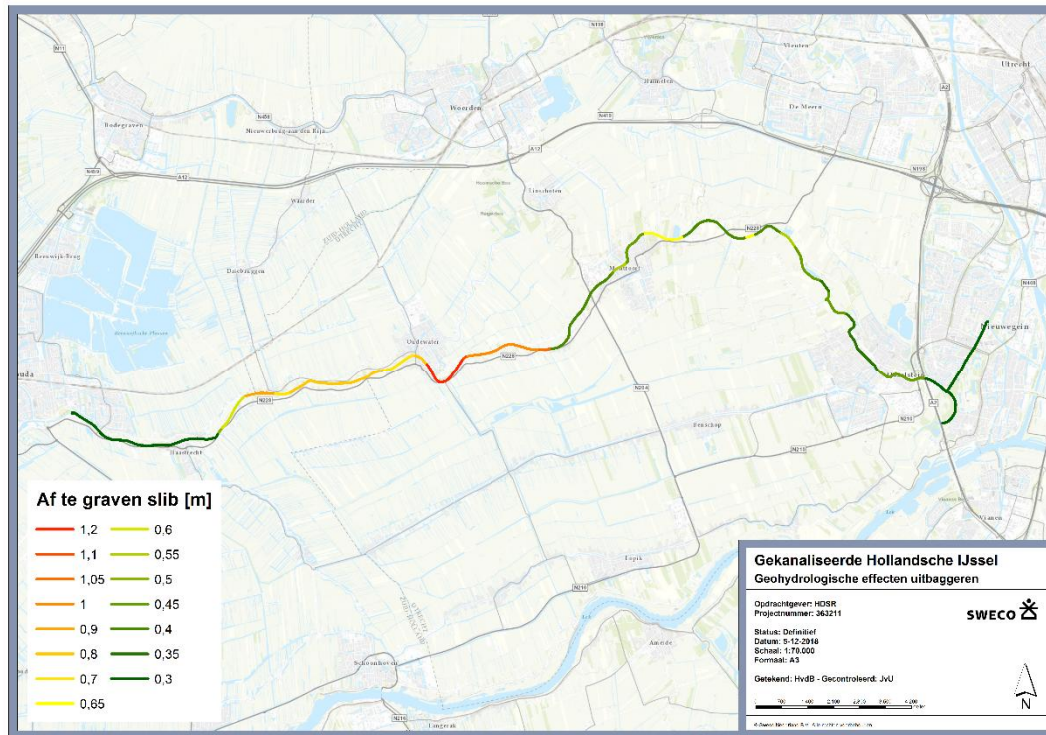
Voor de berekening van de situatie na baggeren is het van belang om de baggerdiepte te weten en de verandering van de doorlaatfactor van de bodem van de GHIJ. Onderstaand zijn de uitgangspunten voor de scenario's na baggeren beschreven.

Baggerdiepte

Voor de baggerdiepte is uitgegaan van de opgegeven baggerdiepte en overdiepte door HDSR. De overdiepte is 25 cm dieper dan de leggerdiepte, maar valt binnen de toegestane tolerantie waarin gebaggerd mag worden. Er wordt iets dieper gebaggerd om het dicht-slibben voor de komende jaren op te kunnen vangen. In de modellering van de gebaggerde situatie is de overdiepte gebruikt als nieuwe bodemhoogte van de GHIJ. De overdiepte is weergegeven in Figuur 3.1 en is gebaseerd op informatie van HDSR.

In Figuur 3.2 is de te verwijderen hoeveelheid bagger weergegeven, dit is het verschil tussen de slibhoogte en overdiepte. De hoeveelheid slib die verwijderd wordt, verschilt sterk langs het traject, van 30 cm bij Gouda en IJsselstein tot 120 cm in de bocht bij Oudewater.

16 (24)



Figuur 3.2 Te verwijderen bagger (verschil slobhoogte en overdiepte) [m]

Doorlaatfactor bodem GHIJ

De exacte doorlaatfactor van het baggermateriaal is moeilijk te bepalen. Om die reden zijn er twee scenario's met aangepaste bodemweerstand (reciproke van de doorlaatfactor) doorgerekend. Beide scenario's moeten gezien worden als een worst case scenario die inzicht geven in de geohydrologische risicolocaties bij het baggeren.

In scenario 1 is het doorlaatvermogen verhoogd naar 25.000 m²/d. Dit komt overeen met een weerstand van 5-30 minuten, wat betekent dat de weerstand praktisch 0 dagen is. Hiermee wordt gemodelleerd dat de sliblaag volledig afgegraven wordt.

In het tweede scenario is het doorlaatvermogen verhoogd naar 100 m²/d tot 500 m²/d (verschilt per modelcel). Dit komt overeen met een weerstand van 1 dag.

Tabel 3.1 Overzicht doorlatendheid bodem GHIJ voor verschillende scenario's

Scenario	Doorlatendheid bodem GHIJ [m ² /d]
Huidig (SCEN1)	2,5 tot 7,0
C = 0 d (SCEN2)	25.000
C = 1 d (SCEN3)	100 tot 500

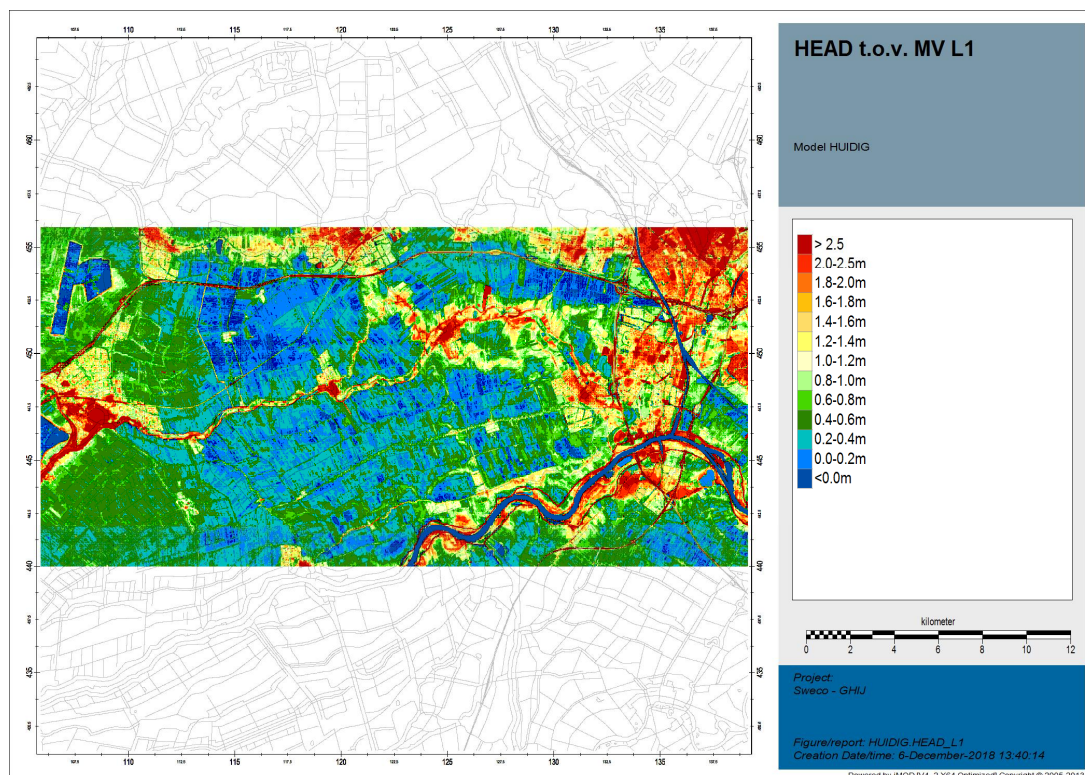
De resultaten van de verschillende scenario's zijn in hoofdstuk 4 beschreven.

4 Effecten

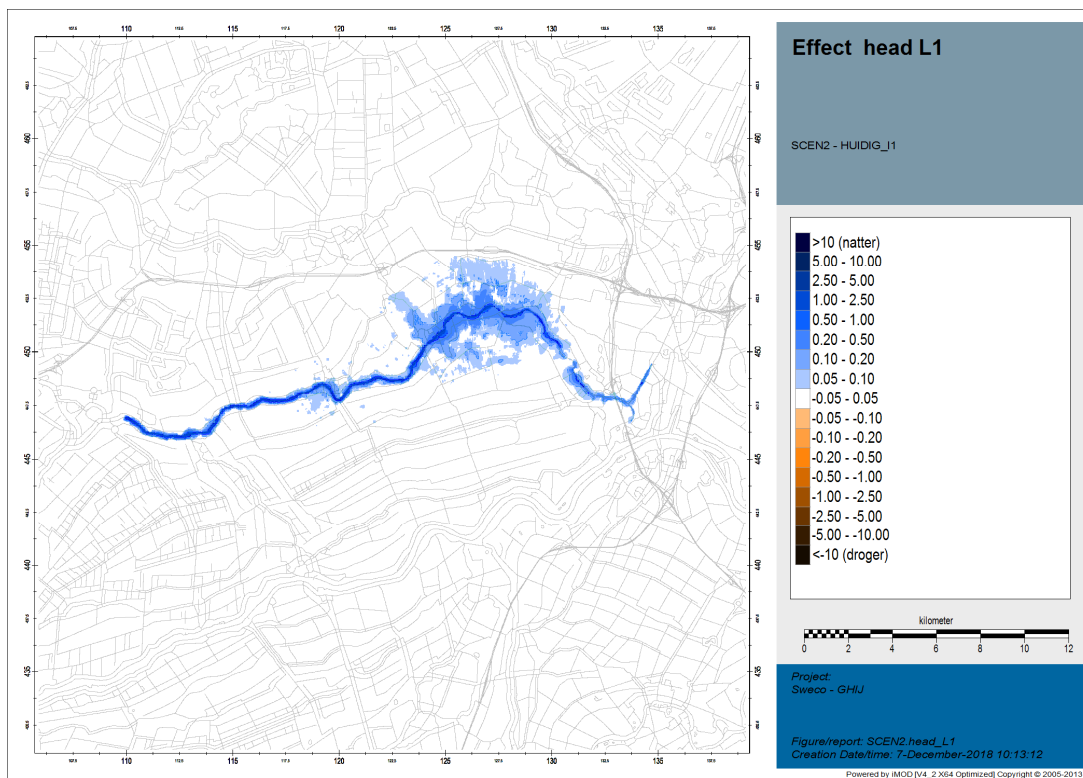
4.1 Grondwaterstand

Door de verlaging van bodemweerstand ter plaatse van de GHJ, neemt de infiltratie vanuit de GHJ naar de omgeving toe. Hierdoor stijgt de grondwaterstand op bepaalde locaties. Alle effectkaarten in dit hoofdstuk zijn in grotere resolutie toegevoegd in bijlage 5-7.

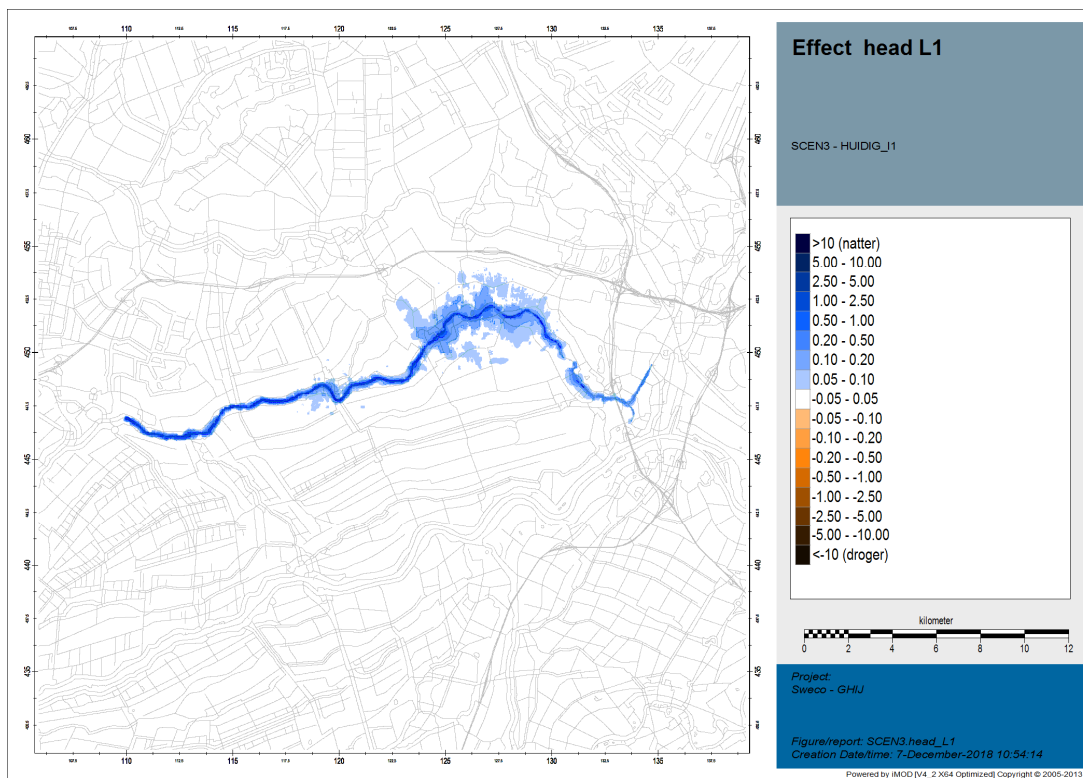
De berekende grondwaterstand en de effecten van het baggeren hierop zijn weergegeven in Figuur 4.1 tot en met Figuur 4.3.



Figuur 4.1 Berekende grondwaterstand in huidige situatie [m-mv]



Figuur 4.2 Verandering stijghoogte bij $c = 0$ d



Figuur 4.3 Effect stijghoogte bij $c = 1$ d

De locaties waar de grondwaterstand toeneemt, zijn globaal te verdelen in drie gebieden, welke hieronder toegelicht worden.

1. toename van de grondwaterstand in de uiterwaarde van de GHJ, binnen 100 m langs de GHJ;
2. toename van de grondwaterstand ten westen van de bocht bij Oudewater, van kilometer 20 tot en met 23;
3. toename van de grondwaterstand tussen Nieuwegein en Montfoort, van kilometer 7 tot en met 15.

Uiterwaarden gehele traject GHJ

De toename in de uiterwaarde van de GHJ heeft niet veel effect op de omgeving. In de uiterwaarde ligt het maaiveld een stuk hoger dan in het achterland. De drooglegging in de uiterwaarde blijft hierdoor gegarandeerd.

Bocht bij Oudewater

Ten westen van Oudewater neemt de grondwaterstand 5-10 cm toe. De toename zal enerzijds komen, doordat de ondergrond hier gemiddeld zandiger is dan de omgeving (dit blijkt uit de c-waarde in Figuur 2.3 en nadere analyse van GeoTOP gegevens (zie bijlage 4)). Daarnaast wordt er langs dit traject van de GHJ 120 cm slib afgegraven. Dit is de grootste afgraving van de gehele GHJ. Vermoedelijk draagt deze grote afgraving ook bij aan het versterkte effect.

Nieuwegein-Montfoort

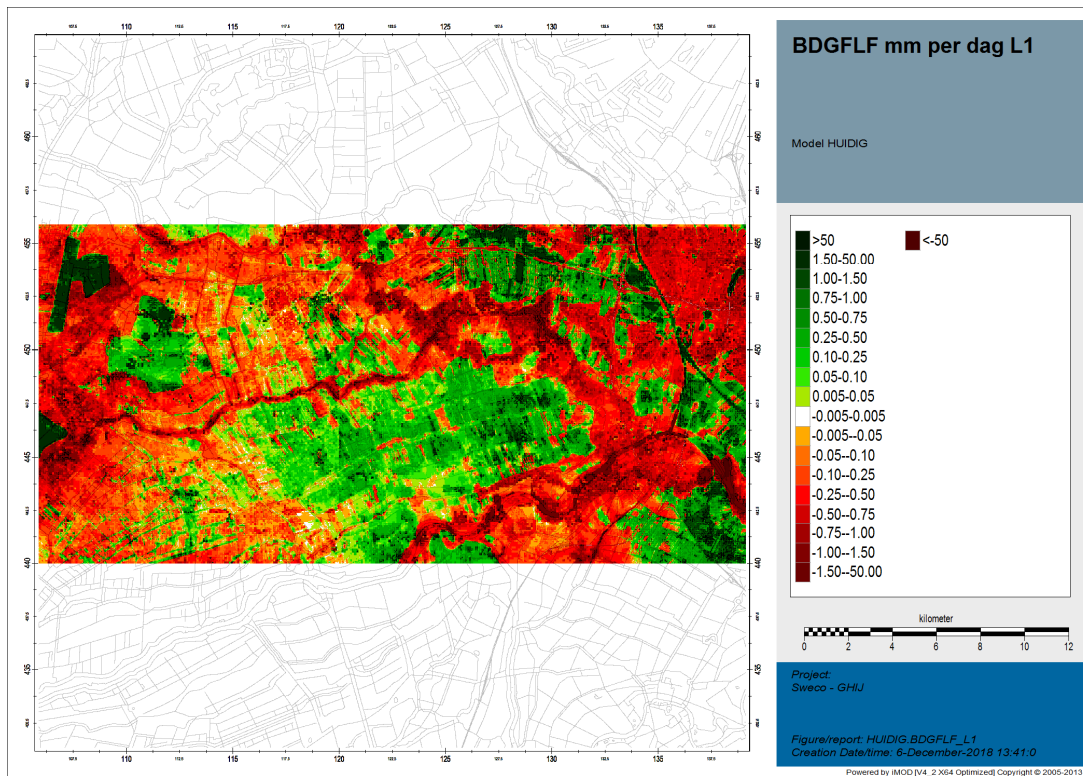
Tussen Nieuwegein en Montfoort zijn verhogingen tot 20 cm berekend. Deze komt doordat langs dit traject van de GHJ zandbanen aanwezig zijn. Deze zandbanen zijn relatief goed doorlatend en zorgen ervoor dat het water, wat extra infiltreert door de bodem van de GHJ, zich verder verspreid.

