

Notitie

Onderwerp: Watertoets Havenmeesterkwartier
 Projectnummer: 51003776
 Referentienummer: NL22-648800269-35559
 Datum: 03-11-2022

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het plangebied Havenmeesterkwartier vindt momenteel een transformatie plaats van (voormalige) bedrijfs- en industrie functies naar een nieuw verblijfsgebied met woon-, werk- en overige voorzieningen. Het Havenmeesterkwartier is de nieuwe naam voor het voormalige gebied Groot Rijnwijk.

1.2 Plangebied

In figuur 1 is de ligging van het plangebied weergegeven. Het plangebied ligt op de noordelijke Rijnsoever ten oosten van het centrum van Arnhem. Het plangebied wordt begrensd door de Westervoortsedijk in het noorden, de Veilingstraat in het oosten, de Nieuwe Kade in het zuiden en de Badhuisstraat in het westen. In het zuidoostelijke deel bevinden zich al woningen. Hier wordt het bestemmingsplan herzien. In het noordwestelijke deel wordt de oude bebouwing weggehaald en komen nieuwe woningen te staan. Het plangebied is circa 4,2 hectare.



Figuur 1 Ligging van het plangebied (rode kader)

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat informatie over het doel van de watertoets, de geraadpleegde bronnen, de ontwikkeling en het beleid. Daarna volgt een beschrijving van de huidige en toekomstige situatie (hoofdstuk 3 en 4). In hoofdstuk 5 is een uitwerking voor de waterhuishouding gemaakt. De conclusies en aandachtspunten volgen in hoofdstuk 6.

2 Watertoets

2.1 Doel

Het doorlopen van het watertoetsproces is een verplicht onderdeel bij ruimtelijke plannen. De watertoets omvat het proces van informeren, afstemmen en adviseren om tot een inhoudelijke beoordeling van de waterhuishoudkundige aspecten te komen. Het doel is het beschouwen van de waterhuishoudkundige gevolgen van de ontwikkeling op het plan-gebied. Het resultaat van dit proces is de waterparagraaf die wordt opgenomen in het bestemmingsplan.

2.2 Geraadpleegde bronnen en documenten

Voor het opstellen van deze notitie, is gebruik gemaakt van de volgende bronnen:

- Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN3);
- Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond (DINOloket, TNO);
- Klimaateffectatlas;
- Keur Waterschap Rijn en IJssel;
- Legger Waterschap Rijn en IJssel;
- 'Toelichting bij bestemmingsplan Groot Rijnwijk' (d.d. 22-02-21).

2.3 Beleidskader

2.3.1 Rijksbeleid

Het Rijksbeleid op het gebied van het waterbeheer is onderdeel geworden van het Nationale Omgevingsvisie, de NOVI (2020). De NOVI bevat nieuw strategisch beleid op het gebied van de fysieke leefomgeving en komt in de plaats van gebiedsdekkende structuurvisies en relevante delen van zelfstandige strategische beleidsplannen (natuurvisie, verkeer- en vervoerplannen) en de strategische gedeelten van nationale én provinciale waterplannen en milieubeleidsplannen.

Echter delen van het Nationaal Waterplan 2016-2021 (NWP) blijven van kracht tot de invoering van de Omgevingswet. Het gaat dan om de hoofdlijnen van het nationale waterbeleid te beschrijven en de daartoe behorende ruimtelijke aspecten van het nationale ruimtelijk beleid. Echter als de NOVI afwijkt van het NWP, dan moet dat als wijziging van het NWP worden gezien. Tot de invoering van de Omgevingswet is het waterbeleid in twee nationale plannen terug te vinden. (Toelichting NOVI).

De NOVI is een integrale omgevingsvisie voor de fysieke leefomgeving, maar de relatie met de sociale leefomgeving wordt uitdrukkelijk gelegd. Naast de ruimtelijk-functionele indeling van de leefomgeving gaat het ook om de activiteiten die een effect hebben op de leefomgeving in brede zin, waaronder het milieu, water, bodem, lucht en het natuurlijk kapitaal. Boven- en ondergrond zijn onlosmakelijk verbonden.

In de NOVI worden 4 prioriteiten gesteld: Ruimte voor klimaatadaptatie en energietransitie, Duurzaam economisch groeipotentieel, Sterke en gezonde steden en regio's en Toekomstbestendige ontwikkeling van het landelijk gebied. Daarnaast zijn 3 afwegingsprincipes vastgelegd.

Onder de eerste prioriteit vallen nu ook de eerdere bestuursakkoorden die voor het thema Water zijn afgesloten. In 2050 is Nederland Klimaatbestendig en waterrobuust ingericht, is de veiligheid tegen overstroming gegarandeerd, hebben rivieren en beken de ruimte gekregen en is voldoende zoetwater van goede kwaliteit aanwezig. Bij het laatste gaat het om oppervlaktewater en grondwater.

In de Waterwet (22 december 2009) zijn onder meer de gemeentelijke watertaken opgenomen: de zorgplicht voor hemelwater, indien de eigenaar van het terrein het hemelwater in alle redelijkheid niet op eigen terrein kan verwerken en de regierol van gemeenten bij de grondwaterzorgplicht.

In het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie is door de overheden afgesproken om vanaf 2020 ruimtelijke adaptatie een integraal onderdeel uit te laten maken van het beleid om uiteindelijk in 2050 een klimaatbestendige en waterrobuuste inrichting te hebben. De urgentie om onze leefomgeving klimaatadaptief en waterrobuust te maken, is in het Bestuursakkoord Klimaatadaptatie (november 2018) nogmaals onderstreept.

2.3.2 Provinciaal en regionaal beleid

Op provinciaal niveau zijn alle beleidsplannen geïntegreerd in één plan: de Omgevingsvisie Gelderland (vastgesteld 9 juli 2014). Water is opgenomen in twee centrale doelstellingen, te weten het borgen van de kwaliteit en de veiligheid van de leefomgeving. Realisatie van deze doelstellingen betekent onder meer:

- ontwikkelen met kwaliteit met respect voor ruimtelijke, landschappelijke en cultuurhistorische kwaliteiten;
- een robuust en toekomstbestendig water- en bodemsysteem voor alle functies; bij droogte, hitte en waterovervloed;
- een gezonde en veilige leefomgeving;
- een gezonde vrijetijdseconomie en aandacht voor beleving, bereikbaarheid en toegankelijkheid van cultuur, natuur en landschap.

Verder is de provincie het aanspreekpunt voor drie watergerelateerde zaken:

- onttrekkingen voor drinkwaterwinning;
- onttrekkingen ten behoeve van bodemenergiesystemen, zoals koude- en warmte opslag (KWO);
- industriële onttrekkingen meer dan 150.000 m³ per jaar.

2.3.3 Beleid waterschap en gemeente

De verantwoordelijkheid voor het stedelijk waterbeheer in Arnhem-Noord, inclusief het in stand houden van de waterkering, ligt bij Waterschap Rijn en IJssel. Relevant beleid is opgenomen in het Waterbeheerprogramma 2022-2027 en de Keur en legger van het waterschap.

Het waterbeleid van gemeente Arnhem is vastgelegd in de volgende beleidsplannen.

- Het geactualiseerde Gemeentelijk RioleringsPlan (GRP) vastgesteld op 14 november 2018
Het plan richt zich op een verbetering van de kwaliteit van het rioleringsstelsel door het verminderen van de vuiluitworp naar het oppervlaktewater, de bodem en het grondwater, op het voorkomen van overlast door klimaatverandering en op het vasthouden van schoon hemelwater in stedelijk gebied.
- Aanpak wateroverlast Arnhem-Noord (vastgesteld 2 november 2015)
Het plan heeft tot doel om Arnhem en vooral Arnhem-Noord, beter waterbestendig te maken tegen zware regenbuien. Daarom zal over elk plan een waterscan worden gelegd. Tijdens werkzaamheden in de openbare ruimte worden ruimtelijke maatregelen genomen die wateroverlast verminderen dan wel beperken.

2.3.4 Strategie Klimaatadaptatie 'Groen, Slim en Samen'

In januari 2021 is de Strategie Klimaatadaptatie 'Groen, Slim en Samen' vastgesteld. In de Strategie geeft Arnhem aan hoe zij zich in dit decennium klimaatbestendig wil maken op de thema's die voor de klimaatadaptatie van belang zijn: Droogte, Hitte, Wateroverlast en Waterveiligheid.

