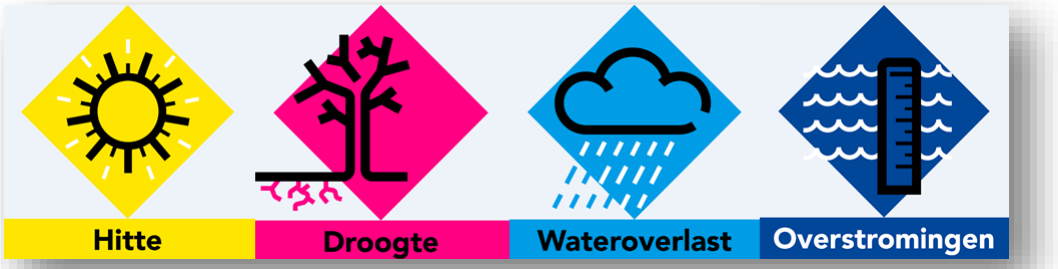
Plaatsingsrapportage Waterhuishouding Amsterdamse Bos

Een verkenning van de geohydrologische situatie in het Amsterdamse bos op basis van de eerste plaatsingsgegevens



Auteur(s)
5.1, 2, e
55.1, 2, e
5.1, 2, e

Opdrachtgever
5.1, 2, e 5.1, 2, e

Kenmerk
2024-1000618

Status
Concept

Opsteller	Goedgekeurd en vrijgegeven	Datum
5.1, 2, e	1, 2, e	29-8-2024

Inhoud

Inhoud **2**

Samenvatting **3**

1 Inleiding **4**
1.1 Aanleiding 4
1.2 Achtergrond 4
1.3 Doel 5
1.4 Leeswijzer 5

2 Gebiedsbeschrijving **6**
2.1 Huidige situatie 6
2.2 Maaiveldhoogte 8

3 Bodem- en grondwaterkwaliteit **9**
3.1 Bodemopbouw en grondwaterspiegel 9
3.2 Bodemkwaliteit 10
3.3 kwaliteit grondwater 11
3.4 Conclusies en aanbevelingen bodem- en grondwaterkwaliteit 13

4 Oppervlaktewater **15**
4.1 Achtergrond 15
4.2 Beleid 15
4.3 Huidige situatie 16

5 Grondwater **18**
5.1 Achtergrond 18
5.2 Beleid 18
5.3 Huidige situatie 18
5.4 Analyse grondwater op basis van monitoringsnetwerk data 23

Bronvermeldingen **27**

Bijlagen **28**

Samenvatting

Het klimaat verandert in Nederland en Amsterdam moet zich hieraan aanpassen om een toekomstbestendig voortbestaan te garanderen. Dit geldt ook voor het Amsterdamse Bos. Het klimaat verandert met frequentere weersextremen tot gevolg. Zowel langere nattere periodes als drogere periodes worden verwacht. Aan de hand van een beheervisie wil het bos zich op een duurzame manier ontwikkelen tot een toekomstbestendig bos. Om hierin de juiste keuzes te kunnen maken moet in beeld worden gebracht hoe de huidige ondergrond en waterhuishouding van het Amsterdamse Bos eruit ziet. Hoe reageert het bos op het huidige klimaat en haar weersextremen? Als dit bekend is kan dit de basis vormen voor de keuzes voor de te verwachten effecten op het bos van het klimaat van de toekomst.

Om meer inzicht in deze waterhuishouding te verkrijgen is ervoor gekozen een grondwatermonitoringsnetwerk van 27 peilbuizen aan te leggen. Deze peilbuizen zullen meerjarig meten en zo een betrouwbare meetreeks ontwikkelen. Bij de plaatsing van de peilbuizen in juni 2024 is op specifieke locaties ook bodemonderzoek uitgevoerd en is het grondwater onderzocht. Het doel van deze rapportage is om op basis van de eerste informatie verkregen bij de plaatsing van het monitoringsnetwerk, bodemonderzoeken en monsternames het eerste inzicht in de waterhuishouding te verschaffen als input voor de beheervisie.

De plaatsingsresultaten zijn een momentopname die wegens, gebrek aan een betrouwbare meetreeks, met een bepaalde nuance moeten worden geïnterpreteerd. De meetreeks zal zich vormen met de tijd en daarmee zullen de inzichten ook scherper en betrouwbaarder worden. De resultaten worden zijn daarom in de tekst in het juiste perspectief geplaatst. Een kernachtig overzicht van de resultaten zou een verkeerd beeld schetsen en wordt daarom niet in de samenvatting weergegeven. Sterk aanbevolen wordt om op basis van de meetreeksen dit rapport in termijnen, te beginnen aan het eind van de winterperiode te updaten.

1 Inleiding

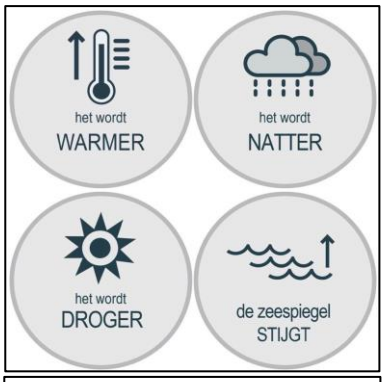
1.1 Aanleiding

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. De plaatsingsronde heeft de eerste resultaten opgeleverd van dit veldonderzoek. Deze worden uiteengezet in dit rapport.

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 eerste informatie verkregen bij de plaatsing van het monitoringsnetwerk, bodemonderzoeken en monsternames het eerste inzicht in de waterhuishouding te verschaffen als input voor de beheervisie.

1.4 Leeswijzer

In deze rapportage wordt ingegaan op de staat van de waterhuishouding en bodemkwaliteit van het Amsterdamse Bos. In hoofdstuk 2 wordt geen gebiedsbeschrijving gegeven; hoofdstuk 3 gaat in op de bodem en waterkwaliteit. Vervolgens wordt er in hoofdstuk 4 een beschrijving gegeven van het oppervlakte water. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op het grondwatersysteem van het Amsterdamse Bos, de peilbuisgegevens worden toegelicht en een globale analyse op basis van de tot nu toe beschikbare gegevens.

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

2 Gebiedsbeschrijving

2.1 Huidige situatie

Het Amsterdamse Bos (Figuur 2.1) is geheel door mensenhanden ontstaan, begonnen als grootschalig werkverschaffingsproject in de jaren '30, en in latere decennia verder uitgebreid. Het ontwerp is gebaseerd op de afwisseling van water, openheid en bos met zichtlijnen, lanen en meer dan honderd bruggen, veel ervan in markante stijl van de Amsterdamse School [23] .



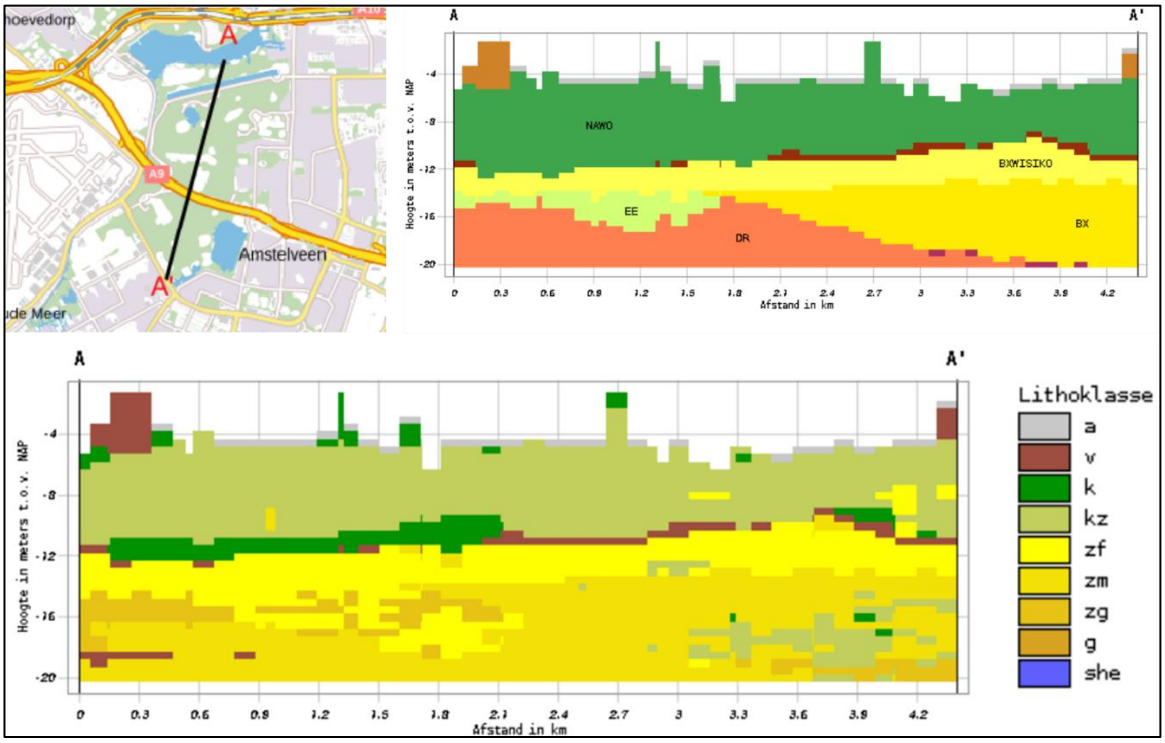
Figuur 2.1 Amsterdamse Bos

Het gebied valt binnen het beheergebied van hoogheemraadschap van Rijnland. Het plangebied ligt binnen de gemeente Amstelveen, maar is eigendom van de gemeente Amsterdam.

2.1.1 Bodemopbouw

Voor de aanleg van het Amsterdamse Bos bestond de polder voor het grootste deel uit veen met daaronder een kalkrijke kleilaag (gevolgd door veen en zand). Bij de aanleg van het Amsterdamse Bos is deze veenlaag (deels) verwijderd, waardoor de onderliggende zandige kleilaag de toplaag is geworden. Daarnaast zijn bij de aanleg enkele locaties in het bos opgehoogd met zand. Het entreegebied is opgehoogd met puin. De ondergrond in de boezemlanden aan de Nieuwe Meer en

de oeverlanden rond de Amstelveense Poel zijn bij de aanleg van het bos intact gebleven. De oorspronkelijke Hollandveen laag is in deze gebieden nog aanwezig met hieronder dezelfde zandige kleilaag. Deze twee gebieden liggen daardoor hoger in het landschap dan het centrale deel van het Amsterdamse Bos [23].



Figuur 2.2 Ondergrond Amsterdamse Bos met de weergegeven doorsnede linksboven, waarvan de geologische eenheden (rechtsboven) en de lithoklasse (onder) zijn weergegeven t.o.v. NAP [6].

Tabel 1 Schematische weergave van bodemlagen Amsterdamse bos

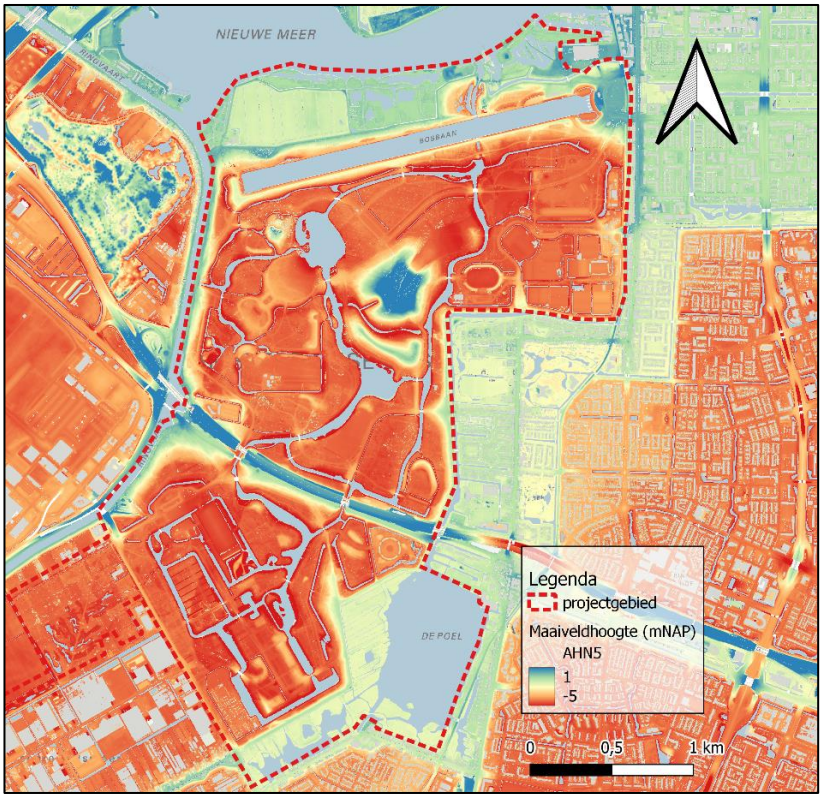
Bodemlaag	Dikte (m)	Bovenkant (m NAP)	Onderkant (m NAP)	Geohydrologisch
Formatie van Naaldwijk (holoceen), zandige kleigrond	ca. 7	Maaiveld (-4,2)	ca. -4 à -11	Deklaag – Freatische laag (matig tot slecht doorlatend)
Basisveen/Formatie van Nieuwkoop (veen, kleiig)	ca. 0,5	ca. -10,5 à -11	ca. -11 à -11,5	Slecht doorlatende laag
Formatie van Boxtel, midden/fijn zandgrond	ca. 5 à 6	ca. -11 à -11,5	ca. -16 à -17	Eerste zandlaag – eerste watervoerend pakket
Formatie van Drenthe, grove zandgrond	ca. 8 à 9	ca. -16 à -17	ca. -24 à -25	Tweede zandlaag – Eerste watervoerend pakket

Het Amsterdamse bos is aangelegd in verschillende perioden en gedeelten tussen 1934 tot 1955 [7]. Uit boorstaten en sonderingen van het Dinoloket is de algemene bodemopbouw van het bos te achterhalen. Deze bodemopbouw is grofweg hetzelfde in het bos behoudens van de intact gelaten veengebieden en is weergegeven in Figuur 2.2 en Tabel 1. De Hollandveen laag is in grote gedeelten van het bos afgegraven, waardoor de slecht doorlatende zandige kleiformatie van Naaldwijk aan

het oppervlak ligt. Deze kleilaag is circa 7 m dik. De formatie van Naaldwijk wordt afgesloten door een nog slechter doorlatende dunne, 0,5-1 m, klei/veenlaag van het Basisveen. Onder dit Basisveen ligt een laag sterk variabel zand tot een diepte van circa NAP -25.

2.2 Maaiveldhoogte

Het bos ligt in een diepe polder met maaiveldhoogtes rond de -5 mNAP. Ten noorden van de A9 kent het bos een heuvel die tot boven 11 mNAP uitsteekt. Ten noorden van de Bosbaan is er een gebied dat boven 0 mNAP ligt. De oeverlanden rondom de Poel liggen op circa -1,5 mNAP en dus ook beduidend hoger dan de bosvakken. Dwars door het bos loopt de A9 waarvan het talud scherp afloopt richting -5 mNAP.