Verschil tussen scenario's

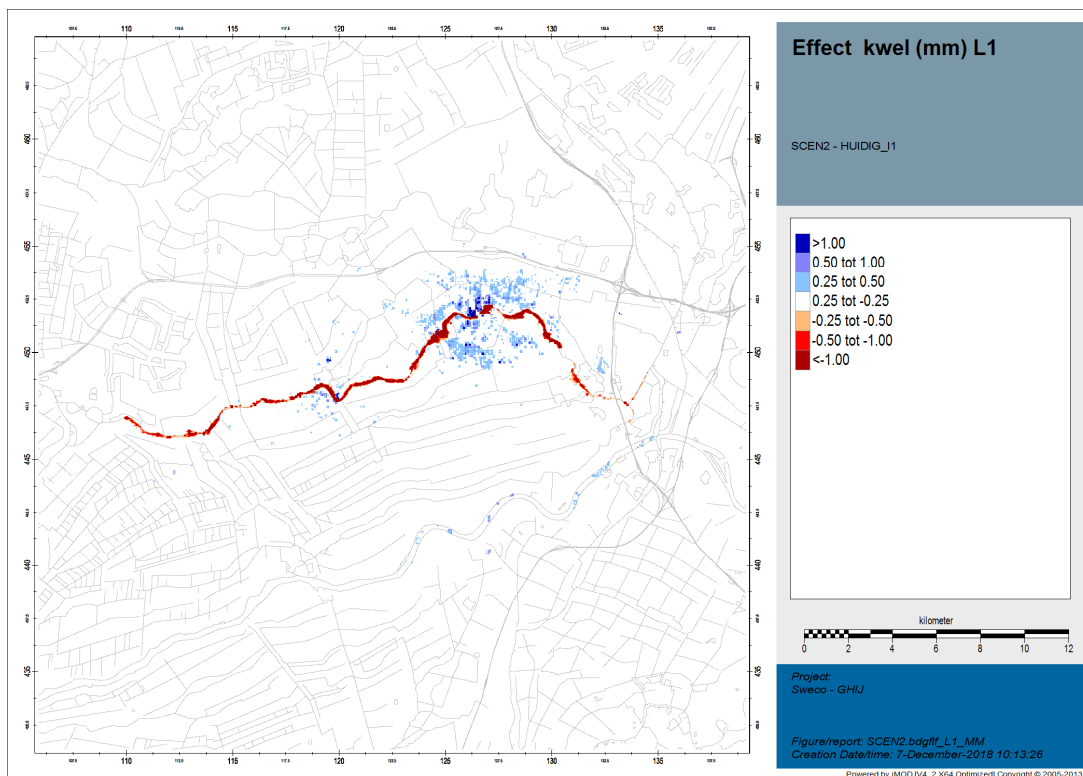
Het scenario waarbij de weerstand van de bodem op praktisch 0 dagen is gezet, laat grotere effecten zien dan het scenario waarbij de bodemweerstand 1 dag is. Dit is logisch, omdat er meer water kan infiltreren vanuit de GHJ bij een lagere bodemweerstand. Wel geven beide scenario's een vergelijkbaar beeld van de veranderingen wat aangeeft dat deze berekeningen de risicolocaties goed in beeld brengen.

4.2 Kwel

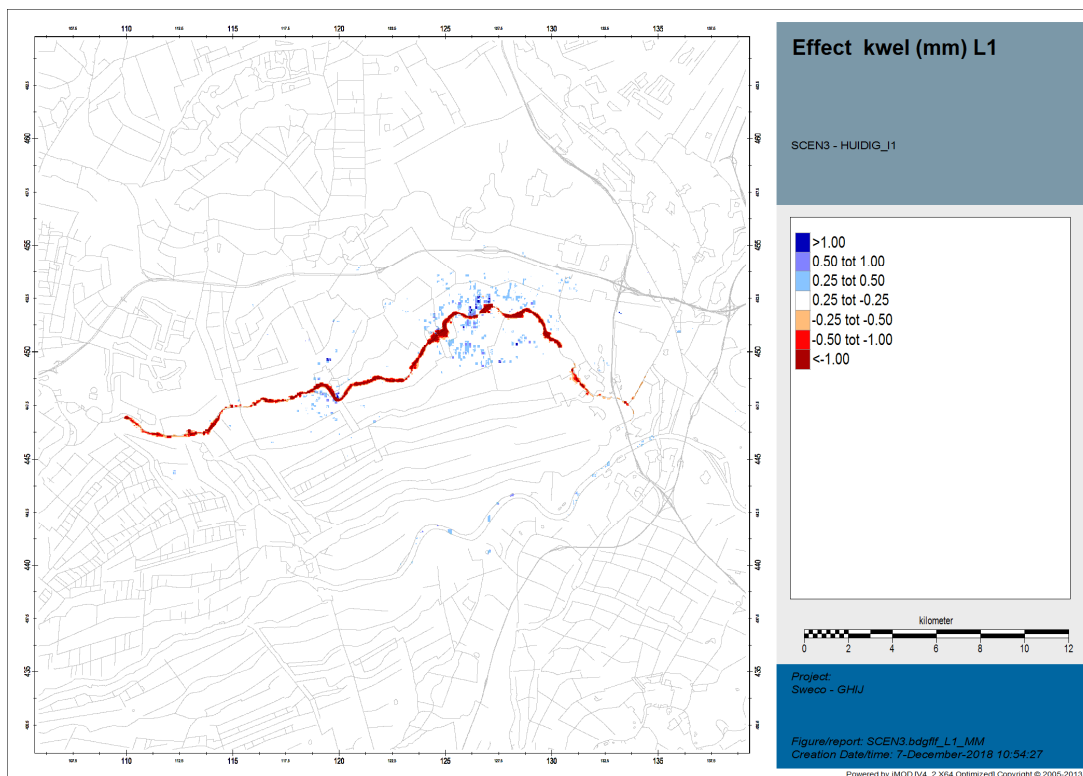
De berekende kwel/infiltratie en de effecten hierop in figuren 4.4 tot en met 4.6 laat zien dat er in de huidige situatie infiltratie in de GHJ en omliggende uiterwaarden is. Dit komt, omdat het peil van de GHJ en de maaiveldhoogte van de omliggende uiterwaarden hoger is dan de omgeving.



Figuur 4.4 Berekende kwel in huidige situatie [mm/d]



Figuur 4.5 Effect kwel bij c = 0 d [mm/d]



Figuur 4.6 Effect kwel bij $c = 1 \text{ d [mm/d]}$

Infiltratie vindt plaats ten zuiden van de GHJ tussen Nieuwegein en Montfoort, het patroon van deze infiltratiegebieden komt overeen met de zandbanen die daar aanwezig zijn. Ten westen van Haastrecht vindt er ook veel infiltratie rondom de GHJ plaats. In deze gebieden infiltreert water richting de lagergelegen gebieden in het westen (Reeuwijkse plassen en droogmakerijen).

De kwelgebieden liggen ten zuiden van de GHJ en ten noorden van de GHJ tussen Montfoort en Haastrecht.

De locaties met berekende effecten zijn gelijk aan de locaties waar ook veranderingen in de grondwaterstand zijn berekend.

Uiterwaarden gehele traject GHJ

Langs het hele traject van de GHJ neemt de infiltratie toe. De berekende waarde ligt tussen de 0 en 5 mm per dag. Omdat in de doorgerekende baggersituaties de GHJ een extreem hoge bodemdooorlatendheid heeft gekregen, zijn de berekende kwel- en infiltratiewaarden niet relevant. Het doel van de berekening is om de geohydrologische risico locaties aan te geven.

Bocht bij Oudewater

In Figuur 4.4 is te zien dat er in de huidige situatie een infiltratiezone ten westen van Oudewater ligt. De berekende kweltoename hier is dus niet zozeer een toename in de kwel, maar vooral een afname in de infiltratie. Toch wordt het gebied met kwel in deze zone groter (zie bijlage 5-7) en dat betekent dat een gedeelte van de infiltratie omslaat naar kwel. De verandering in kwel/infiltratie hebben enerzijds te maken met de zandige ondergrond en anderzijds met de grote mate van afgraving.

De bocht in de GHJ ter plaatse van Oudewater en ongeveer 1 km ten westen hiervan wordt aangewezen als een risicolocatie voor toenemende kwel. Het gaat hierbij niet om het (hoger gelegen) gebied in de uiterwaarde direct langs de GHJ, maar om de lagergelegen poldergebieden (tot ongeveer 1.500 m) binnendijks.

Nieuwegein-Montfoort

Langs de GHJ wordt een kwelverhoging tot 1 mm/d berekend. Ook hier gaat het gedeeltelijk om een verlaging van de infiltratie, maar lokaal zal ook de kwel toenemen. Op de locaties waar al een kwel optreedt in de huidige situatie en waar de kwel toeneemt door de baggerwerkzaamheden, is de huidige kwel 1-2mm/d en neemt dit met ongeveer 0,25 tot 0,5 mm/d toe. De relatieve kweltoename ligt hier dus rond de 20%.

De toename in kwel wordt hier overal langs de noordrand berekend. Langs de zuidrand wordt de meeste kweltoename berekend ter hoogte van kilometer 7-8 en 14-15. Dit komt overeen met het voorkomen van de zandbanen.

5 Knelpunten en maatregelen

5.1 Risicolocaties

Langs de GHJ zijn er twee zones met een risico op verhoogde kwel. Dit gaat om de bocht bij Oudewater van kilometer 20 tot en met 23 en om het traject tussen Nieuwegein en Montfoort van kilometer 7 tot en met 15. Voor beide trajecten gaat het hierbij niet om het (hoger gelegen) gebied in de uiterwaarde, maar om de lagergelegen poldergebieden (tot ongeveer 1.500 m) binnendijks.

Voor de locatie Oudewater wordt het verhoogde risico veroorzaakt door de aanwezige zandbaan. Daarnaast wordt er hier 130 cm bagger verwijderd wat leidt tot een aanzienlijke verlaging van de bodem.

Tussen Nieuwegein en Montfoort zijn er meerdere grote en kleine zandbanen langs de GHJ aanwezig. Langs de noordrand komen er over het hele traject tussen Nieuwegein en Montfoort zandige delen voor. Langs de zuidrand wordt de GHJ bij kilometer 7 tot en met 8 en 14 tot en met 15 door een grote zandbaan doorsneden. Op deze locaties is het risico op kweleffecten het grootst en hier wordt ook het meeste kweleffect berekend.

Voor beide locaties wordt er een kweltoename tot 1 mm/d berekend wat neerkomt op ongeveer 20% toename. Deze toename komt verspreid over een groter gebied. Daarnaast is de berekening gebaseerd op worst case uitgangspunten voor de bodemweerstand. In de praktijk zal er minder kweltoename plaatsvinden dan berekend door het ontstaan van een (nieuwe) sliblaag. Het effect van het baggeren op de kwel zal naar verwachting niet leiden tot onacceptabele kwelhoeveelheden.

Voor de overige delen van de GHJ is er geen risico op toenemende kwel berekend. De deklaag heeft hier voldoende weerstand om te compenseren voor de verminderde weerstand van de bodem van de GHJ. Toch valt ook hier het risico niet geheel uit te sluiten. Door onbekende zandbanen kan er lokaal verhoogde kwel ontstaan, maar naar verwachting zal dit geen problemen opleveren. De grote bekende zandbanen welke wel in het model zijn opgenomen, laten namelijk geen bijzonder groot effect zien in de berekeningen. Dan zullen kleine zandbanen ook geen groot effect hebben.

5.2 Beheersmaatregelen

De effectberekening laat geen ontoelaatbare toenames in de kwel zien. Toch wordt het aangeraden om tijdens het baggeren langs de twee risicolocaties de kwel te monitoren. Voorgesteld wordt om ter plaatse van de locaties een tweetal raaien te plaatsen met peilbuizen aan weerszijden van de GHIJ op 25, 50 en 100 m afstand. De monitoring dient voorafgaand en na afloop van de baggerwerkzaamheden plaats te vinden.

Door gebruik te maken van damwanden langs de GHIJ kan de kwelstroom mogelijk ook deels geremd worden. In het model is uitgegaan dat er geen (houten) damwanden aanwezig zijn (of in slechte staat zijn waardoor de weerstand gering is). Hierdoor wordt er rekening gehouden met een zijdelingse uitstroom uit de GHIJ. Bij het aanbrengen van (houten) damwanden zal de zijdelingse uitstroom beperkt worden.

6 Conclusie

Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) wil de Gekanaliseerde Hollandsche IJssel (GHIJ) baggeren. Als gevolg hiervan kan de kwel in het binnendijks gebied mogelijk toenemen.

Om een inschatting te krijgen in de hoeveelheid en locaties van een eventuele kwel-toename, is met het grondwatermodel MORIA de verandering van de kwel berekend langs de GHIJ.

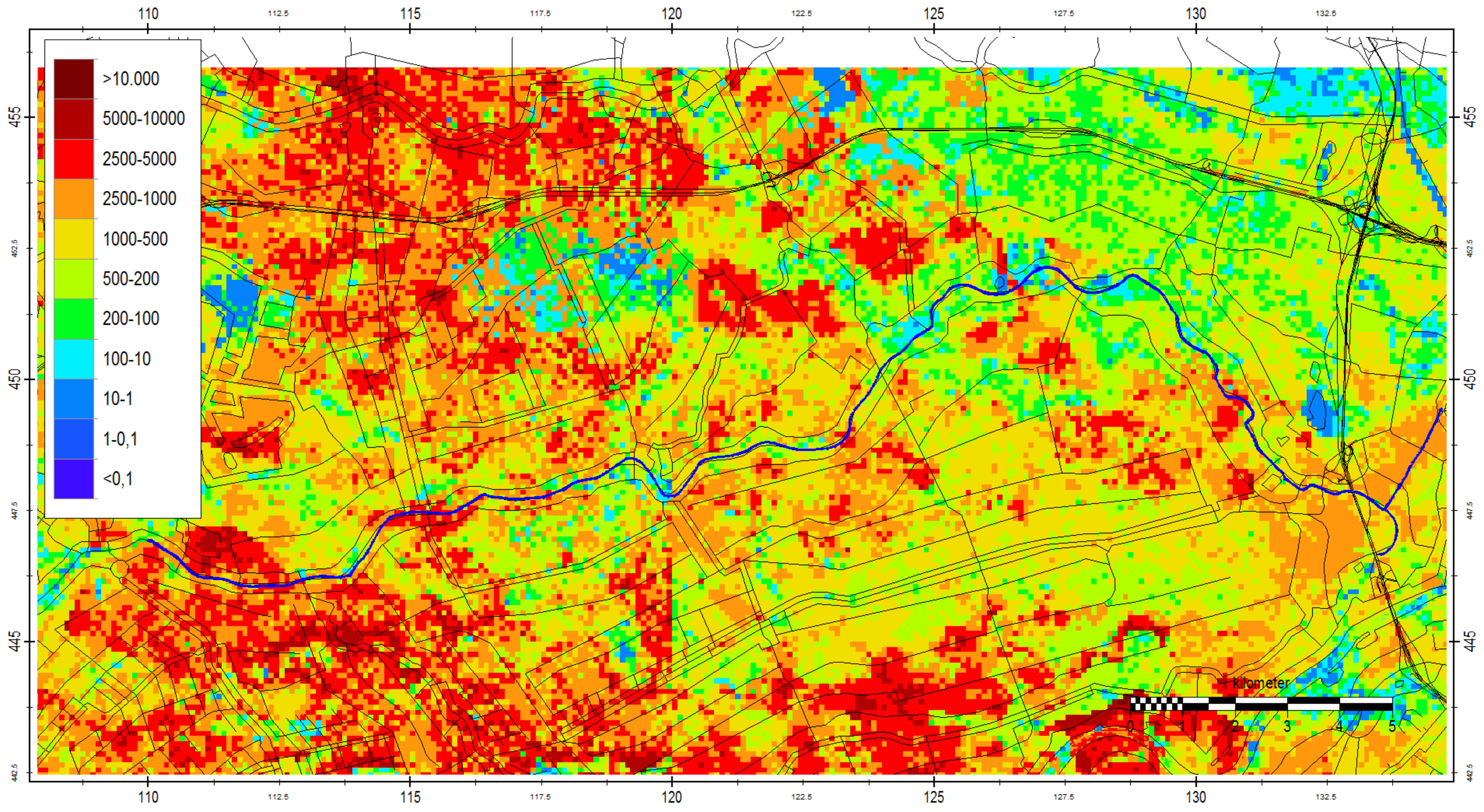
Uit de berekeningen volgt dat op een tweetal deelgebieden de kwel toeneemt.

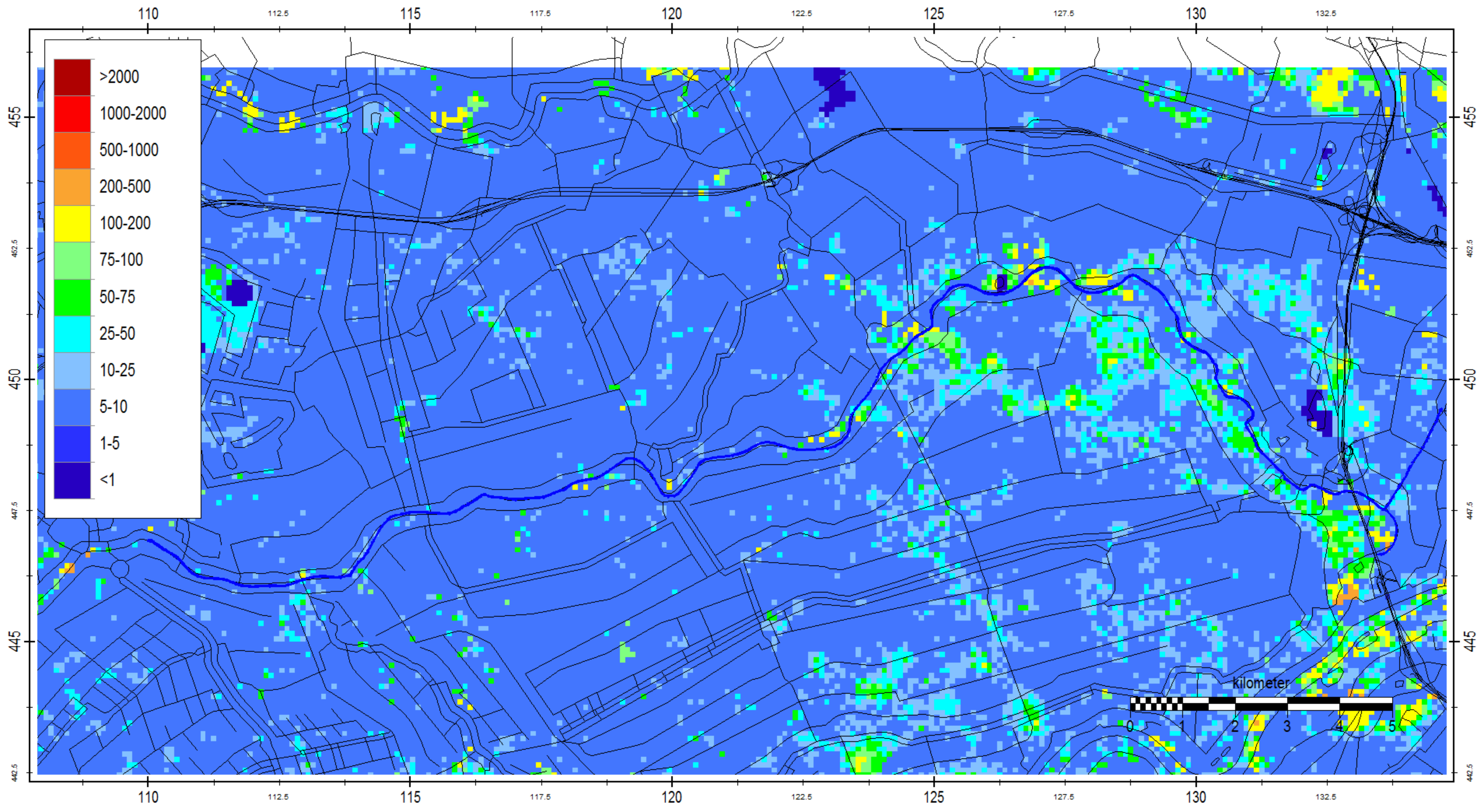
Voor de volgende deeltrajecten wordt een verhoogde grondwaterstand en/of kwel berekend als gevolg van de baggerwerkzaamheden:

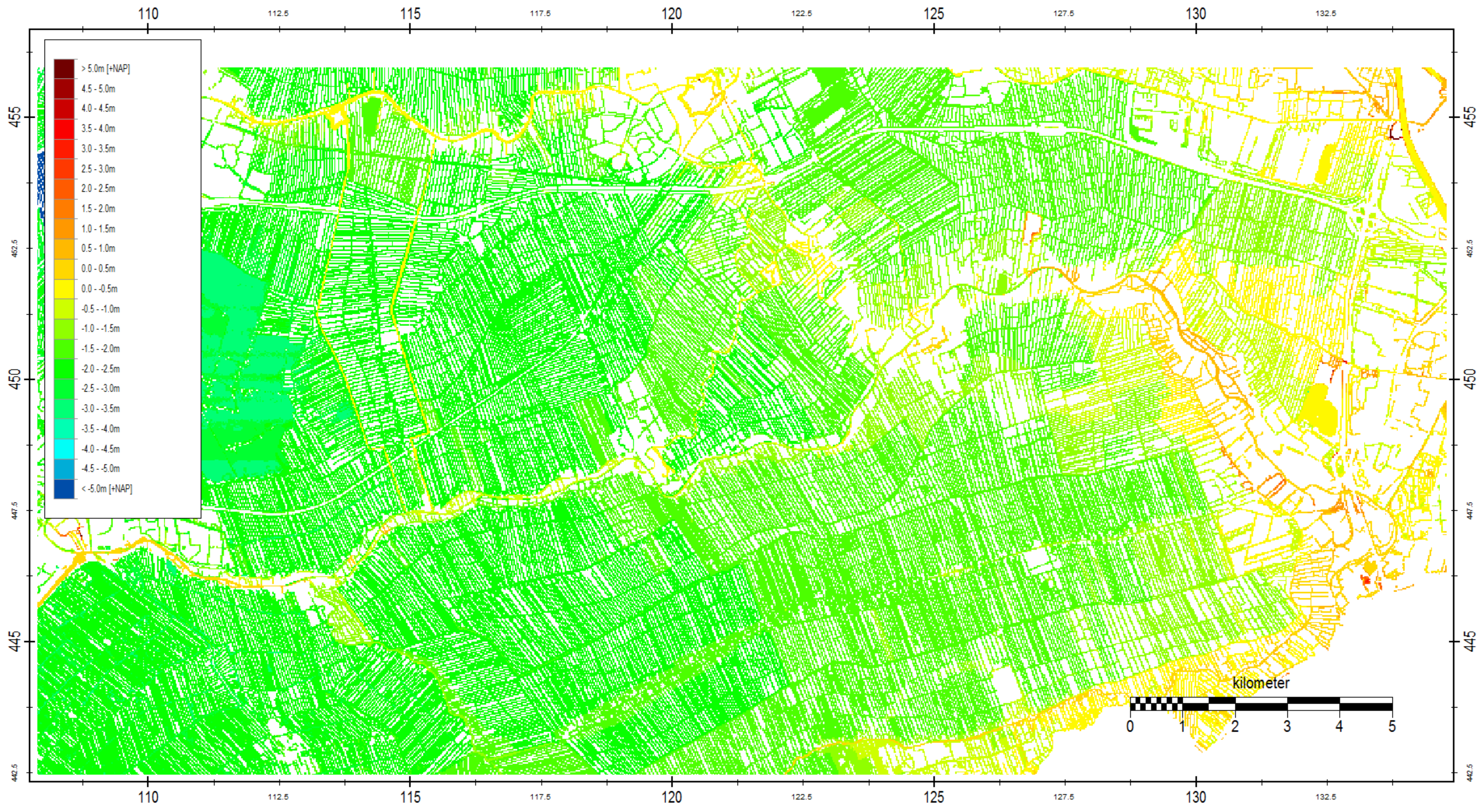
1. toename van de grondwaterstand in de uiterwaarde van de GHIJ, binnen 100 m langs de GHIJ;
2. toename van de grondwaterstand en kwel ten westen van de bocht bij Oudewater, van kilometer 20 tot en met 23;
3. toename van de grondwaterstand en kwel tussen Nieuwegein en Montfoort, van kilometer 7 tot en met 15.

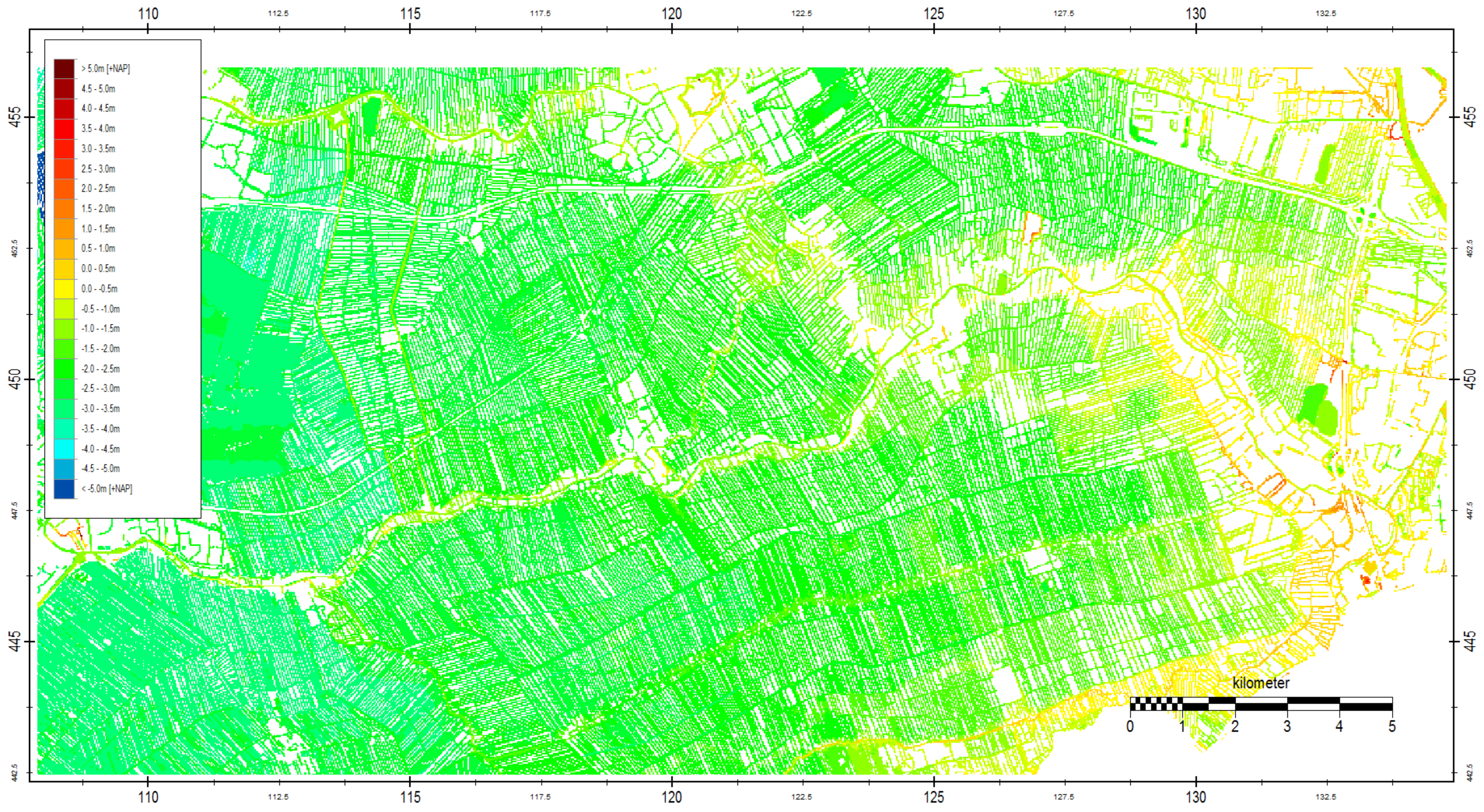
Hierbij is uitgegaan van een worstcase scenario, waarbij een geringe weerstand achterblijft. Als gevolg van het weer opnieuw afzetten van slib, zal de weerstand weer (deels) toenemen en de effecten verkleinen.