De belangrijkste ambities zijn:

- de klimaatopgave is een gezamenlijke opgave voor alle bewoners, bedrijven en instellingen in Arnhem;
- de verdichtingsopgave wordt gecombineerd met de klimaatadaptatie;
- 10% minder verharding, meer groen en water;
- de ambities voor het thema Water zijn de schade en overlast door extreme buien zoveel mogelijk te voorkomen, door onder meer:
 - bij nieuwbouw al het hemelwater af te koppelen;
 - bij renovatie maximaal af te koppelen, waarbij de haalbaarheid per geval beoordeeld zal worden (in beide situaties geldt de minimale eis van 40 mm neerslag op eigen terrein verwerken);
 - in 2030 in ieder geval 90% van de huidige openbare ruimte afgekoppeld te hebben;
 - voorkomen van wateroverlast bij toename bebouwing en /of verharding.
- voor het thema Hitte en Droogte geldt dat de negatieve effecten van hitte worden tegengegaan;
- aanvullend voor het thema Droogte geldt dat meer inzicht nodig is in de effecten van droogte, ook op de waterkwaliteit;
- en voor het thema Waterveiligheid sluit de gemeente aan bij de waterschappen en RWS, de verantwoordelijke organisaties voor dit thema.

2.3.5 Resumé

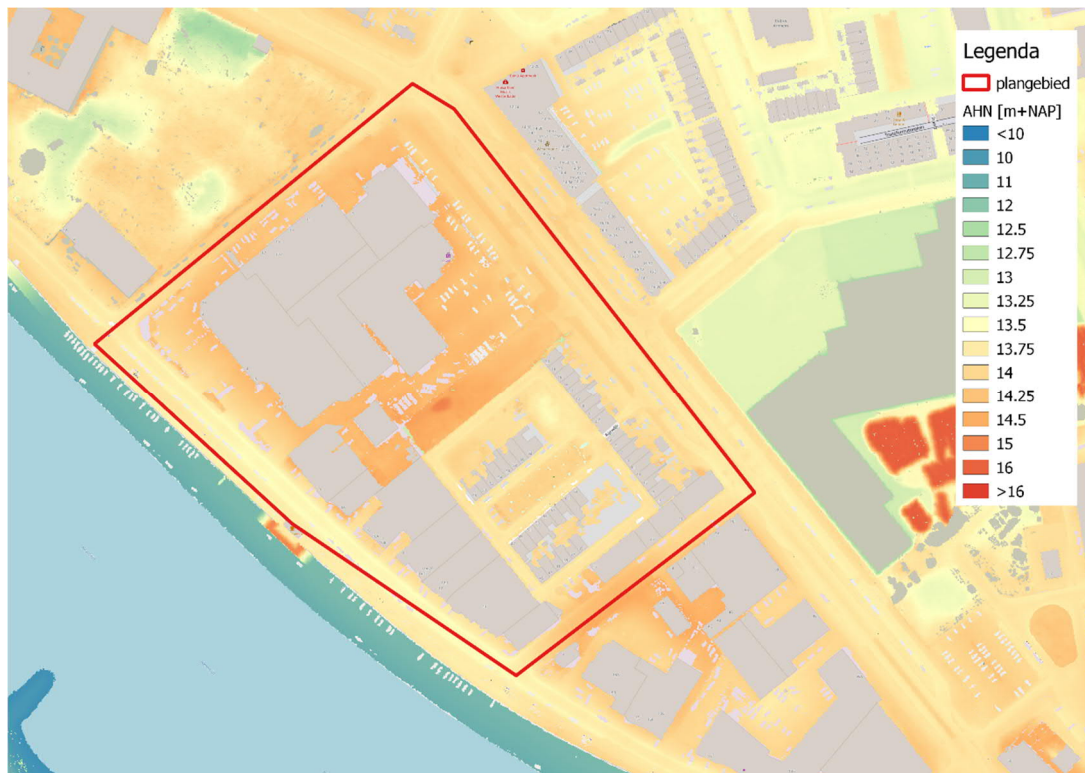
Uitgangspunt in het huidige beleid van de gemeente, het waterschap en de provincie is dat planontwikkeling moet aansluiten bij een duurzaam integraal waterbeheer. Dit betekent dat:

- negatieve verstoring van de grondwaterstanden en -stromingen niet toegestaan zijn om grondwateroverlast en/of verdroging op de locatie en op het boven- en beneden-strooms gelegen gebied te voorkomen;
- maatregelen getroffen moeten worden ter voorkoming van (grond)watervervuiling;
- bij nieuwbouw het regenwater binnen het plangebied afgekoppeld moet worden van de riolering en worden verwerkt op eigen terrein;
- voldoende oppervlaktewater aanwezig is en op de goede locatie;
- het verhard oppervlak zoveel mogelijk beperkt wordt;
- het gebruik van uitloogbare materialen en chemische bestrijdingsmiddelen niet is toegestaan;
- ontwikkelingen moeten bijdragen aan het verminderen of beperken van wateroverlast;
- ontwikkelingen en herinrichtingen moeten klimaatbestendig en waterrobuust ingericht worden.

3 Huidige situatie

3.1 Hoogteligging

In figuur 2 is een hoogtekaart van het plangebied (rode kader) en de directe omgeving weergegeven. Het noordwestelijke deel van het Havenmeesterkwartier ligt op een gemiddelde hoogte van +14,3 m NAP. De maaiveldhoogte neemt af richting het zuidoosten. Het zuidoostelijke deel van het Havenmeesterkwartier ligt op een hoogte van +13,8 m NAP.



Figuur 2 Maaiveldhoogte in en rondom het plangebied (bron: AHN3)

3.2 Bodemopbouw

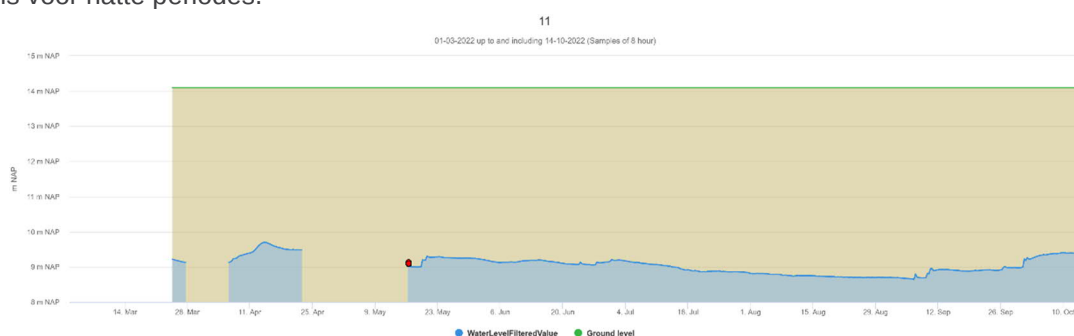
De beschikbare boormonsterprofielen laten zien dat de bodem bestaat uit een antropogene toplaag van circa één meter. Daaronder ligt een circa 2-3 m dikke laag, bestaande uit matig tot grof zand. Onder deze laag bevindt zich klei/leem tot een diepte van 5-6 m onder maaiveld (-mv). Vervolgens bestaat het profiel tot een diepte van circa 30 m -mv uit zandlagen. Deze zandlagen worden voor een deel van het terrein (zuidoosten) op 8 -mv onderbroken door een veenlaag van 1-2 meter. Het gebied waar de veenlaag aanwezig is, komt overeen met het lager gelegen gebied, weergegeven in figuur 2. De bovenste zandlaag zorgt ervoor dat het plangebied geschikt is voor infiltratie.

3.3 Grondwater

In februari 2022 zijn drie peilbuizen geplaatst in het gebied van het Havenmeesterkwartier en het naastgelegen Coberco-terrein. Dit om inzicht te krijgen in de grondwaterstanden op de locatie van de ontwikkeling en om op te kunnen anticiperen bij verdere uitwerking. Bij het plaatsten van de peilbuizen, zijn een aantal boringen uitgevoerd. Op basis van deze boringen kan een inschatting gemaakt worden van de gemiddelde hoogste grondwaterstanden (GHG).

De GHG loopt richting het noordwesten op en ligt tussen NAP +11,6 m en NAP +12,9 m. Daarmee ligt de GHG circa 1,5 m in het noordwesten tot 2,5 m in het zuidoosten onder het maaiveld. Dat betekent ook dat de GHG onder het waterpeil van de Rijn bij extreem hoogwater ligt. Deze inschatting op basis van boorgegevens blijft een grove indicatie. De metingen in de peilbuizen zullen de komende jaren een beter beeld geven.

In figuur 3 is de grondwaterstand, gemeten bij de Badhuisstraat, tot halverwege oktober 2022 weergegeven. De meetreeks is te kort om de GLG en GHG te bepalen. De gegevens kunnen wel gebruikt worden om een eerste inschatting van de grondwaterstanden te maken. De meetreeks laat zien dat de grondwaterstand rond NAP +9,0 m schommelt. De zomer van 2022 was zeer droog, waardoor de meetreeks niet representatief is voor natte periodes.