Figuur 2.3 Maaiveldhoogte volgens Algemene Hoogtekaart Nederland versie 5 (mNAP) [5]

3 Bodem- en grondwaterkwaliteit

In voorliggend hoofdstuk wordt achtereenvolgend ingegaan op de opbouw van de bodem ter plaatse van de peilbuizen, de kwaliteit van de grond en de kwaliteit van het grondwater.

3.1 Bodemopbouw en grondwaterspiegel

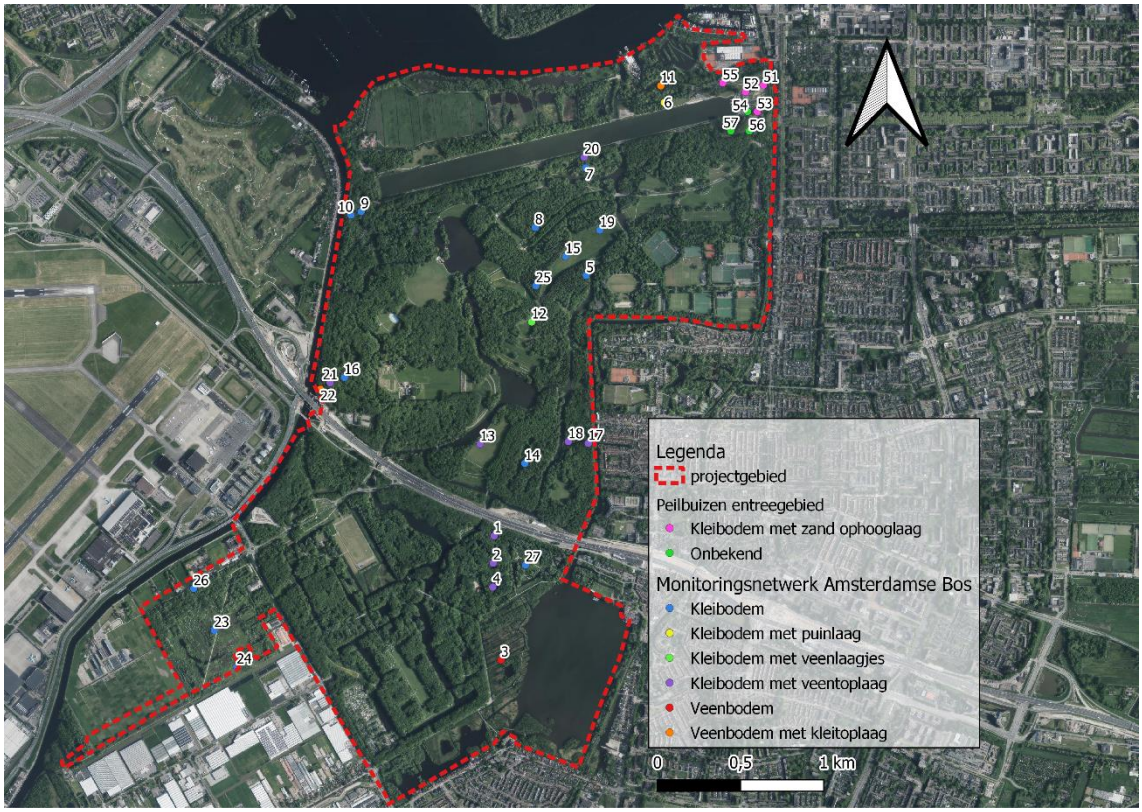
De bodemopbouw binnen het Amsterdamse Bos is heterogeen van aard en bestaat uit een afwisseling van klei, veen en zand. Het merendeel van de boringen (boringen 1, 2, 4 t/m 10, 12 t/m 21, 23, 24, 25, 26 en 27) bestaan tot de maximale boordiepte van 4,2 m-mv uit klei, plaatselijk afgewisseld met een veen of zandlaag van maximaal een halve meter dik.

De toplaag van boringen 1, 2, 4, 13 17, 18, 20 bestaat uit veen. Bij boring 6 is een volledig bodemvreemde laag waargenomen. Deze laag bestaat uit een laag asfalt (0,15 – 0,25 meter minus maaiveld en baksteen (0,25 – 0,6 m -mv.)

Boring 3 bestaat tot de maximale boordiepte van 2,3 m-mv volledig uit veen. Boring 11 heeft een gevarieerde opbouw, bestaande uit een kleipakket van circa 0,6 m dik, gevolgd door een halve meter zand en veen tot de maximale boordiepte van 3,1 m-mv. Boring 22 bestaat tot circa 1,7 m-mv uit klei, gevolgd door veen tot de maximale boordiepte van 2,7 m-mv.

De genoemde boornummers komen overeen met de nummers van de geplaatste peilbuizen. en bevestigen de hierboven geschetste bodemsamenstelling. In Figuur 3.1 is per peilbuis aangegeven welke bodemsamenstelling er in de bovenste meters (ca.0 – 4 m-mv) grofweg is aangetroffen. De boorstaten per peilbuis zijn te vinden in Bijlage 5 - .

De grondwaterspiegel varieert tussen 0,5 en 2,4 m -mv. Dit verschil kan worden onder andere worden verklaard in verschil in maaiveldhoogte. Opgemerkt wordt dat de grondwaterspiegel nog niet in NAP is ingemeten. Dit zal nog moeten gebeuren.



Figuur 3.1 Gevonden bodemsamenstelling per peilbuislocatie

3.2 Bodemkwaliteit

In de zintuiglijk schone zandgrond zijn geen verhoogde gehalten aangetoond ten opzichte van de achtergrondwaarde.

In de aardewerk houdende veengrond van boring 3 (0,0-0,5 m-mv) zijn licht verhoogde gehalten kwik en lood aangetoond. In de zintuiglijk schone veengrond van boringen 17 en 18 (0,2 à 0,3 m-mv) zijn licht verhoogde gehalten kwik en/of lood aangetoond.

In de kleigrond zijn over het algemeen geen verhoogde gehalten aangetoond. Enkel in boring 10 zijn (sterk) verhoogde gehalten aangetoond. In het mengmonster van de baksteen houdende grond (0,0-0,6 m-mv) zijn sterk verhoogde gehalten PAK, en licht verhoogde gehalten zink, cadmium en lood aangetoond. In het mengmonster van de zintuiglijk schone ondergrond zijn eveneens sterk verhoogde gehalten PAK aangetoond, met daarnaast licht verhoogde gehalten zink, lood en minerale olie.

Omdat zowel in de baksteen houdende grond als in de zintuiglijk schone ondergrond sterk verhoogde gehalten PAK zijn aangetoond, is de sterke verontreiniging niet eenduidig aan de bijmenging te relateren. Daarom zijn beide mengmonsters niet uitgesplitst. Rondom boring 10 moet rekening gehouden worden met sterk verhoogde gehalten in de grond (boven de interventiewaarde). De omvang van de verontreiniging is onbekend.
Opgemerkt wordt dat niet bij elke peilbuis de grond analytisch is onderzocht. De interpretatie is daarom alleen gemaakt op basis van de geanalyseerde boringen. De overige onderzochte parameters zijn niet in verhoogde gehalten ten opzichte van de achtergrondwaarden en/of detectiegrenzen gemeten.

3.3 kwaliteit grondwater

Op basis van de gemeten Ec is sprake van brak (400 mS/cm <Ec <2.800 mS/cm) tot plaatselijk zout (Ec >2.800mS/cm) grondwater. Ter plaatse van de buizen 1, 17, 22, 23 en 26 is sprake van zout grondwater. Ter plaatse van de overige buizen is sprake van brak water. Hierbij wordt opgemerkt dat in het merendeel van de peilbuizen een Ec van meer dan 1.000 mS/cm is gemeten.

Omdat er sprake is van brak tot zout grondwater zijn de onderzoeksresultaten geïnterpreteerd op basis van de criteria voor brak grondwater. De criteria voor zoet en brak grondwater zijn vrijwel gelijk, op de waarden voor totaal-fosfor en arseen. Daarnaast heeft chloride geen vastgestelde drempelwaarde in brak grondwater.

De parameters nitraat en totaal-fosfor overschrijden de drempelwaarden voor brak grondwater niet (resp. 50 en 6,9 mg/l). Als dit echter zou worden vergeleken met het criterium voor zoet grondwater, dan wordt de drempelwaarde voor totaal fosfor (2 mg/l) overschreden bij het grondwater van peilbuis 5. Als het grondwater voor chloride getoetst zou worden aan het criterium van zoet grondwater (160 mg/l), dan overschrijdt het grondwater van peilbuizen 7, 10, 17 en 20 de betreffende drempelwaarde. Uit het LMG blijkt dat de afgelopen jaren stijgende trends te zien zijn in van de chlorideconcentraties in het ondiepe grondwater van veengebieden. Dit wijst op een mogelijke verzilting, mogelijk gerelateerd aan de bemaling van de omliggende polders. In andere gebieden zijn geen duidelijke trends zichtbaar omtrent de chlorideconcentratie.

Voor ortho-fosfaat is geen drempelwaarde bekend voor zowel zoet als brak grondwater. Fosfor komt in bodem- en grondwater voor als vrij fosfaat (ortho-fosfaat) en organisch gebonden fosfaat. De hoeveelheid totaal fosfaat wordt dikwijls uitgedrukt als totaal fosfor. Als het hoeveelheid ortho-fosfaat in het grondwater indicatief wordt getoetst aan de drempelwaarde van totaal fosfor, dan zijn er eveneens geen overschrijdingen in het grondwater.

De parameters ammonium, totaal-stikstof, ijzer en arseen overschrijden (lokaal) de betreffende drempelwaarden. Deze stoffen worden in de onderstaande alinea's per stofgroep besproken.

3.3.1 Ammonium

In alle peilbuizen die aanvullend op nutriënten zijn geanalyseerd wordt de drempelwaarde voor ammonium (0,2 mg/l) overschreden. Ammonium kan zowel van nature in het grondwater aanwezig zijn als in het grondwater terecht komen door een antropogene bron, zoals door meststoffen of afvalwater. Natuurlijk komt ammonium in grondwater vooral vrij bij de afbraak van organisch materiaal onder anaerobe omstandigheden.

De concentratie van ammonium in grondwater kan lokaal sterk variëren, afhankelijk van lokale omstandigheden zoals de aanwezigheid van organisch materiaal en de totale stikstofbelasting. Gebieden met klei- en veenbodems, zoals het Amsterdamse Bos, die grote hoeveelheden organisch materiaal bevatten hebben vaak hogere natuurlijke concentraties van ammonium in het grondwater.
Daarnaast kunnen hoge concentraties ammonium ook voorkomen in zeekleigebieden en natte antropogene bebouwde gebieden. Dit zou de overschrijding van de drempelwaarde kunnen verklaren. Ammonium kan onder bepaalde omstandigheden worden omgezet naar nitraat

(nitrificatie). Ondanks dat ammonium van nature aanwezig kan zijn in het grondwater, zijn hoge concentraties ammonium schadelijk voor de aquatische ecologie van het oppervlaktewater.

Bij kwel kan het ammonium houdende grondwater terecht komen in het oppervlaktewater. Door oxidatie verdwijnt het echter vaak weer relatief snel uit het water. Verzuring van de bodem kan tevens de nitrificatie remmen, waarbij ammonium wordt omgezet naar nitraat, waardoor ammonium uiteindelijk de dominante vorm van stikstof wordt.

3.3.2 Totaal-stikstof

In peilbuis 21 is een lichte overschrijding van de drempelwaarde voor totaal-stikstof (11,3 mg/l) in het grondwater waargenomen. In het grondwater worden hoofdzakelijk drie verschijningsvormen van stikstof, namelijk ammonium, nitraat, nitriet en organische componenten. De hoeveelheid ammonium in het grondwater van peilbuis 21 is de belangrijkste bijdrager voor de overschrijding.

Landbouwactiviteiten zijn een belangrijke bron van stikstof in grondwater. In regio's met intensieve landbouw is de stikstofconcentratie in het grondwater vaak hoger. Dit komt door het stikstofoverschot dat niet door planten wordt opgenomen en uitspoelt naar het grondwater. Uit het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG) blijkt dat vooral in zand- en löss-/leemgebieden de grondwaterkwaliteit onder druk staat door hoge stikstofbelasting, voornamelijk afkomstig van de landbouw. Stikstof komt voornamelijk in het grondwater terecht door uitspoeling.

Hoge concentraties stikstof hebben verschillende negatieve effecten op de natuur en kunnen bijvoorbeeld leiden tot een overvloed van voedingstoffen in de bodem, waardoor bepaalde plantsoorten, zoals bijvoorbeeld brandnetels en bramen, snel kunnen groeien. Op termijn kan verzuring van de bodem optreden en kan het bos op den duur gevoeliger worden voor droogte en ziekteverwekkers. Verzuring kan er voor zorgen dat de nitrificatie van ammonium wordt geremd, waardoor ammonium uiteindelijk de dominante vorm van stikstof wordt. De aanwezigheid van ammonium in het grondwater is in voorgaande tekst reeds behandeld.

De concentraties nitraat en nitriet zijn in alle grondwatermonsters kleiner dan de detectielimiet. Nitraat en nitriet komen van nature slechts in geringe mate voor in het grondwater. In de bodem en het grondwater kan nitraat worden afgebroken (denitrificatie). Voor denitrificatie is een zuurstofarme omgeving en een reductor nodig, zoals organische stof. In klei- en veengronden, zoals in het Amsterdamse Bos, is het grondwater op geringere dieptes vaak zuurstofarm. In combinatie met de organisch stofrijke bodems vindt hierdoor denitrificatie plaats, waardoor de nitraatconcentraties in ondiep grondwater in deze gebieden relatief laag blijven. Dit is ook zichtbaar in de resultaten. Nitraatrijk kwelwater kan gevolgen hebben voor de biodiversiteit, omdat slechts een beperkt aantal soorten planten en dieren profiteert van de grotere beschikbaarheid van voedingsstoffen.

3.3.3 IJzer

Het grondwater van peilbuizen 1, 5, 9, 14, 20, 21 en 23 overschrijden de drempelwaarde voor ijzer. IJzer komt van nature voor in het grondwater doordat mineralen onder gereduceerde condities oplossen in het grondwater. In het LMG worden de hoogste concentraties ijzer gevonden in het middeldiepte grondwater van zandgebieden met akkerbouw.

De laagste concentraties worden gevonden in ondiep grondwater in zandgebieden en löss-leemgebied. Op basis hiervan is de hogere ijzerconcentratie niet eenduidig te verklaren.

3.3.4 Arseen

In peilbuis 21 is een overschrijding van de drempelwaarde voor arseen aangetoond (20 µg/l). De aanwezigheid van arseen in het grondwater is gerelateerd aan het voorkomen van pyriet of ijzeroer in de bodem. Wanneer pyriet oxideert of ijzeroer reduceert, komt arseen vrij. In de Nederlandse kustprovincies liggen gebieden waar natuurlijke (fysische chemische) processen hebben geleid tot verhoogde arseenconcentraties in het grondwater. Belasting van de bodem met arseen gebeurt ook door atmosferische depositie en door meststoffen.

In Amsterdam worden in het diepe en ondiepe grondwater regelmatig natuurlijk verhoogde concentraties arseen aangetroffen, die frequent de streefwaarde en plaatselijk zelfs de signaalwaarde overschrijden. In het LMG zijn stijgende trends gedetecteerd in het middeldiepe grondwater van meerdere gebieden. In het ondiepe grondwater van zandgronden komen juist dalende trends voor. Voor de overige gebieden zijn geen duidelijke trends voor het ondiepe grondwater.