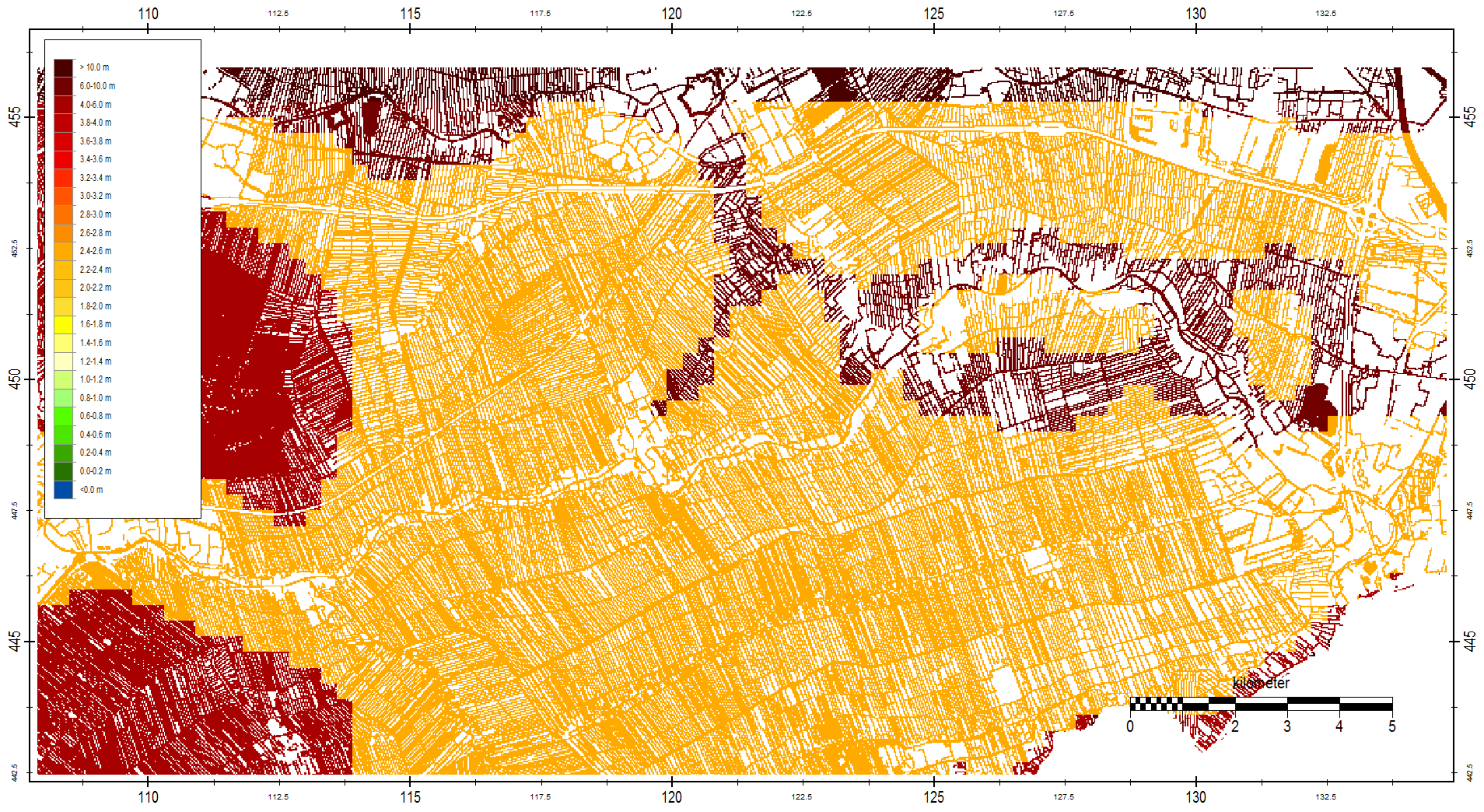
Bijlage 1 Input MORIA



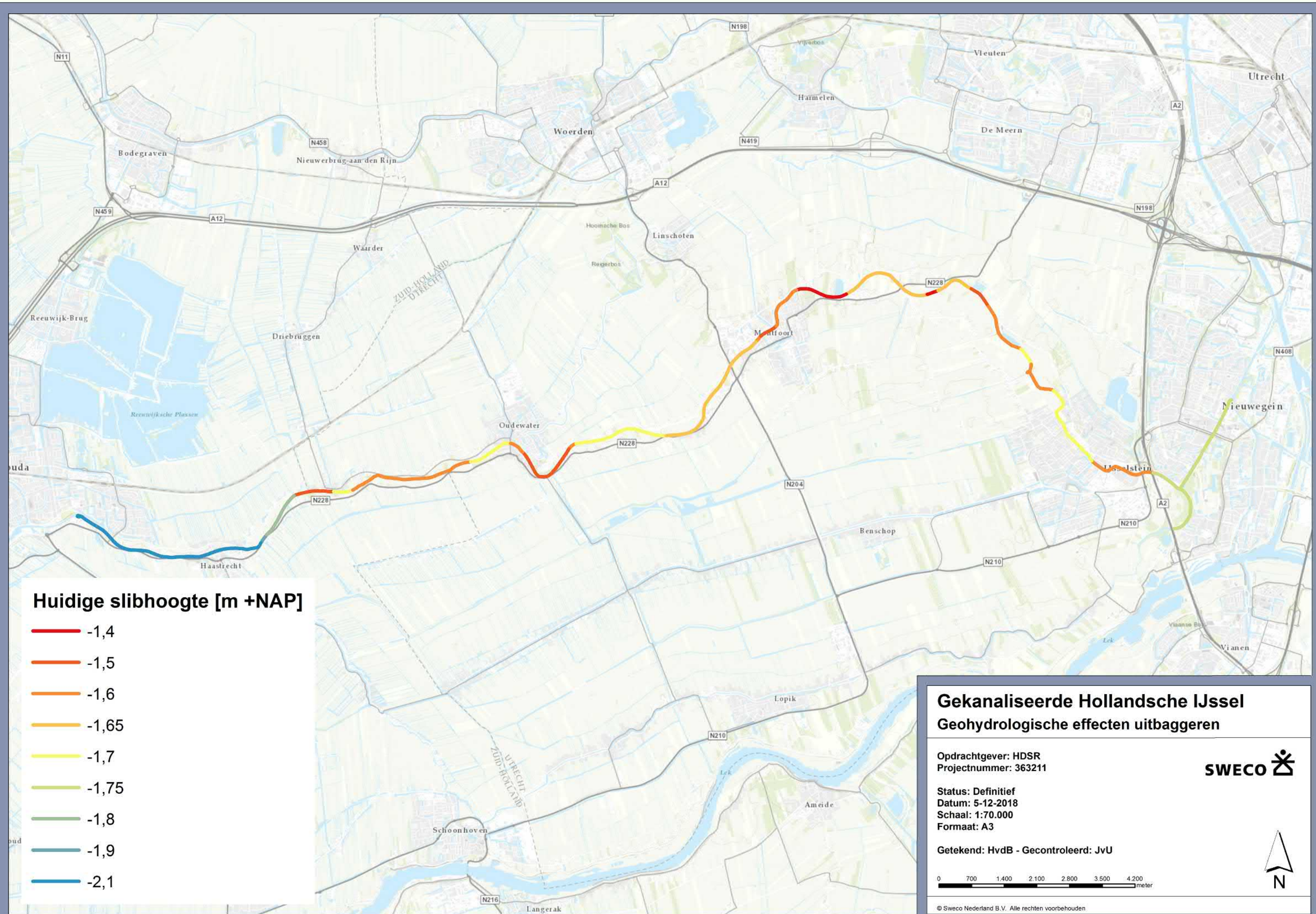


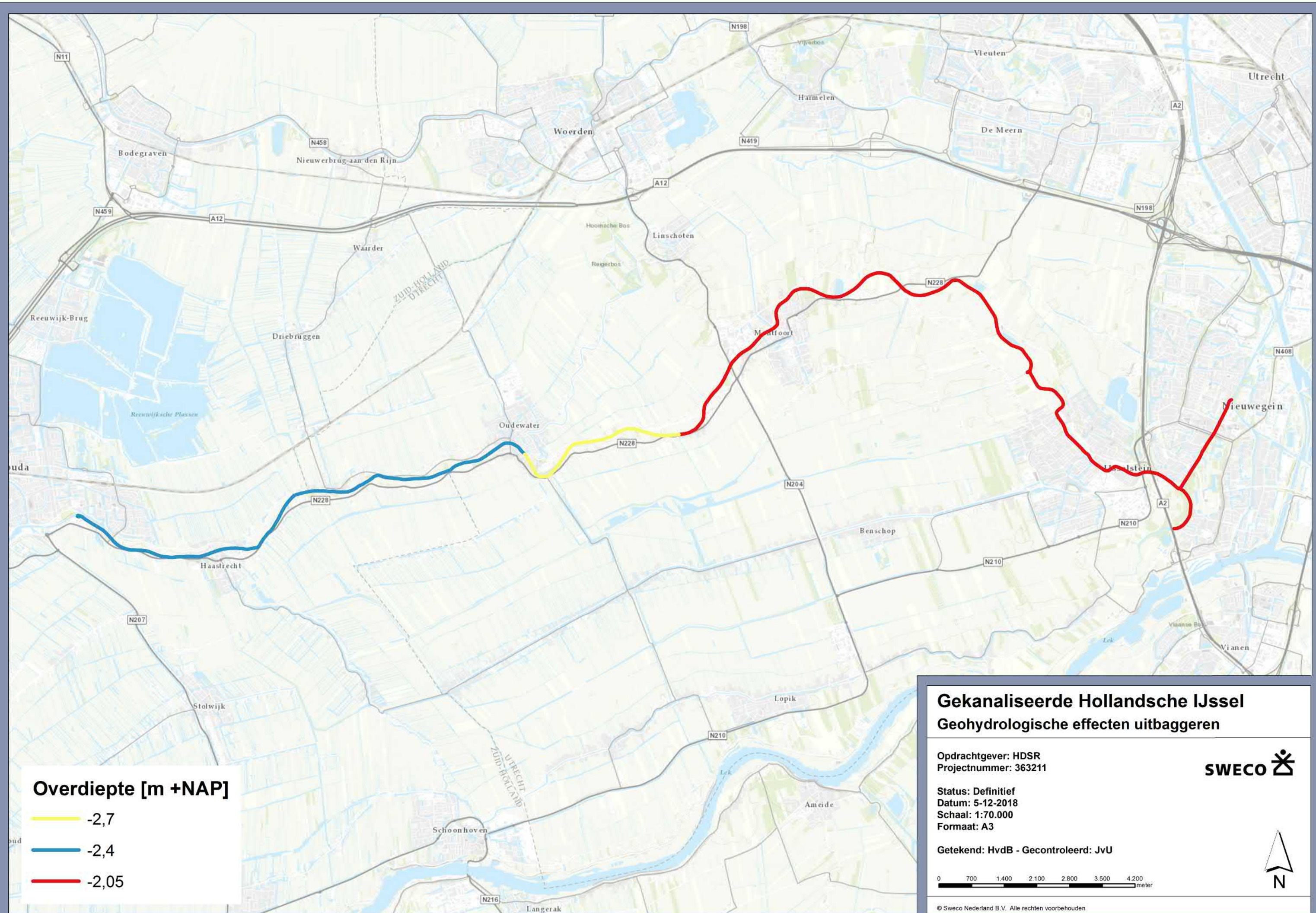


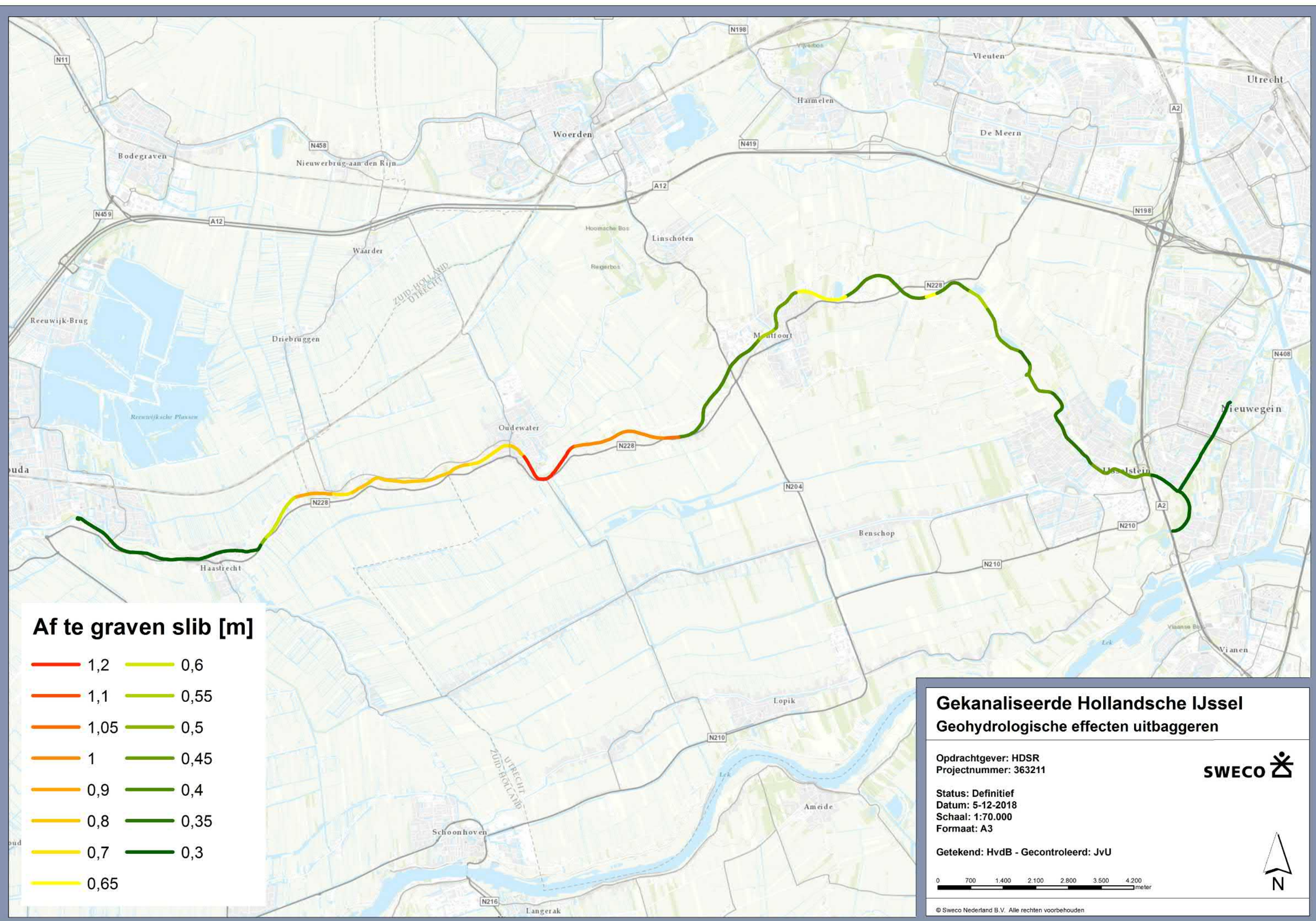




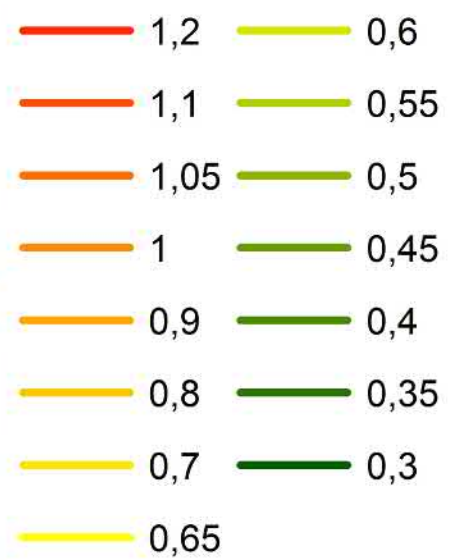
Bijlage 2 Slib- en baggerhoogtes







Af te graven slib [m]



Gekanaliseerde Hollandsche IJssel

Geohydrologische effecten uitbaggeren

Opdrachtgever: HDSR
Projectnummer: 363211

Status: Definitief
Datum: 5-12-2018
Schaal: 1:70.000
Formaat: A3

Getekend: HvdB - Gecontroleerd: JvU

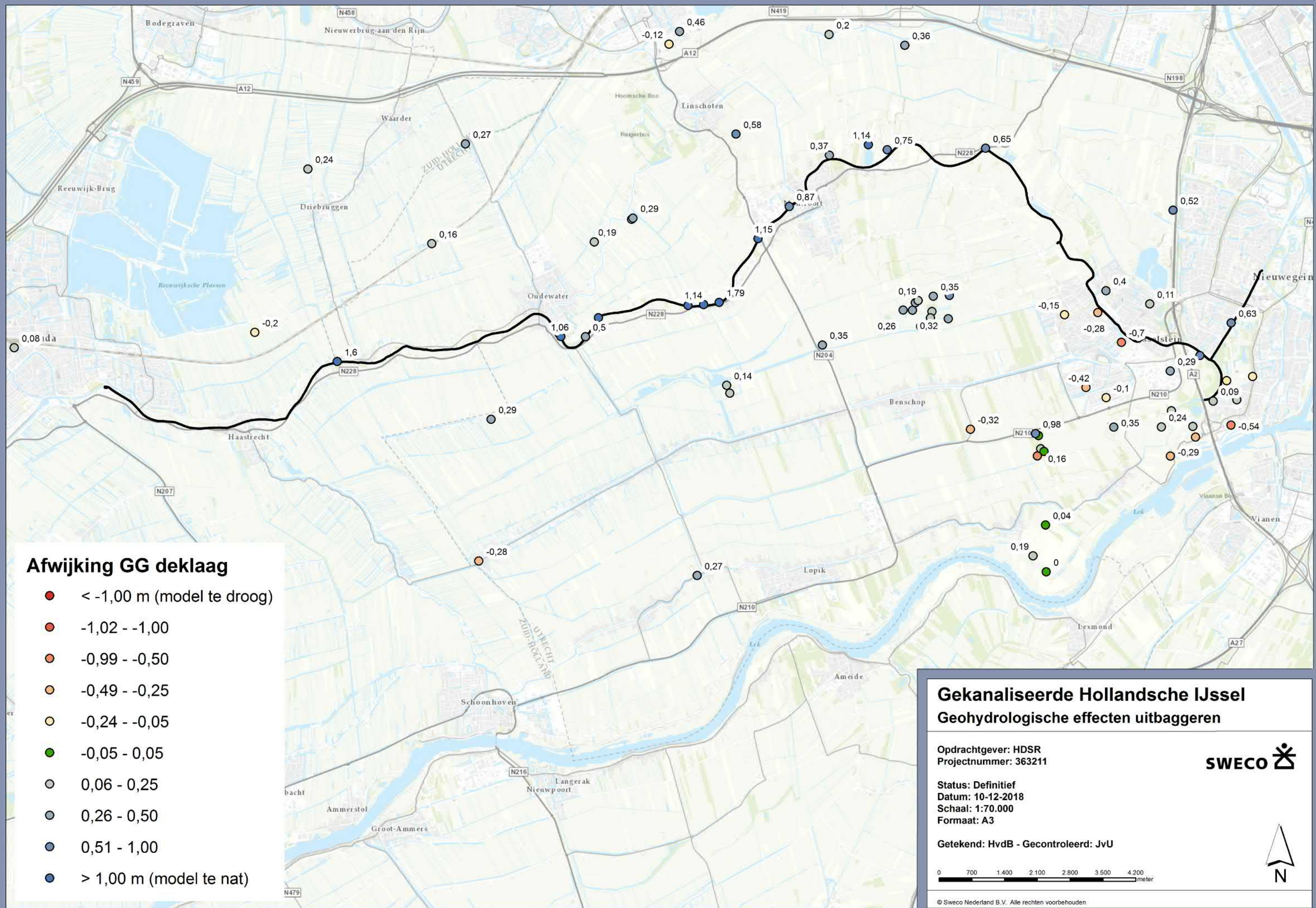
0 700 1.400 2.100 2.800 3.500 4.200
meter

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

SWECO



Bijlage 3 Bollenkaarten GG



- Afwijking GG deklaag**
- < -1,00 m (model te droog)
 - -1,02 - -1,00
 - -0,99 - -0,50
 - -0,49 - -0,25
 - -0,24 - -0,05
 - -0,05 - 0,05
 - 0,06 - 0,25
 - 0,26 - 0,50
 - 0,51 - 1,00
 - > 1,00 m (model te nat)

Gekanaliseerde Hollandsche IJssel
Geohydrologische effecten uitbaggeren

Opdrachtgever: HDSR
Projectnummer: 363211

Status: Definitief
Datum: 10-12-2018
Schaal: 1:70.000
Formaat: A3

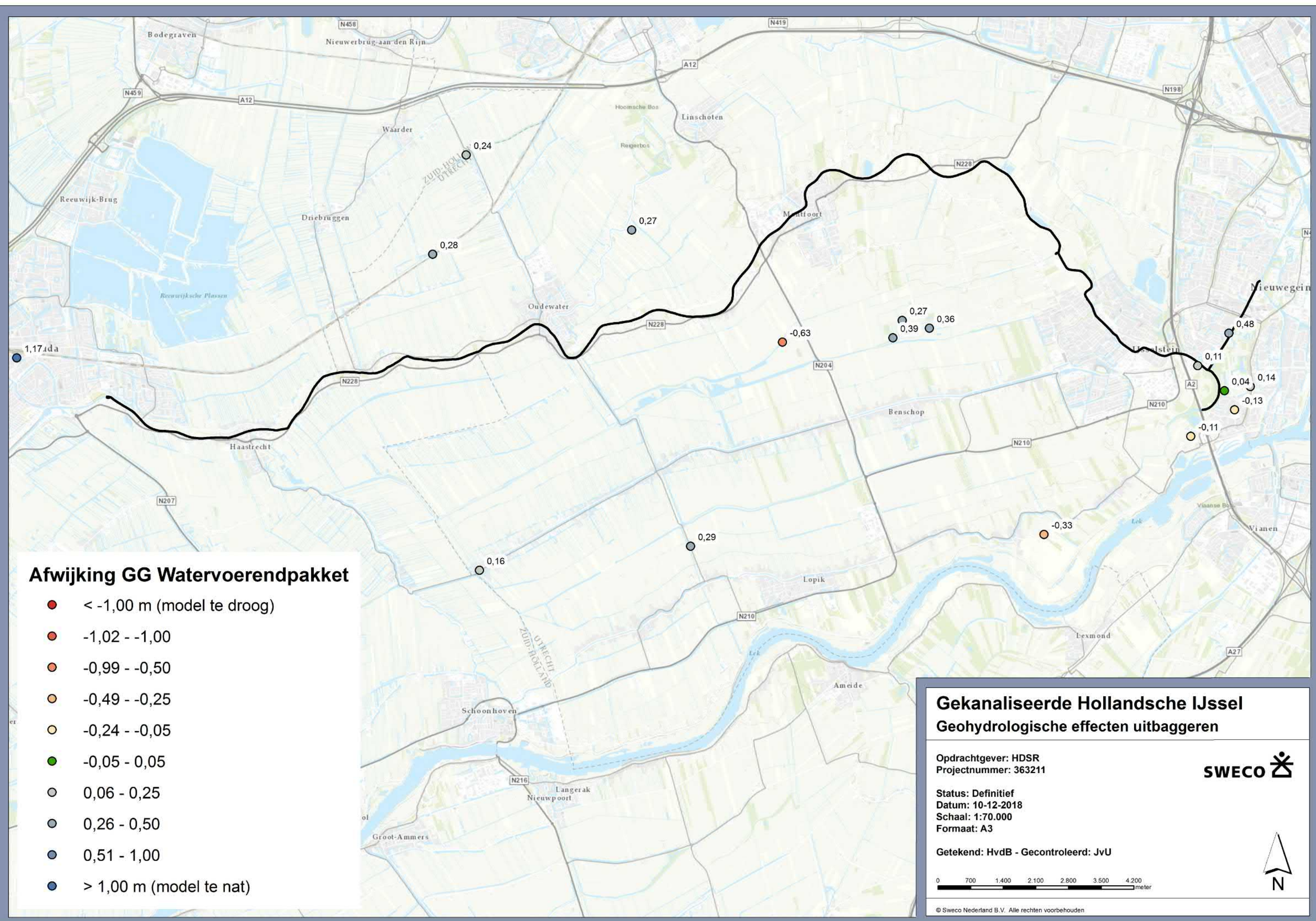
Getekend: HvdB - Gecontroleerd: JvU

0 700 1.400 2.100 2.800 3.500 4.200
meter

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

SWECO 





Afwijking GG Watervoerendpakket

- < -1,00 m (model te droog)
- -1,02 - -1,00
- -0,99 - -0,50
- -0,49 - -0,25
- -0,24 - -0,05
- -0,05 - 0,05
- 0,06 - 0,25
- 0,26 - 0,50
- 0,51 - 1,00
- > 1,00 m (model te nat)

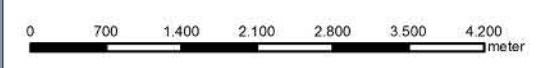
Gekanaliseerde Hollandsche IJssel Geohydrologische effecten uitbaggeren

Opdrachtgever: HDSR
Projectnummer: 363211



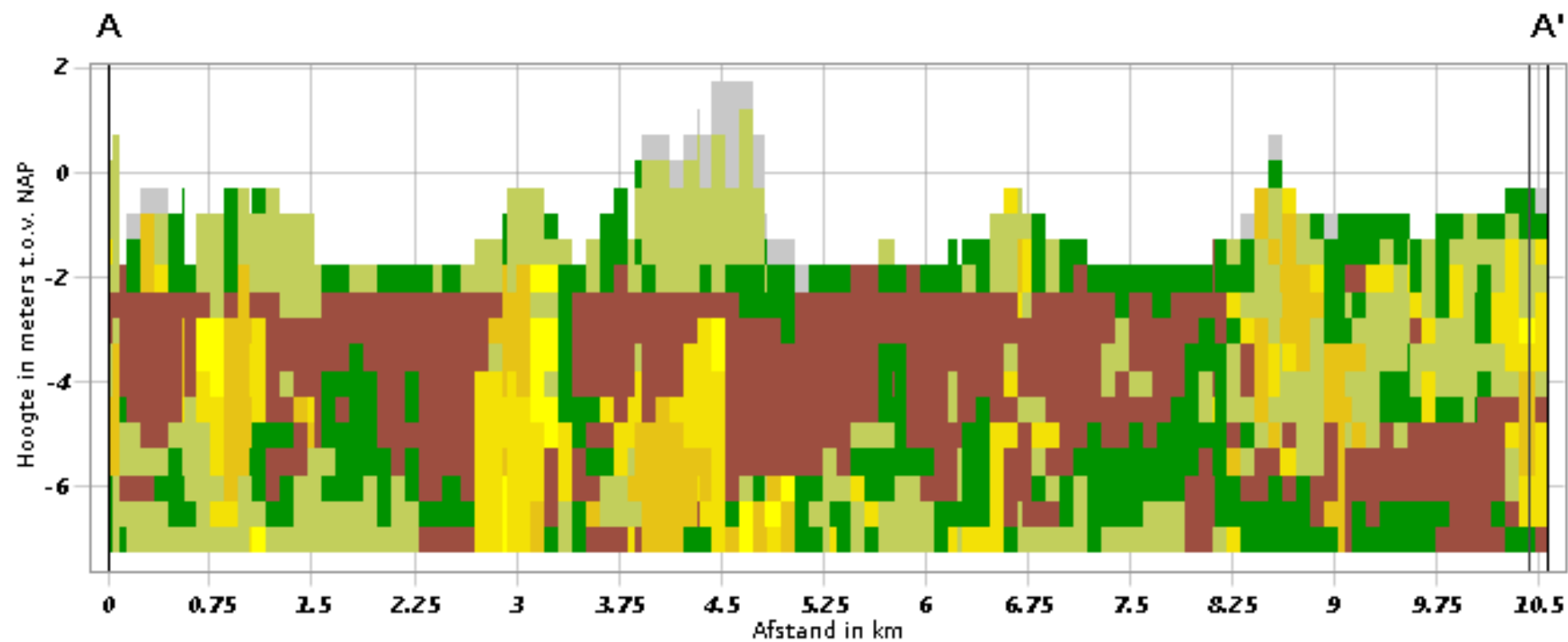
Status: Definitief
Datum: 10-12-2018
Schaal: 1:70.000
Formaat: A3