Figuur 3 Grondwaterstand nabij Badhuisstraat

3.4 Oppervlaktewater

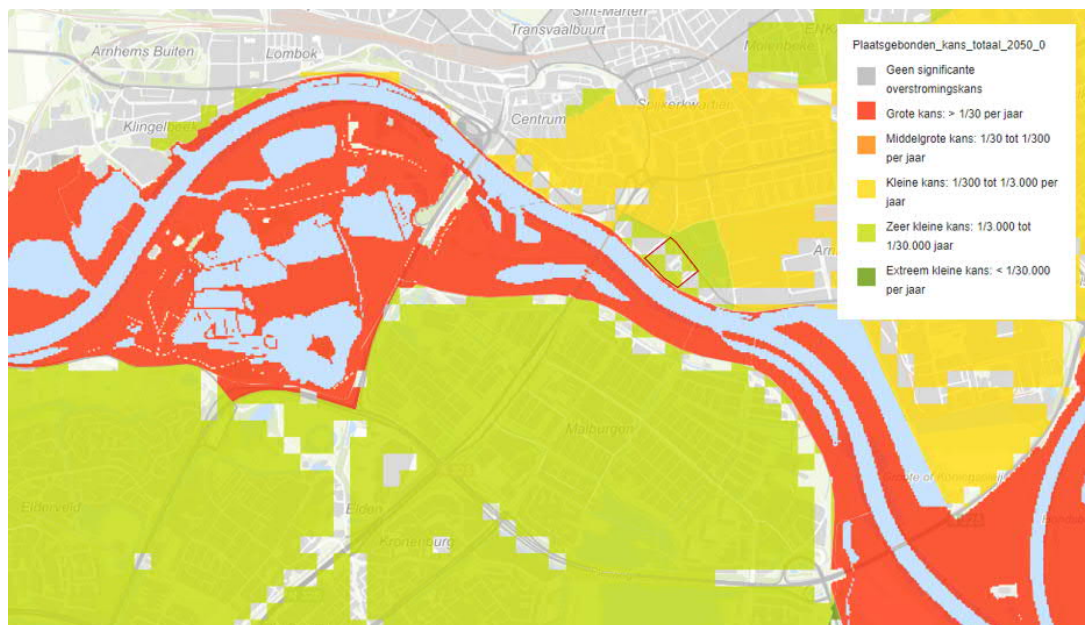
In het plangebied is geen oppervlaktewater aanwezig. In de nabijheid van het plangebied is wel oppervlaktewater aanwezig. Aan de zuidwestzijde van het plangebied ligt de rivier de Rijn. De Nieuwe Kade vormt de waterkering. In figuur 4 is een uitsnede van de legger weergegeven. Hierop zijn de waterkering en de beschermingszones aangegeven.



Figuur 4 Uitsnede legger Rijn en IJssel

3.5 Waterveiligheid

Op de plaatsgebonden overstromingskansenkaart (figuur 5) is te zien dat de kans op overstroming op de locatie van het plangebied 'zeer klein' is. Dit houdt in dat een overstroming, statistisch gezien, eens in de 3.000 tot 30.000 jaar kan plaatsvinden.



Figuur 5 Uitsnede plaatsgebonden overstromingskansenkaart (bron: Klimateffectatlas)

3.6 Riolering

Het plangebied bevindt zich vlakbij het belangrijkste rioolgemaal van Arnhem-Noord: het Rijngemaal. Door die ligging zijn de rioolleidingen in veel gevallen ook behoorlijk in omvang en belangrijk. Zo ook het riool in de Badhuisstraat. Dit is een transportriool vanuit Het Broek richting het gemaal. In de Nieuwe Kade ligt een persleiding van het waterschap die het ingezamelde water vanuit het Rijngemaal verpompt naar de waterzuivering in Duiven. In het riolsysteem zijn veiligheidskleppen ingebouwd, de zogenaamde overstorten. In het verlengde van de Badhuisstraat is zo'n overstort gesitueerd. Zowel het transportriool als de persleiding hebben in het bestemmingsplan een ruimtelijke bescherming. Bij verdere uitwerking en uitvoering dient hiermee rekening gehouden te worden.

3.7 Conclusies gebiedsinventarisatie

Op basis van de gebiedsinventarisatie kan het plangebied opgedeeld worden in een noordelijk en zuidelijk deel. Het noordelijk deel ligt een halve meter hoger dan het zuidelijke deel. De bodem is voornamelijk opgebouwd uit matig tot grof zand en is daarmee matig tot goed doorlatend. De bodem lijkt daardoor geschikt voor infiltratie. De grondwaterstanden in het plangebied worden grotendeels bepaald door de waterstand in de Rijn. Op het moment van schrijven, zijn er nog onvoldoende metingen beschikbaar om te kunnen bepalen wat de effecten van de hoge grondwaterstand op de infiltratie zijn. Bij de uitwerking van de infiltratievoorzieningen zal deze informatie en de doorlatendheid van de bodem op de plek van de infiltratievoorzieningen beschikbaar moeten zijn. Daarnaast is het belangrijk om bij de toekomstige terrein- en gebouwhoogtes rekening te houden met mogelijke hoge grondwaterstanden.

4 Toekomstige situatie

4.1 Toelichting ontwikkeling

De beoogde ontwikkeling van het Havenmeesterkwartier maakt maximaal 411 woningen mogelijk. Daarvan zijn er 24 woningen binnen het vigerende plan mogelijk, 50 woningen worden middels een bestemmingsplan mogelijk gemaakt en 337 woningen worden middels onderhavig uitwerkingsplan mogelijk gemaakt.

Het plangebied Havenmeesterkwartier is te verdelen in een noordelijk en zuidelijk gelegen deel. Het noordelijke deel omvat maximaal 188 woningen (ongeveer 60% meergezins- en 40% eengezinswoningen). Het zuidelijke deel omvat maximaal 149 woningen (ongeveer 47% meergezins- en 53% eengezinswoningen). In de middelste strook is nog eens ruimte voor maximaal 50 extra woningen. Daarnaast biedt het aan de randen van het plangebied ruimte voor kleinschalige bedrijfsfuncties en horeca.

4.2 Wateroverlast

Hemelwater dat op verharding valt, komt versneld tot afstroming. Zonder maatregelen leidt dit tot zwaardere belasting van de benedenstroomse gebieden. Ook vindt geen grondwateraanvulling plaats. Zowel de gemeente als het waterschap hebben daarom normen opgesteld voor het borgen van een goede waterhuishouding. In de huidige situatie bestaat het overgrote deel van de circa 4,2 ha verhard oppervlak. De hoeveelheid verharding in de huidige situatie is bepaald met een GIS-analyse, waarbij op basis van de BGT- en IR-foto's de hoeveelheid openbare en particuliere verharding berekend wordt.

In de nieuwe situatie is de hoeveelheid verharding nagenoeg gelijk. De verharde oppervlakken zijn bepaald op basis van het ontwerp van Sweco (377541-SWE-ZZ-XX-M2-C-00002-L01, d.d. 22-04-2021 Sweco). De toename in verhard oppervlak is 2.210 m² (zie tabel 2). Voor zowel de half verdiepte als verdiepte parkeervakken is het uitgangspunt dat deze volledig overdekt zijn.

Tabel 1 *Overzicht type verharding*

Type verharding	Oppervlak ontwerp (m ²)	Percentage verhard	Verhard oppervlak toekomstig (m ²)	Verhard oppervlak huidig (m ²)
Dakoppervlak	24.605	100%	24.605	18.850
• dakoppervlak bouwblokken	17.205	100%	17.205	
• dakoppervlak parkeerblokken	7.400	100%	7.400	
Open verharding (klinkers)	12.700	100%	12.700	17.650
Halfverharding				1.330
Tuinen binnen bouwplots	2.890	100%	2.890	
Groenvoorzieningen	1.760	0%	-	
Totaal	41.995		40.195	37.830

Gemeente Arnhem hanteert als beheerder van de openbare ruimte de volgende normen voor in- en uitbreidingsontwikkelingen:

- ten minste 40 mm berging, zowel op particulier terrein als in de openbare ruimte;
- overtollig hemelwater van particulier terrein wordt bovengronds aangeboden en verwerkt;
- neerslaghoeveelheden van 80-130 mm mogen niet tot schade leiden.

Het waterschap hanteert als uitgangspunt dat ontwikkelingen minimaal hydrologisch neutraal zijn of een verbetering is ten opzichte van de huidige situatie. Dit ter bescherming van de grondwatervoorraad en het regionaal watersysteem. Het waterschap heeft normen opgesteld voor in- en uitbreidingsontwikkelingen.

