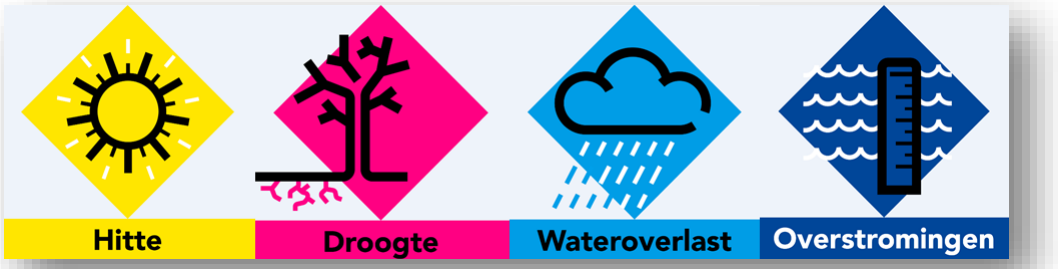
3e Rapportage Waterhuishouding Amsterdamse Bos

Rapportage van de geohydrologische situatie in het Amsterdamse bos op basis van de eerste grondwaterreeksen



Auteur(s)
5.1, 2, e
5.1, 2, e

Opdrachtgever
5.1, 2, e

Kenmerk
2025-1000749

Status
Concept

Opsteller	Goedgekeurd en vrijgegeven	Datum
5.1, 2, e	5.1, 2, e	3-9-2025

Inhoud

Inhoud **2**

1 Inleiding **3**
1.1 Aanleiding 3
1.2 Achtergrond 3
1.3 Doel 4
1.4 Leeswijzer 4

2 Grondwater **5**
2.1 Achtergrond 5
2.2 Beleid 5
2.3 Peilbuizennetwerk 5
2.4 Nieuwe data 6
2.5 Grondwater analyse o.b.v. nieuwe data 11

3 Conclusie **37**

Bronvermeldingen **39**

Bijlagen **40**

Bijlage 1 - Verklarende woordenlijst 41
Bijlage 2 - Beleid en regelgeving 43
Bijlage 3 - Peilbuizen netwerk Amsterdamse Bos 47
Bijlage 4 - Plaatsingsgegevens Stantec 48
Bijlage 5 - Resultaten landmeting 51
Bijlage 6 - EC en Chloride 52
Bijlage 7 - Boorstaten 54

1Inleiding

1.1 Aanleiding

Het Amsterdamse Bos, gelegen in Amstelveen is bezig een beheervisie te ontwikkelen. Aan de hand van de beheervisie wil het bos zich op een duurzame manier ontwikkelen tot een toekomstbestendig bos. Dit houdt in dat het bos robuust is en kan meebewegen met klimaatverandering. Om dit te kunnen bewerkstelligen zullen maatregelen moeten worden genomen. Het formuleren van een goed onderbouwde beheervisie met maatregelen is echter pas mogelijk wanneer er goed inzicht is op de huidige staat van het bos en hoe deze reageert op het klimaat. De waterhuishouding in het bos is hierin van essentieel belang. Om meer inzicht in deze waterhuishouding te verkrijgen is ervoor gekozen een grondwatermonitoringsnetwerk van 27 peilbuizen aan te leggen. Deze 27 peilbuizen zullen samen met de 7 reeds geplaatste peilbuizen in het entreegebied inzicht moeten gaan verschaffen in de waterhuishouding van het Amsterdamse bos. Om werk met werk te maken is ervoor gekozen om bij de plaatsing van de peilbuizen ook meteen grondonderzoek te laten doen en bij de driemaandelijkse controlemetingen ook het grondwater te bemonsteren op nutriënten voor kwaliteitscontrole. In dit rapport wordt voortgeborduurd op de resultaten uit de plaatsingsrapportage, de 2e rapportage van de waterhuishouding van het Amsterdamse Bos en de grondwatermeetgegevens verzameld sinds 25 juli 2024.

1.2 Achtergrond

Het klimaat verandert in Nederland en Amsterdam moet zich hieraan aanpassen. In een groeiende en verdichtende stad is het omgaan met klimaatverandering een urgente opgave. Transformerende gebieden bieden een kans om de stad leefbaar te houden en te maken.

Het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) [1] heeft klimaatscenario's opgesteld die inzicht geven in een mogelijk toekomstig klimaat van Nederland. Deze scenario's verschillen in impact, maar ze laten allen zien dat het weer in Nederland warmer, natter en extremer wordt. De temperatuur stijgt, winters worden natter, piekbuien worden heviger, zomers worden droger en hittegolven gaan vaker voorkomen. De klimaatuitdagingen blijven komen, nu en in de toekomst.



Figuur 1.1 effecten klimaatverandering

Het is de ambitie van Nederland en van Amsterdam om in 2050 zo goed mogelijk voorbereid te zijn op dit veranderende klimaat. Om dat te bereiken dient de stad robuust en klimaatadaptief ingericht te worden. Hier horen ook de natuur en de recreatievoorzieningen die Amsterdam rijk is bij. Deze bindende ambitie is landelijk en gemeentelijk vastgelegd in respectievelijk het landelijke Deltaprogramma Ruimtelijk Adaptatie [2] en in de Amsterdamse Strategie Klimaatadaptatie [3]. De strategie geeft aan hoe slim omgegaan moet worden met de openbare ruimte om de stad toekomstbestendig en weerbaar te maken voor de effecten van klimaatverandering. Hierin ligt vooralsnog de focus op vier trends; grondwater over- en onderlast

(droogte), hemelwateroverlast, hitte en waterveiligheid (overstromingen). Het is vanzelfsprekend dat deze uitdagingen en bindende ambities ook voor het projectgebied gelden.

1.3 Doel

Het doel van deze rapportage is om op basis van de informatie verkregen uit de plaatsingsrapportage, de 2e rapportage van de waterhuishouding van het Amsterdamse Bos en de meetreeksen van het monitoringsnetwerk het eerste inzicht in de waterhuishouding van het Amsterdamse Bos te verschaffen als input voor de beheervisie.

1.4 Leeswijzer

In deze rapportage wordt ingegaan op de waterhuishouding van het Amsterdamse Bos. De focus in deze rapportage ligt op het grondwatersysteem. In hoofdstuk 2 wordt de analyse van het grondwatersysteem gegeven. Hier wordt eerst de achtergrond, het beleid en het monitoringsnetwerk in zijn algemeenheid besproken. In de volgende paragraaf 2.4 wordt beschreven welke nieuwe data er is opgehaald waarop dit rapport gebaseerd is. Vervolgens wordt in paragraaf 2.5 deze nieuwe data geanalyseerd en worden inzichten in het grondwatersysteem over de seizoenen, als reactie op neerslag en de kwelstromen uiteengezet. Daarna wordt ook nog de relatie gelegd met bekende natte plekken in het bos. Afsluitend worden de belangrijkste bevindingen nogmaals samengevat in de conclusie.

In de bijlagen zit relevante informatie van de plaatsingsgegevens en monitoringsrondes, zoals figuren en boorstaten.

De voorliggende rapportage is de derde rapportage en daarmee het gevolg op de tweede rapportage. De tweede rapportage is daarom in de derde rapportage enkel uitgebreid met geüpdatet figuren en conclusies getrokken uit de nieuw verkregen data uit de periode na 1 april 2025. Deze nieuwe inzichten zijn in het *cursief* toegevoegd in deze rapportage en telkens weergegeven per paragraaf onder de titel: ***Toevoeging 3e rapportage – nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025***

2 Grondwater

2.1 Achtergrond

Het grondwater staat in de winter van nature hoog en in de zomer laag. In de winter is de temperatuur laag, waardoor de verdamping gering is en alle neerslag het grondwater kan aanvullen. In de zomer gebeurt het omgekeerde: de temperatuur is hoog en dus verdampt er veel neerslag en is de freatische grondwaterstand laag.

Uit de klimaatscenario's van het KNMI [1] blijkt dat de hoeveelheid jaarlijkse neerslag toeneemt, evenals de intensiteit van de buien. Bij zeer langdurige of hevige neerslag is het mogelijk dat de ondergrond het water niet snel genoeg kan verwerken en komt het grondwaterpeil te hoog te staan. Hoge grondwaterstanden kunnen dan zogenaamde natschade veroorzaken in de landbouw en natuur [16]. Over het algemeen is de grondwaterstand hoger in de winter en lager in de zomer. Grondwateroverlast door neerslag komt daarom vaker voor in de winter.

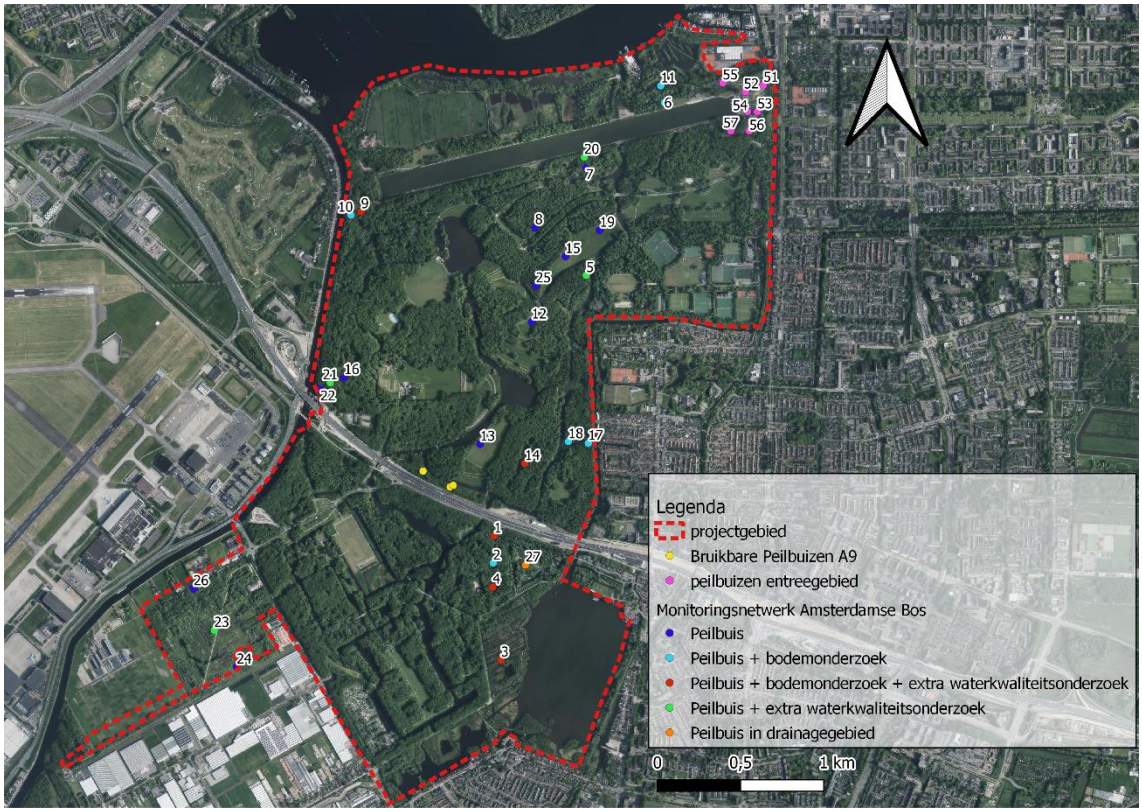
Door klimaatverandering is het vaker en gedurende langere periodes droog. De daaruit volgende uitzakking van de grondwaterstand kan droogstand en aantasting van vegetatie teweeg brengen en versnelt bodemdaling. Daarnaast kunnen periodes van droogte leiden tot een tekort aan bodemvocht en daarmee een slechte groei of sterfte van beplanting en (jonge) bomen. Daar tegenover staat de toename van hoge intensiteit buien, deze buien kunnen in korte tijd tot een enorme influx in het watersysteem leiden. Deze buien zorgen in het algemeen voor wateroverlast op het maaiveld.

2.2 Beleid

De gemeente Amsterdam acht conform het Handboek Groen [10] een ontwateringsdiepte van tenminste 1,0 m wenselijk voor de aanplant van (1ste orde) bomen, met een minimale eis van 0,8 m t.o.v. de GHG. Daarnaast is een groeiplaats van minimaal 25 m^3 per boom benodigd. Wanneer de ontwatering minder is dan 0,9 m wordt actieve infiltratie van hemelwater over het algemeen afgeraden omdat de kans op grondwateroverlast kan toenemen. Echter wanneer infiltratie noodzakelijk is (bijvoorbeeld om schade en overlast door hemelwater of bodemvocht tekorten te voorkomen) kan onderzocht worden of grondwatermaatregelen (drainage e.d.) mogelijk zijn om grondwateroverlast te beperken.

2.3 Peilbuizennetwerk

Om een goede beheervisie te kunnen opstellen is goed inzicht in de waterhuishouding in het bos van essentieel belang. Om dit inzicht te verkrijgen is ervoor gekozen een grondwatermonitoringsnetwerk van 27 peilbuizen aan te leggen. Deze 27 peilbuizen zullen samen met de 7 reeds geplaatste peilbuizen in het entreegebied op termijn inzicht verschaffen in de waterhuishouding van het Amsterdamse bos. Voor de werkzaamheden aan de A9 zijn ook peilbuizen geplaatst. Van deze peilbuizen zijn er een aantal in een bos vak geplaatst en daarmee bruikbaar om mee te nemen in deze analyse van de waterhuishouding in het Amsterdamse Bos. Het totaal aan peilbuizen meegenomen in deze analyse is weergegeven in Figuur 2.1.



Figuur 2.1 Grondwatermeetnet en bodemonderzoek Amsterdamse Bos + entreegebied en peilbuizen A9

Het grondwatermonitoringsmeetnetwerk weergegeven in Figuur 2.1 zal op termijn inzicht verschaffen in wat de grondwaterhuishouding is in het bos. Interessant is om in beeld te brengen wat de gemiddelde evenwichtsstand van het grondwater grofweg is, in de zomer en in de winter. Ook zal op langere termijn duidelijk worden hoe het grondwater reageert op 'langere' natte en droge perioden. Zakt de grondwaterstand bijvoorbeeld ver weg in tijden van droogte met risico op verhoogde zoutere kwelstromen? Aangezien klimaatverandering ook grilligheid met zich mee brengt, is het ook zaak te kijken naar piekbuien. Hoe reageert het systeem als er in korte tijd een grote hoeveelheid neerslag valt, eventueel op een droge bodem. Infiltreert het water na een hevige bui enigszins snel naar het grondwater of is de kleiige bodem zo slecht waterdoorlatend, dat enkel lange natte perioden merkbaar zijn in het grondwater? Verdampt het water sneller in de zomer dan dat het infiltreert? Dit zijn allemaal relevante vragen waar met het meetnetwerk en neerslagdata op termijn antwoord op kan worden gegeven. Hiervoor is normaliter een meetperiode van 3 jaar nodig, maar na één jaar meten is al wel een globaal beeld te schetsen.

2.4 Nieuwe data

Het monitoringsnetwerk van 27 peilbuizen is begin juni 2024 geplaatst. De eerste grondwaterstand t.o.v. maaiveld is handmatig gemeten bij de eerste grondwaterbemonstering op 24 juni 2024. Vervolgens zijn een maand later telemetrische loggers in de peilbuizen gehangen op 24 en 25 juli 2024. Op deze data is nogmaals de grondwaterstand t.o.v. maaiveld handmatig vastgesteld. De resultaten van deze metingen staan weergegeven in Bijlage 4 - en zijn geanalyseerd in het rapport Plaatsingsrapportage waterhuishouding Amsterdamse Bos [25]. Vanaf 26 juli 2024 meten de telemetrische loggers de waterstand in de peilbuizen continu. Vanwege verschillende problemen bij de externe partij die de loggers heeft geplaats en beheerd zijn de meetreeksen helaas niet volledig.

Daarnaast zijn er meerdere aanpassingen geweest door de externe partij waardoor de meetreeksen moeilijk te interpreteren zijn en niet volledig betrouwbaar in de tot dusver gemeten periode. In het voorliggende rapport doen wij een poging deze data zo goed mogelijk te interpreteren. De nieuw verkregen data gedurende de periode vanaf 26 juli 2024 vormt de basis van de grondwateranalyse in dit rapport.

2.4.1 Landmeting

Door de dichte begroeiing van het bos was het de plaatsende partij niet gelukt om het maaiveld ter plaatse van de peilbuizen in te meten via GPS. De maaiveldhoogtes t.o.v. NAP zijn daarom op 13 december 2024 opnieuw ingemeten door middel van een landmeting. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Bijlage 5 - .

2.4.2 Loggerdata – freatische grondwaterstand

In dit rapport wordt de grondwaterdata geanalyseerd die is ingewonnen in de periode van één jaar van 26 juli 2024 tot en met 26 juli 2025. De freatische grondwaterstand wordt per uur gemeten via telemetrische loggers. Zo is het mogelijk niet alleen inzicht te krijgen in de grondwaterstanden en -trends over langere periodes maar ook in de kortstondige reactie op neerslag evenementen. Voor een goed en betrouwbaar inzicht in de grondwaterstanden en grondwatertrends is een meetperiode van 3 jaar gebruikelijk. Toch is er wel al inzicht te verkrijgen in een kortere meetperiode, dit inzicht wordt weergegeven in paragraaf 2.5.1.

2.4.3 Loggerdata – elektrische geleidbaarheid

Grondwater dat via kwel omhoogkomt uit dieper gelegen watervoerende lagen is zouter dan het freatische grondwater. Door de elektrische conductiviteit (EC) te meten kan hierdoor inzichtelijk worden gemaakt of de verzilting toeneemt in droge perioden, doordat de neerslag druk op het grondwater afneemt. Door Stantec is op 4 veldwerkrondes (25 juni 2024, 10 september 2024, 3 december 2024 en 25 maart 2025) handmatig de EC-waarde bepaald. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 1.

Daarnaast zitten er 5 EC-loggers verspreidt over het bos in peilbuizen 1, 5, 9, 21 en 23. Deze EC-loggers geven een continue inzicht in hoe de elektrische conductiviteit toe of afneemt in tijden van neerslag of droogte. De verwachting is dat in droge perioden de concentratie opgeloste stoffen toeneemt en er een hogere EC wordt gemeten. Daarbij neemt door grondwaterverlaging de neerwaartse waterdruk af, de kweldruk toe en zal er dus zouter water wordt gemeten in het freatische grondwater
Ook de chloridewaarden zijn gemeten tijdens de meetronden de chloridewaarden zijn ook een indicator voor het zoutgehalte van het water. Chloride is een van de stoffen die de EC waarde beïnvloedt. Het chloridegehalte kan daarom worden gebruikt als extra indicator voor het zoutgehalte van het grondwater.

Tabel 1. EC waarden in µS/cm en Chloride waarden in mg/l op de 4 meetmomenten gemeten door Stantec

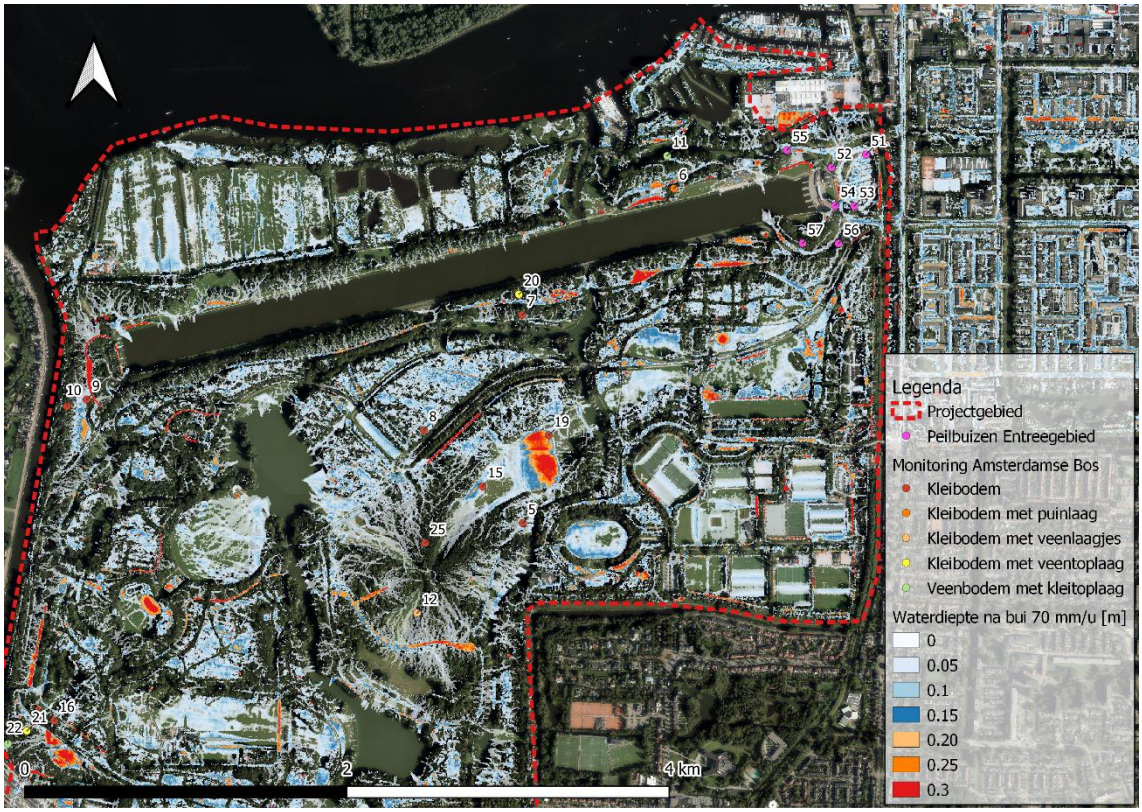
Peilbuis	EC [µS/cm] 25-06-24	EC [µS/cm] 10-09-24	EC [µS/cm] 03-12-24	EC [µS/cm] 25-03-25	EC gem [µS/cm]	Cl [mg/l] 25-06-24	Cl [mg/l] 10-09-24	Cl [mg/l] 03-12-24	Cl [mg/l] 25-03-25	Cl gem [mg/l]
1	2.910	2.900	2.490	2.900	2.800	73	120	82	61	84

2	2.430	2.460	1.570	2.390	2.213	22	23	18	21	21
3	910	830	600	540	720	93	93	66	58	77,5
4	1.470	960	910	1.320	1.165	12	8,7	9,5	12	10,6
5	1.672	2.820	2.850	2.890	2.558	68	100	74	98	85
6	909	1.190	1.150	1.230	1.120	20	20	21	19	20
7	1.354	2.150	2.060	1.860	1.856	260	300	300	210	267,5
8	1.742	2.650	2.500	2.190	2.271	32	26	30	36	31
9	1.233	1.960	1.660	1.680	1.633	110	150	140	140	135
10	2.270	2.320	1.730	2.330	2.163	190	220	210	210	207,5
11	1.084	1.320	1.340	1.590	1.334	30	30	38	41	34,8
12	1.028	1.340	1.070	1.250	1.172	3,7	3,6	2,1	4,1	3,4
13	1.080	1.080	1.090	1.060	1.078	8,4	10	13	12	10,9
14	1.760	1.780	2.040	2.100	1.920	34	33	34	34	33,8
15	1.350	1.750	1.220	1.220	1.385	7	6,9	5,9	4,2	6
16	1.520	1.450	1.280	1.410	1.415	92	91	93	84	90
17	3.240	3.000	2.600	3.380	3.055	300	170	140	220	207,5
18	1.060	920	880	810	918	4,7	4,2	4,2	4,5	4,4
19	1.775	2.480	2.600	2.100	2.239	18	38	18	31	26,3
20	1.808	2.280	2.320	3.020	2.357	270	330	350	420	342,5
21	2.580	2.830	2.250	2.690	2.588	130	180	160	160	157,5
22	3.280	3.790	2.780	3.530	3.345	150	220	150	130	162,5
23	2.810	2.950	2.430	2.870	2.765	45	49	47	45	46,5
24	2.620	2.950	2.450	3.060	2.770	25	35	22	89	42,8
25	2.200	2.270	2.060	1.790	2.080	65	66	54	64	62,3
26	3.210	3.150	3.050	3.050	3.115	83	88	97	28	74
27	1.650	1.700	1.180	1.140	1.418	16	11	6,5	12	11,4

2.4.4 Hemelwatermodellering

In het Omgevingsprogramma Riolering (OPR) (25 maart 2022) [11] is het beleid van de Gemeente Amsterdam vastgelegd. Hierin staat dat de inrichting van de openbare ruimte met hemelwater verwerkende voorzieningen extreme neerslag die eens per 100 jaar voorkomt, zonder schade kan verwerken. Het klimaat verandert, waardoor de hoosbui die eens in de honderd jaar kan voorkomen steeds meer neerslag betekent. In de programmaperiode gaat Amsterdam ervan uit dat geen schade mag voorkomen bij een bui van 70 mm in één uur.

Onder geen schade wordt verstaan dat het water niet tegen de gevels van panden mag komen. Het Amsterdamse Bos valt natuurlijk niet in dit beleid te plaatsen. Toch heeft Waternet op het verzoek van de Gemeente Amsterdam dit jaar deze maatgevende bui voor het Amsterdamse Bos gemodelleerd. De resultaten hiervan staan weergegeven in Figuur 2.2 en Figuur 2.3. Te zien is wat de maximale waterdiepte is tijdens de maatgevende buit van 70 mm in één uur. Deze nieuwe informatie kan worden vergeleken met de bekende natte plekken en de peilbuizen om een beter beeld te krijgen over waarom de natte plekken ontstaan in het bos.