Getekend: HvdB - Gecontroleerd: JvU



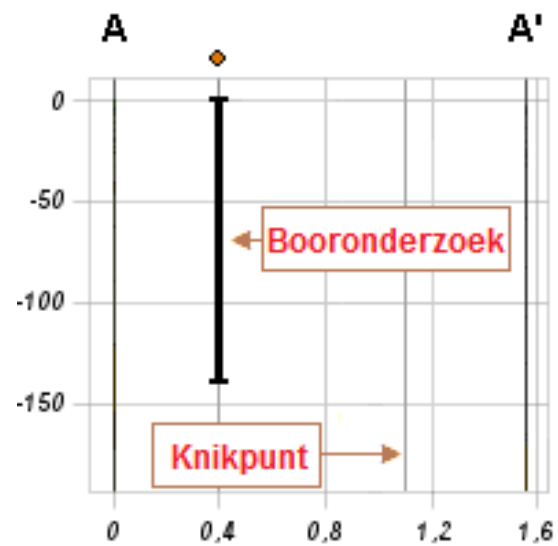
Bijlage 4 GeoTOP lithoklasse Oudewater

Verticale Doorsnede GeoTOP v1.3

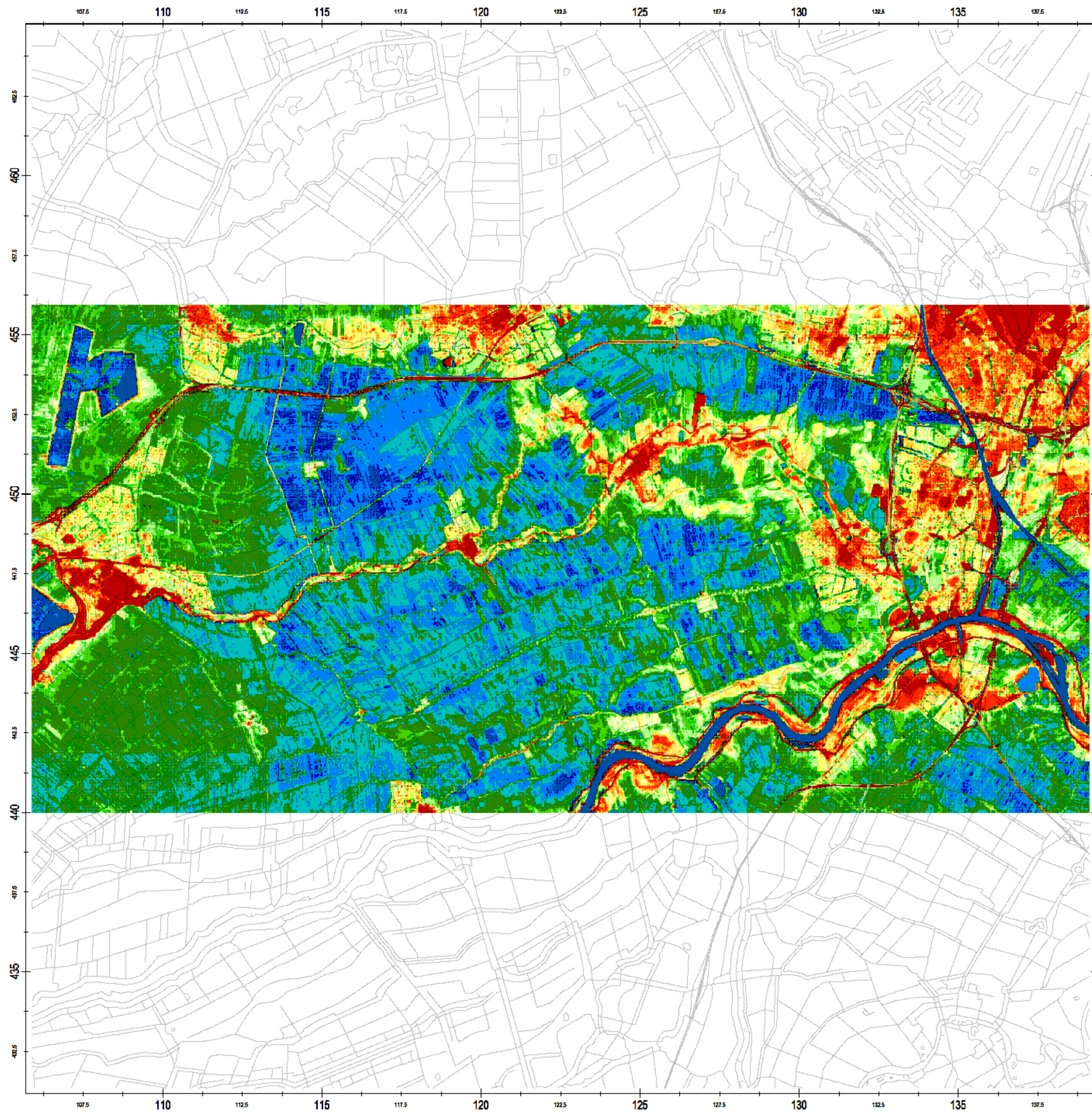


Lithoklasse

	a
	v
	k
	kz
	zf
	zm
	zg
	g
	she

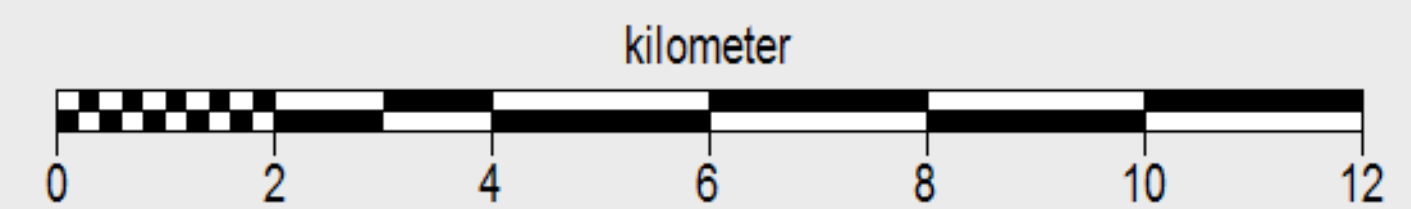
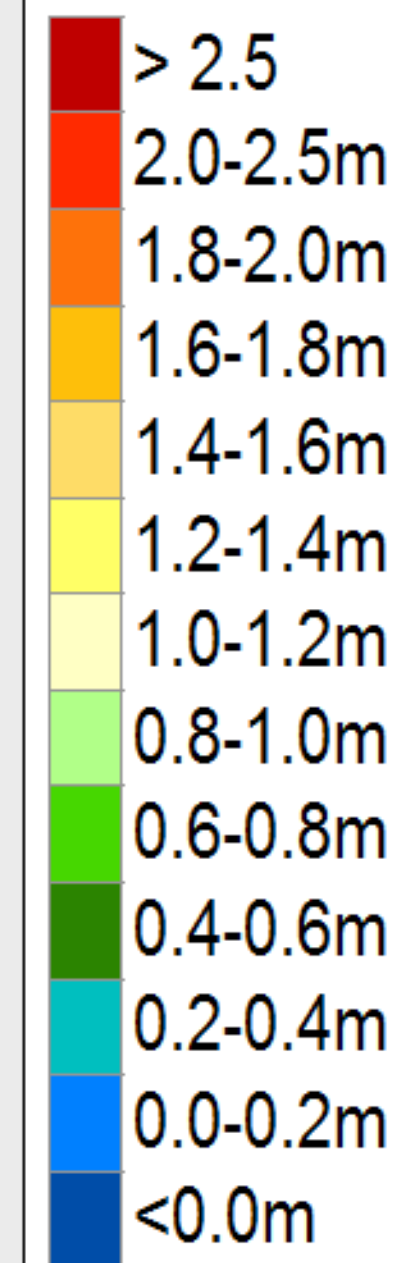


Bijlage 5 Resultaten Huidig



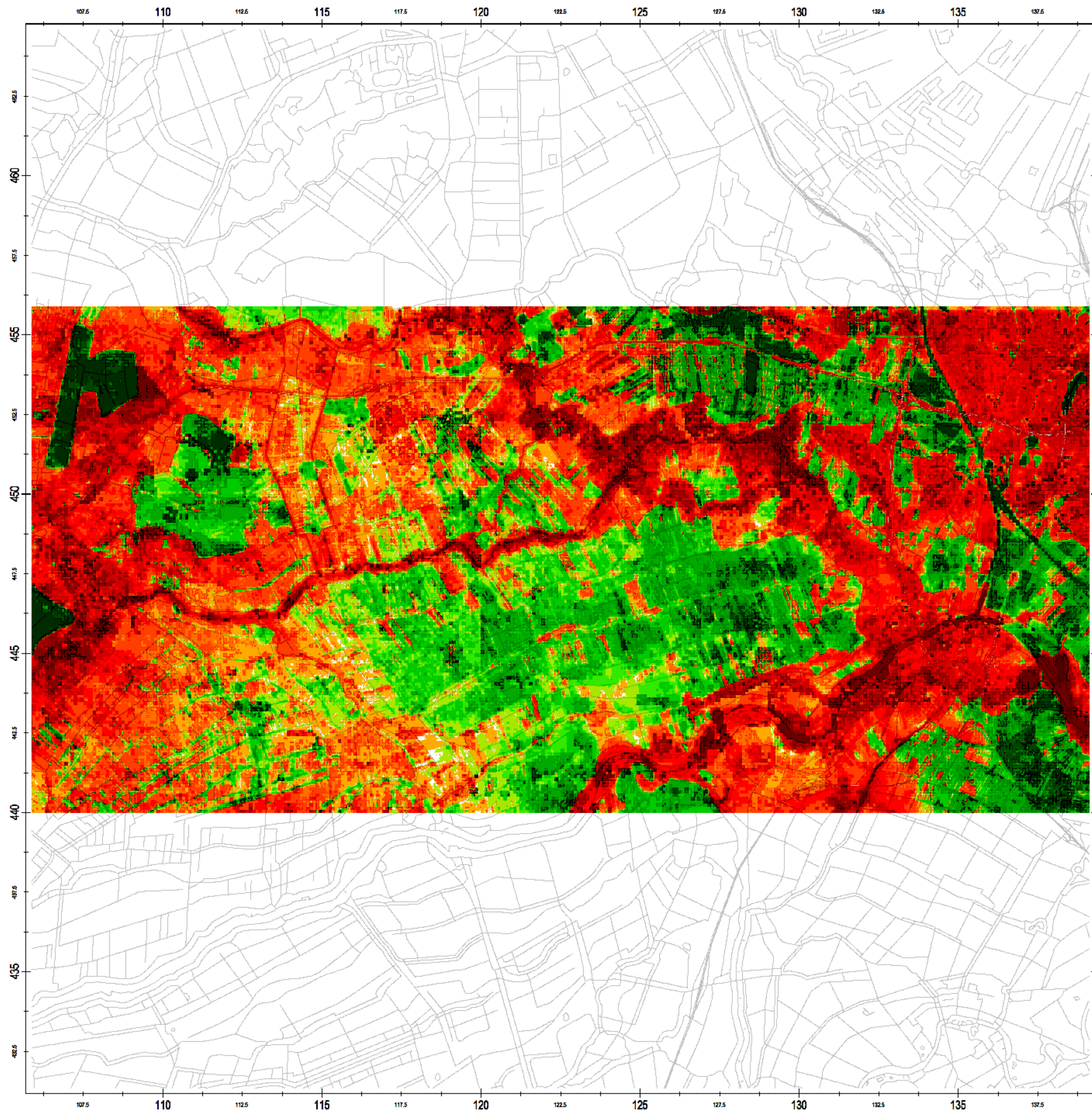
HEAD t.o.v. MV L1

Model HUIDIG



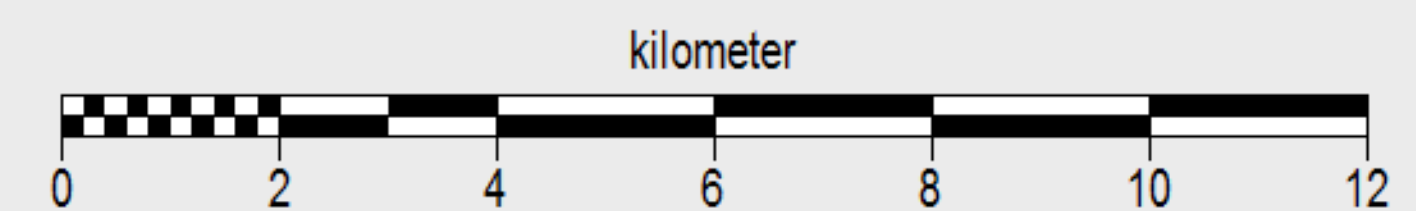
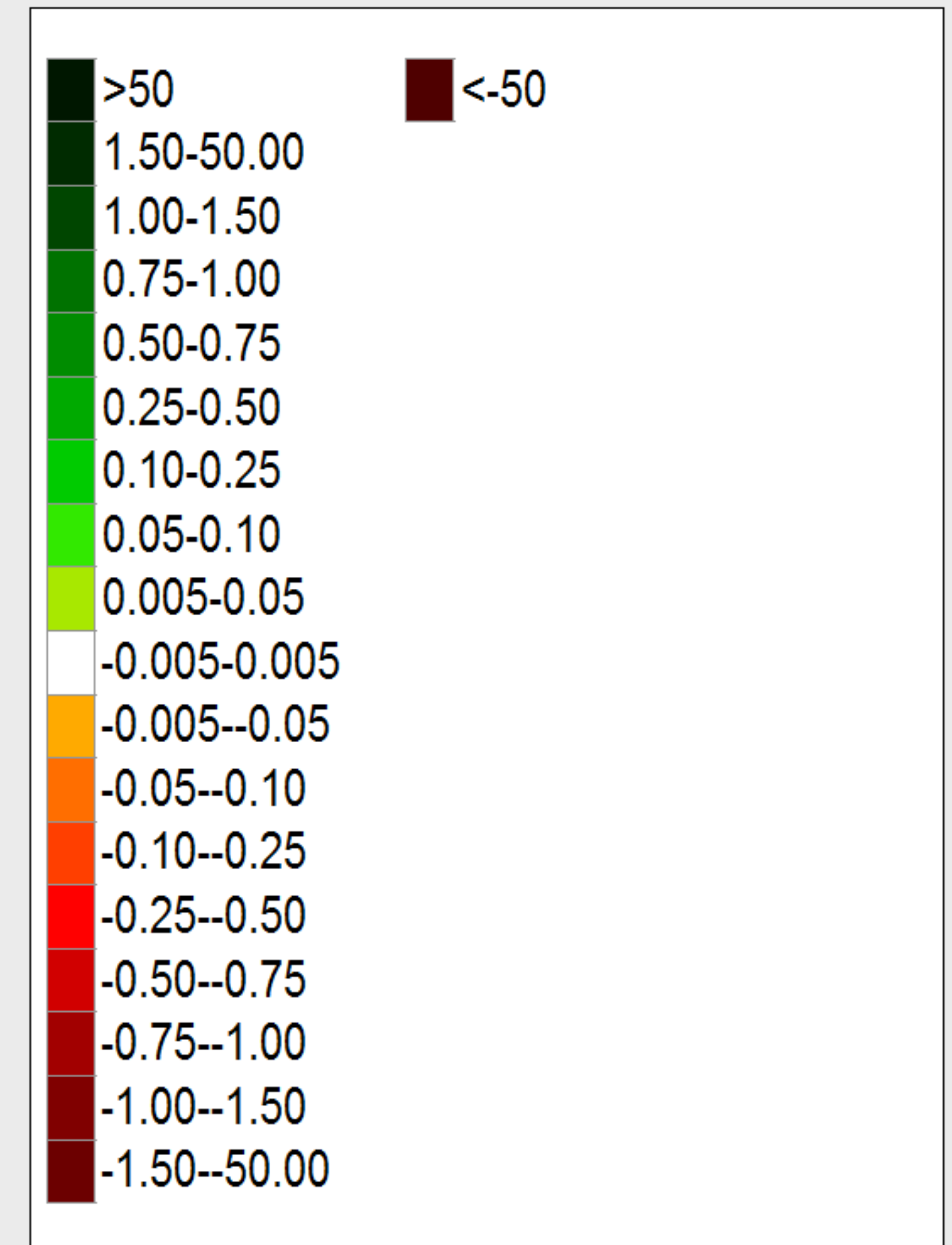
Project:
Sweco - GHJ

