

Waterhuishoudkundig plan

Amsteleind Zuid

Gemeente Oss

Nelen & Schuurmans

25-8-2026



Waterhuishoudkundig plan

Amsteleind Zuid

Voor
Gemeente Oss
Postbus 5
5340 BA Oss

Nelen & Schuurmans
Zakkendragershof 34-44
3511 AE Utrecht

www.nelen-schuurmans.nl

Projectgegevens

Dossier	:	20260041
Datum	:	25-8-2026

Niets uit deze rapportage mag worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de opdrachtgever. Noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Inhoudsopgave

1 Inleiding 1
1.1 Aanleiding 1
1.2 Doel 1
1.3 Plangebied 1
1.4 Leeswijzer 1
2 Ontwerpuitgangspunten 2
3 Huidige situatie 4
3.1 Maaiveldverloop 4
3.2 Landgebruik en verharding 5
3.3 Bodem en grondwater 6
3.4 Oppervlaktewatersysteem 8
3.5 Riolering 8
4 Ontwerp watersysteem 9
4.1 Overzicht ontwerp 9
4.2 Maaiveldverloop en grondbalans 10
4.3 Wateroverlast 13
4.4 Waterberging 14
4.4.1 Waterberging eigen terrein 15
4.4.2 Waterberging openbaar gebied 15
4.4.3 Afstroming naar wadi's 16
4.4.4 Verbindingen tussen wadi's 17
4.4.5 Leegloopvoorziening en nooduitlaat wadi's 18
4.4.6 Waterberging in Oostenakker 19
4.5 Waterkwaliteit 21
4.6 Grondwater 21
4.7 Riolering 23
4.8 Beheer en onderhoud 23

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De gemeente Oss ontwikkelt aan de westzijde van Oss een wijk met 3.000 woningen en bijbehorende voorzieningen. Hiervoor is in mei 2023 een botsproef[1] uitgevoerd en in 2025 een milieueffectrapport[2] opgesteld. Voor het deelgebied Amsteleind Zuid wordt een stedenbouwkundig plan uitgewerkt. De vraag hierbij is hoe een goed functionerend en toekomstbestendig watersysteem voor dit gebied eruitziet. Dit waterhuishoudkundig plan beschrijft het toekomstige watersysteem en is parallel aan het stedenbouwkundig plan uitgewerkt om het watersysteem en de stedenbouwkundige uitwerking te integreren.

1.2 Doel

Het doel van dit waterhuishoudkundig plan is het ontwerpen en beschrijven van een goed functionerend en toekomstbestendig watersysteem dat voldoet aan de eisen van de gemeente en het waterschap.

1.3 Plangebied

Onderstaande figuur geeft de begrenzing van het plangebied aan en de ligging ten opzichte van Oss.



Figuur 1-1 Begrenzing en ligging plangebied Amsteleind Zuid

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat de uitgangspunten en randvoorwaarden voor een goed functionerend watersysteem. Hoofdstuk 3 beschrijft de huidige situatie. Het uiteindelijke ontwerp en de toetsing aan de randvoorwaarden staan in hoofdstuk 4. Dit hoofdstuk bevat ook aandachtspunten en aanbevelingen voor het ontwerp.

[1] Nelen & Schuurmans, Botsproef bouw 3.000 woningen Amsteleind, 15-9-2023

[2] Antea Group, Milieueffectrapport Amsteleind, 20-5-2025.

2 Ontwerpuitgangspunten

De gemeente en het waterschap hebben eisen opgesteld voor een goed functionerend en toekomstbestendig watersysteem. De gemeente heeft deze eisen verwoord in de Osse maatlat[3] en in de RIBOR[4]. Het waterschap heeft eisen voor oppervlaktewater vastgelegd in de Waterschapsverordening[5]. De belangrijkste uitgangspunten van het ontwerp van het watersysteem in Amsteleind Zuid zijn opgenomen in onderstaande tabel. Het algemene beleidskader voor de ontwikkeling voor water en klimaatadaptatie is beschreven in het MER hoofdstuk 5.10.

Tabel 2-1 Ontwerpuitgangspunten Amsteleind Zuid

Onder-werp	Principe	Uitgangspunt	Verankering
Water-kwantiteit	Wateroverlast door hevige neerslag bij panden	Geen water in panden bij 70 mm in een uur, geen schade aan vitale en kwetsbare functies bij 90 mm in een uur	Osse maatlat
		Minimaal verschil tussen weg- en vloerpeil van 30 cm	Osse maatlat/ RIBOR 2.9
	Geen wateroverlast afwentelen naar de omgeving	60 mm berging voor toename verhard oppervlak[6]	Waterschaps-verordening
		Bij nieuwbouw moet minimaal 60 mm hemelwater op het eigen terrein kunnen worden verwerkt.	Osse maatlat
		Maximaal 2 l/s/ha mag worden afgevoerd uit het plangebied naar het oppervlaktewater	Hydrologische uitgangspunten Aa en Maas paragraaf 4.2[7]
Water-kwaliteit	Waterkwaliteit past bij de eigenschappen en functie van het gebied.	Goed ecologisch potentieel (GEP)	Europese Kaderrichtlijn Water (KRW)
	Geen stilstaand water in wadi's	De wadi moet een leeglooptijd hebben van ca. 24 uur.	RIBOR 2.4

[3] Document Oss - Osse Maatlat_17_6_2025 - iBabs Publieksportaal. Dit document is nog niet vastgesteld. In dit plan willen we zoveel mogelijk aansluit bij deze maatlat, maar strikt genomen geldt deze niet voor dit gebied.

[4] Richtlijnen Inrichting en Beheer Openbare Ruimte (RIBOR)

[5] Waterschapsverordening Aa en Maas

[6] Art. 2.2 lid 5 uit de Waterschapsverordening bevat een verbod om, zonder omgevingsvergunning, water te lozen op oppervlaktewater. Artikel 2.137, lid 4 geeft aan dat er geen vergunning nodig is als er compenserende berging van 60 mm o.b.v. toename verhard oppervlak wordt aangelegd. Dit artikel geldt alleen voor een toename van verhard oppervlak tussen de 500 m2 en 10.000 m2. De toename verhard oppervlak bij Amsteleind Zuid is meer dan 3 ha. In de geest van deze regelgeving gaan we uit van de genoemde compenserende berging in Artikel 2.137, lid 4.

[7] Hydrologische uitgangspunten bij de regels van de Waterschaps-verordening voor het afvoeren van hemelwater Aa en Maas paragraaf 4.2

Grond-water	De ontwikkeling heeft minimale invloed op het bestaande grondwatersysteem	Neerslag wordt zoveel mogelijk geïnfiltreerd.	Grondwaterconvenant provincie Brabant[8]
		Bouw grondwaterbestendig en waterdicht. In gebieden met een hoge grondwaterstand (GHG <0,5 m-mv) bij voorkeur zonder kruipruimte of kelder bouwen of met grondwaterdichte laag. Zorg dat de inrichting van tuinen (beplanting, vlonders) tegen natte situaties kan.	Osse maatlat
	Geen grondwater in de wadi	De bodem van de wadi moet 0,5 m boven de GHG liggen[9].	RIBOR 2.4
Riolering	Vuilwater en regenwater blijven gescheiden	Aanleg gescheiden stelsel, zoveel mogelijk oppervlakkige afvoer van regenwater.	RIBOR
		Wegen liggen wanneer mogelijk op-één-oor richting verlaagd groen of oppervlaktewater. Het toepassen van een infiltratievoorziening met bodempassage (zoals een wadi) heeft de voorkeur.	Osse maatlat

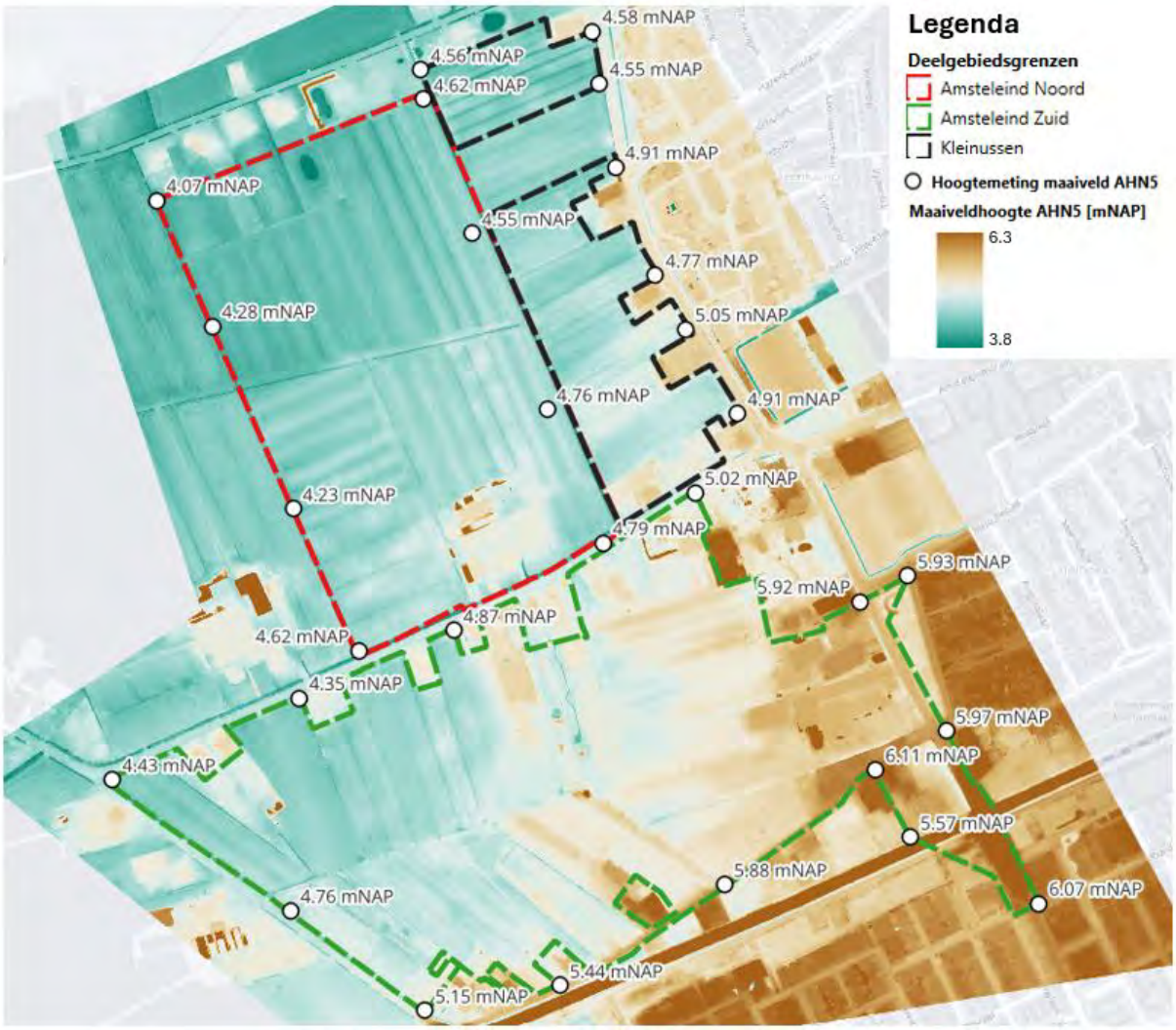
[8] Convenant Grondwater

[9] In het westelijke deel is dit niet haalbaar en wenselijk. In deze gevallen gaan we uit van 0,2 meter tussen de bodem van de wadi en de GHG en worden aanvullende maatregelen genomen (zie paragrafen 4.4.4 en 4.4.5).

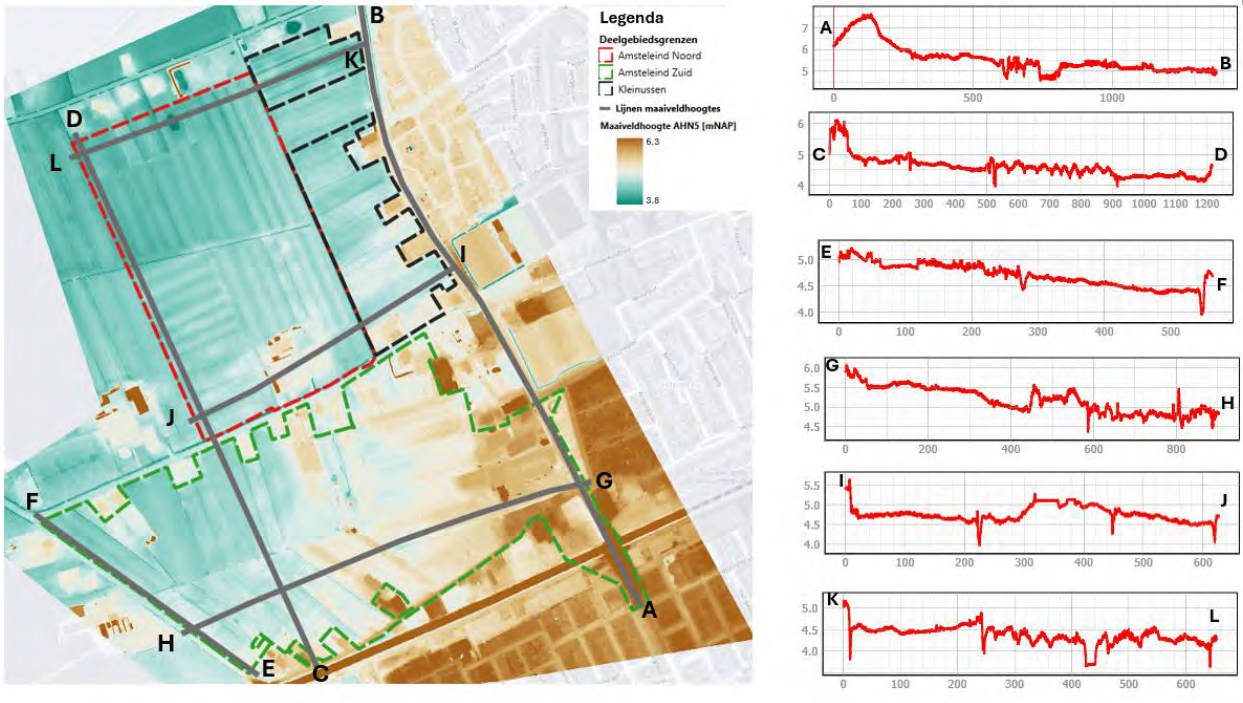
3 Huidige situatie

3.1 Maaiveldverloop

De huidige maaiveldhoogtes in het plangebied (zie groen omlijnde gebied in onderstaande figuur) variëren tussen de 6 m NAP aan de zuidoostkant tot 4,5 m NAP aan de noordwestkant. De bestaande percelen aangrenzend aan het plangebied liggen over het algemeen hoger dan het plangebied.