Figuur 2.2 Waterdiepte [m] bij een bui van 70 mm in één uur, Amsterdamse Bos Noord

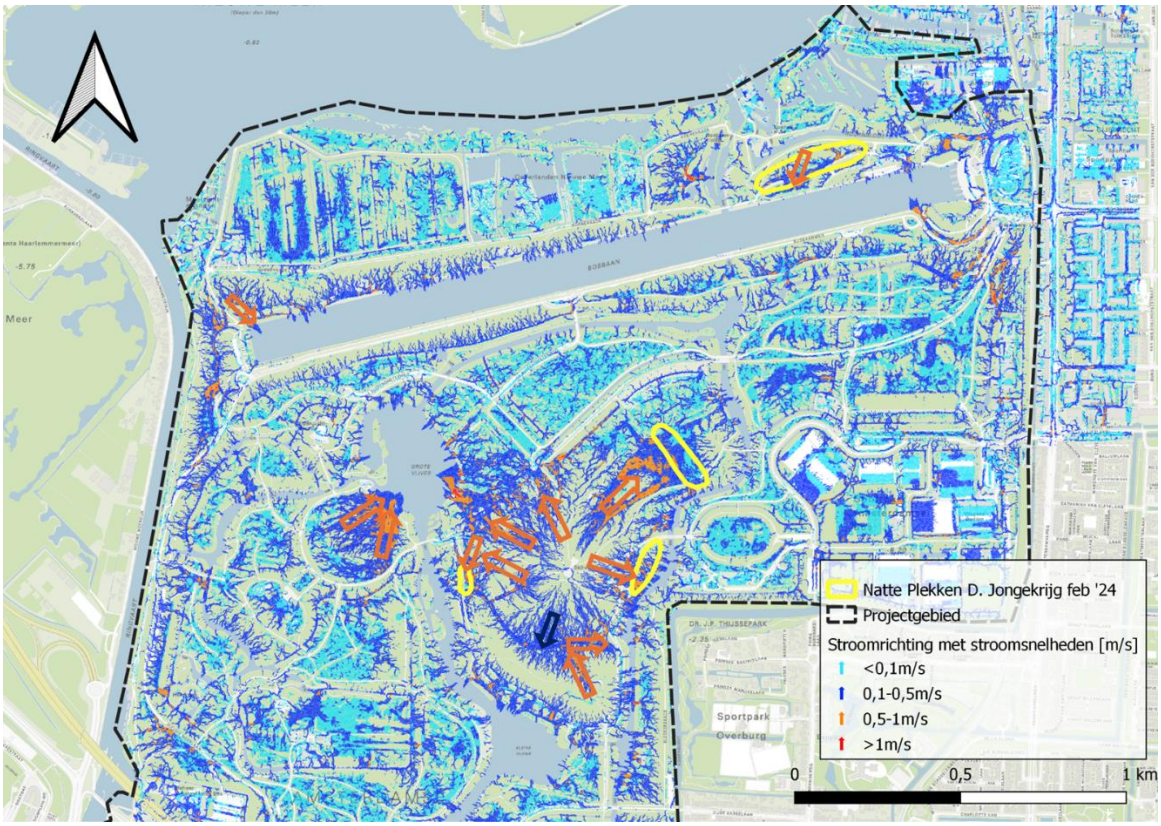


Figuur 2.3 Waterdiepte [m] bij een bui van 70 mm in één uur, Amsterdamse Bos Zuid

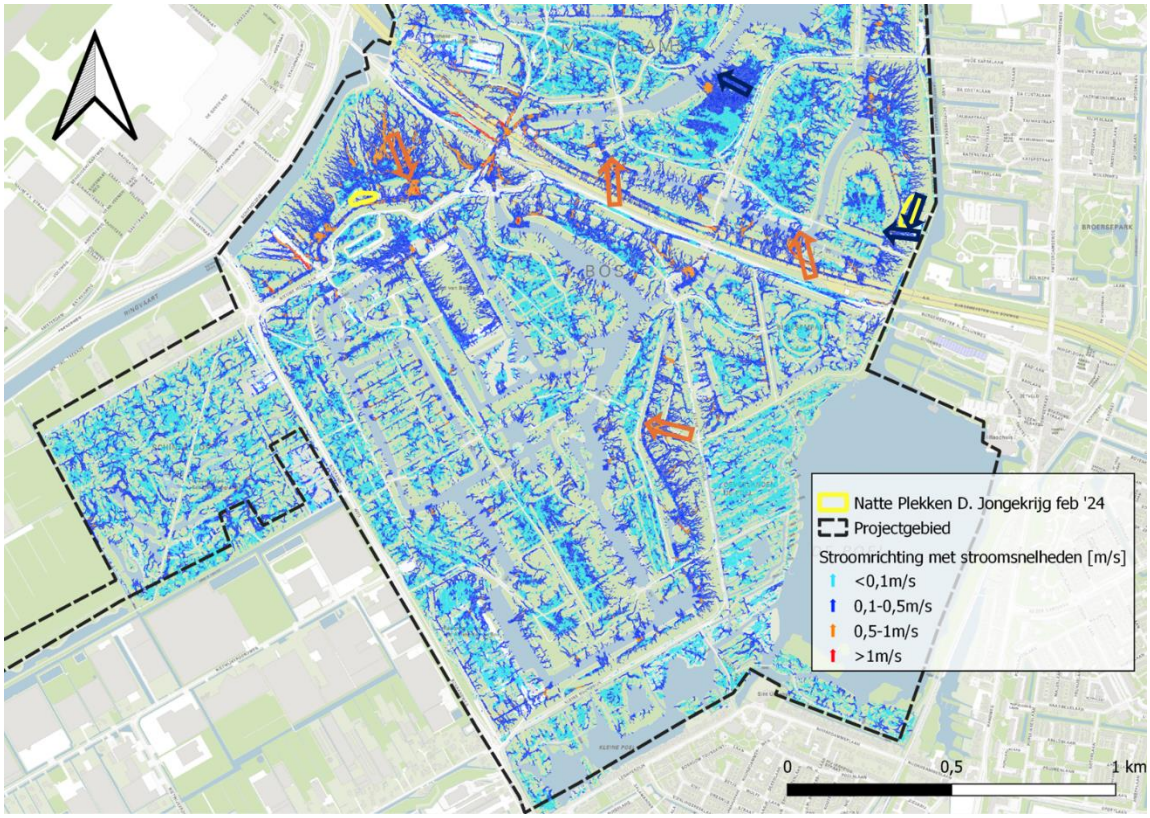
Toevoeging 3e rapportage – nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025

2.4.4.1 Stroombanen

In Figuur 2.4 en Figuur 2.5 zijn de stroombanen weergegeven waarin het hemelwater oppervlakkig afstroomt tijdens een extreme neerslagbui van 70 mm in één uur. De legenda bestaat uit een peil per cel in de hoofd afstroomrichting waarvan de kleur de snelheid weergeeft. Om het leesbaarder te maken is op enkele locaties een grotere peil ingetekend in de richting van de algemene stroomrichting op die locatie. Er is een duidelijk verband te zien tussen de hoofd afstroomrichtingen en de natte plekken. Hier verzamelt het water waardoor er voor langere tijd water blijft staan. Over het algemeen stroomt het hemelwater goed richting het oppervlaktewater. Op de natte plekken naast het oppervlaktewater, met name de natte plekken ten noorden van de Bosbaan en ten westen van de Heuvel is er geen goede oppervlakkige connectie tot het oppervlaktewater waardoor het water op het maaiveld blijft staan.



Figuur 2.4 Stroombanen Amsterdamse Bos Noord bij een bui van 70 mm in één uur [m/s]



Figuur 2.5 Stroombanen Amsterdamse Bos Noord bij een bui van 70 mm in één uur [m/s]

2.5 Grondwater analyse o.b.v. nieuwe data

2.5.1 Gemiddelde grondwaterstanden (augustus 2024 – augustus 2025)

In Figuur 2.6 en Figuur 2.7 is per peilbuis de maaiveldhoogte, de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG), de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) weergegeven in meter ten opzichte van NAP. Daarnaast is ook nog de ontwatering weergegeven in meter – maaiveld. De ontwatering is de afstand tussen maaiveld en de GHG. De ontwatering geeft de ruimte weer waar bomen kunnen wortelen. Wortels sterven namelijk af door zuurstoftekort als deze volledig in het grondwater staan. Daarnaast geeft het een indicatie voor hoeveel ruimte er in de grond beschikbaar is voor waterberging. In stedelijk gebied hanteert de gemeente Amsterdam een ontwateringsnorm van 90 cm. Deze norm is om ervoor te zorgen dat er voldoende hemelwater kan worden geïnfiltreerd, bomen goed kunnen groeien en grondwateroverlast wordt voorkomen. Bomen kunnen wel goed groeien bij een kleinere ontwateringsdiepte alleen zullen zij dan in de breedte gaan wortelen in plaats van in de diepte. In het bos is ruimte in de ondergrond veel minder een issue dan in stedelijk gebied, waardoor wortelen in de breedte vaak geen probleem is. Echter kan worteling in de breedte wel voor instabiliteit zorgen. Daarnaast zijn wortels in de verticale richting ook bevorderlijk voor de infiltratiesnelheid om extreme of langdurige neerslag af te voeren van maaiveld richting het grondwater. Ook is het mogelijk dat bij een extreem kleine ontwateringsdiepte het grondwater soms tot aan maaiveld komt. Dit laat helemaal geen ruimte meer over voor bomen om te wortelen en is dus onwenselijk. Idealiter is er daarom in een bos ook voldoende ontwateringsdiepte voor stabiele en diepere wortelgroei.

De ontwateringsdiepte gebaseerd op de GHG verkregen uit de nog korte meetperioden van de dataloggers in de peilbuizen, is weergegeven in Figuur 2.6 en Figuur 2.7. Belangrijk is dat de volgende analyse dus is gebaseerd op een te korte periode met, zoals eerder benoemd, gebrekkige meetreeksen. Dit betekend dat extremen en patronen die zullen worden besproken wellicht veranderen, onjuist zijn en of veranderen naarmate de meetperiode zal toenemen.

Toevoeging 3e rapportage – nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025
Weer
De maand maart was de droogste sinds het begin van de waarnemingen van het KNMI in 1906 in Nederland. Daarna was de maand april met nog geen 10 millimeter in het noordwesten van Nederland bijzonder droog. Tot 21 mei hield de droogte aan waarna er in eind mei neerslag viel. Al met al was mei daarmee ook een droge maand. Juni en juli waren iets droger dan het langjarig gemiddelde maar niet significant in het noorden van Nederland. De nieuwe data geeft weer een extra 4 maanden aan data die bijdragen aan een meer betrouwbare set van data.

In de twee figuren(2.6 en 2.7) is te zien is dat in het noordelijk deel van het bos met name in het gebied tussen de Bosbaan en de heuvel de ontwateringsdiepte extreem klein is. Door de vele watergangen, met hetzelfde peil van NAP -5,52 m, is de opbolling van het grondwater enigszins beperkt. Wel is de stijging van het grondwater ter plaatse van de heuvel goed te onderscheiden bij peilbuis 12 en 25. Verder rondom de heuvel wordt de ontwatering met name beïnvloedt door de maaiveldhoogte. De lagere gelegen peilbuizen hebben ook een kleinere ontwatering, met peilbuis 19 gelegen in de verlaging in het grote veld als minimum. De kleine ontwatering gemeten in de gebrekkige meetreeks van peilbuis 7 is te verklaren doordat het maaiveld daar 25 cm lager ligt dan het peil van de nabijgelegen Bosbaan. Door het peilverschil van een meter tussen de Bosbaan en de watergang ten zuiden van peilbuis 7 zal er grondwaterstroming plaatsvinden van de Bosbaan naar het zuiden. Doordat het maaiveld zo snel daalt en er spraken is van een opbolling is hier sprake van een kleine ontwatering.

Toevoeging 3e rapportage - nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025
Noord
In vergelijking met de resultaten in de 2e rapportage is over de breedte van de peilbuizen ten noorden van de heuvel te zien dat zowel de GHG als de GLG ietwat afnemen. Dit is te verklaren doordat de 2e rapportage gebaseerd is op de resultaten tot 1 april 2025. De extra meegenomen periode in de 3e rapportage is dus van april tot augustus, dit is een relatief droge periode en trekt de gemiddelde grondwaterstanden daarom ietwat naar beneden. De daling van de grondwaterstanden is bij peilbuis 15 en 8 met respectievelijk 8 en 11 cm significant. In peilbuis 20 is de daling van de GHG maar liefst 35 cm terwijl deze peilbuis dicht op de Bosbaan ligt en dus sterk beïnvloedt zou moeten zijn door een vast peil, waardoor deze daling niet wordt verwacht in een drogere periode. Mogelijk zijn de significante stijgingen allen een gevolg van ernstig gebrekkige data. De analyse van de grafiek van de freatische grondwaterstand zal hierin duidelijkheid moeten scheppen.

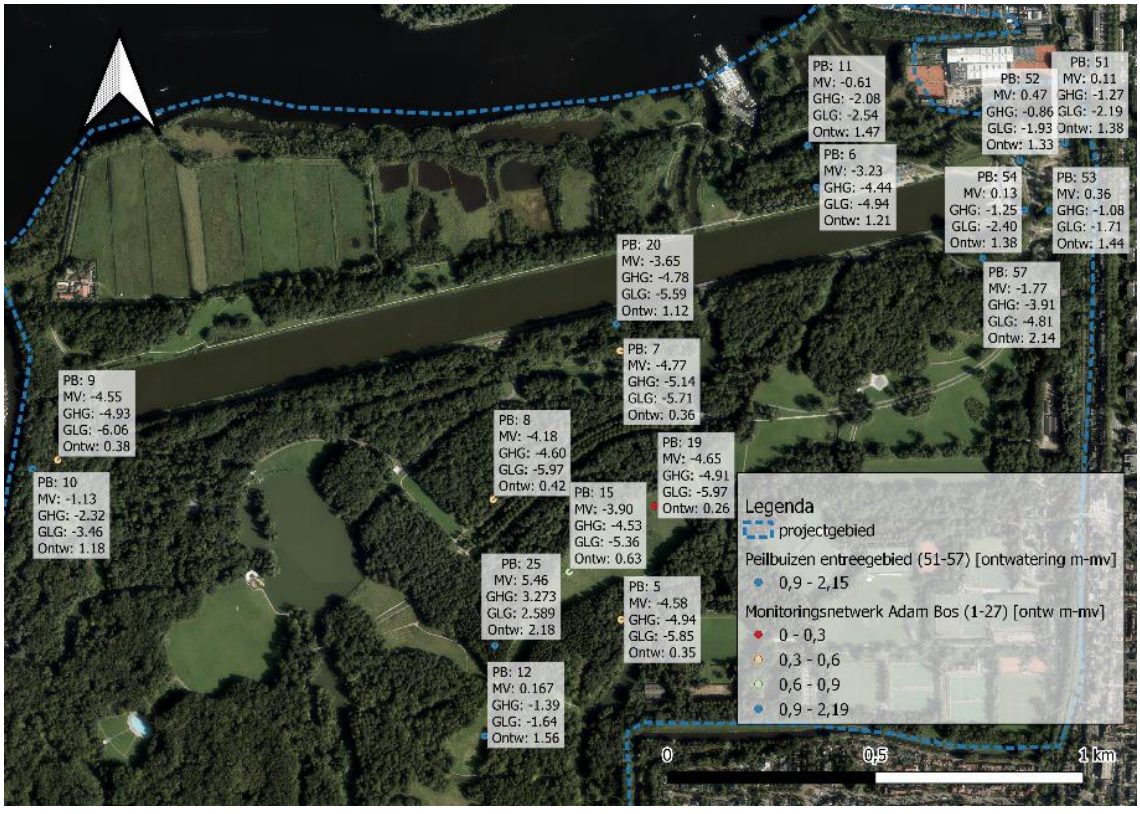
In het zuidelijk gebied is de extreem kleine ontwatering in de Oeverlanden, bij peilbuis 3, opvallend. Deze is goed te verklaren doordat het waterpeil in de vele sloten in de oeverlanden slechts 10 tot 20 cm lager ligt dan het maaiveld. Door de opbolling tussen de sloten zal deze ontwatering zelfs nog kleiner zijn dan dat. Dit wordt bewust gedaan om het veenlandschap nat te houden en niet te laten inklinken. Ook in het Schinkelbos zijn zeer kleine ontwateringen zichtbaar bij peilbuis 23 en 24. Er is een toename van de grondwaterstand zichtbaar van peilbuis 26 naar peilbuis 24. Dit is te verklaren door het verschil in peil rondom en in het Schinkelbos. Ten zuidwesten van het Schinkelbos, nabij

peilbuis 24, is het peil NAP -4,72/-4,87 m, in het Schinkelbos, waar peilbuis 23 middenin ligt, is het peil NAP -4,82/-5 m en ten noordwesten, nabij peilbuis 26, is het peil NAP -4,12/-5,22 m. Waarschijnlijk is daardoor het peil verhang en daarmee het grondwater verhang in de richting van peilbuis van PB24 naar PB26, dit zal ook de richting van de grondwaterstroming zijn. Dit verklaart dat de GHG toeneemt van PB26 naar PB24. De verklaring dat de ontwatering zo klein is dat die nagenoeg tot aan maaiveld staat bij PB23 en PB24 is de kleine drooglegging die er is tussen het maaiveldniveau en het oppervlaktewaterpeil. Deze afstand is slechts ca. 50 – 70 cm ter plaatse van de peilbuizen. Door de opbolling die ontstaat in het grondwater is de ontwatering nog kleiner dan deze drooglegging.

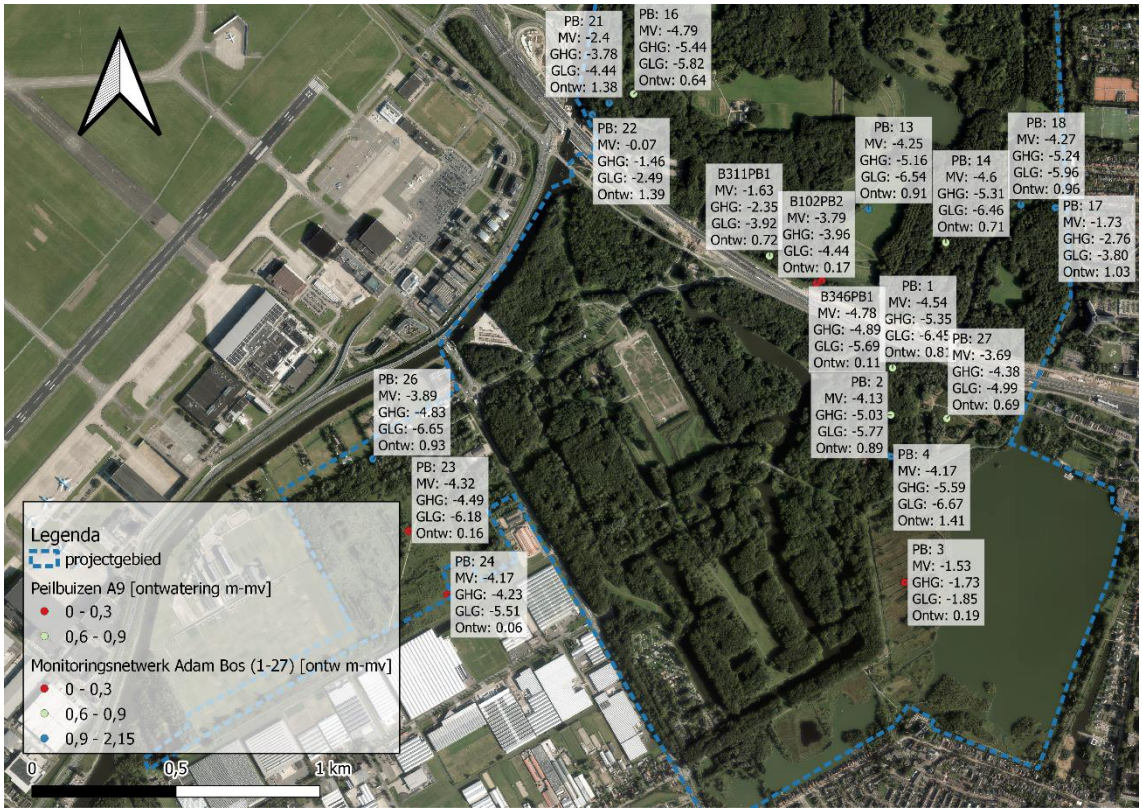
***Toevoeging 3e rapportage* - nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025**

Zuid

Net als in het noordelijke deel zijn door de toevoeging van de drogere voorjaars/zomermaanden de gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstanden ietwat afgenomen. Doordat de GHG met de toevoeging van de afgelopen periode daalt neemt ook de ontwatering en dus de doorwortelbare ruimte voor bomen toe. Dit is gunstig voor de stabiliteit van het bos. Bij het gros van de peilbuizen is het effect op de gemiddeldes marginaal en minder dan 5 cm. Bij de peilbuizen in de Noordwesthoek van Figuur 2.7, *PB 13, 14, 17, 18 en 27, is een sterkere daling van groter dan 5 cm te zien in de gemiddeldes. Bij deze peilbuizen wordt daardoor ook een grotere daling verwacht in de grafieken van de freatische grondwaterstand. Alleen peilbuis 4 vertoont een grote stijging van de GHG van 22 cm. Dit is volledig tegen het te verwachte patroon van de andere peilbuizen in. In de analyse van de meetreeks van de freatische grondwaterstand is te zien dat dit een gevolg is van de gebrekkige data. De gehele winterperiode is namelijk niet gemeten, waardoor de extra verkregen kleine hoeveelheid data in de maanden april en mei zorgt voor een stijging t.o.v. de zomer van 2024.*



Figuur 2.6 Peilbuisgegevens Amsterdamse Bos Noord tot 27-07-2025



Figuur 2.7 Peilbuisgegevens Amsterdamse Bos Zuid tot 27-07-2025

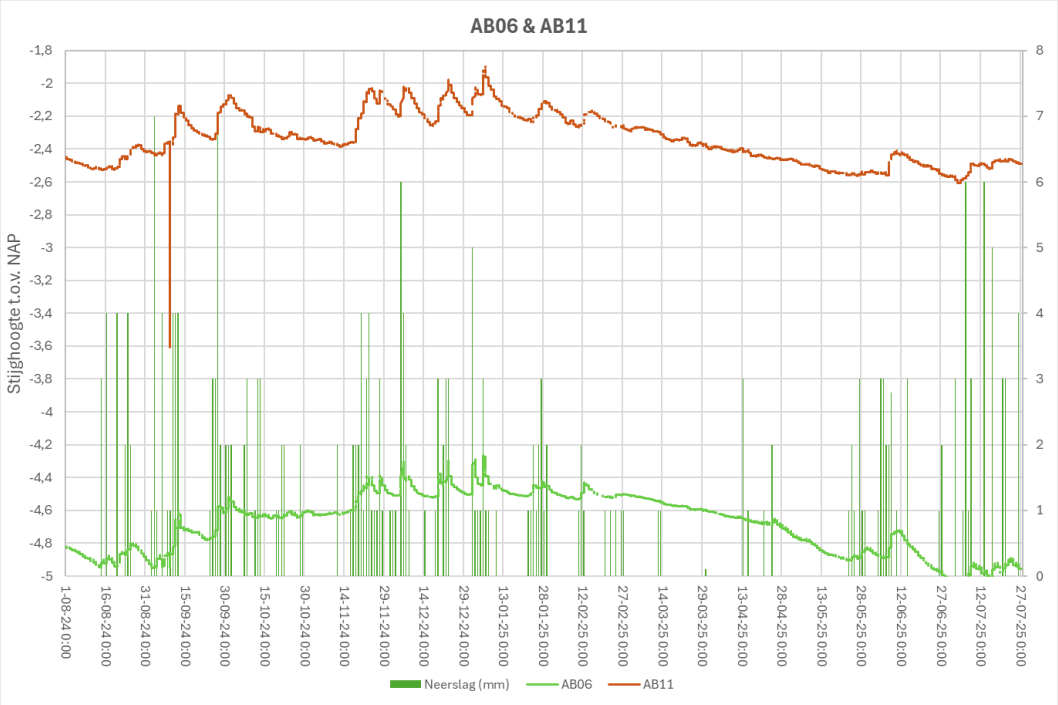
2.5.1.1 Tijdreeksanalyse per cluster en reactie op neerslag

Naast de seizoensgebonden trends in het grondwater is het ook interessant om te analyseren hoe het grondwater reageert op neerslag en droogte in kortere en langere periode. Deze analyse wordt in deze paragraaf uitgewerkt per cluster van peilbuizen.

<u>Toevoeging 3e rapportage – nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025</u>

De nieuwe data geeft weer een extra 4 maanden aan inzicht die bijdragen aan een steeds betrouwbaarder grondwatermonitoringsnetwerk. Per peilbuizencluster is onder de analyse van de 2e rapportage een toevoeging geplaatst voor de nieuw verkregen inzichten op basis van de nieuwe data. Wanneer aannames zijn gedaan in de tweede rapportage zullen deze worden bevestigd, verbeterd of veranderd in deze toevoeging.