Voor de ontwikkeling van het Havenmeesterkwartier gelden de volgende normen (categorie inbreiding > 2.500 m²):

- bui 10+10% vertraagd afvoeren, waarvan minimaal 10 mm in infiltratie (bodempassage);
 - om deze bui te bergen, dienen bergings- en infiltratievoorzieningen een inhoud van 40 mm te hebben;
- bui 100+10% mag geen wateroverlast vanuit het regionale oppervlaktewatersysteem opleveren, binnen en buiten de ontwikkeling;
- uitwerking in een waterhuishoudkundig rapport.

In overleg met gemeente Arnhem is de benodigde berging voor de ontwikkeling van Havenmeesterkwartier vastgesteld op 20 millimeter. Deze hoeveelheid is gebaseerd op een inventarisatie van de waterhuishoudingsopties voor het Nieuwe Kade Kwartier (RoyalHaskoningDHV, d.d. 21 juli 2021). Dit betekent dat de benodigde berging 801 m³ (38.010 x 0,020) bedraagt.

4.3 Waterkwaliteit

Het is van belang zo min mogelijk vervuilende stoffen toe te voegen aan het grond- en oppervlaktewatersysteem. Daartoe wordt landelijk de trits 'schoonhouden – scheiden – schoonmaken' gehanteerd. Het nemen van bronmaatregelen ('schoonhouden'), is daarom een belangrijk onderdeel. Hierbij valt te denken aan zorgvuldige materiaalkeuze, geen blootstelling van uitlogbare bouwmaterialen (onder andere koper, lood en zink) aan hemelwater en verantwoord beheer van de buitenruimte (weg- en groenbeheer).

4.4 Afvalwater

In de nieuwe situatie wordt het hemelwater gescheiden van het afvalwater (conform het GRP). Het totale afvalwaterproductie schatten we op 12,65 m³/uur (zie tabel 2).

Tabel 2 **Overzicht afvalwaterproductie**

Functie	Aantal/oppervlak	Belasting/i.e.	Afvalwaterproductie
Bedrijven	1300 m ²	0,5 m ³ /ha/uur	0,07 m ³ /uur
Horeca*	150 m ²	50 l/werknemer*	0,25 m ³ /uur
Woningen	411	2,5	12,33 m ³ /uur
Totaal			12,65 m³/uur

* uitgaande van 5 werknemers

4.5 Grondwater

In het plangebied worden enkele half verdiepte parkeergarages aangelegd. Vanuit de klimaatscenario's wordt verwacht dat hogere rivierstanden vaker voorkomen. Het is daarom raadzaam om bij de parkeergarages rekening te houden met het voorkomen van hogere grondwaterstanden bij hoge(re) rivierwaterstanden. Daarbij dienen de half verdiepte parkeergarages waterdicht te worden gebouwd.

4.6 Waterveiligheid

Uitgangspunt bij de ontwikkeling is dat de waterkering met de bijbehorende beschermingszones ongemoeid blijft. Ondergrondse voorzieningen zijn niet mogelijk in deze zones. Voor werkzaamheden in het profiel van vrije ruimte en de buitenbeschermingszones is afstemming met het waterschap nodig.

5 Uitgangspunten

Vanuit gemeente Arnhem zijn een aantal uitgangspunten meegegeven ten aanzien van de waterhuishouding in het Havenmeesterkwartier:

- Het verhard oppervlak dient gecompenseerd te worden met 20 mm waterberging.
- Bij een bui van 20 mm moet al het water binnen het plangebied verwerkt worden. Onder verwerken wordt, onder andere, verstaan:
 - infiltratie;
 - hergebruik van water via een grijs watersysteem;
 - verdamping.

Het tijdelijk bufferen en vertraagd afvoeren valt niet onder verwerken op eigen terrein.

- Overtollig hemelwater, boven de 20 mm berging, kan aangesloten worden op een HWA-stelsel en via het Cobercoterrein afwateren op de Rijn.
- De particuliere waterbergingsopgave dient op particulier terrein ingevuld te worden.
- Op het openbare terrein zijn infiltratiekratten niet gewenst. Op particulier terrein mogen infiltratievoorzieningen gebruikt worden. Daarbij wordt geadviseerd om goed na te denken over het beheer van de voorzieningen.
- Op het openbaar terrein kunnen de groenvakken ingericht worden als wadi's. Voor het beheer van de wadi's dient de minimale bodembreedte van de wadi 2 m te zijn.

6 Hemelwaterplan

In dit hoofdstuk wordt de hemelwaterafvoer in het plangebied verder uitgewerkt. Hiermee wordt aangetoond in welke mate aan de bergingsopgave van 20 mm wordt voldaan, en dat een zwaardere bui niet tot overlast binnen en buiten het plangebied leidt. In paragraaf 6.1 is een overzicht van de oppervlakteverdeling gegeven en de benodigde bergings- en verwerkingscapaciteit. In paragraaf 6.2 volgt hoe het hemelwater binnen het plangebied verwerkt wordt. Paragraaf 6.3 geeft invulling aan de bergingsopgave, waarbij verschillende maatregelen beschreven staan. Het ontwerp is getoetst met een modelstudie die in een separate notitie beschreven staat (zie bijlage 2). In paragraaf 6.4 wordt een samenvatting van de resultaten van de hydraulische toets gegeven.

6.1 Waterbergingsopgave

In tabel 3 is een overzicht gegeven van de oppervlakteverdeling. De totale hoeveelheid verharding in het plangebied is 40.195 m². In tabel 3 is een verdeling gemaakt van het verharde oppervlak op particulier (27.495 m²) en openbaar terrein (12.700 m²). De bergingsnorm voor deze ontwikkeling is in overleg met de gemeente vastgesteld op 20 millimeter. Dat resulteert in een benodigde waterberging in het plangebied van 804 m³. Hiervan is 550 m³ voor particulier terrein en 254 m³ voor openbaar terrein. Daarnaast geeft de tabel inzicht in hoeveel water verwerkt moet worden bij buien met een neerslagsom tussen de 80-130 millimeter.

Tabel 3 Benodigde bergings- en verwerkingscapaciteit

Type	Verharding	Bergingsnorm	Bergingsvolume	Verwerkingscapaciteit
Particulier	27.495 m ²	> 20 mm	550 m ³	80-130 mm (2.200-3.574 m ³)
Openbaar	12.700 m ²	> 20 mm	254 m ³	80-130 mm (1.016-1.651 m ³)
Totaal	40.195 m²		804 m³	80-130 mm (3.216-5.225 m ³)

6.2 Verwerking hemelwater

Het Doorlatendheidsonderzoek Nieuwe Kade Arnhem (zie bijlage 1) dat door Sweco uitgevoerd is, laat zien dat de gemiddelde doorlatendheid in het gebied 4,0 m/dag is. Naast de doorlatendheid van de bodem bepaald de hoogte van de grondwaterstanden, of het water makkelijk in de bodem infiltreren kan. Op zeven plekken, verspreid over het gebied, zijn boringen gedaan. Bij de boringen is een inschatting van de GHG gedaan op basis van het voorkomen van een roestige laag. De boringen laten zien dat de GHG tussen 1,5 en 2,5 m onder het maaiveld ligt. De grondwaterstand zal naar verwachting niet voor beperkingen van de infiltratiecapaciteit zorgen. Desondanks is het, gezien de ligging, belangrijk om zorgvuldig te werk te gaan. Om meer inzicht in de grondwaterstanden te krijgen, zijn een aantal peilbuizen geplaatst. Bij het voorstel van de maatregelen wordt rekening gehouden met eventuele hogere grondwaterstanden. We gaan dus uit van een negatiever scenario dan wat de beschikbare data nu aangeven.

In het plangebied kan in de bovenste bodemlaag infiltratie plaatsvinden. Op particulierterrein zijn daar, waar mogelijk, infiltratievoorzieningen gepland. We adviseren om voorzieningen te kiezen die weinig dekking nodig hebben, zodat de infiltratievoorziening niet de laag komt te liggen. Op het openbare terrein worden groenvakken verlaagd, zodat deze als wadi's gaan functioneren.

Daarnaast wordt er veel verhard oppervlak aangelegd, waarbij het overgrote deel uit dakoppervlak bestaat. Door de daken in te richten als groendaken met een bufferzone, kan water op het dak vastgehouden worden. Dit water kan opgenomen worden door de vegetatie en/of verdampen.

De bergingsvoorzieningen zijn gedimensioneerd op een bui van 20 mm (zie paragraaf 6.3 voor de uitwerking van voorzieningen). Bij zwaardere buien wordt het hemelwater dat niet op eigen terrein verwerkt kan worden, afgevoerd richting de HWA-riolering. De wadi's zijn voorzien van een slokop. Ook de infiltratievoorzieningen hebben een overstort op het HWA-stelsel. Het overtollige hemelwater, afkomstig van de daken, wordt bovengronds aangeboden en stroomt via de wadi's richting de riolering.

