



RAPPORT GRONDWATERMODELLERING

GEO-HYDROLOGISCHE ANALYSE TONGERLO

Opdrachtgever:	Waterschap Limburg
Projectnr:	WSL129
Datum:	17 december 2024

RAPPORT GRONDWATERMODELLERING

GEO-HYDROLOGISCHE ANALYSE TONGERLO

Opdrachtgever:	Waterschap Limburg
Projectnr:	WSL129
Rapportnr:	20241217 – WSL129 – Rapport Geohydrologie 3.0
Status:	Definitief
Datum:	17 december 2024

Opsteller:

Verificatie:

Validatie:

T 088 - 33 66 333
F 088 - 33 66 099
E info@kragten.nl

© 2024 Kragten
Niets uit dit rapport mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Kragten. Het is tevens verboden informatie en kennis verwerkt in dit rapport ter beschikking te stellen aan derden of op andere wijze toe te passen dan waaraan in de overeenkomst toestemming wordt verleend.



INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING.....	6
1.1	Aanleiding.....	6
1.2	Doel.....	6
1.3	Leeswijzer.....	6
1.4	Bronnen.....	6
2	GEOHYDROLOGISCH SYSTEEM.....	8
2.1	Ligging projectgebied.....	8
2.2	Landgebruik.....	9
2.3	Ontwateringsnormen.....	10
2.4	Beschermingsgebieden.....	10
2.5	Bodemopbouw.....	11
2.5.1	Bodematlas.....	11
2.5.2	Doorsnede Dinoloket.....	12
2.6	Grondwaterstanden.....	13
2.6.1	Regionale grondwaterstroming.....	13
2.6.1.1	Historische (regionale) grondwaterstanden.....	13
2.6.1.2	Landelijk Hydrologisch Model.....	14
2.6.2	Dinoloket grondwaterstanden.....	15
2.6.3	GxG-bepaling voor het projectgebied.....	16
2.7	Oppervlaktewater.....	18
2.7.1	Ligging van het oppervlaktewater.....	18
2.7.2	Beschrijving van het stroomgebied.....	18
2.7.3	Drainerende en infiltrerende werking van de beken.....	19
2.8	Kwel en infiltratie.....	21
2.9	Breuklijnen.....	22
3	UITGANGSPUNTEN GRONDWATERMODEL.....	24
3.1	Gebruikt grondwatermodel.....	24
3.2	Modelbegrenzing in de X- en Y-richting.....	24
3.3	Modelbegrenzing in de diepte.....	25
3.4	Bodemopbouw.....	26
3.5	KVV en KHV in het model.....	27
3.6	Breuklijnen.....	28
3.7	Oppervlaktewater in IBRAHYM.....	28
3.7.1	Vergelijking met het SOBEK-model.....	28
3.7.1.1	Ligging van watersysteem.....	28
3.7.2	Conclusie.....	29
3.8	Onttrekkingen.....	29
3.8.1	Onttrekkingen volgens de Provincie en de WKO-tool.....	29
3.8.2	Onttrekkingen in IBRAHYM.....	29
3.8.3	Conclusie.....	30
3.9	Toetsing berekende grondwaterstanden.....	30
3.9.1	Validatieset peilbuizen.....	30
3.9.2	Focus bij beoordeling.....	31
3.9.3	Toetsing stationaire modelruns.....	31
3.9.4	Toetsing tijdsafhankelijke modelruns.....	31
3.9.5	Wanneer is het model goed genoeg?.....	31
4	AANGELEVERD MODEL.....	32

4.1	Beoordeling deelmodel en modelrand.....	32
4.2	Resultaten initiële modelrun	32
4.2.1	Gemiddeld grondwater	32
4.2.2	GHG en GLG.....	32
4.3	Modelvalidatie.....	33
4.3.1	Gemiddelde waterstand	33
4.3.2	Tijdreeksen	33
4.3.3	Conclusie toepasbaarheid model	35
5	ACTUALISATIE	36
5.1	Actualisatie vanuit het SOBEK-model	36
5.2	Resultaten actualisatie.....	36
6	NIEUWE SITUATIE.....	37
6.1	Aanpassingen in de nieuwe situatie.....	37
6.2	Modelaanpassingen	37
6.3	Resultaten verlegging beekloop	38
6.4	Verskil met referentiescenario (geactualiseerde model)	38
6.4.1	Gemiddeld grondwater	38
6.4.2	GHG en GLG.....	39
6.5	Verklaring van effecten.....	41
6.5.1	Effecten van verwijderen huidige gemaal	41
6.5.2	Effecten van nieuwe loop en nieuw gemaal.....	41
7	CONCLUSIE.....	47

BIJLAGEN

B1	METADATA PEILBUIZEN
B2	RESULTATEN AANGELEVERD MODEL
B3	RESULTATEN GEACTUALISEERD MODEL
B4	RESULTATEN NIEUWE SITUATIE

TABELLEN

Tabel 1	Overzicht metadata peilbuizen en gemeten GHG en GLG.....	1-1
Tabel 2	Kaartcoördinaten (RD) waarbinnen het modeldomein gekozen is	24
Tabel 3	Overzicht van modellagen.....	25
Tabel 4	Vergelijking tussen gemeten en gemodelleerde GHG en GLG van het aangeleverde model ter plekke van 3 peilbuizen.....	32

AFBEELDINGEN

Afbeelding 1	Ligging projectgebied en de waterlopen van waterschap Limburg.....	8
Afbeelding 2	Ligging projectgebied met maaiveldhoogte (in m +NAP) en huidige waterlopen van waterschap Limburg.....	9
Afbeelding 3	Landgebruik, bron: LGN2022.....	9
Afbeelding 4	Maximale grondwaterstanden per type grondgebruik waarop Waterschap Limburg stuurt met peilbeheer in leggerwatergangen, bron: Waterbeheerprogramma 2022-2027	10
Afbeelding 5	Ligging beschermingszones in en rondom het projectgebied, bron: Atlas Limburg.....	11
Afbeelding 6	Bodemkaart.....	12

Afbeelding 7	Geohydrologische doorsnede. Het projectgebied ligt tussen de grijze lijnen.....	13
Afbeelding 8	Grondwaterkaart van Nederland (freatisch grondwater) met in de rood vierkant de globale locatie van het projectgebied.....	14
Afbeelding 9	Gemiddelde stijghoogte over de periode 1 april 2011 t/m 31 maart 2018 (Landelijk Hydrologisch Model).....	15
Afbeelding 10	Peilbuizen in de omgeving, met peilbuizen in het rood zijn de meest relevante peilbuizen.....	16
Afbeelding 11	Peilbuizen Dinoloket in de directe omgeving van het projectgebied.....	17
Afbeelding 12	Grondwaterstanden peilbuizen Dinoloket.....	18
Afbeelding 13	Projectgebied en oppervlaktewater, bron legger: Waterschap Limburg, status eind 2023	19
Afbeelding 14	Lengteprofiel waterloop Tongerlo, ten opzichte van de GHG en GLG.....	20
Afbeelding 15	Ligging delen van het lengteprofiel en locaties dwarsprofielen van de waterloop Tongerlo.....	20
Afbeelding 16	Dwarsprofielen waterloop Tongerlo.....	21
Afbeelding 17	Kwel en infiltratie in de omgeving van het projectgebied, bron: klimaateffectatlas.....	22
Afbeelding 18	Ligging projectgebied en breuklijnen.....	23
Afbeelding 19	Modelbegrenzing.....	25
Afbeelding 20	Bodemopbouw BASIS1 model west-oost doorsnede ter plekke van het modelgebied. De gele pijlen geven de ligging van de breuken aan.....	26
Afbeelding 21	Ligging doorsnede bodemopbouw BASIS1 model, inclusief maaiveldhoogte.....	26
Afbeelding 22	BASIS1 model KVV (m/dag) laag 1 (linksboven), 2 (midden boven), 3 (rechtsboven), 4 (rechtsonder) en 5 (midden onder).....	27
Afbeelding 23	BASIS1 model KHV (m/dag) laag 1 (linksboven), 2 (midden boven), 3 (rechtsboven), 4 (rechtsonder) en 5 (midden onder).....	28
Afbeelding 24	Het oppervlaktewatersysteem in het SOBEK model (links, aangeleverd door waterschap Limburg) en in IBRAHYM (rechts).....	28
Afbeelding 25	Grondwateronttrekkingen (groen) binnen modelgebied (bron: WKO-tool).....	29
Afbeelding 26	Grondwateronttrekkingen voor de glastuinbouw in IBRAHYM, met de onttrekkingen in modellaag 1 (linksboven), modellaag 2 (rechtboven), modellaag 3 (linksonder) en modellaag 4 (rechtsonder).....	30
Afbeelding 27	Peilbuizen die gebruikt zijn in de validatie van IBRAHYM.....	31
Afbeelding 28	Residu gemiddeld grondwater (in m) in het aangeleverde model (BASIS1).....	33
Afbeelding 29	Ligging peilbuizen waarvan tijdreeksen zijn gemaakt.....	34
Afbeelding 30	Tijdreeksen van het aangeleverde model.....	35
Afbeelding 31	Aanpassingen aan beekloop en de locatie van het nieuwe gemaal.....	37
Afbeelding 32	Waterlopen in IBRAHYM in het referentie model (links) en in de nieuwe situatie (rechts).....	38
Afbeelding 33	Verskil in gemiddelde grondwaterstand (in m) tussen de nieuwe situatie en referentiesituatie.....	39
Afbeelding 34	Verskil in GHG (in m) tussen de nieuwe situatie en referentiesituatie.....	40
Afbeelding 35	Verskil in GLG (in m) tussen de nieuwe situatie en referentiesituatie.....	40
Afbeelding 36	Lengteprofiel van de bodemhoogte van waterloop Tongerlo, met de locatie van het huidige gemaal.....	41
Afbeelding 37	Gemiddelde grondwaterstand in modellaag 1 (in m t.o.v. NAP) in het aangeleverde model (BASIS1).....	2-5
Afbeelding 38	Gemiddelde grondwaterstand in modellaag 1 (in m t.o.v. mv) in het aangeleverde model (BASIS1).....	2-5
Afbeelding 39	GHG modellaag 1 (in m t.o.v. NAP) in het aangeleverde model (BASIS1).....	2-6
Afbeelding 40	GLG modellaag 1 (in m t.o.v. NAP) in het aangeleverde model (BASIS1).....	2-6
Afbeelding 41	GHG modellaag 1 (in m t.o.v. mv) in het aangeleverde model (BASIS1).....	2-7
Afbeelding 42	GLG modellaag 1 (in m t.o.v. mv) in het aangeleverde model (BASIS1).....	2-7
Afbeelding 43	Gemiddelde grondwaterstand in modellaag 1 (in m t.o.v. NAP) in het geactualiseerde model (REF2).....	3-1
Afbeelding 44	Gemiddelde grondwaterstand in modellaag 1 (in m t.o.v. mv) in het geactualiseerde model (REF2).....	3-2
Afbeelding 45	GHG modellaag 1 (in m t.o.v. NAP) in het geactualiseerde model (REF2).....	3-2
Afbeelding 46	GHG modellaag 1 (in m t.o.v. mv) in het geactualiseerde model (REF2).....	3-3
Afbeelding 47	GLG modellaag 1 (in m t.o.v. NAP) in het geactualiseerde model (REF2).....	3-3
Afbeelding 48	GLG modellaag 1 (in m t.o.v. mv) in het geactualiseerde model (REF2).....	3-4
Afbeelding 49	Gemiddelde grondwaterstand in modellaag 1 (in m t.o.v. NAP) in het model van de nieuwe situatie (SCEN3).....	4-1
Afbeelding 50	Gemiddelde grondwaterstand in modellaag 1 (in m t.o.v. mv) in het model van de nieuwe situatie (SCEN3).....	4-2
Afbeelding 51	GHG modellaag 1 (in m t.o.v. NAP) in het geactualiseerde model (SCEN3).....	4-2
Afbeelding 52	GHG modellaag 1 (in m t.o.v. mv) in het geactualiseerde model (SCEN3).....	4-3
Afbeelding 53	GLG modellaag 1 (in m t.o.v. NAP) in het geactualiseerde model (SCEN3).....	4-3
Afbeelding 54	GLG modellaag 1 (in m t.o.v. mv) in het geactualiseerde model (SCEN3).....	4-4
Afbeelding 55	Waterstand voor een Q50 (=50% MA) ten opzichte van de GHG (waterstand bij Q50 – GHG).....	43
Afbeelding 56	Waterstand voor een Q20 (=20% MA) ten opzichte van de GLG (waterstand bij Q20 – GLG).....	45
Afbeelding 57	Gemiddelde waterstand van een Q20 en Q50 ten opzichte van de gemiddelde grondwaterstand (gemiddelde waterstand – gemiddelde grondwaterstand).....	46

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Waterschap Limburg is voornemens het gemaal Tongerlo te herpositioneren en een nieuwe waterloop aan te leggen. Beide zijn gelegen bij de gelijknamige buurtgemeenschap 'Tongerlo' ten noorden van Maasbree. Gemaal Tongerlo is eind jaren '90 aangelegd om het achterliggende stroomgebied te ontwateren richting de Lange Heide. De aanleg is tegelijkertijd gebeurd met de herinrichting van de Elsbeek. Hierbij is een scheiding tussen natuurwater en landbouwwater aangebracht en is een fysieke scheiding tussen de waterlopen Elsbeek en Tongerlo gerealiseerd.

Door klimaatverandering wordt het weer steeds extremer. Het waterschap heeft daarom als doel om de beek Tongerlo klimaatrobuuster te maken. Daarnaast streeft Waterschap Limburg naar een verbetering van de toestroom richting het gemaal van water vanuit het bovenstrooms gelegen stroomgebied, een vermindering van de mate van inzakkende oevers van de watergang Tongerlo, een vermindering van aan- en afslagfrequentie van het gemaal ten behoeve van de levensduur van het gemaal en een vergroting van de capaciteit van het gemaal om extreme afvoerpieken te kunnen verwerken.

1.2 Doel

Dit rapport beschrijft het geohydrologisch systeem en de uitgangspunten voor de huidige situatie, welke voor de effectbepaling als uitgangssituatie genomen worden. Verder is het van belang om inzicht te hebben in het functioneren van het grondwatermodel. Dit wordt door middel van een validatie inzichtelijk gemaakt. Eindpunt van dit rapport is inzicht in het huidige systeem, een gevalideerd grondwatermodel van de huidige situatie, en een effectbepaling van de voorgenomen maatregel.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 omvat een beschrijving van het geohydrologisch systeem aan de hand van een literatuurstudie en in hoofdstuk 3 zijn de uitgangspunten van het grondwatermodel in kaart gebracht. In hoofdstuk 4 staat de validatie van het aangeleverde model beschreven. Hoofdstuk 5 omvat de actualisatie van het aangeleverde model en de resultaten van de doorrekening van dit geactualiseerde model. In hoofdstuk 6 zijn de aanpassingen van de nieuwe situatie beschreven en zijn de resultaten van de doorrekening van het model opgenomen. Vervolgens zijn de effecten van de nieuwe situatie ten opzichte van de referentiesituatie beschreven en verklaard. In hoofdstuk 7 worden de belangrijkste bevindingen van dit onderzoek herhaald.

1.4 Bronnen

Voor het opstellen van dit rapport zijn meerdere gegevensbronnen beschikbaar, zoals hieronder genoemd. Indien het documenten van externe oorsprong betreft is de versie gebruikt zoals beschikbaar op de datum van het opstellen van dit rapport.

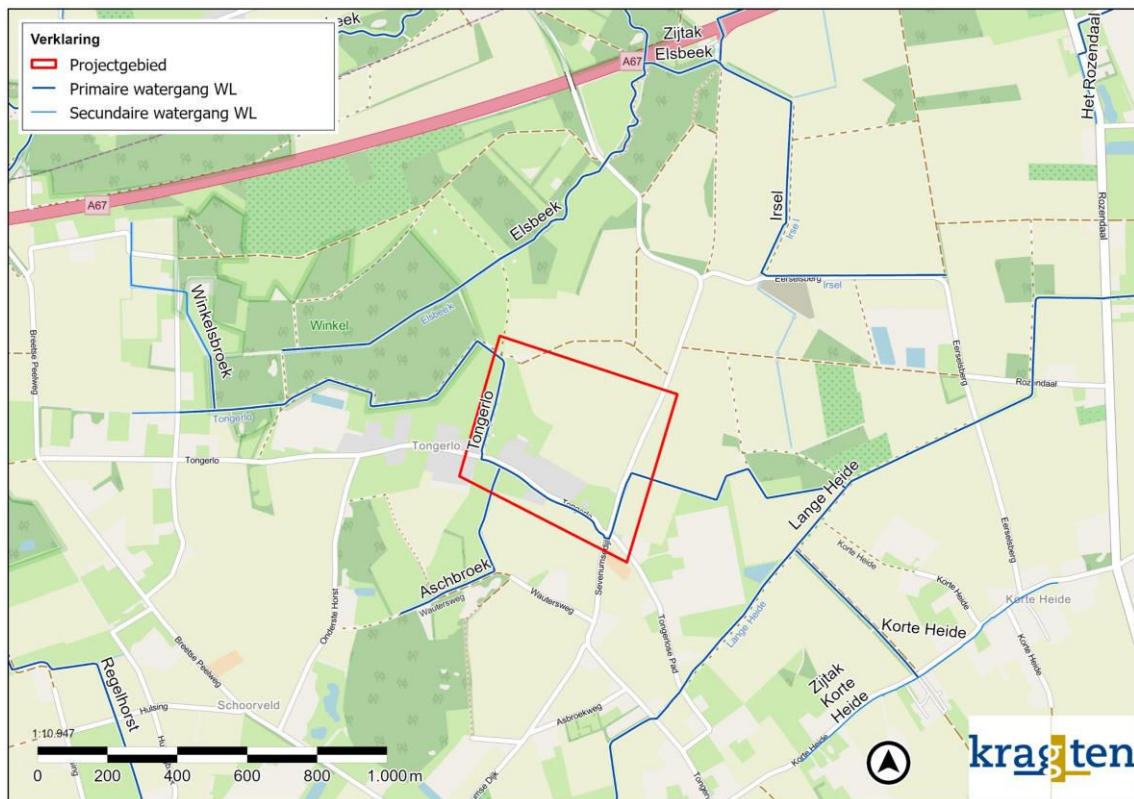
- Landgebruik, <https://lgn.nl/basiskaart>, geraadpleegd september 2024
- Waterbeheerprogramma 2022-2027, Waterschap Limburg
- Peilbuis- en boorgegevens, www.dinoloket.nl, TNO, geraadpleegd september 2024
- REGIS II database, www.dinoloket.nl, TNO, geraadpleegd september 2024
- Grondwaterkaart van Nederland, TNO, 1972
- Actueel Hoogtebestand Nederland, www.ahn.nl, geraadpleegd september 2024
- Bodemkaart van Nederland, www.bodemdata.nl, geraadpleegd september 2024
- Legger Waterschap Limburg, <https://www.waterschaplimburg.nl/>, geraadpleegd september 2024
- Atlas Limburg, <https://portal.pvrlimburg.nl/viewer/app/default>

- WKO-bodemenergie, <https://wkotool.nl/>
- Kwel en infiltratiekaart, <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/>, geraadpleegd oktober 2024
- IBRAHYM3; modelopzet, workflows en kalibratie, RHDHV & Sweco, 30 november 2023
- Memo geohydrologie, concept 15-04-2024, Kragten

2 GEOHYDROLOGISCH SYSTEEM

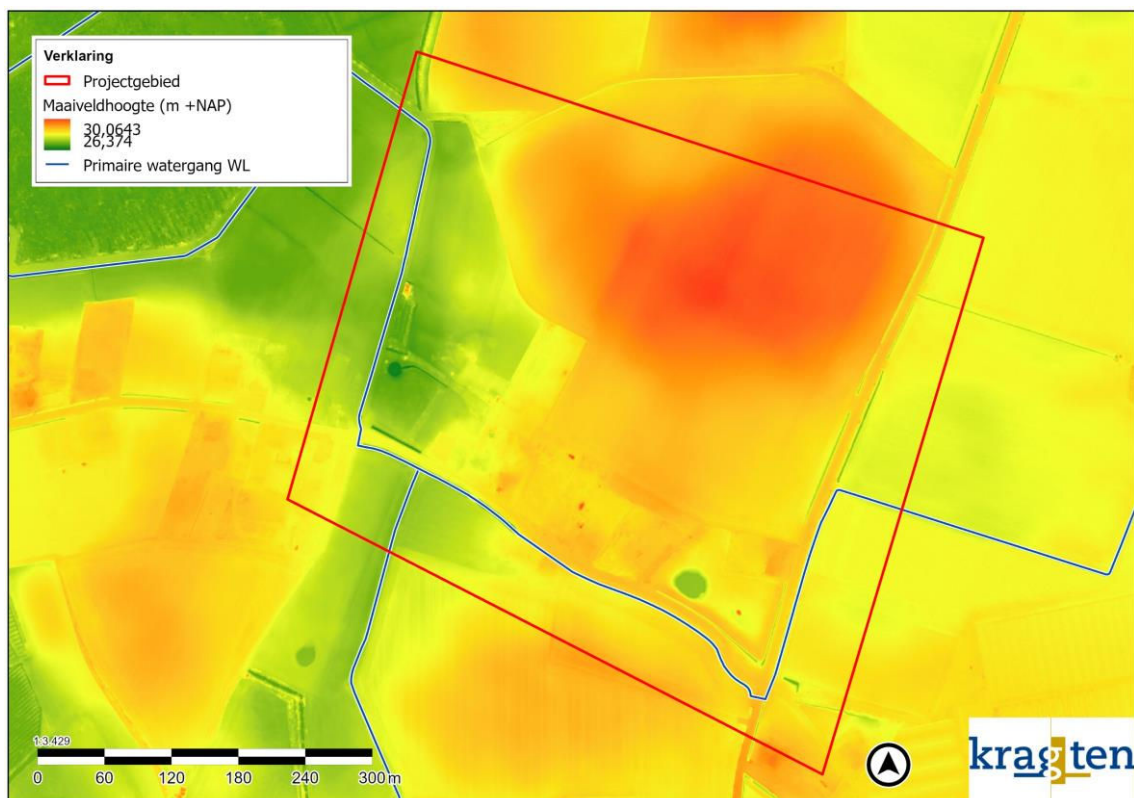
2.1 Ligging projectgebied

Het projectgebied is gelegen in het buurtschap Tongerlo ten noordwesten van Maasbree en ten zuiden van de A67. De waterloop Tongerlo stroomt vanuit het westen het buurtschap binnen en mondt ten oosten van Tongerlo uit in de Lange Heide, zie Afbeelding 1.



Afbeelding 1 Ligging projectgebied en de waterlopen van waterschap Limburg

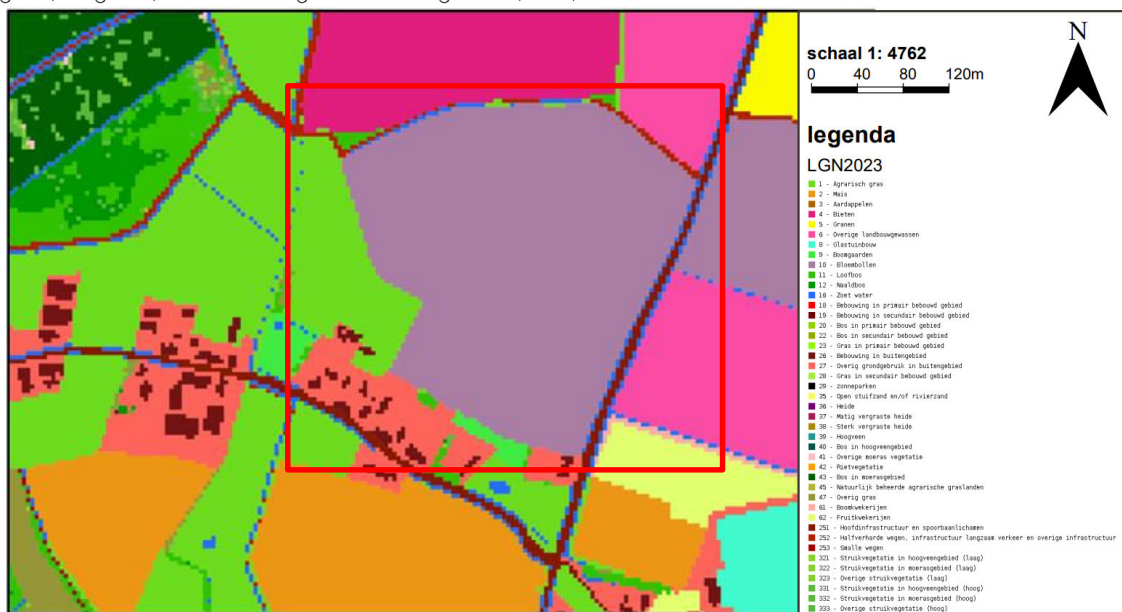
In Afbeelding 2 wordt de maaiveldhoogte van het projectgebied weergegeven, die varieert tussen NAP +27,0 m en NAP +30,0 m in het projectgebied. Goed zichtbaar is het laaggelegen beekdal in het westen van het projectgebied. Verder is de hoger gelegen dekzandrug duidelijk te zien.



Afbeelding 2 Ligging projectgebied met maaiveldhoogte (in m +NAP) en huidige waterlopen van waterschap Limburg.

2.2 Landgebruik

Binnen het projectgebied komen de volgende typen landgebruik voornamelijk voor (Afbeelding 3); Akkerbouw: bieten (donkerroze), Akkerbouw: overige landbouwgewassen (roze), Akkerbouw: bloembollen (paars), Agrarisch gras (lichtgroen) en Bebouwing in het buitengebied (bruin).



Afbeelding 3 Landgebruik, bron: LGN2022.

2.3 Ontwateringsnormen

Waterschap Limburg benoemt in het Waterbeheerprogramma 2022-2027 het volgende over ontwateringsnormen:

- *"In agrarisch gebied buiten beekdalen en natuurbeken faciliteren we bij wijzigingen van grondgebruik tot maximaal de norm voor akkerbouw (zie Afbeelding 4). Diepwortelende gewassen zijn mogelijk op percelen die van nature een voldoende diepe ontwatering hebben.*
- *In beekdalen en natuurbeken geldt dat we streven naar herstel. We werken toe naar een ontwatering tot maximaal de graslandnorm en een natuurlijk peilverloop. Als de gewenste functie nog niet is gerealiseerd, faciliteren we het grondgebruik dat er op dat moment ligt."*

Bodemgebruik	Maximale grondwaterstand onder normale omstandigheden* in cm t.o.v. maaiveld**
Grasland	30 - 40
Akkerbouw	50 - 60
Diep wortelende gewassen	tot 100
Bebouwd gebied zonder kruipruimte	50 - 60
Bebouwd gebied met kruipruimte	100
Natuurterreinen	Variabel

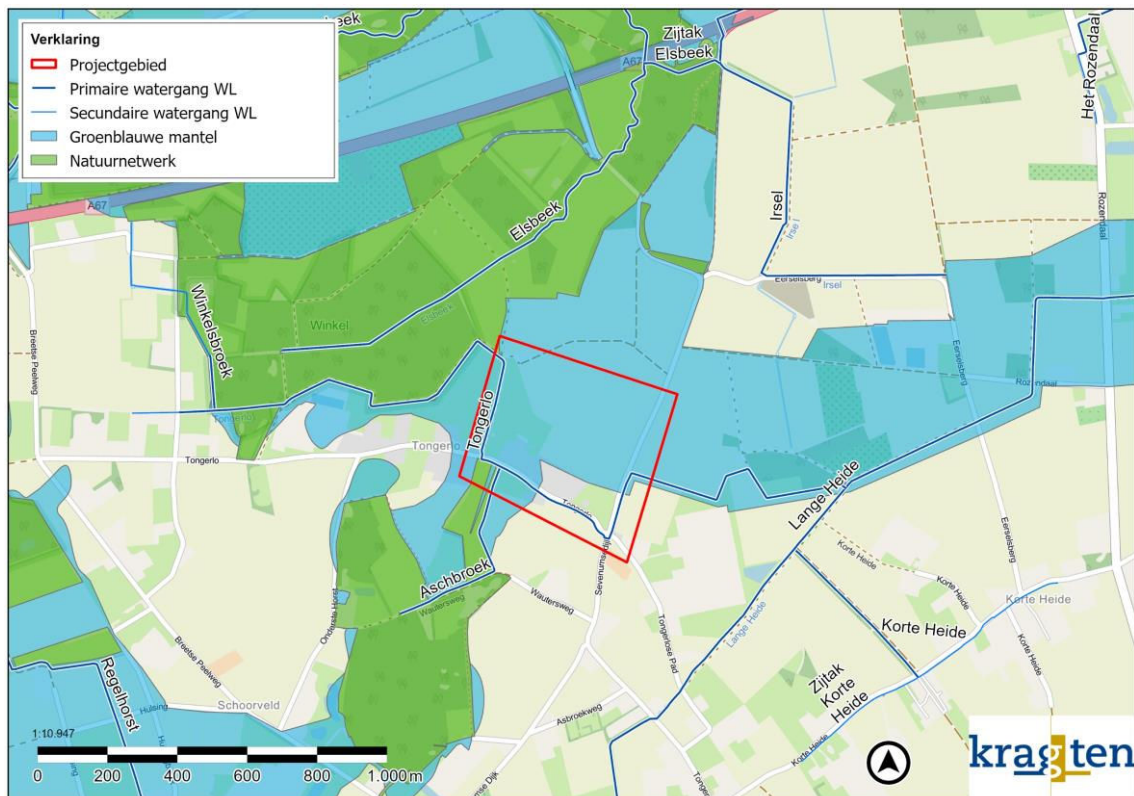
* hierop sturen we volgens het principe 'hoog als het kan, laag als het moet'

** in de laagste delen van een beïnvloedbaar gebied

Afbeelding 4 Maximale grondwaterstanden per type grondgebruik waarop Waterschap Limburg stuurt met peilbeheer in leggerwatergangen, bron: Waterbeheerprogramma 2022-2027

2.4 Beschermingsgebieden

Een groot gedeelte van het projectgebied behoort tot de groenblauwe mantel en een klein deel in het zuidwesten is onderdeel van het natuurnetwerk, zie Afbeelding 5. Met de aanwijzing van de groenblauwe mantel stimuleert de provincie het behoud en de ontwikkeling van natuur en landschap ook buiten het natuurnetwerk. Binnen het natuurnetwerk streeft de provincie naar behoud en beheer van de reeds aanwezige natuur en de ontwikkeling van nieuwe natuur.