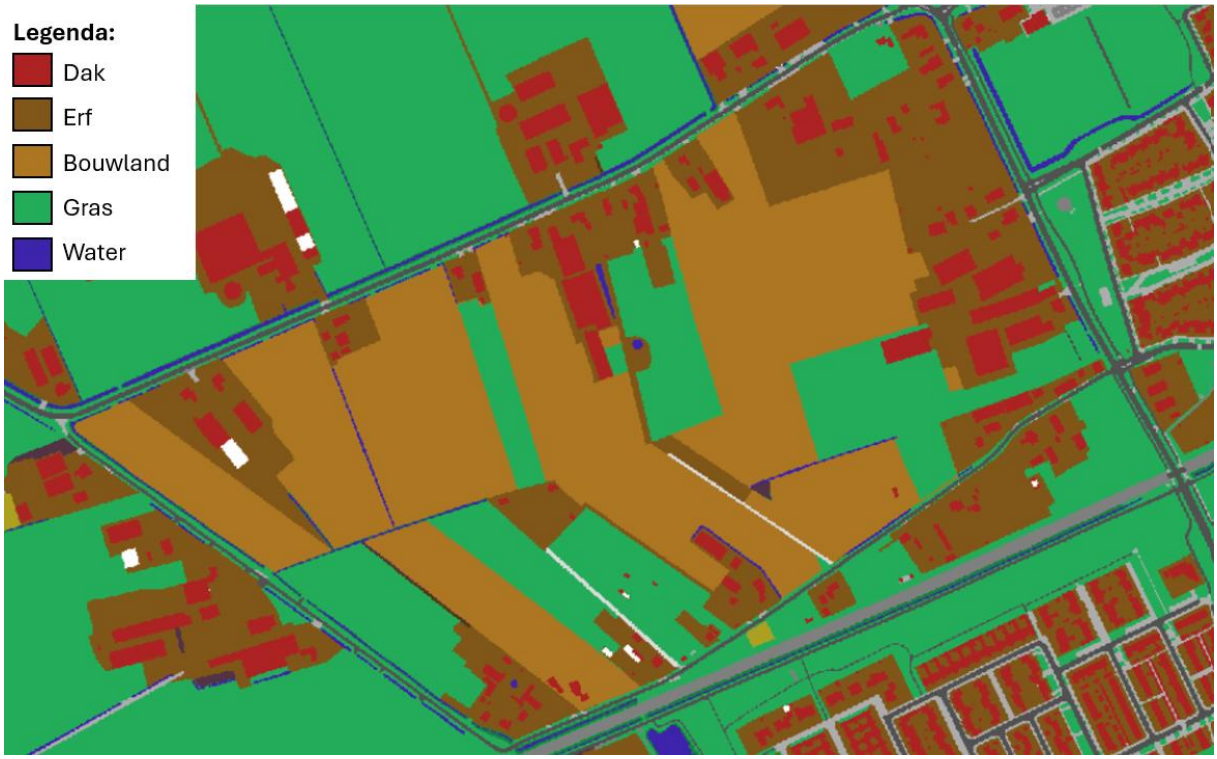
Figuur 3-1 Maaiveldhoogtes op verschillende locaties in de deelgebieden op basis van de AHN5



Figuur 3-2 Maaiveldverloop op verschillende lijnen in de deelgebieden op basis van de AHN5

3.2 Landgebruik en verharding

Het huidige gebied bestaat voor het merendeel uit agrarisch gebied. Op basis van de Basisregistratie Grootschalige Topografie (BGT) bestaat slechts 8% van het gebied uit verhard oppervlak (3,01 hectare).

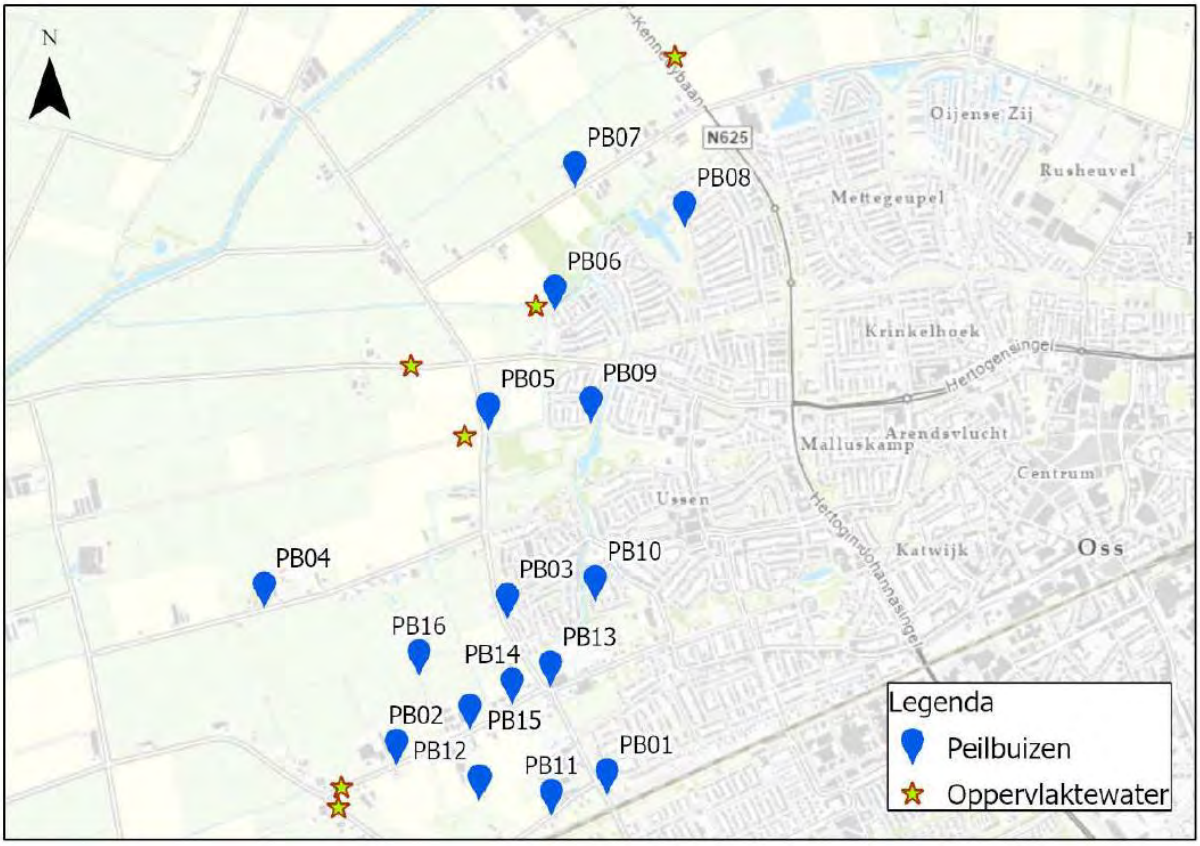


Figuur 3-3 Huidig landgebruik in en rondom het plangebied

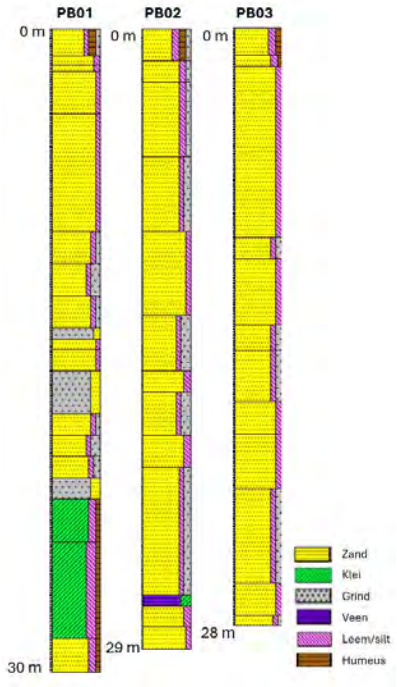
3.3 Bodem en grondwater

Rondom het te ontwikkelen gebied bevinden zich negen peilbuizen, waar grondwatermetingen zijn uitgevoerd. Van drie van deze peilbuizen zijn ook boorprofielen van de bodemopbouw opgesteld (PB01, PB02 en PB03; zie Figuur 3-4). De boorprofielen zijn weergegeven in onderstaande figuren en laten zien dat de bovenste circa 20 meter van de bodem voornamelijk bestaat uit goed doorlatende zandlagen.

In peilbuis PB02, gelegen aan de noordwestelijke rand van het ontwikkelgebied Amsteleind Zuid, is sprake van een lichte kweldruk. In peilbuis PB01 wordt daarentegen lichte wegzijging waargenomen. Dit duidt erop dat het gebied rondom PB01 gevoeliger is voor verdroging.



Figuur 3-4 Locaties peilbuizen (monitoringsrapport grondwater Antea maart 2025)



Figuur 3-5 Boorprofielen van de peilbuizen (monitoringsrapport grondwater Antea maart 2025)

De grondwaterstroming is globaal vanuit het zuidoosten van het plangebied naar het noordwesten. De gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) ten opzichte van maaiveld (ontwateringsdiepte) van de relevante peilbuizen zijn weergegeven in de onderstaande tabel. Alle peilbuizen hebben zowel een ondiep (freatisch) filter (001) als een diep filter in het eerste watervoerende pakket (002). De tijdreeksen van de grondwatermetingen zijn te kort om de GHG en GLG betrouwbaar te bepalen. Daarom zijn deze waarden met behulp van een model geschat.

Tabel 3-1 Statistieken gesimuleerde grondwaterstanden[10] (monitoringsrapport grondwater Antea maart 2025)

Peilbuis Antea	Peilbuis BRO	Filter	Maaiveld [m NAP]	GLG [m NAP]	GHG [m NAP]	Kweldruk [m]
PB01	D67	001	6,18	4,25	4,91	-0,03 (lichte wegzijging)
		002	6,18	4,19	4,85	
PB02	D68	001	4,77	3,61	4,01	+0,07 (lichte kwel)
		002	4,77	3,65	4,06	
PB03	D69	001	5,45	3,84	4,29	0,00 (geen kwel/ wegzijging)
		002	5,45	3,85	4,3	
PB11	D80	001[11]	5,8	3,86	4,6	Geen data
PB12	D81	001[11]	5,14	3,54	4,23	Geen data

[10] Voor PB01-PB03 zijn meetreeksen beschikbaar vanaf november 2022 en voor PB11-PB12 vanaf juni 2024. Om op basis de meetreeks statisch de GHG en GLG te bepalen, is een meetreeks van minimaal 8 jaar vereist. Daarom gebruiken we in dit rapport de gesimuleerde grondwaterstanden uit grondwatermonitoringsrapport van Antea die zijn gevalideerd op metingen.

[11] Relatief korte tijdreeks (half jaar), de simulatie is hierdoor minder betrouwbaar. De GHG en GLG zijn wel vergeleken grondwatermetingen in de periode juni 2024 t/m maart 2026.

PB13	D77	001[11]	5,26	3,45	4,07	Geen data
PB14	D78	001[11]	4,82	3,43	3,99	Geen data
PB15	D79	001[11]	4,65	3,65	4,01	Geen data
PB16	D82	001[11]	4,45	3,11	3,67	Geen data

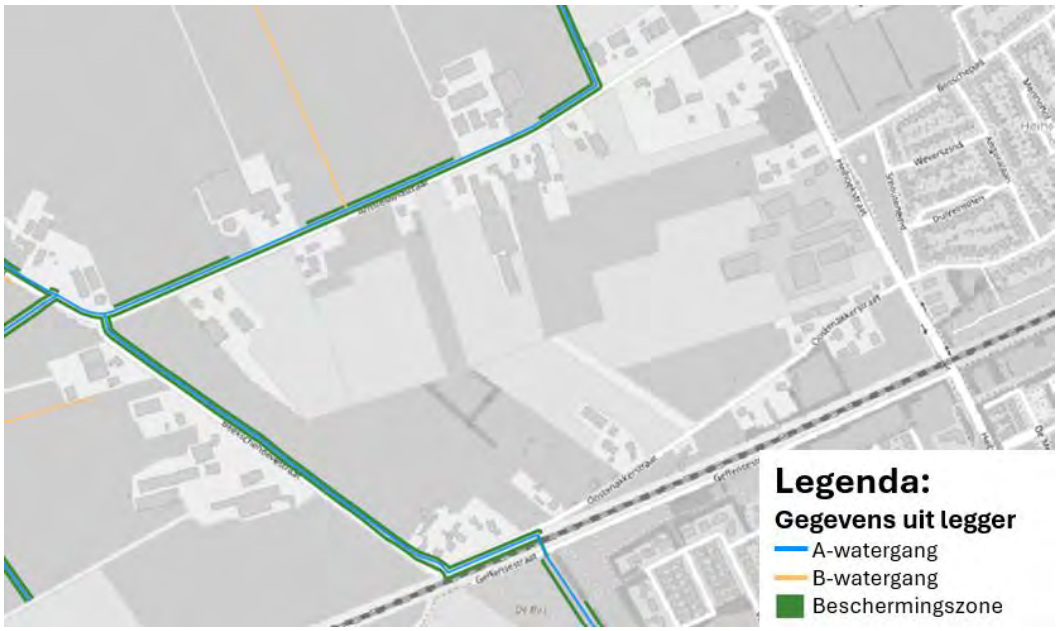
Als richtlijn geldt voor woningen dat een ontwateringsdiepte van tenminste 1 meter gewenst is. Bij de peilbuizen 2, 12, 14, 15 en 16, aan de noord- en westkant van het plangebied, zijn de ontwateringsdieptes minder dan 1 meter bij een gemiddelde hoge grondwaterstand. Dit is een aandachtspunt voor het ontwerp.

3.4 Oppervlaktewatersysteem

Aan de noord- en westzijde van het plangebied bevinden zich primaire watergangen. Deze watergangen hebben een zomerpeil van 3,9 m NAP en een winterpeil van 3,6 m NAP. Vanuit deze watergangen stroomt het water via een poldersysteem naar lagergelegen peilgebieden, waarna het onder vrijverval naar de Hoefgraaf en vervolgens de Roode Wetering stroomt. Onder normale omstandigheden stroomt het uiteindelijk onder vrijverval naar de Maas. Bij hoogwater op de Maas pompt gemaal Gewande het water naar de Maas.

Het plangebied zelf is vrij afwaterend en bevat geen watergangen die worden onderhouden door het waterschap.

Rondom A-watergangen hanteert het waterschap beschermingszones. Deze bestaan uit een strook van 5 meter vanaf de oever aan weerszijden van de watergang. Afgesproken is dat binnen deze beschermingszones in het plangebied geen wadi's worden aangelegd.



Figuur 3-6 Overzicht watergangen en beschermingszones rond het plangebied uit de Legger Oppervlaktewateren van Aa en Maas.

3.5 Riolering

In het plangebied is geen vrijvervalriolering. De bestaande bebouwing is aangesloten op de riolering door middel van drukriolering.

4 Ontwerp watersysteem

4.1 Overzicht ontwerp

Het watersysteem wordt ontworpen als een systeem met droge bergingen (wadi's). Op die manier wordt de neerslag nog steeds lokaal geïnfiltreerd en wordt het grondwatersysteem zo min mogelijk veranderd. Ook worden waterkwaliteitsproblemen met uittredend grondwater voorkomen. De wadi's worden met elkaar verbonden om bij hevig neerslag het overtollige water af te kunnen voeren.

Het verkavelingsplan van Amsteleind Zuid dat is gebruikt als uitgangspunt voor het waterhuishoudkundig plan is weergeven in de onderstaande figuur.



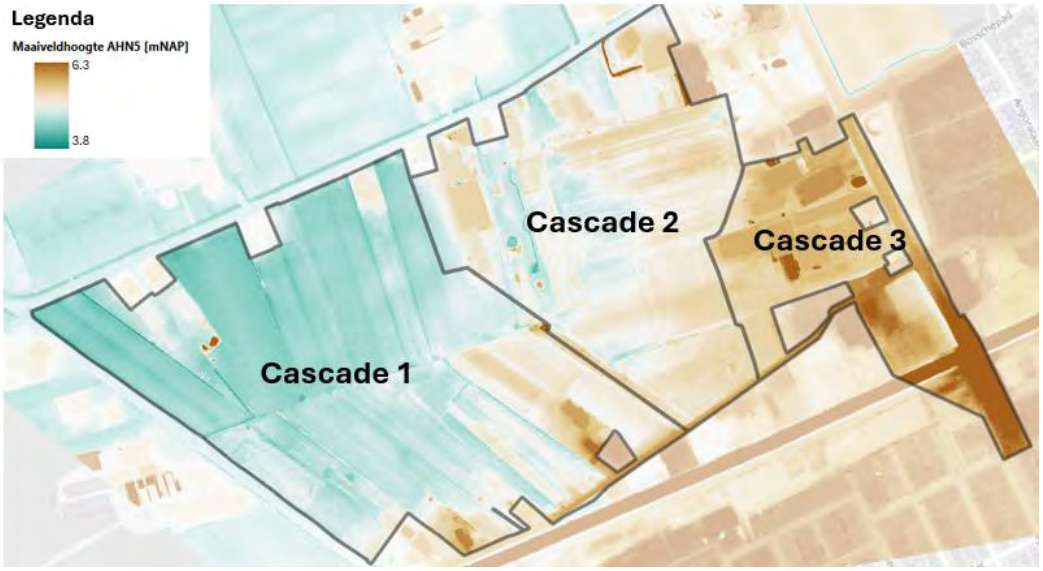
Figuur 4-1 Verkavelingsplan Amsteleind Zuid (opgesteld door ontwerpbureau wUrck)



Figuur 4-2 Naamgeving buurten Amsteleind Zuid (opgesteld door ontwerpbureau wUrck)

4.2 Maaiveldverloop en grondbalans

Om aan te sluiten bij het huidige maaiveld, wordt het plangebied in cascades aangelegd. De cascades in Figuur 4-3 volgen het maaiveld en de grondwaterstand en worden gescheiden door verhogingen in het maaiveld. Bij hevige neerslag wordt daarmee voorkomen dat het water zich verzamelt in het laagstgelegen gebied.