Voorgenoemde interpretaties hebben plaatsgevonden op basis van de drempelwaardemethodiek en zijn individueel beoordeeld. De uiteindelijke beoordeling van de grondwaterkwaliteit in het Amsterdamse Bos is afhankelijk van het gewenste beschermdoel van het ecosysteem. Het is belangrijk om te benadrukken dat de resultaten van de volgende bemonsteringsronde ook van belang zullen zijn voor de interpretatie. Pas na meerdere metingen kan een volledig en nauwkeurig beeld krijgen van de grondwaterkwaliteit in het Amsterdamse Bos.

3.4 Conclusies en aanbevelingen bodem- en grondwaterkwaliteit

Met het verkennend bodemonderzoek is de actuele milieu hygiënische kwaliteit van de bodem in voldoende mate vastgesteld op basis van de scope van het onderzoek. De nul situatie van het grondwater is in voldoende mate vastgesteld. Daarnaast is er een indicatie verkregen van de milieu hygiënische grondkwaliteit.

In het grondwater overschrijden ammonium, totaal-stikstof, ijzer en arseen (lokaal) de betreffende drempelwaarden voor brak grondwater. De parameters nitraat en totaal-fosfor overschrijden de drempelwaarden niet. Het grondwater is beoordeeld op basis van drempelwaardemethodiek.

De uiteindelijke beoordeling van de grondwaterkwaliteit in het Amsterdamse Bos is afhankelijk van het gewenste beschermdoel van het ecosysteem. Het is belangrijk om te benadrukken dat de resultaten van de volgende bemonsteringsronde ook van belang zullen zijn voor de interpretatie.

Pas na meerdere metingen kunnen we een volledig en nauwkeurig beeld krijgen van de grondwaterkwaliteit in het Amsterdamse Bos.

In de grond zijn plaatselijk licht verhoogde gehalten zware metalen en minerale olie aangetoond en sterk verhoogde gehalten PAK. De resultaten van het uitgevoerde verkennend bodemonderzoek

geven op dit moment gezien de scope van het onderzoek geen aanleiding voor het verrichten van een nader bodemonderzoek.

Aanbevolen wordt om het grondwater te blijven monitoren voor langere tijd, om een beter beeld te krijgen van de waterhuishouding van het Amsterdamse Bos. Het aankomende jaar staan er in ieder geval nog 3 meetronden gepland.

Als er in de toekomst werkzaamheden zijn gepland in het bos rondom boring 10 of er stappen worden gemaakt om de kwaliteit van de grond in het Amsterdamse Bos verder in kaart te brengen wordt aanbevolen om een vervolgonderzoek uit te voeren en dit te richten op de aangetoonde verontreiniging met PAK in de kleigrond van boring 10. Opgemerkt wordt dat niet bij elke peilbuis de grond analytisch is onderzocht. Daarom wordt aanbevolen om in dat geval ook de grond analytisch te onderzoeken bij de sterk baksteen houdende kleigrond van boring 22. Daarnaast kan overwogen worden om aanvullend analytisch onderzoek te doen bij boringen 12, 21 en 25. Bij deze boringen zijn resten baksteen/ beton aangetoond. De benodigde onderzoeksinspanning is afhankelijk van de aard van het betreffende werkzaamheden of scope van het vervolgonderzoek.

Bij toekomstige werkzaamheden moet er rekening gehouden worden dat onder de Omgevingswet de graafwerkzaamheden gelden als milieubelastende activiteit als er meer dan 25 m3 wordt ontgraven. Ter plaatse van boring 10 is bij graafwerkzaamheden de Mba graven met een kwaliteit groter dan de interventiewaarde van toepassing.

4 Oppervlaktewater

4.1 Achtergrond

Klimaatverandering heeft verschillende gevolgen voor de kwaliteit van stedelijk oppervlaktewater [16]. Door klimaatverandering ontstaat er onder andere vaker zuurstofgebrek in oppervlaktewater. Zuurstofgebrek kan worden veroorzaakt door hitte en door hevige neerslag, waardoor afspoeling van nutriënten richting het oppervlakte plaatsvindt. Meer voedingsstoffen in het water zorgen voor een hogere concentratie fosfor en stikstof, waardoor de groei van bacteriën zoals blauwalg gestimuleerd wordt [16].

4.2 Beleid

4.2.1 Kwaliteit

Alle ontwikkelingen binnen een plangebied moeten voldoen aan de eisen uit de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). De KRW is een Europese regelgeving die door alle lidstaten wettelijk is verankerd [18]. De doelstelling is het bereiken en beschermen van een goede toestand van landoppervlaktewater, overgangswateren en kustwateren. Op dit moment is de kwaliteit in veel wateren nog ontoereikend.

De uitvoering van de KRW is een gezamenlijke verantwoordelijkheid van Rijk, provincies, waterschappen en gemeenten. De KRW gaat uit van een aanpak op het niveau van internationale stroomgebieden. De maatregelen zijn deels vastgelegd in de Waterplannen van de provincies en de waterbeheerplannen van de waterbeheerders.

Binnen het Amsterdamse Bos wordt de Amsterdamse Poel beschouwd als KRW-Waterlichaam.
Het Hoogheemraadschap Rijnland stuurt aan om de Poel in 2027 toereikend te laten zijn als KRW-Waterlichaam, dat is de Poel op moment van schrijven niet.

4.2.2 Kwantiteit

Voor dempingen, compensaties en verhardingstoenames in het projectgebied is de Keur Rijnland [16] leidend. De belangrijkste regels zijn:

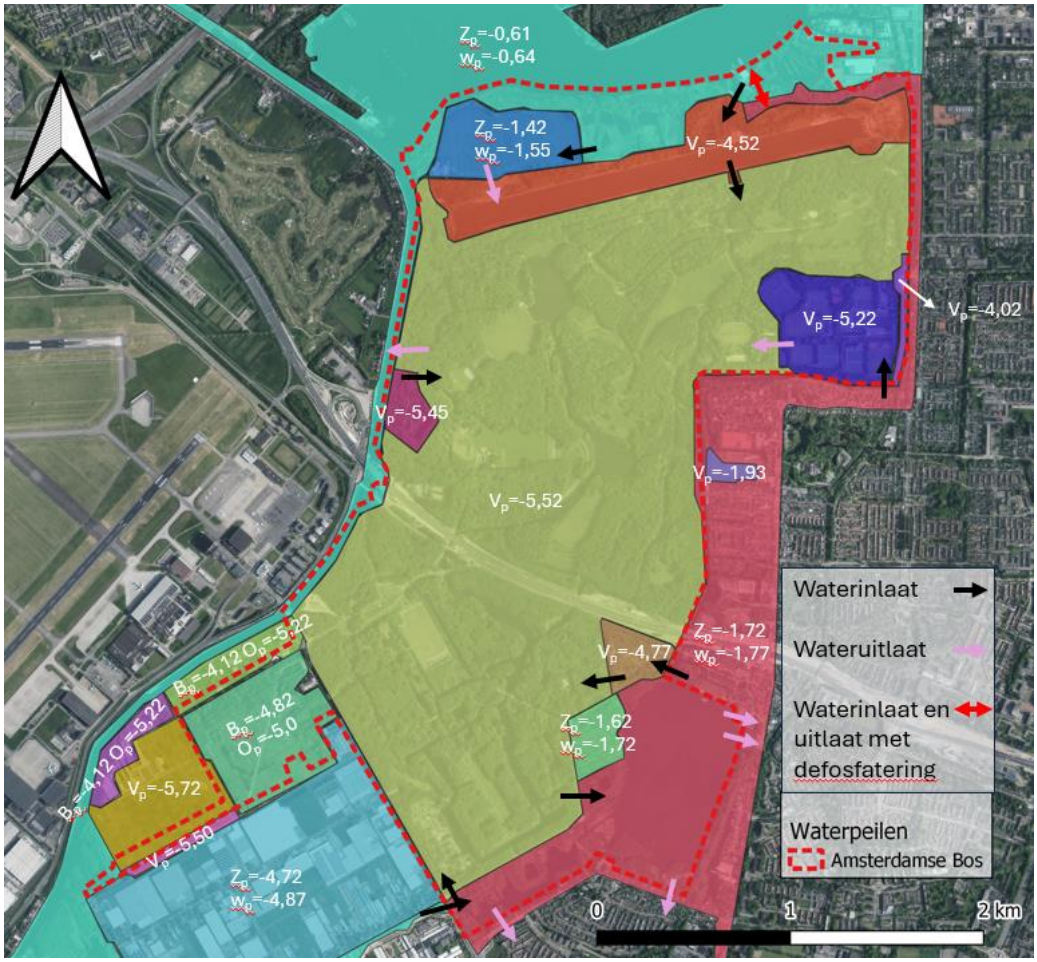
1. Een demping in het gebied dient 1 op 1 te worden gecompenseerd in de vorm van oppervlaktewater in hetzelfde watersysteem.
2. Bij een toename van de verharding dient dit (deels) te worden gecompenseerd in oppervlaktewater of door de aanleg van een alternatieve vorm van waterberging.
3. De waterbalans dient ten alle tijden positief te blijven (dus eerst compenseren en dan dempen).

4.3 Huidige situatie

De oppervlaktewatersituatie staat nauwkeurig beschreven in het rapport van de Bosgroep Midden Nederland en Probos (2024), hieronder de belangrijkste zaken daaruit.
Het Amsterdamse Bos is gelegen in een polder, waardoor het watersysteem gestuurd kan worden en vaste waterpeilen aangehouden kunnen worden (Figuur 4.1). Het Amsterdamse Bos is ingedeeld in twee typen peilvakken; peilvakken met een vast peil en peilvakken met een seizoen peil. Naast gestuurde inlaat en uitlaat spelen natuurlijke processen zoals kwel en neerslag een rol binnen het watersysteem. De grootste posten op de waterbalans van het Amsterdamse Bos zijn neerslag en uitspoeling (neerslag die niet direct op het oppervlaktewater terecht komt, maar via drains en/of freatisch grondwater het oppervlaktewater bereikt). Inlaat van oppervlaktewater is maar ongeveer 3-11% van de totale influx, met in de zomer een hogere inlaat dan in de winter (Goderie, 2001).

In de peilvakken wordt water ingelaten van en uitgelaten naar verschillende polders in en om het Amsterdamse bos. Tussen het noordelijke deel (ten noorden van de A9) en het zuidelijke deel (ten zuiden van de A9) vindt nauwelijks uitwisseling van oppervlaktewater plaats doordat de (meeste) inlaten zich ten noorden van de A9 bevinden en tussen het noordelijk en zuidelijk deel alleen twee relatief smalle waterlopen bevinden (Goderie, 2001). De belangrijkste inlaten voor het Amsterdamse Bos liggen aan de noordkant, vanuit de Nieuwe Meer naar de Bosbaan, en via Polder Meerzicht. Deze polder heeft een natuurdoelstelling (flora- en faunarijk grasland). Verder is er een inlaat vanuit Nieuwe Meer, via Hoornsloot naar de Amstelveense en Kleine Poel; hier wordt het water gedefosfateerd. In het Schinkelbos wordt geen water ingelaten, het bos heeft een natuurlijk fluctuerend peil.

Om het waterpeil gedurende lange droge perioden stabiel te houden is het inlaten van water nodig. Zolang de kwaliteit van het inlaatwater onder de maat is, blijft ook de waterkwaliteit in het Amsterdamse Bos te laag. Daarnaast is het mogelijk dat de kweldruk van zoute kwel, toeneemt in een droge periode (minder tegendruk van zoet water) met verzilting tot gevolg of verzilting als gevolg van een onvoldoende beschikbaarheid aan zoet inlaatwater. De toename in zoute kweldruk door verlaging in de freatische grondwaterstand in droge perioden, kan worden beïnvloed door (tijdelijke) aanpassingen in het oppervlaktewaterpeil. Wanneer het oppervlaktewaterpeil wordt verhoogd zal het freatische grondwater meebewegen en zo een grotere neerwaartse zoetwaterdruk creëren. Deze neerwaartse druk kan de zoute kwel terugdringen. Dit brengt het nadeel met zich mee dat de ontwateringsdiepte voor de bomen verandert, waardoor deze schade kunnen ondervinden. Met boomexperts zal moeten worden geïnventariseerd wat de gewenste maatregel is bij aanhoudende verzilting.



Figuur 4.1 Peilvakken met het waterpeil in mNAP (vast of seizoensgebonden) en de locatie van de waterinlaten en wateruitlaten.

5 Grondwater

5.1 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 stijghoogte 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.

5.2 Beleid

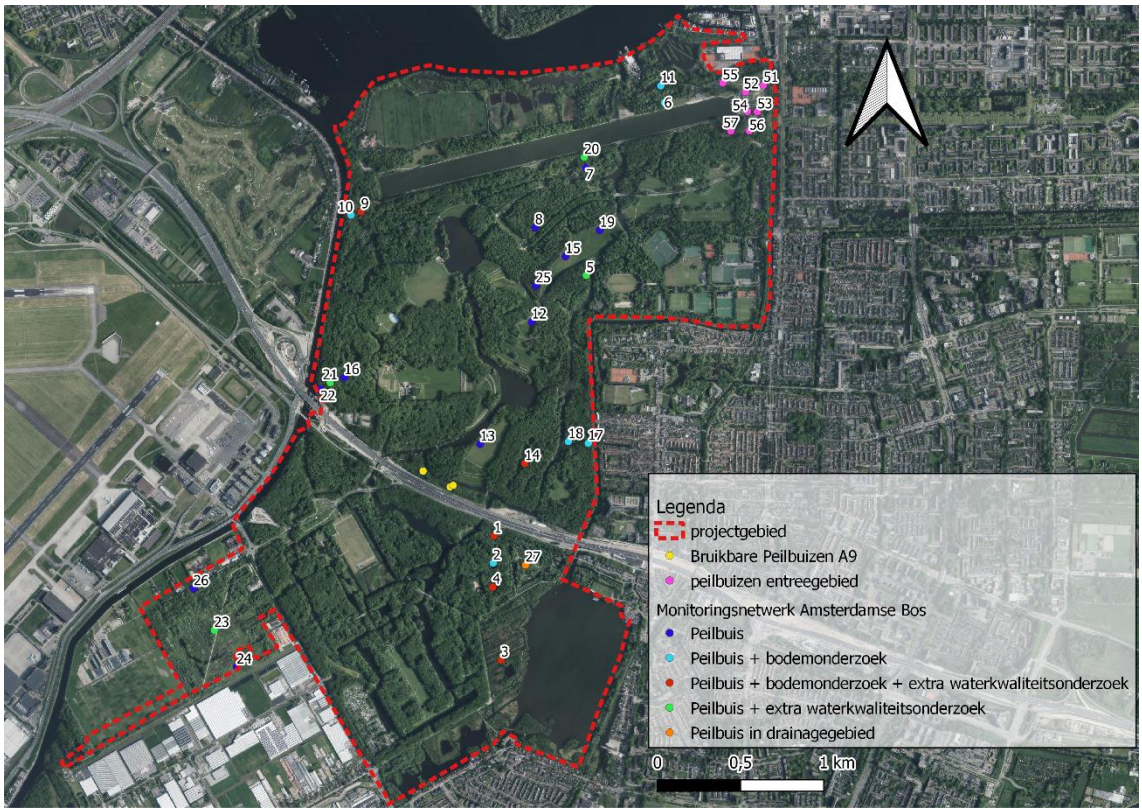
De gemeente Amsterdam acht conform het Handboek Groen [10] een ontwateringsdiepte van tenminste 1,0 m wenselijk voor de aanplant van (1ste orde) bomen, met een minimale eis van 0,8 m t.o.v. de GHG. Daarnaast is een groeiplaats van minimaal 25 m^3 per boom benodigd. Wanneer de ontwatering minder is dan 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.