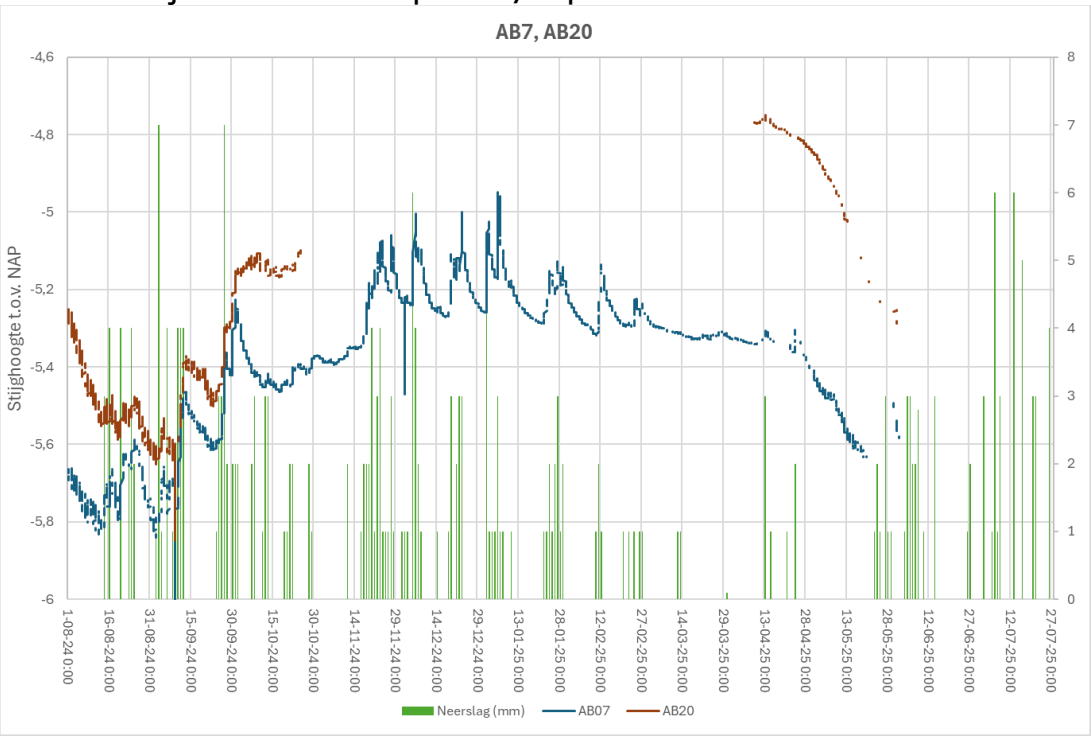
Cluster noordelijk van de Bosbaan – peilbuizen 6 en 11



Figuur 2.8 Freatische grondwaterstand meetreeks peilbuizen 6 en 11

De analyse van de stijghoogte meetreeksen van peilbuis 6 en 11 wordt behandeld in paragraaf 2.5.3 in verband met de daar bekende natte plek. Voor de analyse wordt daarom naar die paragraaf verwezen.

Cluster zuidelijk van de Bosbaan – peilbuis 7 en peilbuis 20



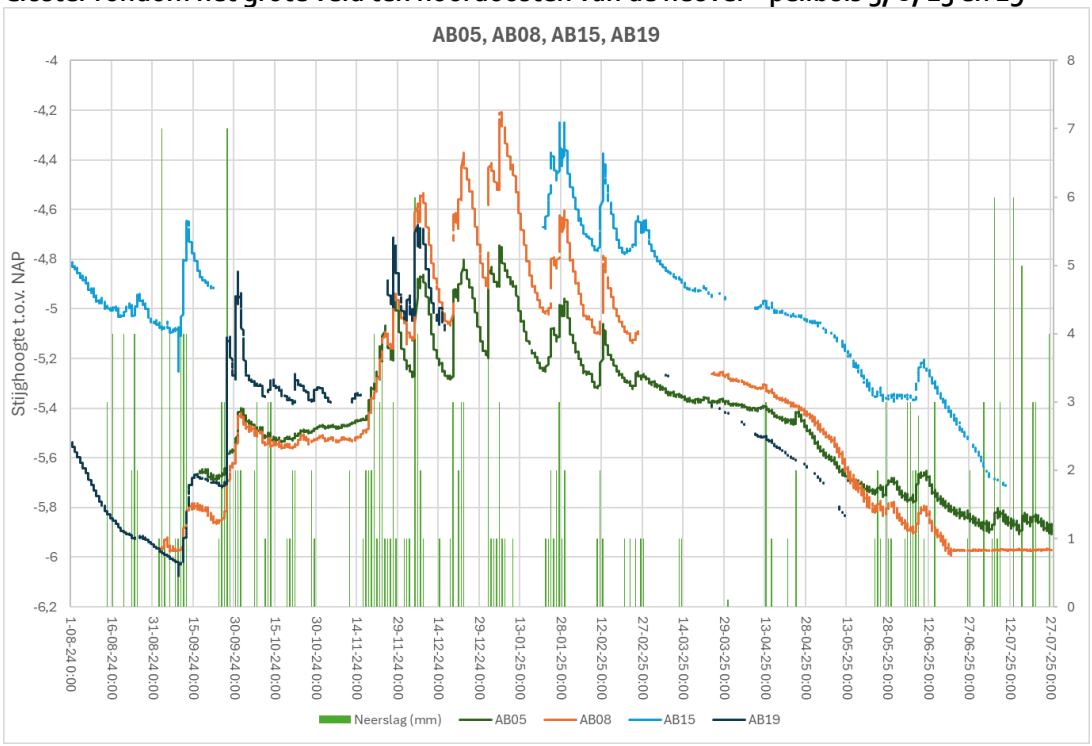
Figuur 2.9 Freatische grondwaterstand meetreeks peilbuizen 7 en 20

De meetreeks van peilbuis 20 is te gebrekkig om te analyseren. De grond rondom peilbuis 7 lijkt hemelwater te infiltreren en ook weer langzaam af te geven aan het oppervlaktewater. Te zien is dat de veen kleiige ondergrond zichzelf aanvult na de droge zomerperiode totdat een bepaalde verzadiging is bereikt. Daarna is het mogelijk dat de ondergrond het grondwater sneller afvoert door een groter verhang tussen grondwater en oppervlaktewater, hierdoor stijgt de grondwaterstand niet door gedurende de winter. Ook is het mogelijk dat door de plaatselijke top veenlaag minder water doordringt nadat deze is verzadigd waardoor de grondwateraanvulling tijdens winterse buien minder en langzamer plaatsvindt dan tijdens zomerse buien.

<u>Toevoeging 3e rapportage – nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025</u>

Peilbuis 20 blijft te gebrekkig om te analyseren. De peilbuis geeft weer even kortstondig in april/mei wat grondwaterstanden door, maar deze zijn te summier en onbetrouwbaar om waarde toe te kennen. De nieuwe gebrekkige grondwaterstanden geven mogelijk weer dat er een stijging is t.o.v. de periode in oktober en geven aan dat de zeer droge maanden april en mei een sterke daling van het grondwater veroorzaken. Maar nogmaals de gebrekkige data is eigenlijk niet te analyseren. Peilbuis 7 lijkt door de extreem droge periode van maart, april tot eind mei door een grens te zakken. Dit kan mogelijk te verklaren zijn doordat er een slecht doorlatende laag aanwezig is, waar het grondwater boven blijft totdat de droogte zolang aanhoudt dat deze laag ook uitdroogt en het grondwater erdoorheen zakt. Interessant zou zijn om te zien hoe de freatische grondwaterstand zou reageren op neerslag nadat deze door de slecht doorlatende laag is gezakt. Of deze reactie vergelijkbaar is aan die in augustus 2024. De datalogger heeft helaas geen data meer verzonden vanaf eind mei.

Cluster rondom het grote veld ten noordoosten van de heuvel – peilbuis 5, 8, 15 en 19



Figuur 2.10 Freatische grondwaterstand meetreeks peilbuizen 5, 8, 15 en 19

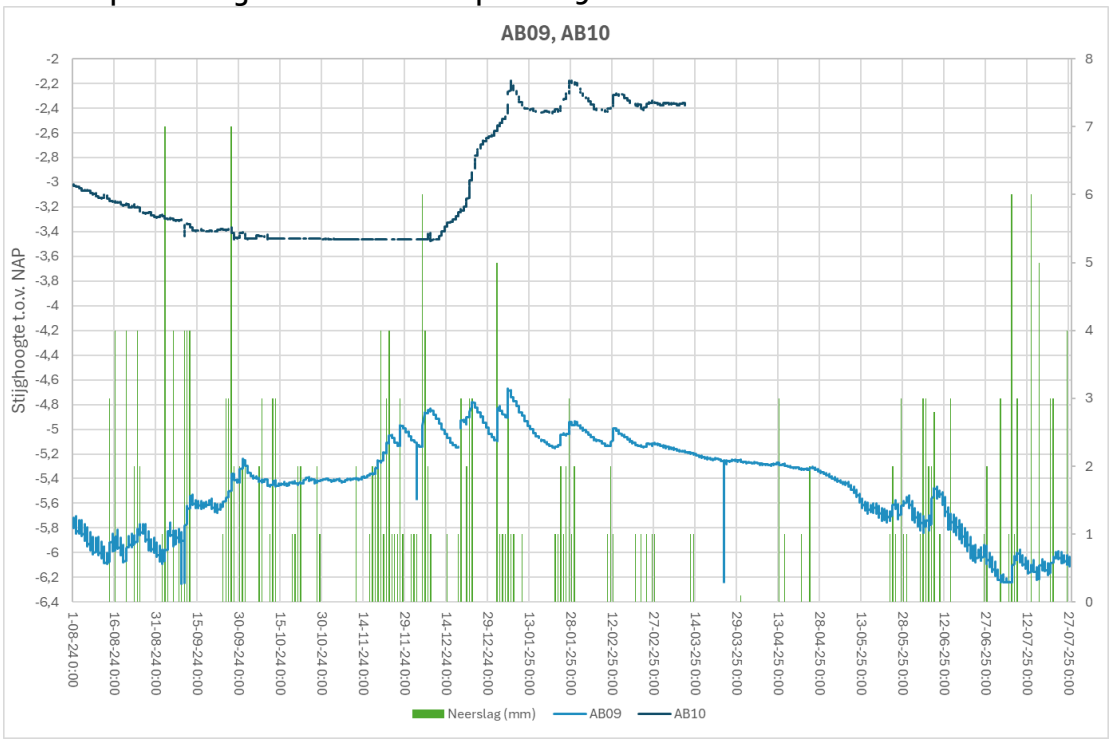
De boorstaten van alle vier de peilbuizen vertonen eenzelfde volledig kleiige bodemlaag tot aan het filter. Op basis van de bodemsoort kan dus worden verwacht dat ze soortgelijk reageren op neerslag. Dit is ook duidelijk terug te zien in de grafiek. Wel moet worden opgemerkt dat eigenlijk

alleen peilbuis 5 en 8 enigszins volledige reeksen hebben. In de gebrekkige reeksen lijkt dat ze allen ongeveer gelijk reageren op neerslag. Wel zijn er een aantal kleine verschillen zichtbaar. Ten eerste is de grondwaterstand in peilbuis 15 hoger dan in de andere peilbuizen, dit komt doordat het maaiveld hier ook hoger is. Wanneer naar de GHG wordt gekeken in Figuur 2.6 lijkt dit verschil nog mee te vallen, maar dat komt omdat de periode met de meeste neerslag niet is geregistreerd door de logger. Het is dus goed mogelijk dat de ontwatering in realiteit minder is dan de in Figuur 2.6 aangegeven 0,55 meter.
In de meetreeksen van peilbuis 5 en 8 is wel goed te zien dat de stijging gedurende de herfst gelijkmatig toeneemt richting het waterpeil van NAP -5,52 m en daar ook een tijdlang nagenoeg gelijk aan blijft. Totdat de grondwaterstand boven dit niveau stijgt is de reactie op neerslag slechts grondwateraanvullend, terwijl daarna het grondwater ook gaat afvoeren, na een neerslagevenement, naar de watergang. In een droge periode in de zomer lijkt het dus mogelijk dat het grondwater hier uitzakt onder het waterpeil. Wanneer de natte periode doorzet in de winter zien we dat de grondwaterstand verder doorstijgt bij peilbuis 8 dan bij peilbuis 5, terwijl ze ongeveer hetzelfde reactiepatroon op neerslag vertonen. Het verschil in doorstijging is waarschijnlijk door het verschil in maaiveldhoogte en mogelijk door verschil in korrelgrootte waardoor de horizontale stroming richting de watergang sneller verloopt bij peilbuis 5 dan bij peilbuis 8. Belangrijk om te constateren dat in de winter in het gehele gebied van dit cluster de grondwaterstand nagenoeg tot aan maaiveld komt te staan.

Toevoeging 3e rapportage – nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025

De meetreeksen volgen allen ongeveer hetzelfde patroon waarin een sterke reactie op neerslag is te zien in de natte periode wanneer de klei verzadigd is, die ook weer enigszins snel wordt afgevoerd. Vervolgens wanneer het vanaf half februari droog wordt stabiliseert de freatische grondwaterstand voordat deze sterk uitzakt als de droge periode langer aanhoudt tot aan eind mei. Vervolgens wanneer de kleigrond uitgedroogd is de reactie op neerslag ook minimaal en lijkt er slechts geleidelijke aanvulling plaats te vinden, die ervoor zorgt dat de daling stopt. De droge kleigrond heeft een flinke natte periode nodig wil deze weer aanvullen tot aan de winter (verzadigde) grondwaterstand. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de bomen in de droge periode een dusdanige hoeveelheid water verlangen dat zij het gros van het water opnemen en verdampen wat de aanvulling van het grondwater nivelleert. In de winter hebben de bomen deze waterbehoefte niet waardoor er minder verdamping plaatsvindt en wel veel aanvulling en afvoer van het grondwater plaatsvindt.
Peilbuis 8 lijkt daarnaast vanaf eind juni droog te vallen. Aangeraden wordt om dit te controleren in de droge periode wanneer dit zich voordoet.

Cluster op de hellingen van de heuvel – peilbuis 9 en 10



Figuur 2.11 Freatische grondwaterstand meetreeks peilbuizen 9 en 10

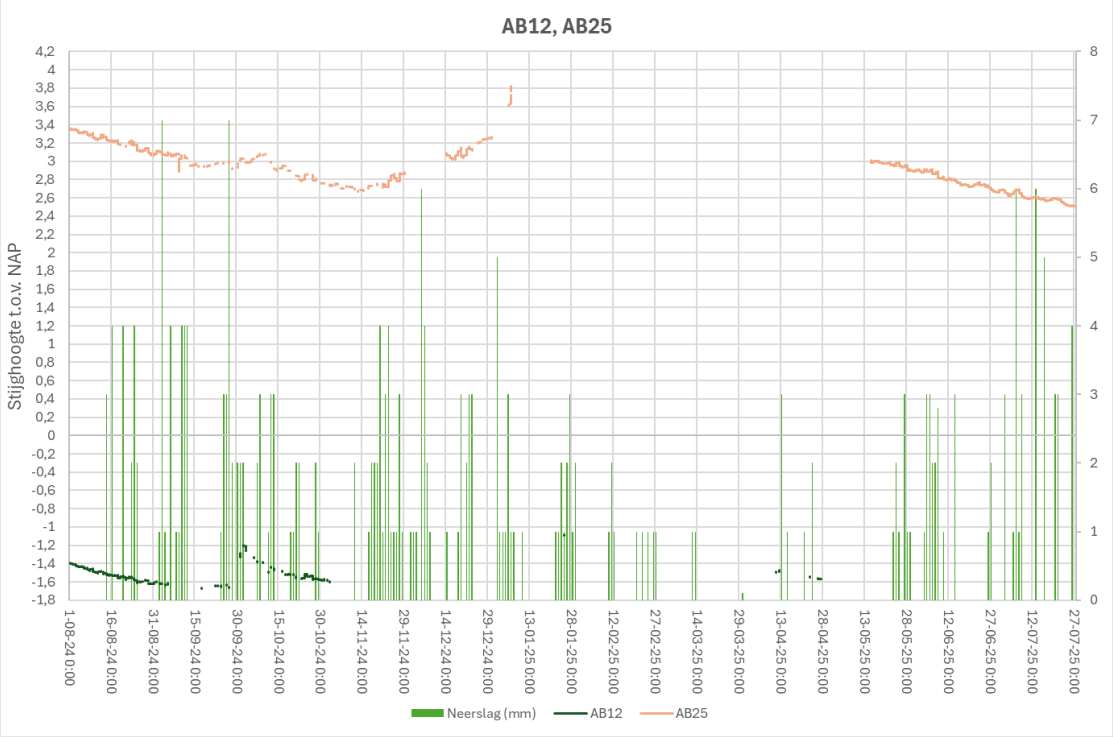
Peilbuis 9 en 10 hebben volgens de boorstaat beide een volledig kleiig bodemprofiel. Wel is er een significant maaiveldverschil tussen de twee peilbuizen. Peilbuis 10 grenst aan de watergang vanuit de Nieuwe Meer met een waterpeil van NAP -0,61/-0,64 m, terwijl peilbuis 9 grenst aan een watergang met een peil van NAP -5,52 m. Dit verklaart het algemene verschil in freatische grondwaterstand tussen de twee peilbuizen. Verder is opvallend dat peilbuis 10 daalt in de periode van augustus tot half september terwijl peilbuis 9 door de neerslag op niveau blijft. Dit is mogelijk te verklaren doordat peilbuis 10 op een steile helling ligt waardoor er pas water infiltreert bij langdurige grote hoeveelheden neerslag en dat zomerse intensieve buien gewoonweg oppervlakkig afstromen. Dit kan als gevolg van een droge bodem en een steile helling. Vervolgens lijkt het erop dat peilbuis 10 droogvalt in de periode van half september tot aan december waardoor de peilbuis een nagenoeg constante waarde meet. De verwachting is dat de peilbuis net aan droogvalt. Aangeraden wordt tijdens een volgende droge periode of wanneer de gegevens weer afvlakken dit te gaan controleren. Peilbuis 9 is reactiever voor neerslag. De grondwaterstand lijkt uit te zakken onder het waterpeil in de zomer en zich weer aan te vullen door neerslag gedurende de winter. Dit lijkt te duiden op een snellere verticale infiltratie vanuit neerslag dan aanvulling dan wel drainerende werking vanuit de watergang. Dit fenomeen zien we bij meer peilbuizen in het kleiige bos. Dit is ook te zien aan de snelle stijgingen van de grafiek en wat meer uitgespreide dalingen na neerslagevenementen.

Toevoeging 3e rapportage – nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025

Peilbuis 10 heeft geen meetgegevens in de nieuwe meetperiode.
Bij peilbuis 9 lijkt het patroon van de meetreeks zoals dat in het voorgaand besproken cluster. Dus een verzadigde kleilaag in de winter die reageert op neerslag, die een tijd lang water vasthoudt in droge periode door de slechte doorlatendheid maar uiteindelijk toch uitdroogt door aanhoudende droogte. Vervolgens reageert het droge kleipakket minder op de neerslag na de droge periode dan in de winter omdat de begroeiing mogelijk zoveel verdampt dat de aanvulling teniet wordt

gedaan. Wel wordt de daling afgezwakt tot deze stabiliseert door de toename in neerslag in de maand juli.

Cluster op de hellingen van de heuvel – peilbuis 12 en 25

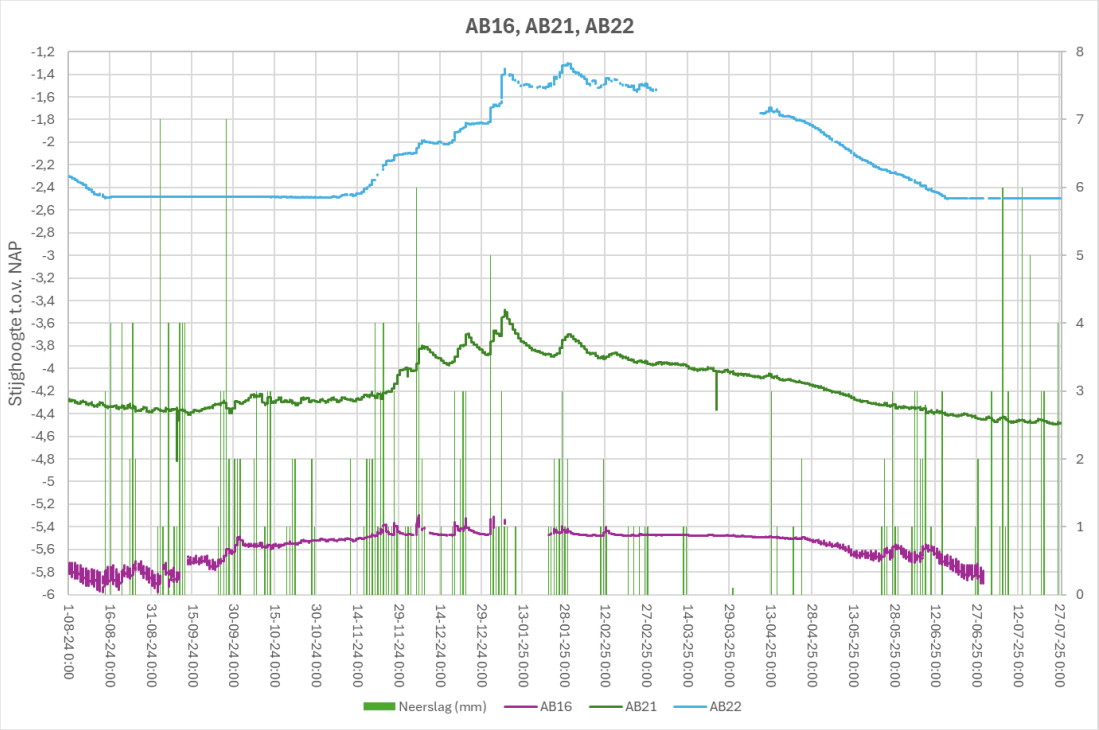


Figuur 2.12 Freatische grondwaterstand meetreeks peilbuizen 12 en 25

Peilbuizen 12 en 25 liggen op de hellingen van de heuvel in het Amsterdamse Bos. De meetreeksen zijn eigenlijk te beperkt om er conclusies uit te trekken. Het lijkt op basis van peilbuis 25 dat het grondwater daar niet direct reageert op een neerslag evenement. Enkel langdurige natte of droge periodes lijken te zorgen voor een geleidelijke stijging of daling van de grondwaterstand. Door het maaiveldhoogteverschil is er een groter drukverschil in het grondwater dat mogelijk snellere afstroming tot gevolg heeft. Ook is het mogelijk dat door het sterke maaiveld verhang een groot gedeelte van een neerslagevenement niet infiltreert maar oppervlakkig afstroomt naar lager gelegen gebieden.

Toevoeging 3e rapportage – nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025
Geen toevoegingen

Cluster op de hellingen vanaf brug A9 – peilbuis 16, 21 en 22



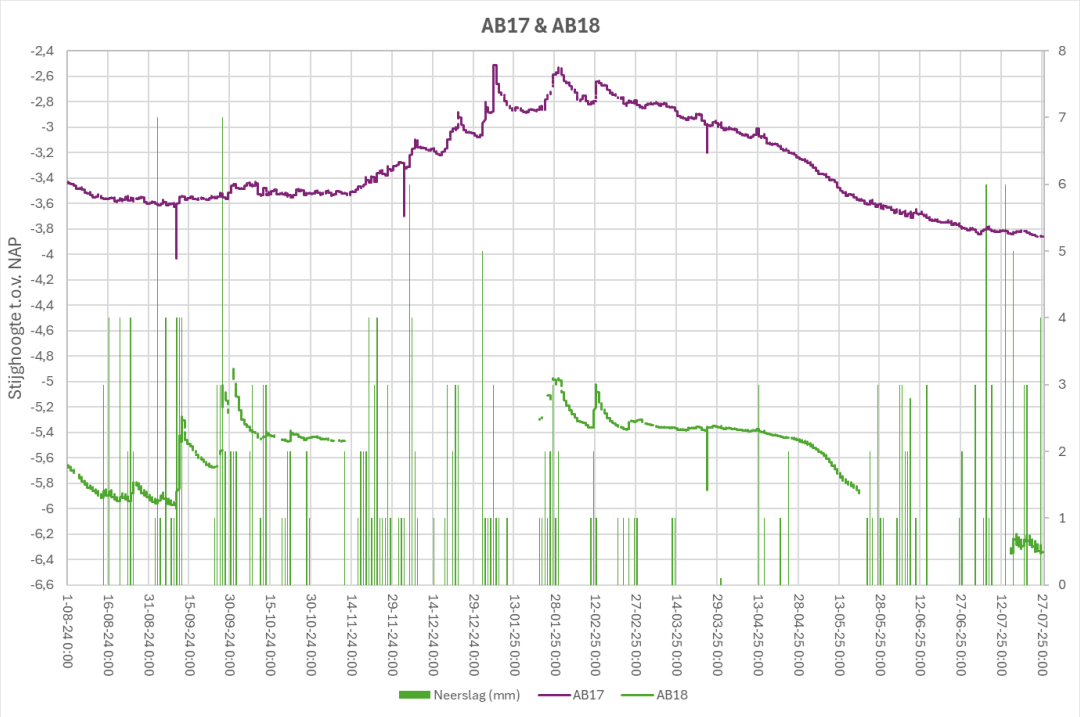
Figuur 2.13 Freatische grondwaterstand meetreeks peilbuizen 16, 21 en 22

Peilbuizen 22, 21 en 16 liggen in respectievelijke volgorde op een helling tussen de watergang westelijk van het Amsterdamse Bos richting de Nieuwe Meer, waterpeil NAP -0,61/-0,64 m, en de oost-west watergang iets ten noorden van peilbuis 16 met waterpeil NAP -5,45 m. Hierdoor is het verschil in freatische grondwaterstand tussen de 3 peilbuizen goed te verklaren en vindt er grondwaterstroming plaats van peilbuis 22 in oostelijke richting het bos in. Te zien is dat alle drie de peilbuizen niet of nauwelijks reageren op neerslag. Peilbuis 21 en 22 laten wel een toename zien door de grote hoeveelheid neerslag die over een lange periode valt. Dit kan mogelijk worden verklaard doordat peilbuis 21 en 22 op een helling liggen waardoor er snel oppervlakkige afstroming plaatsvindt en dus minder infiltratie. Ook de freatische grondwaterstroming kan door het maaiveld verhang van een dusdanige snelheid zijn dat het infiltrerende hemelwater gemakkelijk wordt afgevoerd door het grondwater. Peilbuis 22 lijkt net als peilbuis 10 droog te vallen. Dit gebeurt in de periode van half augustus tot aan half november. Aangeraden wordt tijdens een volgende droge periode of wanneer de gegevens weer afvlakken dit te gaan controleren. Peilbuis 16 laat maar een hele beperkte toename van de freatische grondwaterstand zien in de winter. Te zien is dat het grondwater uitzakt onder het waterpeilniveau van NAP -5,45 in de zomer. Dit wordt in september tot november aangevuld tot aan het niveau van oppervlaktewaterpeil om vervolgens continue rondom dat niveau te blijven. Rondom peilbuis 16 is er dus waarschijnlijk een goede connectie tussen grondwater en oppervlaktewater waardoor deze sterk correleren. Daarnaast is het ook mogelijk dat bij alle drie de peilbuizen in dit cluster de doorlatendheid van de toplaag onvoldoende is, waardoor infiltratie en reactie op neerslag beperkt is.