Afbeelding 5 Ligging beschermingszones in en rondom het projectgebied, bron: Atlas Limburg.

2.5 Bodemopbouw

2.5.1 Bodematlas

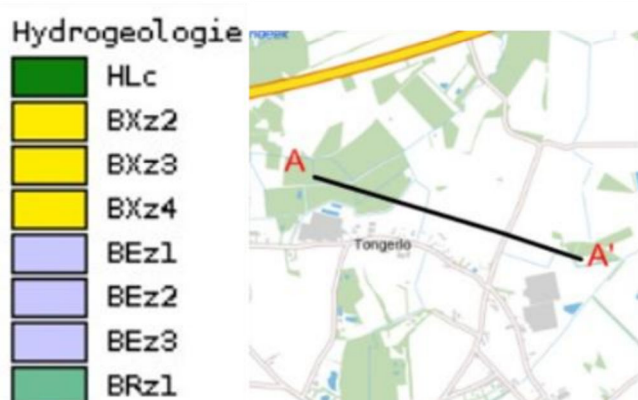
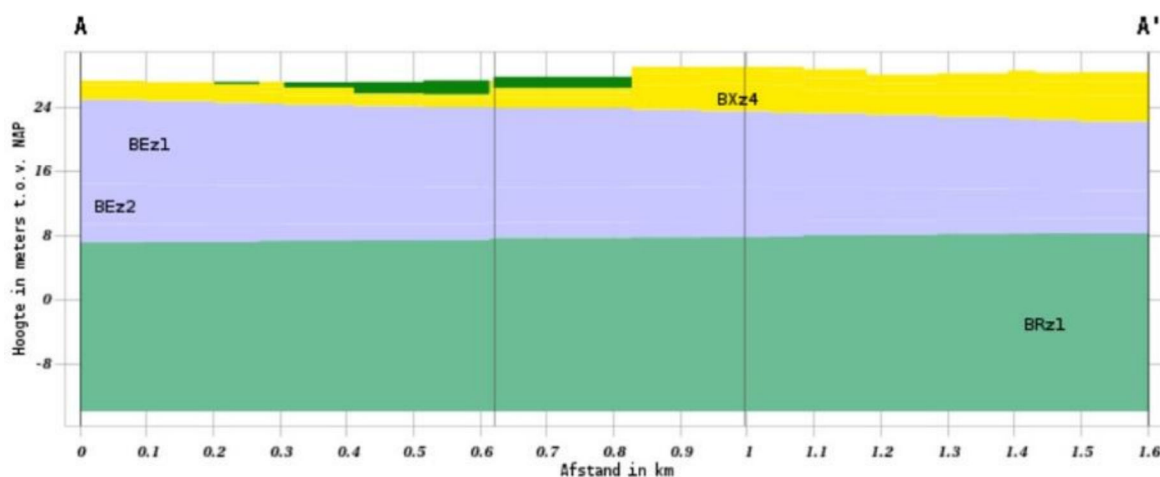
Met behulp van de Bodematlas is het bodemtype van de ondiepe bodem in beeld gebracht, zie Afbeelding 6. Het projectgebied heeft de code "zEZ23". Dit zijn hoge zwarte enkeerdgronden die bestaan uit lemig fijn zand. Dit bodemtype staat bekend om zijn slechte waterdoorlatendheid. Aangezien de lokale bodem waarschijnlijk in hoge mate geroerd is, kan niet met zekerheid vastgesteld worden of deze gronden daadwerkelijk aanwezig zijn in het projectgebied. Aan de oostrand van het projectgebied komen gooreerdgronden voor met de code "pZn23".



Afbeelding 6 Bodemkaart.

2.5.2 Doorsnede Dinoloket

Met behulp van het geohydrologische model REGIS II v2.2.1 is een doorsnede van noordwest naar zuidoost gemaakt van de ondergrond van het projectgebied (Afbeelding 7, hierin staan ook de hoogtes t.o.v. NAP). Hieruit af te leiden dat de bovenlaag ter plaatse van het projectgebied bestaat aan de westkant uit Holocene afzettingen (een beekdalbodem). Deze laag bestaat voornamelijk uit een afwisseling van weinig tot matig grof zand, zandige klei, klei en veen. Aan de oostkant bestaat de bovenlaag uit een zandige eenheid uit de Formatie van Bortel. Hieronder liggen verschillende zandige eenheden uit de Formatie van Beegden en de Formatie van Breda. Het freatisch watervoerend pakket heeft dus een grote dikte.



Afbeelding 7 Geohydrologische doorsnede. Het projectgebied ligt tussen de grijze lijnen.

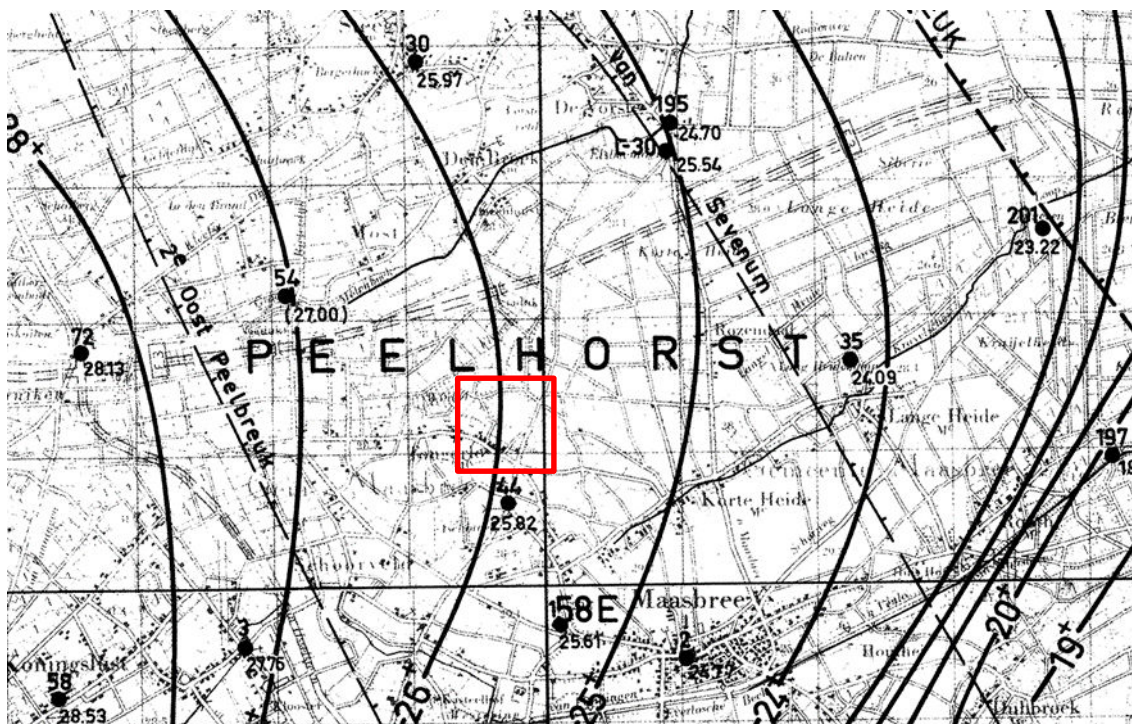
2.6 Grondwaterstanden

Voor de bepaling van de grondwaterstand ter plekke van het projectgebied worden verschillende bronnen gebruikt om een zo compleet mogelijk beeld van het grondwater te krijgen. De historische grondwaterkaart geeft een beeld van de grondwaterstroming door de grondwaterisohypsen. De peilbuizen geven daadwerkelijk gemeten waarden van de grondwaterstand. Deze worden uit de TNO/BRO-database Dinoloket gehaald.

2.6.1 Regionale grondwaterstroming

2.6.1.1 Historische (regionale) grondwaterstanden

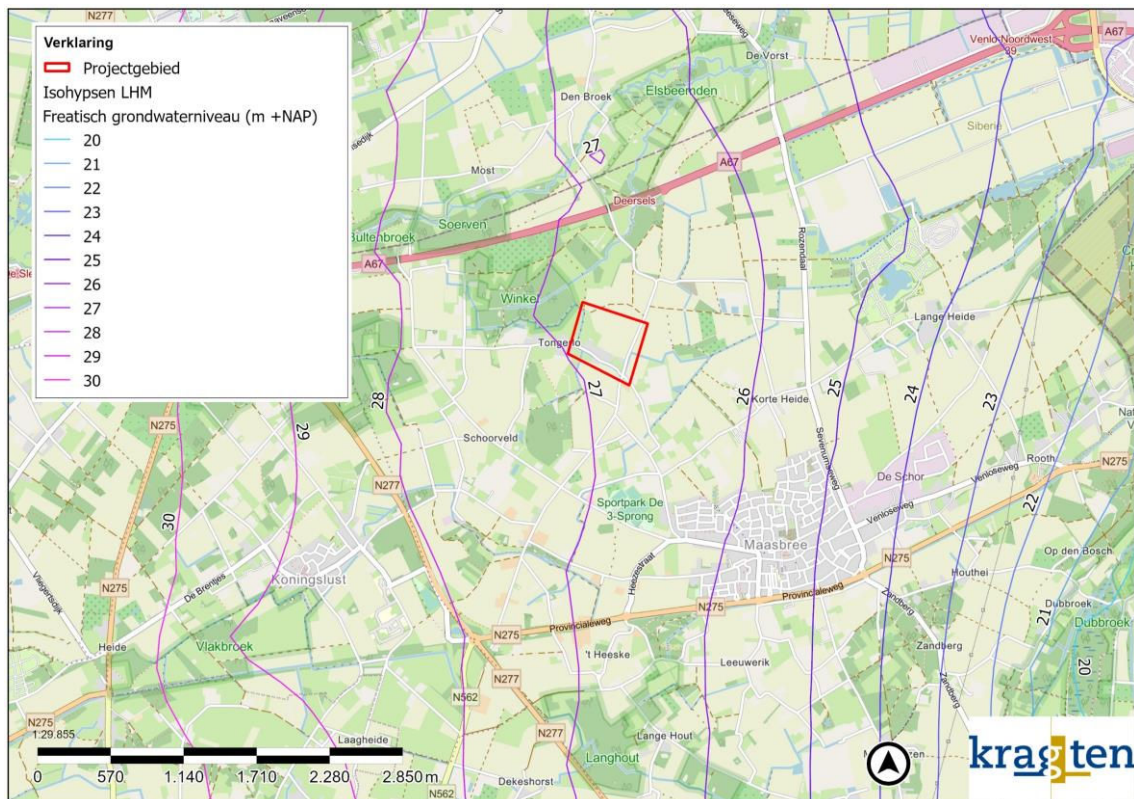
Uit de grondwaterisohypsen die zijn getekend ten tijden van het opstellen van de Grondwaterkaart van Nederland valt op te maken dat de regionale grondwaterstroming ter plekke van het projectgebied oostelijk is gericht richting de Maas (Afbeelding 8). Op deze kaart is geen effect van de waterloop Tongerlo te zien op het isohypsenpatroon.



Afbeelding 8 Grondwaterkaart van Nederland (freatisch grondwater) met in de rood vierkant de globale locatie van het projectgebied.

2.6.1.2 Landelijk Hydrologisch Model

Met behulp van het Landelijk Hydrologisch Model is de gemiddelde stijghoogte van het grondwater over de periode 1 april 2011 t/m 31 maart 2018 bepaald (zie Afbeelding 9). De grondwaterisohypsen laten zien dat het grondwater over het algemeen in oostelijke richting stroomt en dat de gemiddelde grondwaterstand bij het projectgebied rond de NAP +26,9 m ligt. De grondwaterstanden variëren tussen NAP +29,0 m ten westen van het modelgebied en NAP +21,0 m ten zuidoosten van het modelgebied volgens het Landelijk Hydrologisch Model (LHM). In het westen ligt de grondwaterstand volgens het LHM hoger dan volgens de historische kaart (Afbeelding 8) en in het oosten lager. De isohypsen van het LHM vertonen vergelijkbare patronen als op de historische grondwaterkaart.



Afbeelding 9 Gemiddelde stijghoogte over de periode 1 april 2011 t/m 31 maart 2018 (Landelijk Hydrologisch Model).

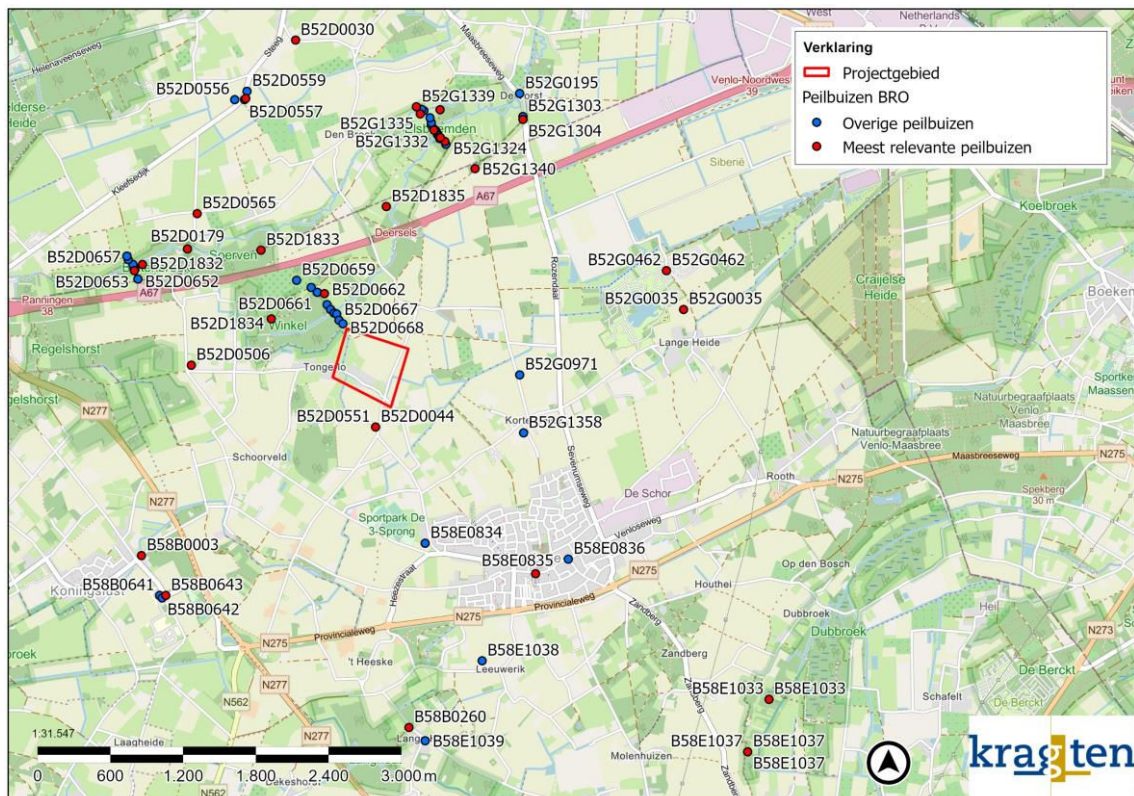
2.6.2 Dinoloket grondwaterstanden

Met behulp van de TNO/BRC-database Dinoloket is nagegaan waar zich in de omgeving peilbuizen bevinden. Hierbij kwam naar voren dat er rondom het projectgebied 76 peilbuizen liggen. Van deze peilbuizen is een eerste selectie gemaakt op basis van:

- (Al dat niet het ontbreken van) filterdiepte; niet dieper dan het freatisch pakket.
- Periode van de meetreeks; binnen 1994 tot 2020, de modelperiode van IBRAHYM.
- Duur van de meetreeks; minimaal 5 tot 10 jaar aan data aanwezig, afhankelijk van hoeveel gemeten is.

De meest relevante peilbuizen (met freatische filters en een tijdreeks van minimaal 5 jaar lang en na 1990) peilbuizen zijn in rood weergegeven in Afbeelding 10.

De metadata van alle peilbuizen en de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) zijn opgenomen in Tabel 5 (Bijlage B1). In deze tabel is ook vermeld waar deze peilbuizen het grondwater meten (deklaag of freatisch pakket). Sommige peilbuizen hebben een meetreeks die korter is dan 8 jaar of hebben niet genoeg metingen per jaar; hiervan is de GHG en GLG niet bekend.



Afbeelding 10 Peilbuizen in de omgeving, met peilbuizen in het rood zijn de meest relevante peilbuizen.

2.6.3 GxG-bepaling voor het projectgebied

In de TNO/BRO-database Dinoloket zijn de meetgegevens van de grondwaterstanden opgenomen. Hierbij kwam naar voren dat er drie peilbuizen in de omgeving van het projectgebied aanwezig zijn, welke in het freatische deel van de ondergrond gemeten zijn. Deze liggen op circa 450 m ten zuidoosten, 700 m ten noordwesten en 1,3 km ten westen van het projectgebied. De locaties van deze peilbuizen zijn weergegeven in Afbeelding 11. De gemeten grondwaterstanden zijn opgenomen in Afbeelding 12.

Uit de grafiek in Figuur 8 komt naar voren dat de grondwaterstand ongeveer tussen NAP +26,0 m en NAP +28,5 m ligt. De range van deze gemeten waarden komt overeen met de gemiddelde grondwaterstand uit het Landelijk Hydrologisch Model (Figuur 6). Peilbuis B52D0506 had voldoende metingen en een voldoende lange meetreeks om de GHG en GLG te bepalen:

- B52D0506 GHG: NAP +28,1 m GLG: NAP +27,2 m

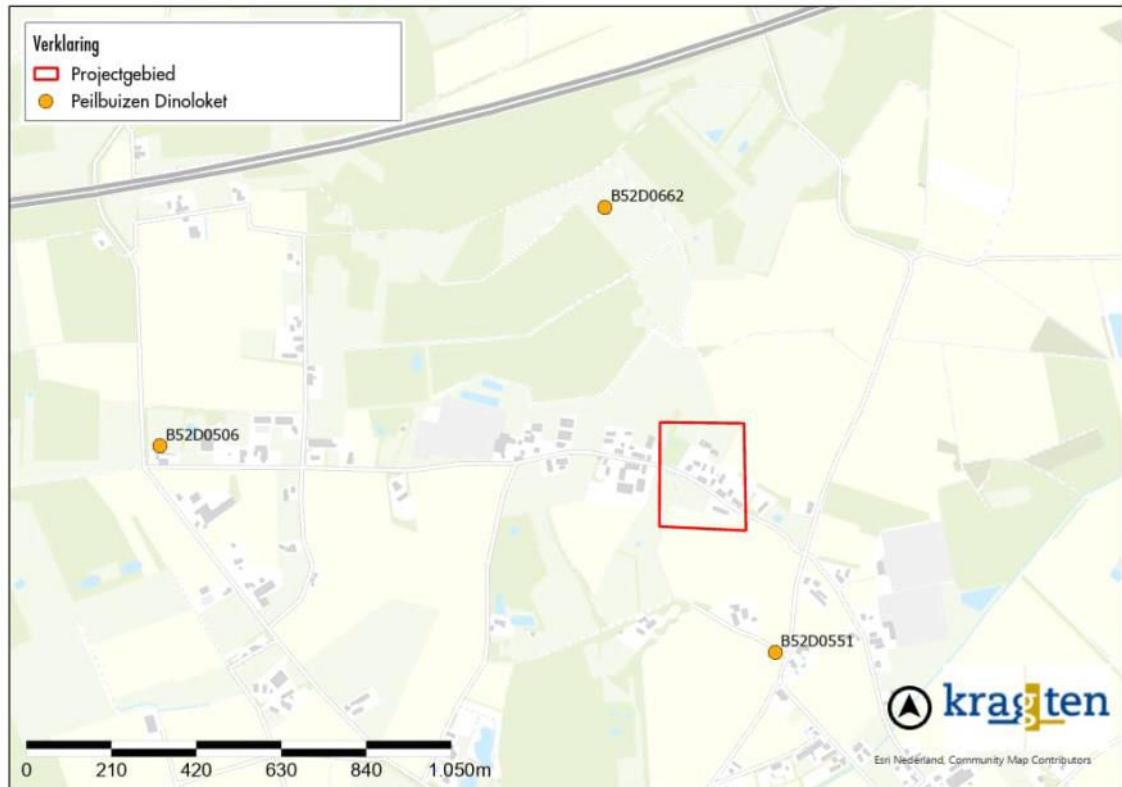
Peilbuis B52D0506 ligt op grondwaterisohypse van NAP +27,9 m (Figuur 6) en heeft een GHG van NAP +28,1 m (0,2 m verschil). Het projectgebied ligt rond de grondwaterisohypse van NAP +26,9 m (Figuur 6) en de grondwaterstand ligt hiermee dus circa 1 m lager dan de grondwaterstand bij de peilbuis. Extrapolatie van de GHG-waarde geeft dan een GHG van circa $(28,1 - 1) =$ NAP +27,1 m ter plaatse van het projectgebied.

De andere 2 peilbuizen (Afbeelding 12) hebben niet genoeg metingen om een GHG te bepalen. Deze peilbuizen worden als minder betrouwbaar geacht dan peilbuis B52D0506.

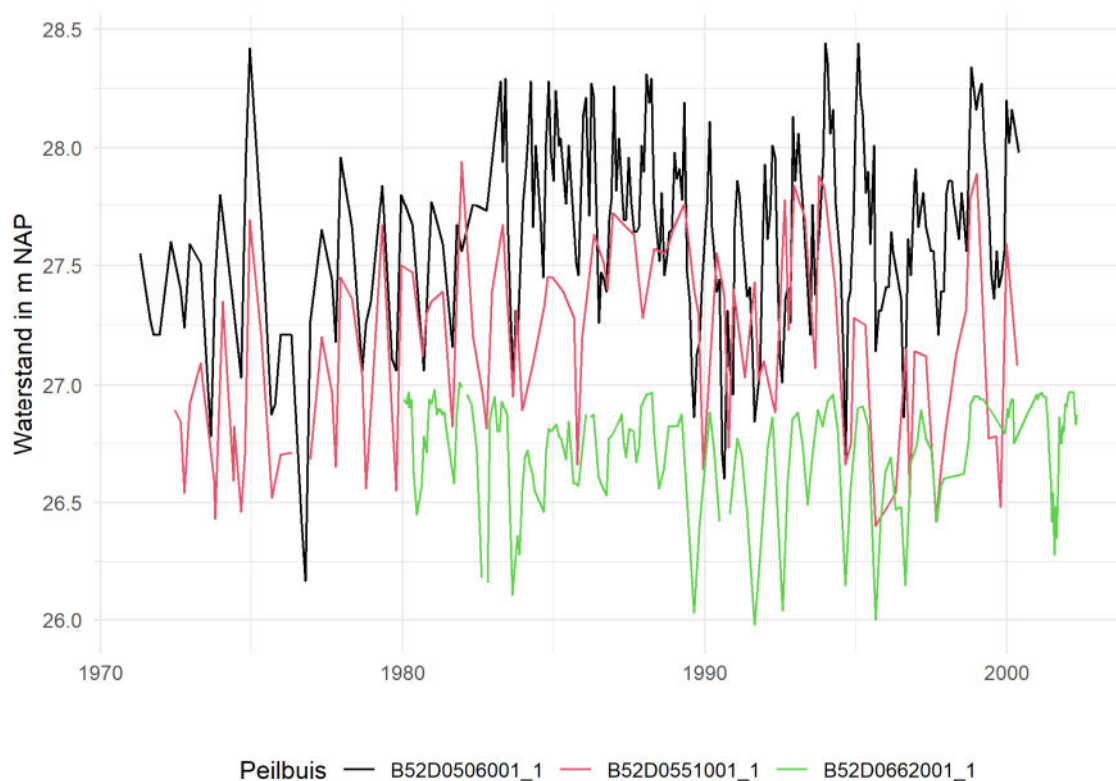
De GHG in het projectgebied is vastgesteld op circa NAP +27,1 m. Dit is 0,2 m – 2,2 m onder maaiveld.

De GLG van het projectgebied is vastgesteld op circa NAP +26,2 m. Dit is 1,1 m – 3,1 m onder maaiveld.

De GHG wordt over het algemeen in maart bereikt en de GLG aan het einde van de zomer. In september 2023 zijn boringen geplaatst en hier zijn grondwaterstanden tussen de 0,5 m tot 2 m onder maaiveld aangetroffen (Memo geohydrologie, Kragten). Dit is iets hoger dan de ingeschatte GLG, maar dit kan verklaard worden door de hoeveelheid neerslag en de hogere grondwaterstanden in die periode.



Afbeelding 11 Peilbuizen Dinoloket in de directe omgeving van het projectgebied.



Afbeelding 12 Grondwaterstanden peilbuizen Dinoloket.

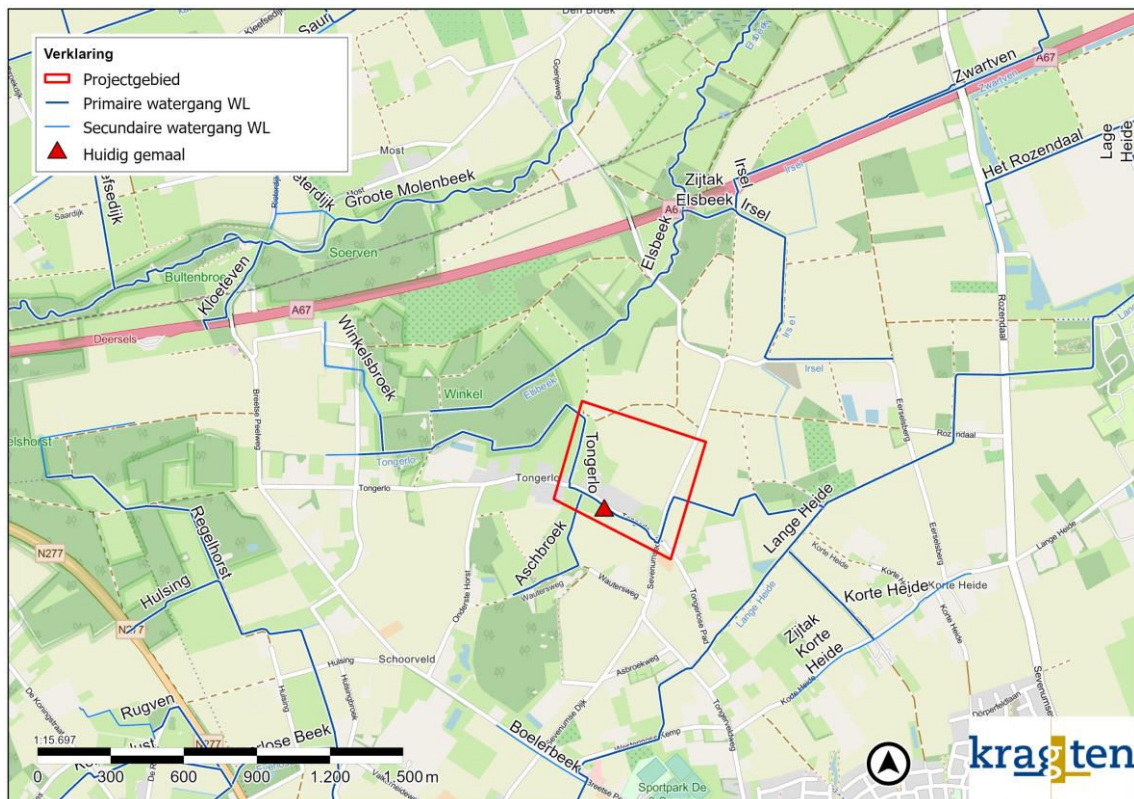
2.7 Oppervlaktewater

2.7.1 Ligging van het oppervlaktewater

Met behulp van de legger van Waterschap Limburg is inzichtelijk gemaakt welke watergangen er in en rondom het projectgebied liggen (Afbeelding 13). De waterloop Tongerlo stroomt vanuit het noordwesten het projectgebied binnen en verlaat het projectgebied in het oosten. De waterloop Aschbroek komt vanuit het zuiden het projectgebied binnen en mondt uit in de waterloop Tongerlo. Ten oosten van Tongerlo mondt de waterloop Tongerlo uit in de Lange Heide.