5.3 Huidige situatie

5.3.1 Grondwaterhuishouding

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 5.1.



Figuur 5.1 Grondwatermeetnet en bodemonderzoek Amsterdamse Bos + entreegebied en peilbuizen A9

Het grondwatermonitoringsmeetnetwerk weergegeven in Figuur 5.1 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.

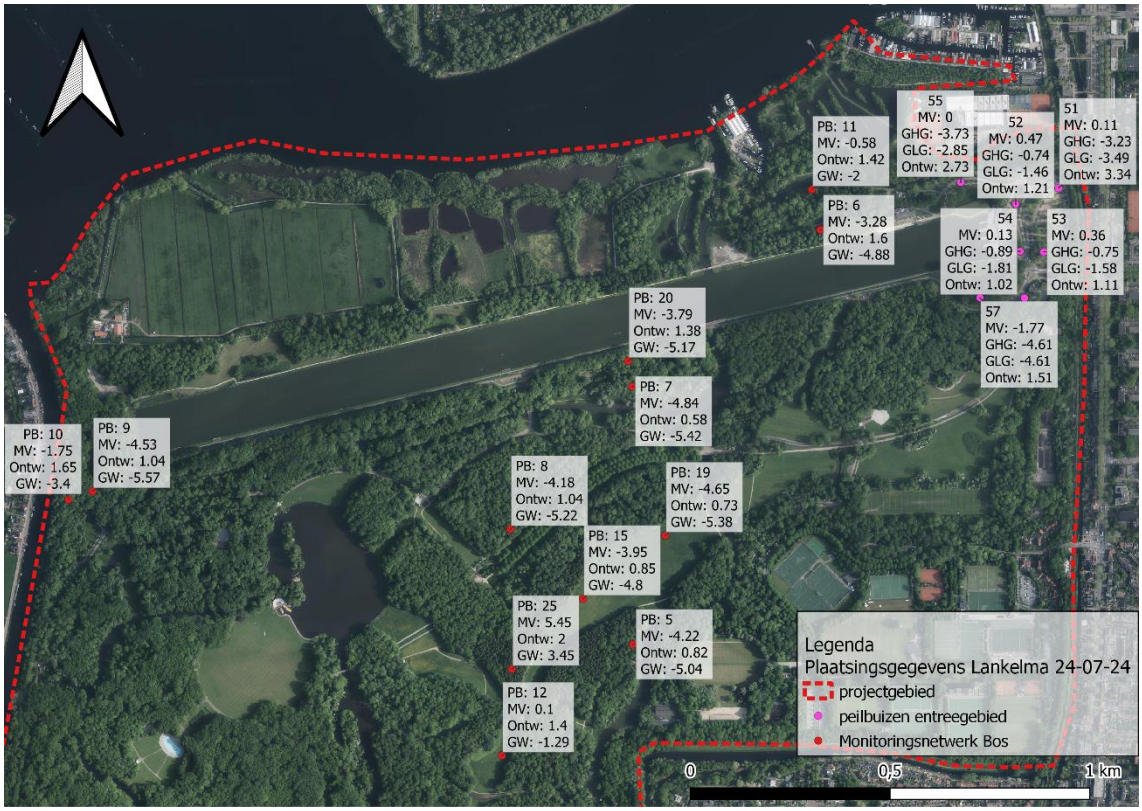
5.3.1.1 Grondwaterstanden

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. De resultaten van deze meting staan weergegeven in Bijlage 4 - . 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, zie Figuur 5.2 en Figuur 5.3. Vanaf 26 juli 2024 meten de telemetrische loggers de waterstand in de peilbuis continu. Dit betekent dat er slechts twee vaste momentopnames en één maand aan meetgegevens zijn gebruikt voor de

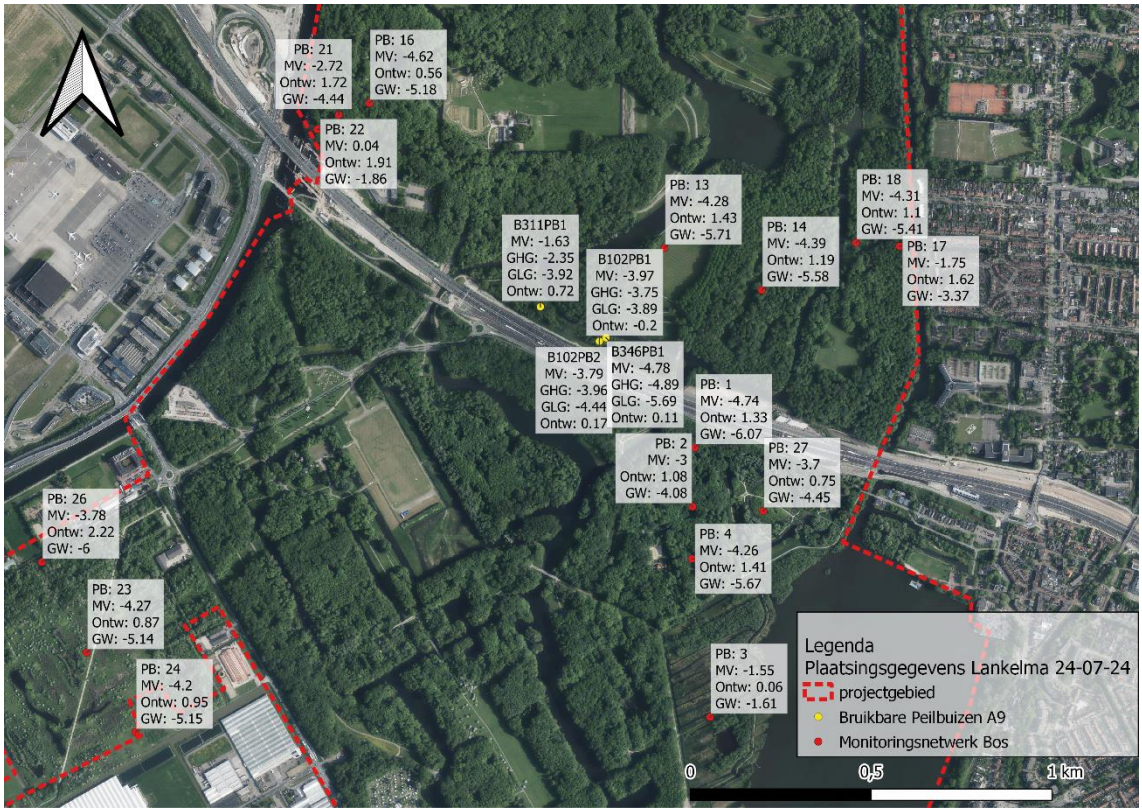
onderstaande grondwateranalyse. Dit is eigenlijk onvoldoende data om de grondwaterhuishouding goed weer te geven. Belangrijk om dit rapport daarom ook in dit perspectief te plaatsen.

Een tweede aandachtspunt is dat de maaiveldhoogte ter plaatse van de peilbuizen nog niet is ingemeten. Door de dichte begroeiing van het bos is het de plaatsende partij niet gelukt om het maaiveld in te meten via GPS. Deze maaiveldhoogtes zijn essentieel en zullen moeten worden ingemeten met landmeters. De maaiveldhoogte in meters t.o.v. NAP is nodig om te gebruiken als ijkpunt om de grondwaterstanden in meters t.o.v. NAP te kunnen bepalen. Zonder maaiveldhoogte zijn de door de loggers gemeten waterhoogten niet in ruimtelijk perspectief te plaatsen. Om de loggerdata toch enigszins te kunnen interpreteren is de maaiveldhoogte bepaald via de Algemene Hoogtekaart Nederland (AHN)[5]. Op een schaal van 0,5 x 0,5 m is op deze kaart d.m.v. laseraltimetrie vanuit vliegtuigen en filtering de hoogte bepaald. Dit brengt een mogelijke onnauwkeurigheid met zich mee van 10-30 centimeter. De verwachting is dat de maaiveld hoogtes in 2024 nog wel worden ingemeten, dan kan een correctie worden toegepast.

Het laatste aandachtspunt zijn de loggers, na plaatsing blijkt dat peilbuis 8 drie weken geleden gestopt is met meten en peilbuis 14 hele hoge waarden logt, waarschijnlijk door een verkeerde afstelling t.o.v. maaiveld. Ook zijn van de 5 EC-loggers (PB 1, 5, 9, 21 en 23) nog geen gegevens beschikbaar, deze worden zo spoedig mogelijk beschikbaar gesteld in het dataportaal door Lankelma, ook zullen zij logger 8 en 14 moeten herstellen. De loggerresultaten van deze peilbuizen zijn daarom niet meegenomen in deze analyse.



Figuur 5.2 Peilbuisgegevens Amsterdamse Bos Noord, plaatsingsgegevens Lankelma 24-07-2024



Figuur 5.3 Peilbuisgegevens Amsterdamse Bos Zuid, plaatsingsgegevens Lankelma 24-07-2024

Figuur 5.2 en 5.3 laten de plaatsingsgegevens zien van de peilbuizen in het monitoringsnetwerk op het moment van loggerplaatsing op circa 24 juli. Binnen het netwerk zijn er drie groepen te onderscheiden; de peilbuizen in het bos, de peilbuizen langs de A9 en de peilbuizen bij het entreegebied. Voor de peilbuizen in het bos zijn de maaiveldhoogtes vanuit de AHN5 (mNAP), de ontwateringsdiepte t.o.v. maaiveld (m-mv) o.b.v. de handmeting op 24-07-2024, de gemeten grondwaterstand (mNAP) o.b.v. ontwatering en AHN5.

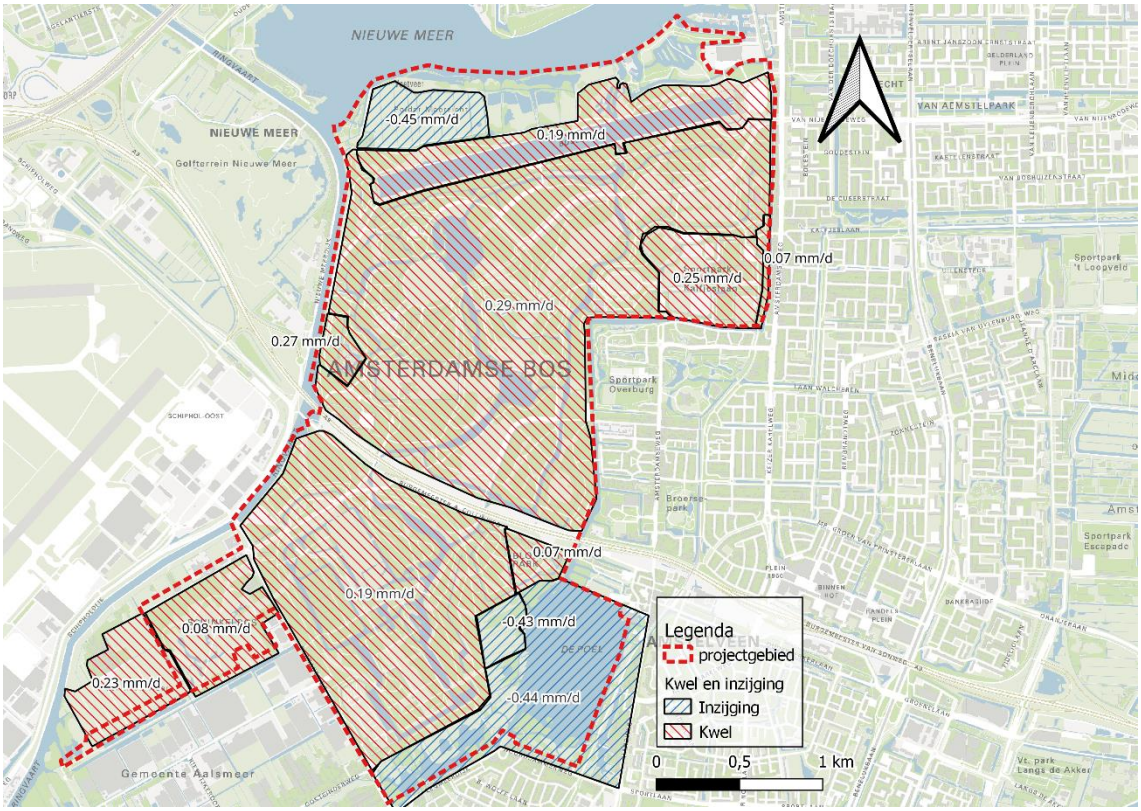
De peilbuizen rond het entreegebied en de A9 zijn de maaiveldhoogten en de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG), gemiddelde grondwaterstand (GG) en gemiddelde hoogste grondwaterstand in mNAP weergegeven. Daarnaast is peilbuis B102PB1 van de bruikbare peilbuizen A9 een peilbuis met filter in het eerste watervoerend pakket en peilbuis B102PB2 (A9) is een peilbuis op dezelfde locatie maar dan met filter in het freatische pakket.

5.3.1.2 Kwel en inzijging

Het grondwater in het eerste watervoerende pakket (tot –50 m NAP) stroomt in zuidelijke richting, ongeveer evenwijdig aan de loop van de Ringvaart [23]. Of er daarnaast kwel of inzijging plaatsvindt in een gebied is afhankelijk van het verschil in stijghoogte tussen het freatische pakket en het eerste watervoerende pakket, en de weerstand. De aanwezige basisveenlaag onder het gehele bos bepaalt voor een grote mate de weerstand. Hierdoor is het verschil tussen de hoeveelheid kwel of wegzijging tussen verschillende peilgebieden voornamelijk bepaalt door het stijghoogte verschil tussen het freatische pakket en het eerste watervoerende pakket.

Ten noorden van de Bosbaan in polder Meerzicht en rondom de Amstelveense poel is het Hollandveen niet afgegraven. Deze gebieden liggen daardoor hoger en hebben een hoger peil dan de rest van het bos. Op deze plekken vindt daardoor inzijging van water plaats, in het overige deel

van het Amsterdamse bos is spraken van kwel. Door de indeling in peilvakken zijn er min of meer scherp begrensde gebieden waar kwel of inzijging plaatsvindt. De precieze kweldruk is niet bekend (Goderie, 2001). Om dit te berekenen is er goed inzicht in de stijghoogte in het freatische pakket en het eerste watervoerende pakket nodig. Deze gegevens zijn niet genoeg beschikbaar. Voor de freatische stijghoogte wordt nu middels het monitoringsnetwerk gegevens in gewonnen. Om toch een indicatie van de kwel/inzijging te geven zijn de kwelstromen middels de bodemsamenstelling, waterpeilen en isohypsenkaarten [24] wel benaderd. Bij deze benadering is ook gebruik gemaakt van gegevens van 1 peilbuis met twee filters op verschillende diepten (freatisch en 1^{e} watervoerde pakket), gebruikt voor de aanleg van de A9. Van deze benadering staan de resultaten weergegeven in Figuur 5.4. Ook de resultaten gevonden voor de peilbuizen uit diepere grondlagen van Waternet weergegeven in Figuur 5.5 ondersteunen het kwelpatroon.