Toevoeging 3e rapportage – nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025

Peilbuis 22 lijkt weer in de droge periode droog te vallen. Verder geen toevoegingen.

Cluster aan de Landscheidingsvaart – peilbuis 17 en 18



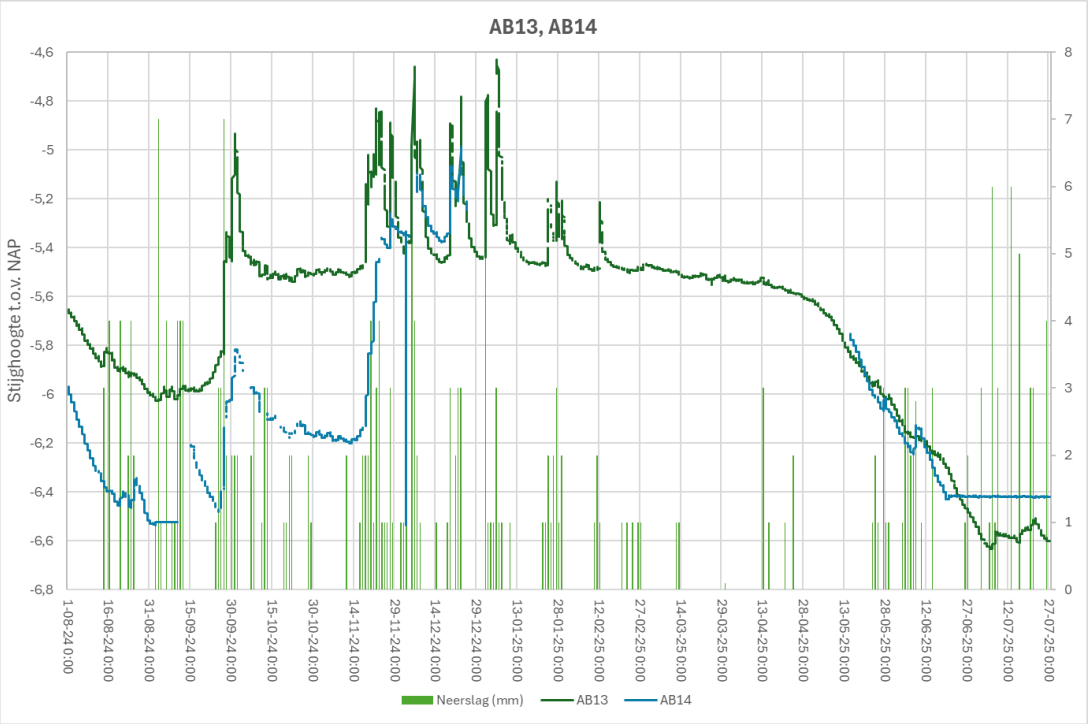
Figuur 2.14 Freatische grondwaterstand meetreeks peilbuizen 17 en 18

Peilbuis 17 ligt op een steile helling vanaf de Landscheidingsvaart, waterpeil NAP -1,72/-1,77 m, richting een van de hoofd noord-zuid watergangen van het Amsterdamse Bos met waterpeil NAP -5,52 m. Peilbuis 17 ligt dus ook aanzienlijk hoger dan peilbuis 18. De grondwaterstroming is in de richting van peilbuis 17 naar peilbuis 18. Te zien is dat peilbuis 17 weinig tot matig reageert op neerslag. Peilbuis 17 laat wel een toename zien door de grote hoeveelheid neerslag die over een langere periode valt. Dit kan net als bij peilbuis 10, 21 en 22 mogelijk worden verklaard doordat peilbuis 17 op een helling ligt waardoor er snel oppervlakkige afstroming plaatsvindt en dus minder infiltratie. Ook de freatische grondwaterstroming kan door het maaiveld verhang van een dusdanige snelheid zijn dat het infiltrerende hemelwater gemakkelijk wordt afgevoerd door het grondwater. Peilbuis 18 ligt op een vlak maaiveld en lijkt mede daardoor ook beter te reageren op neerslag. Te zien is dat de grondwaterstand uitzakt onder het oppervlaktewaterpeil. Dit wordt in de herfst aangevuld tot aan het waterpeil, waarna de reactie op neerslag toeneemt. De reactie op neerslag is met name waarneembaar als er significante hoeveelheden neerslag vallen. Solitaire gemiddelde buien geven niet direct een reactie. Het infiltrerende water wordt na een bui langzaam weer afgevoerd via het grondwater naar de watergang. Wanneer er niet zoveel neerslag valt zoals in oktober '24 blijft de grondwaterstand rond het oppervlaktewaterpeil. In de natte periode in de winter van november tot aan februari zijn helaas geen meetgegevens beschikbaar. Wel is te zien dat vanaf februari de grondwaterstand weer schommelt rondom het oppervlaktewaterniveau.

<u>Toevoeging 3e rapportage – nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025</u>
De meetreeksen van beide peilbuizen laten net als de andere peilbuizen in het bos hetzelfde dalingspatroon zien van een korte daling na de natte periode die stagneert in het begin van de droge periode in maart en april en die versterkt naar een sterke daling als de droge periode in mei nog langer aanhoudt. Deze daling stagneert weer enigszins als er meer neerslag valt in juni en juli. Doordat het pakket droger is en de bomen meer water verdampen lijkt, ondanks de gebrekkige data, de reactie op neerslag in de maanden juni en juli ook hier minder snel en sterk. Peilbuis 17 lijkt door het grote

hellingspercentage nog altijd niet echt te reageren op individuele neerslagevenementen, enkel op langere perioden van neerslag.

Cluster rondom Speelweide – peilbuis 13 en 14



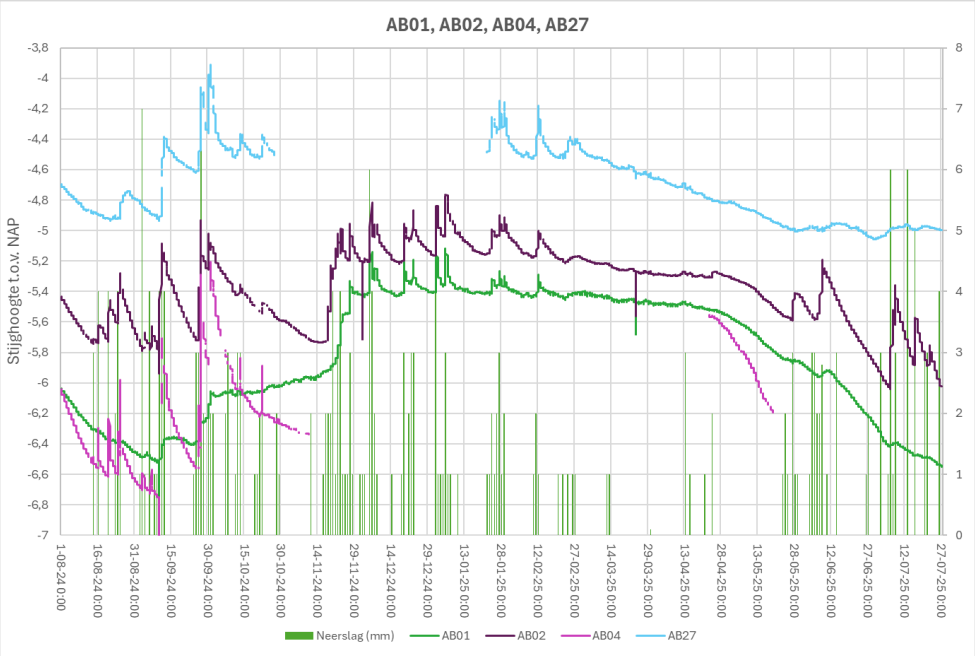
Figuur 2.15 Freatische grondwaterstand meetreeks peilbuizen 13 en 14

Peilbuizen 13 en 14 liggen beide tussen twee watergangen met hetzelfde waterpeil, NAP -5,52 m. Peilbuis 14 ligt precies tussen twee watergangen in met een afstand van circa 120 m tot aan de watergang. Peilbuis 13 ligt dichterbij een van beide watergangen, circa 40 meter. Peilbuis 14 ligt daarom waarschijnlijk op de top van de opbolling en dal van de uitzakking van het grondwater tussen de watergangen, terwijl peilbuis 13 meer op de helft van de opbolling ligt. Dit fenomeen verklaart waarom het grondwater bij peilbuis 14 verder uitzakt in de zomer dan peilbuis 13. Hierbij moet ook in ogenschouw worden genomen dat peilbuis 13 wel 35 cm lager ligt dan peilbuis 14. Te zien is dat beide peilbuizen sterk reageren op neerslag, maar dat er ook goede afvoer van het grondwater richting de watergang plaatsvindt aangezien de pieken snel weer afnemen. Het grondwater rondom Peilbuis 13 wordt aanzienlijk meer aangevuld door dezelfde hoeveelheid die valt in de periode eind september tot begin oktober dan het grondwater rond peilbuis 14. Dit is dan weer precies andersom bij de grote hoeveelheid neerslag die valt in de tweede helft van november. Heruit kan worden geconcludeerd dat de kleibodem een bepaalde verzadiging verlangd om goed water te infiltreren. In de winterperiode vanaf december lijken de peilbuizen nagenoeg gelijk te reageren. Vanaf half september heeft peilbuis 14 geen meetgegevens meer, waardoor die periode niet kan worden geanalyseerd. Peilbuis 13 neemt bij gemiddelde tot weinig neerslag in de periode januari tot april nagenoeg het waterpeil aan. Uitzakken onder oppervlaktewaterpeil gebeurt dus waarschijnlijk pas na lange periode van droogte.

Toevoeging 3e rapportage – nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025
Peilbuis 14 lijkt droog te vallen vanaf midden juni. Aangeraden wordt dit in het veld te controleren wanneer dit fenomeen zich weer voordoet. Te zien is dat in beide peilbuizen de grondwaterstand eerst stabiliseert zoals de andere peilbuizen in het bos en dan vanaf begin mei extreem uitzakt als de droge

periode aanhoudt. Waar de daling bij de andere peilbuizen in het bos enigszins stagneert door de neerslag van eind tot midden juni, blijft de freatische grondwaterstand hier sterk dalen. Vervolgens valt peilbuis 14 droog en stagneert de daling van peilbuis 13 uiteindelijk als er nog meer neerslag valt in juli. Mogelijk kijkend naar het verschil tussen de meetreeksen zou peilbuis 14 nog verder dalen aangezien deze ook in de zomer van 2024 verder uitzakte. Te zien is dat peilbuis 13 dus meer dan een meter uitzakt onder het oppervlaktewaterpeil. Mogelijk is de verbinding met het oppervlaktewater hier minder sterk waardoor er een grotere uitzakking plaatsvindt.

Cluster rondom Bloesempark – peilbuis 1, 2, 4 en 27



Figuur 2.16 Freatische grondwaterstand meetreeks peilbuizen 1, 2, 4 en 27

Peilbuis 27 ligt in het Bloesempark, dat een eigen peil vak is met een vast peil van NAP -4,77 m. In dit peil vak en rondom peilbuis 27 is het maaiveld ook hoger dan in de omgeving. Peilbuizen 1, 2 en 4 zijn gelegen in hetzelfde veld ten westen van het Bloesempark dat is omringd door een watergang met het peil van het Amsterdamse Bos van NAP -5,52 m. Hierdoor is te verklaren dat het grondwater bij peilbuis 27 hoger staat dan bij peilbuizen 1, 2 en 4.
Peilbuis 27 in het Bloesempark zakt in de zomer uit onder het oppervlaktewaterpeil. De ondergrond reageert wel op neerslag, maar er moet ook hier een bepaalde hoeveelheid vallen en verzadiging bereikt worden wil het echt weerslag hebben op de grondwaterstand. Enkele buien lijken niet door te dringen tot aanvulling van de grondwaterstand. Net als in de rest van het bos is het mogelijk dat dit komt omdat bomen dat hemelwater direct gebruiken en pas echt bij een hemelwater overschot het grondwater wordt aangevuld. Dit overschot is eerder bereikt als de grond al enigszins verzadigd is. In de winter heeft peilbuis 27 geen gegevens. Peilbuis 27 ligt in een veld dat vol ligt met drainage. Hierdoor zou je verwachten dat de freatische grondwaterstandgrafiek een bepaald plafond heeft en dat als het grondwater daarboven komt, het wordt afgevoerd door de drainagebuizen. Dit is niet terug te zien in de freatische grondwaterstand meetreeks. Het is mogelijk dat de drainage defect is, of dat de instelhoogte nog niet bereikt was in de meetperiode. De instelhoogte van de drainage is bij ons niet bekend, daarom kan deze conclusie niet worden getrokken. Wel ligt het maaiveld op NAP -3,69 m bij peilbuis 27 en reikt de freatische grondwaterstand meetreeks tot aan circa NAP -3,9 m. Dit betekent dat als de drainage functioneert de instelhoogte op minder dan 20 cm onder

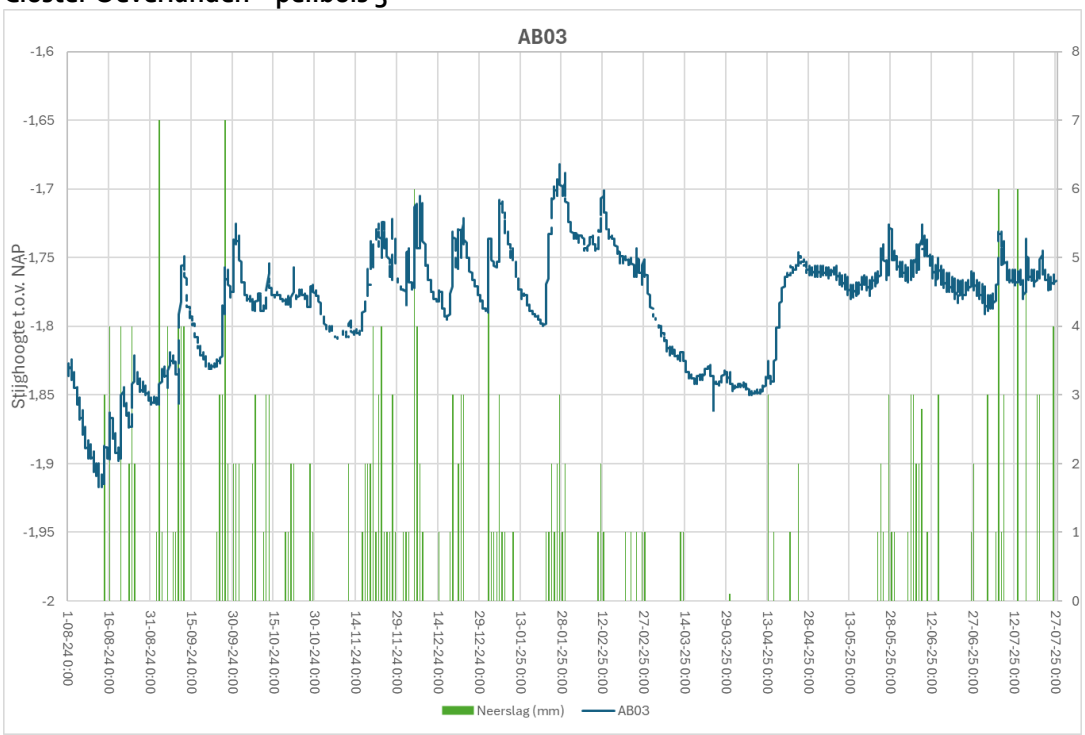
maaiveld ligt. Dit is onwaarschijnlijk. Dus wordt verwacht dat de drainage niet meer functioneert. Geadviseerd wordt om dit te laten controleren op locatie.

Peilbuis 2 ligt midden in het veld op grotere afstand van de watergang. Hierdoor zou worden verwacht dat de grondwaterstand zowel verder uitzakt in droge periodes als hoger uitkomt in natte periodes. Dit is niet het geval, peilbuis 2 lijkt in de beste relatie te staan met het oppervlaktewater, ook al ligt deze het verst ervan af. In de droge periode zakt die namelijk niet zover uit als peilbuis 1 en 2. In de natte periode blijft die wel hoger dan peilbuis 1, waarschijnlijk door de opbolling. Peilbuis 2 is wel reactief voor neerslag, ook in de droge periode bij de eerste neerslag terwijl peilbuis 1 daar enkel gematigd op reageert. Peilbuis 1 vult zich net als op veel plekken in het bos geleidelijk aan tot aan het oppervlaktewaterpeil en begint daarna meer te reageren op neerslag. Peilbuis 4 lijkt in slechte verbinding te staan met het oppervlaktewater waardoor deze sterk reageert op neerslag en ver uitzakt in droge periodes. Er zijn slecht beperkt gegevens beschikbaar dus er kunnen geen conclusies aan worden verbonden.

Toevoeging 3e rapportage – nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025

Zelfde dalingspatroon zichtbaar als in de rest van het bos. Peilbuis 2 lijkt wel ook in droge periode in vergelijking met de rest van het bos sterker te reageren op neerslag. Mogelijk dat hier de ondergrond beter infiltreert.

Cluster Oeverlanden – peilbuis 3



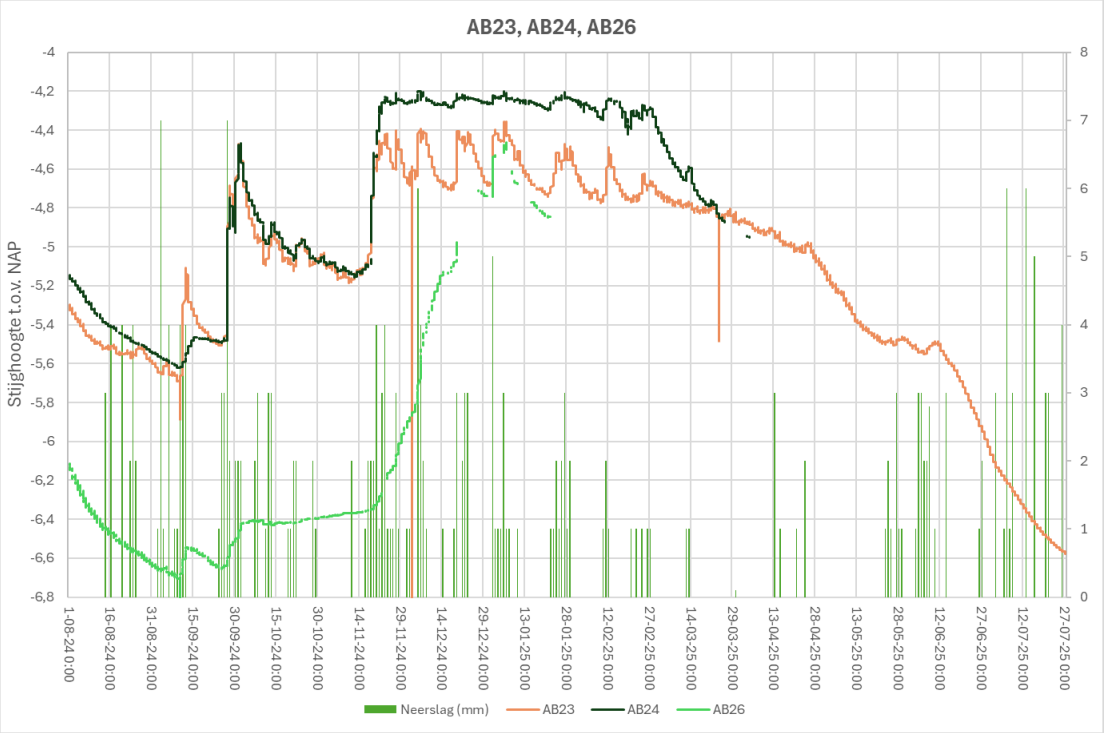
Figuur 2.17 Freatische grondwaterstand meetreeks peilbuis 3

De maaiveldhoogte bij peilbuis 3 in de Oeverlanden is NAP -1,53 m. Het waterpeil ligt tussen NAP -1,72 m en NAP -1,77 m. In de freatische grondwaterstand meetreeks is te zien dat de grondwaterstand slechts 20 cm varieert, rond het waterpeil, over het jaar. Hierdoor is er een extreem kleine ontwatering in de Oeverlanden. Deze is goed te verklaren doordat het waterpeil in de vele sloten in de Oeverlanden slechts 10 tot 20 cm lager ligt dan het maaiveld. Door de opbolling tussen de sloten zal deze ontwatering zelfs nog kleiner zijn dan dat. Dit wordt bewust gedaan om

het veenlandschap nat te houden en niet te laten inklinken. Wel is er enige reactie waarneembaar ten gevolge van neerslag en zie je dat het grondwater in droge perioden wel uitzakt onder het oppervlaktewaterpeil.

Toevoeging 3e rapportage – nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025
Geen toevoegingen.

Cluster Schinkelbos – peilbuis 23, 24 en 26



Figuur 2.18 Freatische grondwaterstand meetreeks peilbuis 23, 24 en 26

Er is een toename van de grondwaterstand zichtbaar van peilbuis 26 naar peilbuis 24. Dit is te verklaren door het verschil in peil rondom en in het Schinkelbos. Ten zuidwesten van het Schinkelbos, nabij peilbuis 24, is het peil NAP -4,72/-4,87 m, in het Schinkelbos, waar peilbuis 23 middenin ligt, is het peil NAP -4,82/-5 m en ten noordwesten, nabij peilbuis 26, is het peil NAP -4,12/-5,22 m. Waarschijnlijk is daardoor het peil verhang en daarmee het grondwater verhang in de richting van peilbuis van PB24 naar PB26, dit zal ook de richting van de grondwaterstroming zijn. Peilbuis 26 zakt aanzienlijk verder uit onder het oppervlaktewaterpeil dan peilbuis 23 en 24. Dit is mogelijk te verklaren doordat het waterpeil daar stijgt door de hoeveelheid neerslag, aangezien de gegeven peilflexibiliteit in dat peil vak van NAP -5,22 m tot NAP -4,12 m gaat. Het grondwater in peilbuis 24 vult zich aan volgens hetzelfde patroon als peilbuis 23 na de droge periode. Het grondwater bij peilbuis 24 komt echter helemaal tot aan maaiveld, NAP -4,17 m, en blijft daar gedurende de gehele natte winterperiode staan. De verwachting is dat het dan oppervlakkig afstroomt en daarom niet verder stijgt. Het wordt geadviseerd de volgende keer in de natte winterperiode hier specifiek te gaan controleren op natte plekken. Het grondwater bij peilbuis 23 blijft net onder maaiveld en gaat daar reageren op neerslag. Waarschijnlijk is dan pas genoeg drukverschil tussen oppervlaktewaterpeil en grondwater bereikt om voldoende horizontale stroming te creëren, zodat het grondwater ook weer uitzakt doordat het wordt afgevoerd richting watergang.

Toevoeging 3e rapportage – nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025

De dataloggers in peilbuizen 24 en 26 hebben in de meetperiode vanaf 1 april geen nieuwe gegevens meer verzameld. Hierdoor kunnen deze niet worden geanalyseerd. De meetreeks van peilbuis 23 laat net als de rest van het bos een daling zien in de droge periode. De daling stagneert bij de eerste neerslag na de droge periode van eind mei tot begin juni, maar droogt vervolgens extreem verder uit in de komende drogere periode. Mogelijk droogt de grond zover uit dat de kortstondige neerslag die vervolgens valt slecht infiltreert waardoor deze niet genoeg is om de veldcapaciteit van de bodem te bereiken. Pas als de veldcapaciteit bereikt is zal er water gaan infiltreren naar het grondwater. Het grondwater zakt hier tot aan NAP -6,6 m en lijkt nog in een dalende trend door te gaan. Het waterpeil vlakbij peilbuis 23 zou minimaal NAP -5 m moeten bedragen volgens de gegevens van Rijnland in de legger. Dit betekent dat het grondwater meer dan anderhalve meter uitzakt onder het oppervlaktewater. Aangeraden wordt om in droge periode in het veld te controleren of het flexibele peil in het Schinkelbos in realiteit niet verder uitzakt dan de gegeven minimale waarde van NAP -5 m.

2.5.1.2 Onttrekking Rijnland van 7 tot 11 februari

Van 7 tot en met 11 februari is door een fout van Rijnland bij het gemaal voor een langere periode water onttrokken uit het Bos. Het gevolg was een verlaging van de waterstand van 25-30 cm. De onttrekking is op 11 februari gestaakt en vanaf dat moment is gestart met het inlaten van water vanuit de Nieuwe Meer in de Bosbaan en van de Bosbaan in het Amsterdamse Bos. De verwachting is dat het circa 3 weken heeft geduurd voordat het bos weer op het oude peil zat.

Te verwachten is dat de grondwaterstanden dalen in deze periode doordat het grondwater in verbinding staat met het oppervlaktewater. Deze trend is echter niet waargenomen in de meetreeksen van de peilbuizen. Hieruit valt op te maken dat de horizontale stroming richting oppervlaktewater langzaam plaatsvindt, waarschijnlijk door de kleiige ondergrond en het water vasthoudende vermogen van de bomen.