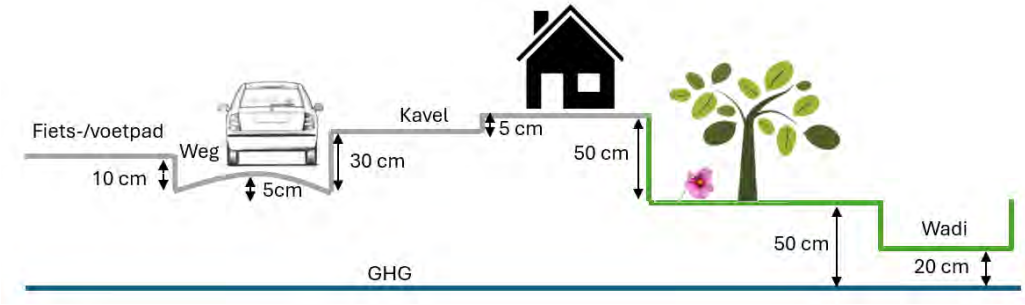


Figuur 4-3 Voorgestelde cascadering op basis van het huidige maaiveldverloop

De voorgestelde principe-dwarsdoorsnede van het maaiveld is weergegeven in Figuur 4-4. De vloerpeilen van de panden liggen altijd ten minste 1 meter boven de GHG en 80 cm boven de wadi's. Voor de wegen hanteren we een bol wegprofiel, waarbij de as 5 cm hoger ligt dan de zijkanten van de weg. De fiets- en voetpaden worden 5 cm boven de wegas aangelegd. De wegas ligt 30 cm onder het vloerpeil van de panden. Groen wordt verlaagd aangelegd[12].

Dit houdt in dat de wadi's op minimaal 20 centimeter boven de GHG worden aangelegd. Dit is minder dan de 50 centimeter die wordt geadviseerd in de RIBOR. De 20 centimeter geldt alleen voor de laagste cascade (1). In deze cascade is er extra aandacht voor de leegloopvoorzieningen van wadi's (zie paragrafen 4.4.4 en 4.4.5) In cascade 2 en 3 kunnen wadi's wel 50 centimeter boven de GHG worden aangelegd.

Met het oog op de toegankelijkheid van woningen is 30 centimeter hoogteverschil tussen de wegas en het vloerpeil niet overal mogelijk. In dat geval dient de weg zoveel mogelijk te worden opgehoogd of kan er gekozen worden voor een hol wegprofiel. Dit is maatwerk en wordt in een latere fase van het ontwerp verder uitgewerkt.



Figuur 4-4 Principe dwarsdoorsnede maaiveldverloop

[12] Het groen komt gemiddeld genomen 50 centimeter onder het vloerpeil te liggen. Om zo min mogelijk grond te verzetten, wordt gestreefd om zoveel mogelijk het huidige maaiveld te volgen in de cascades, dus kan de hoogte van het groen variëren.

De gemeente streeft naar een gesloten grondbalans binnen het plangebied (afgraving = ophoging). Daarom hanteren we de onderstaande gemiddelde hoogtes in onderstaande tabel. Hierdoor is de grondbalans gesloten.

Tabel 4-1 Hoogtes per cascade

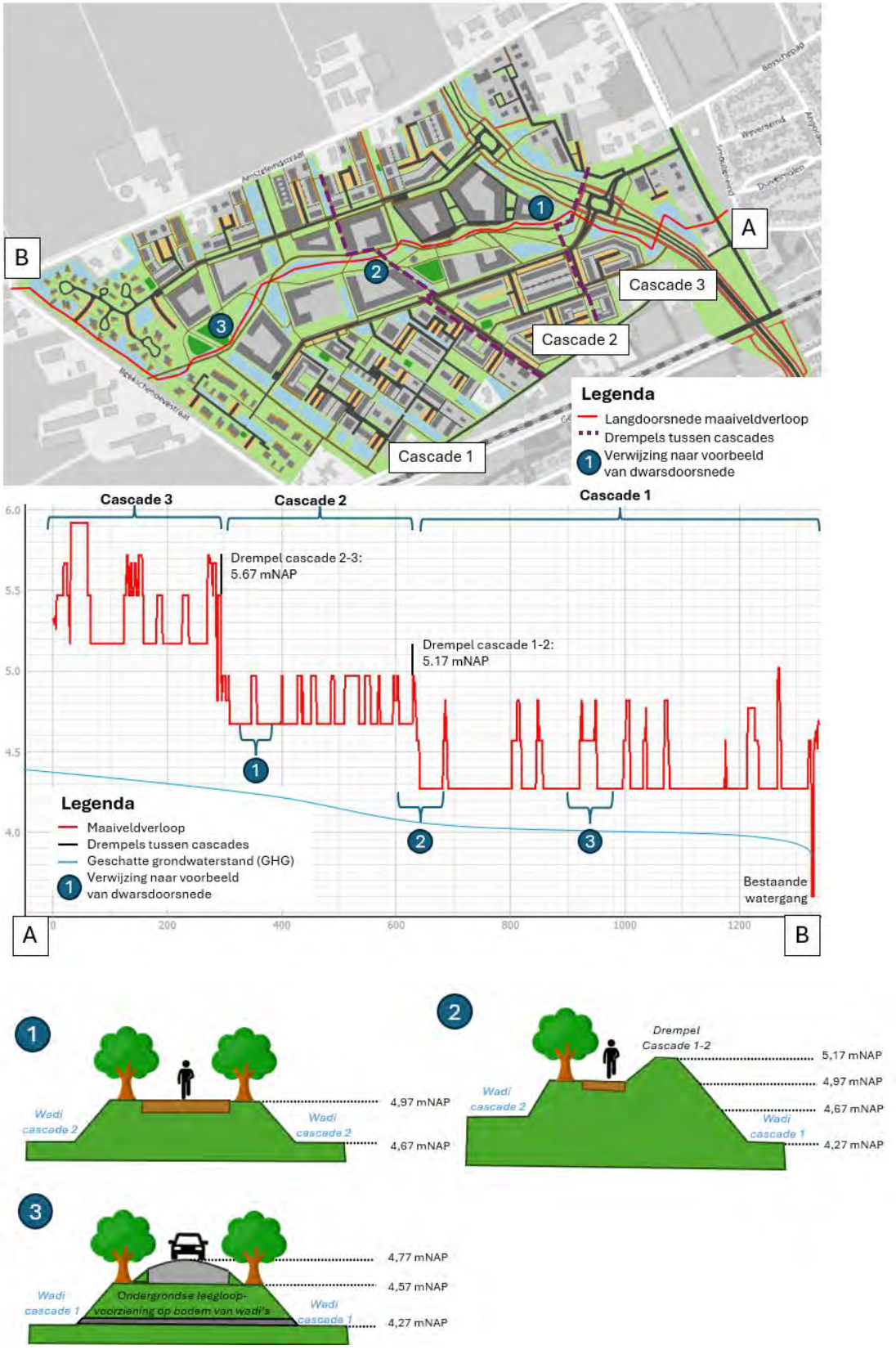
	Cascade 1 (mNAP)	Cascade 2 (mNAP)	Cascade 3 (mNAP)
Onderkant wadi	4,27	4,67	5,17
Groen, sportveld, speeltuin	4,57	4,97	5,47
Weg (as), parkeren, erf	4,77	5,17	5,67
Fiets-/voetpad	4,82	5,22	5,72
Privaat terrein (tuin, terras, etc.)	5,02	5,42	5,92
Vloerpeil pand	5,07	5,47	5,97

Dit resulteert in de onderstaande hoogteverschillen ten opzichte van de huidige situatie:



Figuur 4-5 Overzicht grondbalans Amsteleind Zuid

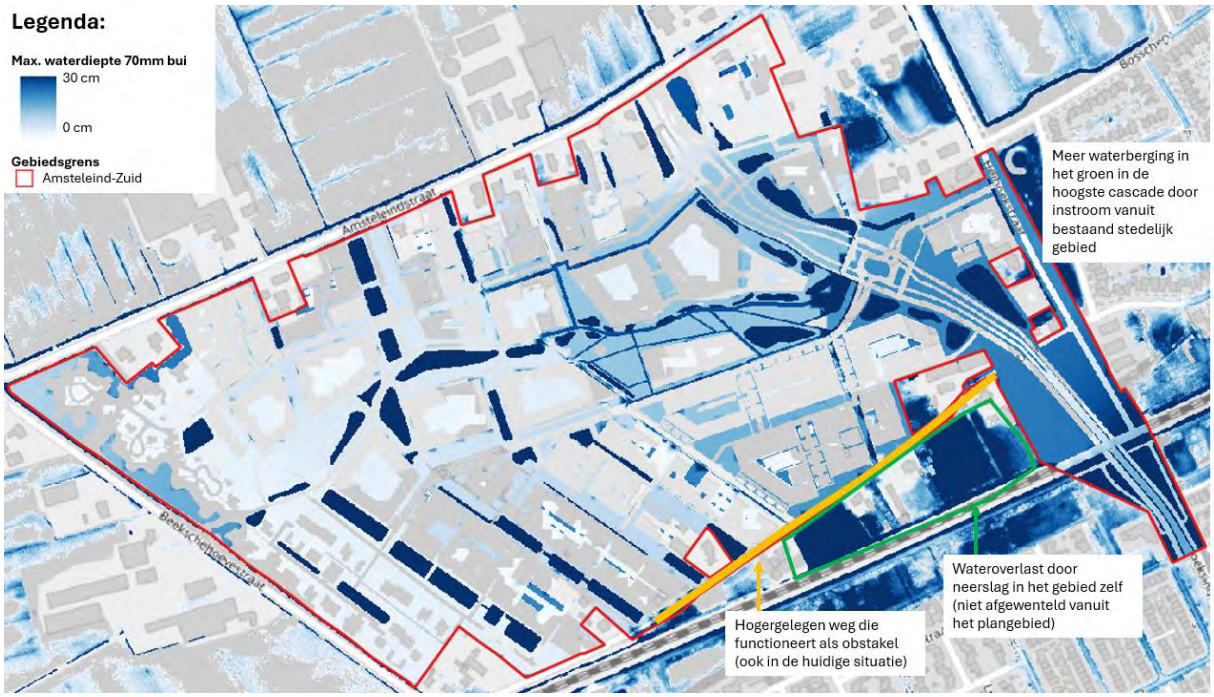
Figuur 4-6 toont een impressie van een langsdoorsnede door de wadi's in de verschillende cascades van Amsteleind Zuid, inclusief drempels van cascades en leegloopvoorzieningen. Paragraaf 4.4.4 beschrijft de leegloopvoorzieningen in meer detail. Bijlage II bevat meer dwarsdoorsnedes in het plangebied (opgesteld door wURCK).



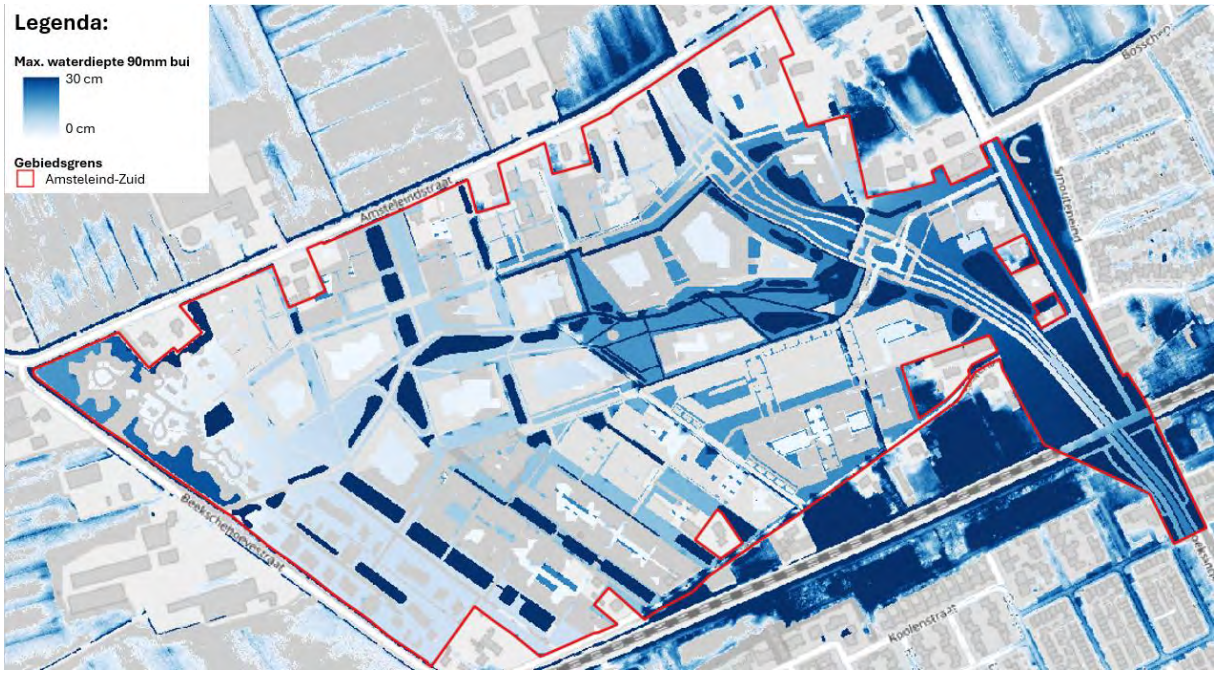
Figuur 4-6 Langsdoorsnede van maaiverloop in het plangebied, inclusief de drempels van de cascade en de geschatte grondwaterstand.

4.3 Wateroverlast

Het watersysteem is getoetst met een bui van 70 mm in een uur, waarbij geen schade aan panden mag ontstaan en een bui van 90 mm in een uur waarbij geen schade aan vitale en kwetsbare functies mag ontstaan. Voor dit gebied zijn geen specifieke vitale en kwetsbare functies gedefinieerd. Onderstaande figuren geven de resultaten van een toetsing met een integraal watermodel (maaiveld, riolering en oppervlaktewater). Voor beide buien geldt dat er geen water boven het vloerpeil van de panden staat.



Figuur 4-7 Resultaten toetsing wateroverlast bij een bui van 70 mm in een uur



Figuur 4-8 Resultaten toetsing wateroverlast bij een bui van 90 mm in een uur

4.4 Waterberging

Om te zorgen dat dit nieuwbouwgebied de wateroverlast niet afwentelt op de omgeving is er waterberging gerealiseerd in de vorm van waterberging op particulier terrein, in wadi's en in infiltratievoorzieningen. Het waterschap gaat uit van 60 mm waterberging voor de toename van verhard oppervlak. Onderstaande tabel geeft per grondgebruikstype de verwachte toename van het oppervlak.