Figuur 5.4 Kwel en inzijgingsgebieden in het Amsterdamse bos, met kwel/inzijging in mm/dag



Figuur 5.5 Peilbuizen uit diepere grondlagen

Grondwater dat via kwel omhoogkomt uit dieper gelegen watervoerende lagen is zouter dan het freatische grondwater. Door toevoeging van loggers die naast de stijghoogte ook de elektrische conductiviteit (EC) meten kan hier in de toekomst inzicht in worden verkregen. Deze EC-loggers zitten verspreidt over het bos in peilbuizen 1, 5, 9, 21 en 23, zie Figuur 5.1. De verwachting is dat in droge perioden wanneer de neerwaartse waterdruk afneemt, de kweldruk toeneemt en er dus zouter water wordt gemeten in het freatische grondwater.

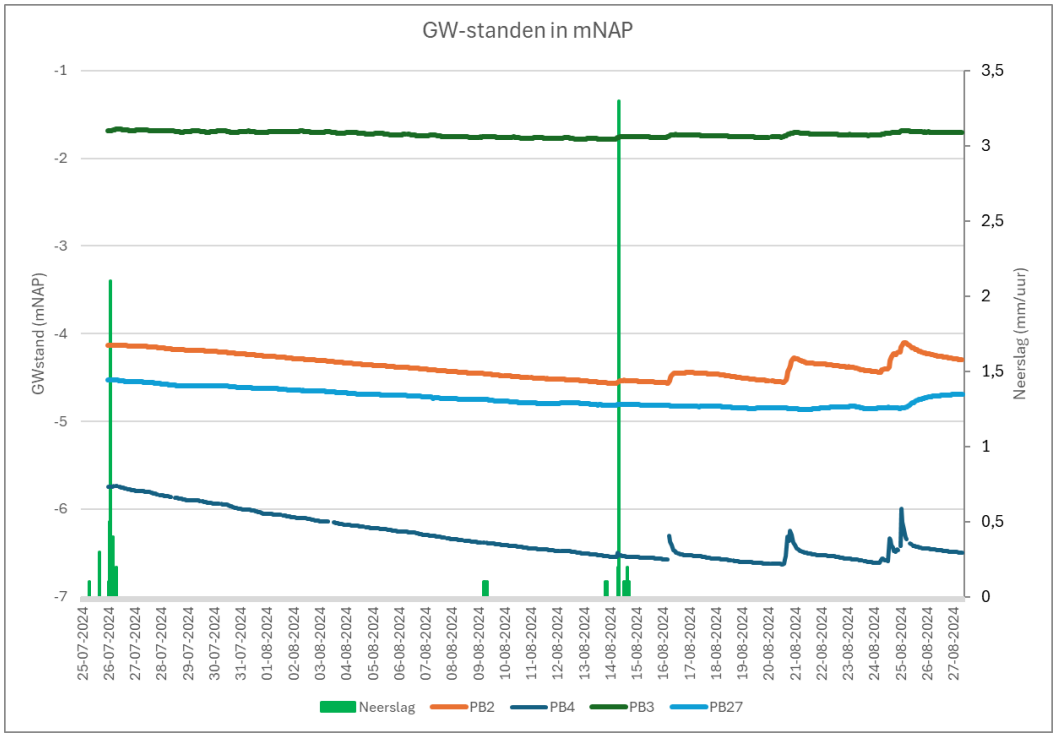
5.4 Analyse grondwater op basis van monitoringsnetwerk data

De gegevens die beschikbaar zijn bestaan uit twee handmetingen, ten tijde van plaatsing peilbuizen en ten tijde van plaatsing loggers, en een maand aan loggerdata voor de peilbuizen waar géén EC-meting wordt gedaan. Op moment van schrijven is de data van de loggers die EC-metingen doen nog niet beschikbaar.

De metingen vallen in een periode waarin relatief weinig neerslag is gevallen. Op basis van de gemeten grondwaterstand van lang metende peilbuizen in andere projecten is naar verwachting lager dan gemiddeld. Er zijn een aantal hevige neerslag events geweest op 16 (10 mm/u), 21 (14 mm/u), 24 (13 mm/u) en 25 augustus (14 mm/u), die terug te zien zijn in de peilbuismetingen van enkele peilbuizen. Het dichtstbijzijnde weerstation van het KNMI, Schiphol, heeft op het moment van schrijven echter enkel de neerslagdata tot 16 augustus gepubliceerd. De neerslagdata is dan ook maar tot 16 augustus weergegeven in de grafieken. Hierdoor zijn de hevige neerslag events niet als neerslag te zien in de grafieken terwijl ze er wel zijn. De stijghoogte en neerslaggrafieken per peilbuis zijn per geografisch gekozen peilbuiscluster weergegeven in Bijlage 6 - . In Figuur 5.6 is een van de stijghoogtegrafieken weergegeven ter illustratie.

Te zien is dat enkele peilbuizen relatief sterk en snel reageren op de piekbuien. Dit is met name te zien in peilbuis 2, 4 en 7 die beduidend sterker reageren dan de andere peilbuizen in het bos. Ook

zijn er een aantal peilbuizen die weldegelijk reageren op de piekbuien maar minder sterk en langzamer. Bij deze peilbuizen, 3, 6, 11, 15, 16, 17, 18, 22, 27, is te zien dat de dalende trend door de opvolgende piekbuien langzaam wordt omgebogen richting of helemaal tot een (tijdelijk) licht stijgende trend. Ook is te zien dat andere peilbuizen 10, 12 en 25 nagenoeg niet lijken te reageren op de piekbuien en waar de dalende trend doorzet. Het globale beeld in het freatische grondwater in het Amsterdamse bos in de meetperiode is een uitzakking van de grondwaterstanden. Deze uitzakking is te verwachten in de droge maanden. De gemiddelde uitzakking van het grondwater is 27 cm voor de maand augustus.



Figuur 5.6 Grondwaterstanden van peilbuis 2, 3, 4 en 27 in mNAP van 25-07-2024 tot 28-08-2024 met neerslaggegevens in mm/uur van KNMI-weerstation Schiphol van 25-07-2024 tot 16-08-2024

Tabel 2 laat de grondwaterstanden zien t.o.v. NAP op basis van AHN5. De weergegeven grondwaterstanden laten de twee handmetingen zien, de eerste waarde van de loggers en de laatste waarde van de loggers. Hierin wordt het beeld bevestigd dat het grondwater uitzakt en dieper onder maaiveld komt te staan. Het uitzakken van het grondwater zal, met het oog op klimaatverandering, in de toekomst toenemen. Daar waar het freatisch pakket veenlagen bevat is er een toenemende kans op oxidatie en dus inklinking van de bodem.

Daar waar het freatisch pakket sterk beïnvloed wordt door neerslag, de peilbuizen die sterk reageren op neerslagevents, zal in de toekomst het water vaker dichter onder maaiveld staan. Dit komt omdat het water hier dus blijkbaar snel infiltreert richting het grondwater. Dit is vooral een probleem bij langdurige natte perioden, omdat het grondwater dan waarschijnlijk al hoog staat. In droge periode wordt geen probleem verwacht aangezien hier het water snel richting het grondwater wegzakt. Bij peilbuizen die niet reageren op piekbuien is het een mogelijkheid dat regenwater niet goed infiltreert in de bodem, waardoor er een verhoogde kans is op dat regenwater op maaiveld blijft staan bij extremen.

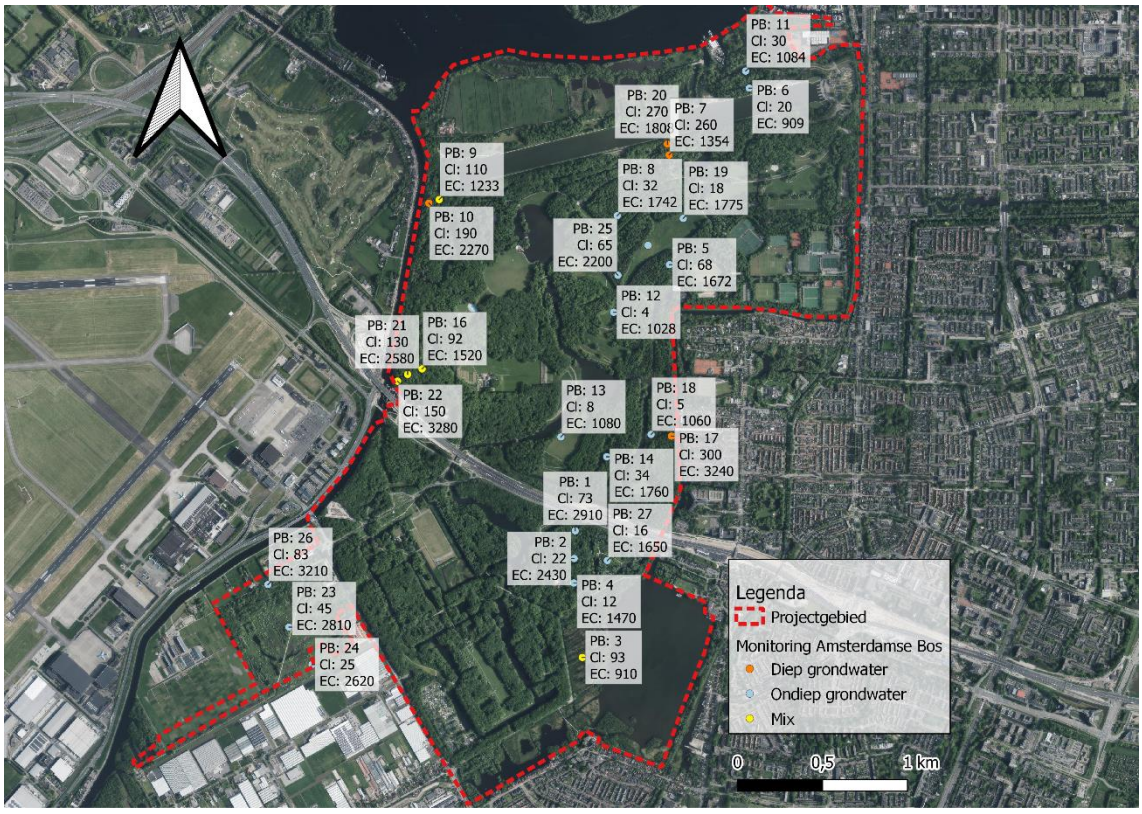
Tabel 2 Grondwaterstanden peilbuizen

Peilbuis	GW 24-6 (mNAP) (Stantec)	GW 24-7 (mNAP) Lankelma	GW 26-7 (mNAP) eerste logger waarde	GW 27-8 (mNAP) laatste logger waarde	Uitzakking GW (m)
PB01	-5,87	-6,07	EC-logger (nog niet in portal)	EC-logger (nog niet in portal)	EC-logger (nog niet in portal)
PB02	-3,97	-4,08	-4,13	-4,30	0,17
PB03	-1,63	-1,61	-1,69	-1,71	0,02
PB04	-5,38	-5,66	-5,75	-6,49	0,75
PB05	-4,98	-5,04	EC-logger (nog niet in portal)	EC-logger (nog niet in portal)	EC-logger (nog niet in portal)
PB06	-4,38	-4,88	-4,72	-4,78	0,06
PB07	-5,40	-5,42	-5,66	-5,70	0,03
PB08	-4,98	-5,22	-5,43	Defect	Defect
PB09	-5,37	-5,57	EC-logger (nog niet in portal)	EC-logger (nog niet in portal)	EC-logger (nog niet in portal)
PB10	-2,92	-3,4	-3,46	-3,79	0,34
PB11	-2,00	-2	-2,07	-2,10	0,03
PB12	-1,08	-1,3	-1,33	-1,62	0,28
PB13	-5,47	-5,71	-5,60	-5,97	0,36
PB14	-5,37	-5,58	1,52 (logger onrealistische waarde)	0,88 (logger onrealistische waarde)	Logger onrealistische waarde
PB15	-4,65	-4,8	-4,86	-5,05	0,18
PB16	-5,09	-5,18	-5,33	-5,36	0,03
PB17	-3,11	-3,37	-3,47	-3,69	0,22
PB18	-5,37	-5,41	-5,56	-5,85	0,29
PB19	-5,37	-5,38	-5,42	-5,94	0,52
PB20	-4,92	-5,17	-5,21	-5,65	0,44
PB21	-4,23	-4,44	EC-logger (nog niet in portal)	EC-logger (nog niet in portal)	EC-logger (nog niet in portal)
PB22	-1,48	-1,87	-2,06	-2,35	0,29
PB23	-4,87	-5,14	EC-logger (nog niet in portal)	EC-logger (nog niet in portal)	EC-logger (nog niet in portal)
PB24	-4,69	-5,15	-5,19	-5,59	0,40
PB25	3,08	3,45	3,46	3,14	0,32
PB26	-5,05	-6	-5,93	-6,49	0,57
PB27	-4,43	-4,45	-4,53	-4,69	0,16

Het diepe grondwater in het eerste watervoerende pakket heeft een hoger chloride gehalte dan het freatische grondwater in het Amsterdamse bos. Door kwel vanuit diepere watervoerende lagen verzilt het freatische grondwater. Het chloridegehalte in het freatische grondwater is dus een goede indicatie voor de plaatselijke hoeveelheid kwel. De elektrische conductiviteit (EC) ook wel geleidbaarheid, wordt bepaald door de opgeloste zouten (waaronder chloride) aanwezig in het grondwater. Regenwater heeft een lage EC (30-60 µS/cm). Wanneer het grondwater gedomineerd wordt door infiltratie van regenwater zal de EC waarde dus laag zijn. In Figuur 5.7 is per peilbuis de EC waarde weergegeven in µS/cm en de chloride waarde in mg/l. Te zien is dat bij alle peilbuizen een EC-waarde van rond of boven de 1.000 voorkomt. Dit betekent dat in het Amsterdamse bos het

freatische grondwater, voor de gemeten periode, hoofdzakelijk vanuit de watergangen en dieper grondwater wordt gevoed en minder vanuit neerslag.

Chloride is slechts één van de elementen die de EC-waarde bepalen, het is echter wel een dominerend element. Het chloride gehalte in het freatische grondwater is een indicatie voor de hoeveelheid kwel. Bij de peilbuizen die in Figuur 5.7 een hoog chloridegehalte laten zien is dus meer kwel verwacht. Doordat nu slechts gebruik gemaakt kan worden van een eenmalige meting is de verhouding tussen invloed van neerslag en kwel per locatie nog niet sterk aan te duiden. Wanneer de EC-meters continu waarden geven kan meer inzicht worden verkregen in de reactie van het grondwater op neerslag, door een optredende dan wel uitblijvende daling in gemeten EC-waarden. Ook kan worden gekeken naar een eventuele toename in EC bij langere periode van droogte. Dit zou dan duiden op toenemende kwel.