Het HWA-stelsel in het Havenmeesterkwartier voert via een overstortleiding op de Rijn af. Hierbij wordt aangesloten op de overstortleiding van het voormalige Cobercoterrein. De HWA-leidingen krijgen een afmeting van $\varnothing 400$ mm. Optimalisatie van het rioolstelsel zal in een volgende fase plaatsvinden. In tabel 4 is een overzicht gegeven van de benodigde bergings- en afvoercapaciteit van het watersysteem om buien tussen 80-130 mm te verwerken.

Tabel 4 Verdeling berging en afvoer over de voorzieningen

Bui	Benodigde berging	Bergingsvoorziening	Berging maaiveld*	Afvoer
80 mm	3.041 m ³	1.087 m ³	37 m ³	1.917 m ³
130 mm	4.941 m ³	1.087 m ³	37 m ³	3.817 m ³

*Bij een oppervlak van 12.490 (openbare verharding) en 3 mm berging op straat

6.3 Invulling waterbergingsopgave

Waterberging op particulier terrein

Voor de bergingsopgave op particulier terrein wordt onderscheid gemaakt tussen de verschillende bouwblokken. In tabel 5 is de waterbergingsopgave op particulier terrein per bouwblok opgesplitst. De ligging van de bouwblokken is te zien in figuur 6.

Tabel 5 Waterbergingsopgave per bouwblok

	Dakopp. (m ²)	Parkeerdek (m ²)	Tuin (m ²)	Bergings-opgave (m ³)
Blok A	2.700	1.650	-	87
Blok B	1.000	-	-	20
Blok C	2.400	1.100	321	76
Blok D	3.700	1.300	911	118
Blok E	2.800	1.550	-	87
Blok F	2.100	-	1.658	75
Blok G	2.175	1.800	-	80
Blok H	330	-	-	6,6
Totaal	17.205	7.400	2.890	550

De bergingsopgave wordt grotendeels ingevuld door groendaken. Op 50% van de daken van de appartementen wordt een sedumdak aangelegd. Hierop kan 20 mm water geborgen worden. De bouwblokken A, C, E en G krijgen in het midden van het blok een dektuin. Deze tuin bevindt zich bovenop de particuliere parkeervoorzieningen. De dektuin ligt lager dan de omringende daken van de appartementencomplexen. Het hemelwater dat niet op de hoger gelegen daken geborgen worden kan, kan afwateren richting de dektuinen.

Op de dektuinen wordt een waterberging van 40 mm gerealiseerd. Bij een bui van 20 mm betekent dat, dat op de dektuinen nog capaciteit over is om hemelwater, afkomstig van de hoger gelegen daken, te bergen. Voor de bouwblokken A, E en G bieden de groendaken en de dektuinen genoeg berging om aan de bergingseis te voldoen. Voor de andere bouwblokken zal nog een aanvullende bergingsvoorziening nodig zijn. Hier worden infiltratievoorzieningen aangelegd. In de tuinen van de grondgebonden woningen komen infiltratiekratten of infiltratieputten te liggen. De infiltratievoorziening krijgt een overstort op het HWA, zodat overtollig hemelwater bij buien groter dan 20 mm de achtertuinten verlaten kan. Bij bouwblok B en bouwblok D worden grindkoffers toegepast die onder het terras en de parkeervoorzieningen aangelegd worden. Het parkeren van blok D gebeurt op maaiveld, waardoor hier infiltratiemogelijkheden zijn. Om de maximale capaciteit van de bergingsvoorzieningen te kunnen blijven benutten, is beheer essentieel. Voor de infiltratiekratten is het belangrijk dat de zandvang en bladvang periodiek schoongemaakt worden. In tabel 6 is een overzicht van de invulling van bergingsopgave per bouwblok weergegeven.

Tabel 6 *Invulling bergingsopgave particulier terrein*

	Bergings- Opgave (m ³)	Groendaken (m ³)	Dektuin (m ³)	Infiltratie- voorziening (m ³)	Totaal (m ³)
Blok A	87	27	66	-	93
Blok B	20	10	-	10**	20
Blok C	76	24	44	10**	78
Blok D	118	37	52	30**	119
Blok E	87	28	62	-	90
Blok F	75	21	-	55***	76
Blok G	80	22	72	-	94
Blok H	6,6	6,6*	-	-	6,6
Totaal	550	175	296	105	577

* 100% groendak

** grindkoffer

*** infiltratiekratten/putten (bv. 50 kratten 2400x1200x400mm met inhoud 1152 l)



Figuur 6 Invulling waterbergingsopgave particulier terrein

Alternatief voor infiltratie

Voor de infiltratievoorzieningen is het van belang dat de voorzieningen boven de GHG komen te liggen. Indien de voorzieningen te laag liggen, kunnen ze grondwater gaan afvoeren wat niet wenselijk is. Op basis van zeven boringen is een schatting gedaan van de GHG in het plangebied. De GHG ligt tussen 1,5 tot 2,5 m onder het maaiveld wat voldoende is om infiltratievoorzieningen aan te leggen. Sweco adviseert om infiltratievoorzieningen te gebruiken die weinig dekking vereisen. Voorbeelden hiervan zijn permavoid of aquabase. Daarmee wordt voorkomen dat bij grondwaterstanden, hoger dan de geschatte GHG, de voorzieningen grondwater gaan afvoeren.

Met de beschikbare gegevens verwacht Sweco dat in het plangebied geen moeilijkheden met infiltratie op zullen treden. Mocht toch blijken dat infiltratie niet mogelijk is, dan is er nog de mogelijkheid om de daken verder te vergroenen. Door het percentage groendak van 50% naar 75% te verhogen, wordt 86 m^3 ($25\% \times 17.205 \times 0,02$) extra berging gecreëerd. Dit is voldoende om aan de bergingsopgave te voldoen. Indien een groter percentage groendak niet mogelijk is, dan kan er nog gedacht worden aan alternatieve berging in de vorm van regentonnen, waarbij het hemelwater hergebruikt wordt voor het besproeien van de tuinen.

Waterberging op openbaar terrein

Voor de waterberging op openbaar terrein worden enkele groenvakken verlaagd aangelegd. In figuur 7 zijn de locaties van de wadi's weergegeven. De locaties zijn gebaseerd op het Voorlopige Ontwerp. Bij het vaststellen van het definitieve ontwerp kunnen de locaties gewijzigd worden.

De bodem van de wadi's zal op 0,35 m onder het maaiveld aangelegd worden. In de wadi's kan water tot een diepte van 0,25 m geborgen worden. Bij buien groter dan 20 mm stroomt het hemelwater via een slokop de HWA-leiding in. Bij de wadi's is rekening gehouden met 0,10 m waking, zodat water vanuit de wadi's niet zomaar het maaiveld op kan lopen. In tabel 7 is een overzicht van de afmetingen van de wadi's gegeven. De wadi's tezamen hebben een inhoud van 296 m³. De waterbergingsopgave voor openbaar terrein bedraagt 254 m³. Daarmee hebben de twee wadi's voldoende capaciteit om aan de bergingsopgave te voldoen.

Tabel 7 **Overzicht afmetingen wadi's**

Wadi	Opp. insteek (m ²)	Opp. bodem (m ²)	Gem opp. (m ²)	Talud 1:	Diepte (m)	Inhoud (m ³)
W1	825	704	764	3	0,25	191
W2	476	359	418	3	0,25	105
Totaal	1301	1063	1182			296



Figuur 7 **Ligging verlaagde groenvakken/wadi's**

Overzicht invulling waterbergingsopgave

De invulling van de waterbergingsopgave wordt gevonden op particulier en openbaar terrein. In totaal dient 804 m³ waterberging gerealiseerd te worden om te voldoen aan de norm van 20 millimeter. In tabel 8 is een overzicht van alle bergingsvoorzieningen weergegeven. In totaal wordt in het plangebied 872 m³ waterberging gerealiseerd.