Tabel 4-2 Berekening compensabele berging

	Oppervlak (ha)	Verhardingsgraad	Oppervlak verharding (ha)
Groen, sportveld, speeltuin	13,70	10%	1,37
Pand	6,26	100%	6,26
Tuin	6,73	70%	4,71
Weg, parkeren, erf	5,99	100%	5,99
Fietspad, voetpad	3,19	100%	3,19
Totaal	**35,89**		**21,52**
Bestaand			-3,01
Te compenseren			**18,51**

In totaal is de toename in verhard oppervlak dus 18,51 hectare. Voor dit gebied geldt een eis van 60 mm compenserende berging voor de toename van verhard oppervlak met gevoeligheidsfactor 1. De totale benodigde compenserende berging is 11.106 m³.

Tabel 4-3 bevat een samenvatting van de totale bergingscapaciteit in het plangebied. Deze berekening wordt toegelicht in paragrafen 4.4.1-4.4.6.

Tabel 4-3 Samenvatting totale bergingscapaciteit plangebied

	Volume m³	Volume in mm tov toename oppervlak
Waterberging op particulier gebied	2.582	13,95
Statische waterberging in wadi's	10.194	55,07
Waterberging onder de vlakke bodem van wadi's[13]	4.078	22,03
Waterberging onder weg en parkeerplaatsen (Oostenakker)	1.658	8,96
Waterberging in bestaande greppels (Oostenakker)	81	0,44
Totaal	**16.575**	100,45
Benodigd	11.106	60,00

[13] Waterberging door directe infiltratie, zie paragraaf 4.4.2.

4.4.1 *Waterberging eigen terrein*

De verharde oppervlakken van de hoogbouw van het centrale gebied van Amsteleind Zuid, de Ruggengraat, hebben eigen bergingsvoorzieningen. Dat kan op daken gerealiseerd worden of op maaiveld op eigen terrein. De totale bergingscapaciteit van deze voorzieningen is 2.582 m³. Dit is weergegeven in de onderstaande Figuur 4-9.



Figuur 4-9 Berging op eigen terrein Ruggengraat

4.4.2 *Waterberging openbaar gebied*

Wadi's, verdeeld over het plangebied, zorgen voor de meeste bergingscapaciteit. Figuur 4-10 bevat een overzicht van het waterbergend volume per wadi. De wadi's hebben een maximale diepte van 30 cm. Deze diepte wordt algemeen gehanteerd in Nederland met het oog op verdrinking. Daarnaast zijn diepere wadi's in dit gebied niet gewenst vanwege de beperkte ontwateringsdiepte.

Het talud van de wadi's is 1:3 in verband met de verkeersveiligheid en het onderhoud. Met een diepte van 30 centimeter, is er in het nieuwe verkavelingsplan 10.194 m³ statische waterberging in de wadi's.



Figuur 4-10 Bergingscapaciteit wadi's

In de wadi's in de buurt "In het Bos" worden bomen in de wadi's geplant. Voorwaarde hierbij is dat deze bomen die goed tegen water en tijdelijke overstroming kunnen. Hierdoor neemt de waterbergingscapaciteit in deze wadi's in minder dan afgebeeld is in Figuur 4-11. Naar verwachting is het effect heel klein (<5%) en daarom is het niet meegenomen in de berekening.

Naast statische berging in de wadi's, tellen we de berging onder de bodems van wadi's ook mee. Dit is de hoeveelheid water dat gaat infiltreren in de verbeterde grond onder de wadi. Deze berging is als volgt berekend:

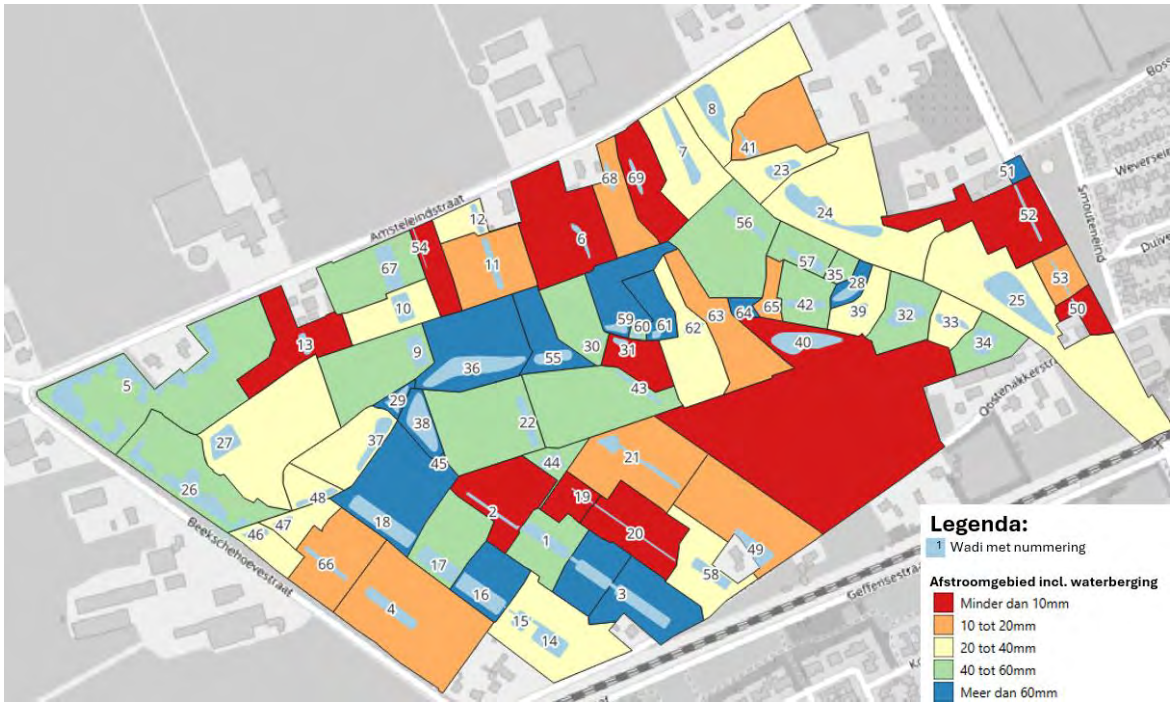
$$Berging\ onder\ wadi = oppervlakte\ wadi\ (vlakke\ bodem) \times porositeit\ verbeterde\ grond\ \times ontwateringsdiepte$$

De gemiddelde ontwateringsdiepte van de wadi's (afstand tussen de bodem van de wadi en de GHG) is 38 centimeter. In de bovenstaande berekening zijn we daarom uitgegaan van 30cm ontwaterdiepte. Daarnaast nemen we aan dat de porositeit van de verbeterde grond 0,4 is.

Naast waterberging in de wadi's is er ook waterberging – zowel statisch als dynamisch – in het groen. Dit kan indien het de west- en noordkant van het plangebied omgeven zijn met verhoogde drempels ter hoogte van de weg en als de leegloopconstructie uit paragraaf 4.4.5 worden toegepast.

4.4.3 Afstroming naar wadi's

Op basis van het verkavelingsplan en de cascadering is het afstroomgebied per wadi bepaald in Figuur 4-11. In deze analyse zijn ook de waterbergingsvoorzieningen op particulier terrein en de ruggengraat meegenomen. Dit figuur laat zien dat wadi's met een relatief groot afstroomgebied en een beperkte bergingscapaciteit sneller vollopen dan wadi's met een kleiner afstroomgebied of een grotere capaciteit. Alle wadi's binnen cascade 1 en binnen cascades 2 en 3 zijn echter onderling verbonden via een leegloopverbinding op de bodem. Hierdoor wordt het water zo gelijkmatig mogelijk over de aangesloten wadi's verdeeld.



Figuur 4-11 Waterberging wadi's ten opzichte van aangesloten verhard oppervlak.

Het water vanaf de panden en wegen wordt oppervlakkig naar wadi's gevoerd. Uitgangspunt is een verhang van een watervoerende weg van 0,5% (5mm/m). De maximale afstand tussen pand en wadi is dat ongeveer 100 m, want het verval is dan 0,5 m.

Wadi 40, waar Oostenakker grotendeels op is aangesloten, heeft een kleine capaciteit en is relatief ver verwijderd van de panden. Dit is een dichtbebouwd gebied, waar geen ruimte is voor wadi's. Daarom is er in het ontwerp van Oostenakker rekening gehouden met infiltratievoorzieningen. Dit wordt in meer detail toegelicht in paragraaf 4.4.6.

Bijlage I bevat de berekening van de waterbergingsberekening per wadi.

4.4.4 Verbindingen tussen wadi's

Om te zorgen dat water bij extreme neerslag goed verdeeld wordt over de wadi's in het plangebied, zijn de wadi's met elkaar verbonden. Alle wadi's zijn met elkaar verbonden met een ondergrondse leegloopverbinding. Dit is een kleine buis van rond 250 mm die op de bodems van de wadi's ligt. Aan beide kanten van de buis wordt een rooster en zandvang geplaatst, om verstopping door bladeren en zand te voorkomen.

Als een wadi vol is tijdens extreme neerslag en water niet naar een naastgelegen wadi kan worden afgevoerd via de leegloopverbinding, kan water via het groen oppervlakkig afstromen of daar geborgen worden.

De ligging van de leegloopverbindingen zijn weergegeven in Figuur 4-12.

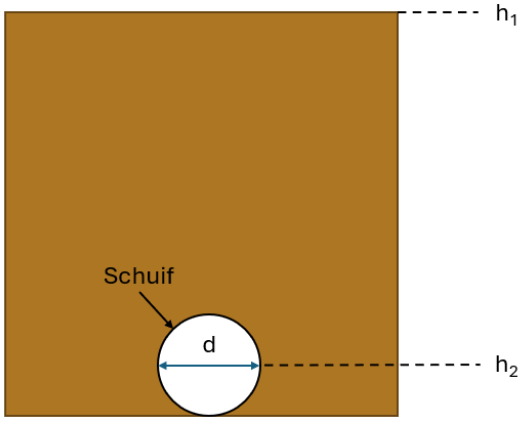


Figuur 4-12 Afstroming bij extreme neerslag

4.4.5 Leegloopvoorziening en nooduitlaat wadi's

Figuur 4-12 bevat ook de locaties van de drie leegloopvoorzieningen en noodoverlaten van wadi's: twee naar het oppervlaktewater en één van cascade 3 naar cascade 2. De afvoernorm naar het oppervlaktewater is 2 l/s/ha. Daarnaast wenst de gemeente dat de wadi's binnen 24u weer leeg zijn.

Om te voldoen aan deze uitgangspunten worden er regelbare stuw met een doorlaten op de bodem[14] aangelegd (Figuur 4-13). De doorlaat van de stuw functioneert als leegloopvoorziening tijdens normale omstandigheden, waarbij maximaal 2 l/s/ha wordt afgevoerd naar het oppervlaktewater. Het midden van de doorlaat (h2) ligt op de bodem van de afvoerende wadi en wordt voorzien van een rooster en een zandvang. De doorlaat heeft een schuif, die dichter gedraaid kan worden om, indien gewenst, water vast te houden in het plangebied. De bovenkant van de stuw (h_1) ligt 10 centimeter lager dan de wegas in de afvoerende cascade. Dit zorgt ervoor dat water tijdens extreme neerslag over de stuw heen kan stromen, in plaats van dat het wateroverlast veroorzaakt in het plangebied.



Figuur 4-13 Schematische weergave van de regelbare stuw

[14] Dit kan bijvoorbeeld een SIMMBA-stuw zijn.

Tabel 4-4 bevat de eigenschappen van de regelbare stuwen. De afmeting van de doorlaat is bepaald met de wet van Torricelli en de onderstaande aannames:

- De maximale waterdruk vanuit de wadi is 0,4 m
- Alleen het verhard oppervlak[15] wordt vermenigvuldigd met de afvoernorm van 2,0 l/s/ha voor de berekening van de maatgevende afvoer[16].
- Een uittredeverlies van 37% bij de doorlaat is gehanteerd.

Tabel 4-4 Eigenschappen regelbare stuwen met leegloopvoorziening en noodoverlaat

	Cascade 1 naar opp. water	Cascade 2 naar opp. water	Cascade 3 naar Cascade 2
Bovenkant van stuw (h_1)	4,67 m NAP	5,07 m NAP	5,57 m NAP
Midden van doorlaat (h_1)	4,27 m NAP	4,67 m NAP	5,17 m NAP
Aangesloten verhard oppervlak	10,40 ha	11,12 ha	3,11 ha
Diameter doorlaat (d)	122 mm	127 mm	67 mm

Wanneer wadi's uitsluitend via de leegloopvoorziening kunnen leeglopen, zijn zij niet binnen 24 uur leeg. Infiltratie draagt echter ook bij aan de lediging van de wadi's. Hoewel de bodem in Oss relatief goed doorlatend is vanwege de zandige ondergrond, kan de infiltratiecapaciteit in cascade 1 worden beperkt door de hoge grondwaterstanden. Bij een infiltratiecapaciteit van 200 mm/dag zijn de wadi's, in combinatie met de leegloopvoorziening, wel binnen 24 uur leeg.

4.4.6 Waterberging in Oostenakker

In de Oostenakker is beperkte ruimte voor wadi's. Hoewel de omliggende wadi's deels gebruikt kunnen worden om water uit dit gebied te bergen, hebben deze onvoldoende capaciteit (Figuur 4-11) en is de afstand voor water op oppervlakkig te overbruggen te groot. Voor Oostenakker zijn in eerste instantie infiltratiekratten voorgesteld als aanvulling, deze zijn afgebeeld in de onderstaande Figuur 4-14.

[15] Volgens toelichting vanuit het waterschap op de waterschapsverordening mag voor de berekening uitsluitend het verharde oppervlak worden meegenomen. De berekening van de benodigde buisdiameter is daardoor conservatief voor de hoeveelheid waterafvoer op het oppervlaktewater.

[16] Hydrologische uitgangspunten bij de regels van de Waterschaps-verordening voor het afvoeren van hemelwater Aa en Maas paragraaf 4.2



Figuur 4-14 Maatregelen waterberging in Oostenakker (initiële voorstel)

In de RIBOR worden infiltratiekratten echter uitgesloten, onder andere vanwege slechte ervaring in het verleden met de beperkte mogelijkheden tot onderhoud en inspectie. In overleg met de gemeente is daarom het alternatief in Figuur 4-15 uitgewerkt.