2.5.1.3 Conclusie grondwateranalyse en reactie op neerslag

Het grondwatersysteem in het Amsterdamse Bos reageert niet overal hetzelfde en is zeer situatie en locatie afhankelijk. Factoren als het hellingspercentage, bodemsamenstelling, afstand tot een watergang en verschillende oppervlaktewaterpeilen spelen hier allen een belangrijke rol in.

De meest voorkomende trend onder een groot gedeelte van de peilbuizen is dat in de kleiige ondergrond de grondwaterstand in de droge periode uitzakt onder het oppervlaktewaterpeil. Waarschijnlijk gebeurt dit door beperkte horizontale stroming tussen grondwater en oppervlaktewater en het onttrekken van water door de grote hoeveelheid bomen. Wanneer de natte periode begint en er meer neerslag begint te vallen vult de grondwaterstand zicht aan tot circa oppervlaktewaterpeil. Rondom oppervlaktewaterpeil blijft het grondwater een periode hangen om bij een extremere nattere periode door te stijgen tot boven oppervlaktewaterniveau. Daarna lijkt het verschil in freatische grondwaterstand, na neerslagevenementen, tussen grondwater en oppervlaktewater voldoende om het grondwater weer af te voeren richting de watergangen. Hierdoor is er over het algemeen in de natte winter periode een neerslag reactief patroon zichtbaar in de freatische grondwaterstand meetreeksen. Op veel locaties komt de bovenkant van de grafiek van de freatische grondwaterstand (GHG) bijna tot aan maaiveld waardoor er mogelijk in extreme natte perioden grondwater op maaiveld kan komen te staan. Met name tussen de Bosbaan en de heuvel, de Oeverlanden en het Schinkelbos is de ontwatering minimaal in natte perioden.

Toevoeging 3e rapportage – nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025

De meetreeksen volgen in de nieuwe meetperiode nagenoeg allemaal een soortgelijk patroon. Wanneer het vanaf half februari droog wordt stabiliseert de freatische grondwaterstand voordat deze sterk uitzakt als de droge periode langer aanhoudt in de tot aan eind mei. Vervolgens wanneer de kleigrond uitgedroogd is de reactie op neerslag ook minimaal en lijkt er slechts geleidelijke aanvulling plaats te vinden, die ervoor zorgt dat de daling stopt. De droge kleigrond heeft, zo lijkt het, een flinke natte periode nodig wil deze weer aanvullen tot aan de winter (verzadigde) grondwaterstand. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de bomen in de droge periode een dusdanige hoeveelheid water verlangen dat zij het gros van het water opnemen en verdampen wat de aanvulling van het grondwater nivelleert. In de winter hebben de bomen deze waterbehoefte niet waardoor er minder verdamping plaatsvindt en wel veel aanvulling en afvoer van het grondwater plaatsvindt.

2.5.2 Kwel en Inzijging

In het Amsterdamse Bos zijn 27 peilbuizen geïnstalleerd om de waterkwaliteit te monitoren. De continue metingen van elektrische geleidbaarheid (EC) in vijf peilbuizen en de vierjaarlijkse (Tabel 2) meetronde voor nutriënten in alle 27 peilbuizen geven inzicht in de verzilting en algemene waterkwaliteit. Uit de verschillende meetrondes blijkt dat de EC-waarden variëren van brak (400 µS/cm < EC < 2.800 µS/cm) tot plaatselijk zout (EC > 2.800 µS/cm) grondwater (zie Figuur 0.7 en Figuur 0.8 , Bijlage 6 - EC en Chloride). Omdat er sprake is van brak tot zout grondwater, worden de resultaten geïnterpreteerd op basis van de criteria voor brak grondwater.

De elektrische geleidbaarheid en chlorideconcentraties in het grondwater van het Amsterdamse Bos zijn cruciale indicatoren voor de waterkwaliteit en mogelijke verzilting. EC meet de capaciteit van water om elektrische stroom te geleiden, wat direct gerelateerd is aan de concentratie van opgeloste ionen, waaronder chloride. Verhoogde EC-waarden kunnen wijzen op een hogere concentratie van deze ionen, wat vaak gepaard gaat met verzilting, vooral in gebieden dicht bij kustlijnen of waar het diepere zoute grondwater omhoog komt als kwel.

Tabel 2. Bemonstering peilbuizen Stantec

Bemonsteringsperiode	**Datum**
Meetronde 1	25 juni 2024
Meetronde 2	10 september 2024
Meetronde 3	3 december 2024
Meetronde 4	25 maart 2025

2.5.2.1 Chloride en Ammonium

Chlorideconcentraties vertonen geen vastgestelde drempelwaarde in brak grondwater. Het criterium van zoet grondwater (160 mg/l) wordt gedurende het jaar wél overschreden in peilbuizen 7, 10, 17, 20, 21 en 22. Bij 21 en 22 daalt deze concentratie tot onder de drempelwaarde in de laatste meetronde (zie Bijlage 6 -).

Deze overschrijdingen zijn een indicatie van brakke kwel, wat kan leiden tot negatieve ecologische effecten, zoals verminderde biodiversiteit en veranderingen in de vegetatiesamenstelling. Het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG) geeft aan dat de afgelopen jaren stijgende trends te zien zijn in de chlorideconcentraties in het ondiepe grondwater van veengebieden, wat wijst op een mogelijke verzilting. In andere gebieden zijn geen duidelijke trends zichtbaar omtrent de chlorideconcentratie. De peilbuizen die verhoogde chloride concentraties hebben liggen allemaal aan de rand van de polder bij het Boezemwater, locaties die vatbaar zijn voor kwel.

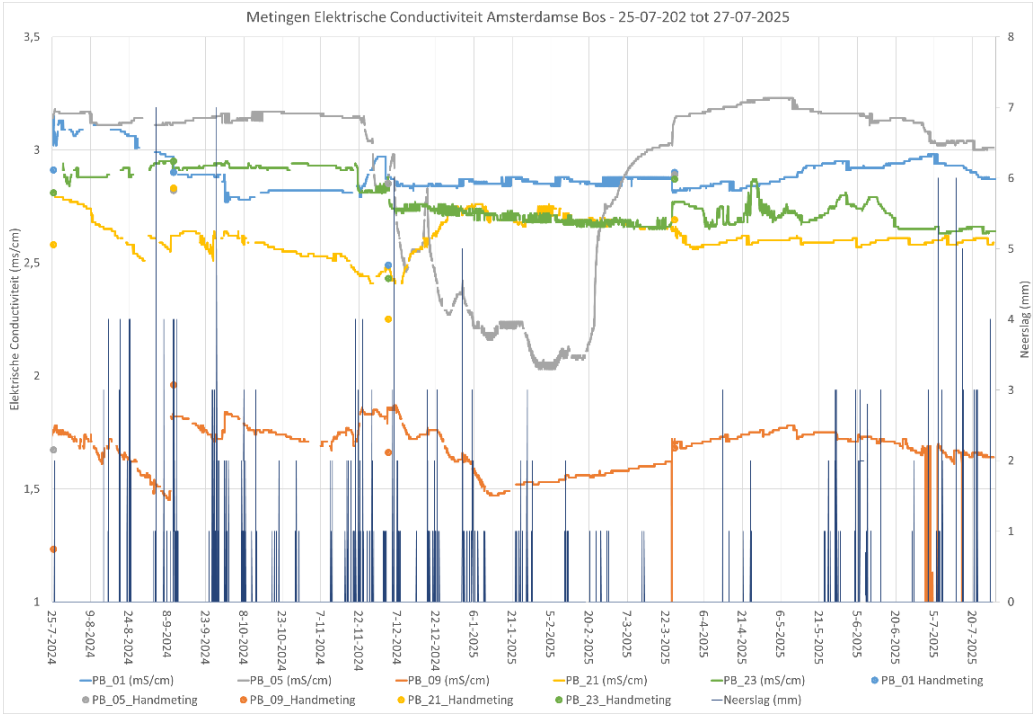
In alle peilbuizen die aanvullend op nutriënten zijn geanalyseerd wordt in alle meetronden de drempelwaarde voor ammonium (0,2 mg/l) overschreden. Alleen in peilbuis 9 zijn tijdens meetronde 3 en meetronde 4 geen verhoogde concentraties gemeten. Ammonium kan zowel van nature in het grondwater aanwezig zijn als door antropogene bronnen zoals meststoffen of afvalwater. Het komt vooral vrij bij de afbraak van organisch materiaal onder anaerobe omstandigheden. De concentratie van ammonium kan lokaal sterk variëren, afhankelijk van de aanwezigheid van organisch materiaal en stikstofbelasting. Gebieden met klei- en veenbodems, zoals het Amsterdamse Bos, bevatten vaak hogere natuurlijke concentraties van ammonium. Hoge concentraties ammonium kunnen schadelijk zijn voor de aquatische ecologie van het oppervlaktewater, vooral bij kwel, maar verdwijnen vaak snel door oxidatie. Verzuring van de bodem kan de nitrificatie remmen, waardoor ammonium de dominante vorm van stikstof wordt.

2.5.2.2 Reactie op neerslag en seizoenale variaties

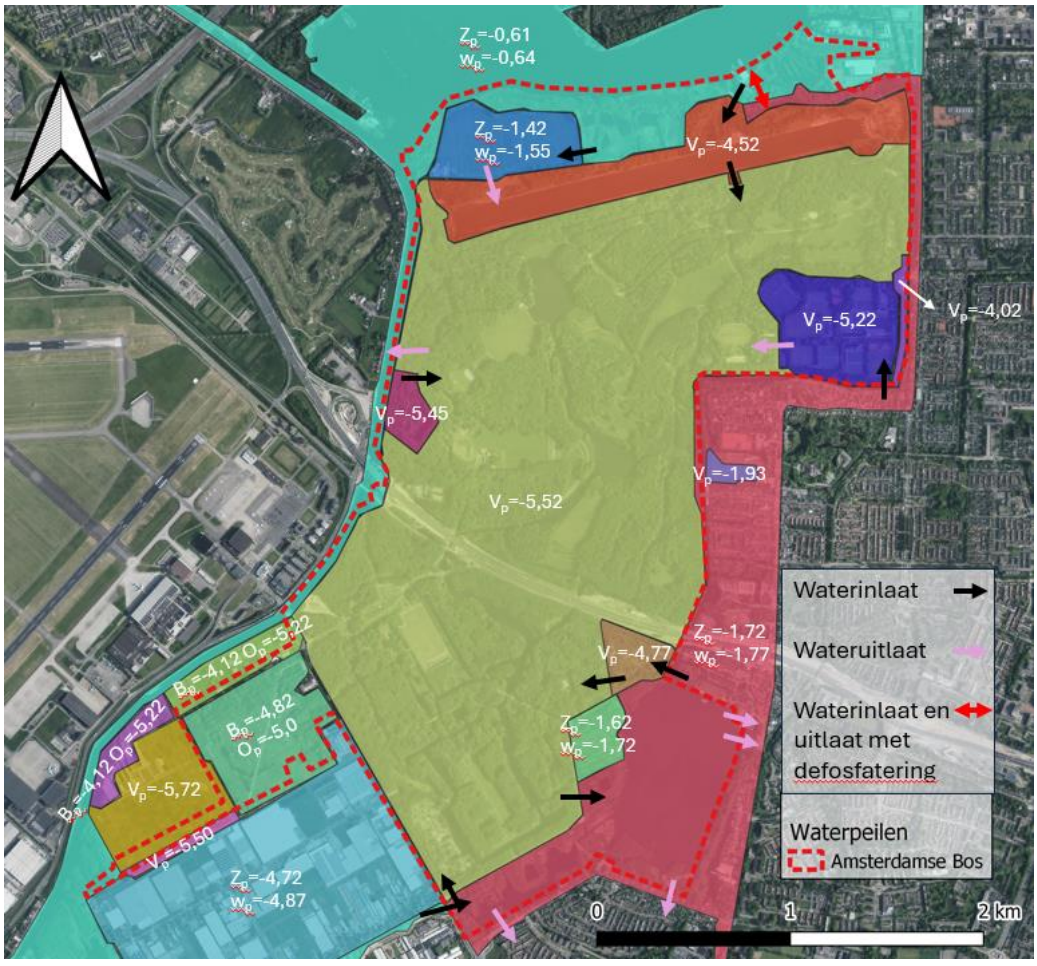
Hoewel de verwachting is dat EC afneemt bij meer neerslag en toeneemt bij droogte, zien we dit niet direct terug in de meetgegevens (Figuur 2.19, Figuur 0.7, Figuur 0.8). PB05, PB09 en PB 23 zijn de enige die een reactie lijken te laten zien op neerslag, waarbij PB05 duidelijk reageert te zien aan de afname van de EC als de grondwaterstand een bepaalde drempelwaarde overschrijdt en vice versa. Bij PB09 en PB23 is deze reactie minder aanwezig. PB01 en PB21 laten geen reactie zien. Een mogelijk reden hiervoor is dat niet chloride de drijvende factor is achter de EC waarden maar andere stoffen die uitlogenen uit de bodem of de strooisellaag tijdens neerslag. Op basis van de nutriëntenanalyses lijkt Ammonium de grootste bijdrager te zijn aan de EC waarde. Een kanttekening bij de logger data is dat deze niet geheel te vertrouwen is (vanwege plaatsingsproblematiek) en dat de meetperiode te kort is om seizoenaliteit goed terug te zien.

Wel zijn er seizoenale variaties waarneembaar in de chloridewaardes die lokaal de drempelwaarde voor zoet grondwater overschrijden en dus brak grondwater aantonen. De peilbuizen waarbij deze waardes worden overschreden (7, 10, 17, 20, 21 en 22, zie Figuur 0.9 en Figuur 0.10, Bijlage 6 - EC en Chloride) liggen allemaal aan de rand van de peilvakken. Op de diepste punten in het bos blijven de chloride gehaltes onder de drempelwaarde. In de zomer, wanneer de neerslag minder is en de verdamping hoger, zijn de EC-waarden en chlorideconcentraties vaak hoger. Dit komt doordat de concentratie van opgeloste stoffen toeneemt als gevolg van verminderde verdunning door neerslag. In de winter, met meer neerslag en lagere verdamping, zijn de EC-waarden en chlorideconcentraties doorgaans lager, wat wijst op een betere verdunning en minder verzilting.

De waterdiepte in de peilbuizen fluctueert ook seizoensgebonden. In de zomer, met minder neerslag en hogere verdamping, daalt de waterstand vaak. In de winter, met meer neerslag, stijgt de waterstand. In theorie geldt dat als de stijghoogte in het 1^{e} watervoerend pakket hoger is dan de freatische grondwaterstand, er kwel optreedt. Door de lagere freatische grondwaterstand in de zomer is er minder neerwaartse druk vanuit het freatische grondwater, waardoor de kwel theoretisch zou moeten toenemen. Daarnaast speelt de peilopzet vanuit het Hoogheemraadschap Rijnland een rol in deze fluctuaties. Het bos kent een aantal peilvakken met een vast peil en een aantal met zomer- en winterpeilen. Daar waar de opzet seizoensgebonden is zullen grondwaterstanden ook fluctueren.



Figuur 2.19 EC metingen in ms/cm en de neerslag in mm van de vijf peilbuizen met EC-meters



Figuur 2.20 Peilvakken met het waterpeil in mNAP (vast of seizoensgebonden) en de locatie van de waterinlaten en wateruitlaten.

Toevoeging 3e rapportage – nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025

Nog altijd is op basis van Figuur 2.19 de te verwachten seizoenale fluctuatie van kwel t.o.v. van neerslag alleen echt goed zichtbaar in peilbuis 5. De droge periode in de nieuwe meetperiode zou naar verwachting de kwel doen toenemen en dus een hogere hoeveelheid EC tot gevolg hebben. Peilbuis 5 lijkt wel een winter-zomer profiel weer te geven. Verder lijken peilbuis 1 en 9 ook ietwat toe te nemen in de droge periode maar dit is niet significant.

Toevoeging 3e rapportage – Tussenrapport Watersysteemanalyse Amsterdamse Bos [26]

In het Tussenrapport Watersysteemanalyse Amsterdamse Bos [26] staat de volgende paragraaf, hieronder in het blauw, over kwel en inzijging in het Amsterdamse Bos:

"De stijghoogte in het eerste watervoerend pakket fluctueert jaarlijks circa 0,2 m. Ruimtelijk varieert de stijghoogte over het gebied. Het grootste verhang is van zuidwestelijke richting naar noordoostelijke richting. Ter hoogte van het Schinkelbos is de stijghoogte circa NAP -4,5 m, ter hoogte van de A9 circa NAP -4,4 tot -4,0 m en ter hoogte van de Bosbaan circa NAP -3,3 tot NAP -3,0 m.

In bijna de gehele polder treedt jaarrond kwel op uit het eerste watervoerend pakket. Op enkele locaties is de invloed van dijkse kwel op de freatische grondwaterstand groter. Deze locaties liggen langs de Ringvaart, tussen de Nieuwe Meer en de Bosbaan en in een beperkte zone langs de landscheidingsvaart, de kleine Poel en de Rietlanden. Bij de Heuvel lijkt jaarrond inzijging plaats te vinden op basis van de grondwatermetingen (bijlage 2.1). Het is echter de vraag of het gemeten grondwater geen hangwater betreft.

In diverse onderzoeken zijn kwel en inzijgingskaarten opgesteld [2, 3, 6]. Ten opzichte van de kaart uit 2001 [2] is de stijghoogte gemiddeld met circa 0,2 tot 0,5 m toegenomen. Vanuit de kaarten is op te maken dat inzijging plaatsvindt bij de Poel, Meerlanden en Rietlanden. Op de overige locaties van het bos treedt kwel op, tussen ongeveer 0,25 tot 1,00 mm/d. In werkelijkheid is de kwel sterk afhankelijk van de freatische hoogte, waardoor in de zomer sterke kwel (tot 1,0 mm/d) en in de winter lichte kwel tot inzijging plaatsvindt.

Conclusies kwel in Tussenrapport Watersysteemanalyse Amsterdamse Bos [26]

- *Chloride in de polder is jaarrond lager dan in de boezem én het diepe grondwater. Door kwel, inlaat en verdamping treedt verzilting in het bos op. Chloride in de Poel en Polder zijn nagenoeg gelijk. De afgelopen vijf jaar was dit hoger in het Bos, daarvoor in de Poel. Het chloridegehalte kan jaarrond geclassificeerd worden als zoet water.*
- *De kwelflux varieert sterk, afhankelijk van de locatie in het bos en de periode van het jaar. Op basis van freatische grondwaterstand- en stijghoogtemetingen in het eerste watervoerend pakket wordt ingeschat dat de kwelflux tussen 0,25 en 1,0 mm/d ligt. In de winter treedt op sommige locaties zelfs inzijging op. Een indicatieve inschatting van de maximale kwelflux op jaarbasis wordt geschat op 0,8 á 1,0*10^6 m3 per jaar.*
- *In totaal wordt circa 3*10^6 (droog jaar) tot 6,8*10^6 m3 (zeer nat jaar) per jaar uitgemalen uit de polder.*
- *De verblijftijd van oppervlaktewater in de polder is bij complete mixing circa 26 – 52 dagen.*
- *Kijkend naar de verhouding van inlaat en kwel wordt verwacht dat het aandeel van de inlaat (0,93 – 1,3*10^6 m3 per jaar) groter is dan het totaal aan directe, via bodem van watergangen, en indirecte, via de landbodem, kwel (0,8 á 1,0 *10^6 m3 per jaar). Met name in de winter zal het aandeel van inlaat groter zijn dan kwel. Het aandeel van directe en indirecte kwel in de zomer zal vermoedelijk iets hoger zijn dan de inlaat.*

- *Het aandeel van de kwel naar de bodem op de chloride en fosfaat concentratie van uitspoelend grondwater is een onbekende invloed. Uit hoogfrequente metingen van geleidbaarheid in peilbuizen lijkt de concentratie relatief stabiel, waarbij geen duidelijk effect waarneembaar is van neerslag.*
- *De chlorideconcentraties in de freatische peilbuizen variëren van 2,1 tot 420 mg/l. De helft van de peilbuizen meet chlorideconcentraties onder de 50 mg/l (14). Enkele peilbuizen meten chloride concentraties tussen 50 en 100 mg/l (6). Een aantal peilbuizen meet chlorideconcentraties tussen 100 en 420 mg/l (7). Laatstgenoemde peilbuizen staan allen aan de randen van het peilgebied. Vermoedelijke bronnen van de verhoogde concentratie zijn kwel en lokale inzijging vanuit de boezem. Bij twee peilbuizen nabij de Bosbaan zijn uitschieters van extreem hoge chloride gehaltes (400 mg/l) gemeten. De chloridebron bij deze locaties is onbekend."*

De Watersysteemanalyse Amsterdamse Bos [26] heeft haar conclusies mede gebaseerd op de door ons aangeleverde en in dit rapport gepresenteerde data. Ook in deze analyse is het effect van neerslag op de kwel niet direct waargenomen. Over de hoeveelheid kwel over de breedte van het Bos en over langere periode heeft het tussenrapport wel meer informatie te bieden. Aangeraden wordt om het aanstaande definitieve rapport goed te raadplegen. In overleg met de onderzoekers verantwoordelijk voor de Watersysteemanalyse Amsterdamse Bos raden wij aan om in de bestaande diepe peilbuizen van Waternet met een filter in het eerste en tweede watervoerende pakket de waterstand, periodiek EC en Chloride te meten om deze te vergelijken met die in het freatische pakket. Zo kan de kwelrelatie beter in beeld worden gebracht.

2.5.2.3 Conclusie kwel en inzijging

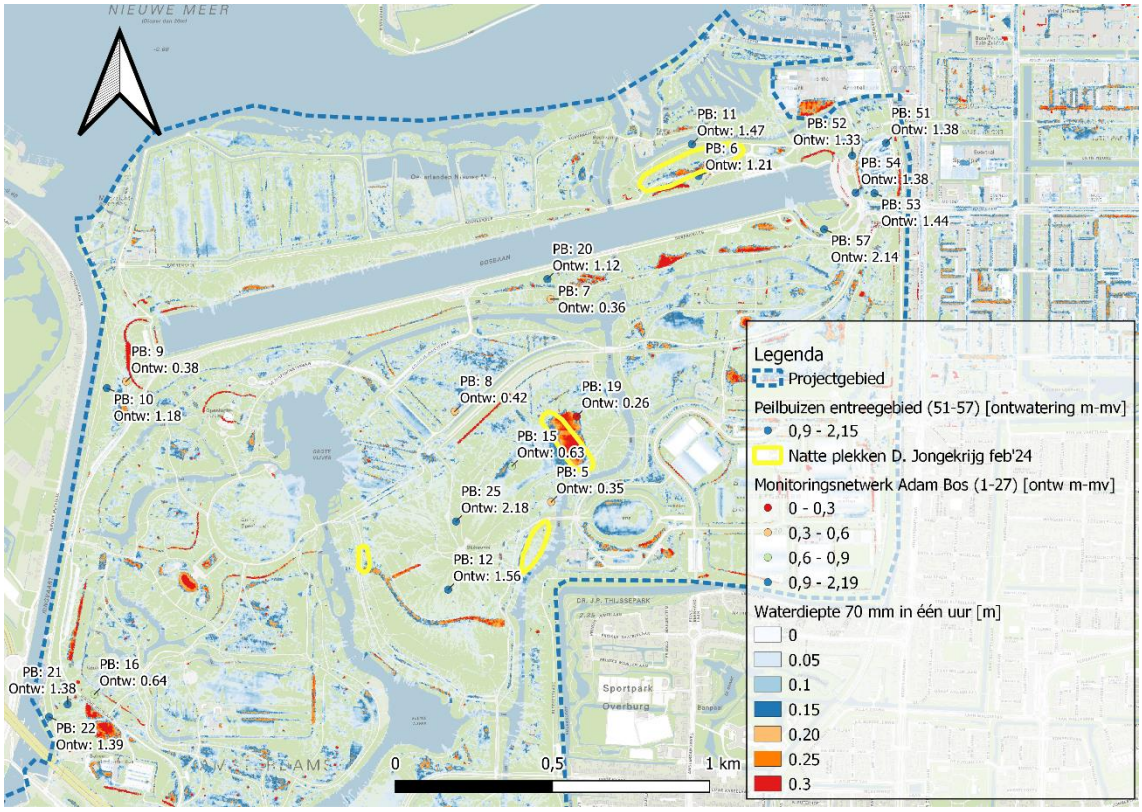
De relatie tussen chloride, EC, waterstanden en neerslag in het Amsterdamse Bos is complex en wordt beïnvloed door verschillende factoren, waaronder seizoensgebonden variaties, lokale bodemomstandigheden en waterpeilbeheer. De seizoensgebonden schommelingen in EC-waarden en chlorideconcentraties benadrukken de dynamische aard van de waterkwaliteit in het gebied en de noodzaak van continue monitoring. Vooralsnog is maar beperkt de invloed van kwel gemeten, wel vallen de peilbuizen die dit laten zien, binnen het peil vak waarin bij eerdere onderzoeken ook kwel is vastgesteld.

Door de relatie tussen neerslag en de concentraties van deze stoffen te begrijpen, kunnen beheerders effectievere strategieën ontwikkelen om de waterkwaliteit te waarborgen en de ecologische gezondheid van het Amsterdamse Bos te behouden. Op basis van de tot dusverre verzamelde gegevens is deze relatie nog niet volledig te duiden. Aangeraden wordt daarom om in de bestaande diepe peilbuizen van Waternet met een filter in het eerste en tweede watervoerende pakket de waterstand, periodiek EC en Chloride te meten om deze te vergelijken met die in het freatische pakket. Zo kan de kwelrelatie beter in beeld worden gebracht.