Figure/report: HUIDIG.HEAD_L1
Creation Date/time: 6-December-2018 13:40:14



BDGFLF mm per dag L1

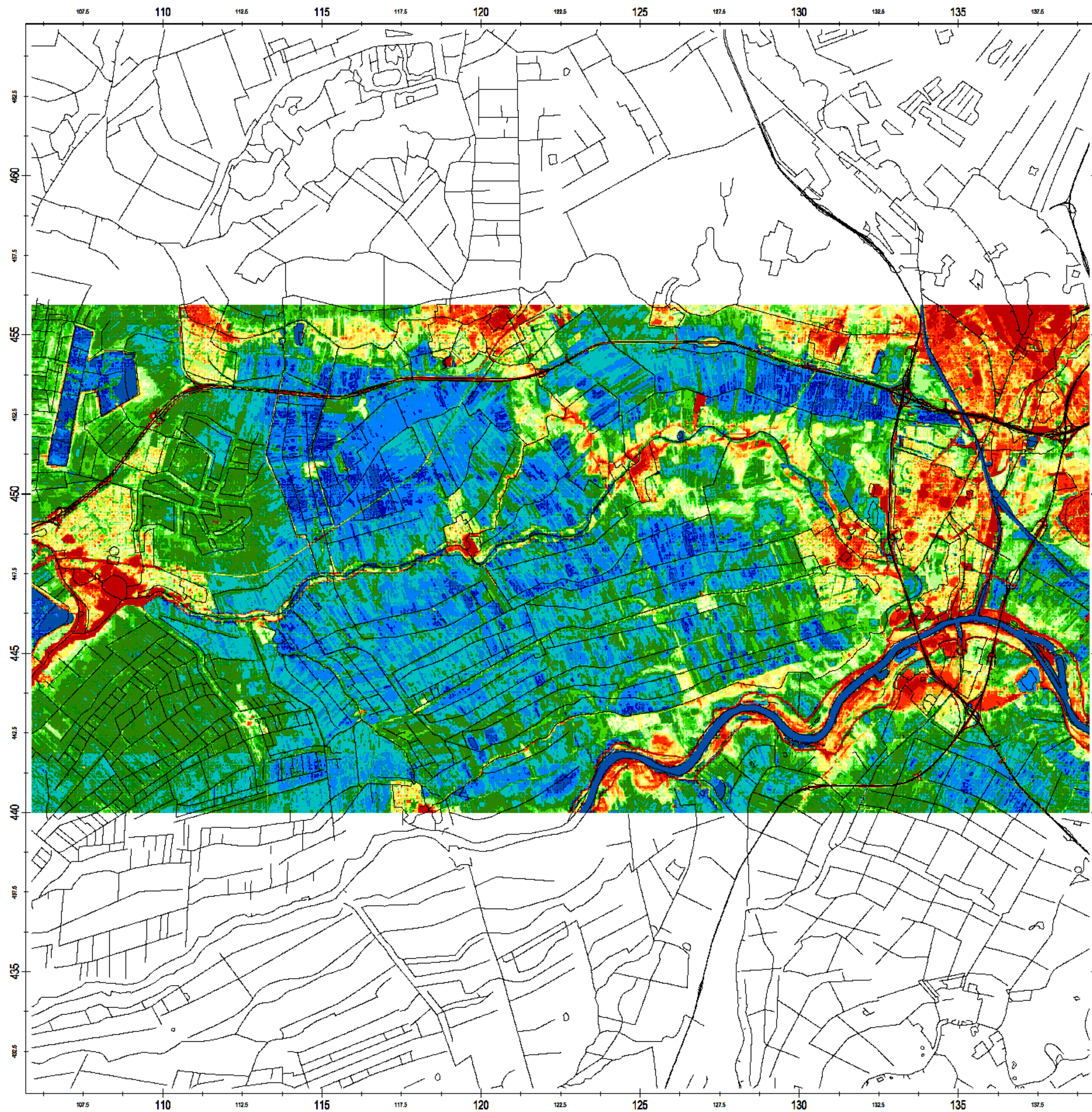
Model HUIDIG



Project:
Sweco - GHJ

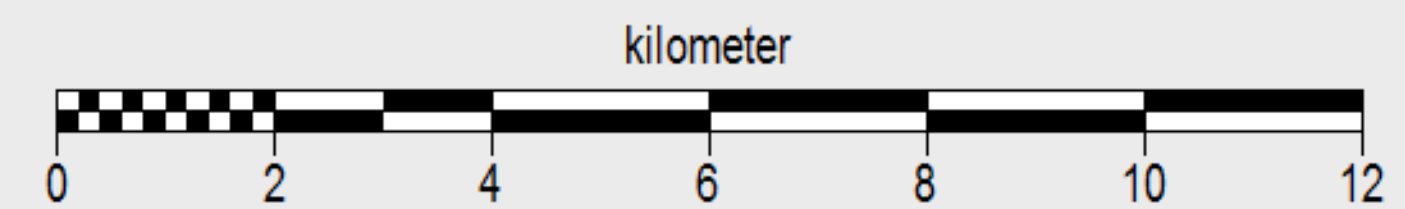
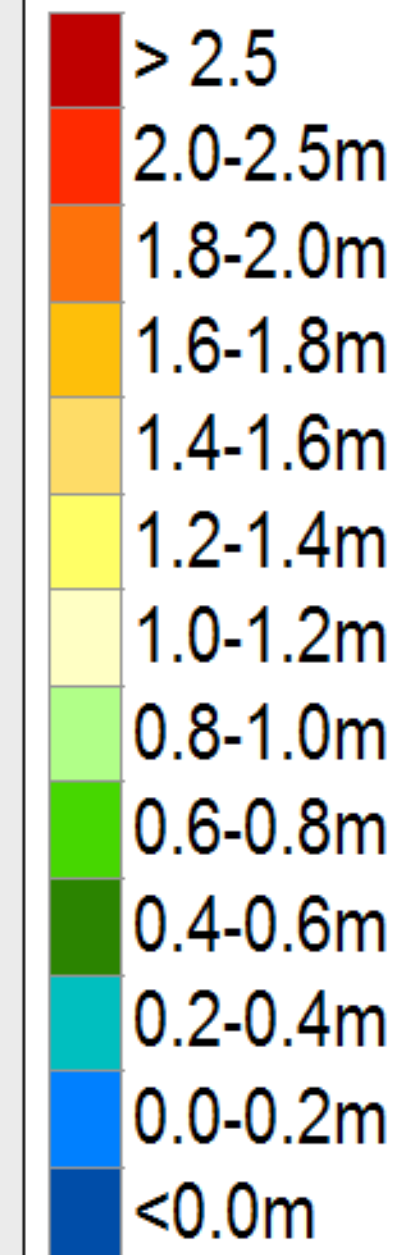
Figure/report: HUIDIG.BDGFLF_L1
Creation Date/time: 6-December-2018 13:41:0

Bijlage 6 Resultaten $c=0d$



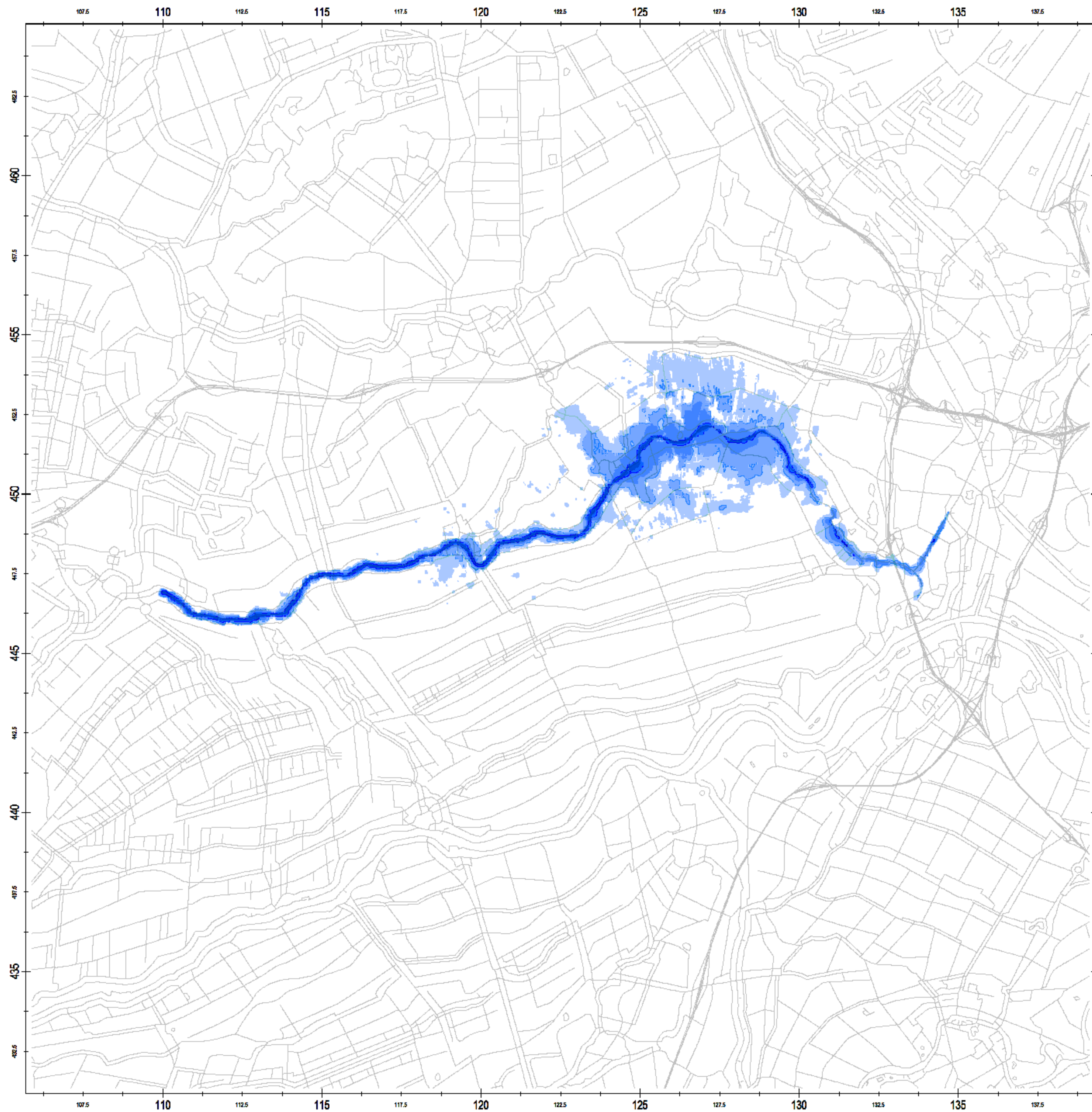
Drooglegging_SCEN2

e:\Projecten\SWECO\GHIJ\WORKOUT\Drooglegging
\IDF-Drooglegging\



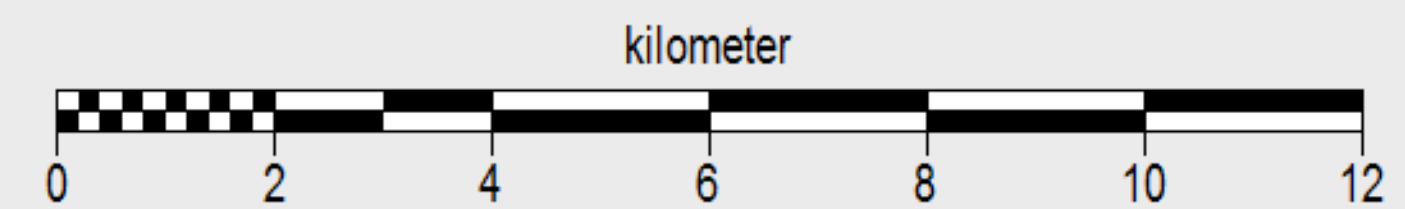
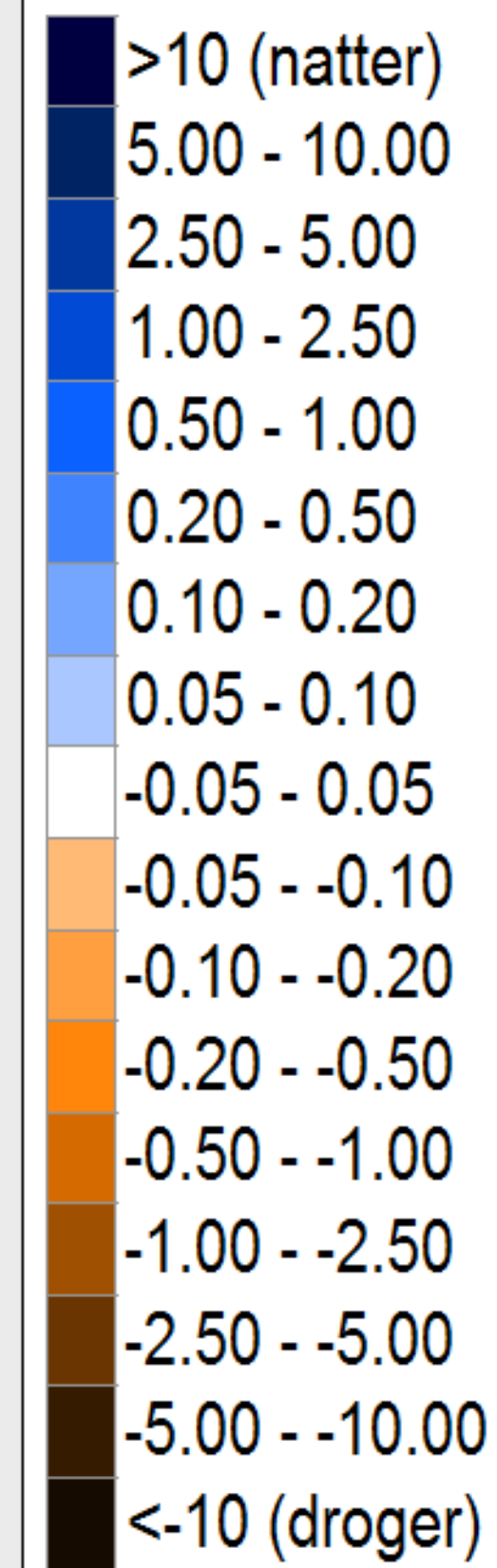
Project:
GHIJ

Figure/report: Drooglegging*
Creation Date/time: 11-December-2018 15:3:40



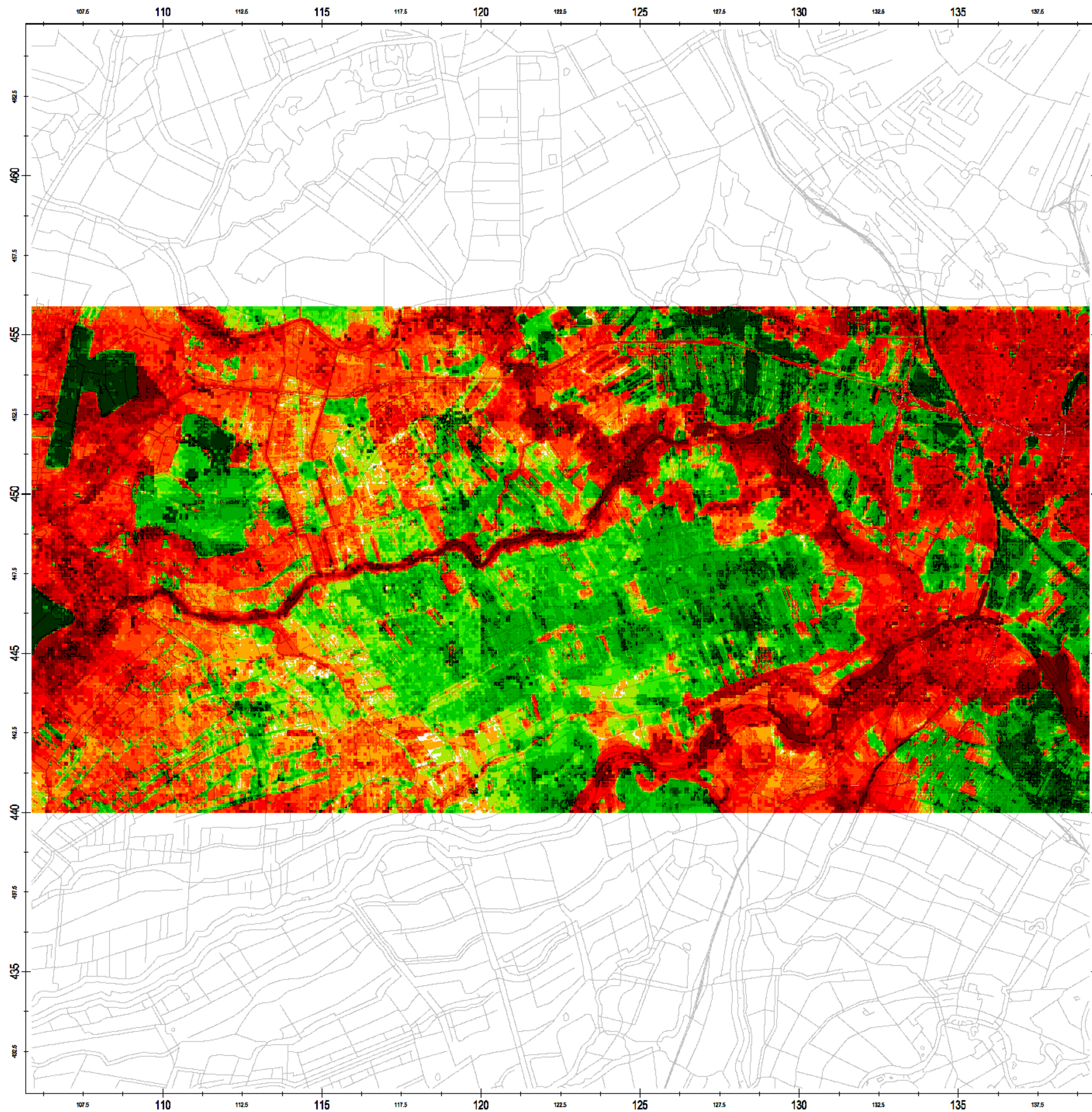
Effect head L1

SCEN2 - HUIDIG_I1



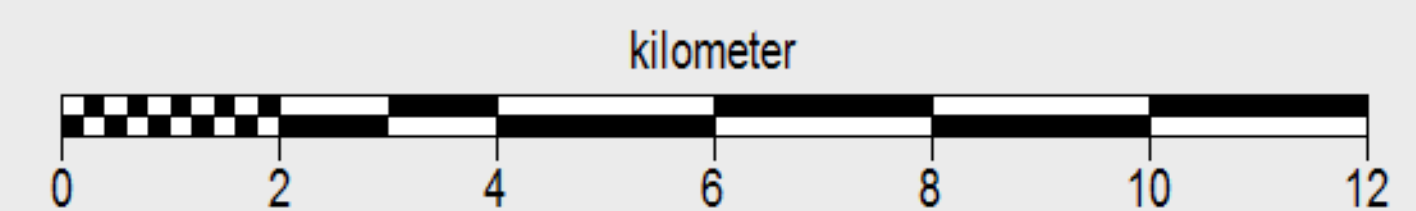
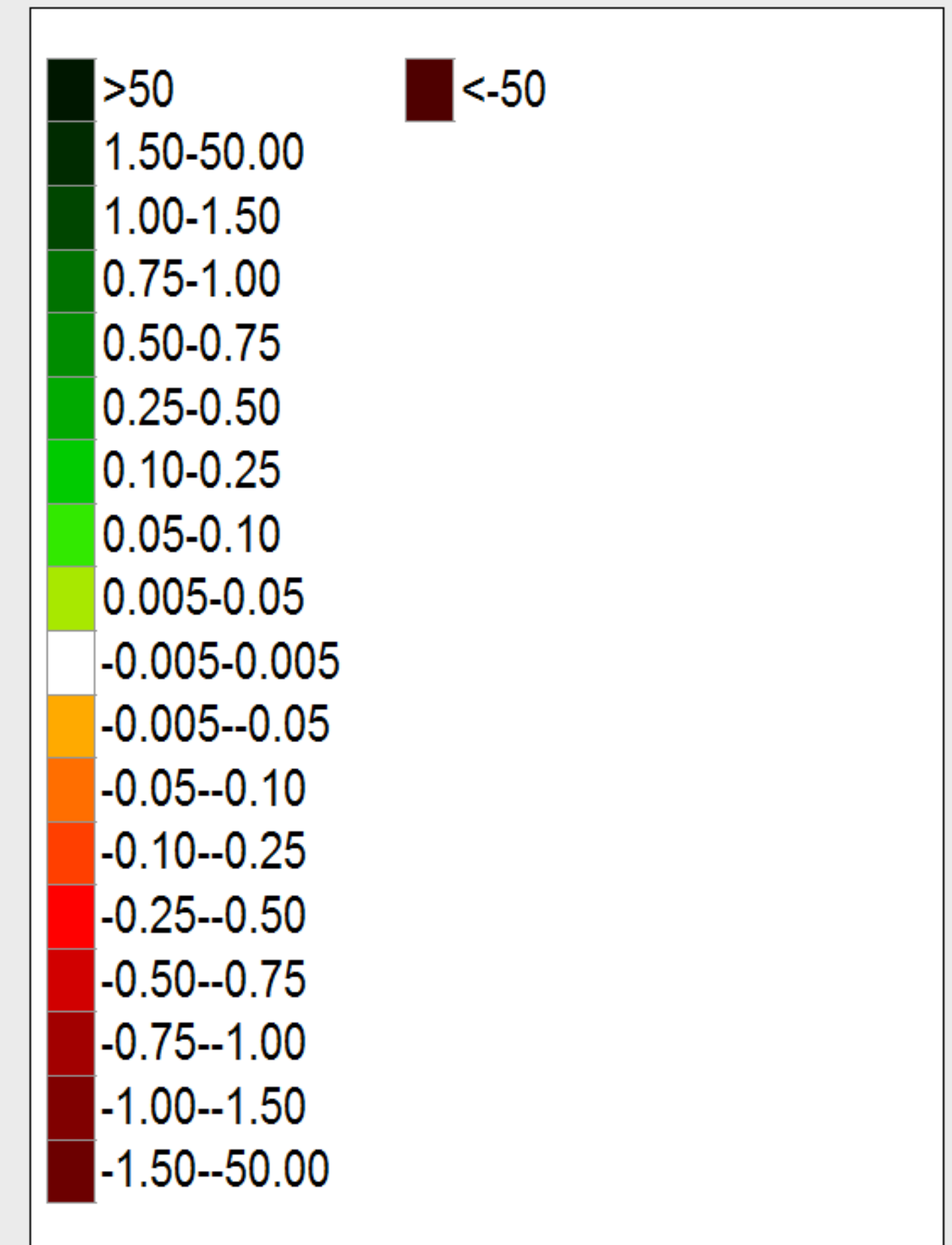
Project:
Sweco - GHIJ