Figuur 5.7 EC (µS/cm) en chloridewaarden (mg/l) en te verwachte herkomst grondwater op basis van chloride waarden

Aanbevolen wordt dit rapport in termijnen te updaten. Een peilbuismeetreeks wordt betrouwbaarder met de tijd. Zo zijn relaties officieel pas goed te leggen na een meetperiode van 3 jaar. Na een meetperiode van 1 jaar is de verwachting dat er ook al betrouwbare resultaten en effecten zichtbaar zijn. Om te beginnen wordt aangeraden deze rapportage te updaten aan het eind van de aankomende winterperiode.

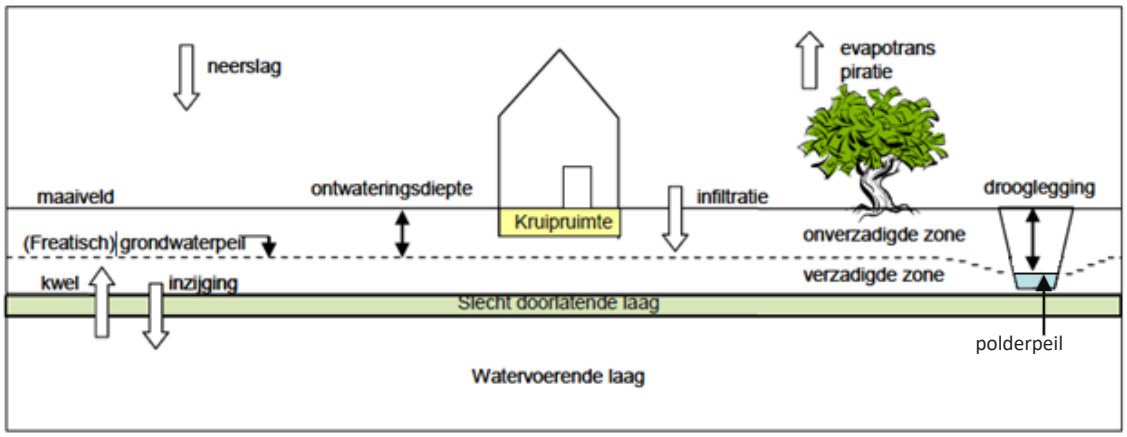
Bronvermeldingen

[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.

Bijlagen

Bijlage 1 - Verklarende woordenlijst
Bijlage 2 - Beleid en regelgeving
Bijlage 3 - Peilbuizen netwerk Amsterdamse Bos
Bijlage 4 - Plaatsingsgegevens Stantec
Bijlage 5 - Boorstaten
Bijlage 6 - Stijghoogtegrafieken per cluster

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.

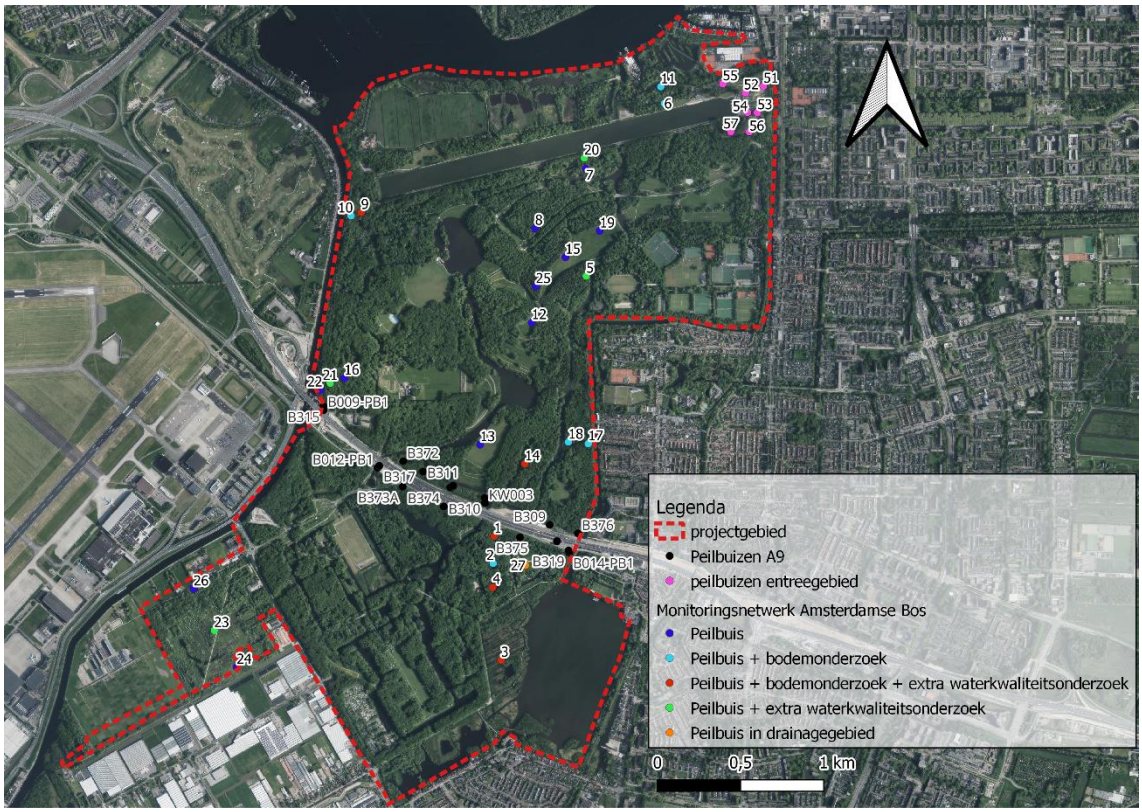
Grondwaterzorgplicht
In de stad komen situaties voor waarbij het gewenste gebruik en de aanwezigheid van grondwater elkaar hinderen, en grondwater voor overlast zorgt. Zo kan een te hoog grondwaterpeil leiden tot problemen, bijvoorbeeld in de vorm van water in kelders en andere vochtproblemen. Daarentegen 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.

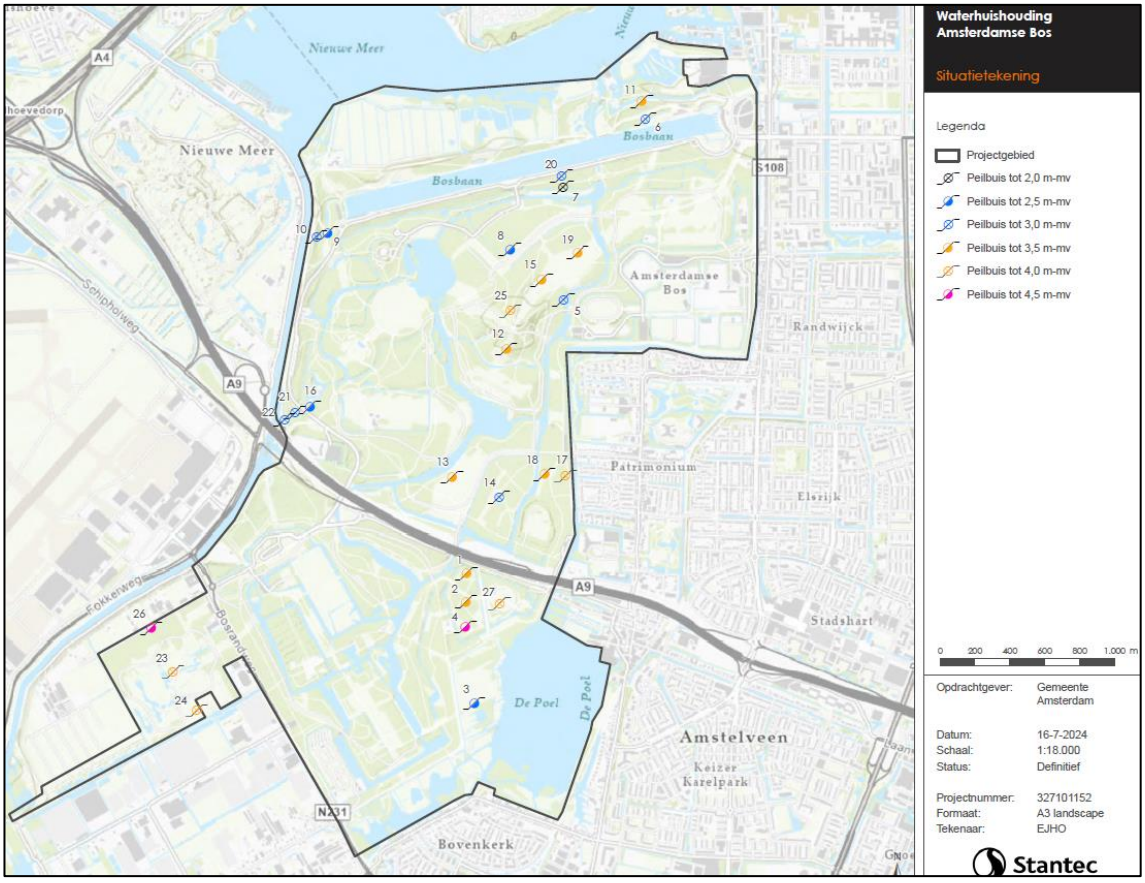
Via de regel om bij een bouwwerk te voorzien in een minimale waterbergingscapaciteit per m² bebouwd oppervlak, wordt hemelwater langer vastgehouden op eigen terrein. Op die manier wordt de extra belasting op de openbare riolering beperkt. Kern van de verordening is dat er bij het bouwen van bouwwerken **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