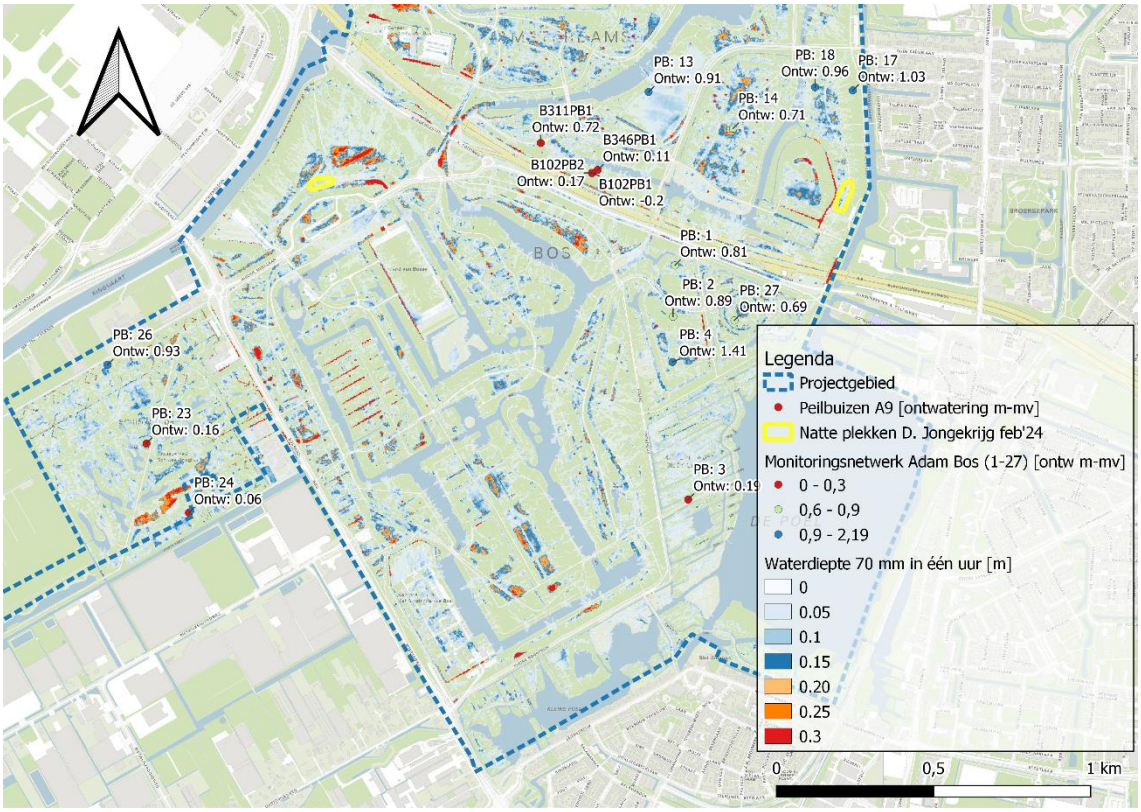
<u>Toevoeging 3e rapportage – Tussenrapport Watersysteemanalyse Amsterdamse Bos [26]</u>
Het Tussenrapport Watersysteemanalyse Amsterdamse bos laat zien dat er in bijna de gehele polder jaarrond kwel optreedt uit het eerste watervoerend pakket. Op enkele locaties is de invloed van dijkse kwel op de freatische grondwaterstand groter. Deze locaties liggen langs de Ringvaart, tussen de Nieuwe Meer en de Bosbaan en in een beperkte zone langs de landscheidingsvaart, de kleine Poel en de Rietlanden. Bij de Heuvel lijkt jaarrond inzijging plaats te vinden op basis van de grondwatermetingen (bijlage 2.1). Vanuit de kwel/inzijging kaarten uit eerdere onderzoeken is op te maken dat inzijging plaatsvindt bij de Poel, Meerlanden en Rietlanden. Op de overige locaties van het bos treedt kwel op, tussen ongeveer 0,25 tot 1,00 mm/d. In werkelijkheid is de kwel sterk afhankelijk van de freatische hoogte, waardoor in de zomer sterke kwel (tot 1,0 mm/d) en in de winter lichte kwel tot inzijging plaatsvindt.

2.5.3 Natte plekken

Het Amsterdamse bos heeft op een aantal locaties last van lokaal wateroverlast op maaiveld, de zogeheten natte plekken. Met de data uit de hemelwatermodellering van Waternet die nu beschikbaar is, kan worden geanalyseerd wat mogelijk de oorzaak is van de verschillende locaties. In Figuur 2.21 en Figuur 2.22 staan de resultaten van de hemelwatermodellering, de ontwatering van de peilbuizen en de bekende natte plekken weergegeven.



Figuur 2.21 Waterdiepte bij bui 70 mm in één uur [m], peilbuizen met ontwatering [m-mv] en bekende natte plekken, Noord

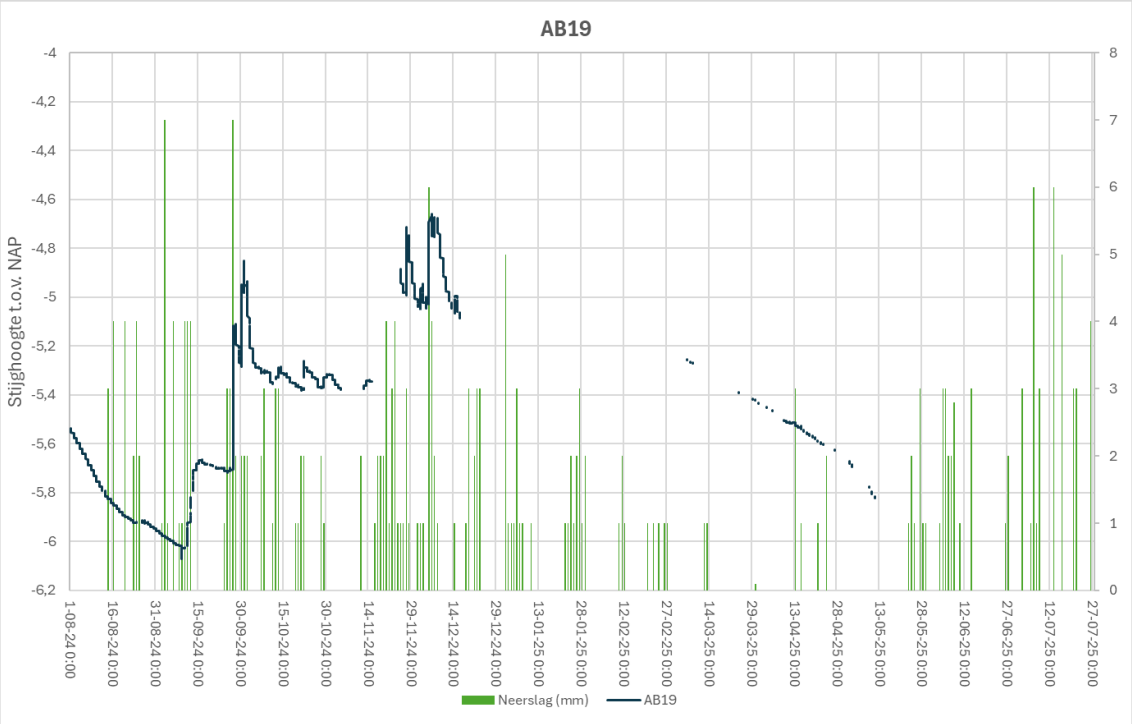


Figuur 2.22 Waterdiepte bij bui 70 mm in één uur [m], peilbuizen met ontwatering [m-mv] en bekende natte plekken, Zuid

Belangrijk is dat de hemelwatermodellering van de 70 mm bui enkel rekening houdt met het riool en de maaiveldplooiing tijdens een extreme bui. De hemelwatermodellering neemt de variërende bodemopbouw in het bos niet mee. Dit betekent dat in de waterdiepte kaart de overlastlocaties oplichten, waar verlagingen zitten in het maaiveld. Hier stroomt het water oppervlakkig van verschillende locaties naartoe en kan het door een verlaging in het maaiveld blijven staan. Dit lijkt de oorzaak te zijn van de natte plek bij peilbuis 19. Het water vanaf de heuvel vindt zijn weg naar het laagste punt rondom peilbuis 19. Daarnaast is er ook een zeer kleine ontwatering van 23 cm waardoor de grond daar nagenoeg verzadigd is tot aan maaiveld. Na een periode van neerslag zal het water daarom slechts langzaam infiltreren en kan er voor langere periode water blijven staan. Het is zelfs mogelijk dat het grondwater dan tot op maaiveld komt te staan. Zo is in de gebrekkige freatische grondwaterstand meetreeks van peilbuis 19, Figuur 2.23, te zien dat in de natte periode het grondwater tot aan maaiveld (NAP -4,65 m) stond.

<u>Toevoeging 3e rapportage – nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025</u>

De meetreeks is extreem gebrekkig. De data lijkt in de droge periode een daling van de grondwaterstand weer te geven. Hierdoor lijkt het zo dat er in de zomer wel voldoende infiltratieruimte beschikbaar is in de ondergrond rondom peilbuis 19. Dit zou ervoor moeten zorgen dat de natte plekken na neerslag zich enkel moeten voordoen in de winter en niet in de zomer. Gekeken naar enkel de freatische grondwaterstand zou, wanneer er in de zomer plassen ontstaan op het grasveld, dit dus niet veroorzaakt worden door een te hoge grondwaterstand maar een gevolg moeten zijn van een verdichte bodem. Aangeraden wordt dit te monitoren.

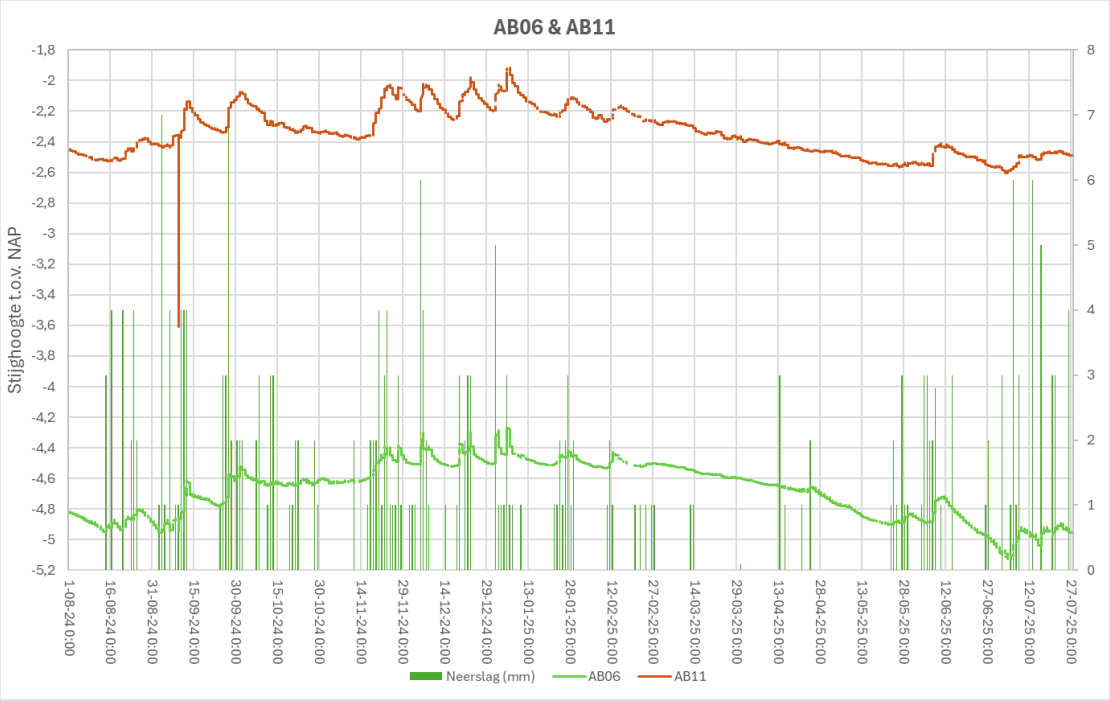


Figuur 2.23 Freatische grondwaterstand grafiek t.o.v. NAP voor peilbuis 19

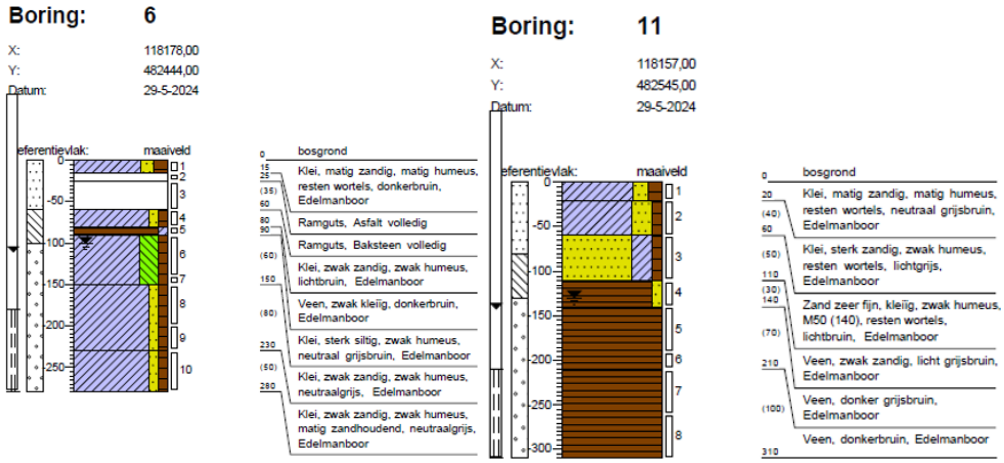
De natte plek ten zuiden van peilbuis 5 is waarschijnlijk op een vergelijkbare manier te verklaren als de natte plek bij peilbuis 19. Kijkend naar de grafiek van de freatische grondwaterstand van de nabijgelegen peilbuis 5, staat het grondwater waarschijnlijk extreem hoog met een kleine ontwatering tot gevolg. Daarnaast ontvangt de natte plek ook veel afstromend hemelwater vanaf de heuvel. Mogelijk is dat er bij een extreme bui van 70 mm genoeg afstroming wordt gecreëerd dat het water doorstroomt richting de nabijgelegen watergang, maar dat er bij langdurige neerslag hiervoor te weinig stroming wordt gecreëerd. Hierdoor kan er door de kleine ontwatering en daarmee kleine infiltratiecapaciteit mogelijk water op maaiveld blijven staan in lokale verlagingen. In extreem natte perioden is het hierdoor ook mogelijk dat het grondwater tijdelijk tot aan het maaiveld komt.

Ook de natte plek rondom peilbuizen 6 en 11 lijkt te verklaren door oppervlakkige afstroming richting lokale verlagingen in het maaiveld. Hier is de ontwatering volgens de meetreeksen in de peilbuizen wel voldoende dus zou er genoeg ruimte voor water moeten zijn om te infiltreren. De kleiige bodem kan ervoor zorgen dat dit niet snel genoeg plaatsvindt waardoor er water tijdelijk blijft staan op het maaiveld. Te zien in Figuur 2.24 is dat peilbuizen 6 en 11 wel reageren op neerslag. Het hemelwater lijkt dus wel te kunnen infiltreren op die locatie. De mate van reactie lijkt alleen enigszins beperkt tot een maximum. Wanneer gekeken wordt naar de boorstaten van peilbuizen 6 en 11, weergegeven in Figuur 2.25, is te zien dat het filter van beide peilbuizen in, AB11, dan wel onder, AB06, een veenlaag ligt. Een veenlaag is slecht waterdoorlatend. Hierdoor is het mogelijk dat we in beide peilbuizen de waterstand in, dan wel in de laag onder het veen meten in plaats van de grondwaterstand in de grondlaag direct onder maaiveld (de freatische grondwaterstand). Hierdoor is het mogelijk dat de freatische grondwaterstand veel dichter op het maaiveld staat en dus de ontwatering juist gering is. De reactie van de grondwaterstand die te zien is in de meetreeks is dus mogelijk zo minimaal omdat de veenlaag slechts een klein gedeelte van het water doorlaat (AB06) dan wel opneemt (AB11). Over de freatische grondwaterstand is weinig informatie en maakt het mogelijk dat ook hier de oppervlakkige toestroming door maaiveldplooiing groter is dan de

infiltratiesnelheid waardoor er een natte plek ontstaat. Mogelijk zelfs door grondwater tot aan maaiveld maar dit alles is niet met zekerheid te zeggen aangezien de filters van de peilbuizen niet in het bovenste pakket zitten.



Figuur 2.24 Freatische grondwaterstand grafiek t.o.v. NAP voor peilbuis 6 en 11



Figuur 2.25 Boorstaten peilbuizen 6 en 11

<u>Toevoeging 3e rapportage – nieuwe meetgegevens van 01-04-2025 tot 27-07-2025</u>

De nieuwe meetdata bevestigd de hierboven beschreven theorie van een aanwezige slecht waterdoorlatende veenlaag. Te zien is dat in de droge periode de peilbuizen ook significant minder uitzakken dan andere peilbuizen in het bos. Hierdoor lijkt het er dus inderdaad op dat we in beide peilbuizen de waterstand in het veen, dan wel in de laag onder het veen meten in plaats van de grondwaterstand in de grondlaag direct onder maaiveld (de freatische grondwaterstand). Er is wel uitwisseling met de freatische laag daarboven maar deze is gering door de slecht doorlatende veenlaag.

De rest van de bekende natte plekken liggen niet op plekken waar je na een extreme bui wateroverlast zou verwachten op basis van de maaiveldplooiing. Dit kan een duiding zijn op dat de bodem op die locaties extreem slecht doorlatend is. Het kan zijn dat de bodem hier volledig verdicht is. Op deze locaties staan geen peilbuizen waardoor niet kan worden geconstateerd of mogelijk hier ook het grondwater nagenoeg tot aan maaiveld staat en dit in tijden van langdurige neerslag tot op maaiveld komt.

3 Conclusie (o.b.v. data tot 27 juli 2025)

Door de korte meetperiode en gebrekkige data zijn inhoudelijke conclusies dun en moeilijk te trekken. Door het verlengen van de monitoring en het verbeteren van de datakwaliteit zal de kwaliteit van de analyse ook toenemen. Hieronder de algemene conclusies en adviezen per paragraaf

Freatische grondwaterstand analyse en reactie op neerslag
Het grondwatersysteem in het Amsterdamse Bos reageert niet overal hetzelfde en is zeer situatie en locatie afhankelijk. Factoren als het hellingspercentage, bodemsamenstelling, afstand tot een watergang en verschillende oppervlaktewaterpeilen spelen hier allen een belangrijke rol in.

De meest voorkomende trend onder een groot gedeelte van de peilbuizen is dat in de kleiige ondergrond de grondwaterstand in de droge periode uitzakt onder het oppervlaktewaterpeil. Waarschijnlijk gebeurt dit door beperkte horizontale stroming tussen grondwater en oppervlaktewater en het onttrekken van water door de grote hoeveelheid bomen. Wanneer de natte periode begint en er meer neerslag begint te vallen vult de grondwaterstand zicht aan tot circa oppervlaktewaterpeil. Rondom oppervlaktewaterpeil blijft het grondwater een periode hangen om bij een extremere nattere periode door te stijgen tot boven oppervlaktewaterniveau. Daarna lijkt het verschil in freatische grondwaterstand, na neerslagevenementen, tussen grondwater en oppervlaktewater voldoende om het grondwater weer af te voeren richting de watergangen. Hierdoor is er over het algemeen in de natte winterperiode een neerslag reactief patroon zichtbaar in de freatische grondwaterstand meetreeksen. Op veel locaties komt de bovenkant van de grafiek van de freatische grondwaterstand (GHG) bijna tot aan maaiveld waardoor er mogelijk in extreme natte perioden grondwater op maaiveld kan komen te staan. Met name tussen de Bosbaan en de heuvel, de Oeverlanden en het Schinkelbos is de ontwatering minimaal in natte perioden.

De meetreeksen volgen in de nieuwe meetperiode nagenoeg allemaal een soortgelijk patroon. Wanneer het vanaf half februari droog wordt stabiliseert de freatische grondwaterstand voordat deze sterk uitzakt als de droge periode langer aanhoudt in de tot aan eind mei. Vervolgens, wanneer de kleigrond uitdroogt, is de reactie op neerslag ook minimaal en lijkt er slechts geleidelijke aanvulling plaats te vinden, die ervoor zorgt dat de daling stopt. De droge kleigrond heeft een flinke natte periode nodig wil deze weer aanvullen tot aan de winter (verzadigde) grondwaterstand. Een verklaring hiervoor is dat de bomen in de droge periode een dusdanige hoeveelheid water verlangen dat zij het gros van het water opnemen en verdampen wat de aanvulling van het grondwater nivelleert. In de winter hebben de bomen deze waterbehoefte niet waardoor er minder verdamping plaatsvindt en wel veel aanvulling en afvoer van het grondwater plaatsvindt.

Kwel en inzijging
De relatie tussen chloride, EC, waterstanden en neerslag in het Amsterdamse Bos is complex en wordt beïnvloed door verschillende factoren, waaronder seizoensgebonden variaties, lokale bodemomstandigheden en waterpeilbeheer. De seizoensgebonden schommelingen in EC-waarden en chlorideconcentraties benadrukken de dynamische aard van de waterkwaliteit in het gebied en de noodzaak van continue monitoring. Vooralsnog is maar beperkt de invloed van kwel gemeten, wel vallen de peilbuizen die dit laten zien, binnen het peil vak waarin bij eerdere onderzoeken ook kwel is vastgesteld.

Het Tussenrapport Watersysteemanalyse Amsterdamse bos laat zien dat er in bijna de gehele polder jaarrond kwel optreedt uit het eerste watervoerend pakket. Op enkele locaties is de invloed van dijkse kwel op de freatische grondwaterstand groter. Deze locaties liggen langs de Ringvaart, tussen de Nieuwe Meer en de Bosbaan en in een beperkte zone langs de landscheidingsvaart, de kleine Poel en de Rietlanden. Bij de Heuvel lijkt jaarrond inzijging plaats te vinden op basis van de grondwatermetingen (bijlage 2.1). Het is echter de vraag of het gemeten grondwater geen hangwater betreft. Vanuit de kwel/inzijging kaarten uit eerdere onderzoeken is op te maken dat inzijging plaatsvindt bij de Poel, Meerlanden en Rietlanden. Op de overige locaties van het bos treedt kwel op, tussen ongeveer 0,25 tot 1,00 mm/d. In werkelijkheid is de kwel sterk afhankelijk van de freatische hoogte, waardoor in de zomer sterke kwel (tot 1,0 mm/d) en in de winter lichte kwel tot inzijging plaatsvindt.

Door de relatie tussen neerslag en de concentraties van deze stoffen te begrijpen, kunnen beheerders effectievere strategieën ontwikkelen om de waterkwaliteit te waarborgen en de ecologische gezondheid van het Amsterdamse Bos te behouden. Op basis van de tot dusverre verzamelde gegevens is deze relatie nog niet volledig te duiden. Aangeraden wordt daarom om in de bestaande diepe peilbuizen van Waternet met een filter in het eerste en tweede watervoerende pakket de waterstand, periodiek EC en Chloride te meten om deze te vergelijken met die in het freatische pakket. Zo kan de kwelrelatie beter in beeld worden gebracht.

Natte plekken

Een aantal natte plekken lijkt te verklaren door depressies in het maaiveld waar door reliëf het water van hoger gelegen gedeelten zich verzamelt. Daarnaast is een aantal natte plekken in nabijheid van een peilbuis waar de ontwatering beperkt is. Hierdoor is er weinig ruimte in de ondergrond voor infiltratie en waterberging, hierdoor kan water op maaiveld ontstaan. Een slechte infiltratiecapaciteit door een verdichte bodem kan hieraan bijdragen. Op een enkele locatie zijn veenlaagjes aangetroffen in het bodemprofiel die mogelijk een schijngrondwaterstand creëren die niet gemeten wordt door de peilbuizen. Het is mogelijk dat deze veenlaag slecht tot geen water doorlaat en de schijngrondwaterstand tot aan maaiveld komt in natte perioden. Een aantal natte plekken is te ver verwijderd van peilbuizen en is dus geen verklaring voor te vinden op basis van de voorliggende monitoring.

De stroombanen laten zien dat het hemelwater over het algemeen goed richting het oppervlaktewater stroomt. Op de natte plekken naast het oppervlaktewater, met name de natte plekken ten noorden van de Bosbaan en ten westen van de Heuvel is er geen goede oppervlakkige connectie tot het oppervlaktewater waardoor het water op het maaiveld blijft staan.