Figure/report: SCEN2.head_L1
Creation Date/time: 7-December-2018 10:13:12



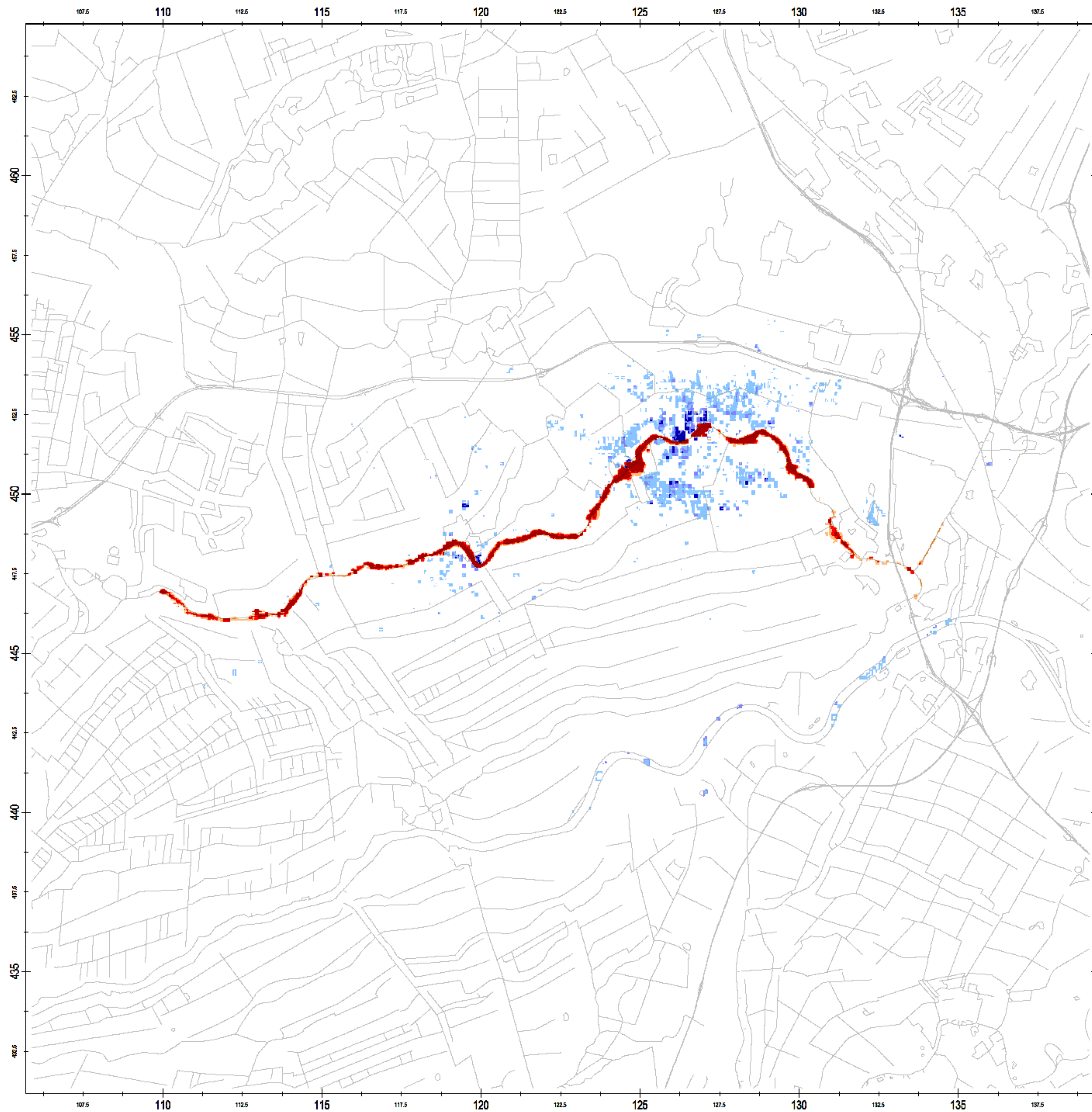
BDGFLF mm per dag L1

Model SCEN2



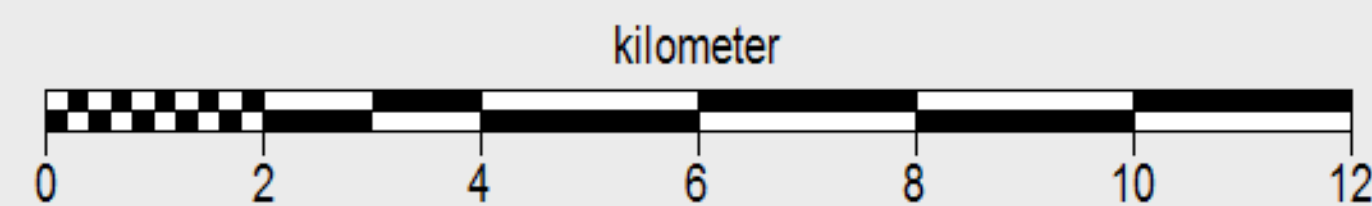
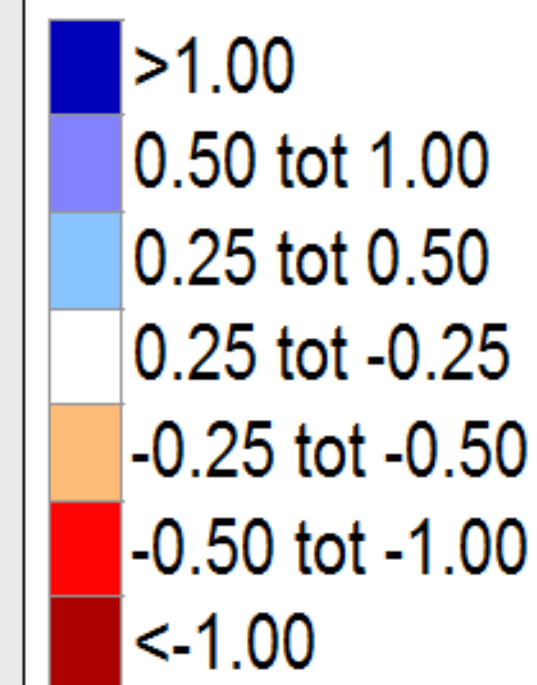
Project:
Sweco - GHJ

Figure/report: SCEN2.BDGFLF_L1
Creation Date/time: 7-December-2018 10:12:17



Effect kwel (mm) L1

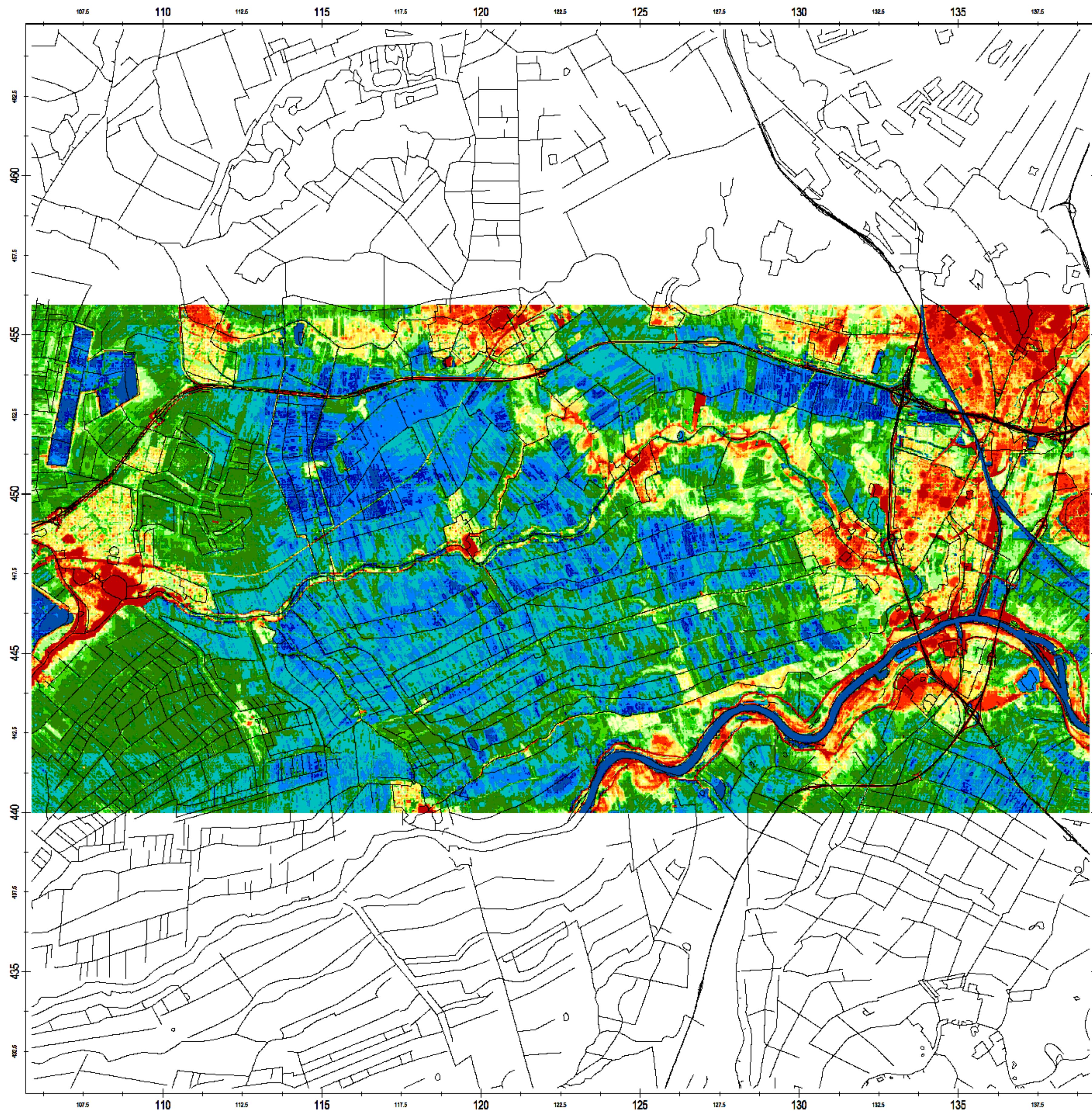
SCEN2 - HUIDIG_I1



Project:
Sweco - GHIJ

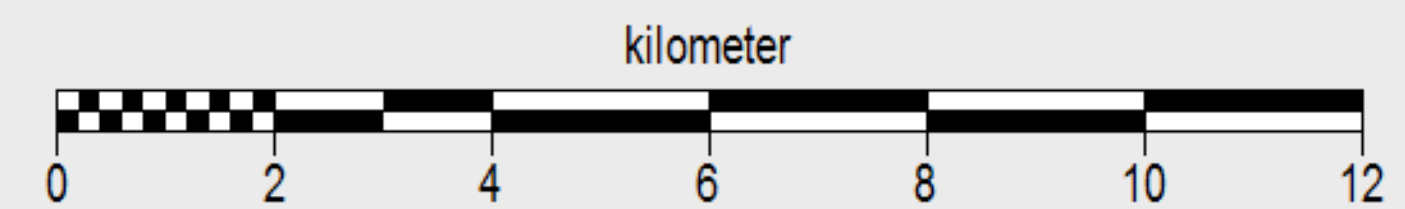
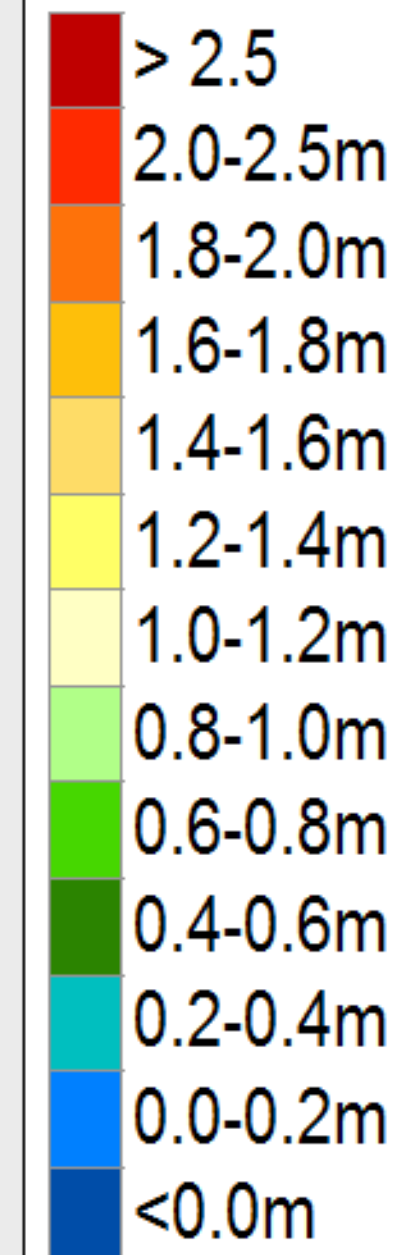
Figure/report: SCEN2.bdgflf_L1_MM
Creation Date/time: 7-December-2018 10:13:26