2.7.2 Beschrijving van het stroomgebied

Het westelijk deel van de waterloop Tongerlo stroomt door een beekdal. In het projectgebied gaat het stroomgebied van de waterloop over naar hoger gelegen dekzanden. Om de stroming constant richting de Lange Heide te kunnen behouden is een gemaal benodigd. De locatie van het huidige gemaal is opgenomen in Afbeelding 13. Gemaal Tongerlo is eind jaren '90 aangelegd om het achterliggende stroomgebied te ontwateren richting de Lange Heide. De aanleg is tegelijkertijd gebeurd met de herinrichting van de Elsbeek. Hierbij is een scheiding tussen natuurwater en landbouwwater aangebracht en is een fysieke scheiding tussen de waterlopen Elsbeek en Tongerlo gerealiseerd. Het gemaal zorgt direct bovenstrooms van het gemaal voor een peil van NAP +26,3 m in de zomer en voor een peil van NAP +26,7 m in de winter.



Afbeelding 13 Projectgebied en oppervlaktewater, bron legger: Waterschap Limburg, status eind 2023

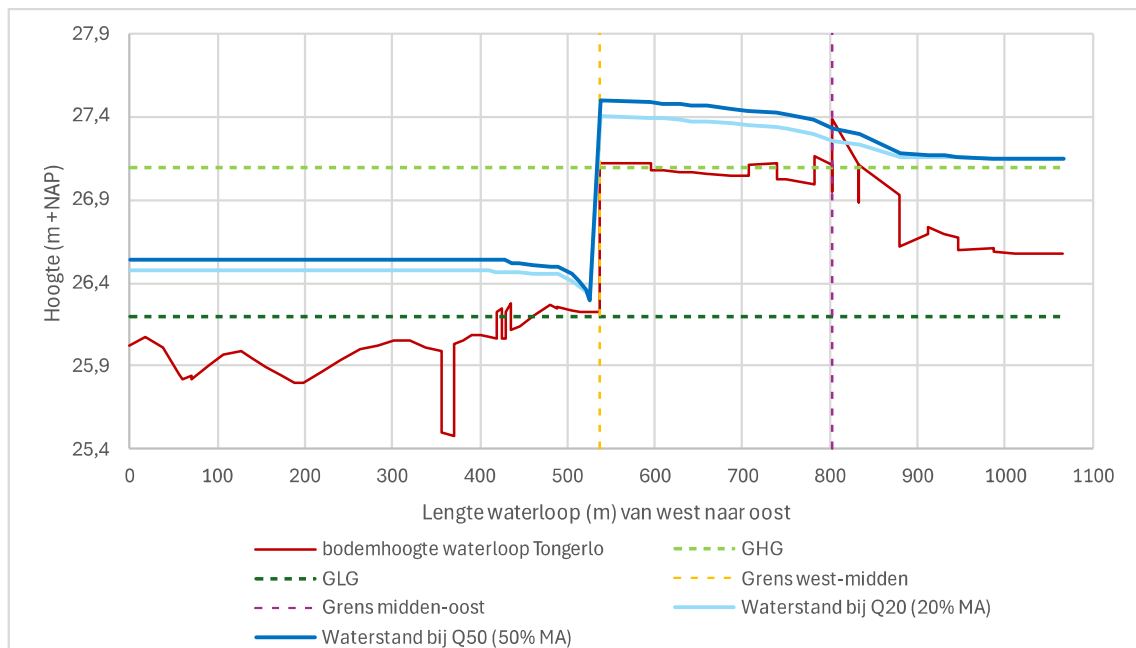
2.7.3 Drainerende en infiltrerende werking van de beken

Afbeelding 14 geeft de bodemhoogte, en de waterstanden voor afvoeren van 20% maatgevende afvoer (Q20) en 50% maatgevende afvoer (Q50) van de waterloop Tongerlo weer binnen het projectgebied. Het lengteprofiel kan opgedeeld worden in drie delen (west, midden en oost), zie Afbeelding 15.

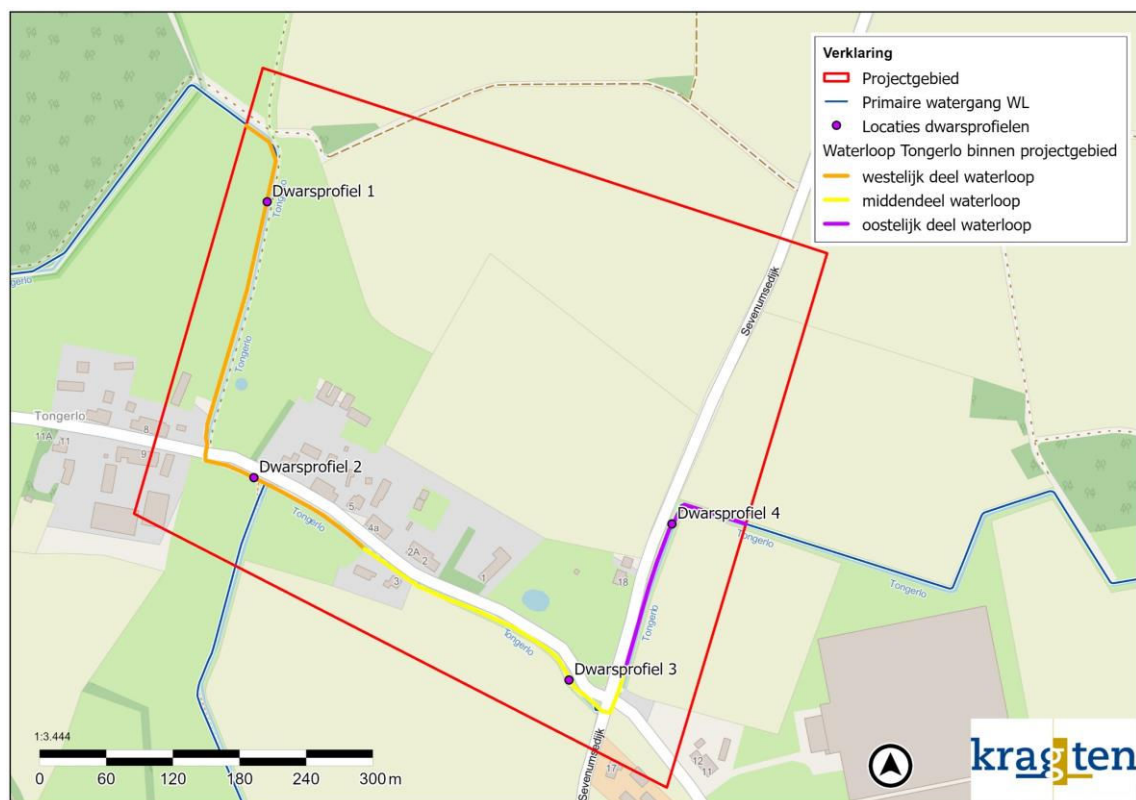
De GLG ligt hoger dan de bodemhoogte van de waterloop Tongerlo in het westelijk deel van het projectgebied, maar lager dan de waterstanden bij een Q20 en Q50 afvoer. Dit betekent dat dit deel van de waterloop constant in contact staat met het grondwater. In het middelste deel van de waterloop in het projectgebied ligt alleen de GHG voor een klein deel hoger dan de bodemhoogte. In het oosten van het projectgebied komt de GHG ca. 0,3 m boven de bodemhoogte van de waterloop Tongerlo uit. De GLG is in dit deel ongeveer 0,4 m lager gelegen dan de bodemhoogte. De beek staat hier dus niet altijd in contact met het grondwater.

Als de grondwaterstand hoger staat dan de waterstand in de waterloop, zal lokaal grondwater toestromen naar de beek. Dit betekent dat de beek een drainerende werking heeft. De waterloop Tongerlo heeft in het westen van het projectgebied een groot gedeelte van het jaar een drainerende werking. In het middendeel heeft de waterloop het gehele jaar een infiltrerende werking; het oppervlaktewater infiltreert naar het grondwater. In het oosten van het projectgebied zal de waterloop het grootste deel van de tijd een infiltrerende werking hebben, omdat de waterstand in de waterloop meestal hoger zal staan dan de grondwaterstand.

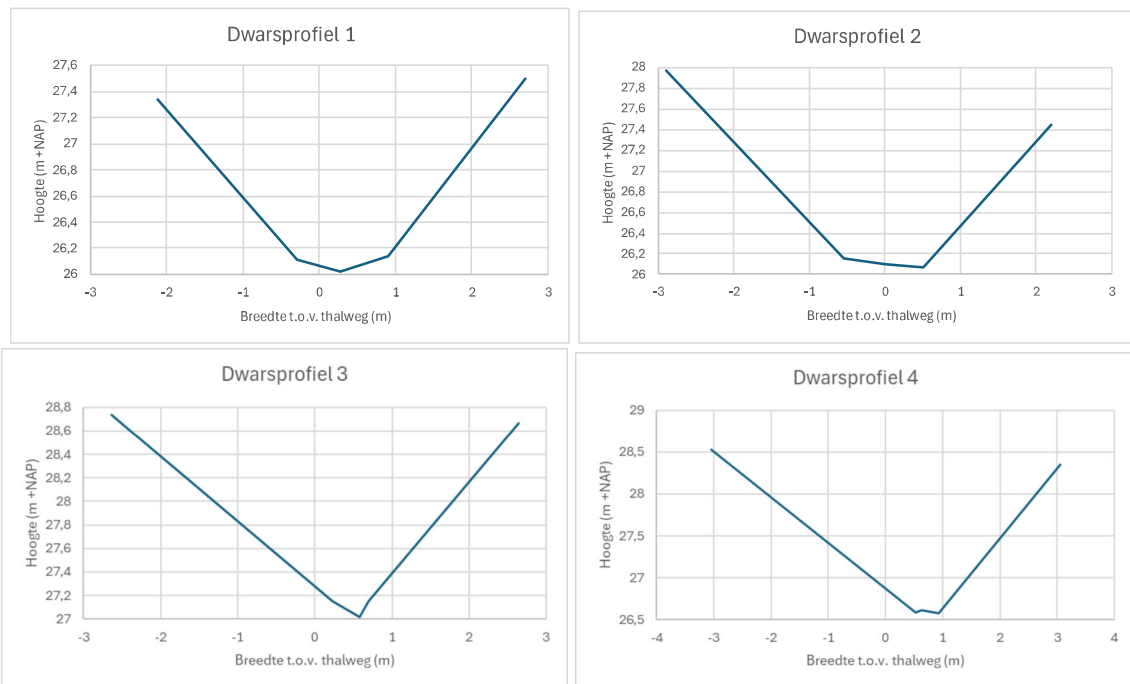
De dwarsprofielen van de waterloop tonen weinig verschillen. De waterloop behoudt grofweg dezelfde vorm, zie Afbeelding 16.



Afbeelding 14 Lengteprofiel waterloop Tongerlo van west naar oost, met waterstanden van Q20 en Q50-afvoeren ten opzichte van de GHG en GLG.



Afbeelding 15 Ligging delen van het lengteprofiel en locaties dwarsprofielen van de waterloop Tongerlo.



Afbeelding 16 Dwarsprofielen waterloop Tongerlo.

2.8 Kwel en infiltratie

In de lager gelegen beekdalen is kwel een veel voorkomend verschijnsel. Door hoge druk stroomt het grondwater opwaarts naar het oppervlak. In hoger gelegen gebieden is meestal sprake van infiltratie; het grondwater stroomt hier de bodem in. Voor het realiseren van een robuust watersysteem is het belangrijk om inzicht te hebben in deze processen.

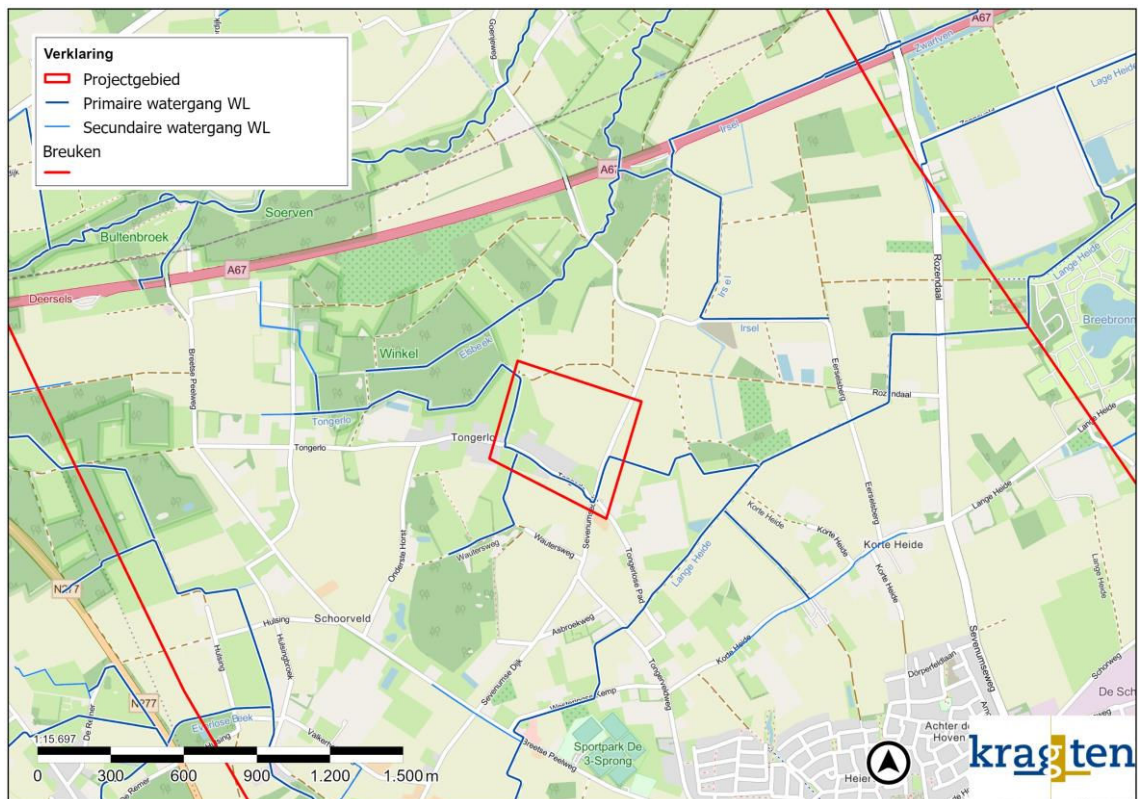
De kaart van de klimateffectatlas geeft hier inzicht in (zie Afbeelding 17). Omdat deze kaart gebaseerd is op een model kunnen de resultaten op specifieke locaties verschillen, maar de orde van grootte en algemene trends zijn hetzelfde. Uit deze kaart blijkt dat in de beekdalen (Groote Molenbeek, Elsbeek en westen van Tongerlo en Aschbroek) kwel optreedt. Over het algemeen kan gesteld worden dat in het westen van het projectgebied kwel optreedt omdat het in een beekdal ligt en in het midden en oosten infiltratie optreedt omdat het hoger gelegen is. Dit komt overeen met de over het algemeen drainerende werking van de waterloop in het westen van het projectgebied en de over het algemeen infiltrerende werking van de waterloop in het midden en oosten van het projectgebied zoals beschreven in paragraaf 2.7.3.



Afbeelding 17 Kwel en infiltratie in de omgeving van het projectgebied, bron: klimaateffectatlas.

2.9 Breuklijnen

Ongeveer 1,5 km ten westen van het projectgebied ligt de 2^e oost Peelbreuk en op ongeveer 1,5 ten oosten ligt de breuk van Sevenum, zie Afbeelding 18. Deze breuken komen niet tot aan het maaiveld en hebben geen invloed op de grondwaterstand en grondwaterstroming.



Afbeelding 18 Ligging projectgebied en breuklijnen.

3 UITGANGSPUNTEN GRONDWATERMODEL

3.1 Gebruikt grondwatermodel

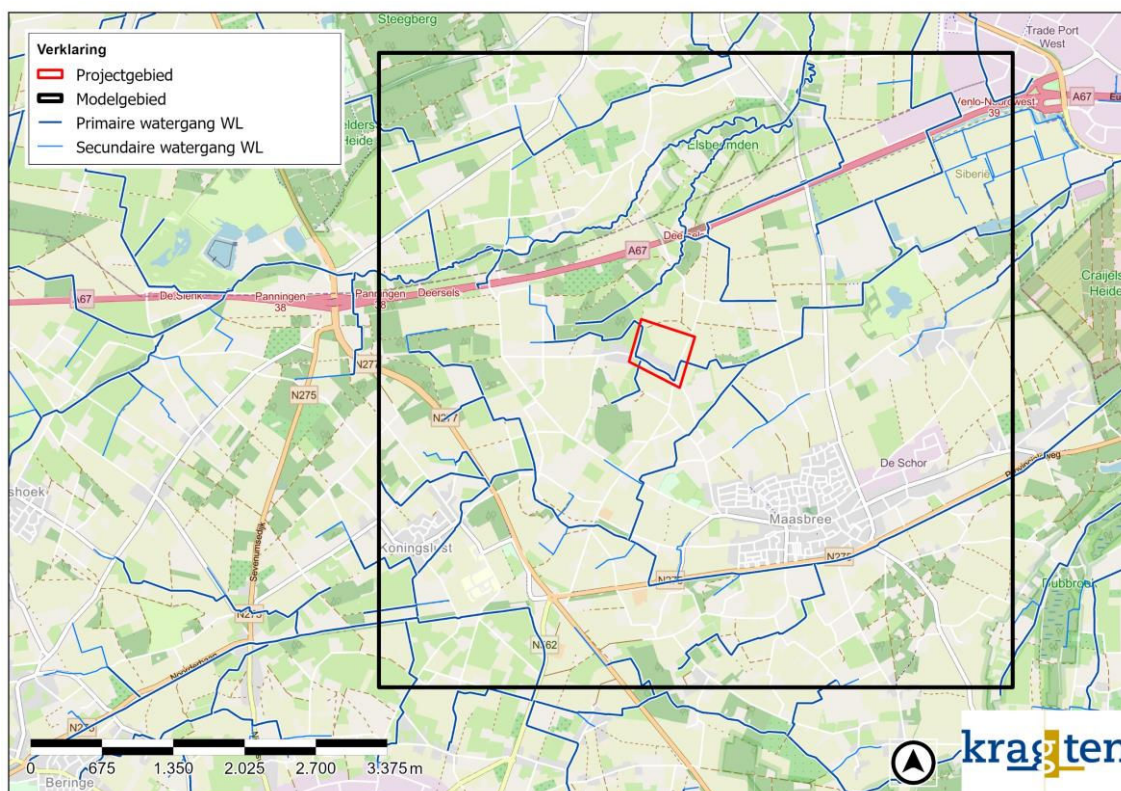
Voor de modellering van geohydrologische effecten wordt gebruikt gemaakt van het regionale grondwatermodel IBRAHYM (versie 3.0.1, d.d. 30-11-2023). Het model is ontstaan uit een samenwerking tussen Waterschap Limburg, WML en de Provincie Limburg. Via een server die door Deltares wordt beheerd kunnen met het model grondwaterberekeningen worden uitgevoerd. De rekenperiode van het huidige tijdsafhankelijke en stationaire model is van 2005 tot en met 2020. In dit project zijn we uitgegaan van de rekenperiode van dit model en is het model niet verlengd. Verder is de gebruikte rekenresolutie voor het tijdsafhankelijke model 50x50 m en de rekenresolutie voor het stationaire model 50x50 m.

3.2 Modelbegrenzing in de X- en Y-richting

De modelranden voor het projectgebied dienen ver genoeg weg te liggen van het projectgebied om beïnvloeding van de modelresultaten door de randen te voorkomen. In dit geval zijn er geen duidelijke omgevingsfactoren (zoals oppervlaktewater of maaiveldhoogte) die de modelgrenzen kunnen bepalen. Daarom is ervoor gekozen om de lengte van het projectgebied (3 tot 4 km) door te trekken naar alle richtingen en dit als modelgebied te beschouwen. Afbeelding 19 geeft de modelbegrenzing op kaart weer. De kaartcoördinaten rondom het modeldomein zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Kaartcoördinaten (RD) waarbinnen het modeldomein gekozen is.

Hoekpunt	x	y
Linksonder	185000	361000
Linksboven	185000	373000
Rechtsboven	196000	373000
Rechtsonder	196000	361000



Afbeelding 19 Modelbegrenzing.

3.3 Modelbegrenzing in de diepte

Het freatisch pakket (Holocene afzettingen en de Formaties van Bortel, Beegden, Kiezeloöliet en Breda, zie Afbeelding 7) wordt ter plekke van het projectgebied aan de onderzijde begrensd door een kleilaag van de Formatie van Veldhoven Wintelre die op een diepte van circa 160 m-mv ligt en in het model in modellaag 4 ligt. In tegenstelling tot het IBRAHYM-model, is de bodemopbouw in Dinoloket tot en met de Formatie van Breda in te zien. We gaan ervanuit dat de effecten van het verplaatsen van het gemaal niet dieper dan de kleilaag onder deze Formatie reiken en beschouwen deze kleilaag als geohydrologische basis voor de modellering.

Tabel 2 Overzicht van modellagen

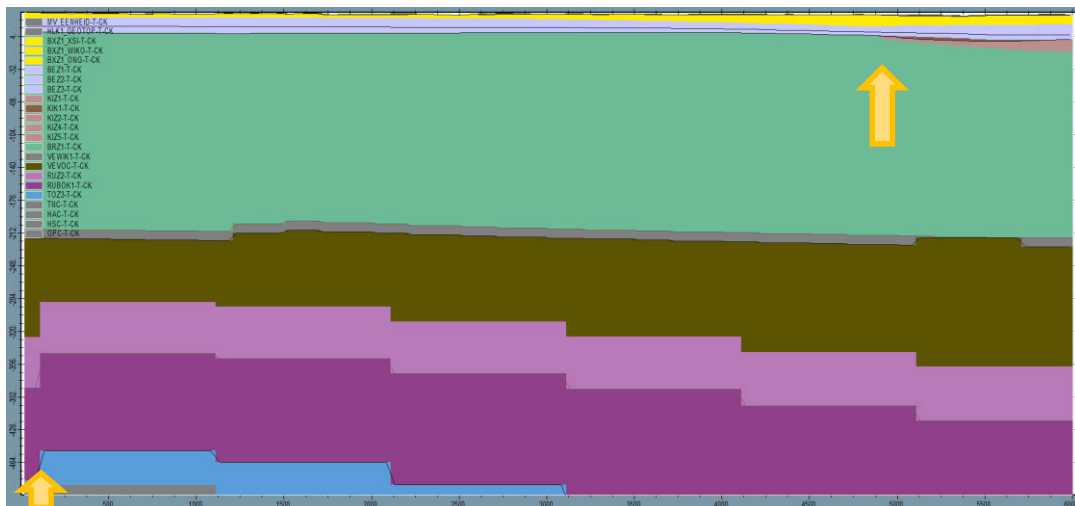
Modellaag	Ten zuiden van de Peelrandbreuk
1	Deklaag
2	Zandige Formaties van Bortel en Beegden, en in sommige delen een kleilaag uit de Formatie van Beegden
3	Zandige Formatie van Beegden en in sommige delen een kleilaag uit de Kiezeloöliet Formatie
4	Zandige Formaties van Breda en de Kiezeloöliet Formatie, en overal een kleilaag uit de Formatie van Veldhoven (Laagpakket van Wintelre)

In het grondwatermodel ligt de focus van de modellering hoger dan de geohydrologische basis; namelijk op modellaag 1 (de deklaag) en modellaag 2 (hierin ligt de bodem van de waterlopen). Een verandering van de ligging van het gemaal heeft het meeste effect in laag 1 en laag 2, en de effecten zullen in de onderliggende zandlagen snel uit dempen. Omdat er geen weerstand tussen laag 1 en 2 in het model zit, zijn de resultaten hetzelfde. In de kaartjes laten we de resultaten van modellaag 1 zien.

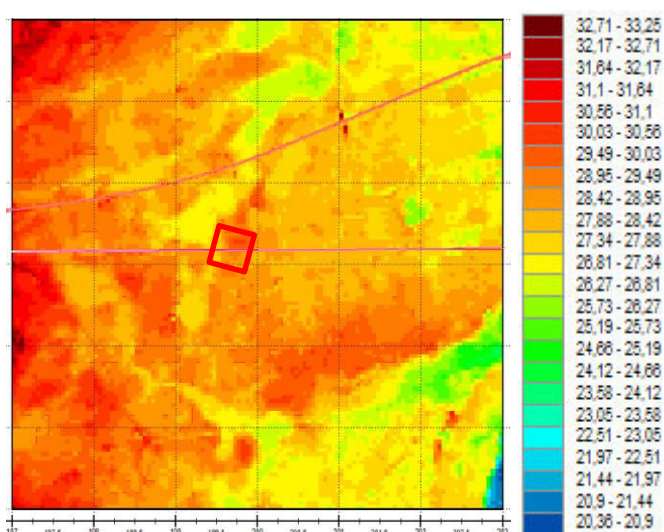
3.4 Bodemopbouw

Als in het model dezelfde west-oost doorsnede van de bodem gemaakt wordt als in de doorsnede van het geohydrologische model REGIS II v2.2.1 (zie Afbeelding 7) dan is de bodemopbouw ongeveer hetzelfde (zie Afbeelding 20). De doorsnede in het model heeft een lengte van ca. 6 km, zodat de bodemopbouw in het gehele modelgebied inzichtelijk is. De ligging van de doorsnede is weergegeven in Afbeelding 21. De bodemdoorsnede van Afbeelding 7 is meer gefixeerd op het projectgebied bij het buurtschap Tongerlo. De breuken zoals aangegeven in Afbeelding 18, zijn ook te zien in de doorsnede van Afbeelding 20, aangegeven met gele pijlen.

De bovenste circa 1,5 m in het westen van het projectgebied bestaan uit Holocene afzettingen. In het overige deel van het projectgebied bestaan de bovenste circa 5 m uit de Formatie van Boxtel. In het westen van het projectgebied is de Formatie van Boxtel aanwezig onder de Holocene afzettingen, met een dikte van circa 2 m. Vervolgens liggen door het gehele projectgebied en modelgebied zandige eenheden van de Formatie van Beegden en de Formatie van Breda. Alleen in het oosten van het modelgebied, ten oosten van de breuk van Sevenum, liggen kleiige en zandige eenheden van de Kiezeloöliet Formatie tussen de Formaties van Beegden en Breda.



Afbeelding 20 Bodemopbouw BASIS1 model west-oost doorsnede ter plekke van het modelgebied. De gele pijlen geven de ligging van de breuken aan.



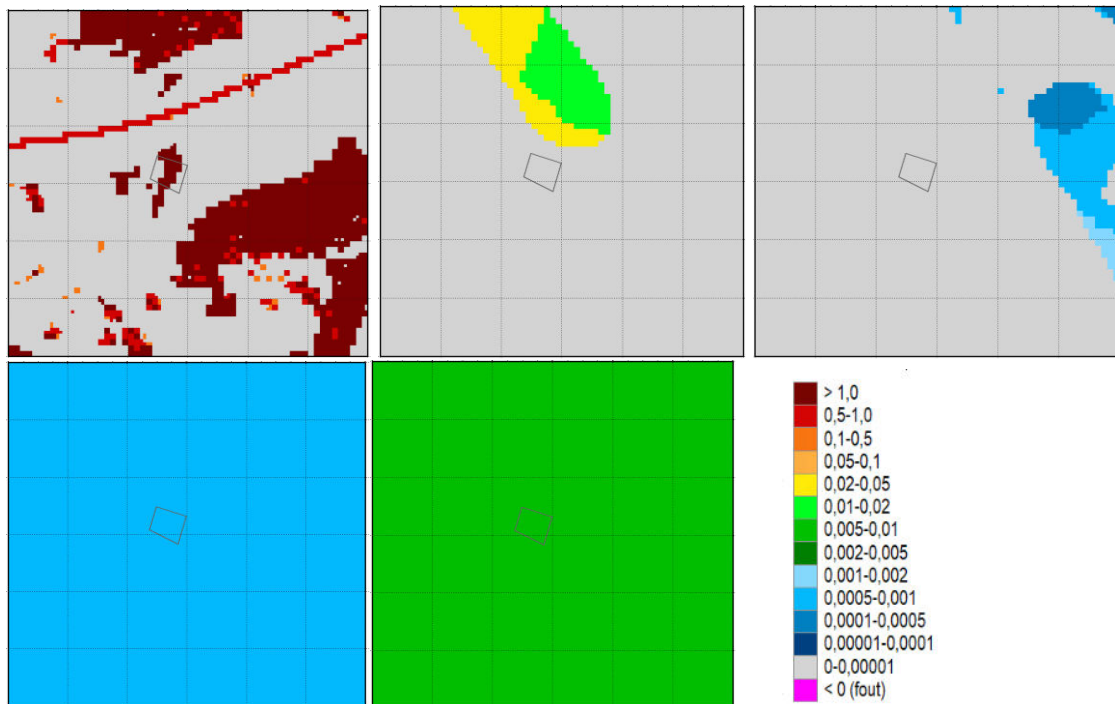
Afbeelding 21 Ligging doorsnede bodemopbouw BASIS1 model (roze lijn), inclusief maaiveldhoogte. De locatie van het projectgebied is globaal in rood weergegeven.