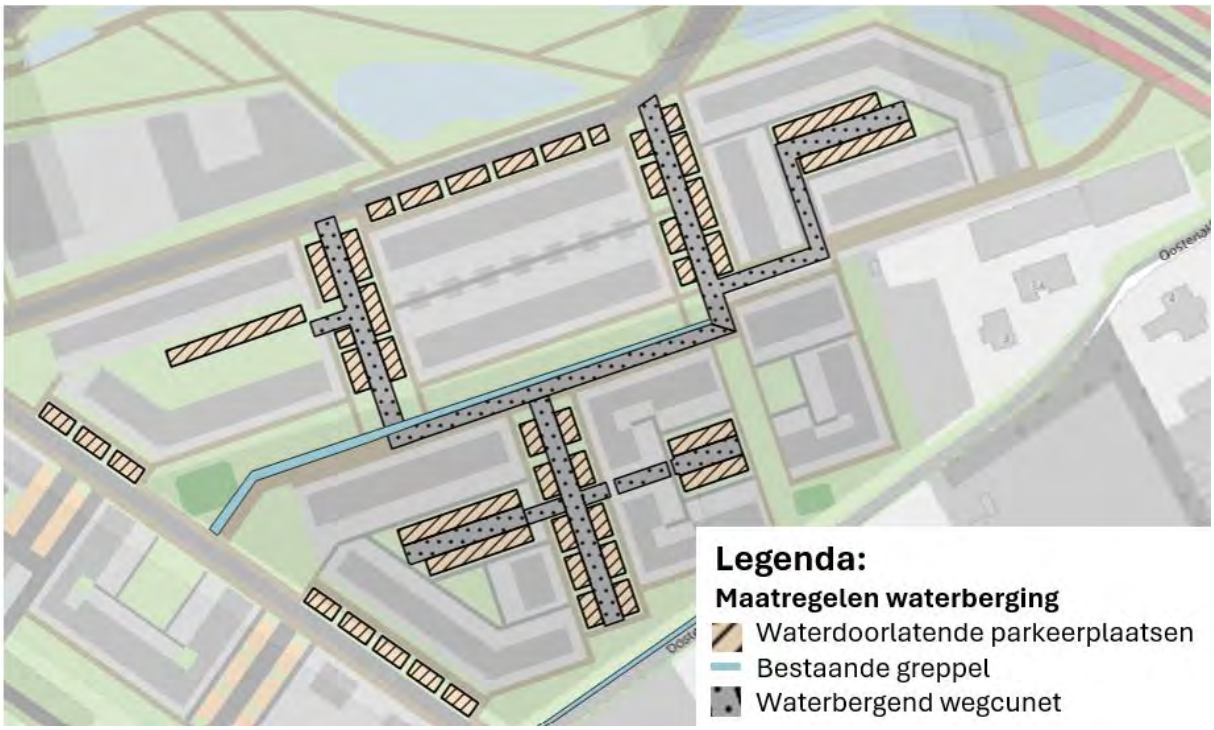
Onder de parkeerplaatsen en wegen in Oostenakker wordt een verbeterd grondpakket aangelegd van 40 centimeter dik. Vanuit dit grondpakket kan water verder infiltreren naar de onderliggende zandlaag. Voor de waterbergingsberekening gaan we uit van een gemiddelde porositeit van 35% en een waterbergende diepte van 80 centimeter. Op basis van de onderstaande formule levert dit in totaal 1658 m³ waterberging op.

$$Berging\ onder\ parkeerplaatsen = oppervlakte\ parkerplaatsen \times porositeit \times waterbergende\ diepte$$

Daarnaast blijven de bestaande greppels behouden. De greppels hebben een geschatte gemiddelde diepte van 30 centimeter. Met de onderstaande formule levert dit 80 m³ extra waterberging.

$$Berging\ greppels = oppervlakte\ greppels \times gemiddelde\ diepte$$

Het aangesloten oppervlak in Oostenakker is 3,2 hectare. De totale berging door deze maatregelen is daarmee 53 millimeter.



Figuur 4-15 Alternatieve maatregelen waterberging Oostenakker

4.5 Waterkwaliteit

Het projectgebied zelf krijgt geen oppervlaktewater en dus is er ook geen sprake van oppervlaktewaterkwaliteit. In extreme gevallen zullen de wadi's overlopen op de bestaande watergangen. Het hemelwater wordt oppervlakkig afgevoerd zodat foutaansluitingen meteen zichtbaar zijn.

4.6 Grondwater

De grondwaterbalans van het gebied verandert niet omdat de neerslag in de oude situatie oppervlakkig infiltreerde en nu via wadi's infiltreert. In westelijke gebied treedt in de huidige situatie kwel op. De huidige greppels in dit westelijke gebied wijzen ook op een extra afwateringsbehoefte.

Doordat er zijn geen peilbuizen in het westelijke deel van Amsteleind Zuid, is de grondwatersituatie hier onvoldoende bekend. Het is aannemelijk dat de grondwaterstand in dit gebied sterk wordt beïnvloed door het peil van het oppervlaktewater. De watergang aan de westzijde ligt binnen hetzelfde peilgebied als de watergang aan de noordzijde. Daarom zijn de GHG's van de dichtstbijzijnde peilbuizen aan de noordkant (PB02 en PB15) gebruikt om de GHG in het westelijke deel te schatten.

De gemodelleerde GHG's uit het grondwatermonitoringsrapport van Antea zijn op verzoek van het waterschap gevalideerd door op basis van de voor het model gebruikte korte meetreeksen (3/4 tot 2 jaar) ook GHG's te berekenen. Dit zijn geen officiële GHG's omdat daarvoor meetreeksen nodig zijn van minimaal 8 jaar, maar geven wel inzicht in welke wadi's mogelijk kwetsbaar zijn voor grondwateroverlast. Per hydrologisch jaar (1 april tot en met 31 maart van het daaropvolgende jaar) zijn de drie hoogste onafhankelijke freatische grondwaterstanden bepaald, waarna de GHG is berekend.

Na interpolatie is de GHG vergeleken met het bodemniveau van iedere wadi. Uit Figuur 4-16 blijkt dat alle wadi-bodems boven de gemodelleerde GHG liggen. Wanneer echter de op metingen gebaseerde GHG-schatting wordt gebruikt, blijkt dat bij een aantal wadi's in het zuidoostelijke deel van Cascade 1 de GHG boven de bodem van de wadi ligt (Figuur 4-17).

De onderbouwing van de berekening en de achterliggende data zijn opgenomen in Bijlage III.



Figuur 4-16 Gemodelleerde GHG uit het grondwatermonitorignsrapport van Antea ten opzichte van de bodem van wadi's op basis van de interpolatie in Figuur III-38 in Bijlage III



Figuur 4-17 Geschatte GHG op basis van metingen ten opzichte van de bodem van wadi's op basis van Figuur III-39 en de berekening in Tabel III- 1 (Bijlage III)

De op metingen gebaseerde GHG ligt 7 tot 22 cm hoger dan de gemodelleerde GHG. Dit kan erop wijzen dat de gemodelleerde GHG lager is dan de werkelijke GHG. Aan de andere kant komen de metingen uit een relatief nat jaar en zijn de beschikbare meetreeksen te kort voor een statistisch betrouwbare GHG-bepaling.

Om de GHG's verder te valideren, is een vergelijking gemaakt met peilbuizen in de omgeving van Amsteleind Zuid die voldoen aan de volgende voorwaarden:

› De peilbuis heeft metingen van tenminste 8 hydrologische jaren;

- De metingen zijn ook van 2024;
- De afstand tot het plangebied is maximaal 3 kilometer.
- Het filter van de peilbuis bevindt zich niet dieper dan -4mNAP, waardoor het aannemelijk is dat de freatische grondwaterstand is gemeten.

Er zijn drie peilbuizen gevonden in de Basisregistratie Ondergrond die voldoen aan deze voorwaarden (zie Figuur III-40-49 in Bijlage III). Uit deze analyse blijkt dat 2024 inderdaad een relatief nat jaar was. De grondwaterstand lag in dat jaar maximaal 10 cm boven de GHG. Daarom ligt de werkelijke GHG in Amsteleind-Zuid waarschijnlijk tussen de GHG's van Figuur 4-16 en Figuur 4-17 in.

Om te voorkomen dat in de toekomstige situatie de wadi's in dit gebied continu nat blijven is er al voorzien in een leegloopvoorziening (zie paragraaf 4.4.5). Verder doen we voor het aspect grondwater de volgende aanbevelingen:

- Een mogelijke aanvullende maatregel om grondwater in de wadi te voorkomen is om kwetsbare wadi's uit Figuur 4-17 minder diep te maken. Naar verwachting is de voorgestelde leegloopvoorziening echter voldoende om tijdens perioden met hoge grondwaterstanden grondwater uit de wadi's af te voeren.
- Zet meerdere grondwatermetingen uit in het westelijke deel van Amsteleind Zuid om een beter beeld te krijgen van de grondwaterstanden in dit deel van Amsteleind Zuid.

4.7 Riolering

De riolering in dit gebied wordt gescheiden aangelegd. Het vuilwater wordt ingezameld met een vrijvervalstelsel en afgevoerd naar de zuivering. Het regenwater wordt oppervlakkig afgevoerd naar de wadi's.

4.8 Beheer en onderhoud

De gemeente is verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van de wadi's en infiltratievoorzieningen in de openbare ruimte, de aanvoer van hemelwater naar de wadi's en de afvoer van de wadi's naar het oppervlaktewater. Het beheer en onderhoud van bergingen op eigen terrein wordt uitgevoerd door de eigenaren en juridisch vastgelegd in de koopovereenkomst.

I. Bijlage – afstroming naar wadi's

Tabel I-5 Bergingscapaciteit o.b.v. het oppervlakte van het afstroomgebied per wadi (afstroomgebieden en nummering wadi's in Figuur 4-11)

Wadi ID	Opp. Afstroomgebied (incl onverhard) [m²]	Capaciteit wadi [m³]	Capaciteit berging privaat [m³]	Bergingscapaciteit totaal [m³]	Bergingscapaciteit totaal [mm]
1	3993	187	-	187	46,8
2	5710	49	-	49	8,6
3	5594	381	-	381	68,1
4	13125	199	-	199	15,2
5	16959	929	-	929	54,8
6	9122	41	-	41	4,5
7	6148	196	-	196	31,9
8	8401	296	-	296	35,2
9	7087	147	263	410	57,9
10	3723	147	-	147	39,5
11	5984	108	-	108	18,0
12	1685	53	-	53	31,5
13	5215	46	-	46	8,8
14	8582	211	-	211	24,6
15	8582	81	-	81	9,4
16	3846	274	-	274	71,2
17	5059	232	-	232	45,9
18	9024	361	306	667	73,9
19	1874	9	-	9	4,8
20	5858	34	-	34	5,8
21	8493	156	-	156	18,4
22	8748	136	279	415	47,4
23	3181	126	-	126	39,6
24	13042	383	-	383	29,4
25	16238	541	-	541	33,3
26	8492	478	-	478	56,3



27	12441	211	204	415	33,4
28	1074	83	-	83	77,3
29	663	69	-	69	104,1
30	3983	54	140	194	48,7
31	2756	24	-	24	8,7
32	4011	199	-	199	49,6
33	2152	76	-	76	35,3
34	2948	147	-	147	49,9
35	815	40	-	40	49,1
36	8516	464	103	567	66,6
37	4675	161	-	161	34,4
38	1838	301	-	301	163,8
39	2542	52	-	52	20,5
40	38187	326	-	326	8,5
41	5397	57	-	57	10,6
42	3074	85	96	181	58,9
43	9061	60	318	378	41,7
44	1389	83	-	83	59,8
45	9024	24	-	24	2,7
46	2043	56	-	56	27,4
47	1944	59	-	59	30,3
48	1693	65	-	65	38,4
49	8587	171	-	171	19,9
50	1573	12	-	12	7,6
51	500	7	-	7	14,0
52	7821	46	-	46	5,9
53	2117	23	-	23	10,9
54	2514	8	-	8	3,2
55	3396	113	97	210	61,8
56	9047	98	321	419	46,3
57	2376	100	-	100	42,1
58	4620	138	-	138	29,9
59	4288	47	235	282	65,8

60	259	12	-	12	46,3
61	2172	18	235	253	116,5
62	5537	32	161	193	34,9
63	5767	23	59	82	14,2
64	579	6	321	327	564,8
65	1240	23	-	23	18,5
66	5991	68	-	68	11,4
67	5634	238	-	238	42,2
68	3803	42	-	42	11,0
69	4558	43	-	43	9,4