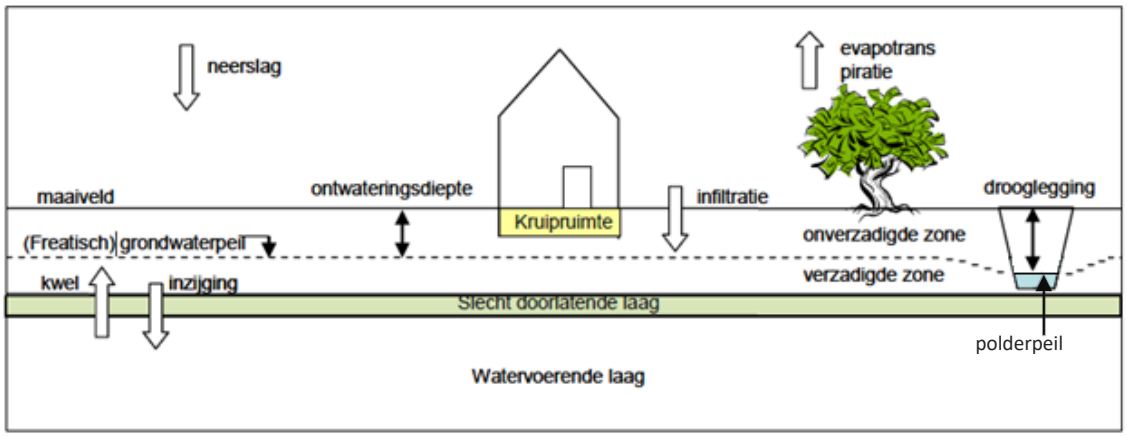
Bronvermeldingen

[1] KNMI-klimaatscenario's, https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/knmi-klimaatscenario-s
[2] Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie, https://www.deltaprogramma.nl/themas/ruimtelijke-adaptatie/deltaplan
[3] Strategie Klimaatadaptatie Amsterdam 2020, Strategie Klimaatadaptatie Amsterdam 2020 Pdf
[4] Bomen – in beheer van Gemeente Amsterdam, https://maps.amsterdam.nl/bomen/
[5] Algemene Hoogtekaart Nederland AHN5, www.ahn.nl
[6] Dinoloket, https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen
[7] Ophogingenkaart Amsterdam, archief Ingenieursbureau Amsterdam
[8] Rioleringskaart Waternet, versie 13-06-2018
[9] Legger Rijnland
[10] Handboek Groen, standaard voor het Amsterdamse straatbeeld, 28-10-2020
[11] OPR Omgevingsprogramma Riolering Amsterdam 2022-2027, vastgesteld 15-02-2022
[12] Grondwatermeetnet Waternet/AGV (https://maps.waternet.nl/kaarten/peilbuizen geraadpleegd op 22-08-2024)
[13] https://www.rivm.nl/publicaties/ontwikkeling-standaard-stresstest-hitte
[14] De Hittebestendige stad 2020, HVA, https://www.hittebestendigestad.nl/publications/hva+kuiper_2020_coolkit.pdf
[15] Hemelwaterverordening Amsterdam, https://www.rainproof.nl/sites/default/files/hemelwaterverordening_gemeenteblad.pdf
[16] Keur Rijnland, 2020
[17] Kennisportaal Klimaatadaptatie, https://klimaatadaptatienederland.nl/
[18] Helpdesk Water van de Rijksoverheid, https://www.helpdeskwater.nl/
[19] Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) 2001 en NBW-actueel 2008
[20] Groenvisie 2020-2050, Gemeente Amsterdam, vastgesteld 21-12-2020
[21] Atlas klimaatadaptatie Amsterdam, https://maps.amsterdam.nl/klimaatadaptatie
[22] Matzarakis, A., Mayer, H. & Iziomon, M.G. (1999). Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. International journal of biometeorology, 43(2), 76-84.
[23] Amsterdamse Bos klimaatbestendig, Bosgroep Midden Nederland & probos, juni 2024
[24] Goderie, R., F. Heinis, K. Vertegaal & K. Nuijten, 2001. Project Integraal Waterbeheer Amsterdamse Bos, Basisrapport. Adviesbureau goderie, Nijmegen.
[25] Plaatsingsrapportage Waterhuishouding Amsterdamse Bos, 202481_Plaatsingsrapportage waterhuishouding Amsterdamse Bos_RAP_WTR_V01, Ingenieursbureau Amsterdam, 29-8-2024
[26] Tussenrapport Watersysteemanalyse Amsterdamse Bos, Tijhuis Ingenieurs & Aveco de Bondt, 8-8-2025

Bijlagen

Bijlage 1 - Verklarende woordenlijst
Bijlage 2 - Beleid en regelgeving
Bijlage 3 - Peilbuizen netwerk Amsterdamse Bos
Bijlage 4 - Plaatsingsgegevens Stantec
Bijlage 5 - Resultaten landmeting
Bijlage 6 - EC en Chloride
Bijlage 7 - Boorstaten

Bijlage 1 - Verklarende woordenlijst



Doorlatendheid	Maat voor het gemak waarmee water door een poreus medium kan stromen.
Drooglegging	Verschil tussen het maaiveld en het polderpeil.
Evapotranspiratie	Totale flux (stroom) water vanuit de bodem, bladerdak, en oppervlaktewater richting de atmosfeer.
Freatisch grondwater	Grondwater waarin de stijghoogte alleen afhangt van de hoogte van de waterkolom. Freatisch water kan aan de onderzijde wel zijn begrensd door een slecht doorlatende bodemlaag (bijvoorbeeld klei), het water staat zelf in relatief goed-doorlatende grond. Het eerste grondwater dat men tegenkomt wanneer men gaat graven, is normaal gesproken freatisch.
Gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG)	Het gemiddelde van de hoogste 5% aan grondwaterstandsmetingen, een indicatie van de grondwaterstand in de winter.
Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG)	Het gemiddelde van de laagste 5% aan grondwaterstandsmetingen, een indicatie van de grondwaterstand in de zomer.
Gemiddelde grondwaterstand	Het gemiddelde van de grondwaterstandsmetingen.
Grondwaterstand	Stijghoogte; hoogte van het water in een peilbuis, of waar het grondwater zou staan als men een put zou graven
Infiltratie	Het proces waarbij water in de bodem dringt en in de onverzadigde zone van de bodem komt.
Inzijging	Grondwater dat infiltreert in diepere bodemlagen.
Isohypse	Lijn op een kaart die punten met gelijke hoogte boven zeeniveau met elkaar verbindt.
Kwel	Grondwater dat onder druk aan de oppervlakte uit de bodem komt.
Maaiveld	Hoogte van het aardoppervlak ten opzichte van een nationaal nul-niveau.
Ontwateringsdiepte	Verschil tussen het maaiveld en de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG). Zowel het maaiveldniveau als de grondwaterstand kunnen binnen een relatief korte afstand toch variëren. De ontwateringsdiepte kan in praktijk daarom ook van locatie tot locatie verschillen.

Onverzadigde zone	Zone die boven het (freatisch) grondwaterpeil ligt, waarin de grondporiën zowel water als lucht bevatten.
Peilbuis	Buis met één geperforeerd deel, die in de bodem wordt geplaatst om de stijghoogte van het grondwater te monitoren.
Polderpeil	Door een waterschap gehandhaafde hoogte van de waterstand in een polder en het water eromheen.
Stijghoogte	Grondwaterstand; hoogte van het water in een peilbuis, of waar het grondwater zou staan als men een put zou graven
Verzadigde zone	Zone die onder het (freatisch) grondwaterpeil ligt, waarin alle grondporiën met water gevuld zijn.

Bijlage 2 - Beleid en regelgeving

Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie

In het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie [2] is afgesproken dat heel Nederland in 2050 water robuust en klimaatbestendig is ingericht. Het Deltaplan gebruikt hiervoor 7 ambities waarvan 'kwetsbaarheden in beeld brengen' er één is. Om die kwetsbaarheden in beeld te krijgen dienden alle overheden uiterlijk in 2019 een stresstest te hebben uitgevoerd voor de vier klimaatthema's: wateroverlast, hitte, droogte en overstroming.

Strategie Klimaatadaptatie Amsterdam

Het is onze ambitie dat Amsterdam in 2050 zo goed mogelijk voorbereid is op het veranderende klimaat. Klimaatadaptatie is essentieel om te zorgen dat Amsterdam in fysiek, sociaal en economisch opzicht waardevol blijft. Het is een kans om samen met alle Amsterdammers een belangrijke bijdrage aan een veilige, groene, leefbare en aantrekkelijke stad te leveren.

Uitvoeringsagenda Klimaatadaptatie Amsterdam

Hitte
Amsterdam wil bij extreme hitte de effecten voor mens, dier, milieu, economie en infrastructuur zoveel mogelijk beperken. Ons doel is zorgen voor een prettig verblijfsklimaat, zowel binnen- als buitenshuis. We vinden het belangrijk dat hitte een minimale invloed heeft op de gezondheid en leefomgeving. Daarom is het zaak het hitte-eilandeffect terug te dringen. Kwetsbare mensen verdienen extra aandacht, dus we moeten ons focussen op gebieden met kinderopvang, verzorgingstehuizen en chronisch zieken. Groene gebieden zijn van groot belang: ze zorgen voor verkoelende lucht en schaduwrijke plekken. Hobby- en bedrijfsdieren moeten kunnen schuilen in de weide. Juist dit soort essentiële locaties mogen niet in omvang afnemen.

Droogte
Amsterdam wil voorbereid zijn op langdurige perioden van droogte. Alleen zo kunnen we schade aan gebouwen, groen, natte en droge infrastructuur en dijken zoveel mogelijk voorkomen of beperken. Om ook bij droogte een prettig leefbare stad te zijn, is een systeem met voldoende bodemwater de basis. We moeten kijken naar de afstemming tussen de verschillende aspecten: de juiste balans tussen ontwatering en bewatering van groen, schommelingen van het grondwater (en de pompen die dit kunnen bijsturen), de opvang van regenwater op de grond en op daken én het water aan- en afvoer via het watersysteem.

Wateroverlast
We hebben twee doelen: schade en overlast door extreme regenbuien zoveel mogelijk voorkomen en regenwater gebruiken voor de leefbaarheid van de stad. Dit kan alleen als we goed omgaan met regenwater en zorgen dat er voldoende afstand is tussen het grondwater en de bebouwing. Regenwater is waardevol en moeten we niet simpelweg afvoeren uit de stad. We kunnen het gebruiken voor ons groen en om het grondwater aan te vullen.

Waterveiligheid
We willen de kans op overstromingen in de stad nog verder verkleinen en waar mogelijk rekening houden met een zeespiegelstijging. Amsterdam heeft een aantal waterkeringen die we goed moeten onderhouden. De waterschappen zorgen dat deze veilig zijn en voldoen aan de regels. Als gemeente hebben we de taak de waterkeringen niet te doorsnijden of verzwakken. We zorgen voor voldoende ruimte voor toekomstige versterkingen. Ook zijn doorstroming en waterberging belangrijk. We overleggen samen met de waterschappen, omliggende gemeenten en andere betrokken partijen over mogelijkheden voor meer ruimte in het watersysteem. Zo kunnen we overtollig water opvangen en zijn we voorbereid op een hoger waterpeil in het Noordzeekanaal. Mocht er toch een overstroming plaatsvinden, dan moeten we zorgen dat de gevolgen zo klein mogelijk zijn. Dit kan door de stad slim in te richten en crisisplannen te maken.

Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW)

In mei 2011 sloten het Rijk, de provincies, het Samenwerkingsverband Interprovinciaal Overleg (IPO), de Vereniging van Nederlandse Gemeenten en de Unie van Waterschappen en de vereniging van waterbedrijven Nederland het Bestuursakkoord water. Met de actualisatie van het NBW onderstrepen de betrokken partijen, rijk, provincies, gemeenten en waterschappen nogmaals het belang van samenwerking om het water duurzaam, klimaatbestendig en doelmatiger te beheren. In het akkoord staat onder meer hoe met klimaatveranderingen, de stedelijke wateropgave en de ontwikkelingen in woningbouw en infrastructuur moet worden omgegaan. Ook is er meer aandacht voor het realiseren van schoon en ecologisch gezond water. Het NBW heeft tot doel om in de periode tot 2020 het watersysteem in Nederland op orde te brengen en te houden en te anticiperen op klimaatverandering. Het gaat hierbij om de verwachte zeespiegelstijging, bodemdaling en klimaatverandering. Nederland krijgt hierdoor steeds meer te maken met extreem natte en extreem droge periodes.

Omgevingsprogramma Riolering Amsterdam 2022-2027

Het Omgevingsprogramma Riolering Amsterdam (OPR) 2022-2027 [11] bevat de visie van de gemeente op het gewenste waterbeleid voor de komende jaren. De gemeente Amsterdam is wettelijk verantwoordelijk voor de inzameling en transport van stedelijk afvalwater, de inzameling en verwerking van afvloeiend hemelwater en het nemen van grondwatermaatregelen. In dit beleidsrapport staat hoe deze drie zorgplichten door de gemeente Amsterdam worden ingevuld.

Doel van het plan is om aan het bevoegd gezag te verantwoorden op welke wijze de gemeente Amsterdam haar watertaken uitvoert en in hoeverre zij afdoende middelen heeft om dit in de toekomst te blijven doen. Hiermee voldoet de gemeente aan de planverplichting, zoals die in de

Wet milieubeheer (artikel 4.22) is opgenomen. Dit plan biedt tevens een kans om in te spelen op nieuwe ontwikkelingen, zoals het veranderende klimaat.

Inzamelen en transporteren van stedelijk afvalwater
Stedelijk afvalwater is huishoudelijk afvalwater of een mengsel daarvan met bedrijfsafvalwater, afvloeiend hemelwater, grondwater of ander afvalwater. Dit afvalwater wordt ingezameld en getransporteerd naar een rioolwaterzuiveringsinrichting (RWZI). De gemeente is verantwoordelijk voor het inzamelen en transporteren van afvalwater. Bij de zorg voor stedelijk afvalwater wordt gekeken naar het systeem als geheel, eventueel over de stadsgrenzen heen.

Inzamelen en verwerken van afvloeiend hemelwater
De gemeente is verantwoordelijk voor een doelmatige inzameling en verwerking van afvloeiend hemelwater. Daarbij gaat het niet alleen om het buizenstelsel in de grond, maar in toenemende mate ook om de openbare ruimte waarin hemelwater wordt opgevangen en zodoende wateroverlast wordt beperkt. De gemeente stemt af met waterschappen, is aanspreekpunt voor de burger en behandelt hemelwatermeldingen.

Naast de officiële zorgplicht heeft de Gemeente Amsterdam in het Gemeentelijk Rioleringsplan Amsterdam de ambitie geuit dat de stad een bui van **70 mm per uur** kan verwerken zonder schade aan huizen en vitale infrastructuur. Deze ambitie komt voort uit programma Amsterdam Rainproof, met als uitgangspunt dat gerichte, kleinschalige, fijnmazige en rendabele maatregelen de stad klimaatbestendiger en tegelijk aantrekkelijker en leefbaarder maken.

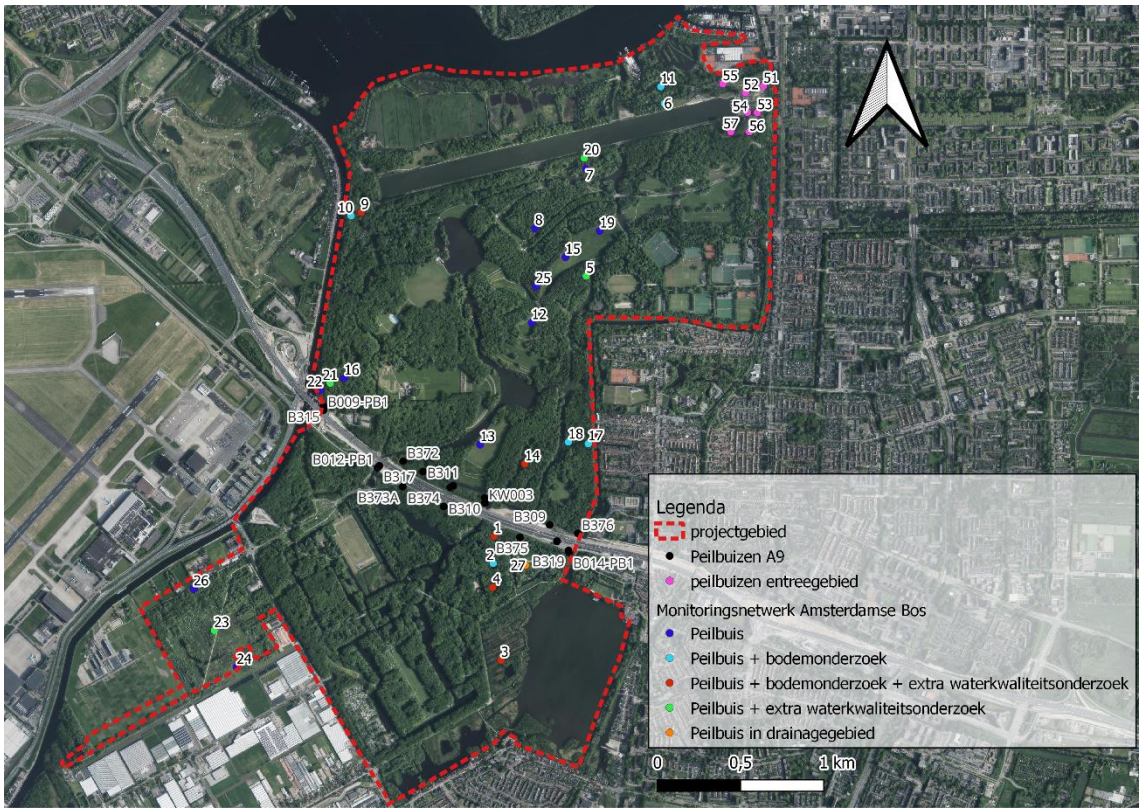
Grondwaterzorgplicht
In de stad komen situaties voor waarbij het gewenste gebruik en de aanwezigheid van grondwater elkaar hinderen, en grondwater voor overlast zorgt. Zo kan een te hoog grondwaterpeil leiden tot problemen, bijvoorbeeld in de vorm van water in kelders en andere vochtproblemen. Daarentegen kunnen er ook problemen ontstaan als gevolg van een te lage grondwaterstand: dit kan leiden tot verrotting van houten funderingen, met het risico op verzakking of instorting van gebouwen. Het is de zorgplicht van de gemeente om, voor zover doelmatig, maatregelen in openbaar gebied te treffen om structurele nadelige gevolgen van de grondwaterstand voor de aan de grond gegeven bestemming zoveel mogelijk te voorkomen of te beperken. Daarnaast is de gemeente aanspreekpunt voor de burger en behandelt de gemeente grondwatermeldingen.

Hemelwaterverordening (2021)

Amsterdam heeft in het Omgevingsprogramma Riolering Amsterdam (OPR) 2022-2027 [11] de ambitie opgenomen om een bui van 70 mm in één uur aan te kunnen zonder dat schade aan huizen en vitale infrastructuur ontstaat. Om dit te bereiken zal zowel in de bestaande stad als in nieuw te ontwikkelen gebieden rekening moeten worden gehouden met extreme neerslag. Daarbij is onder meer van belang dat zowel op particulier terrein als op openbaar terrein voldoende waterberging wordt gerealiseerd. Een van de juridische instrumenten die een bijdrage kan leveren aan een klimaatbestendig en water robuust Amsterdam is een zogenaamde hemelwaterverordening. In deze verordening wordt het aanleggen en het in stand houden van een waterberging bij bebouwd oppervlak geregeld.

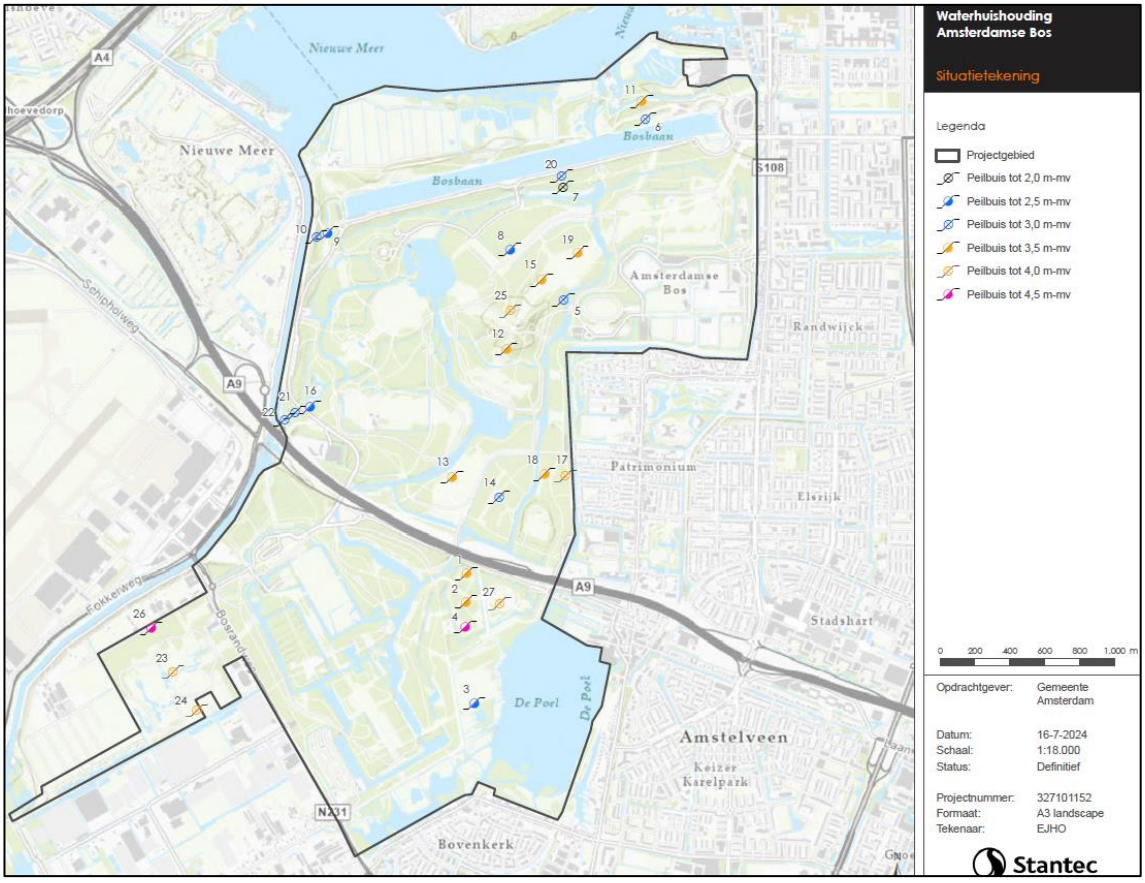
Via de regel om bij een bouwwerk te voorzien in een minimale waterbergingscapaciteit per m² bebouwd oppervlak, wordt hemelwater langer vastgehouden op eigen terrein. Op die manier wordt de extra belasting op de openbare riolering beperkt. Kern van de verordening is dat er bij het bouwen van bouwwerken **een verplichting is om waterbergingen aan te leggen** en in stand te houden. Dit om wateroverlast te beperken en schade aan huizen en vitale infrastructuur te voorkomen. De verordening wordt toegepast op alle bouwwerken waarvoor na inwerkingtreding een omgevingsvergunning voor bouwen wordt aangevraagd. Deze verordening treedt naar verwachting vanaf medio 2021 in werking.