3.5 KVV en KHV in het model

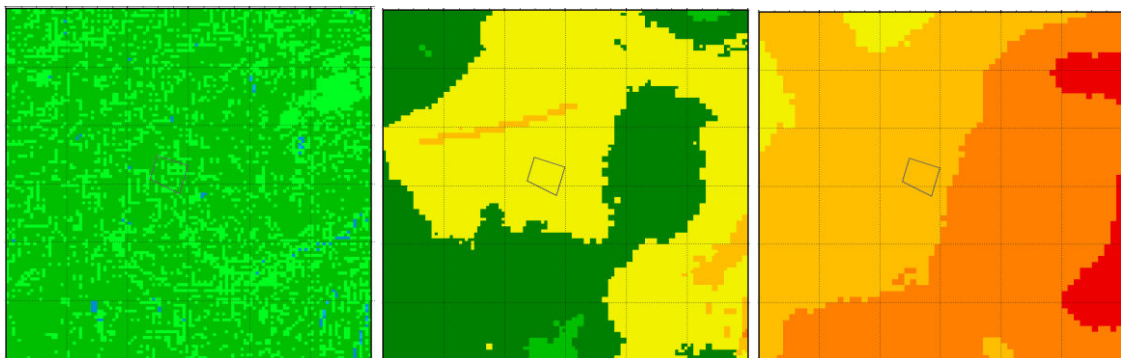
Afbeelding 22 en Afbeelding 23 tonen de verticale doorlatendheid (KVV in het model, in m/dag) en de horizontale doorlatendheid (KHV in het model, m/dag).

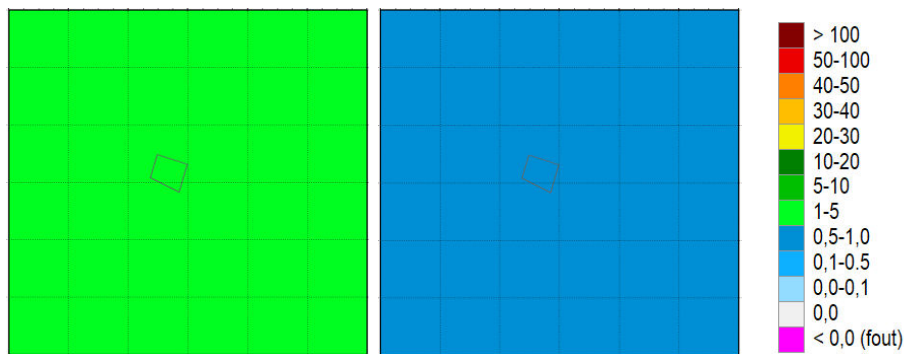
De grijze gebieden op de kaart van de verticale doorlatendheid hebben een waarde van 0. Dit betekent dat hier geen slecht doorlatende laag aanwezig is. Vanaf modellaag 4 is een vlakdekkende slecht doorlatende laag aanwezig in het model.

Afbeelding 23 toont aan dat, ter plaatse van het projectgebied, de horizontale doorlatendheid het grootst is in modellaag 3.



Afbeelding 22 BASIS1 model KVV (m/dag) laag 1 (linksboven), 2 (midden boven), 3 (rechtsboven), 4 (rechtsonder) en 5 (midden onder).





Afbeelding 23 BASIS1 model KHV (m/dag) laag 1 (linksboven), 2 (midden boven), 3 (rechtsboven), 4 (rechtsonder) en 5 (midden onder).

3.6 Breuklijnen

In het grondwatermodel zijn de 2^e oost Peelbreuk en de breuk van Sevenum niet expliciet als horizontaal flow barrier (HFB) opgenomen. Zoals beschreven in paragraaf 3.4, zijn de breuken wel te zien in de bodemopbouw van het model. Daarom wordt ervan uitgegaan dat de breuken correct in het model aanwezig zijn.

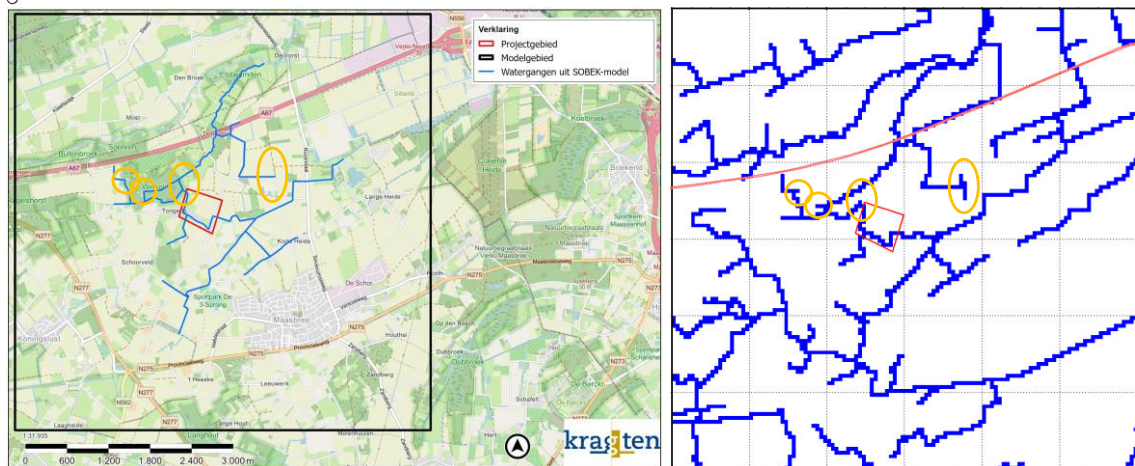
3.7 Oppervlaktewater in IBRAHYM

3.7.1 Vergelijking met het SOBEK-model

Het aangeleverde IBRAHYM-model heeft hetzelfde oppervlaktewatersysteem (qua primaire en secundaire waterlopen) als wat voor de LIWA in 2019 gebruikt is. Om na te gaan of het oppervlaktewatersysteem in IBRAHYM nog actueel is, is een vergelijking gemaakt met de ligging van oppervlaktewateren in het SOBEK-model.

3.7.1.1 Ligging van watersysteem

Qua ligging van de watergangen is het IBRAHYM-model op veel plekken actueel vergeleken met het SOBEK-model. Afbeelding 24 geeft enkele locaties weer waar er verschillen zijn tussen het IBRAHYM-model en het SOBEK-model. Voor het referentiescenario wordt daarom voor het oppervlaktewater het SOBEK-model als input gebruikt in het IBRAHYM-model.



Afbeelding 24 Het oppervlaktewatersysteem in het SOBEK model (links, aangeleverd door waterschap Limburg) en in IBRAHYM (rechts).

3.7.2 Conclusie

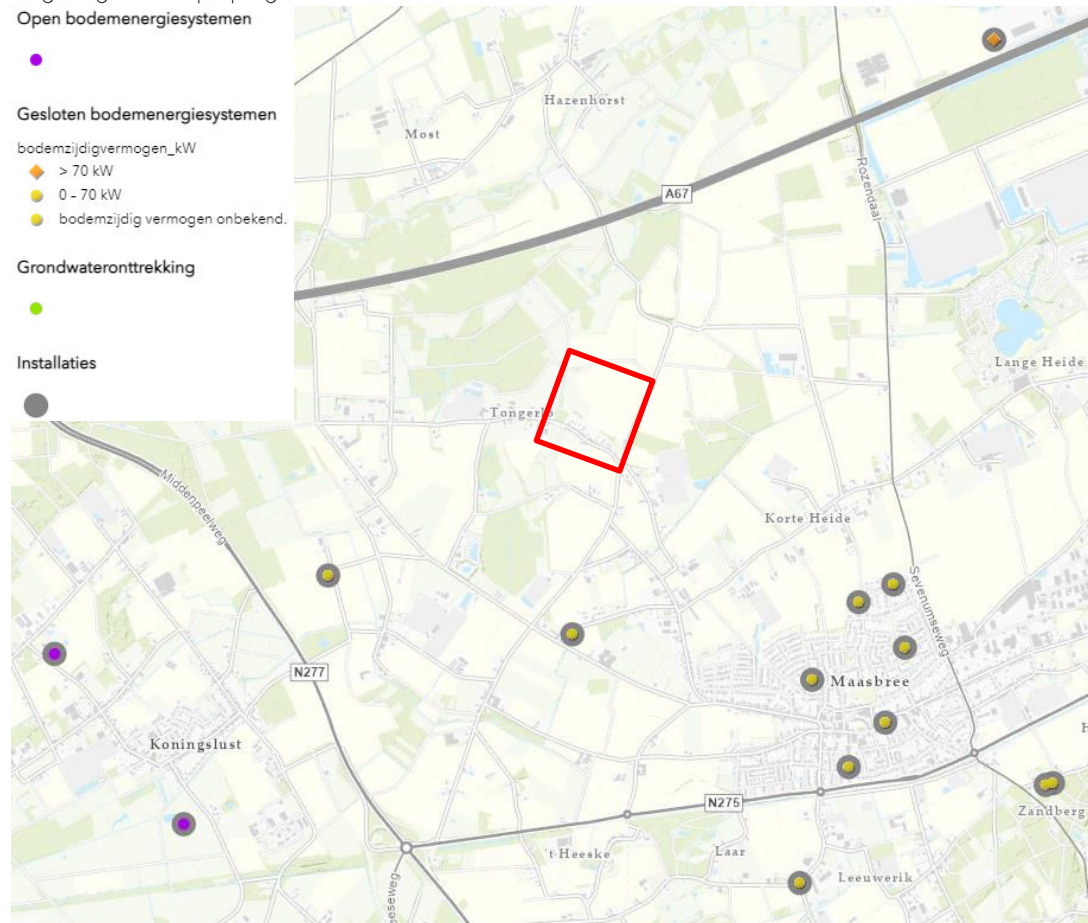
Qua ligging van de watergangen zijn er vier kleine verschillen tussen het IBRAHYM-model en het SOBEK-model. Voor het referentiescenario wordt voor het oppervlaktewater het SOBEK-model als input gebruikt in het IBRAHYM-model.

3.8 Onttrekkingen

Met behulp van de WKO-bodemtool is nagegaan of er zich in en rondom het projectgebied onttrekkingen bevinden. Door dit te vergelijken met het grondwatermodel wordt duidelijk welke onttrekkingen wel en niet in het model opgenomen zijn.

3.8.1 Onttrekkingen volgens de Provincie en de WKO-tool

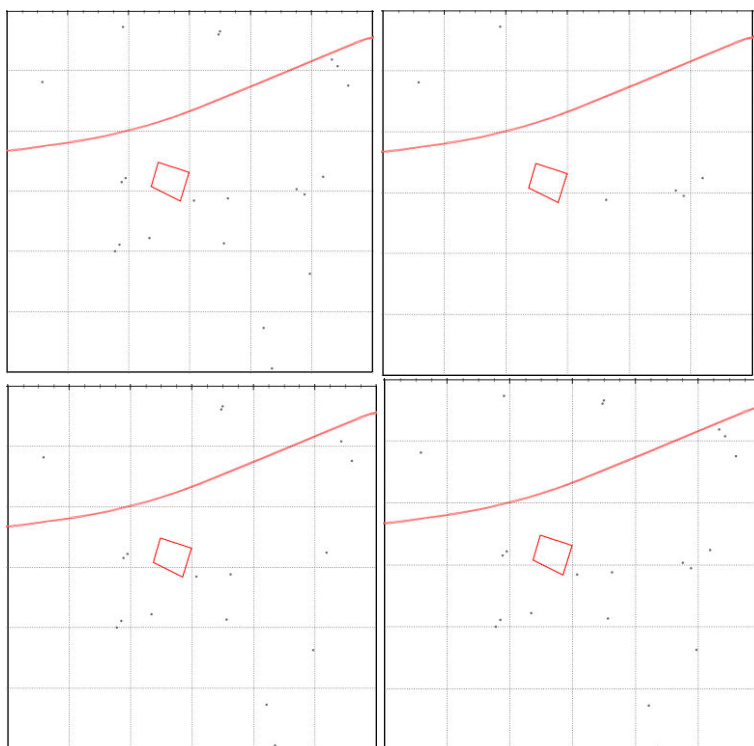
De WKO-bodemtool is geraadpleegd om eventuele grondwateronttrekkingen in de omgeving van het projectgebied inzichtelijk te krijgen. In Afbeelding 25 is te zien dat alleen open en gesloten bodemsystemen aanwezig zijn in de omgeving van het projectgebied. Grondwateronttrekkingen zijn niet aanwezig in de omgeving van het projectgebied.



Afbeelding 25 Grondwateronttrekkingen (groen) binnen modelgebied (bron: WKO-tool), projectgebied met rood omkaderd (globaal).

3.8.2 Onttrekkingen in IBRAHYM

Afbeelding 26 toont de onttrekkingen die in IBRAHYM zijn opgenomen. De beregeningslocaties zijn niet in de WKO-bodemtool (Afbeelding 25) opgenomen.



Afbeelding 26 Grondwateronttrekkingen voor de glastuinbouw in IBRAHYM, met de onttrekkingen in modellaag 1 (linksboven), modellaag 2 (rechtsboven), modellaag 3 (linksonder) en modellaag 4 (rechtsonder).

3.8.3 Conclusie

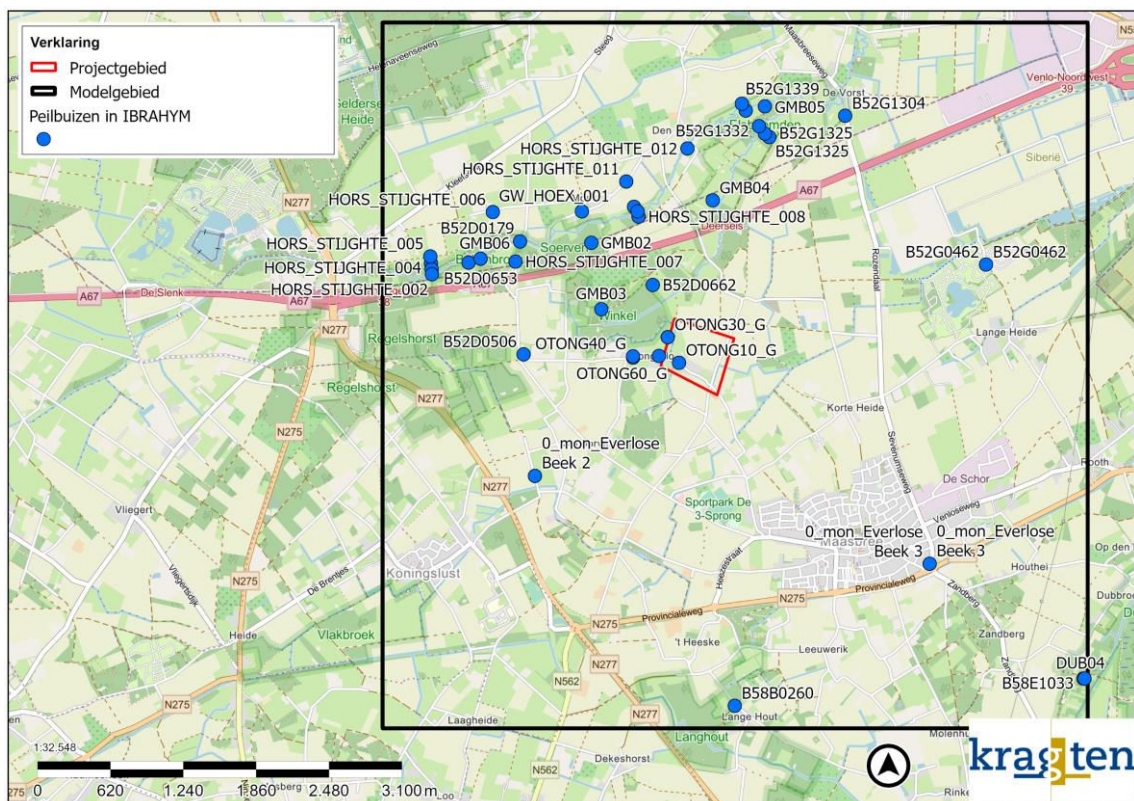
De onttrekkingen die op de kaart van WKC-tools staan, zijn ook in IBRAHYM opgenomen. Verder staan in IBRAHYM onttrekkingen voor de glastuinbouw die niet op de kaart van WKC-tools staan. Het model is actueel en hoeft niet geactualiseerd te worden.

3.9 Toetsing berekende grondwaterstanden

3.9.1 Validatieset peilbuizen

De berekende grondwaterstanden worden getoetst aan de hand van gemeten grondwaterstanden in peilbuizen binnen het modelgebied. Daarvoor is gebruik gemaakt van een set peilbuizen die samengesteld is in het kader van de ontwikkeling van IBRAHYM versie 3 (IBRAHYM3; modelopzet, workflows en kalibratie, RHDHV & Sweco, 30 november 2023). In deze ontwikkeling is een kalibratieset opgesteld en een validatieset. Binnen de kalibratieset zijn alleen de goede meetreeksen (o.b.v. criteria) binnen Limburg opgenomen. Alle goede en minder goede meetreeksen buiten Limburg en de minder goede meetreeksen binnen Limburg zitten in de validatieset. Om zoveel mogelijk peilbuizen dichtbij het projectgebied te hebben, zijn beide sets meegenomen in de validatie van het model.

Binnen de modelbegrenzing zijn 38 peilbuizen aanwezig in IBRAHYM, waarvan sommige peilbuizen meerdere filters hebben, zie Afbeelding 27.



4 AANGELEVERD MODEL

4.1 Beoordeling deelmodel en modelrand

De modelranden dienen ver genoeg weg te liggen van het projectgebied om beïnvloeding van de modelresultaten door de randen te voorkomen. De resultaten van het uitgangsmodel (uitsnede) zijn vergeleken met het totale model. Deze resultaten kwamen goed overeen.

Verder is de grondwaterstand op de rand met 1 meter verhoogd om de gevoeligheid van de rand te onderzoeken en om te bepalen of dit effect heeft op de grondwaterstand in het focusgebied (het projectgebied). In het focusgebied is voor een groot deel geen verhoging van het grondwater zichtbaar en voor een klein deel 5 tot 10 cm verhoging. Gezien de maatregelen (aanleg nieuwe watergang en verplaatsen en vernieuwen van een gemaal) is de verwachting dat de effecten van de maatregelen in het toekomstscenario niet tot aan de randen zullen reiken.

4.2 Resultaten initiële modelrun

De resultaten van het aangeleverde model (BASIS1-model) worden in bijlage B2 getoond. Opgenomen zijn de volgende kaarten:

- Gemiddelde grondwaterstand (deklaag);
- GHG (deklaag);
- GLG (deklaag).

Alle kaarten zijn t.o.v. NAP en t.o.v. maaiveld.

4.2.1 Gemiddeld grondwater

Afbeelding 44 en Afbeelding 45 (bijlage B2) tonen de gemiddelde grondwaterstand in het modelgebied van laag 1 (de deklaag). In het noordwesten van het modelgebied ligt de gemiddelde grondwaterstand op ongeveer NAP +29,8 m en in het zuidoosten op NAP +20,7 m. Ter plaatse van het projectgebied is de gemiddelde grondwaterstand ongeveer NAP+26,8 m. Deze waarde ligt tussen de hoogtes van GHG en GLG die bepaald zijn tijdens de literatuurstudie (paragraaf 2.6.3). De gemiddelde grondwaterstand uit het aangeleverde model komt dus goed overeen met bevindingen uit de literatuurstudie.

4.2.2 GHG en GLG

De GHG en GLG zijn bepaald voor de periode van 2005 – 2020 (Afbeelding 46 - Afbeelding 49 (bijlage B2)). Zie Tabel 3 voor een vergelijking van de gemeten en gemodelleerde GHG en GLG van het aangeleverde model ter plekke van 3 peilbuizen. De gemodelleerde GHG en GLG komen goed overeen met gemeten waarden.

Tabel 3 Vergelijking tussen gemeten en gemodelleerde GHG en GLG van het aangeleverde model ter plekke van 3 peilbuizen.

Peilbuis	GHG (m +NAP)		GLG (m +NAP)	
	Gemeten	Gemodelleerd	Gemeten	Gemodelleerd
B52D0030 (noord)	26,4	26,2	25,6	25,8
B52D1834 (midden)	27,3	27,4	26,8	26,7
B58B0260 (zuid)	26,7	26,6	25,8	26,0

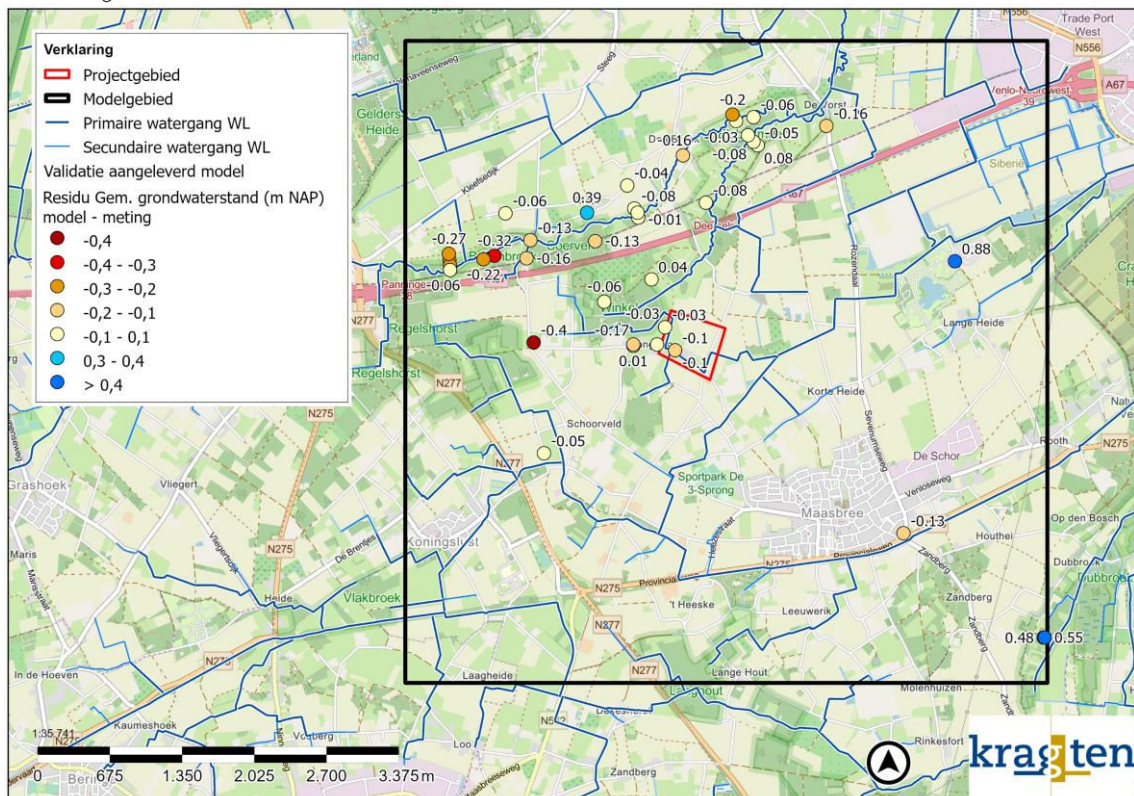
Modelvalidatie

Het aangeleverde model is gevalideerd op de volgende aspecten:

- Voor de meetreeksen is de gemiddelde grondwaterstand afgeleid en vergeleken met de gemodelleerde waarden.
- Het vergelijken van de gemodelleerde en gemeten meetreeksen. Dit is een visuele inspectie die veelal bijdraagt aan meer inzicht in geconstateerde verschillen tussen meting en model.

4.3.1 Gemiddelde waterstand

Afbeelding 28 toont het verschil in de gemiddelde waterstand van het aangeleverde model tussen het model en de metingen. Over het algemeen presteert het model goed (vrijwel overal zijn de afwijkingen kleiner dan 30 cm). In en rondom het projectgebied presteert het model zeer goed. 6 peilbuizen hebben afwijkingen groter dan 30 cm. Hiervan zijn drie peilbuizen gelegen bij de modelrand. Locaties van de peilbuizen zijn afgebeeld in Afbeelding 27.

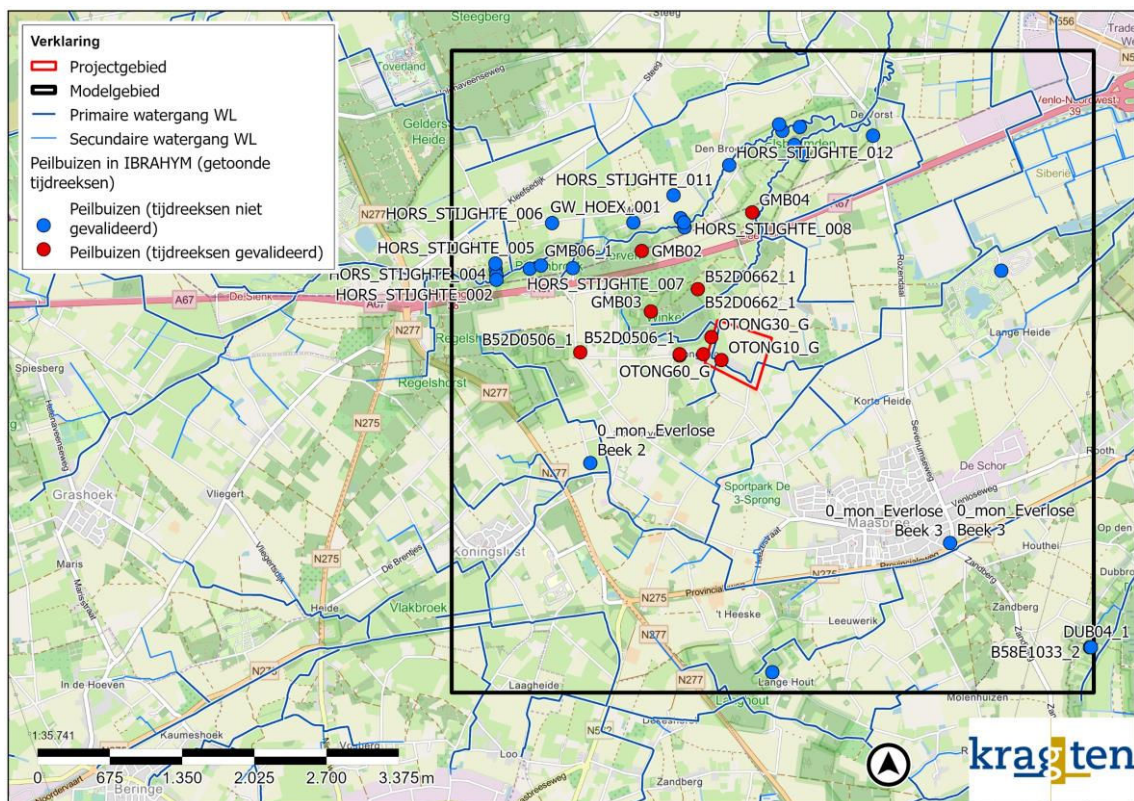


Abbeelding 28 Residu gemiddeld grondwater (in m) in het aangeleverde model (BASIS1).