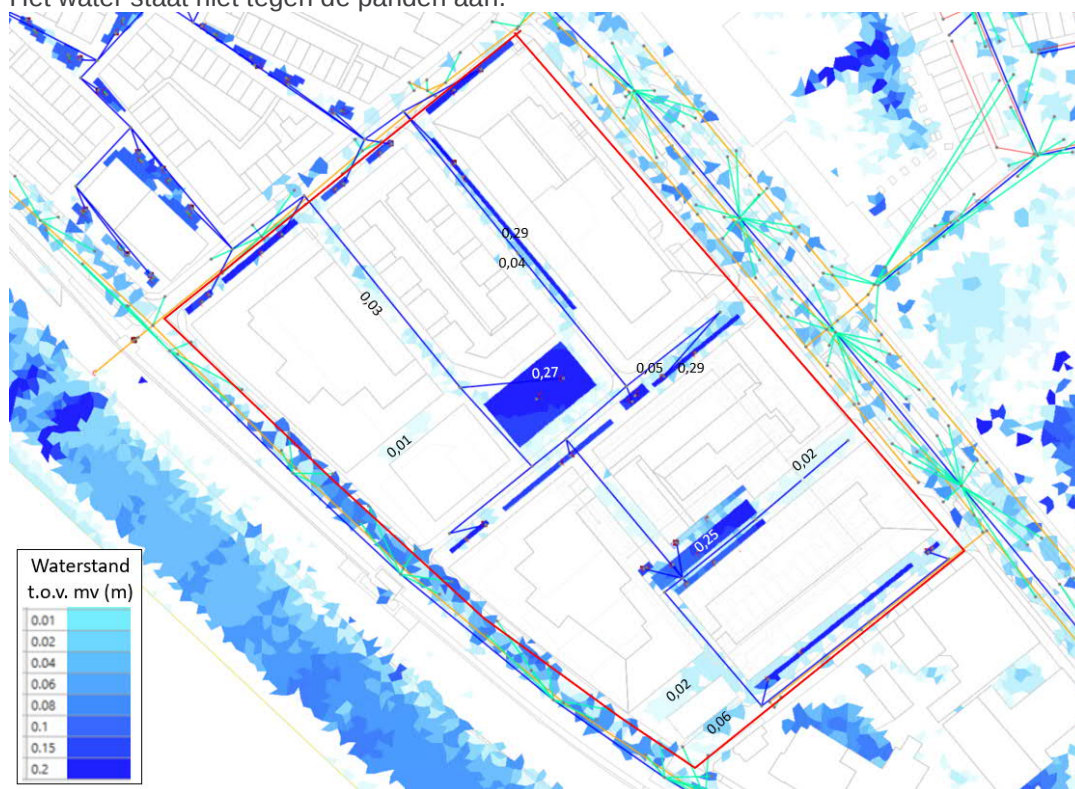
Tabel 8 **Overzicht hemelwatermaatregelen en berging**

Bergingsvoorziening	Berging	Oppervlak	Bergingsvolume
Groendak (50%)	20 mm	17.205 m ²	175 m ³
Daktuinen (100%)	40 mm	7.400 m ²	296 m ³
Infiltratievoorzieningen			105 m ³
Verlaagde groenvakken	250 mm	1.182 m ²	296 m ³
Totaal			872 m³

6.4 **Hydraulische toets hemelwaterplan**

Om inzicht te krijgen in het hydraulisch functioneren van het hemelwaterplan, is een hydraulische toets in InfoWorks-ICM uitgevoerd. Gemeente Arnhem beschikt over een recent model van Arnhem Noord. Hierin zijn de ontwikkelingen van het Cobercoterrein en het Havenmeesterkwartier opgenomen. Het plan is getoetst met een Bui10+10% en een blokbui van 70 mm in een uur. In een Bui10+10% valt 39,3 mm regen in 45 minuten. De resultaten laten zien dat het water over het algemeen de groenvakken weet te bereiken. Bij een Bui10+10% hebben de grote groenvakken in het midden van het plangebied nog capaciteit over om meer hemelwater te verwerken. De kleine groenvakken vullen zich snel waarna het hemelwater via de slokop overstort op de HWA-leiding richting het Cobercoterrein.

Bij een blokbui van 70 mm zijn alle groenvakken volledig benut. Op verschillende plekken, met name rondom de groenvakken, wordt water op straat berekend. Dit gaat om waterplassen met een diepte van één tot zes centimeter. De plassen liggen in het midden van de voetpaden en wegen. Daarmee leidt het water op straat niet tot overlast van de woningen. Het water staat niet tegen de panden aan.



Figuur 8 **Modelresultaat 70 mm bui**

7 Conclusie

7.1 Conclusies

Hemelwater

Met de voorgenomen plannen voor het Havenmeesterkwartier verandert de (voormalige) bedrijfs- en industrie functie van het gebied naar een nieuw verblijfsgebied met woon-, werk- en overige voorzieningen. In de plannen is ruimte voor maximaal 411 woningen. Er wordt in totaal 40.195 m² verhard oppervlak gerealiseerd. Hierbij zijn de tuinen binnen de bouwplots als volledig verhard meegerekend. Met een bergingsnorm van 20 mm resulteert dit in een bergingsopgave van 804 m³.

Er worden verschillende bergingsvoorzieningen gerealiseerd die tezamen de bergingsopgave invullen:

- Door op 50% van het dakoppervlak groendak met 20 mm berging aan te leggen, wordt een berging van 175 m³ gecreëerd.
- Op de dektuinen wordt een waterberging van 40 mm gerealiseerd. Hier kan afstromend hemelwater, afkomstig van de hoger gelegen daken, naartoe afwateren en geborgen worden. Als de berging van 40 mm op de dektuinen volledig benut is, dan wordt het water bovengronds aangeboden. Het water kan via de wadi's richting de HWA-leiding afwateren.
- Daarnaast worden op enkele plekken infiltratievoorzieningen aangelegd in de vorm van infiltratiekratten/infiltratieputten en grindkoffers. De bodem heeft een doorlatendheid van 4 m/dag. Daarmee is de bodem geschikt voor infiltratie. Een eerste inschatting van de GHG laat zien dat er voldoende ruimte is om voorzieningen boven de GHG aan te leggen.
- Tot slot zorgen verlaagde groenvakken voor de waterberging van afstromend hemelwater van het openbaar terrein. In de groenvakken kan circa 296 m³ water geborgen worden.

In totaal kan in het plangebied 872 m³ water geborgen worden. Dat is voldoende om aan de bergingsnorm van 804 m³ te voldoen.

Afvalwater

Vuilwater van Havenmeesterkwartier wordt conform beleid gescheiden van hemelwater ingezameld en afgevoerd naar de gemeentelijke riolering. Het bestaande vuilwaterstelsel heeft voldoende capaciteit om het Havenmeesterkwartier op aan te sluiten.

Overstromingskansen

Op basis van de overstromingskansenkaart blijkt dat de kans op overstroming van het plangebied zeer klein is (eens in 3.000 tot 30.000 jaar). Er zijn dus geen nieuwe of aanvullende risico's.

7.2 Aandachtspunten

Wateroverlast

- Om te voldoen aan de benodigde afvoercapaciteit, is bij de detailuitwerking aandacht nodig voor de dimensies van de verbindingen. Ook is het van belang dat het vloerpeil van de gebouwen hoger ligt dan de openbare ruimte, zodat er voldoende ruimte is voor tijdelijke berging op maaiveld.

- Bij hoogwater in de Rijn kan de grondwaterstand oplopen tot enkele tientallen centimeters onder maaiveld. Er zal nog langduriger gemeten moeten worden om voldoende informatie over de grondwaterstanden te hebben. Dit is een belangrijk aandachtspunt tijdens het ontwerpen voor ondergrondse voorzieningen (risico voor opdrijven) en de infiltratievoorzieningen.
- De infiltratiecapaciteit is nu bepaald op basis van een gemiddelde doorlatendheid van de bodem. Op de plaatsen waar infiltratievoorzieningen worden voorgesteld, zal nader onderzoek moeten worden gedaan naar de lokale doorlatendheid.
- Bevoegd gezag voor lozingen op de Rijn is Rijkswaterstaat. In dit plan wordt gebruik gemaakt van een bestaand lozingspunt. Rijkswaterstaat zal hier nog wel mee in moeten stemmen

Waterkering

- De Rijnkade maakt onderdeel uit van de waterkering met beschermingszones. Binnen de beschermingszones gelden beperkingen voor ondergrondse bebouwing en aanvullende eisen voor het uitvoeren van werkzaamheden (onder andere het aanleggen van kabels en leidingen). Bij werkzaamheden binnen de beschermingszones dient contact te worden opgenomen met het waterschap.
- Door gebruik te maken van de bestaande overstortleiding, is geen nieuwe vergunning nodig voor het kruisen van de waterkering. Mochten er toch werkzaamheden aan de lozingsvoorziening noodzakelijk zijn, dan moet de beheerder van de waterkering betrokken worden.

Overig

Het plan ligt tegen een transportriool van de gemeente en een persleiding van het waterschap aan. Deze hebben in het bestemmingsplan een ruimtelijke bescherming.