II. Bijlage – profielen maaiveldverloop

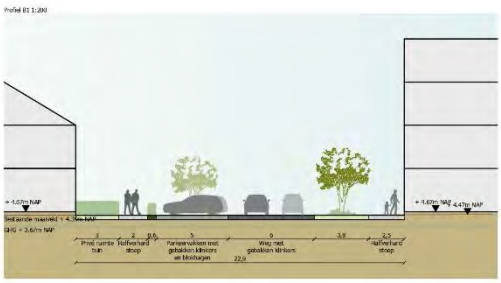

Amsteleindstraat
Bosmanlaan
Bosmanlaan
Bosmanlaan



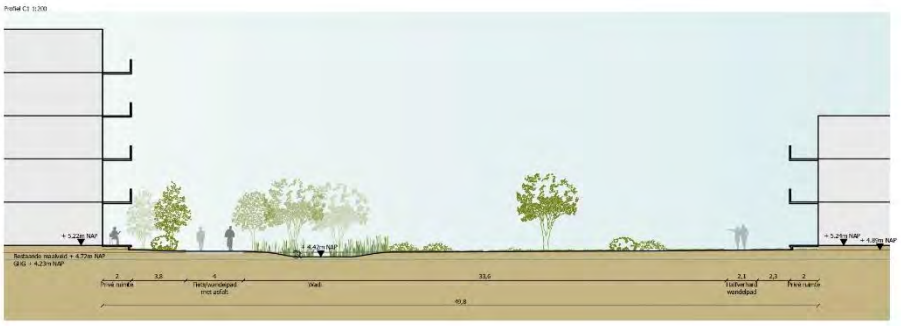
Figuur II-20 Profiel A3 en A4 wUrck



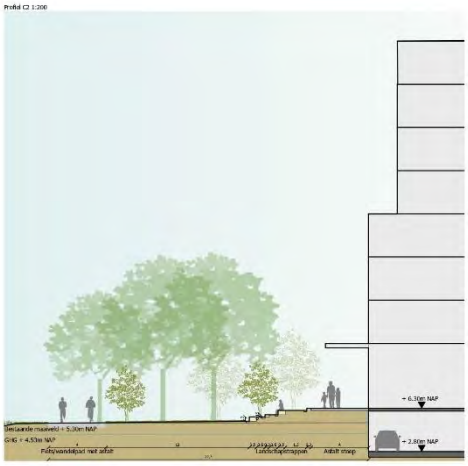
Figuur II-21 Profiel A5 en A6 wUrck







Figuur II-22 Profiel B1 en C1 wUrck





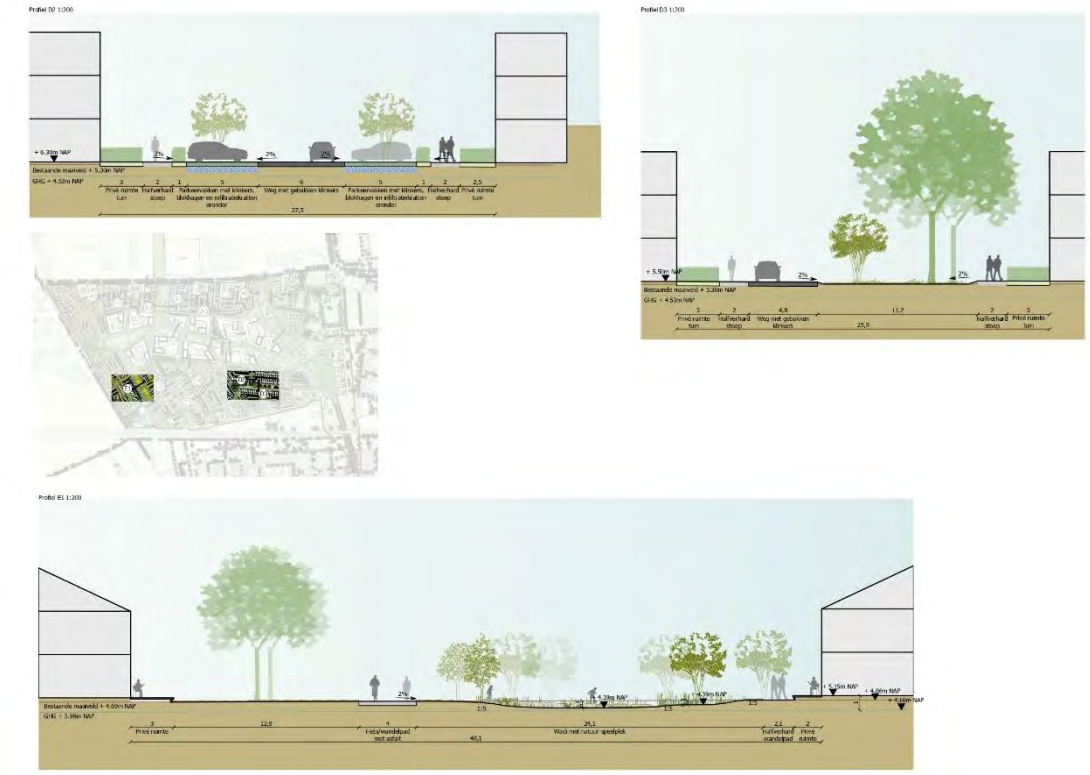
Figuur II-23 Profiel C2 wUrck



Figuur II-24 Profiel C3 en C4 wUrck

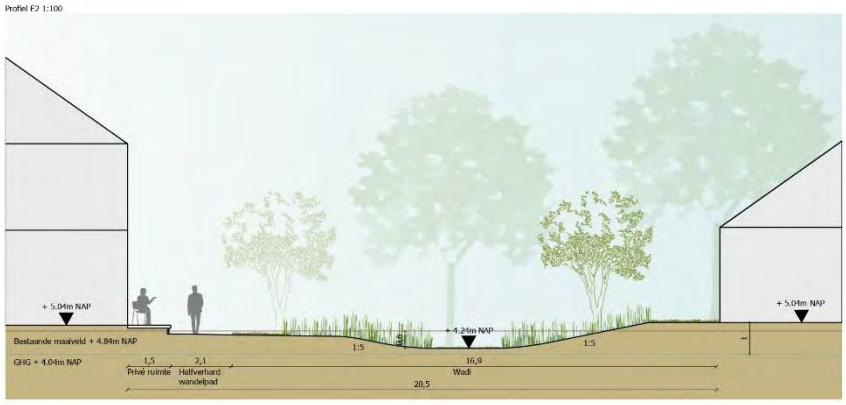


Figuur II-25 Profiel C5 en D1 wUrck

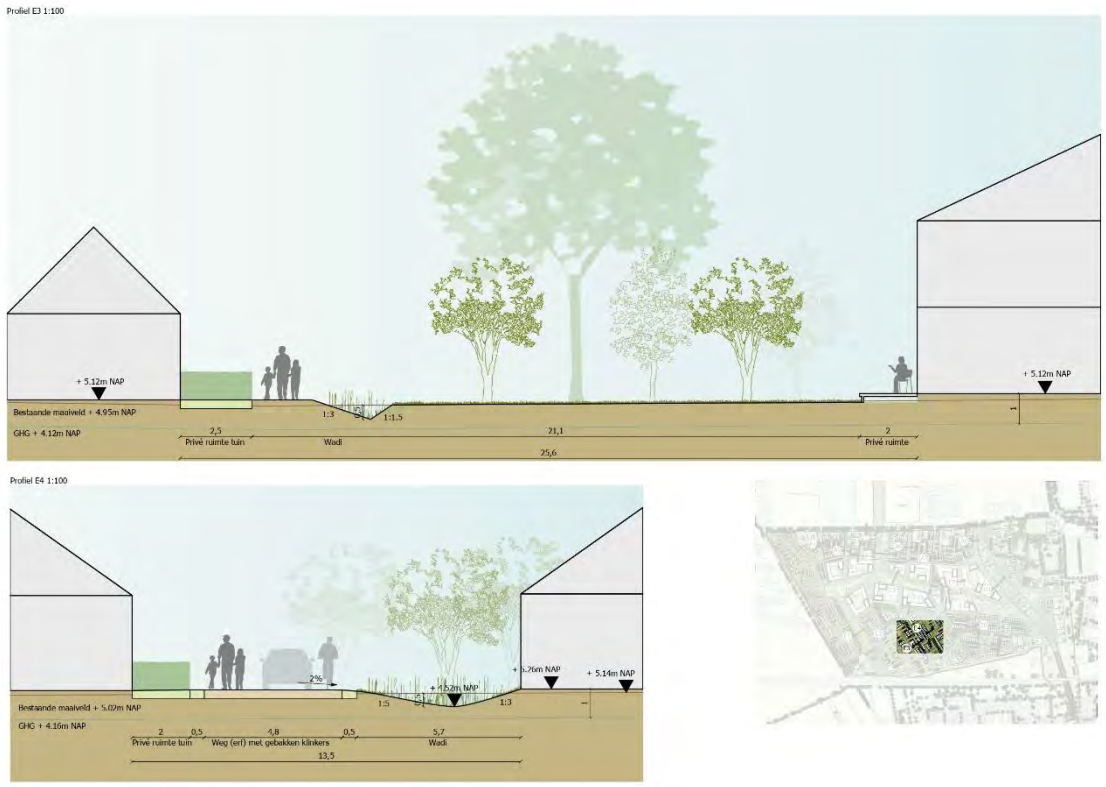


Figuur II-26 Profiel D2 en E1 wUrck



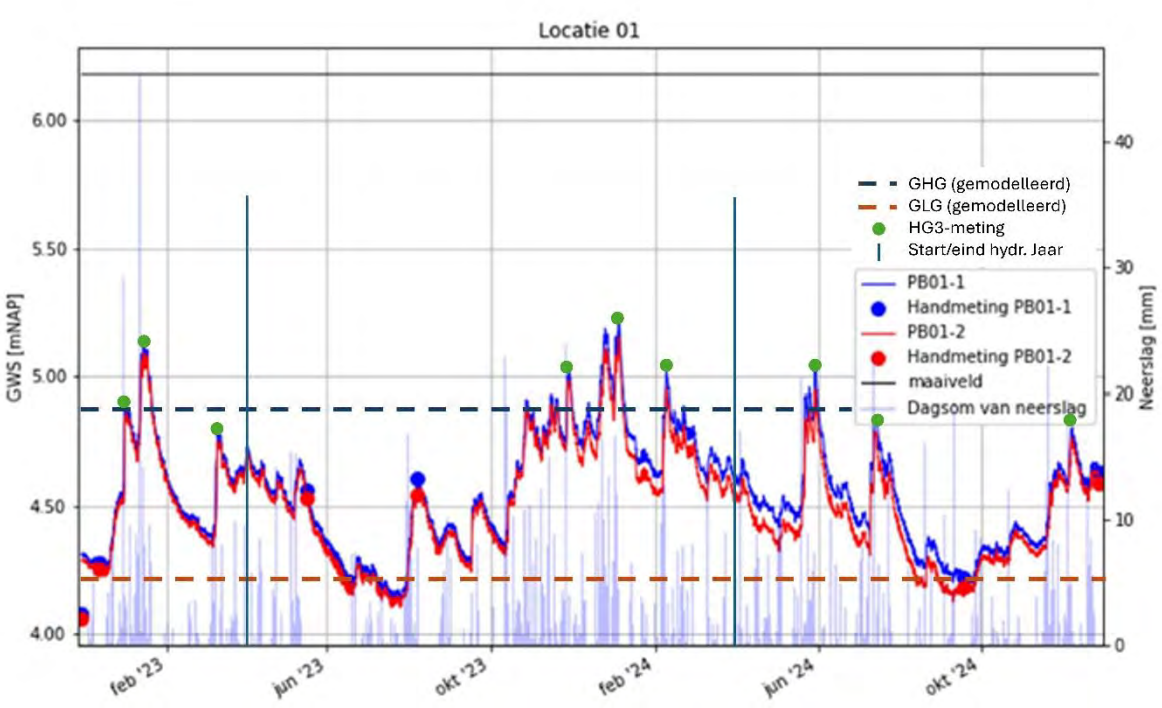


Figuur II-27 Profiel E2 wUrck

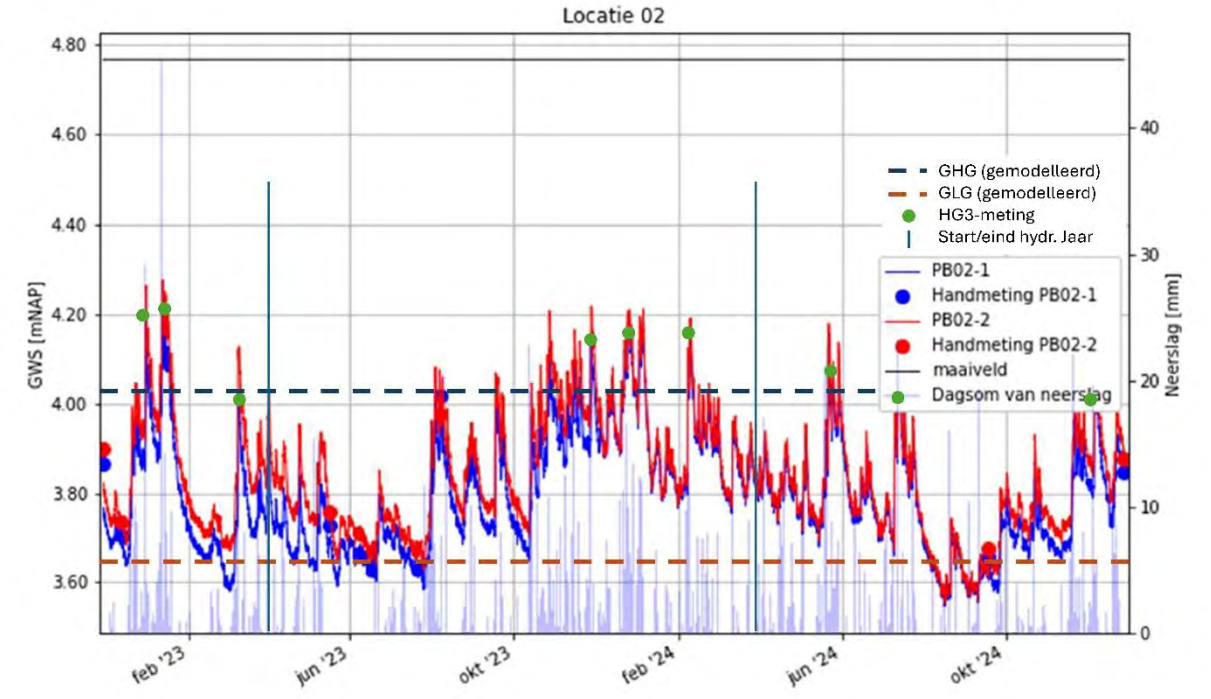


Figuur II-28 Profiel E3 en E4 wUrck

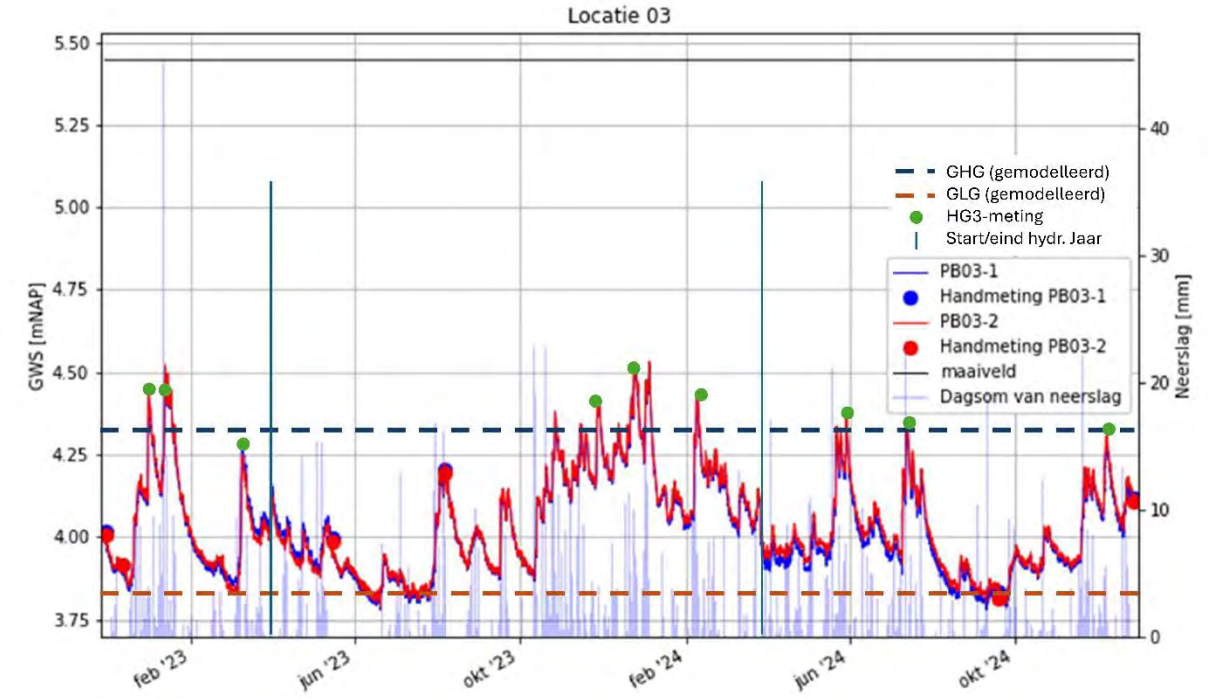
III. Bijlage – aanvullende grondwateranalyse



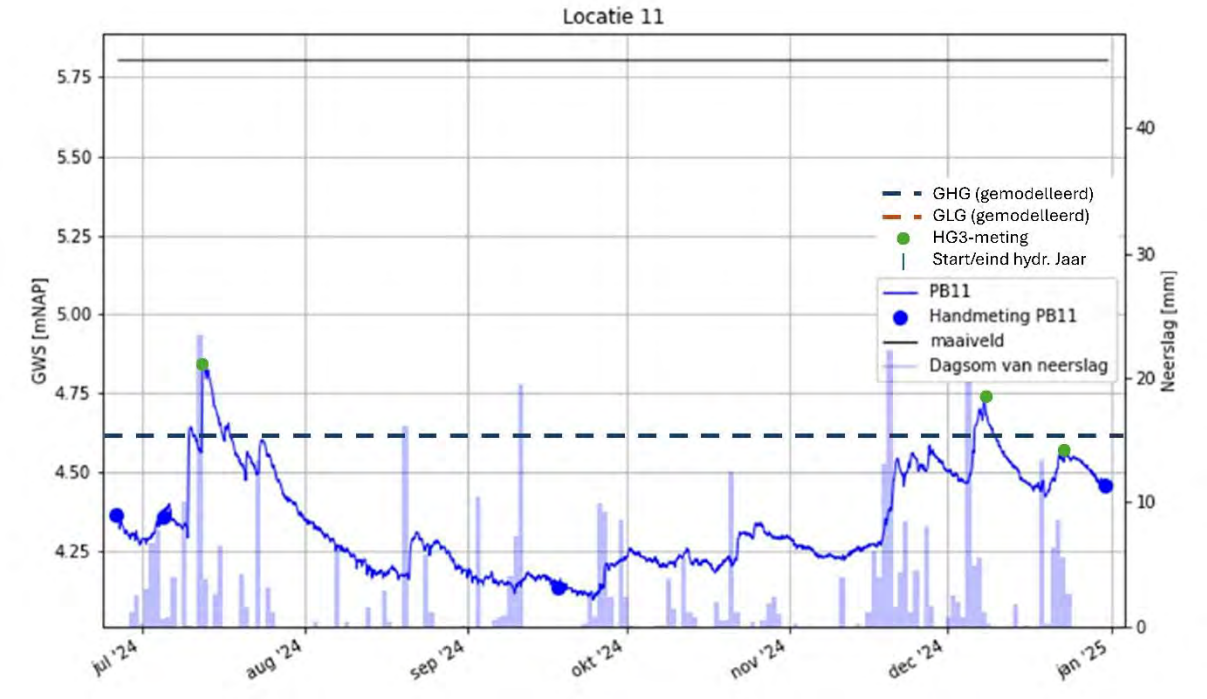
Figuur III-29 Grondwatermetingen PB01, gemodelleerde GHG en GLG en onderbouwing GHG-berekening o.b.v. deze reeks