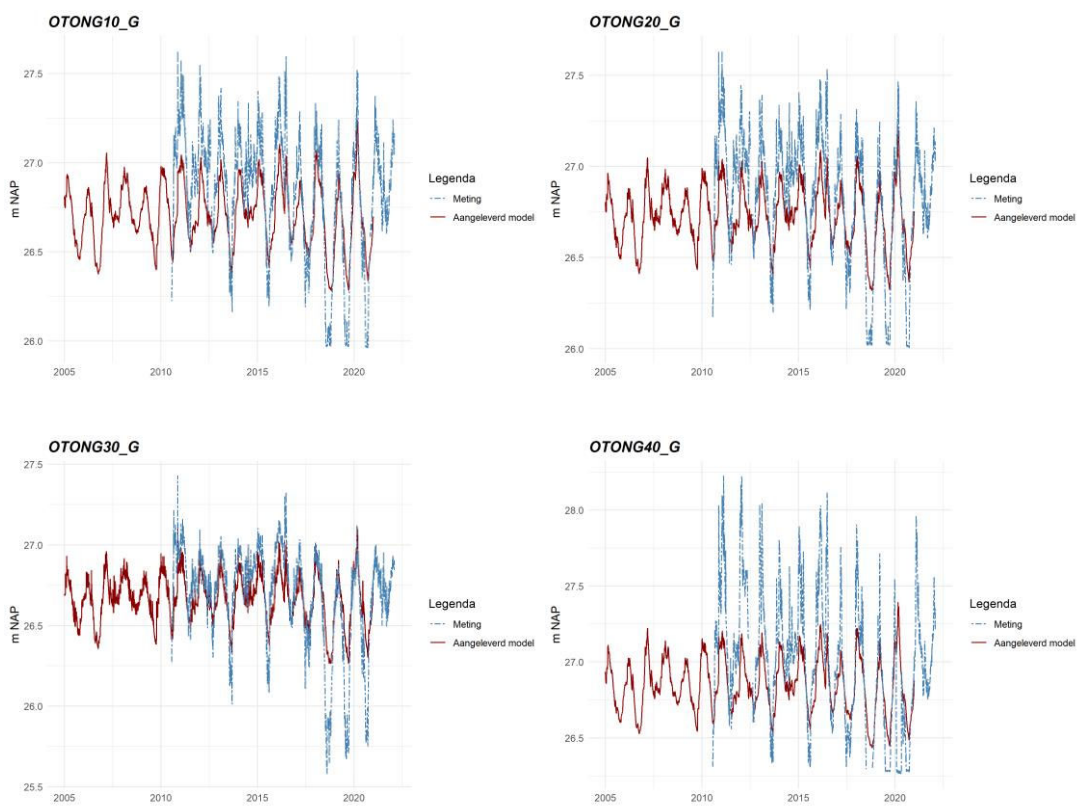
4.3.2 Tijdreeksen

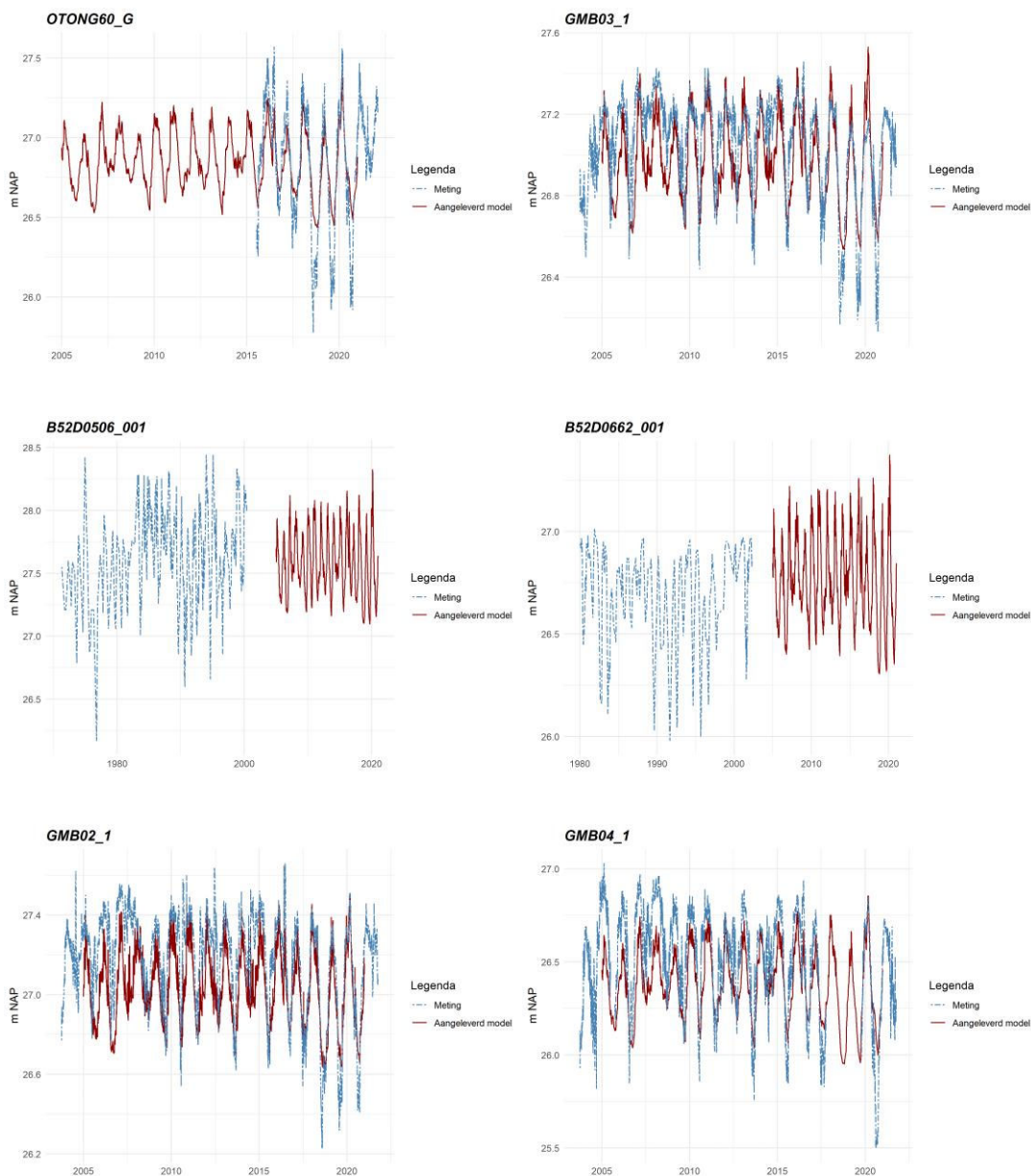
Van de peilbuizen zijn de verschillen tussen de meetreeksen en de berekende grondwaterstanden van het aangeleverde model opgenomen. Hierbij zijn de metingen in **blauw** weergegeven en de modelberekeningen in **rood** (2005-2020). Uit de tijdreeksen kan het volgende geconcludeerd worden (zie Afbeelding 30):

- De ordegrrootte van het grondwater in het model komt goed overeen met de metingen;
- De dynamiek in het model is bij een aantal peilbuizen lager dan bij de metingen. De pieken zijn ordegrrootte circa 0,2 – 1 m lager in het model;
- Peilbuizen OTONG30_G, OTONG60_G, GMB03_1, GMB02_1 en GMB04_1 (locatie peilbuizen, zie Afbeelding 29) liggen qua orde van grrootte wel goed en de gemodelleerde pieken komen in de buurt van de gemeten pieken.



Afbeelding 29 Ligging peilbuizen waarvan tijdreeksen zijn gemaakt.





Afbeelding 30 Tijdreeksen van het aangeleverde model.

4.3.3 Conclusie toepasbaarheid model

Rondom het projectgebied zijn voldoende peilbuizen aanwezig voor de validatie van het model. Wat betreft de gemiddelde waterstand presteert het model rondom het projectgebied goed (de meeste afwijkingen zijn kleiner dan 30 cm). Visuele inspectie van de gemodelleerde en gemeten grondwaterstanden bevestigen dat het model qua orde grootte goed presteert en wat betreft de dynamiek redelijk goed presteert, al is de dynamiek bij een aantal peilbuizen te laag; de gemeten pieken zijn hoger en de gemeten dalen zijn lager dan het model. Dit betekent dat de GHG en de GLG van het model minder betrouwbaar zijn dan de gemiddelde waterstand van het model. Er is geen trend te zien tussen de prestaties van het model en de afstand van peilbuizen ten opzichte van waterlopen en bovendien liggen goede en minder goede peilbuizen dicht bij elkaar, waardoor kalibreren moeilijk is.

Gezien het doel van de modellering (betrouwbare scenario-/effectberekeningen rondom de verandering van de waterloop Tongerlo uitvoeren) en het feit dat het model binnen het projectgebied redelijk goed lijkt te presteren, is het model geschikt voor de modellering zonder kalibratie uit te voeren.

5 ACTUALISATIE

Voor het berekenen van de effecten van het ontwerp is het belangrijk dat de huidige situatie precies hetzelfde in het oppervlaktewater en in het grondwatermodel staat. Hierom is het IBRAHYM-model aangevuld met de bestaande situatie vanuit het SOBEK-model (TONGERLO.lit). Deze actualisatie vanuit SOBEK vormt het referentiemodel.

5.1 Actualisatie vanuit het SOBEK-model

Het aangeleverde grondwatermodel heeft hetzelfde oppervlaktewatersysteem (qua primaire en secundaire waterlopen) als wat voor de LIWA in 2019 gebruikt is. Vanuit het SOBEK-model is voor dit project een geactualiseerd en gevalideerd oppervlaktewatermodel aangeleverd. Dit geeft voor de gehele modelperiode (van IBRAHYM) een representatief beeld van de waterstanden. In de actualisatie van IBRAHYM zijn de bodemhoogtes en de waterpeilen van de watergangen rondom het projectgebied aangepast.

5.2 Resultaten actualisatie

De resultaten van het geactualiseerd model worden in bijlage B3 getoond. Opgenomen zijn de volgende kaarten:

- Gemiddelde grondwaterstand (deklaag);
- GHG (deklaag);
- GLG (deklaag).

Alle kaarten zijn t.o.v. NAP en t.o.v. maaiveld.

6 NIEUWE SITUATIE

6.1 Aanpassingen in de nieuwe situatie

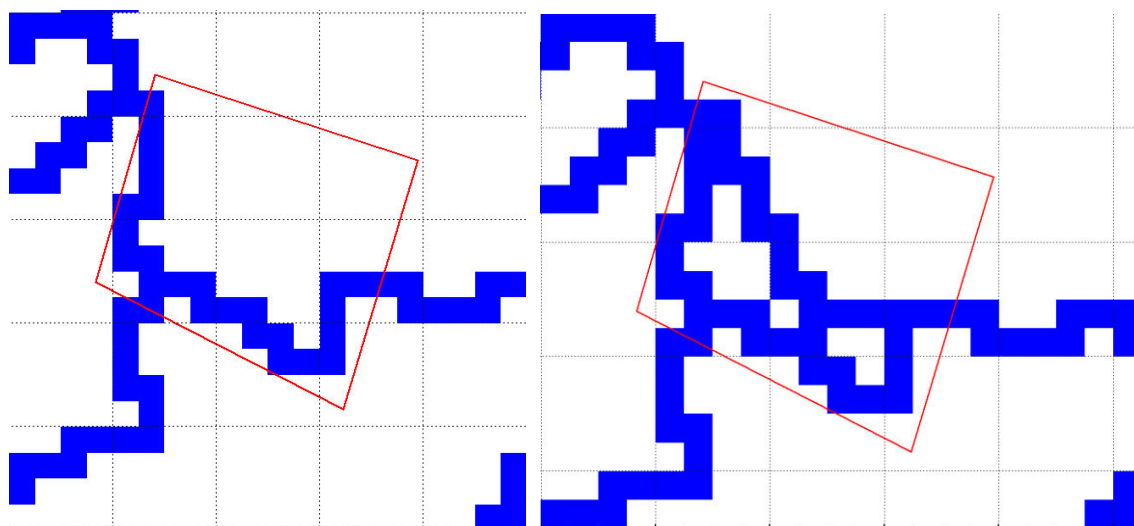
Afbeelding 31 laat zien waar de nieuwe loop van Tongerlo gaat stromen. De huidige watergangen zullen intact blijven. Daarnaast is ook de locatie van het nieuwe gemaal te zien.



Afbeelding 31 Aanpassingen aan beekloop en de locatie van het nieuwe gemaal.

6.2 Modelaanpassingen

Voor de effectbepaling is de beekloop in het model aangepast aan de hand van input uit het SOBEK model. Afbeelding 32 toont de actualisatie in het model. Zichtbaar is de nieuwe waterloop.



Afbeelding 32 Waterlopen in IBRAHYM in het referentiemodel (links) en in de nieuwe situatie (rechts)

6.3 Resultaten verlegging beekloop

De resultaten van het model voor de nieuwe situatie worden in bijlage B4 getoond. Opgenomen zijn de volgende kaarten:

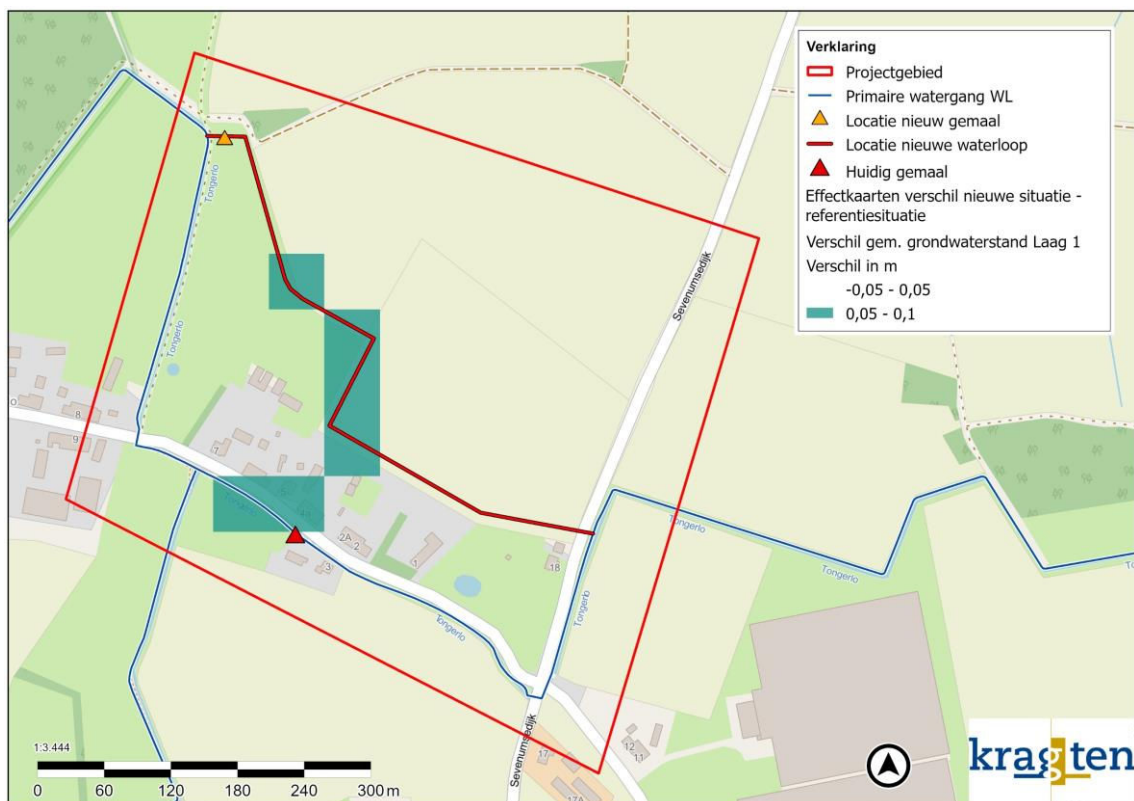
- Gemiddelde grondwaterstand (deklaag)
- GHG (deklaag)
- GLG (deklaag)

Alle kaarten zijn t.o.v. NAP en t.o.v. maaiveld.

6.4 Verschil met referentiescenario (geactualiseerde model)

6.4.1 Gemiddeld grondwater

Het verschil van de gemiddelde grondwaterstand tussen de nieuwe situatie en referentiesituatie is bepaald in Afbeelding 33. De gemiddelde grondwaterstand neemt in de nieuwe situatie ten opzichte van de referentiesituatie neemt zeer lokaal 5-10 cm toe rondom de nieuwe loop en net bovenstrooms van het huidige gemaal.



Afbeelding 33 Verschil in gemiddelde grondwaterstand (in m) tussen de nieuwe situatie en referentiesituatie.

6.4.2 GHG en GLG

Het verschil van de GHG en GLG tussen de nieuwe situatie en referentiesituatie ten opzichte van NAP zijn bepaald voor de periode van 2005 – 2020 (Afbeelding 34 en Afbeelding 35). De GHG neemt zeer lokaal tussen 5-10 cm toe net bovenstrooms van het huidige gemaal.

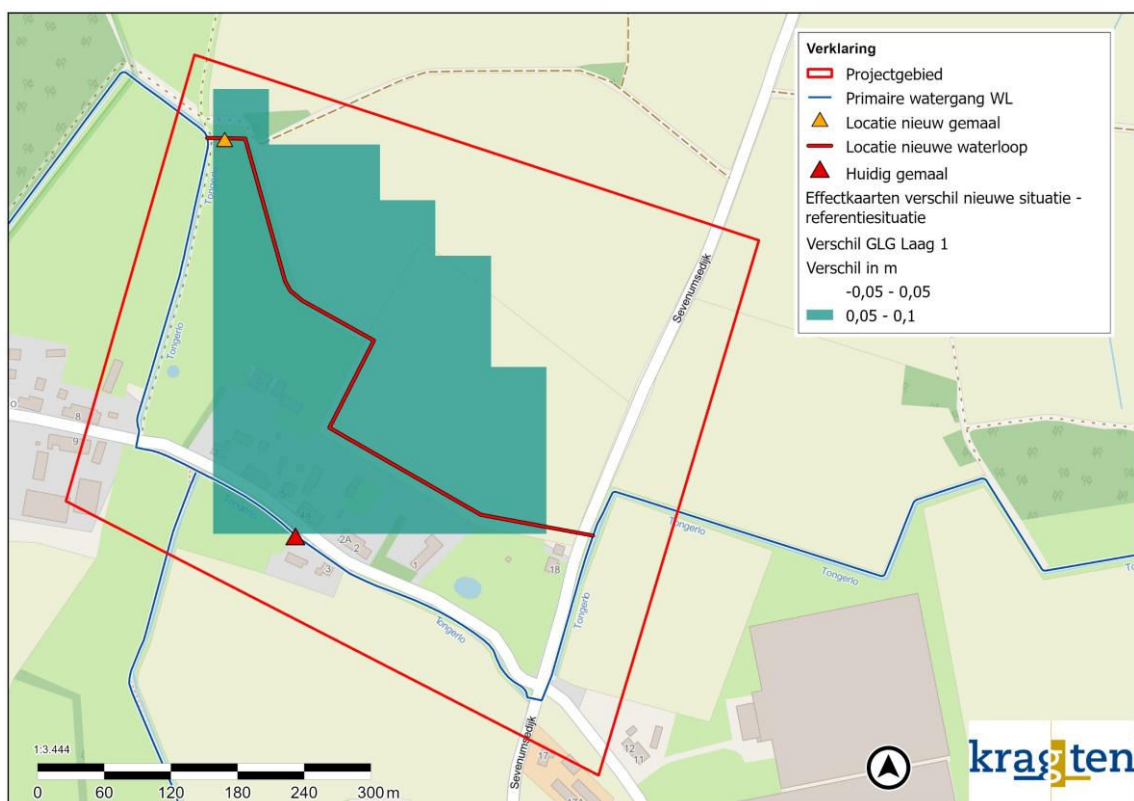
De GLG neemt toe rondom de nieuwe loop voor de nieuwe situatie ten opzichte van de referentiesituatie. Deze toename van 5-10 cm strekt zich uit tot maximaal 150 m van de nieuwe loop. Deze grondwaterstandsverhoging strekt zich uit over drie soorten landgebruik: grasland, akkerland (bloembollen) en bebouwing in het buitengebied. Zoals beschreven in paragraaf 2.3, hanteert Waterschap Limburg voor verschillende soorten landgebruik een norm van een minimale ontwateringsdiepte. Grasland heeft een minimale ontwateringsdiepte van 30 cm en akkerbouw van 50 cm. Bebouwing in het buitengebied heeft geen norm, hiervoor wordt de ontwateringsdiepte van omliggende landgebruiken aangehouden. Daarom wordt voor de bebouwing ook een minimale ontwateringsdiepte van 50 cm gehanteerd. In Tabel 4 staat de minimale en maximale ontwatering per soort landgebruik in de nieuwe en oude situatie. Hieruit valt op te maken dat in de nieuwe situatie aan alle normen voor de ontwateringsdiepte wordt voldaan. Dus ook de berekende grondwaterstandsverhoging van 5-10 cm heeft geen negatief effect op de normen van de ontwateringsdiepte.

Tabel 4 Minimale en maximale ontwateringsdiepte (m -mv) in de nieuwe en oude situatie.

Grondwatersituatie	Grasland		Akkerland (bloembollen)		Bebouwing buitengebied	
	Nieuw	Oud	Nieuw	Oud	Nieuw	Oud
GHG (m -mv)	0,3-1,6	0,3-1,7	0,8-3,0	0,8-3,0	0,8-1,9	0,8-1,9
GLG (m -mv)	0,6-2,1	0,7-2,2	1,2-3,5	1,3-3,6	1,2-2,2	1,2-2,2
Gemiddelde grondwaterstand (m -mv)	0,4-1,8	0,4-1,9	1,0-3,2	1,0-3,2	0,9-2,0	1,0-2,1



Afbeelding 34 Verschil in GHG (in m) tussen de nieuwe situatie en referentiesituatie.



Afbeelding 35 Verschil in GLG (in m) tussen de nieuwe situatie en referentiesituatie.

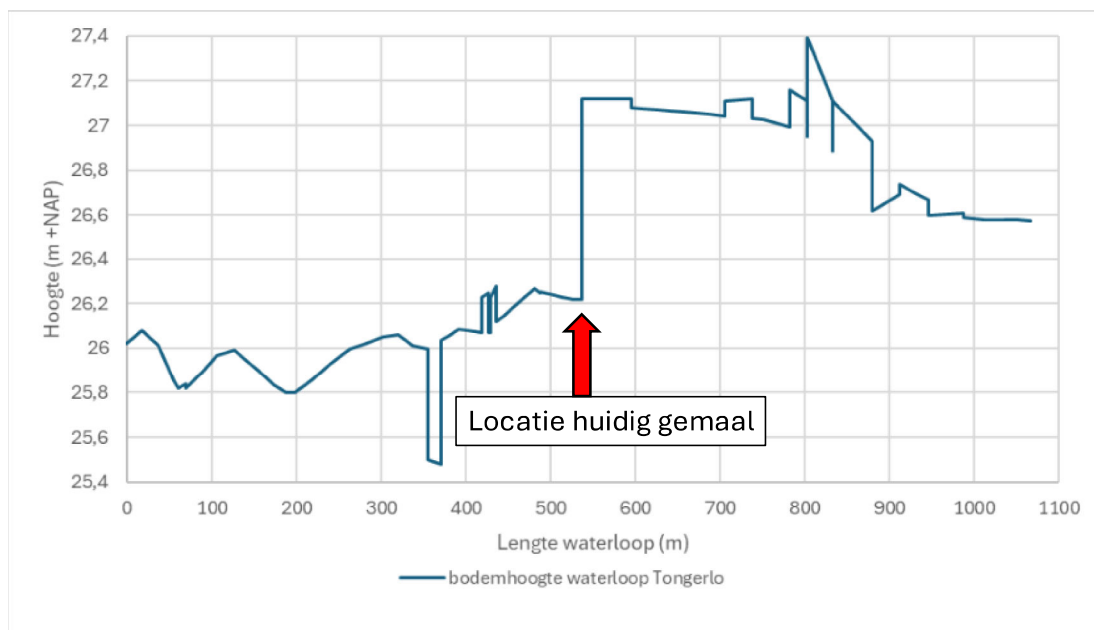
6.5 Verklaring van effecten

De verschilkaarten (Afbeelding 33, Afbeelding 34 en Afbeelding 35) tonen aan dat rondom de nieuwe loop en net bovenstrooms van het huidige (in de nieuwe situatie verwijderde) gemaal een grondwaterstandsverhoging van 5-10 cm optreedt. Voor de GHG is de omvang het kleinst, waar rondom de nieuwe loop geen effecten te zien zijn, maar alleen net bovenstrooms van het huidige gemaal. Voor de GLG-situatie is de omvang van de grondwaterstandsverhoging het grootst. Ook voor de GLG-situatie is de toename maximaal 5-10 cm. Tabel 4 laat zien dat de grondwaterstandsverhoging niet leidt tot nadelige effecten voor de GHG, GLG en de gemiddelde grondwaterstand. In onderstaande paragrafen worden de effecten nader toegelicht. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de effecten als gevolg van het verwijderen van het huidige gemaal en de effecten die worden veroorzaakt door de aanleg van de nieuwe waterloop en het nieuwe gemaal.

6.5.1 Effecten van verwijderen huidige gemaal

Op de locatie van het huidige gemaal is in de bodem van de waterloop Tongerlo een sprong van circa 0,9 m aanwezig, zie Afbeelding 36. Zonder hulp van het gemaal zal het water niet over deze drempel stromen naar het oosten en vindt er lokaal opstuwing plaats van oppervlaktewater bovenstrooms van het gemaal. Dit werkt door naar het grondwater. De oppervlaktewaterstandsverhoging is maximaal 6 cm in de zomer en 1 cm in de winter. Dit leidt tot een grondwaterstandsstijging van 5-10 cm net bovenstrooms van het gemaal voor een gebied van ongeveer 50 m bij 50 m. Dit zeer beperkte nadelige effect kan worden gecompenseerd door bijsturing van het streefpeil van het nieuwe gemaal.

Het verwijderen van het gemaal resulteert in lagere waterstanden benedenstrooms van het gemaal, omdat geen water meer verpompt wordt over de "drempel" (zie Afbeelding 36) in de waterloop. Dit resulteert echter niet in een significante grondwaterstandsval.



Afbeelding 36 Lengteprofiel van de bodemhoogte van waterloop Tongerlo, met de locatie van het huidige gemaal.

6.5.2 Effecten van nieuwe loop en nieuw gemaal

Op de effectenkaarten van paragraaf 6.4 is te zien dat de grondwaterstanden 5-10 cm stijgen rondom de nieuwe loop. Voor een GLG-situatie is de omvang van de grondwaterstandsverhoging het grootst ten opzichte van de referentiesituatie. Dit wordt veroorzaakt door de infiltratie ter plaatse van de nieuwe loop. Als de oppervlaktewaterstand in de waterloop hoger is dan de lokale grondwaterstand, vindt er infiltratie plaats. In

Afbeelding 37-Afbeelding 40 zijn kaarten opgenomen die het verschil tussen oppervlaktewaterstanden in de waterloop met verschillende grondwaterstanden (GHG, GLG en gemiddelde grondwaterstand) weergeven. Op de kaarten is te zien dat voor de oppervlaktewaterstanden in de nieuwe loop bij een afvoer van 50% van de maatgevende afvoer (Q50) hoger zijn dan de GHG, met een maximaal verschil van 0,24 m (Afbeelding 37). Bij een Q20 (20% MA) zijn de oppervlaktewaterstanden in de nieuwe loop maar voor een klein deel hoger dan de GHG. De oppervlaktewaterstanden van een Q20 zijn hoger dan de GLG voor de gehele nieuwe loop, met een maximaal verschil van 0,59 m (Afbeelding 39). De gemiddelde oppervlaktewaterstand van een Q20 en Q50 in de nieuwe waterloop is ook hoger dan de gemiddelde grondwaterstand, met een maximaal verschil van 0,37 m (Afbeelding 40). Dit betekent dat in deze drie situaties de nieuwe waterloop water infiltreert naar het grondwater. Hierdoor vindt de grondwaterstandsverhoging plaats. Echter, in de GHG situatie is deze infiltratie zo gering dat de grondwaterstandsverhoging niet zichtbaar is.

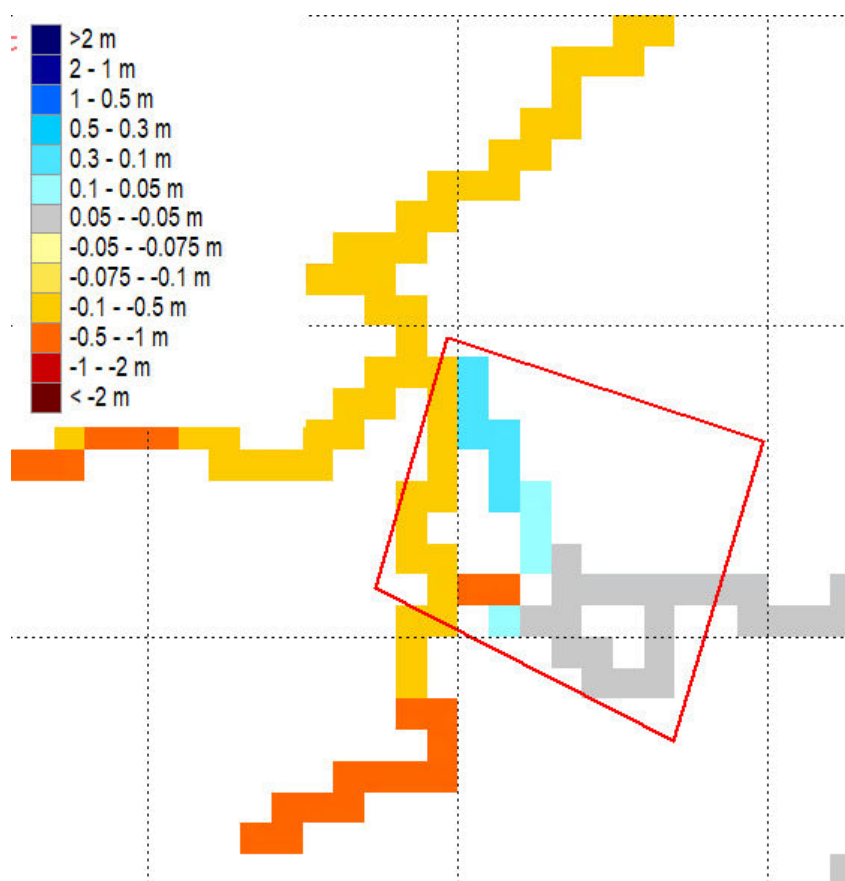
Tijdens zeer lage waterstanden in de waterloop (<Q20) en een hoge grondwaterstand (GHG) kan de waterloop voor een drainerend effect zorgen. Echter, de kans dat een GHG situatie tegelijkertijd voorkomt met een zeer lage oppervlaktewaterstand in de waterloop is zeer gering.