Bijlagen:

1. Doorlatendheidsonderzoek Nieuwe Kade
2. Hydraulische toets Havenmeesterkwartier

Verantwoording

Titel	Watertoets Havenmeesterkwartier
Projectnummer	51003776
Referentienummer	NL22-648800269-35559
Revisie	D5
Datum	03-11-2022

Auteur	Marthe Oldenhof
E-mailadres	marthe.oldenhof@sweco.nl

Gecontroleerd door	Siebe Houisma
Paraaf gecontroleerd	

Goedgekeurd door	Ron Buitelaar
Paraaf goedgekeurd	

Bijlage 1 Doorlatendheidsonderzoek Nieuwe Kade

Notitie 'Doorlatendheidsonderzoek Nieuwe Kade Arnhem'

1 Inleiding

BPD is van plan om twee woningbouwgebieden te realiseren. In het plan wordt hemelwater opgevangen vanwege de toename aan verhard oppervlak. Het opgevangen hemelwater wordt vervolgens geborgen en geïnfiltreerd in groenperken.

Om na te gaan of de ondergrond geschikt is voor het infiltreren van hemelwater, is inzicht in de volgende onderdelen nodig:

- de bodemopbouw tot 4,0 m-mv en de heterogeniteit (verschil in het gebied) hiervan;
- de grondwaterstand ter plaatse van de geplande ontwikkelingen;
- de doorlatendheid van de ondergrond ter hoogte van het gewenste infiltratietraject.

Het doel van het doorlatendheidsonderzoek is om vast te stellen of infiltratie mogelijk is op basis van bovenstaande aspecten. In deze notitie wordt hierop ingegaan.

2 Locatie

De onderzoekslocatie is gelegen aan de Nieuwe Kade (nabij de Rijn) in Arnhem, globaal gelegen op de RD-coördinaten X:191.223 m, Y:443.112 m. In figuur 2.1 is de globale ligging van de onderzoekslocatie weergegeven.

Sweco

Stijn Verdijk
Adviseur Water
stijn.verdijk@sweco.nl
M +31 6 21282870

Postbus 1265
NL 5602 BG Eindhoven
Netherlands
T +31 88 811 6600
www.sweco.nl

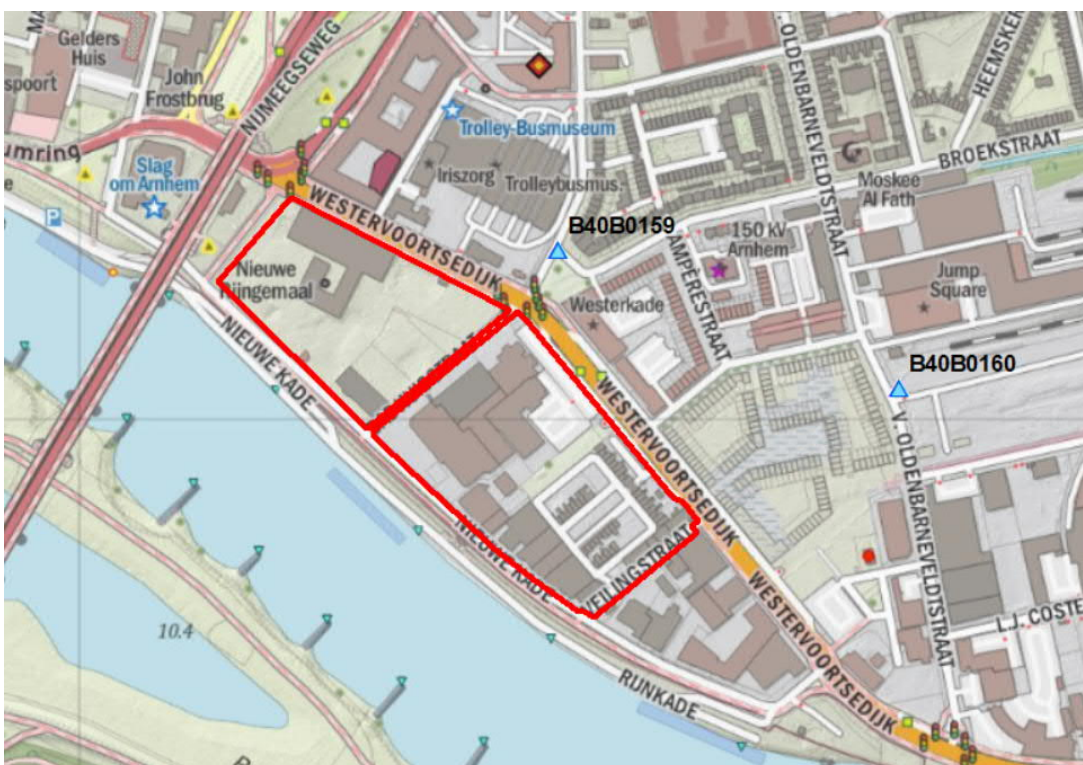
Sweco Nederland B.V.
Handelsregister 30129769
Statutair gevestigd te: De Bilt



Figuur 2.1 Globale ligging woningbouw locaties (rode lijn)

De infiltratie in de groenplaatsen vindt plaats tot een diepte van circa 1,5 m -mv.

In de omgeving van de locatie bevinden zich twee peilbuizen waarvan de grondwaterstanden zijn opgenomen in het digitale archief van TNO. De situering is weergegeven in figuur 2.2.



Figuur 2.2 Situering peilbuizen TNO

In tabel 2.1 zijn de karakteristieken van de grondwaterstanden weergegeven van de peilbuizen binnen een straal van 1 kilometer.

03-05-2022

Versie: D01

Tabel 2.1 Karakteristieken grondwaterstanden

Peilbuis	X-coörd (m)	Y-coörd (m)	Afstand (m)	Diepte filter (m +NAP)	Maaiveld (m +NAP)	GLG (m +NAP)	Gemiddeld (m +NAP)	GHG (m +NAP)
B40B0159_1	191450	443160	60	+5,7 tot -6,1	13,86	7,71	9,00	10,25
B40B0160_1	191770	443030	217	+5,3 tot -6,6	13,38	7,34	8,55	9,82

De grondwaterstanden worden, vanwege de ligging nabij de Rijn, waarschijnlijk beïnvloed door de waterstand in de Rijn. In onderstaande figuur is de waterstand van de Rijn weergegeven.



Figuur 2.3 Waterstand Rijn

Op de website van Rijkswaterstaat met de waterstanden van de Rijn (waterinfo.rws.nl) staan de volgende grenswaarden voor de Rijn bij Arnhem opgegeven:

Verlaagd	NAP + 6,95 m
Normaal	NAP +6,95 m tot NAP +9,95 m
Licht verhoogd	> NAP +9,95 m
Verhoogd	> NAP +10,80 m
Hoogwater	> NAP +12,25 m
Extreem hoogwater	> NAP +13,20 m

Op basis van een vergelijking tussen de gemeten waterstanden in de Rijn en de gemeten grondwaterstanden in de peilbuizen van Dinoloket kan geconcludeerd worden dat de Rijn van invloed is op de grondwaterstand. De fluctuatie van de grondwaterstand is kleiner dan de fluctuatie van de waterstand.

3 Veldwerkzaamheden

3.1 Onderzoekopzet en methodiek

Om de infiltratiemogelijkheden te bepalen, heeft het onderzoek zich gericht op de volgende onderdelen:

- bepaling bodemopbouw;
- bepaling grondwaterstanden;
- bepaling doorlaatfactor van de bodem.

Onderstaand zijn de uitgevoerde werkzaamheden beschreven, waarna in paragraaf 3.3 de resultaten beschreven zijn.

03-05-2022

Versie: D01

3.2 Verrichte werkzaamheden

Uitgevoerde boringen

Om de bodemopbouw inzichtelijk te maken, zijn boringen uitgevoerd tot een diepte van circa 4,0 m -mv. Vanwege de diepe grondwaterstand zijn de boringen met peilbuizen dieper doorgezet tot een diepte van circa 6 m -mv. Met behulp van deze boringen is inzicht verkregen in de bodemopbouw en de heterogeniteit hiervan. Tijdens de uitvoering van de boringen is gelet op gley-verschijnselen (zoals roest), wat een indicatie geeft in de historische grondwaterstanden op de locatie. De GLG is tot de einddiepte van 6 m -mv niet waargenomen.

Grondwaterstanden

Tijdens de uitvoering van het doorlatendheidsonderzoek is de grondwaterstand gemeten in de aanwezige peilbuizen. Daarnaast zijn de grondwaterstanden in de uitgevoerde boringen bepaald.