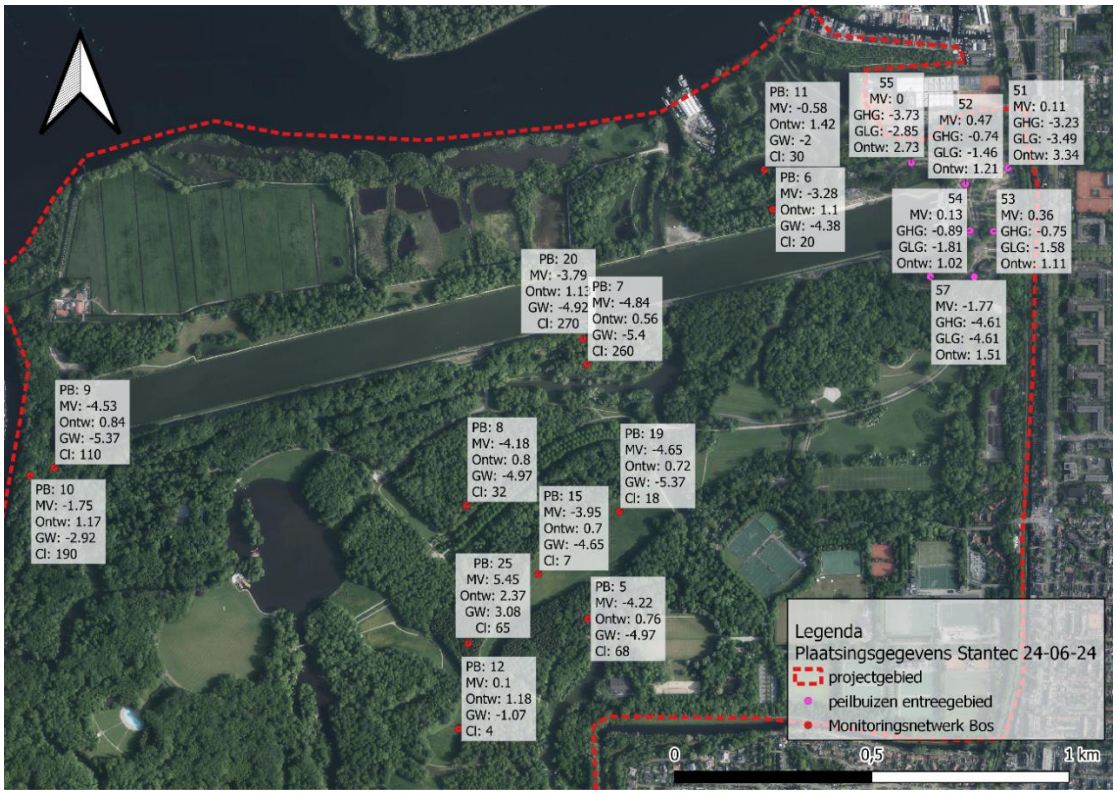


Figuur 0.1 Volledig peilbuizennetwerk in het Amsterdamse Bos inclusief A9

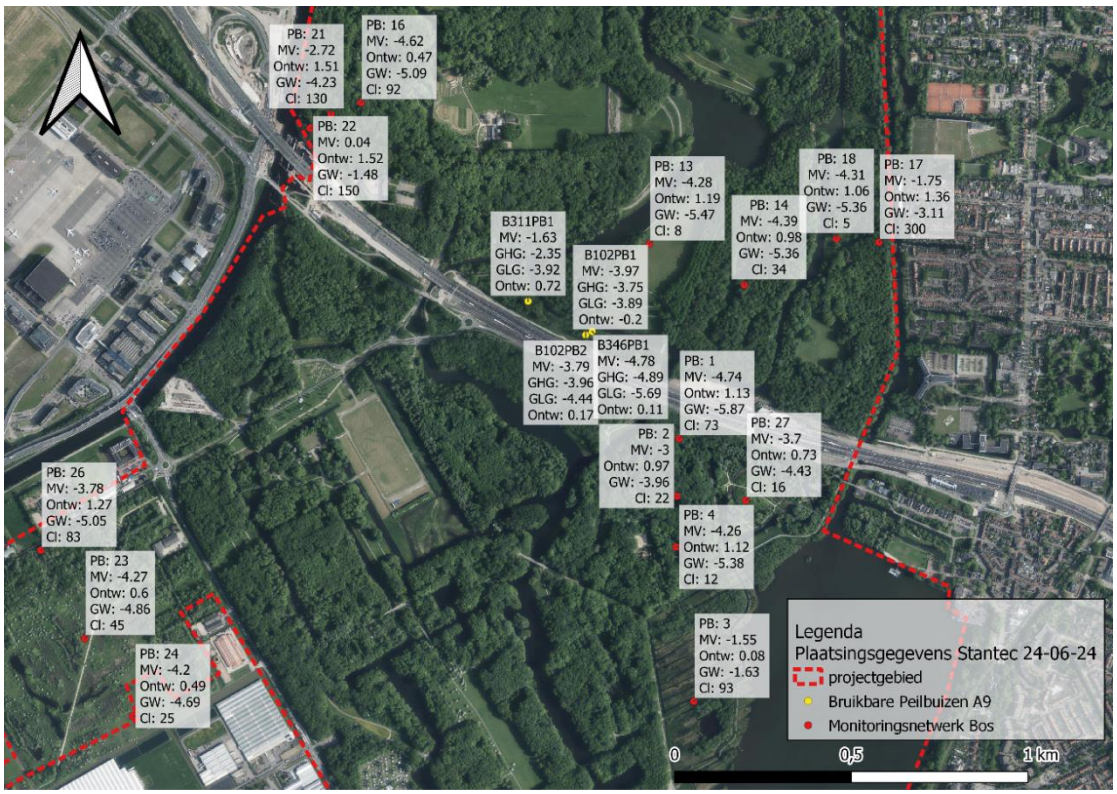
Bijlage 4 - Plaatsingsgegevens Stantec



Figuur 0.2 Situatietekening Stantec met peilbuisdiepten



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

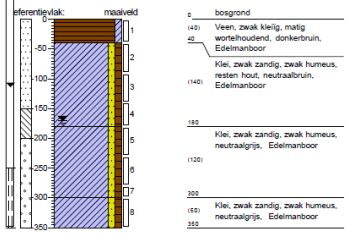


Figuur 0.4 Peilbuisgegevens Amsterdamse Bos Zuid, Stantec 24-06-2024

Bijlage 5 - Boorstaten

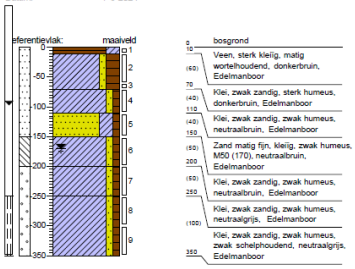
Boring: 1

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



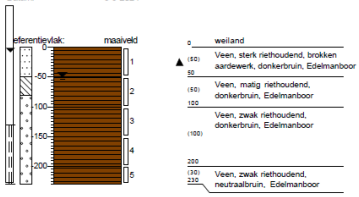
Boring: 2

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



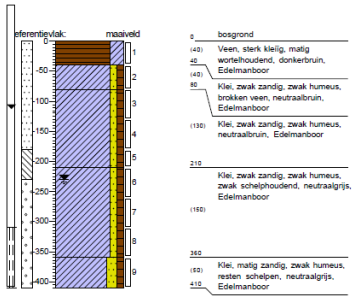
Boring: 3

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



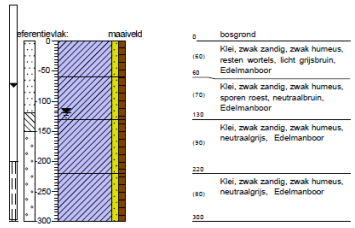
Boring: 4

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



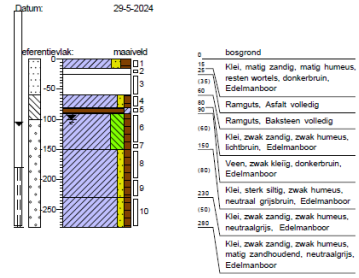
Boring: 5

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



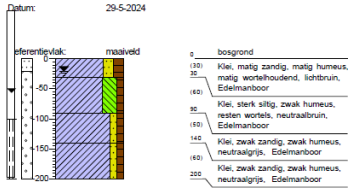
Boring: 6

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



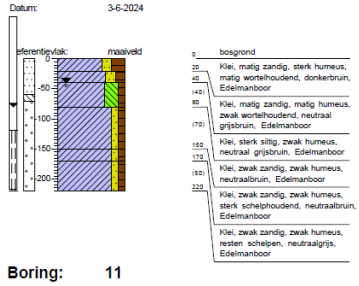
Boring: 7

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



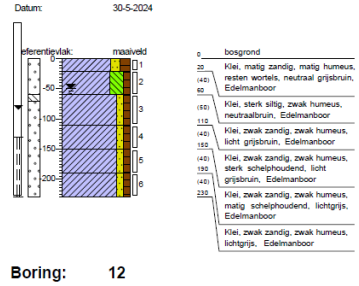
Boring: 8

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



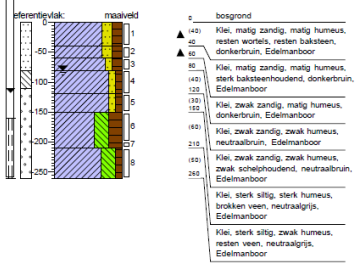
Boring: 9

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



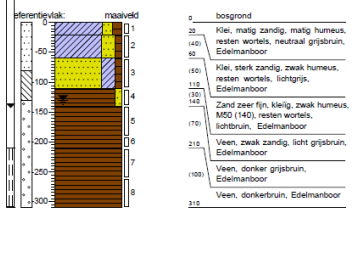
Boring: 10

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



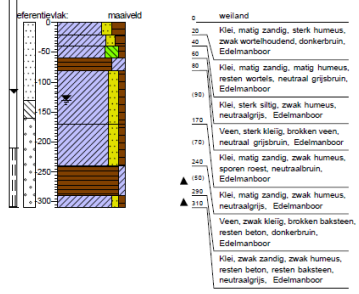
Boring: 11

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



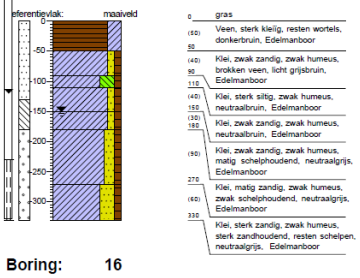
Boring: 12

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



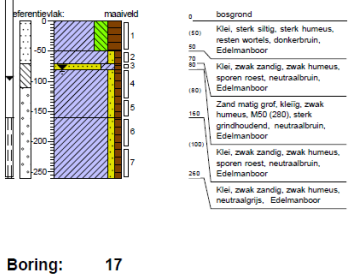
Boring: 13

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



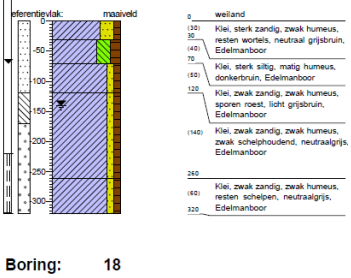
Boring: 14

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



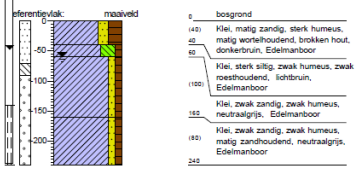
Boring: 15

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



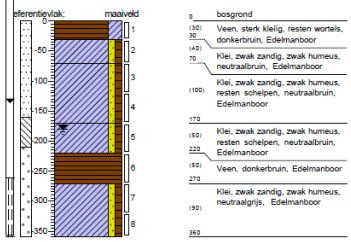
Boring: 16

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



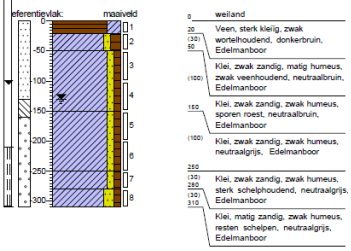
Boring: 17

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



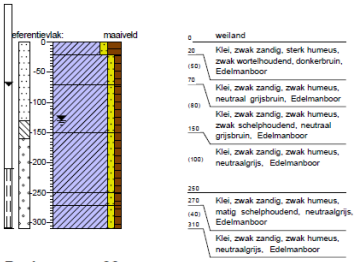
Boring: 18

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



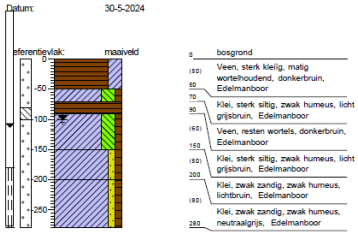
Boring: 19

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



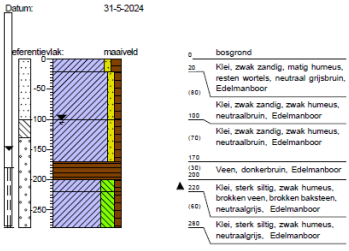
Boring: 20

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



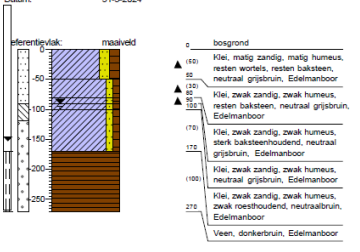
Boring: 21

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



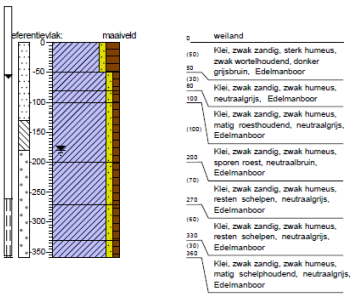
Boring: 22

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



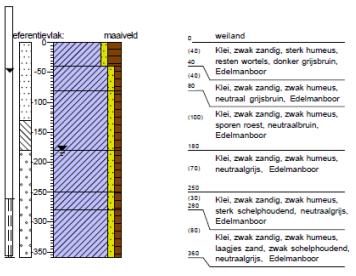
Boring: 23

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



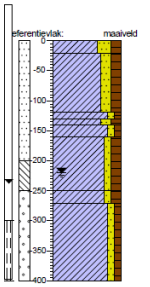
Boring: 24

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



Boring: 25

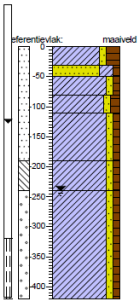
X: 117406,00
Y: 481345,00
Datum: 4-6-2024



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

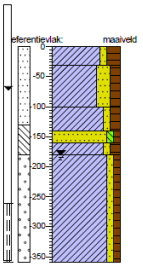
X: 115349,00
Y: 479528,00
Datum: 11-6-2024



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
420		Klei, zwak zandig, zwak humeus, zwak schelphoudend, neutraalgrijs, Edelmanboor

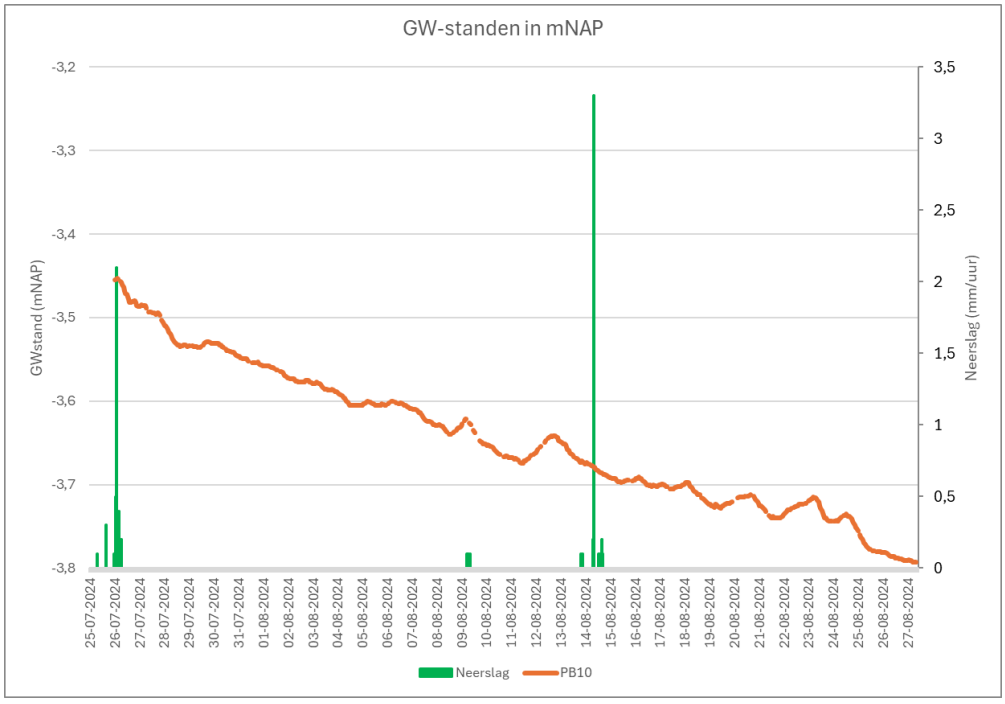
Boring: 27

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

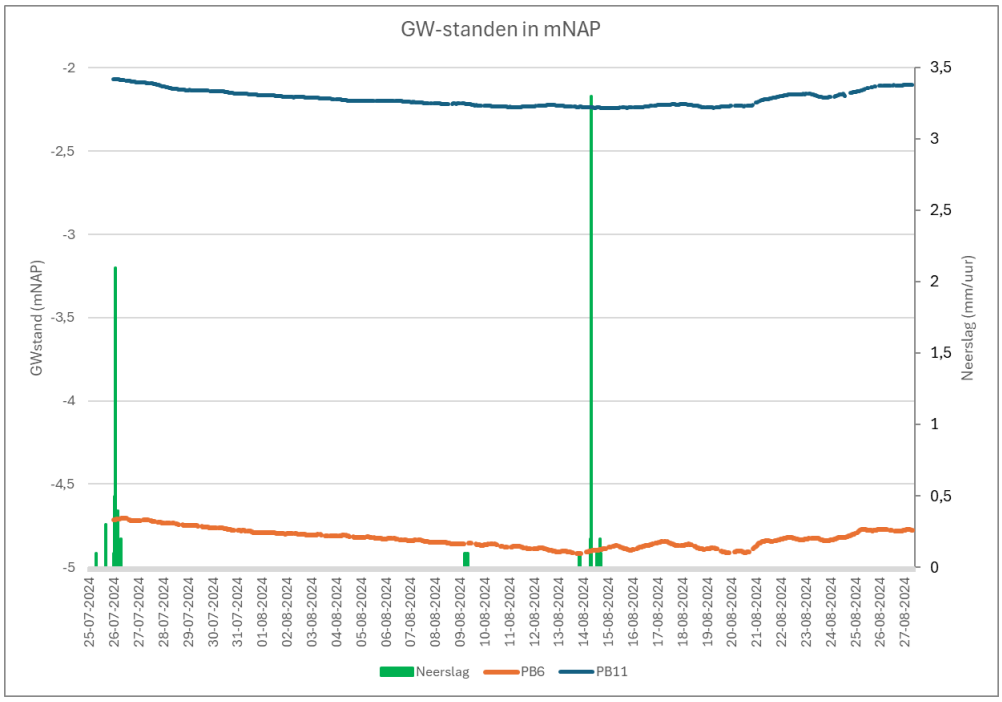


0		gras
(30)		Klei, zwak zandig, sterk humeus,
30		zwak wortelhoudend, donkerbruin, Edelmanboor
	(70)	Klei, sterk zandig, matig humeus,
100		sterk zandhoudend, brokken veen,
	(40)	brokken klei, neutraal grijsbruin,
140		Edelmanboor
160		Klei, zwak zandig, matig humeus,
180		brokken veen, donkerbruin, Edelmanboor
		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

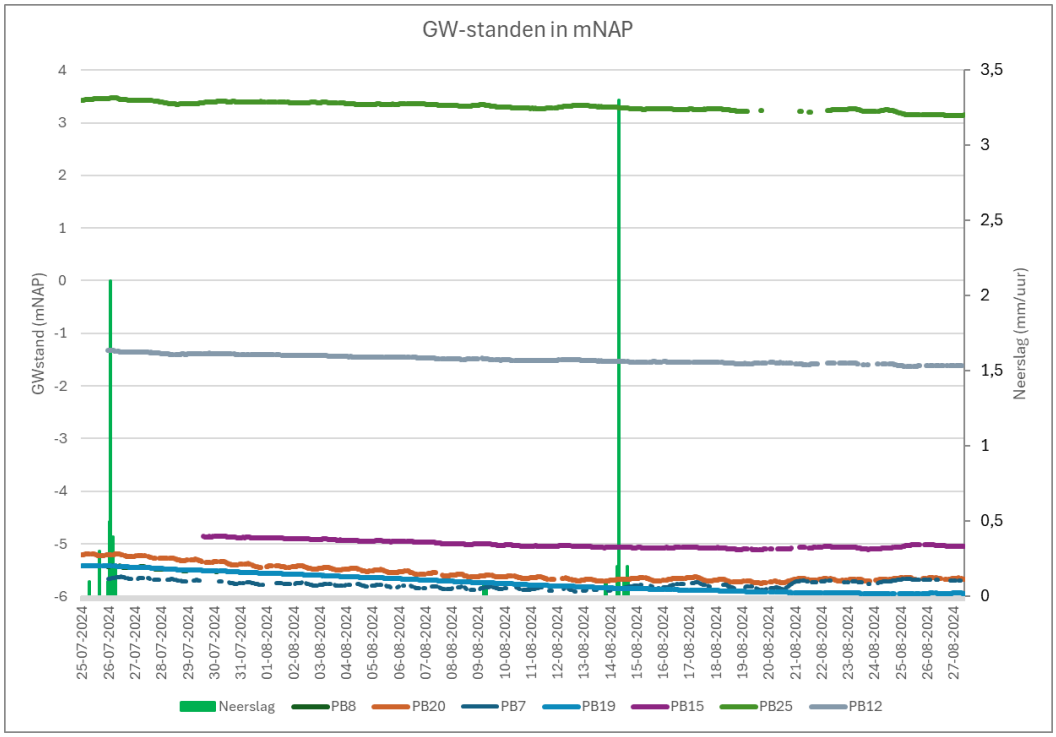
Bijlage 6 - Stijghoogte grafieken per cluster