De verschillen tussen de Q20 en de GLG zijn het grootst. Dit correspondeert met de resultaten van paragraaf 6.4, waar de GLG-situatie de grootste omvang van de grondwaterstandstoename kent. Zoals beschreven in paragraaf 6.4 zorgen de grondwaterstandsverhogingen niet voor een overschrijding van de minimale ontwateringsdiepten voor de verschillende soorten landgebruik in het projectgebied. De grondwaterstandsverhoging van 5-10 cm veroorzaakt dus geen nadelig effect.

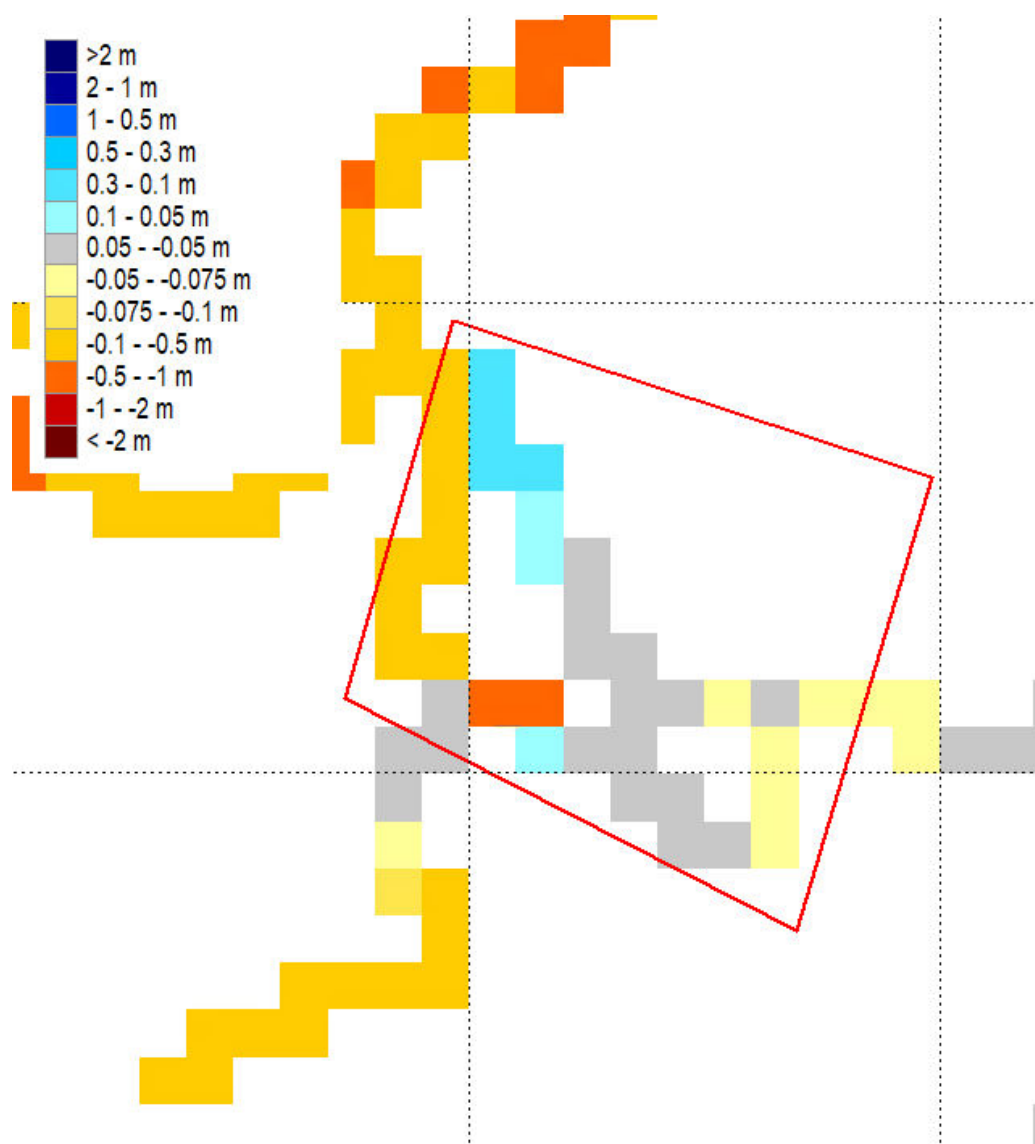
Daarmee is de conclusie gerechtvaardigd dat de beperkte grondwaterstandsverhogingen met name veroorzaakt door infiltratie vanuit de nieuwe waterloop geen nadelig effect opleveren. De effecten van het verwijderen van het huidige gemaal op de grondwaterstanden zijn daarnaast zeer beperkt.

Om de effecten verder te mitigeren wordt voorgesteld om:

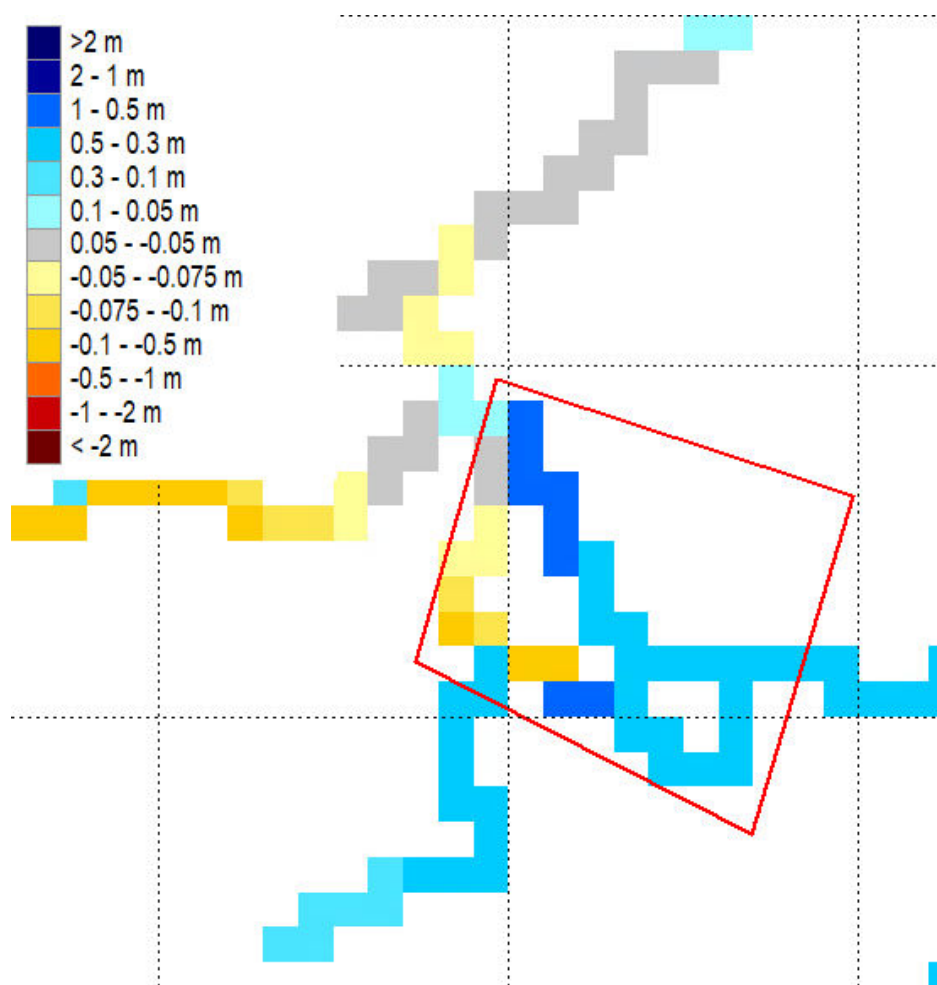
1. de beekbodem van de nieuwe waterloop te voorzien van een slecht doorlatende laag zodat de infiltratie wordt gereduceerd;
2. en om in het vizeelgemaal de mogelijkheid in te bouwen het peil in de waterloop verder te verlagen dan in de hydraulische uitgangspunten is bepaald. Door deze mogelijkheid in te bouwen om het peil in de bestaande waterloop met nog 20 cm extra te verlagen ontstaat een robuuste mogelijkheid om een mogelijk optredend negatief effect te mitigeren.



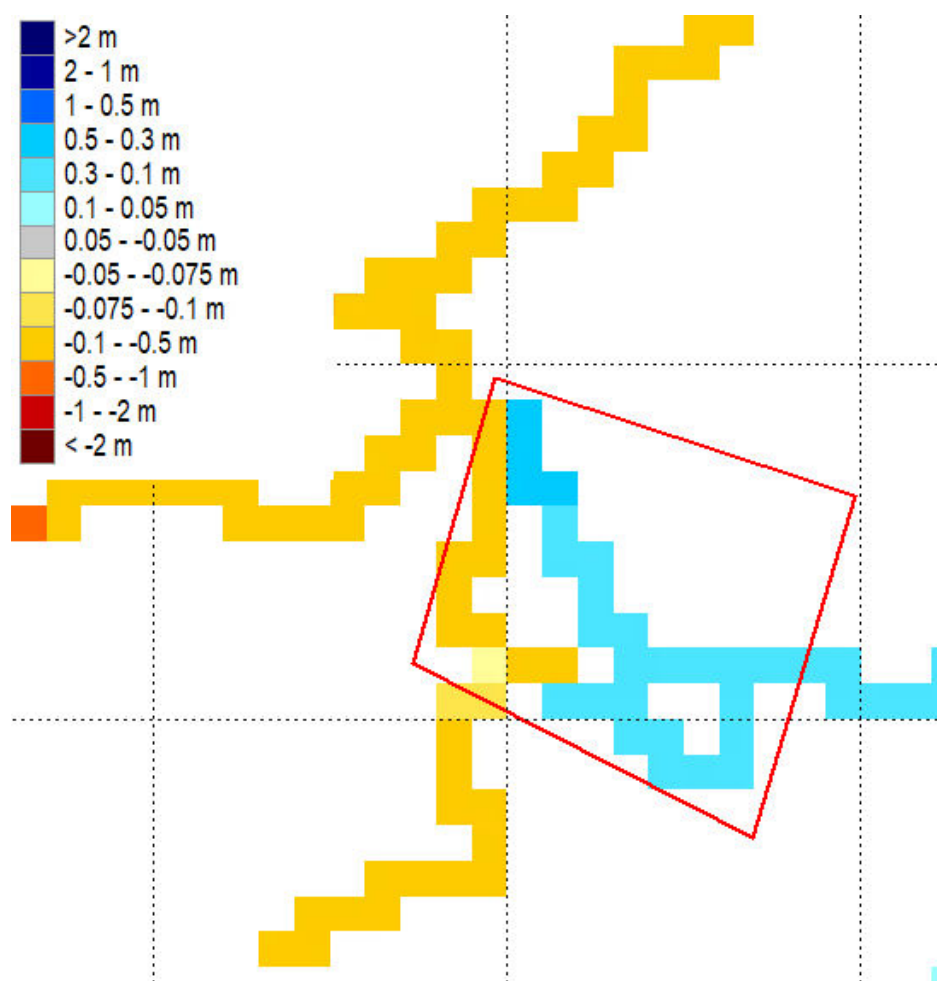
Afbeelding 37 Waterstand voor een Q50 (=50% MA) ten opzichte van de GHG (waterstand bij Q50 - GHG).



Afbeelding 38 Waterstand voor een Q20 (=20% MA) ten opzichte van de GHG (waterstand bij Q20 – GHG).



Afbeelding 39 Waterstand voor een Q20 (=20% MA) ten opzichte van de GLG (waterstand bij Q20 – GLG).



Afbeelding 40 Gemiddelde waterstand van een Q20 en Q50 ten opzichte van de gemiddelde grondwaterstand (gemiddelde waterstand – gemiddelde grondwaterstand).

7 CONCLUSIE

Waterschap Limburg wil het gemaal Tongerlo verplaatsen en een nieuwe waterloop aan leggen. Het doel hiervan is de waterloop beter bestand te maken tegen veranderingen in het klimaat. Ook wil Waterschap Limburg zorgen voor:

- een betere doorstroming van water naar het gemaal;
- het verminderen van verzakkingen van de oevers langs de watergang;
- het verkleinen van de kans dat het gemaal te vaak in- en uitschakelt (wat goed is voor de levensduur van het gemaal);
- en het vergroten van de capaciteit van het gemaal om bij extreme weersomstandigheden meer water af te kunnen voeren.

Om te begrijpen wat de gevolgen hiervan zijn voor het grondwater, is er een grondwatermodellering uitgevoerd. Voor de modellering van de effecten op het grondwater is gebruikt de regionale grondwatermodel IBRAHYM (versie 3.0.1, d.d. 30-11-2023). Door het model te vergelijken met de gemeten grondwaterstanden, blijkt dat het model goed overeenkomt met de werkelijke situatie.

Eerst hebben we een berekening van het oppervlaktewater uitgevoerd. Het oppervlaktewater heeft namelijk invloed op het grondwaterpeil. Daarna is het grondwatermodel aangepast door de bestaande situatie van het oppervlaktewater toe te voegen. Deze bestaande situatie is vervolgens doorgerekend. Daarna hebben we de nieuwe situatie doorgerekend. Vervolgens zijn de resultaten van de bestaande situatie vergeleken met de resultaten van de toekomstige situatie, zodat we de effecten kunnen beoordelen.

Uit de effectenstudie blijkt dat de er sprake is van een zeer beperkte stijging van het grondwater in bepaalde situaties. Verderop in deze toelichting leggen we uit waarom u weinig zult merken van deze lichte stijging, wat de gevolgen zijn en waar deze plaatsvinden. De uitgevoerde berekeningen geven een verschil van 5 tot 10 cm.

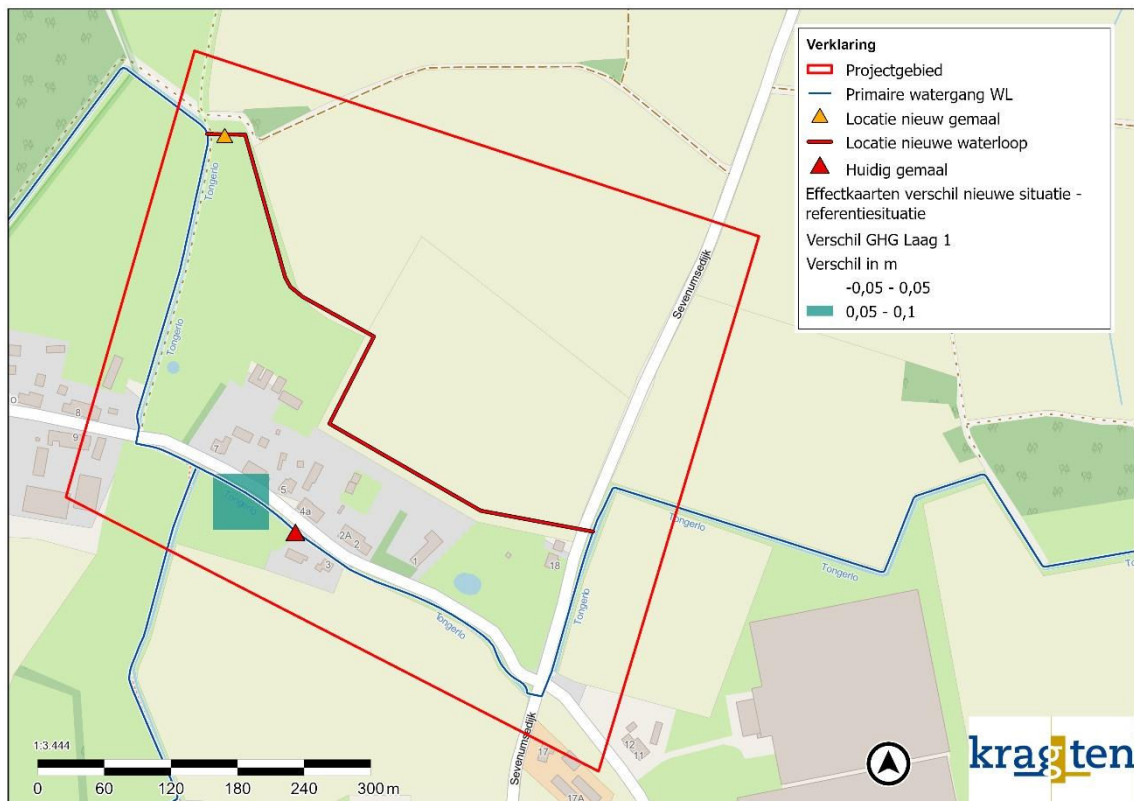
Hieronder lichten we de berekende wijzigingen in de grondwaterstanden toe. We onderscheiden drie situaties: de laagste grondwaterstand, gemiddelde grondwaterstand en hoogste grondwaterstand.

Hoogste grondwaterstand

Op de afbeelding hieronder (Afbeelding 41) zijn de effecten te zien voor de hoogste grondwaterstand. Uit de effectenstudie blijkt dat het grondwater in het gebied met 5 tot 10 cm kan stijgen. Dit gebeurt alleen op een klein stuk van het gebied. Dit gebied ligt vlakbij het oude gemaal dat wordt verwijderd. Op deze specifieke plek wordt de grondwaterstand iets hoger. Dit komt slechts 10% van het jaar voor. Het overige deel van het jaar ligt de grondwaterstand lager.

Oorzaak

Bij het huidige gemaal is er een sprong in de bodemhoogte van de beek aanwezig van ongeveer 90 cm. Door het bestaande gemaal te verwijderen zal het water in de beekloop niet meer naar het oosten stromen zoals het nu doet. Dit veroorzaakt de lichte stijging van het grondwater net ten westen het gemaal, zoals Afbeelding 41 laat zien. Deze stijging kan echter naar beneden worden bijgesteld door de waterstand in het nieuwe gemaal een beetje aan te passen. Door deze aanpassing zal het daadwerkelijk effect lager zijn dan blijkt uit bovenstaande berekening.



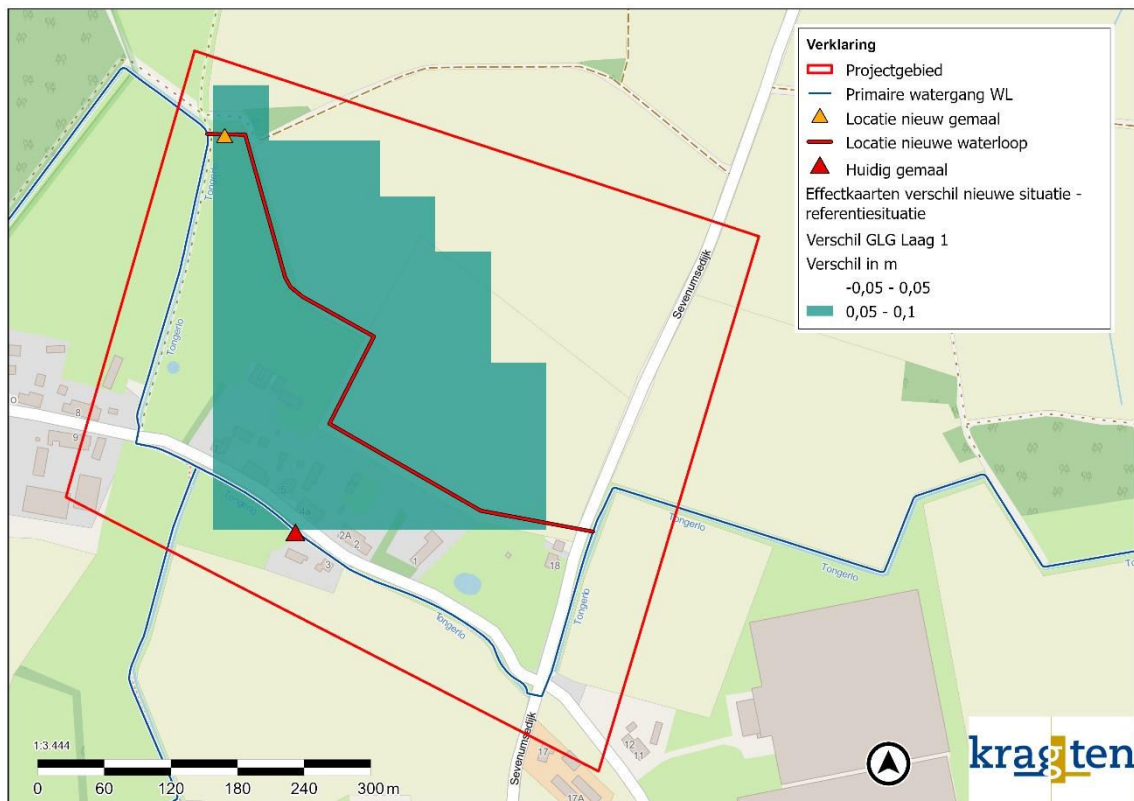
Afbeelding 41: Effecten van de werkzaamheden op de hoogste grondwaterstand.

Laagste grondwaterstand

Op de afbeelding hieronder (Afbeelding 42) zijn de effecten te zien voor de laagste grondwaterstand. Uit de effectenstudie blijkt dat het grondwater in het gebied met 5 tot 10 cm kan stijgen. Op de locaties met deze grondwaterstandsstijgingen bevindt het grondwater zich tussen 1,0 m en 3,3 m beneden het maaiveld. De grondwaterstandsstijging van 5-10 cm zal dus geen merkbaar effect hebben, omdat het grondwater al laag staat tijdens deze situatie.

Oorzaak

De grondwaterstandsstijgingen van 5-10 cm tijdens de laagste grondwaterstand worden met name veroorzaakt door infiltratie vanuit de nieuwe waterloop tijdens situaties met lage grondwaterstanden. Het water dat door de beek stroomt zal voor een klein deel naar de bodem infiltreren.



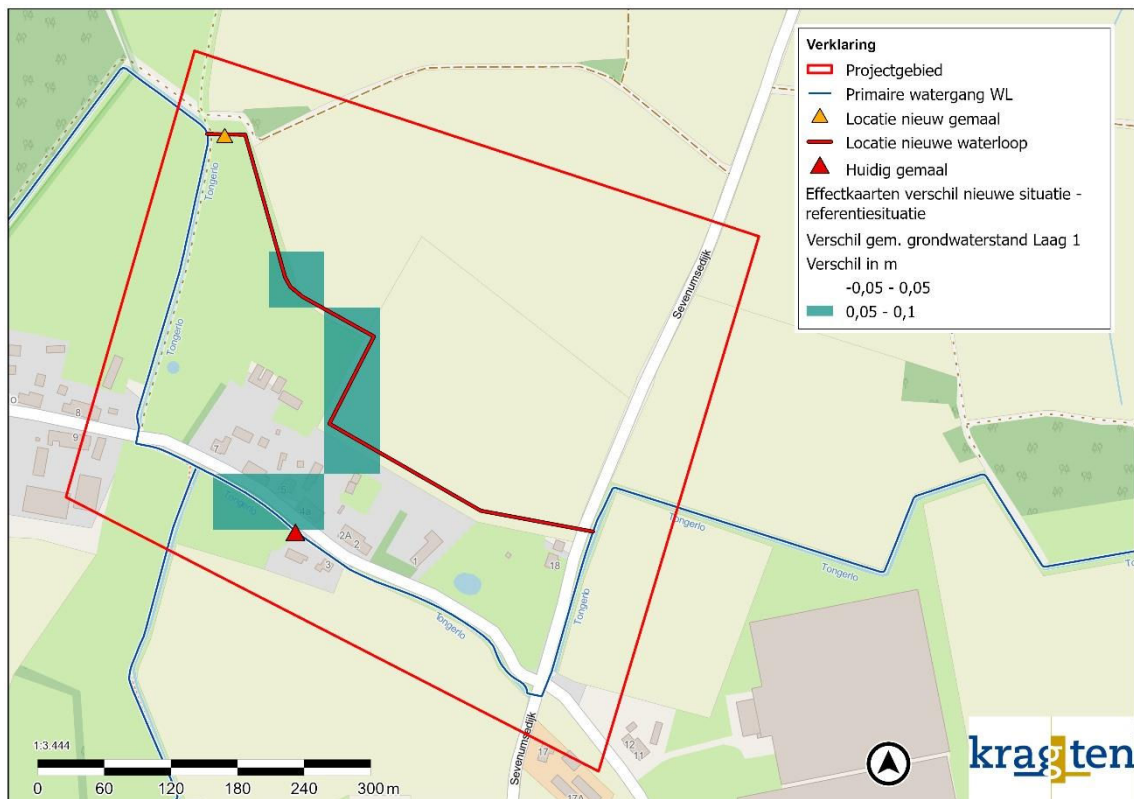
Afbeelding 42: Effecten van de werkzaamheden op de laagste grondwaterstand.

Gemiddelde grondwaterstand

Op de afbeelding hieronder (Afbeelding 43) zijn de effecten te zien voor de gemiddelde grondwaterstand. Uit de effectenstudie blijkt dat het grondwater in het gebied met 5 tot 10 cm kan stijgen. Op de locaties met deze grondwaterstandsstijgingen bevindt het grondwater zich tussen 1,0 m en 2,0 m beneden het maaiveld. De grondwaterstandsstijging van 5-10 cm zal dus geen merkbaar effect hebben, omdat het grondwater al laag staat tijdens deze situatie.

Oorzaak

De grondwaterstandsstijgingen van 5-10 cm tijdens de gemiddelde grondwaterstand hebben dezelfde oorzaak als bij de laagste grondwaterstand. Ze worden met name veroorzaakt door infiltratie vanuit de nieuwe waterloop tijdens situaties met lage grondwaterstanden. Het water dat door de beek stroomt zal voor een klein deel naar de bodem infiltreren.



Afbeelding 43: Effecten van de werkzaamheden op de gemiddelde grondwaterstand.

Gevolgen

Omdat de grondwaterstanden tijdens de laagste en de gemiddelde grondwaterstand al laag zijn, is er vanuit de berekeningen geen merkbaar effect op de gebruiksfuncties van het gebied. In een situatie met hoge grondwaterstanden is alleen ter plekke van het huidige (te verwijderen) gemaal een stijging van 5-10 cm te zien in het model. Deze stijging kan naar beneden worden bijgesteld door de waterstand in het nieuwe gemaal een beetje aan te passen. Door deze aanpassing zal het daadwerkelijk effect lager zijn dan blijkt uit bovenstaande berekening.

Om de effecten verder te verminderen wordt voorgesteld om:

1. de beekbodem van de nieuwe waterloop te voorzien van een bodem van klei. Dit zorgt ervoor dat infiltratie van water uit de nieuwe beekloop naar het grondwater wordt voorkomen. De verwachting is dat de grondwaterstijging van 5 à 10 cm hiermee verminderd wordt. Dit voeren we door als extra veiligheid, ook al worden op basis van de berekeningen geen negatieve effecten verwacht door de kleine berekende grondwaterstandsverhoging.
2. in het vijzelgemaal de mogelijkheid in te bouwen dat het peil in de watergang verder verlaagd kan worden dan de waarden die in de berekeningen zijn meegenomen. Door deze mogelijkheid toe te passen in het ontwerp van het gemaal kan het peil 20 cm extra verlaagd worden in de bestaande waterloop. Zo verkleinen we mogelijk negatieve effecten en ontstaat er een robuust watersysteem dat in kan spelen op de veranderende weersomstandigheden. Bovendien zorgt het nieuwe gemaal voor een verbetering van de afvoer van het water tijdens extreem natte omstandigheden omdat de capaciteit van het gemaal veel groter wordt.

BIJLAGEN

B1 METADATA PEILBUIZEN

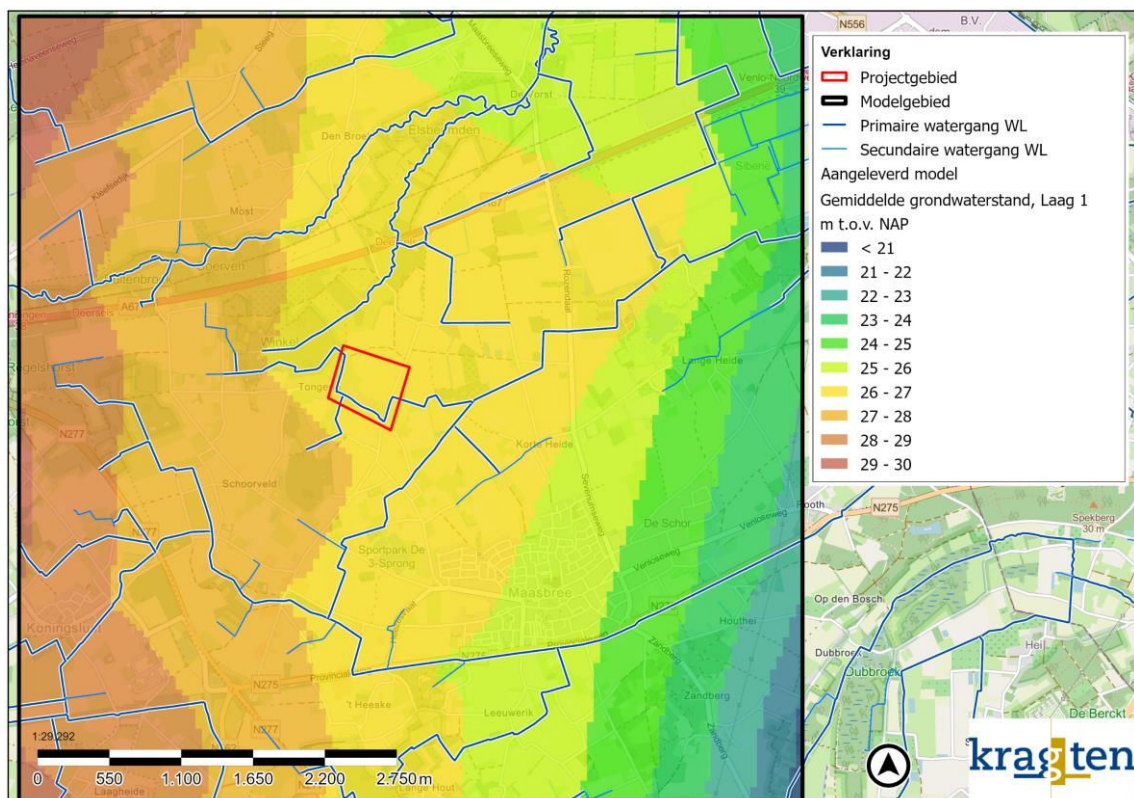
Tabel 5 Overzicht metadata peilbuizen en gemeten GHG en GLG.