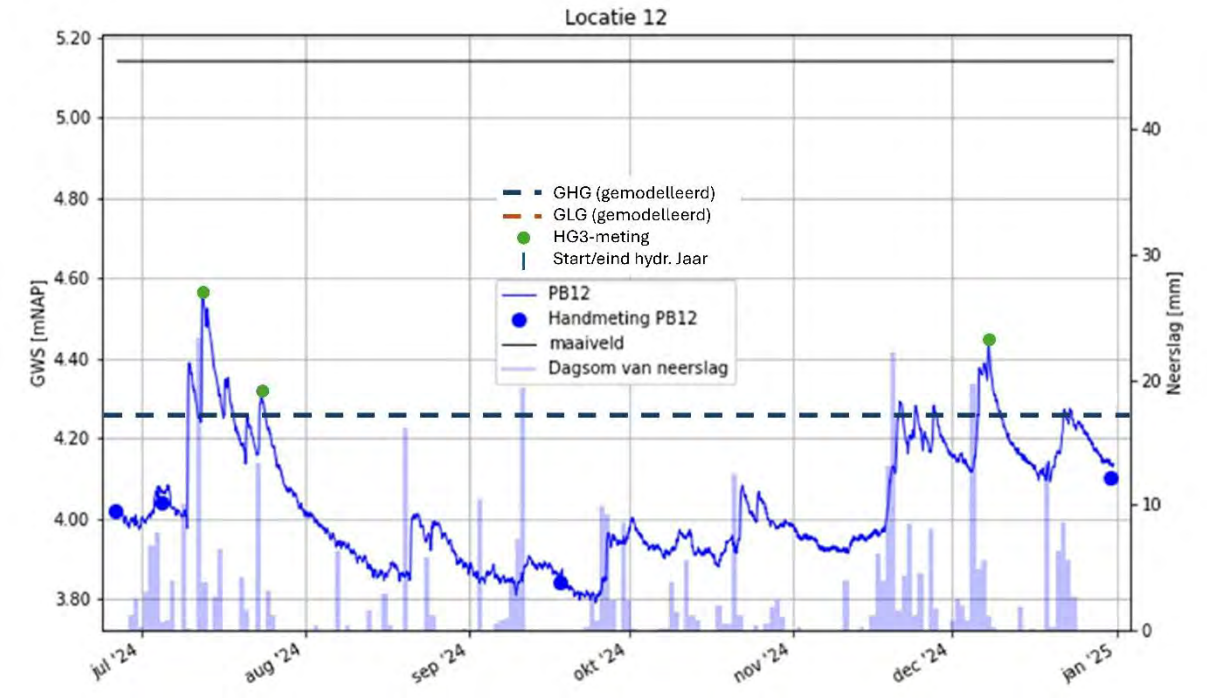
Figuur III-30 Grondwatermetingen PB02, gemodelleerde GHG en GLG en onderbouwing GHG-berekening o.b.v. deze reeks



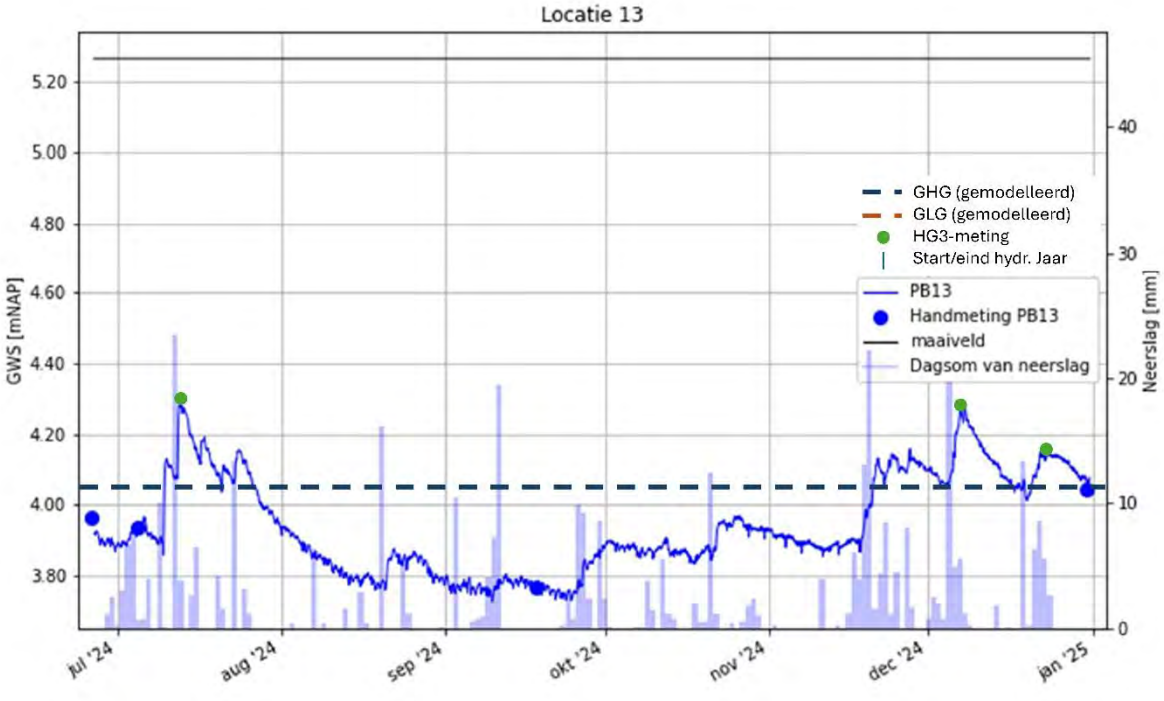
Figuur III-31 Grondwatermetingen PB03, gemodelleerde GHG en GLG en onderbouwing GHG-berekening o.b.v. deze reeks



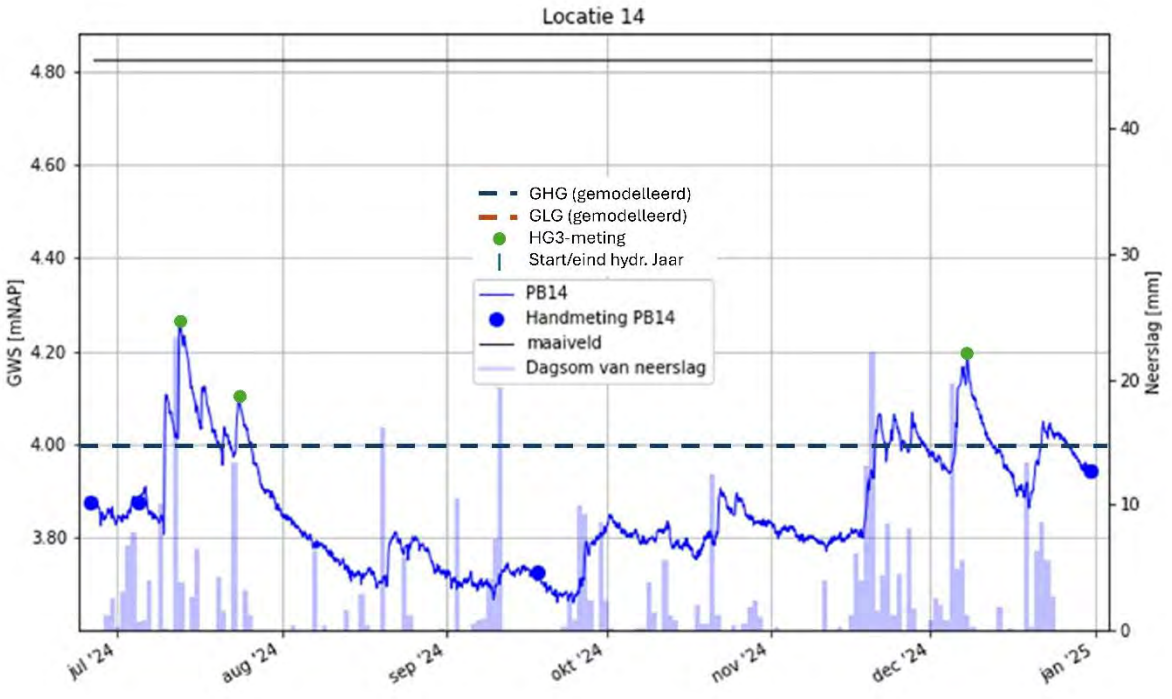
Figuur III-32 Grondwatermetingen PB11, gemodelleerde GHG en GLG en onderbouwing GHG-berekening o.b.v. deze reeks



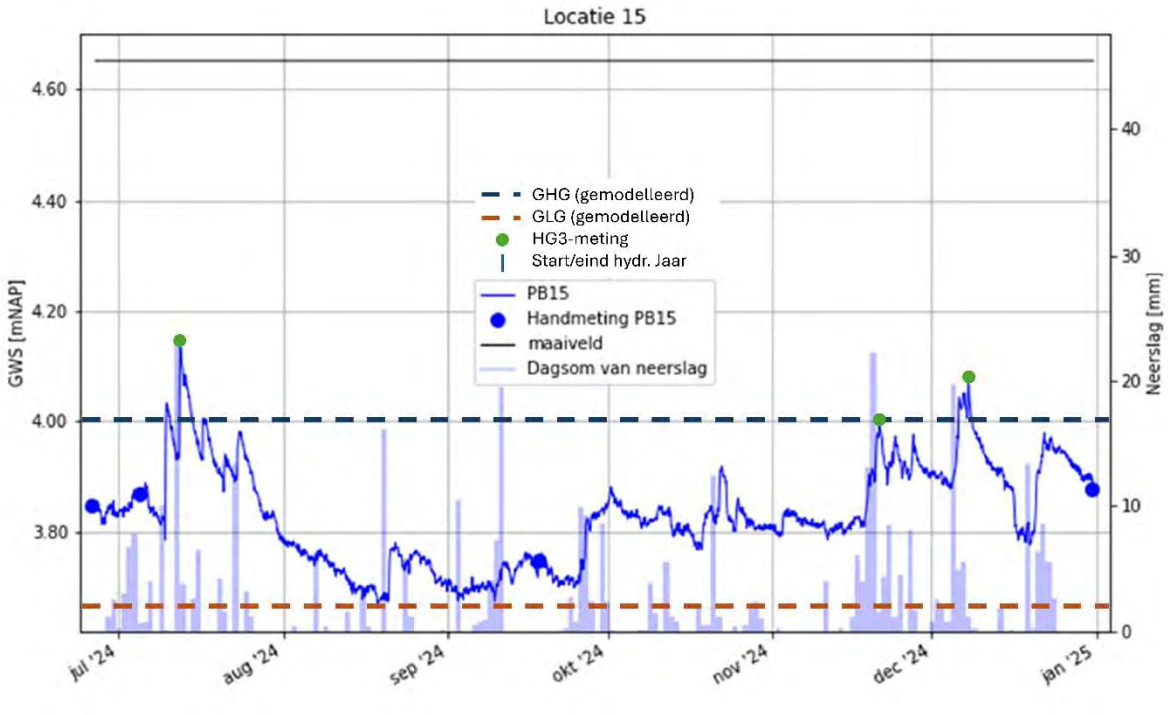
Figuur III-33 Grondwatermetingen PB12, gemodelleerde GHG en GLG en onderbouwing GHG-berekening o.b.v. deze reeks



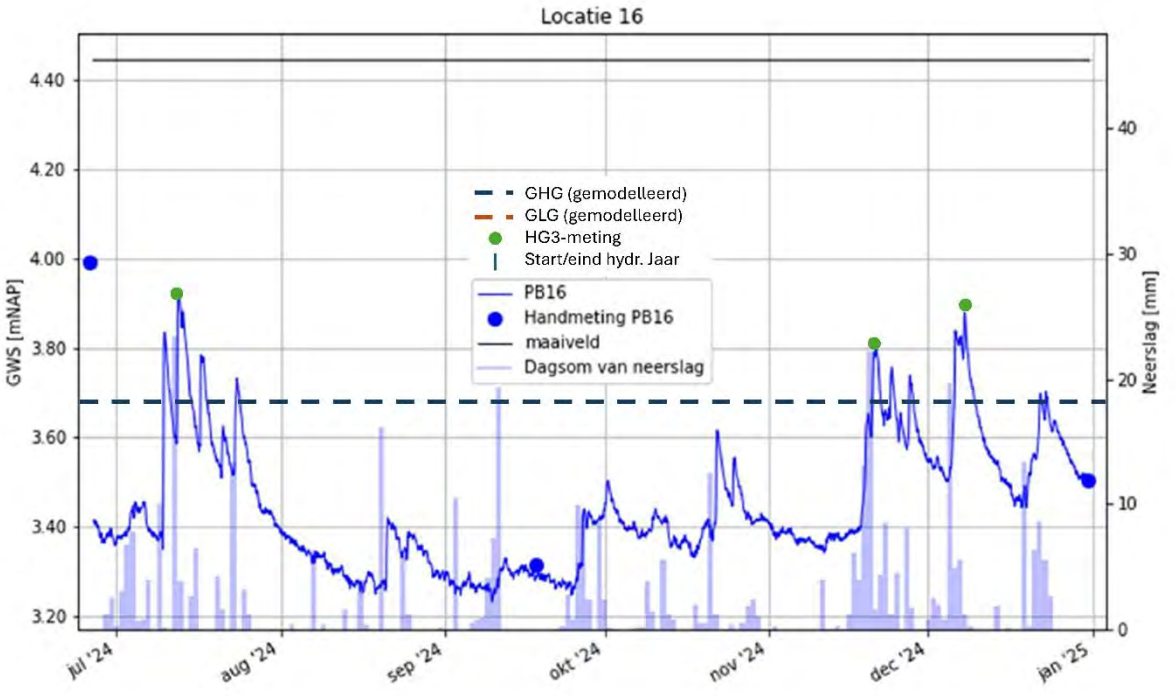
Figuur III-34 Grondwatermetingen PB13, gemodelleerde GHG en GLG en onderbouwing GHG-berekening o.b.v. deze reeks



Figuur III-35 Grondwatermetingen PB14, gemodelleerde GHG en GLG en onderbouwing GHG-berekening o.b.v. deze reeks



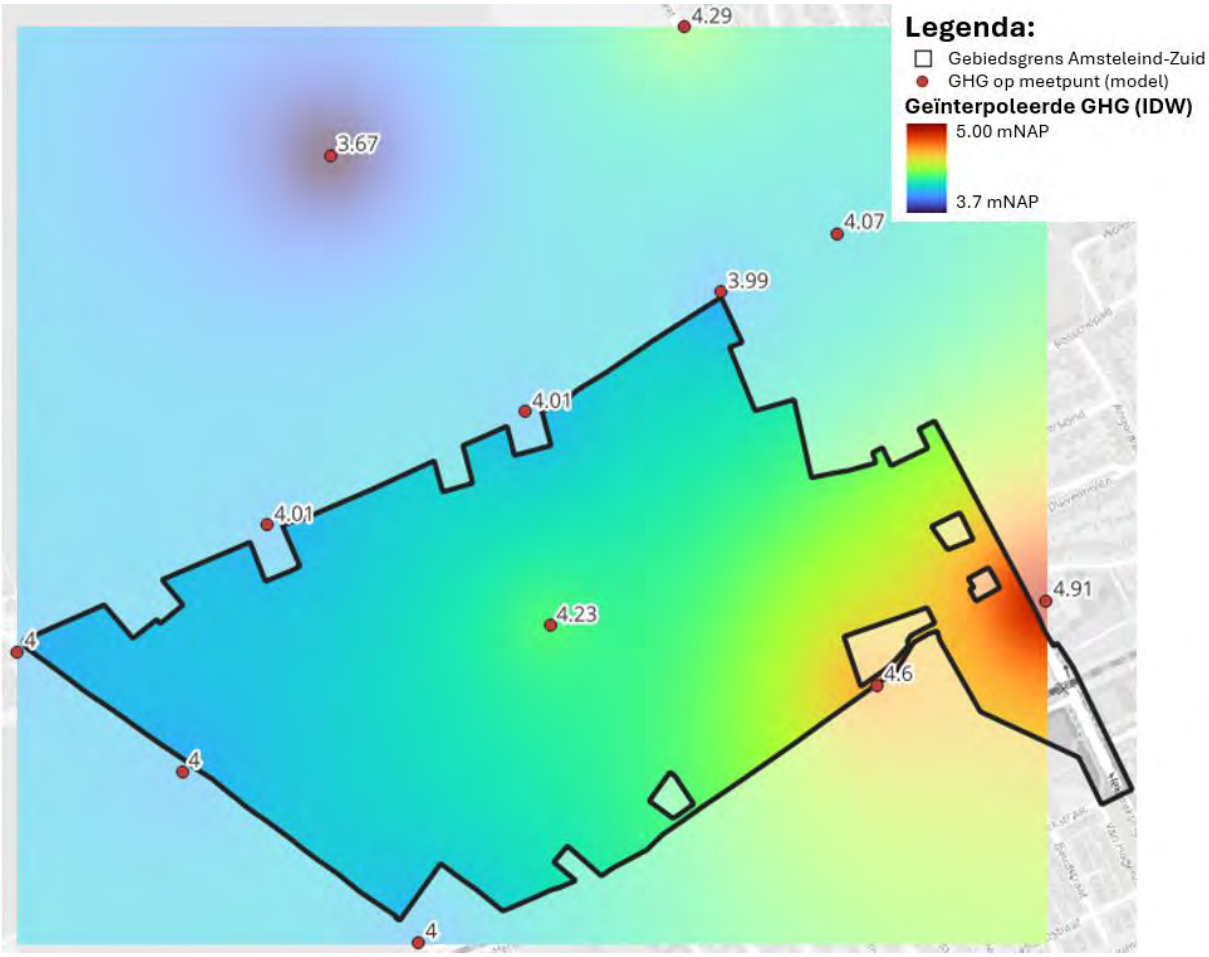
Figuur III-36 Grondwatermetingen PB15, gemodelleerde GHG en GLG en onderbouwing GHG-berekening o.b.v. deze reeks