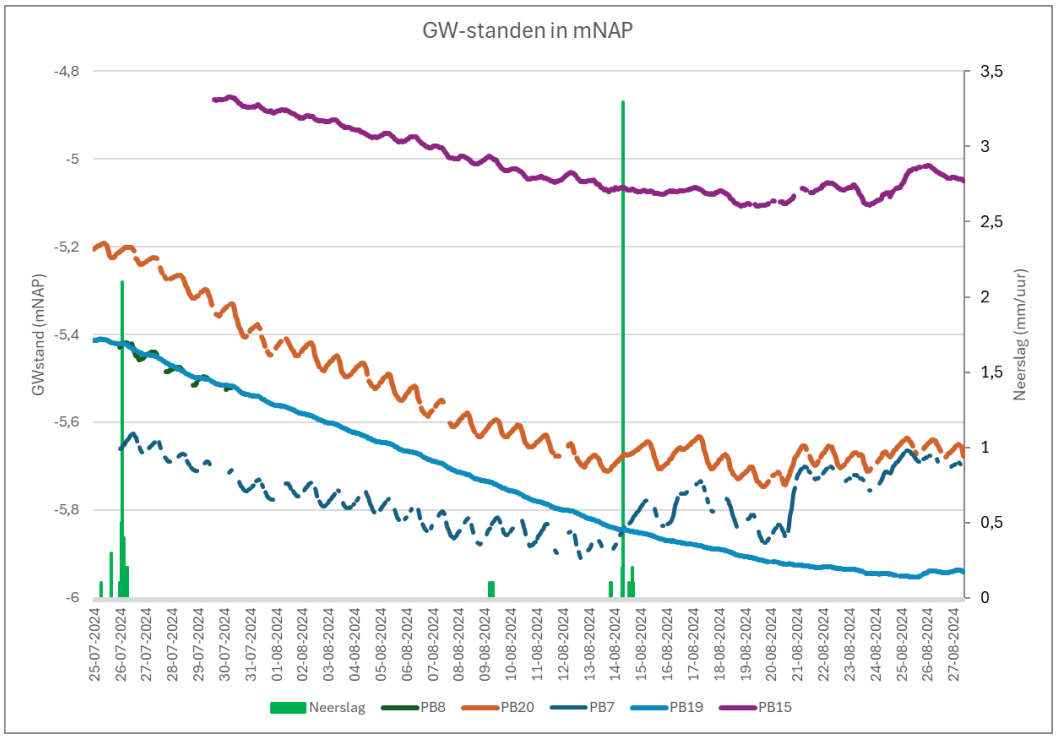
Figuur 0.5 Grondwaterstanden van peilbuis 10 in mNAP van 25-07-2024 tot 28-08-2024



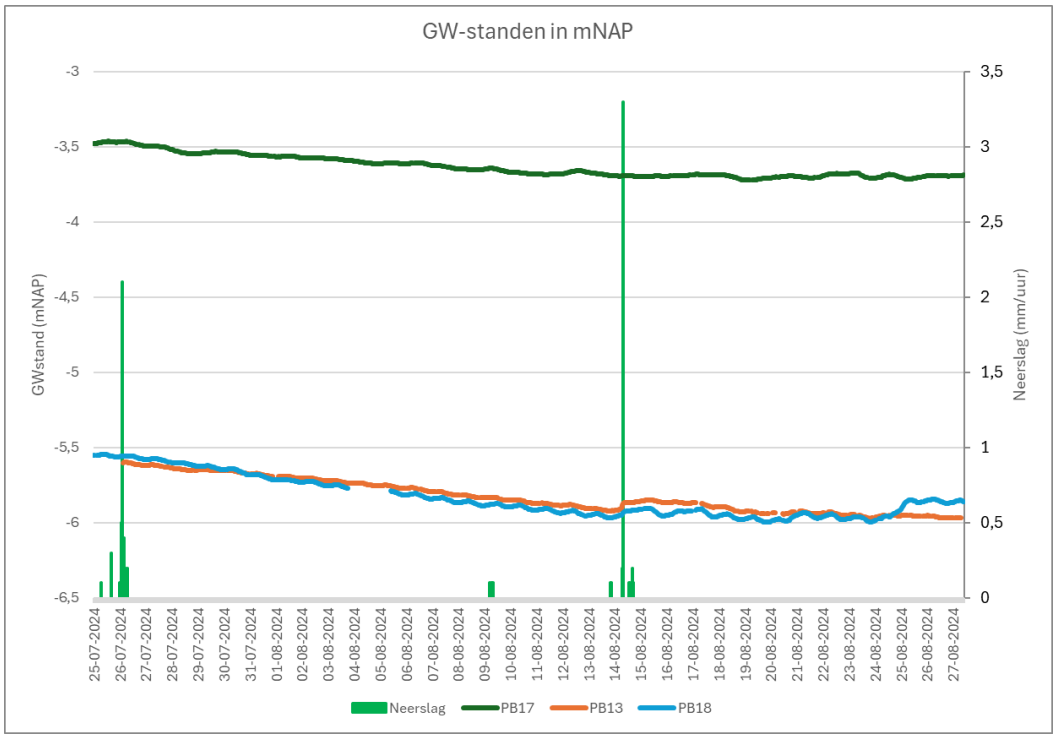
Figuur 0.6 Grondwaterstanden van peilbuis 6 en 11 in mNAP van 25-07-2024 tot 28-08-2024



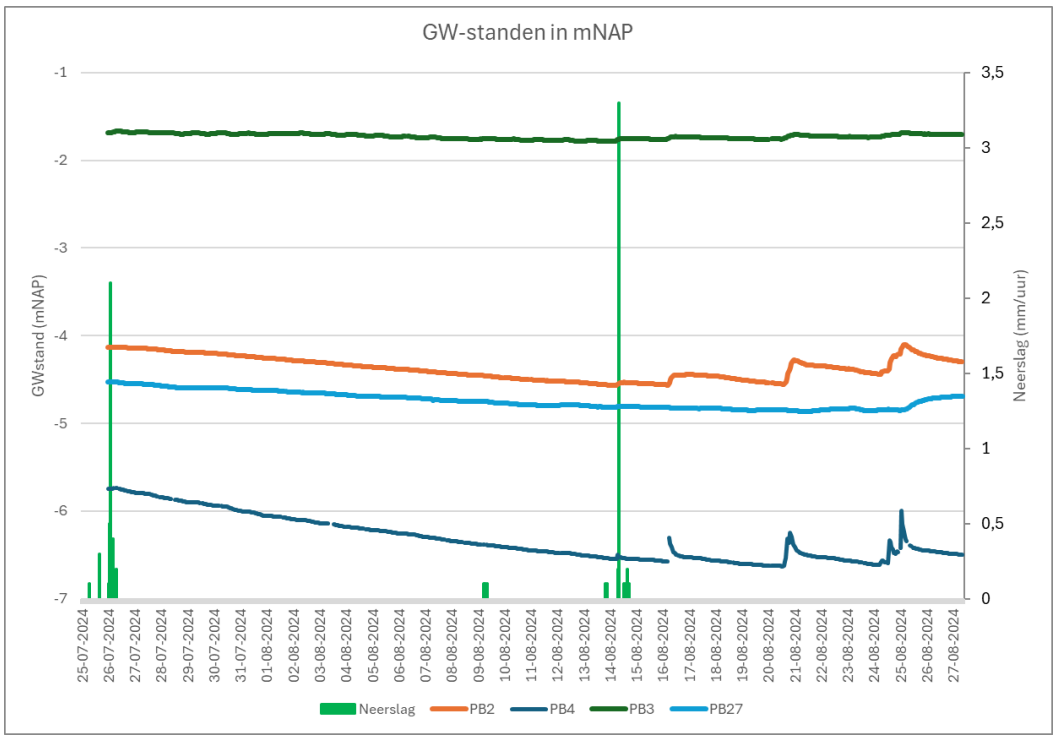
Figuur 0.7 Grondwaterstanden van peilbuis 7, 8, 12, 15, 19, 20 en 25 in mNAP van 25-07-2024 tot 28-08-2024



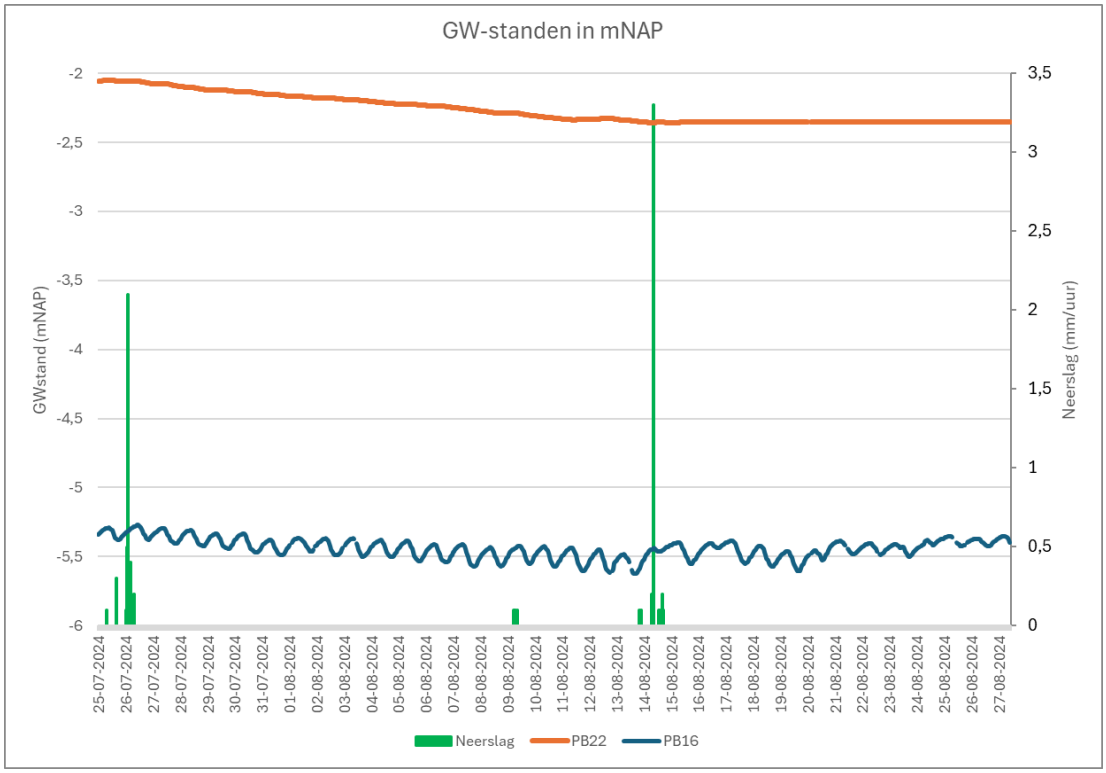
Figuur 0.8 Grondwaterstanden van peilbuis 7, 8,15, 19 en 20 (ingezoomd) in mNAP van 25-07-2024 tot 28-08-2024



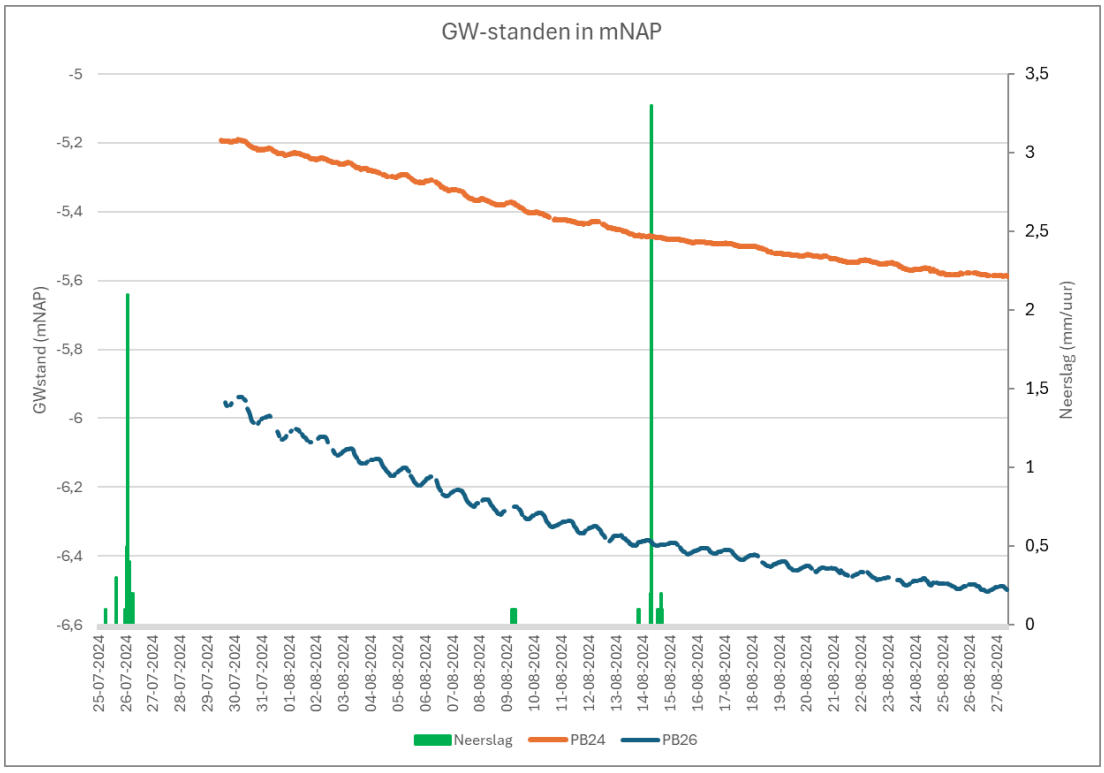
Figuur 0.9 Grondwaterstanden van peilbuis 13, 17 en 18 in mNAP van 25-07-2024 tot 28-08-2024



Figuur 0.10 Grondwaterstanden van peilbuis 2, 3, 4 en 27 in mNAP van 25-07-2024 tot 28-08-2024



Figuur 0.11 Grondwaterstanden van peilbuis 16 en 22 in mNAP van 25-07-2024 tot 28-08-2024



Figuur 0.12 Grondwaterstanden van peilbuis 24 en 26 in mNAP van 25-07-2024 tot 28-08-2024