Peilbuis	Filter	GHG (m + NAP)	GLG (m + NAP)	Bovenkant filter (m + NAP)	Onderkant filter (m + NAP)	Ligging (Formatie en watervoerend pakket)
B52D0030	1	-	-	11,88	10,93	Beegden, freatisch
B52D0044	1	-	-	12,23	11,23	Beegden, freatisch
B52D0179	1	27,68	27,2	19,65	18,65	Beegden, freatisch
B52D0506	1	-	-	26,51	26,01	Boxtel, freatisch
B52D0551	1	-	-	26,93	26,43	Boxtel, freatisch
B52D0556	1	-	-	-	-	-
B52D0557	1	-	-	27,03	26,53	Boxtel, freatisch
B52D0558	1	-	-	27	26,5	Boxtel, freatisch
B52D0559	1	-	-	-	-	-
B52D0565	1	-	-	-	-	-
B52D0652	1	-	-	27,45	26,95	Boxtel, freatisch
B52D0653	1	-	-	27,34	27,08	Boxtel, freatisch
B52D0654	1	-	-	27,76	27,26	Boxtel, freatisch
B52D0655	1	-	-	27,46	27,26	Boxtel, freatisch
B52D0656	1	-	-	27,52	27,02	Boxtel, freatisch
B52D0657	1	-	-	27,72	27,22	Boxtel, freatisch
B52D0658	1	-	-	27,61	27,11	Boxtel, freatisch
B52D0659	1	-	-	26,23	25,98	Boxtel, freatisch
B52D0660	1	-	-	26,77	26,52	Boxtel, freatisch
B52D0661	1	-	-	26,63	26,38	Boxtel, freatisch
B52D0662	1	-	-	26,15	25,9	Holocene afzetting, freatisch
B52D0663	1	-	-	25,98	25,73	Holocene afzetting, freatisch
B52D0664	1	-	-	26,23	25,97	Holocene afzetting, freatisch
B52D0665	1	-	-	26,48	26,23	Holocene afzetting, freatisch
B52D0666	1	-	-	26,29	26,04	Holocene afzetting, freatisch
B52D0667	1	-	-	26,03	25,78	Holocene afzetting, freatisch
B52D0668	1	-	-	26,11	25,86	Holocene afzetting, freatisch
B52D1832	1	27,88	27,55	-	-	-
B52D1833	1	27,44	26,83	-	-	-
B52D1834	1	27,29	26,75	-	-	-
B52D1835	1	26,83	26,15	-	-	-
B52G0035	1	-	-	17,86	16,92	Beegden, freatisch
B52G0035	2	-	-	-3,99	-4,94	Kiezeloöliet, 1 ^e watervoerende pakket
B52G0195	1	-	-	18,79	17,79	Beegden, freatisch
B52G0462	1	26,12	25,25	15,39	13,39	Beegden, freatisch

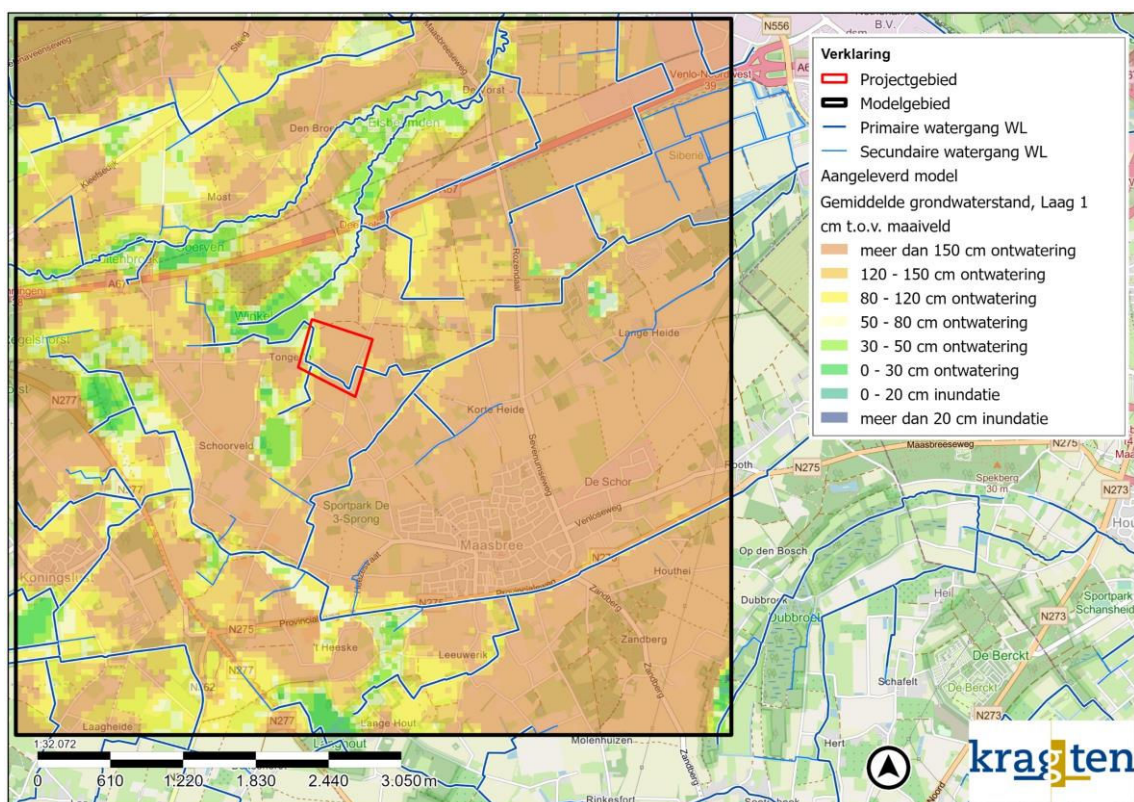
Peilbuis	Filter	GHG (m + NAP)	GLG (m + NAP)	Bovenkant filter (m + NAP)	Onderkant filter (m + NAP)	Ligging (Formatie en watervoerend pakket)
B52G0462	2	24,62	23,58	-5,61	-7,61	Kiezelooliet, 1 ^e watervoerende pakket
B52G0971	1	-	-	14,61	9,61	Beegden, freatisch
B52G1303	1	-	-	-	-	-
B52G1304	1	26,4	25,35	25,03	24,53	Boxtel, freatisch
B52G1324	1	-	-	25,51	25,31	Holocene afzetting, freatisch
B52G1325	1	-	-	25,57	25,37	Holocene afzetting, freatisch
B52G1325	2	-	-	25,5	25,3	Holocene afzetting, freatisch
B52G1325	3	-	-	24,39	24,09	Holocene afzetting, freatisch
B52G1325	4	-	-	23,75	23,46	Beegden, freatisch
B52G1326	1	-	-	25,74	25,34	Holocene afzetting, freatisch
B52G1327	1	-	-	25,51	25,31	Holocene afzetting, freatisch
B52G1328	1	-	-	25,44	25,24	Holocene afzetting, freatisch
B52G1329	1	-	-	25,45	25,25	Holocene afzetting, freatisch
B52G1330	1	-	-	25,78	25,58	Holocene afzetting, freatisch
B52G1331	1	-	-	25,49	25,29	Holocene afzetting, freatisch
B52G1332	1	-	-	25,12	24,92	Holocene afzetting, freatisch
B52G1333	1	-	-	25,35	25,15	Holocene afzetting, freatisch
B52G1334	1	-	-	25,55	25,35	Holocene afzetting, freatisch
B52G1335	1	-	-	25,77	25,27	Boxtel, freatisch
B52G1336	1	-	-	24,54	24,34	Holocene afzetting, freatisch
B52G1337	1	-	-	25,3	25,1	Boxtel, freatisch
B52G1338	1	-	-	25,8	25,6	Boxtel, freatisch
B52G1339	1	-	-	26,04	25,79	Boxtel, freatisch
B52G1340	1	-	-	25,07	24,91	Boxtel, freatisch
B52G1358	1	-	-	-	25,16	Boxtel, freatisch
B52G2976	1	26,38	25,6	-	-	-
B58B0003	1	-	-	13,32	12,33	Beegden, freatisch
B58B0260	1	26,67	25,79	21,04	18,04	Beegden, freatisch
B58B0641	1	-	-	-	-	-
B58B0642	1	-	-	27,86	27,36	Boxtel, freatisch
B58B0643	1	-	-	27,67	27,17	Boxtel, freatisch
B58E0834	1	-	-	18,9	17,9	Beegden, freatisch
B58E0835	1	-	-	12,81	8,81	Beegden, freatisch
B58E0836	1	-	-	12,12	8,12	Beegden, freatisch
B58E1033	1	-	-	20,13	19,63	Boxtel, freatisch

Peilbuis	Filter	GHG (m + NAP)	GLG (m + NAP)	Bovenkant filter (m + NAP)	Onderkant filter (m + NAP)	Ligging (Formatie en watervoerend pakket)
B58E1033	2	-	-	17,25	16,75	Beegden, freatisch
B58E1037	1	-	-	21,16	20,66	Boxtel, freatisch
B58E1037	2	-	-	20,37	19,87	Boxtel, freatisch
B58E1037	3	-	-	17,64	17,14	Beegden, freatisch
B58E1038	1	-	-	-	-	-
B58E1039	1	-	-	-	-	-

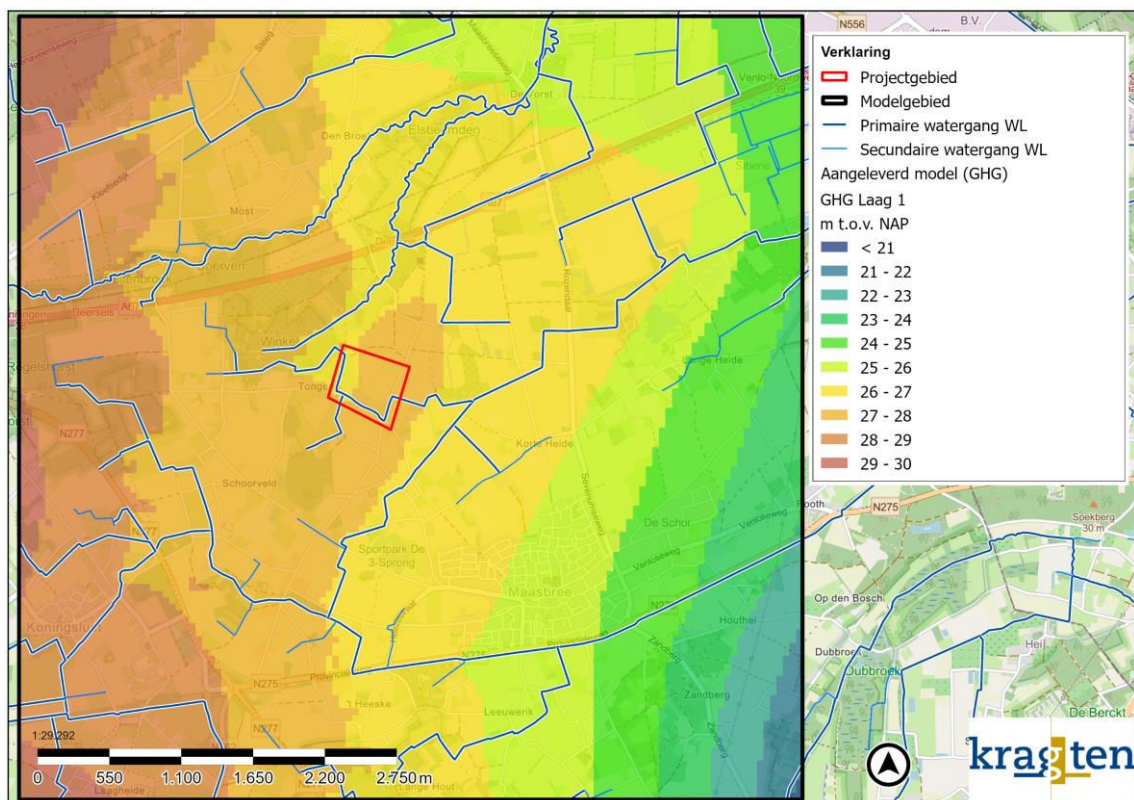
B2 RESULTATEN AANGELEVERD MODEL



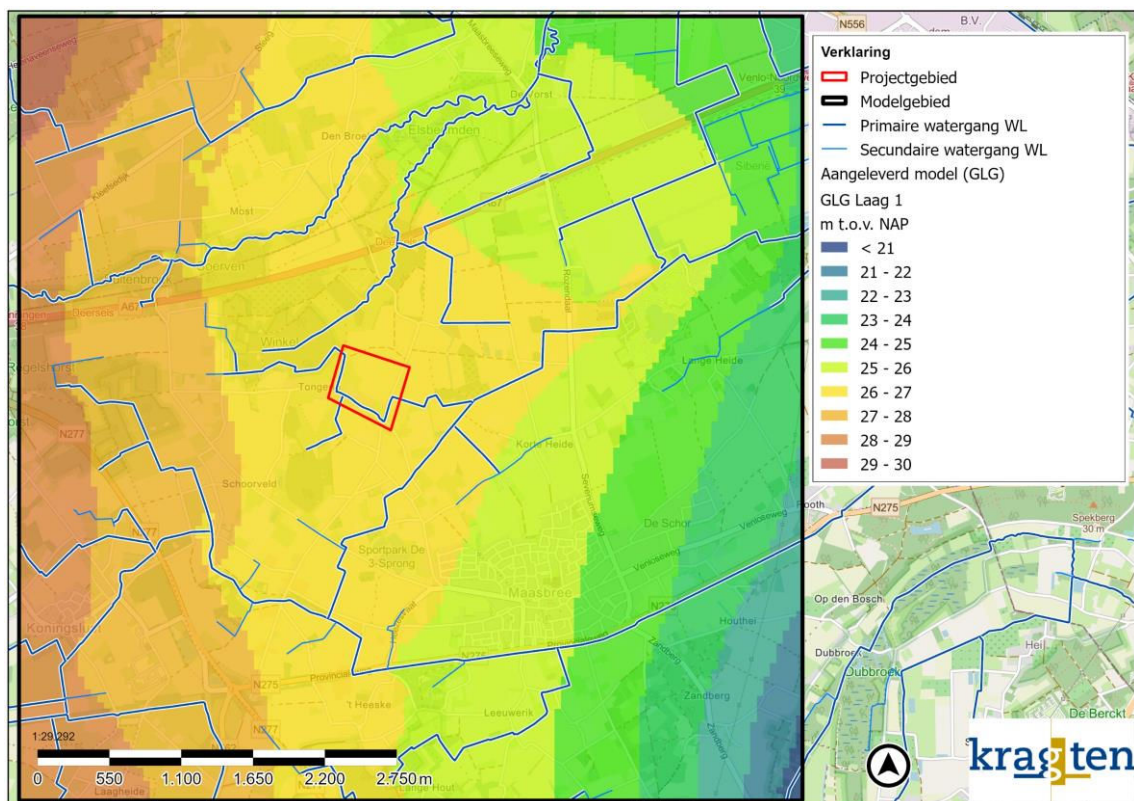
Afbeelding 44 Gemiddelde grondwaterstand in modellaag 1 (in m t.o.v. NAP) in het aangeleverde model (BASIS1).



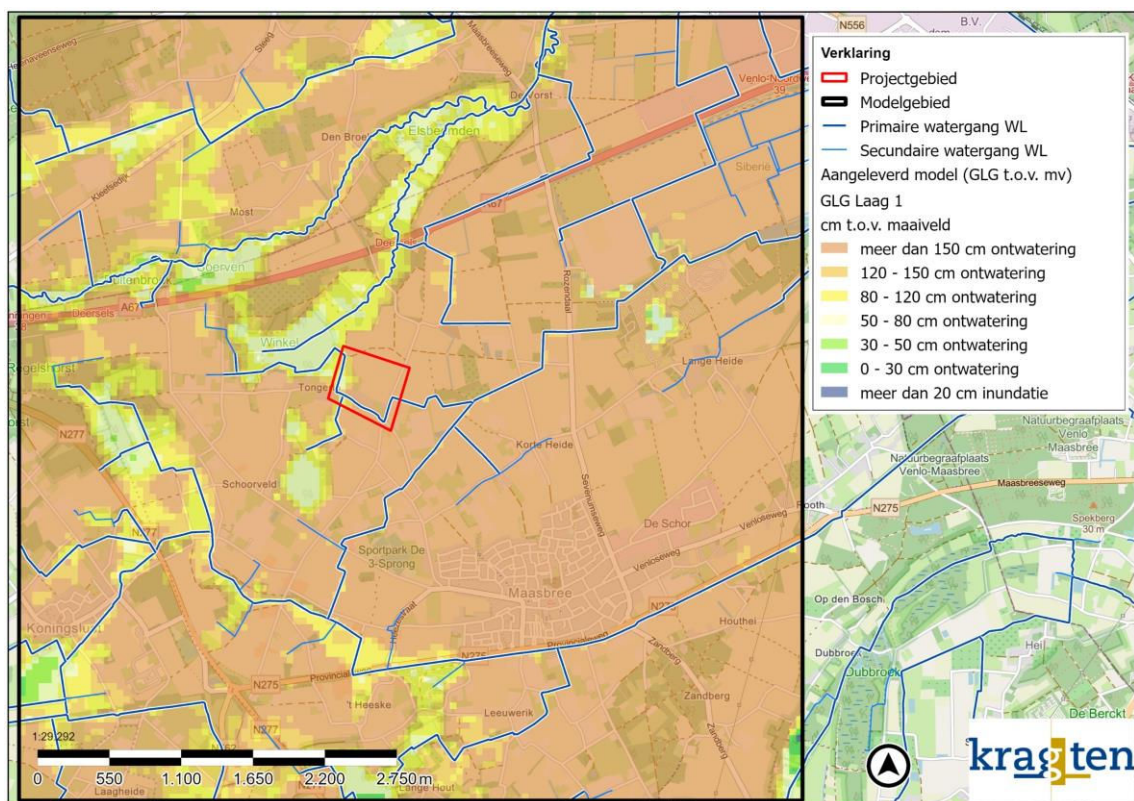
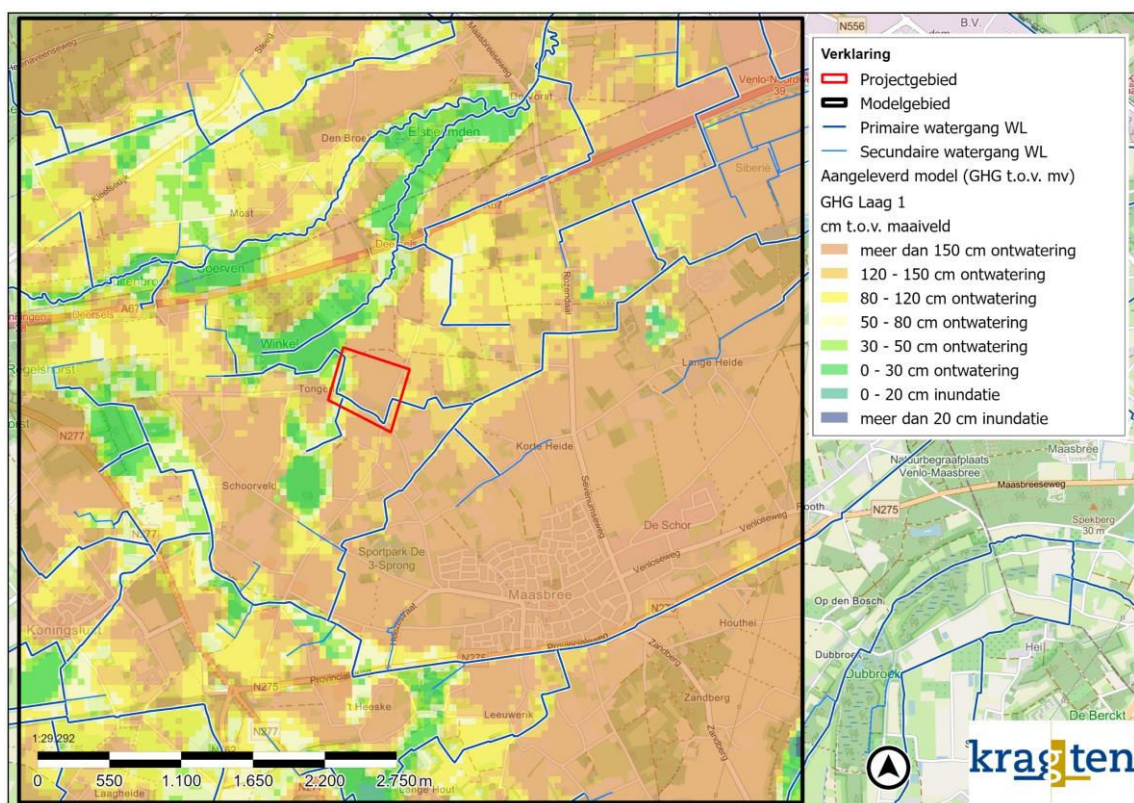
Afbeelding 45 Gemiddelde grondwaterstand in modellaag 1 (in m t.o.v. mv) in het aangeleverde model (BASIS1).



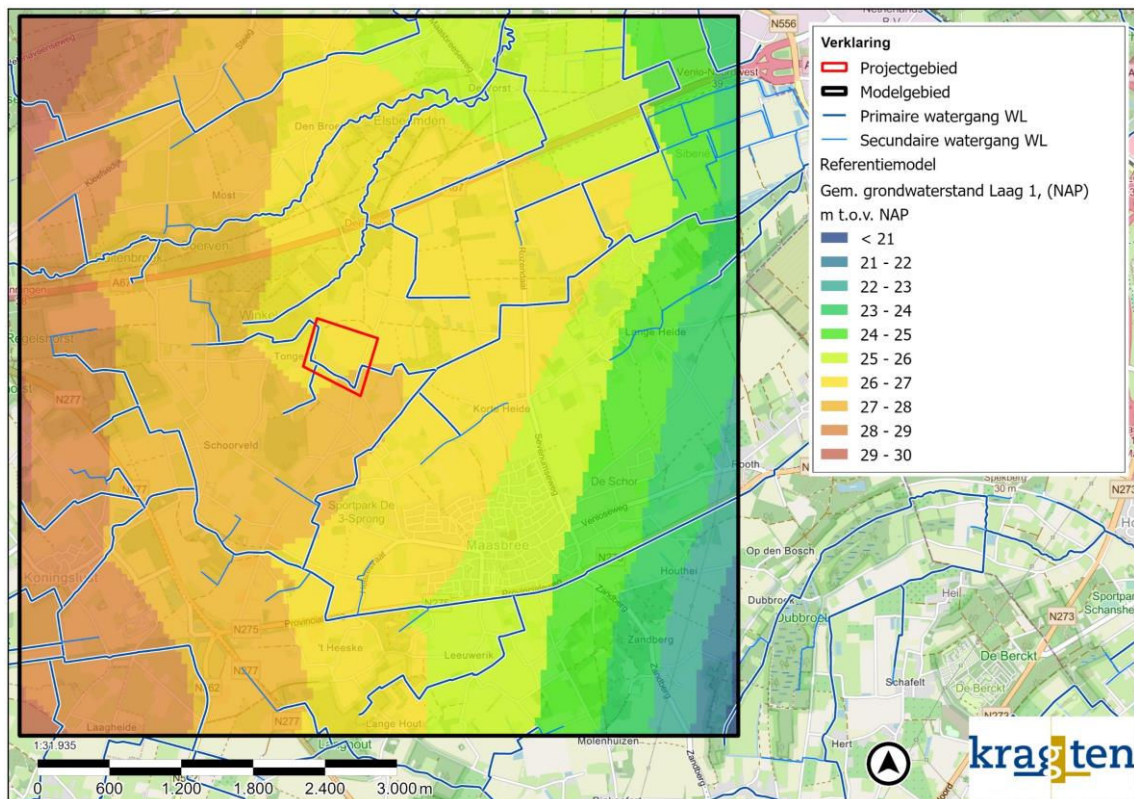
Afbeelding 46 GHG modellaag 1 (in m t.o.v. NAP) in het aangeleverde model (BASIS1).



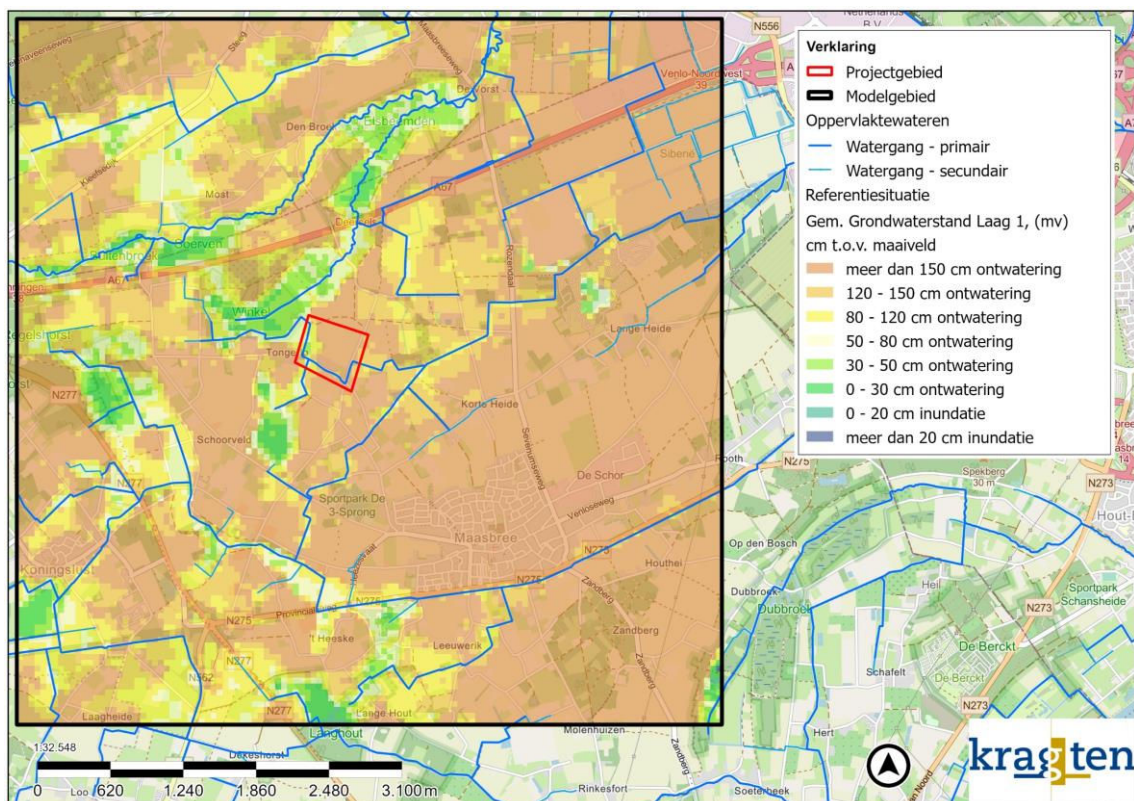
Afbeelding 47 GLG modellaag 1 (in m t.o.v. NAP) in het aangeleverde model (BASIS1).