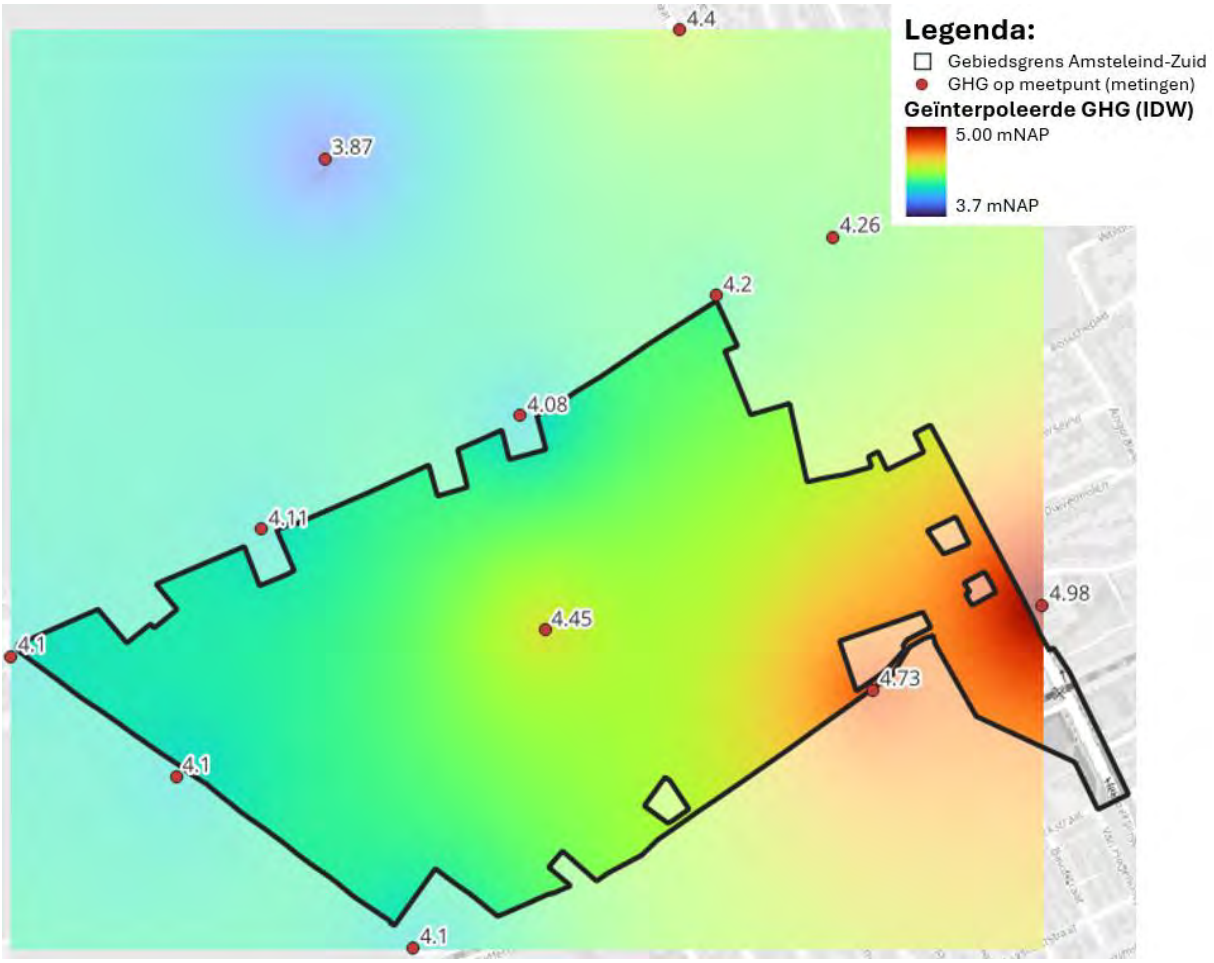
Figuur III-37 Grondwatermetingen PB16, gemodelleerde GHG en GLG en onderbouwing GHG-berekening o.b.v. deze reeks

Tabel III- 1 Onderbouwing berekening van de GHG op basis van metingen (let op: meetreeks moet officieel 8 jaar zijn)

	3 hoogste gemeten grondwaterstanden (minimaal 2 weken uiteen) van hydrologisch jaar (HG3) [mNAP]								
PB-ID	PB01	PB02	PB03	PB11	PB12	PB13	PB14	PB15	PB16
	D67	D68	D69	D80	D81	D77	D78	D79	D82
Hydrologisch jaar 1	4,90 5,15 4,80	4,2 4,2 4,0	4,45 4,45 4,3	-	-	-	-	-	-
HG3 gemiddeld	4,95	4,13	4,40	-	-	-	-	-	-
Hydrologisch jaar 2	5,05 5,25 5,05	4,15 4,18 4,18	4,4 4,5 4,4	-	-	-	-	-	-
HG3 gemiddeld	5,12	4,17	4,43	-	-	-	-	-	-
Hydrologisch jaar 3	5,05 4,80 4,80	4,1 4,0 4,0	4,38 4,35 4,35	4,85 4,75 4,6	4,57 4,32 4,45	4,30 4,30 4,17	4,27 4,12 4,20	4,15 4,00 4,08	3,92 3,80 3,90
HG3 gemiddeld	4,88	4,03	4,36	4,73	4,45	4,26	4,20	4,08	3,87
GHG metingen	4,98	4,11	4,40	4,73	4,45	4,26	4,20	4,08	3,87
GHG model	4,91	4,01	4,29	4,6	4,23	4,07	3,99	4,01	3,67
Verschil [cm]	+7	+10	+11	+13	+22	+19	+21	+7	+20



Figuur III-38 Geïnterpoleerde GHG (Inverse Distance Weighting met macht 1,5) op basis van de gemodelleerde GHG's uit het grondwatermonitoringsrapport van Antea aangevuld met een geschatte GHG bij het oppervlaktewater aan de westkant van het plangebied



Figuur III-39 Geïnterpoleerde GHG (Inverse Distance Weighting met macht 1,5) op basis van de schatting van de gemeten GHG's uit Tabel III- 1 aangevuld met een geschatte GHG bij het oppervlaktewater aan de westkant van het plangebied

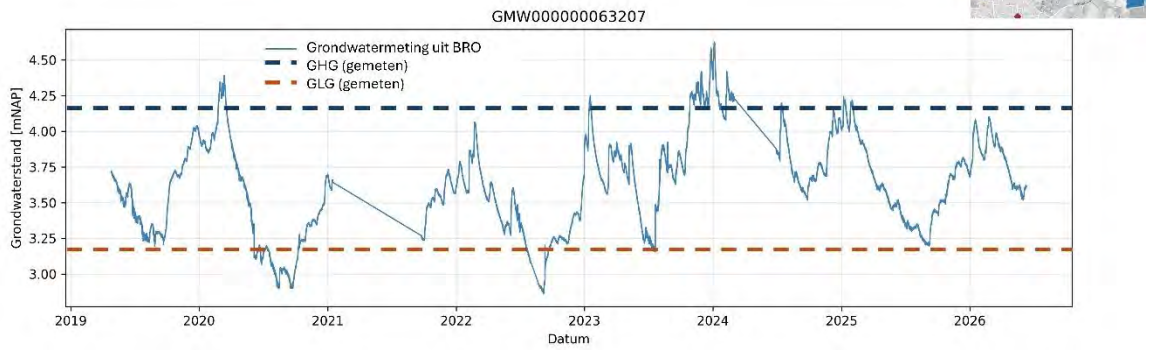
Tabel III- 2 Ontwateringsdiepte per wadi voor twee verschillende schattingen van de GHG

Wadi ID	Hoogte bodem [mNAP]	GHG model [mNAP]	GHG meting [mNAP]	Ontwateringsdiepte model [m]	Onwateringsdiepte meting [m]
1	4,27	4,13	4,27	0,14	0
2	4,27	4,12	4,26	0,15	0,01
3	4,27	4,15	4,29	0,12	-0,02
4	4,27	4,06	4,18	0,21	0,09
5	4,27	4,02	4,13	0,25	0,14
6	4,67	4,10	4,23	0,57	0,44
7	4,67	4,09	4,23	0,58	0,44
8	4,67	4,09	4,24	0,58	0,43
9	4,27	4,08	4,22	0,19	0,05
10	4,27	4,07	4,19	0,2	0,08
11	4,27	4,09	4,23	0,18	0,04

12	4,27	4,07	4,20	0,2	0,07
13	4,27	4,04	4,16	0,23	0,11
14	4,27	4,09	4,22	0,18	0,05
15	4,27	4,09	4,21	0,18	0,06
16	4,27	4,09	4,21	0,18	0,06
17	4,27	4,09	4,21	0,18	0,06
18	4,27	4,08	4,20	0,19	0,07
19	4,27	4,16	4,32	0,11	-0,05
20	4,27	4,17	4,32	0,1	-0,05
21	4,27	4,19	4,36	0,08	-0,09
22	4,27	4,16	4,32	0,11	-0,05
23	4,67	4,14	4,29	0,53	0,38
24	4,67	4,19	4,34	0,48	0,33
25	5,17	4,48	4,60	0,69	0,57
26	4,27	4,02	4,12	0,25	0,15
27	4,27	4,03	4,15	0,24	0,12
28	4,67	4,27	4,42	0,4	0,25
29	4,27	4,08	4,21	0,19	0,06
30	4,67	4,20	4,40	0,47	0,27
31	4,67	4,20	4,40	0,47	0,27
32	5,17	4,36	4,50	0,81	0,67
33	5,17	4,42	4,55	0,75	0,62
34	5,17	4,48	4,60	0,69	0,57
35	4,67	4,24	4,39	0,43	0,28
36	4,27	4,12	4,27	0,15	0
37	4,27	4,08	4,20	0,19	0,07
38	4,27	4,09	4,23	0,18	0,04
39	5,17	4,30	4,44	0,87	0,73
40	4,67	4,26	4,41	0,41	0,26
41	4,67	4,11	4,26	0,56	0,41
42	4,67	4,24	4,39	0,43	0,28
43	4,67	4,21	4,41	0,46	0,26
44	4,27	4,16	4,32	0,11	-0,05

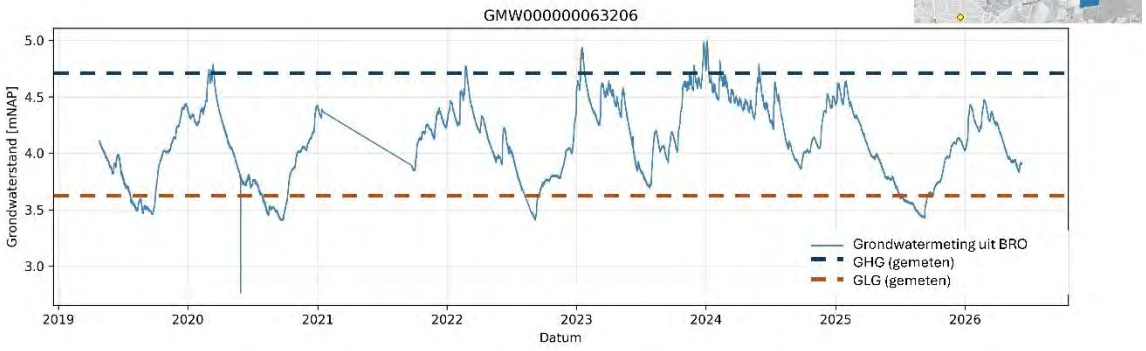
45	4,27	4,10	4,24	0,17	0,03
46	4,27	4,02	4,13	0,25	0,14
47	4,27	4,04	4,15	0,23	0,12
48	4,27	4,05	4,17	0,22	0,1
49	4,27	4,25	4,39	0,02	-0,12
50	5,17	4,63	4,74	0,54	0,43
51	5,17	4,29	4,43	0,88	0,74
52	5,2	4,37	4,50	0,83	0,7
53	5,17	4,53	4,65	0,64	0,52
54	4,27	4,06	4,19	0,21	0,08
55	4,27	4,18	4,36	0,09	-0,09
56	4,67	4,15	4,30	0,52	0,37
57	4,67	4,22	4,36	0,45	0,31
58	4,27	4,21	4,35	0,06	-0,08
59	4,67	4,19	4,38	0,48	0,29
60	4,67	4,19	4,38	0,48	0,29
61	4,67	4,19	4,36	0,48	0,31
62	4,67	4,19	4,35	0,48	0,32
63	4,67	4,19	4,34	0,48	0,33
64	4,67	4,20	4,35	0,47	0,32
65	4,67	4,22	4,36	0,45	0,31
66	4,27	4,05	4,17	0,22	0,1
67	4,27	4,05	4,17	0,22	0,1
68	4,67	4,05	4,15	0,62	0,52
69	4,67	4,07	4,18	0,6	0,49





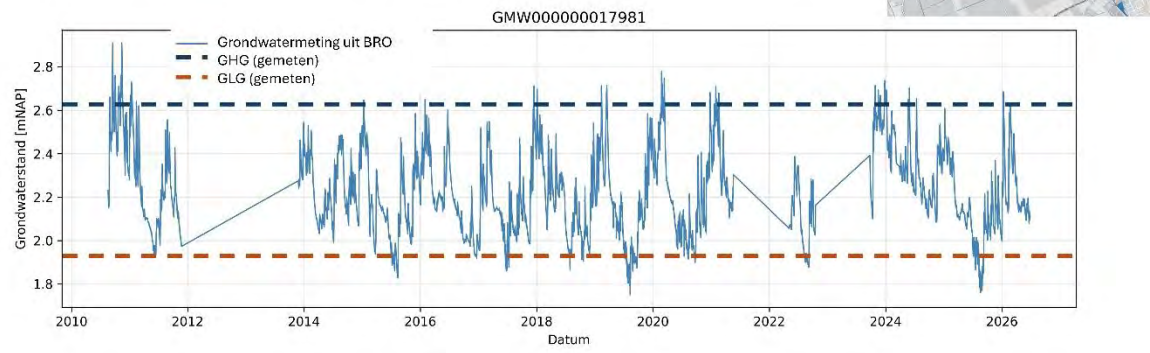
Figuur III-40 Gemeten grondwaterstanden op BRO-meetpunt in Geffen (2km van Amsteleind-Zuid) en de GHG en GLG





Figuur III-41 Gemeten grondwaterstanden op BRO-meetpunt in Geffen (2km van Amsteleind-Zuid) en de GHG en GLG





Figuur III-42 Gemeten grondwaterstanden op BRO-meetpunt ten noorden van de Hertogswetering (3km van Amsteleind-Zuid) en de GHG en GLG