Bijlage 3 - Peilbuizen netwerk Amsterdamse Bos

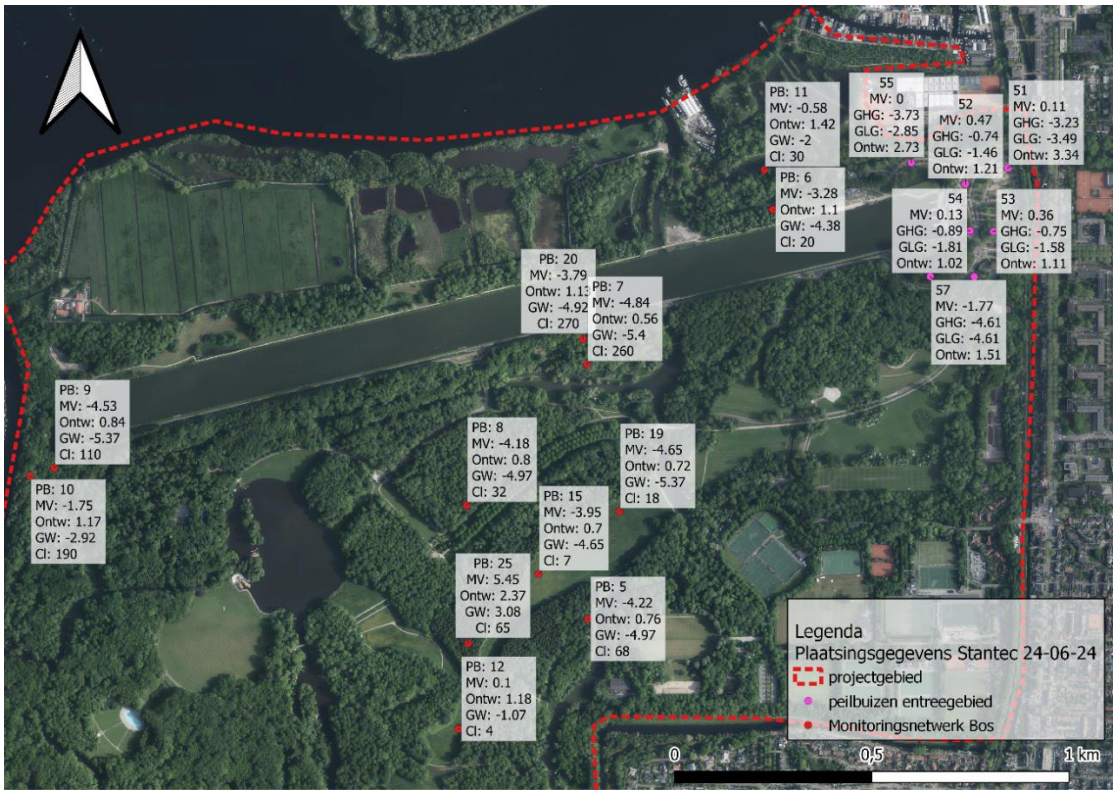


Figuur 0.1 Volledig peilbuizennetwerk in het Amsterdamse Bos inclusief A9

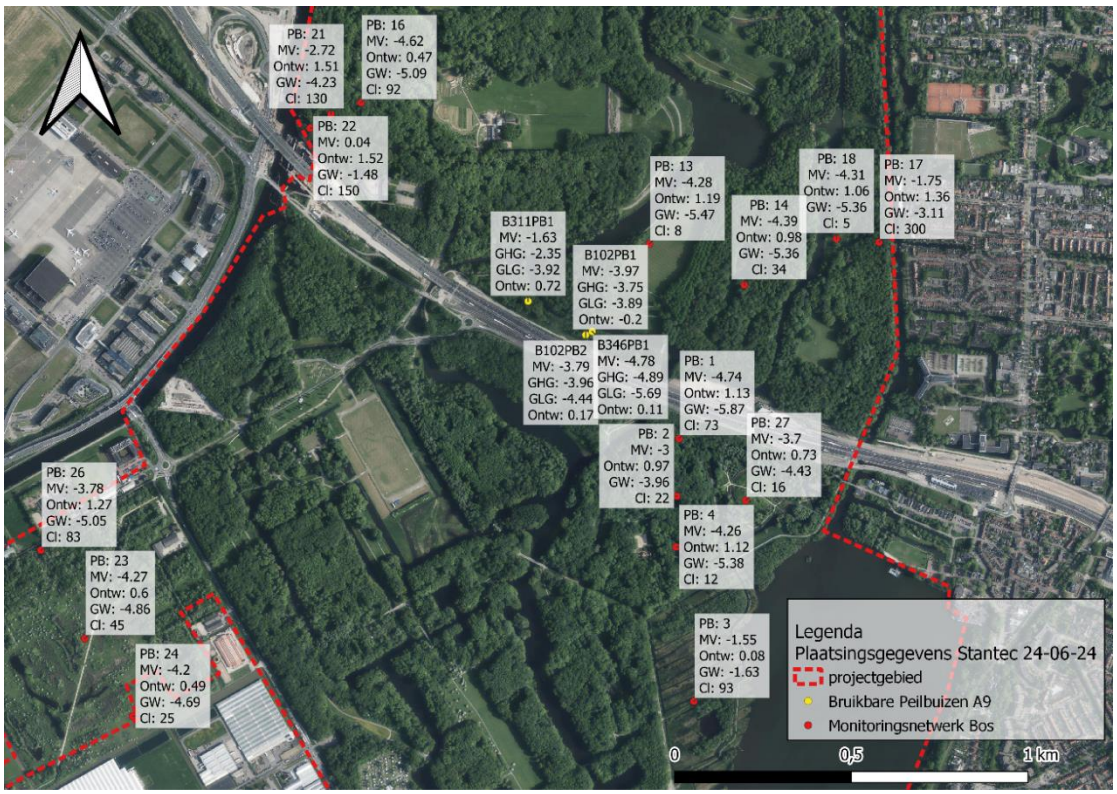
Bijlage 4 - Plaatsingsgegevens Stantec



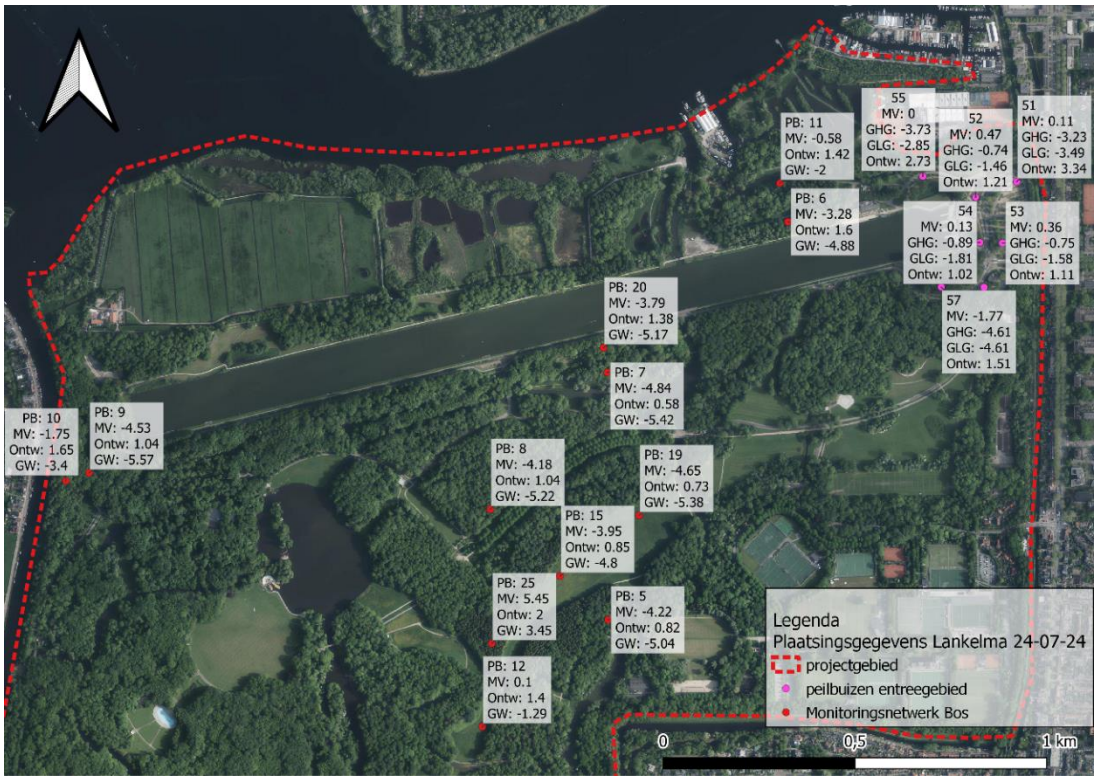
Figuur 0.2 Situatietekening Stantec met peilbuisdiepten



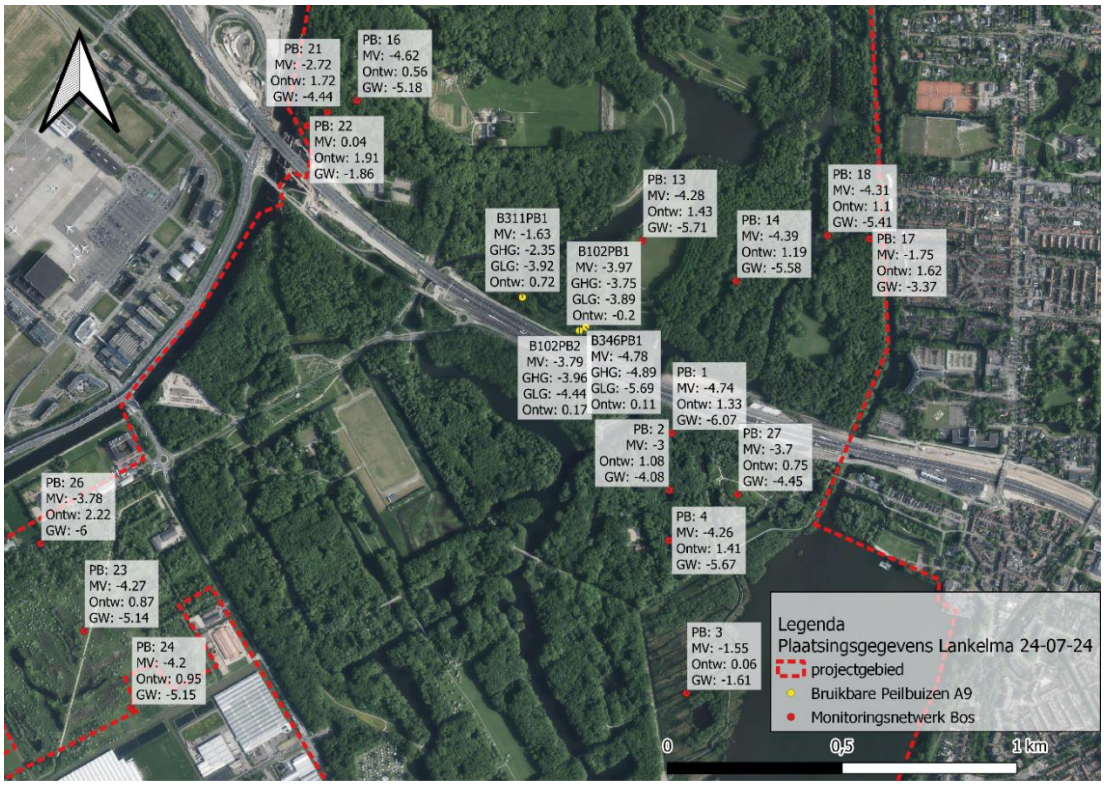
Figuur 0.3 Peilbuisgegevens Amsterdamse Bos Noord, Stantec 24-06-2024



Figuur 0.4 Peilbuisgegevens Amsterdamse Bos Zuid, Stantec 24-06-2024



Figuur 0.5 Peilbuisgegevens Amsterdamse Bos Noord, plaatsingsgegevens Lankelma 24-07-2024



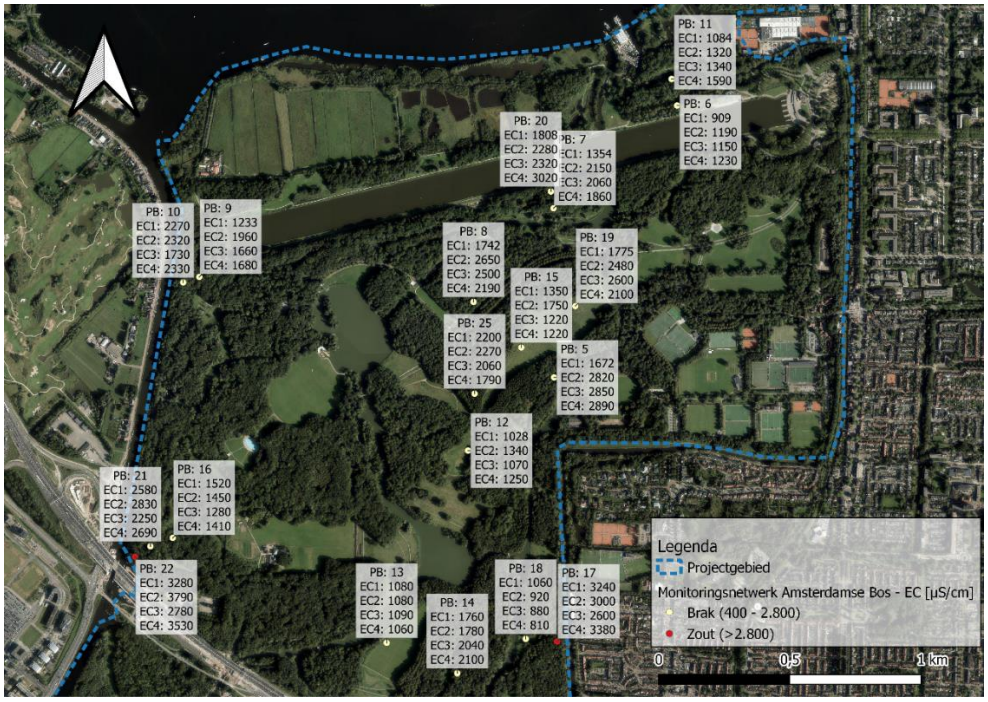
Figuur 0.6 Peilbuisgegevens Amsterdamse Bos Zuid, plaatsingsgegevens Lankelma 24-07-2024

Bijlage 5 - Resultaten landmeting

Tabel 3. Peilbuislocatie, maaiveldhoogte en hoogte van de bovenkant peilbuis in meter t.o.v. NAP verkregen via landmeting.

Peilbuis	x-coördinaat	y-coördinaat	Hoogte maaiveld (mNAP)	Hoogte peilbuis (mNAP)
1	117159,368	479847,208	-4,544	-3,854
2	117116,430	479732,098	-4,135	-3,478
3	117198,183	479100,004	-1,538	-0,984
4	117140,662	479539,872	-4,175	-3,649
5	117713,343	481401,603	-4,587	-4,07
6	118176,752	482445,633	-3,232	-2,51
7	117705,185	482053,917	-4,777	-3,964
8	117397,266	481692,495	-4,187	-3,54
9	116353,265	481784,760	-4,55	-3,833
10	116290,109	481770,391	-1,134	-0,441
11	118159,250	482543,604	-0,614	-0,065
12	117381,691	481127,975	0,167	0,877
13	117071,159	480395,773	-4,252	-3,424
14	117343,226	480278,342	-4,6	-3,691
15	117586,891	481517,825	-3,902	-3,045
16	116261,746	480797,353	-4,799	-4,224
17	117721,880	480399,178	-1,733	-0,918
18	117602,063	480410,610	-4,276	-3,535
19	117790,039	481680,133	-4,653	-3,996
20	117689,444	482108,272	-3,658	-2,83
21	116165,284	480755,124	-2,4	-1,706
22	116110,973	480723,079	-0,073	0,659
23	115472,433	479278,858	-4,329	-3,748
24	115608,400	479058,372	-4,171	-3,518
25	117410,492	481350,276	5,46	6,013
26	115348,906	479524,696	-3,894	-3,163
27	117344,850	479670,117	-3,691	-3,073

Bijlage 6 - EC en Chloride



Figuur 0.7 EC waardes per meetronde noordelijke deel



Figuur 0.8 EC waardes per meetronde zuidelijke deel



Figuur 0.9 Chloride waardes per meetronde noordelijke deel

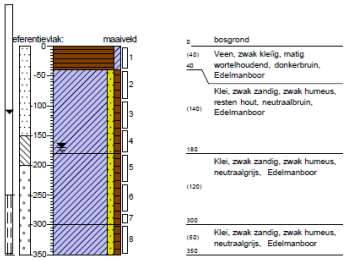


Figuur 0.10 Chloride waardes per meetronde zuidelijke deel

Bijlage 7 - Boorstaten

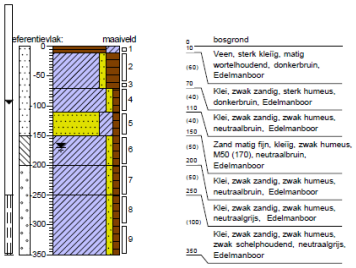
Boring: 1

X: 117155,00
Y: 479644,00
Datum: 7-6-2024



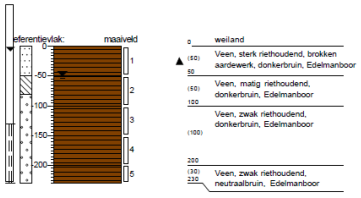
Boring: 2

X: 117149,00
Y: 479681,00
Datum: 7-6-2024



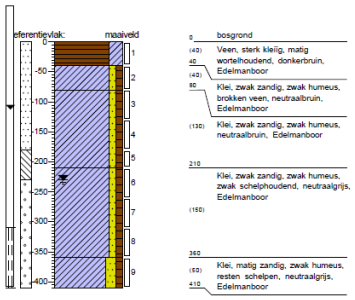
Boring: 3

X: 117197,00
Y: 479100,00
Datum: 6-6-2024



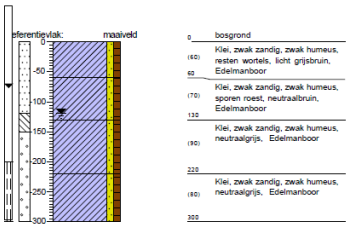
Boring: 4

X: 117147,00
Y: 479537,00
Datum: 7-6-2024



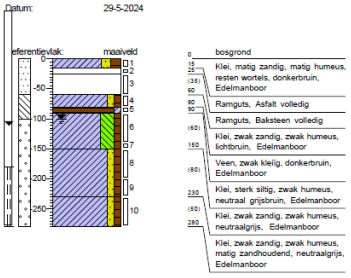
Boring: 5

X: 117709,00
Y: 481407,00
Datum: 4-6-2024



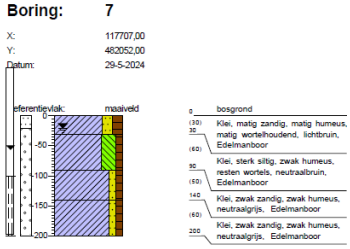
Boring: 6

X: 118178,00
Y: 482444,00
Datum: 29-5-2024



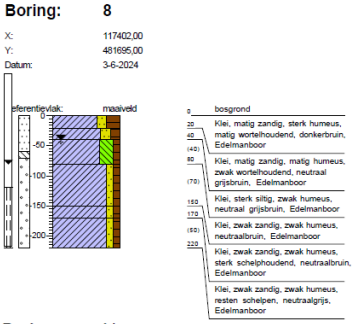
Boring: 7

X: 117707,00
Y: 482052,00
Datum: 29-5-2024



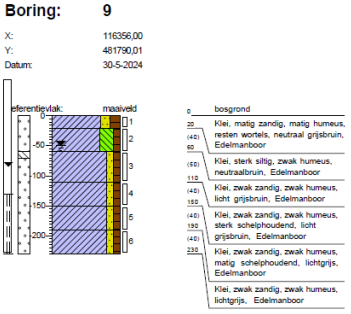
Boring: 8

X: 117402,00
Y: 481695,00
Datum: 3-6-2024



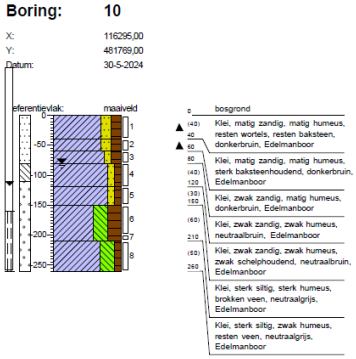
Boring: 9

X: 116356,00
Y: 481790,01
Datum: 30-5-2024



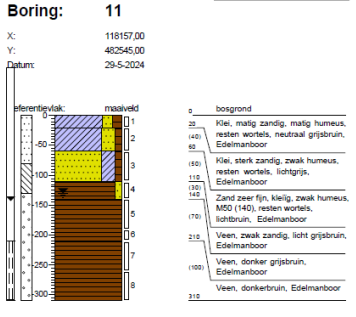
Boring: 10

X: 116295,00
Y: 481769,00
Datum: 30-5-2024



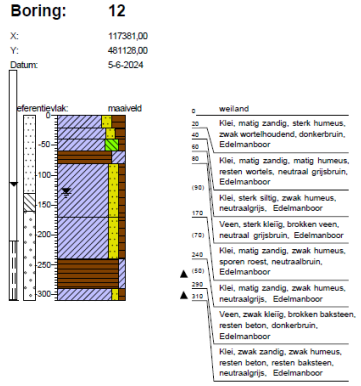
Boring: 11

X: 118157,00
Y: 482545,00
Datum: 29-5-2024



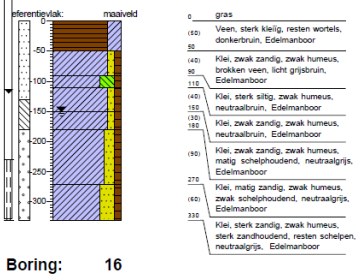
Boring: 12

X: 117381,00
Y: 481128,00
Datum: 5-6-2024



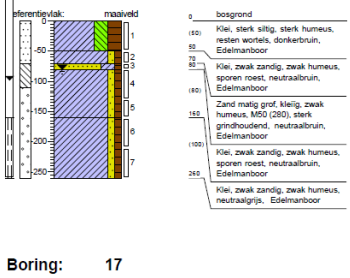
Boring: 13

X: 117071,00
Y: 480395,00
Datum: 5-6-2024



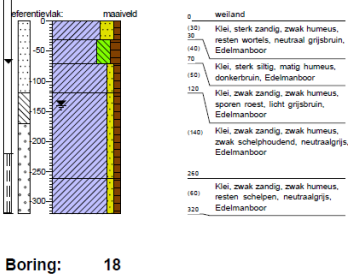
Boring: 14

X: 117340,00
Y: 480279,00
Datum: 5-6-2024



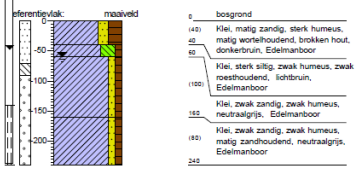
Boring: 15

X: 117584,00
Y: 481521,00
Datum: 4-6-2024



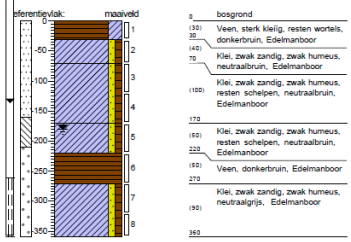
Boring: 16

X: 116255,00
Y: 480795,00
Datum: 3-6-2024



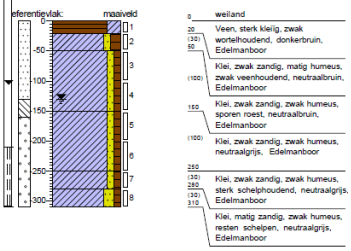
Boring: 17

X: 117721,00
Y: 480400,00
Datum: 6-6-2024



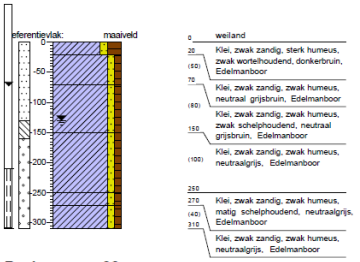
Boring: 18

X: 117601,00
Y: 480410,00
Datum: 6-6-2024



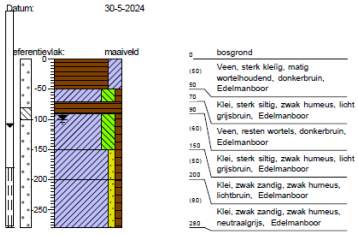
Boring: 19

X: 117790,00
Y: 481679,00
Datum: 3-6-2024



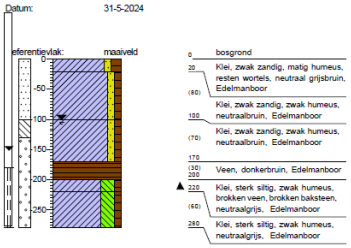
Boring: 20

X: 117697,00
Y: 482116,00
Datum: 30-5-2024



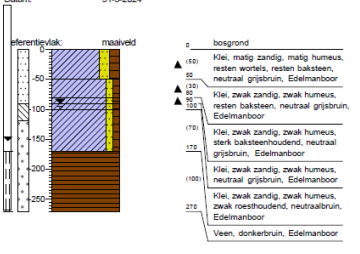
Boring: 21

X: 116170,00
Y: 480763,00
Datum: 31-5-2024



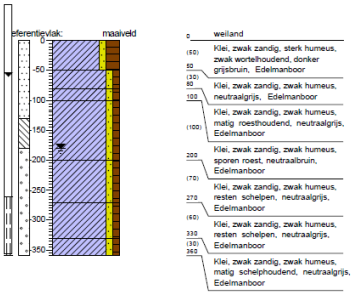
Boring: 22

X: 116111,00
Y: 480723,00
Datum: 31-5-2024



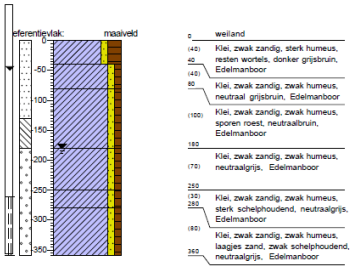
Boring: 23

X: 115473,00
Y: 479278,00
Datum: 10-6-2024



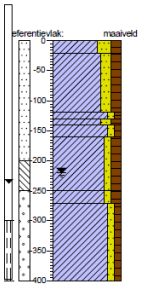
Boring: 24

X: 115608,00
Y: 479058,00
Datum: 10-6-2024



Boring: 25

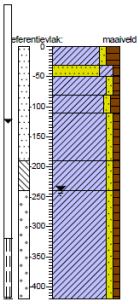
X: 117406,00
Y: 481345,00
Datum: 4-6-2024



0		bosgrond
20		Klei, sterk zandig, matig humeus, matig wortelhoudend, donkerbruin, Edelmanboor
▲	(100)	Klei, matig zandig, matig humeus, brokken baksteen, donkerbruin, Edelmanboor
120		
130		
140		Klei, zwak zandig, zwak humeus, resten baksteen, neutraalbruin, Edelmanboor
160		
	(90)	Klei, matig zandig, matig humeus, brokken baksteen, donkerbruin, Edelmanboor
250		
270		Klei, zwak zandig, zwak humeus, resten baksteen, sporen roest, neutraalbruin, Edelmanboor
	(130)	Klei, zwak zandig, matig humeus, sporen roest, brokken veen, neutraal grijsbruin, Edelmanboor
400		Klei, zwak zandig, matig humeus, brokken veen, neutraalgrijs, Edelmanboor
		Klei, zwak zandig, zwak humeus, neutraalgrijs, Edelmanboor

Boring: 26

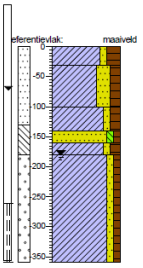
X: 115349,00
Y: 479528,00
Datum: 11-6-2024



0		bosgrond
(30)		Klei, zwak zandig, sterk humeus, zwak wortelhoudend, donkerbruin, Edelmanboor
30		
60		
(30)		Zand zeer fijn, kleilig, zwak humeus,
90		M50 (140), resten wortels,
(30)		neutraalbruin, Edelmanboor
110		
	(80)	Klei, zwak zandig, zwak humeus, matig zandhoudend, neutraal grijsbruin, Edelmanboor
190		
	(50)	Klei, zwak zandig, matig humeus, zwak zandhoudend, donkerbruin, Edelmanboor
240		
		Klei, zwak zandig, zwak humeus, sporen roest, neutraalbruin, Edelmanboor
	(180)	Klei, zwak zandig, zwak humeus, sporen roest, zwak schelphoudend, neutraalbruin, Edelmanboor
		Klei, zwak zandig, zwak humeus, zwak schelphoudend, neutraalgrijs, Edelmanboor
420		

Boring: 27

X: 117344,00
Y: 479669,00
Datum: 10-6-2024



0		gras
(30)		Klei, zwak zandig, sterk humeus, zwak wortelhoudend, donkerbruin, Edelmanboor
30		
	(70)	Klei, sterk zandig, matig humeus, sterk zandhoudend, brokken veen, brokken klei, neutraal grijsbruin, Edelmanboor
100		
	(40)	
140		
160		Klei, zwak zandig, matig humeus, brokken veen, donkerbruin, Edelmanboor
180		
		Zand matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, M50 (170), donkergrijs, Edelmanboor
	(180)	Klei, zwak zandig, matig humeus, brokken veen, donkerbruin, Edelmanboor
360		Klei, zwak zandig, zwak humeus, laagjes zand, resten schelpen, neutraalgrijs, Edelmanboor