Bijlage 7 Resultaten c=1d



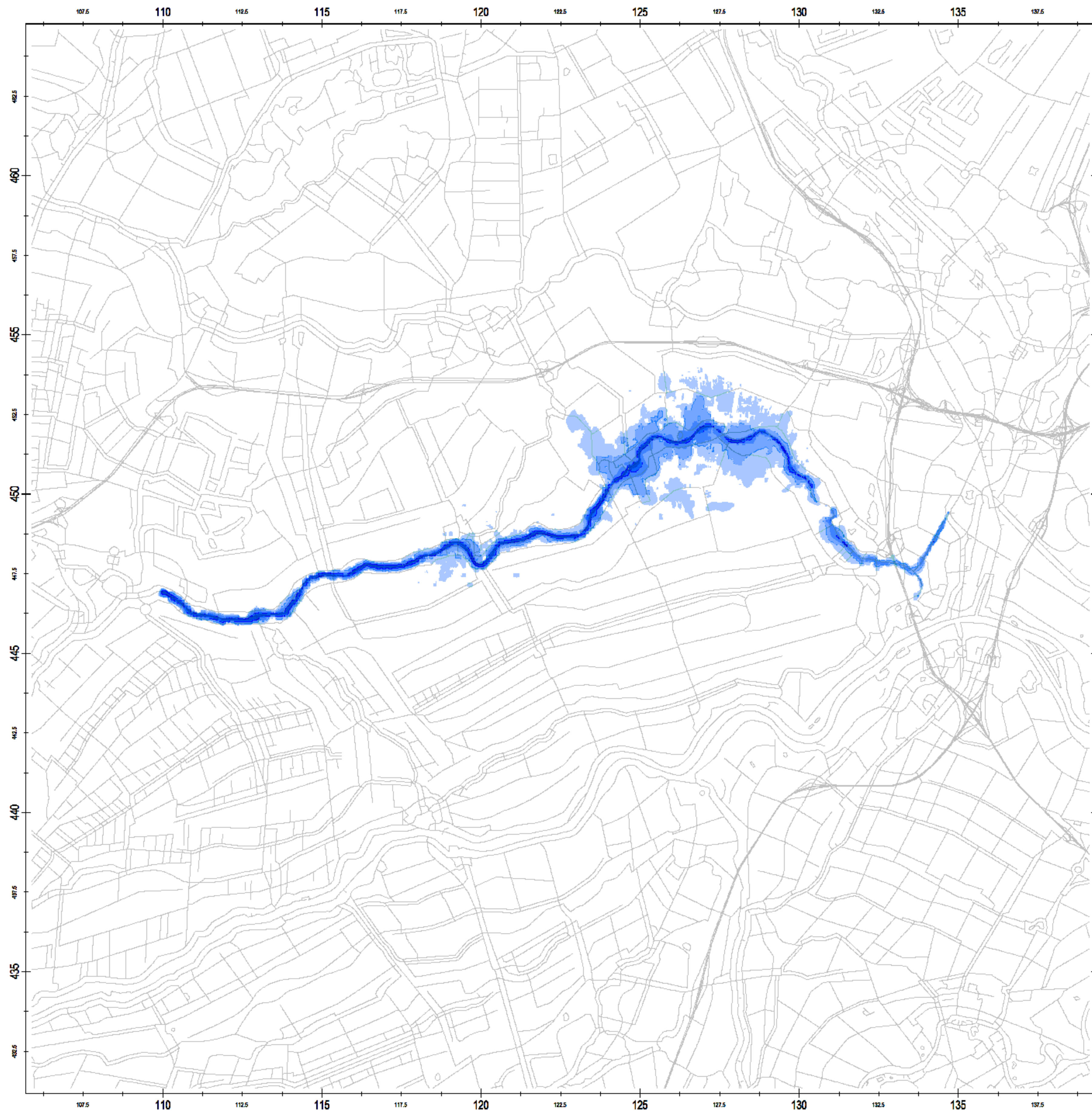
Drooglegging_SCEN3

e:\Projecten\SWECO\GHIJ\WORKOUT\Drooglegging
\IDF-Drooglegging\



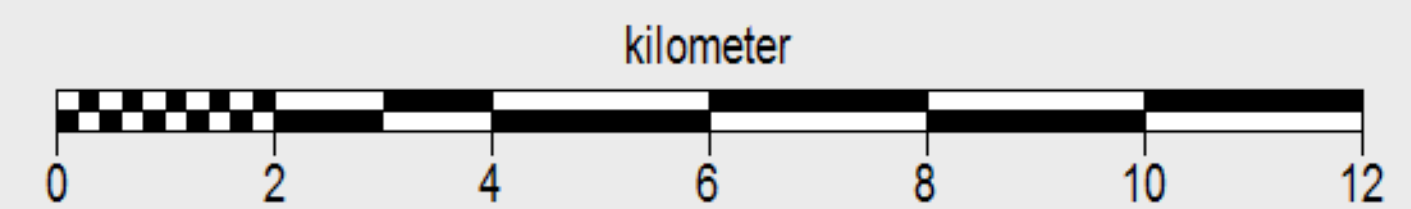
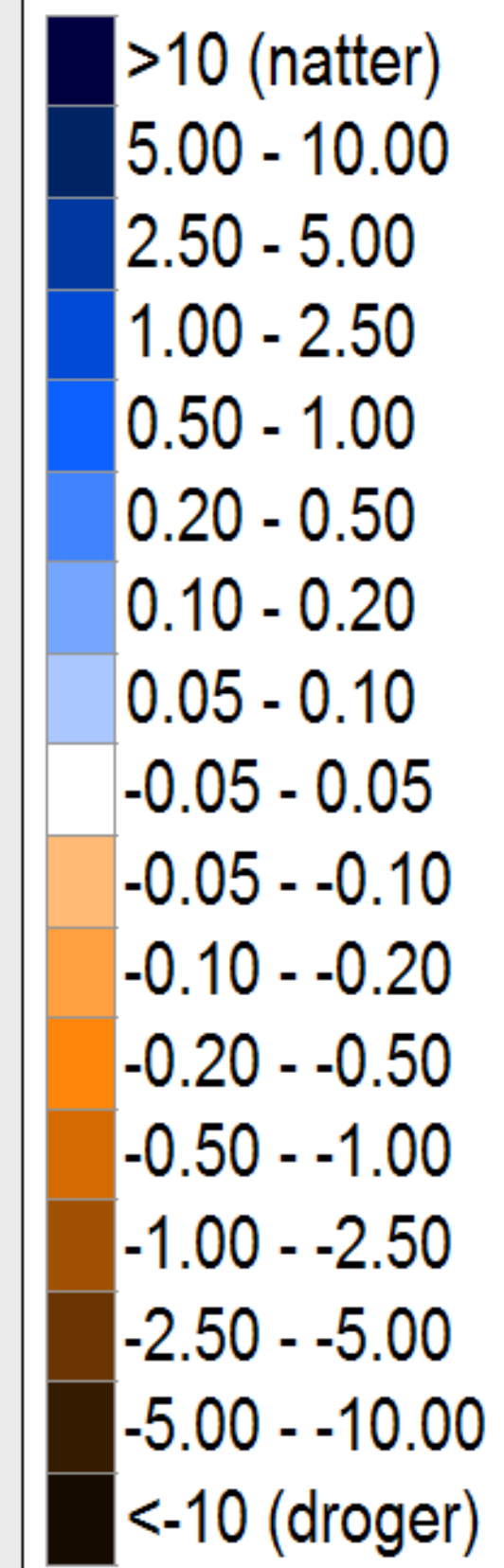
Project:
GHIJ

Figure/report: Drooglegging*
Creation Date/time: 11-December-2018 15:3:44



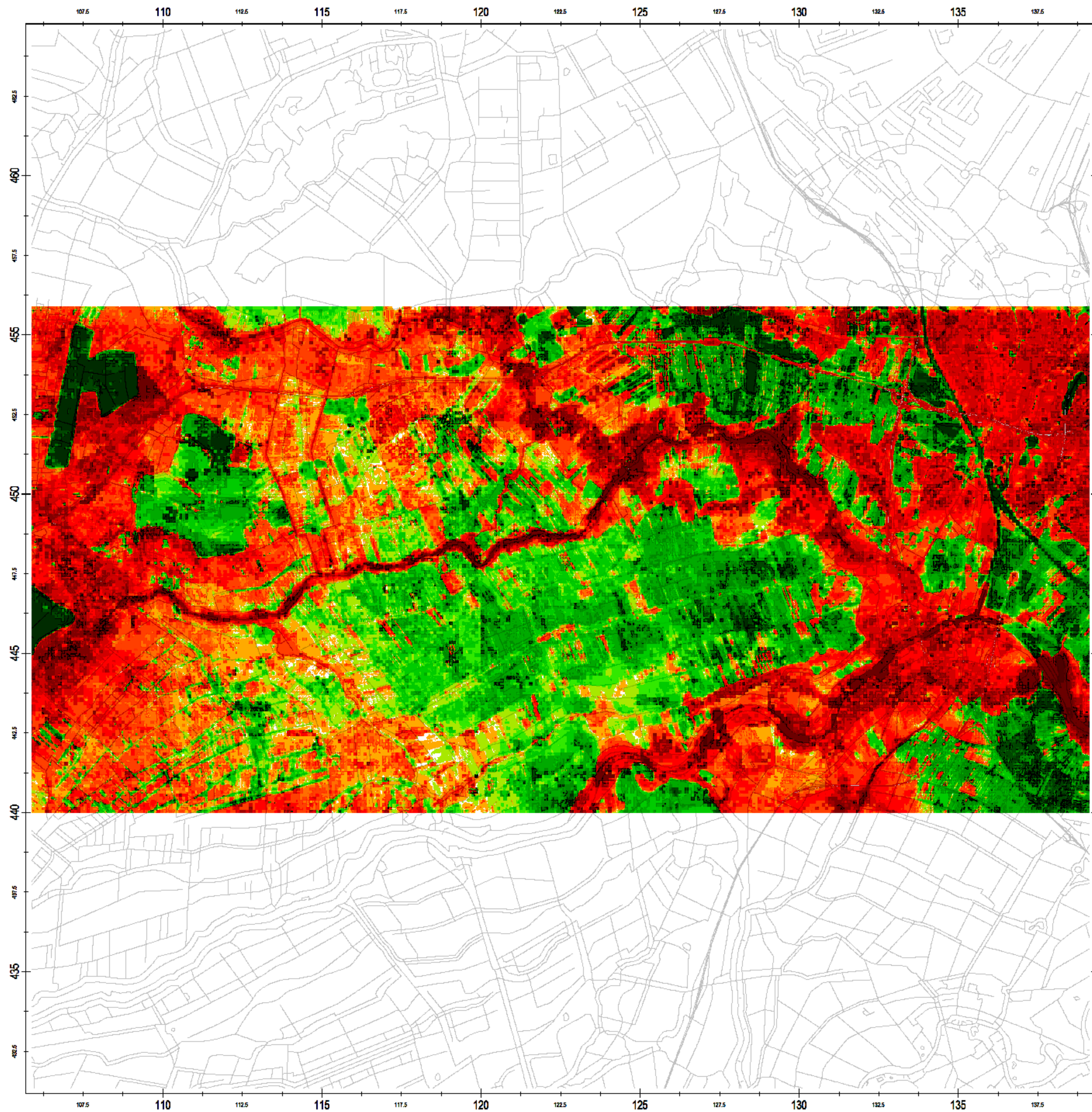
Effect head L1

SCEN3 - HUIDIG_I1



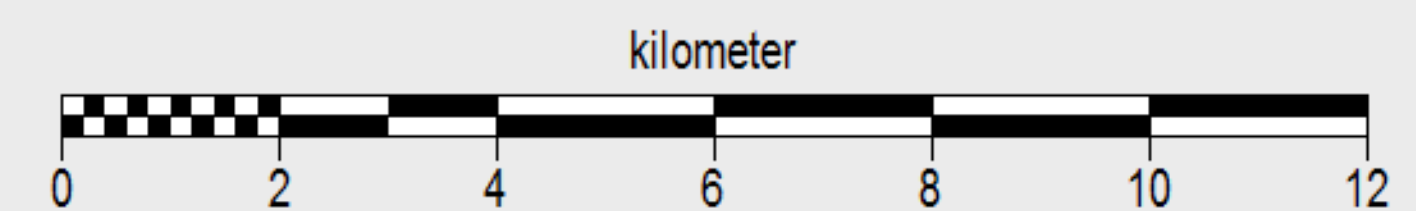
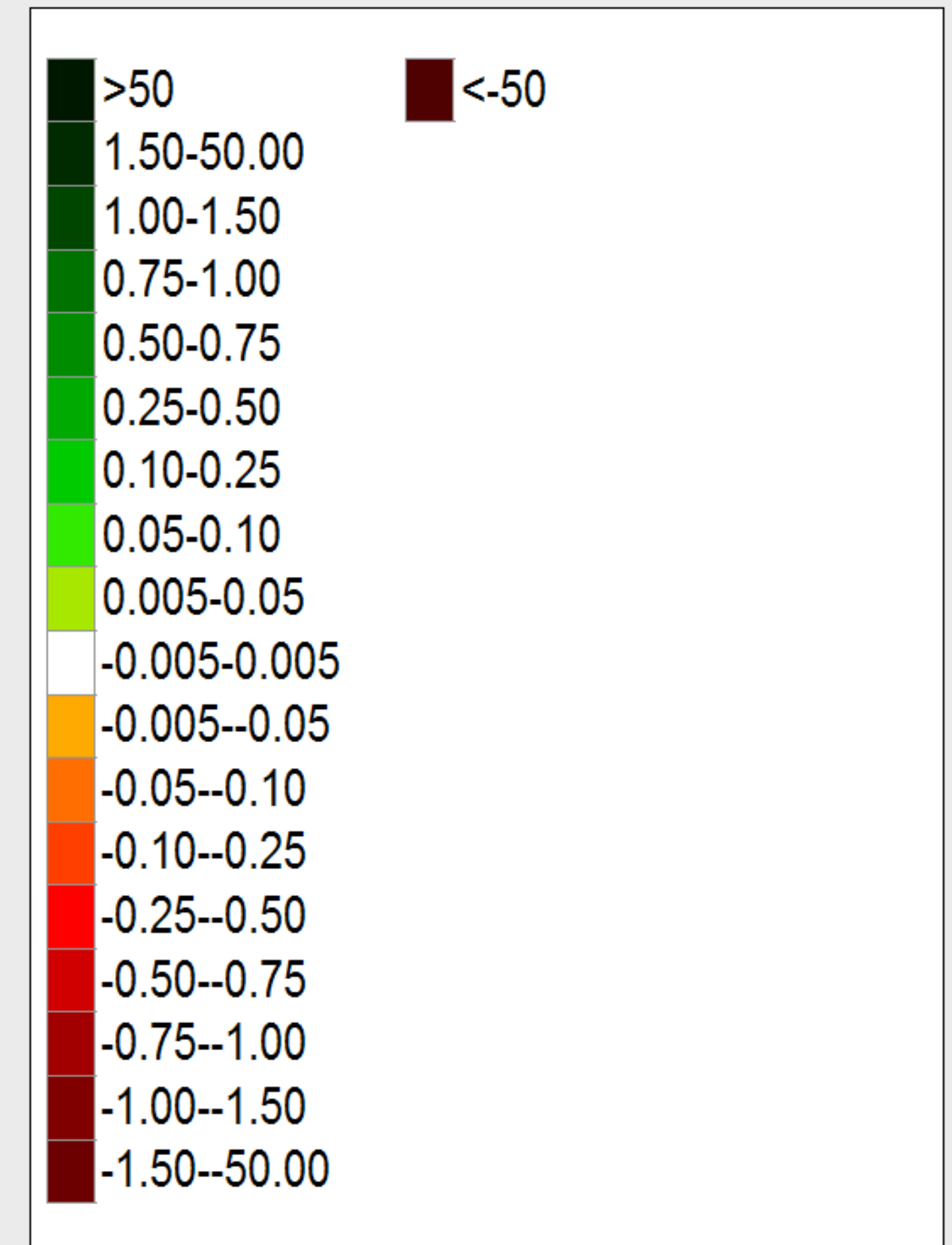
Project:
Sweco - GHIJ

Figure/report: SCEN3.head_L1
Creation Date/time: 7-December-2018 10:54:14



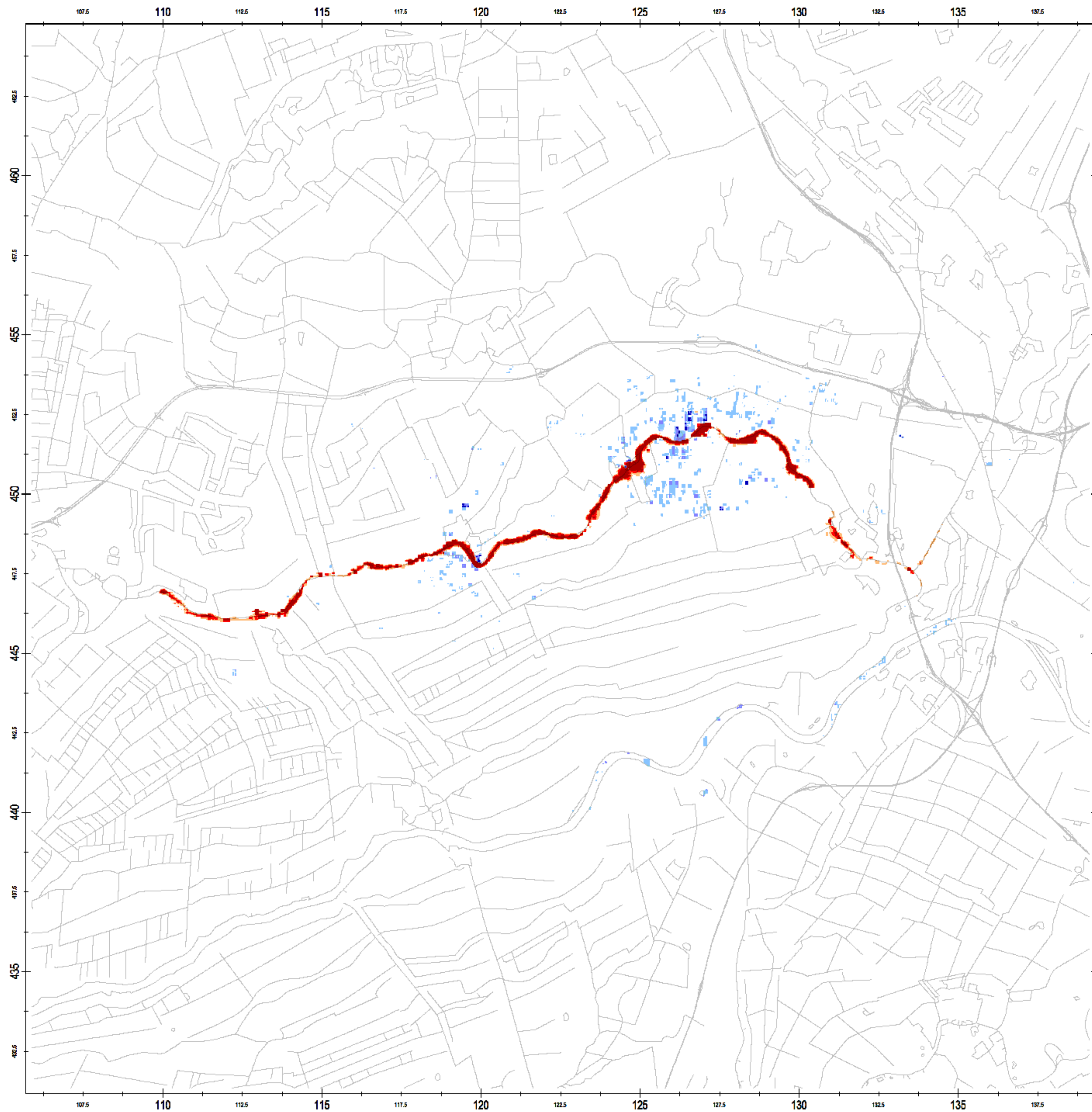
BDGFLF mm per dag L1

Model SCEN3



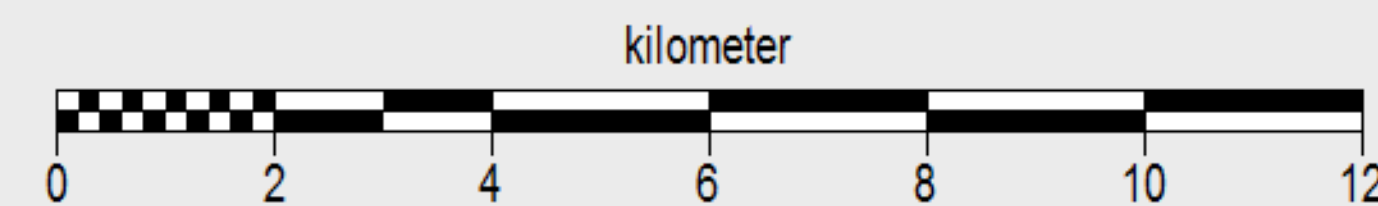
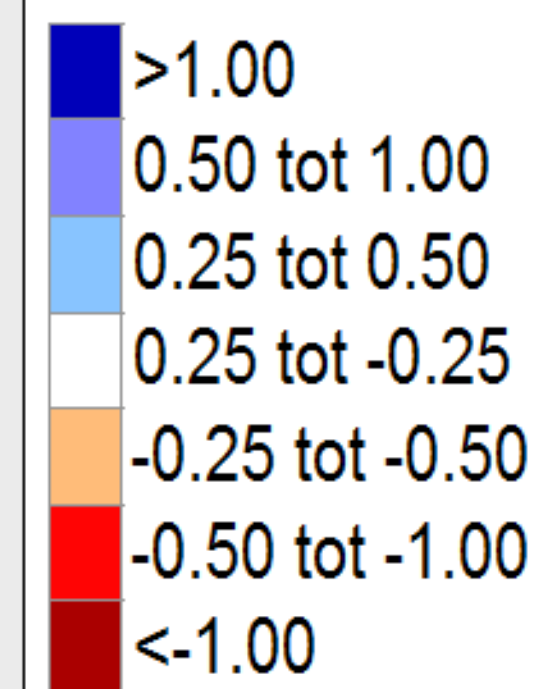
Project:
Sweco - GHJ

Figure/report: SCEN3.BDGFLF_L1
Creation Date/time: 7-December-2018 10:53:22



Effect kwel (mm) L1

SCEN3 - HUIDIG_I1



Project:
Sweco - GHIJ

Figure/report: SCEN3.bdgflf_L1_MM
Creation Date/time: 7-December-2018 10:54:27