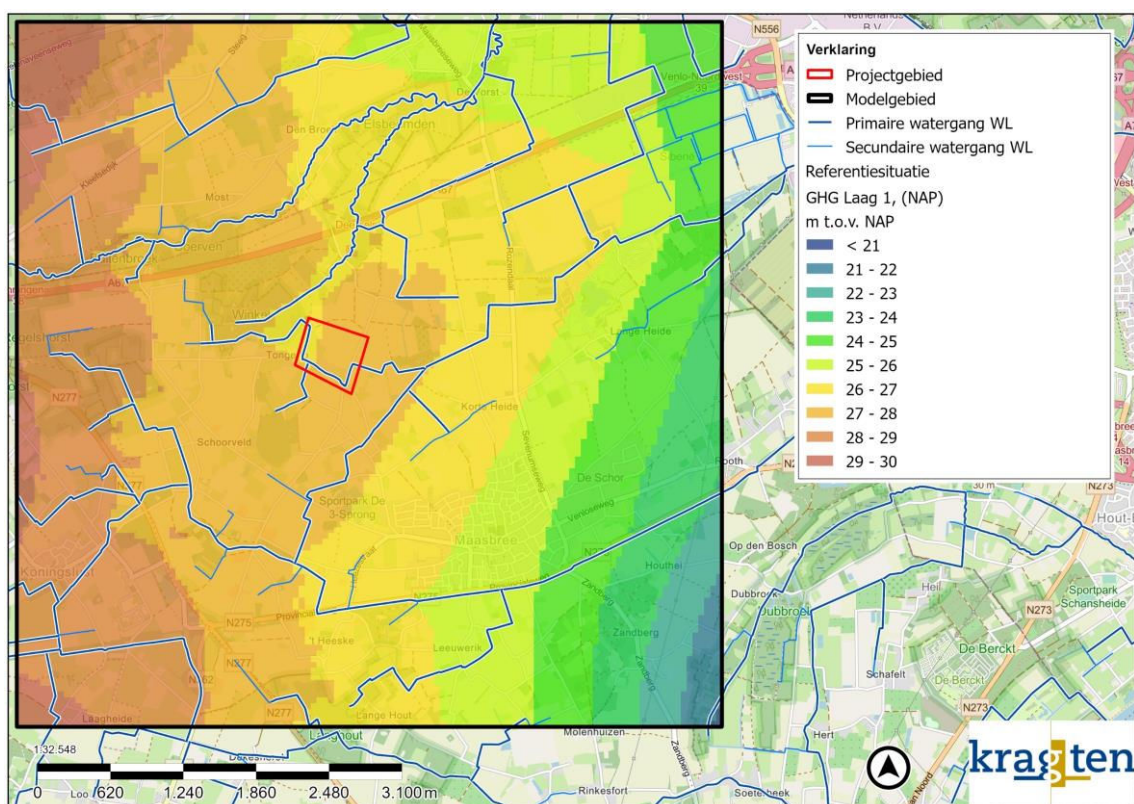
B3 RESULTATEN GEACTUALISEERD MODEL



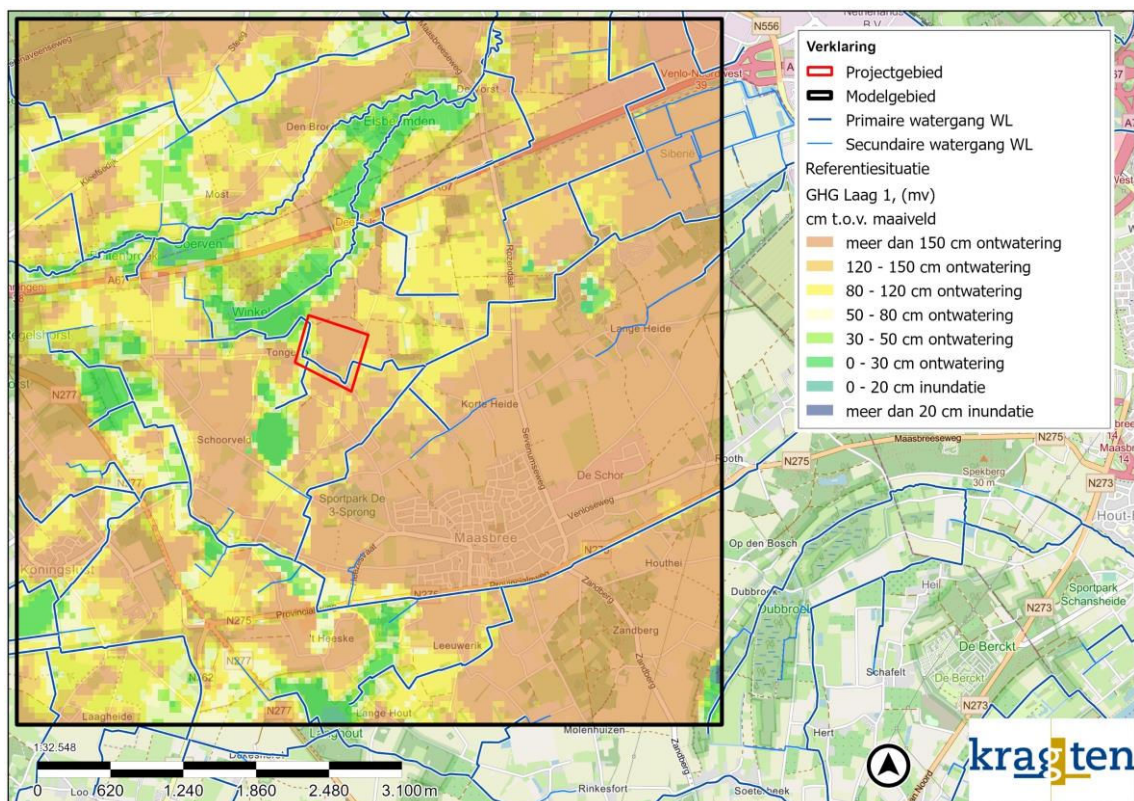
Afbeelding 50 Gemiddelde grondwaterstand in modellaag 1 (in m t.o.v. NAP) in het geactualiseerde model (REF2).



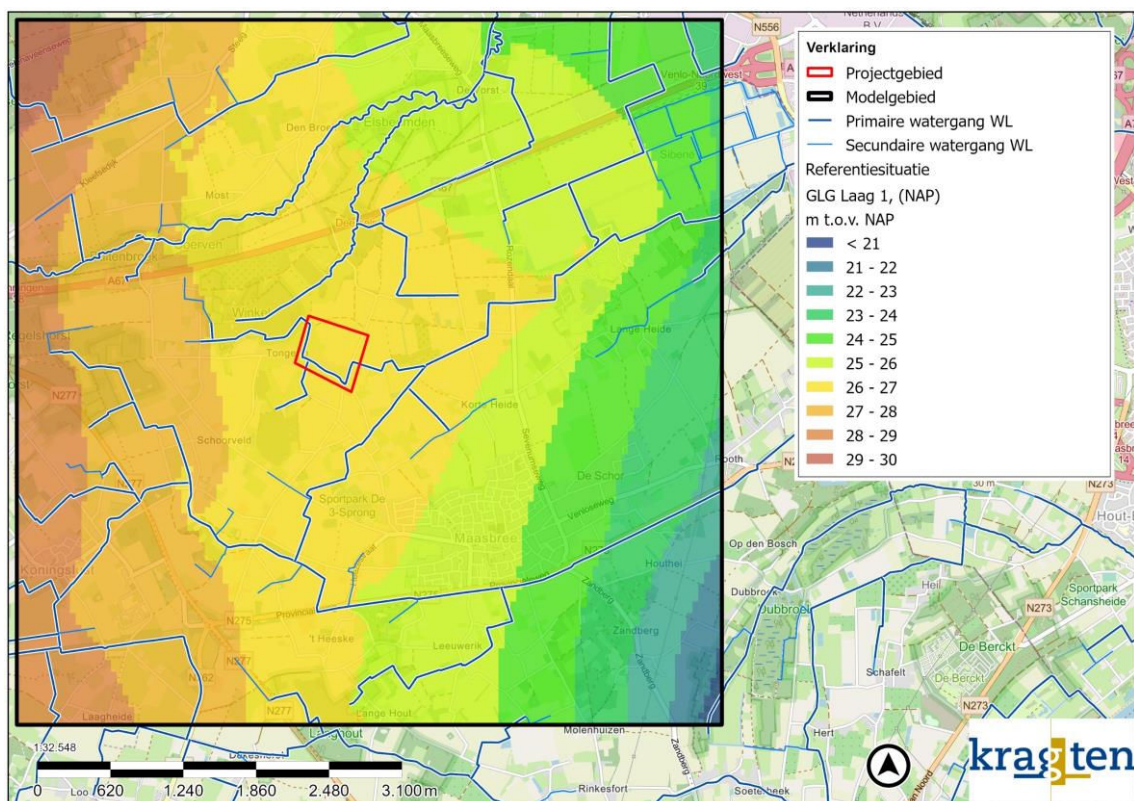
Afbeelding 51 Gemiddelde grondwaterstand in modellaag 1 (in m t.o.v. mv) in het geactualiseerde model (REF2).



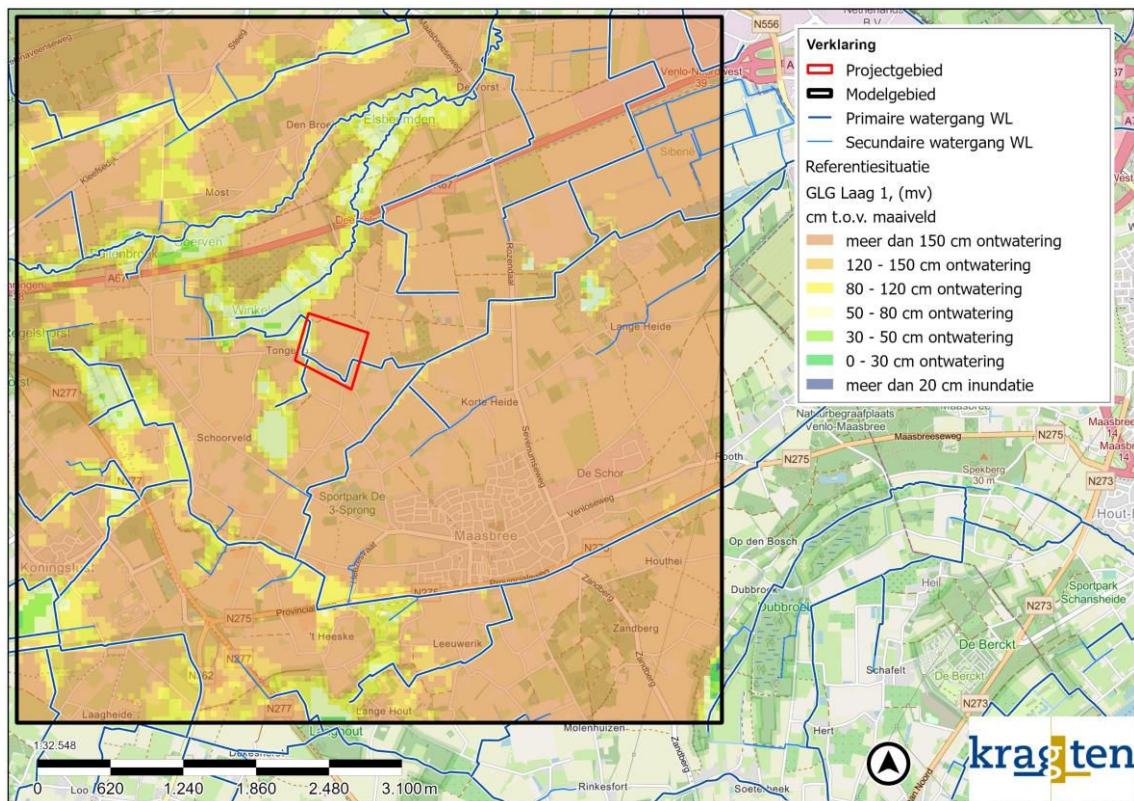
Afbeelding 52 GHG modellaag 1 (in m t.o.v. NAP) in het geactualiseerde model (REF2).



Afbeelding 53 GHG modellaag 1 (in m t.o.v. mv) in het geactualiseerde model (REF2).

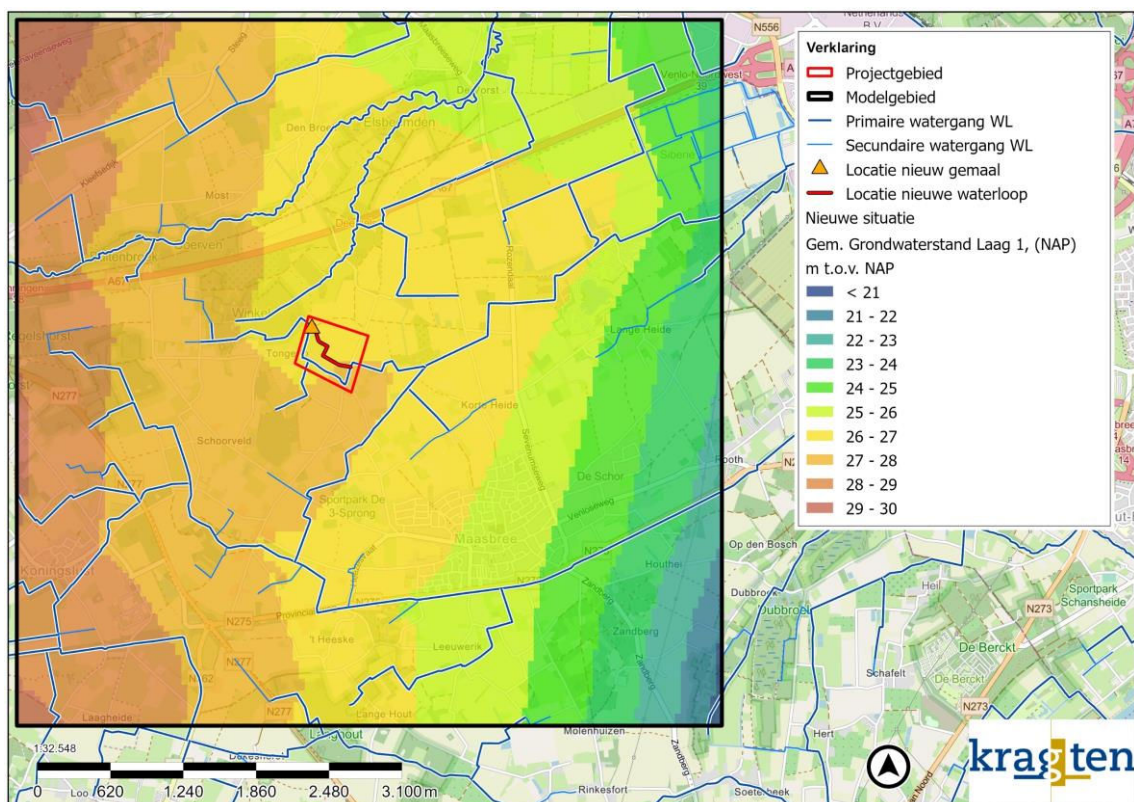


Afbeelding 54 GLG modellaag 1 (in m t.o.v. NAP) in het geactualiseerde model (REF2).

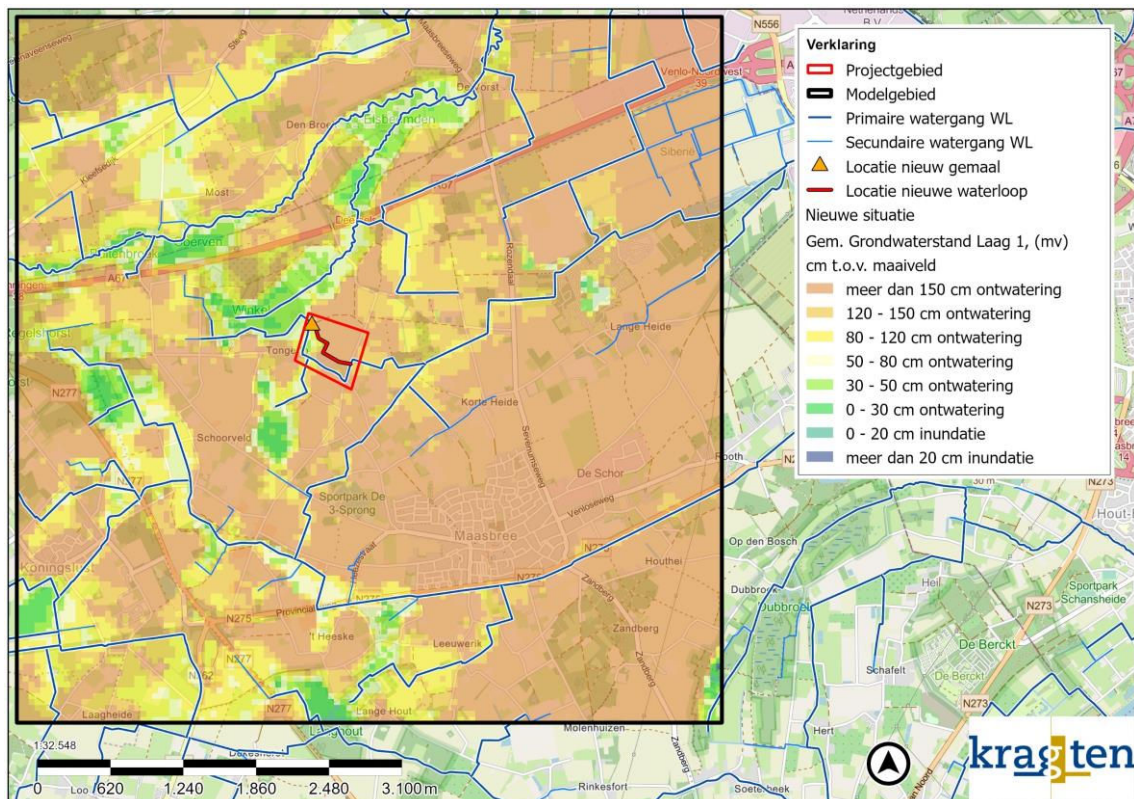


Afbeelding 55 GLG modellaag 1 (in m t.o.v. mv) in het geactualiseerde model (REF2).

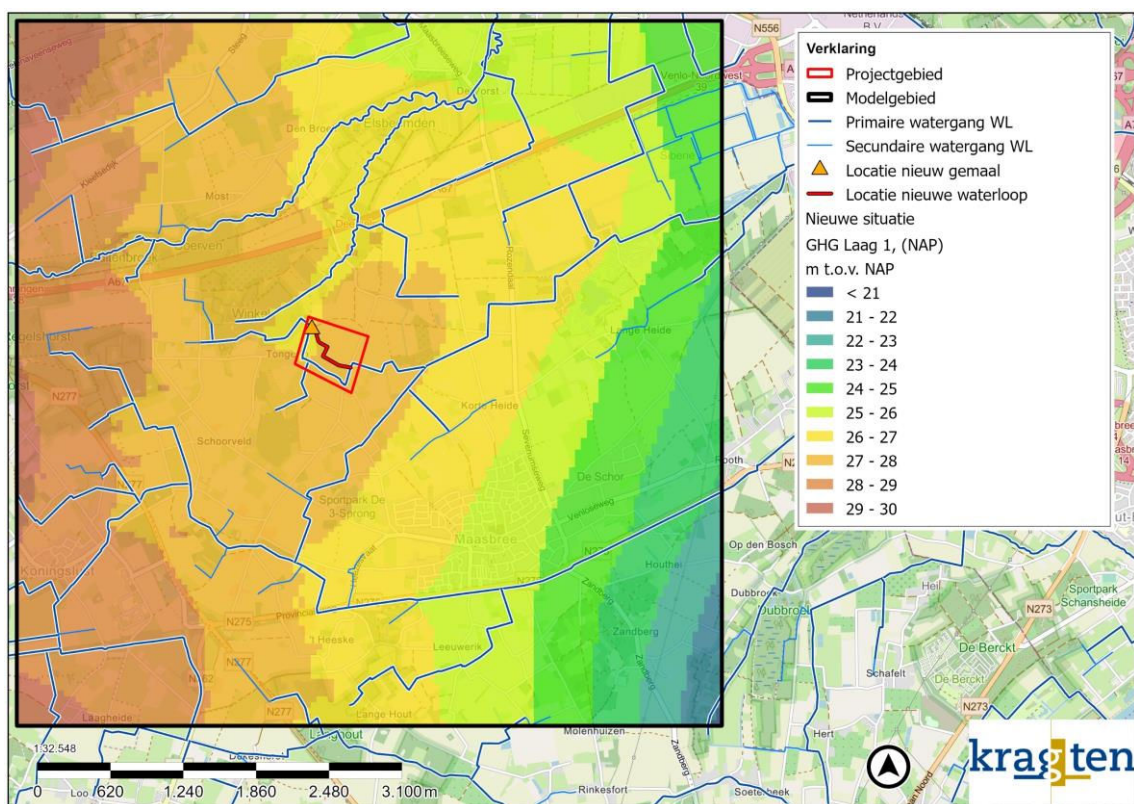
B4 RESULTATEN NIEUWE SITUATIE



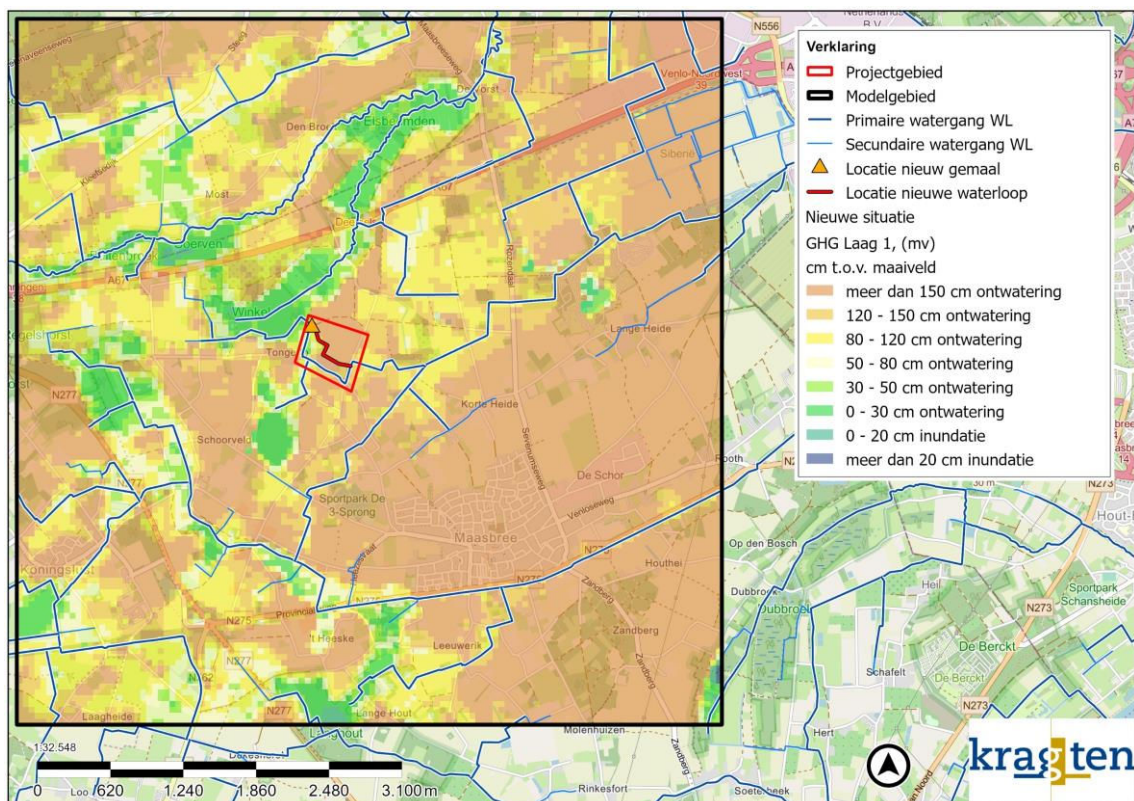
Afbeelding 56 Gemiddelde grondwaterstand in modellaag 1 (in m t.o.v. NAP) in het model van de nieuwe situatie (SCEN3).



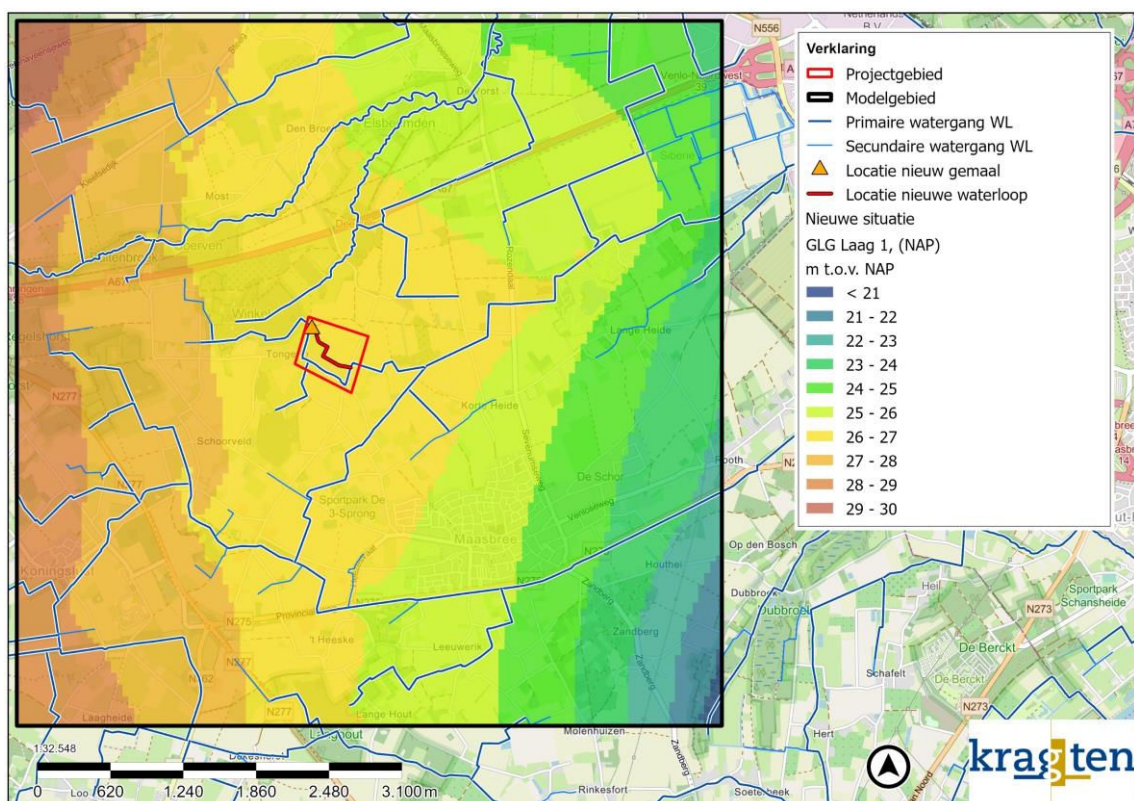
Afbeelding 57 Gemiddelde grondwaterstand in modellaag 1 (in m t.o.v. mv) in het model van de nieuwe situatie (SCEN3).



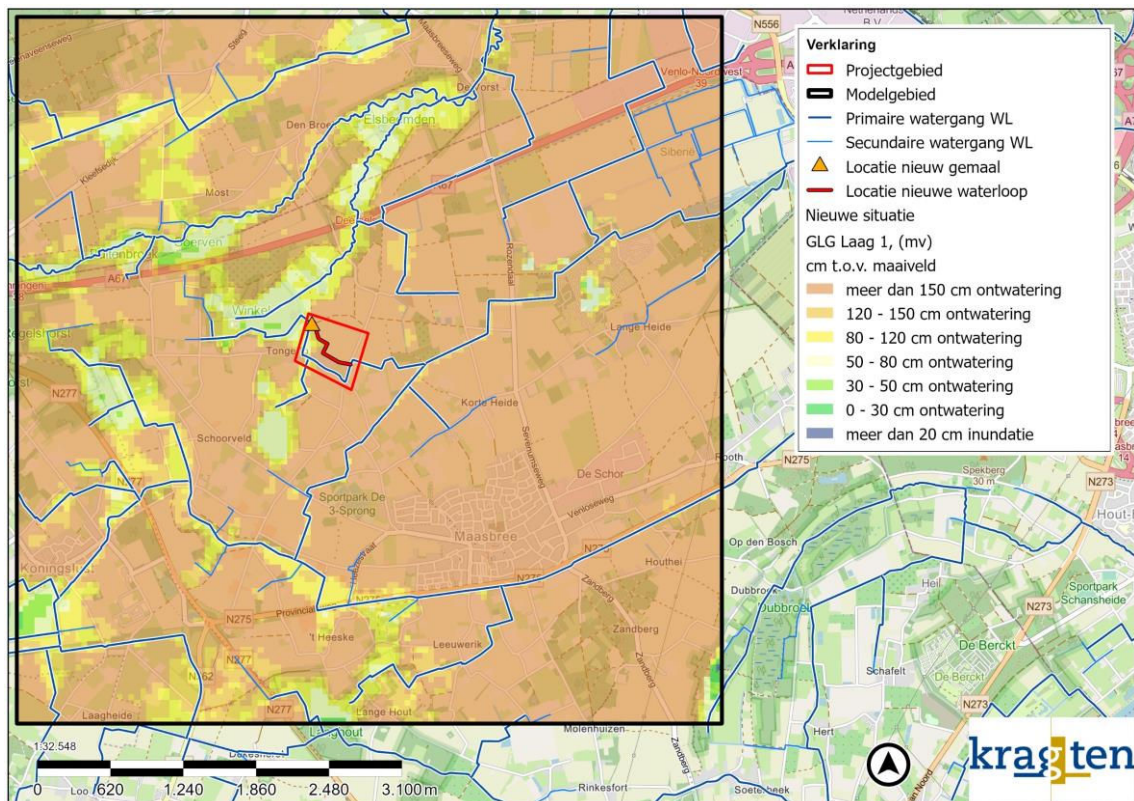
Afbeelding 58 GHG modellaag 1 (in m t.o.v. NAP) in het geactualiseerde model (SCEN3).



Afbeelding 59 GHG modellaag 1 (in m t.o.v. mv) in het geactualiseerde model (SCEN'3).



Afbeelding 60 GLG modellaag 1 (in m t.o.v. NAP) in het geactualiseerde model (SCEN'3).



Afbeelding 61 GLG modellaag 1 (in m t.o.v. mv) in het geactualiseerde model (SCEN3).