Doorlatendheidsmetingen

In de boorgaten zijn vervolgens doorlatendheidsmetingen uitgevoerd met behulp van de Aardvark permeameter. De Aardvark permeameter is een volledig geautomatiseerde Constant-head-boorgat-permeameter. De meter voert automatische metingen uit van de hydraulische bodemconductiviteit (Ksat) en van andere gerelateerde parameters, zoals adsorptie en percolatievermogen (Perc). De Aardvark berekent automatisch de k-waarde van de bodem op basis van de waterhoogte in het boorgat, debiet, diameter en temperatuur. Daar waar sprake was van een slecht doorlatende bodemlaag, zijn geen metingen uitgevoerd. In totaal zijn de in tabel 3.1 aangegeven werkzaamheden uitgevoerd.

Tabel 3.1 Overzicht werkzaamheden

Onderdeel	Aantal	Diepte (m-mv)
Boring	13	4 – 6
Doorlatendheidsmeting	9*	1,0 – 1,7**

* de doorlaatfactor is op 4 locaties niet gemeten, omdat sprake was van een slecht doorlatende bodem

** het meettraject is afgestemd op de bodemopbouw, grondwaterstand en de gewenste infiltratiediepte

3.3 Resultaten

Bodemopbouw

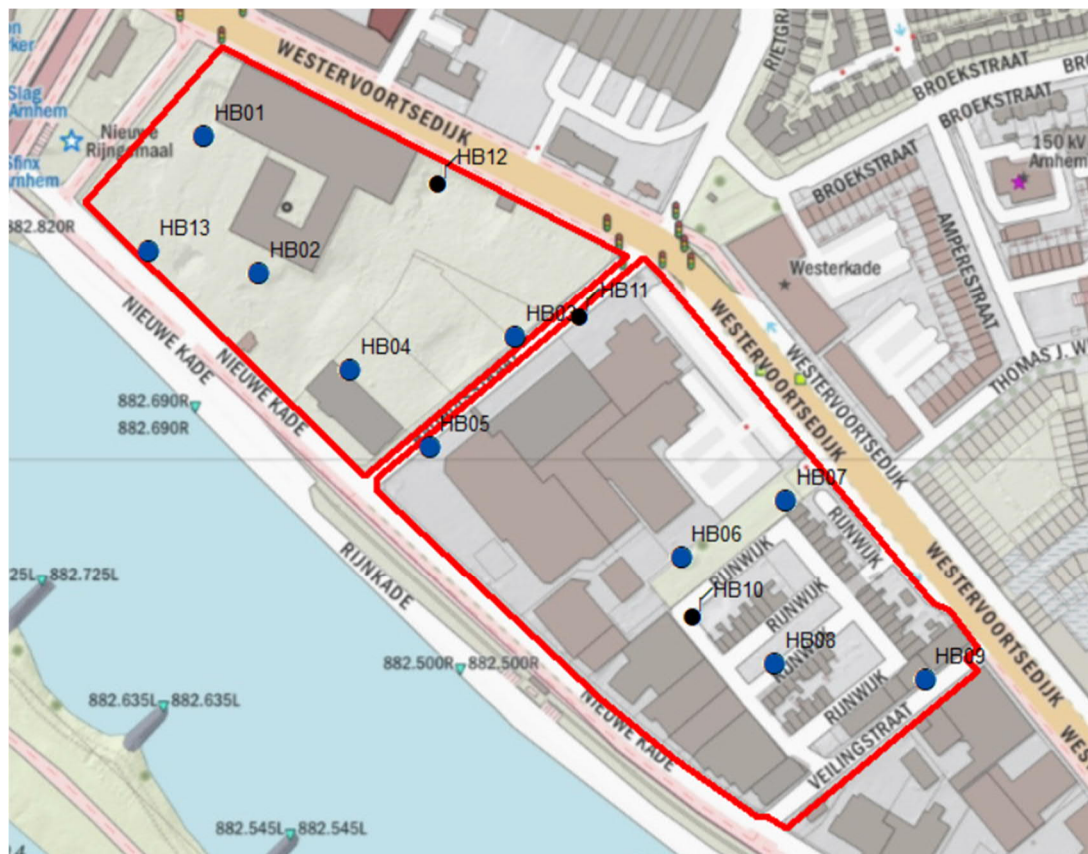
Over het algemeen kan gesteld worden dat de bodem tot de onderzochte diepte zeer heterogeen is en dat de toplaag voorzien is van een matig grof zandige bodem. Plaatselijk komt daaronder een klei- of grindlaag voor. De kleilaag is een waterremmende laag waar infiltratie van hemelwater niet mogelijk is, terwijl grind een zeer hoge doorlaatfactor heeft waardoor deze laag wel geschikt is voor de infiltratie van hemelwater. In bijlage 1 is een tekening met de locaties van de onderzoekspunten opgenomen en in bijlage 2 de boorprofielen.

Grondwaterstanden

03-05-2022

Versie: D01

De grondwaterstand in de eerder geplaatste peilbuizen is gemeten. De locaties van de peilbuizen zijn opgenomen in figuur 3.1.



Figuur 3.1 Locaties grondwaterstandsmetingen

In de uitgevoerde boringen is de grondwaterstand gemeten. Daarnaast zijn de Gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en de Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) geschat op basis van hydromorfe kenmerken. In tabel 3.2 zijn de resultaten hiervan weergegeven.

Tabel 3.2 Afgeleide grondwaterstanden op basis van uitgevoerde boringen

Meetpunt	Maaiveld (m +NAP)	GHG (m -mv)	GHG (m +NAP)	Grondwaterstand (m -mv)	Grondwaterstand (m +NAP)	GLG (m -mv)	GLG (m +NAP)
01	14,01	-	-	3,7	10,3	-	-
02	13,76	-	-	-	-	-	-
03	13,97	1,6	12,4	-	-	-	-
04	N.B.	1,8	-	-	-	-	-
05	14,20	2,0	12,2	-	-	-	-
06	14,58	1,7	12,9	3,0	11,6	-	-
07	14,18	-	-	2,9	11,3	-	-
08	13,95	2,4	11,6	3,4	10,6	-	-
09	13,96	2,8	11,2	2,8	11,2	3,2	10,8
10	13,89	1,8	12,1	4,2	9,7	-	-
11	14,10	1,6	12,5	4,7	9,4	-	-
12	12,45	1,0	11,5	2,2	10,3	3,1	9,4
13	13,80	-	-	4,4	9,4	-	-

- niet kunnen afleiden, omdat hydromorfe kenmerken ontbraken of dieper aanwezig zijn dan de geboorde diepte.

Tijdens de uitvoering van de veldwerkzaamheden bleek de gemeten grondwaterstand (tussen NAP +9,4 en +11,6 m) boven de gemiddelde grondwaterstand uit peilbuis B40B0159_1 (NAP +9,0) van TNO te liggen.

03-05-2022

Versie: D01

Doorlaatfactor

De resultaten van de doorlatendheidsmetingen zijn in tabel 3.3 weergegeven. De uitwerking van de doorlatendheidsmetingen zijn in bijlage 3 bijgevoegd.

Tabel 3.3 Resultaten doorlatendheidsmetingen (m/dag)

Meetpunt	Traject (m-mv)	Grondsoort	Doorlaatfactor (m/dag)
01	1,0 – 1,1	Zand, matig grof, matig siltig, matig humeus, brokken klei	0,45
02*	-	Zand, matig fijn, zwak humeus	-
03**	-	Klei, sterk siltig	-
04**	-	Klei, sterk siltig	-
05	1,0 – 1,1	Zand, uiterst grof, zwak siltig, matig grindig	5,33
06	1,0 – 1,1	Zand, matig grof, matig siltig, zwak humeus	1,80
07	1,2 – 1,3	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig	4,13
08	1,2 – 1,3	Zand, zeer grof, matig siltig, zwak grindig	5,15
09	1,1 – 1,2	Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig	5,28
10	1,0 – 1,1	Zand, zeer grof, zwak siltig, zwak grindig	5,37
11	1,6 – 1,7	Zand, matig grof, matig siltig, zwak humeus, brokken klei	3,65
12**	-	Klei, sterk siltig	-
13	1,0 – 1,1	Zand, zeer grof, matig siltig, zwak grindig	4,93

* = gestaakt na 4 pogingen vanwege een vast obstakel

** = Vanwege de aanwezigheid van een slecht doorlatende laag tot beneden de gewenste infiltratiediepte zijn op deze locaties geen doorlatendheidsmetingen uitgevoerd. Het heeft namelijk geen zin om doorlatendheidsmetingen uit te voeren in slecht doorlatende lagen, omdat infiltratie in deze bodemlagen niet mogelijk is.

Door de aanwezigheid van klei kan lokaal de verticale doorlaatfactor kleiner zijn dan gemeten. De mate van vermindering van de verticale doorlaatfactor is afhankelijk van de diepteligging van de kleilaag. In figuur 3.2 op de volgende pagina is op tekening aangegeven voor welke locaties beperkte infiltratiemogelijkheden zijn op basis van het uitgevoerde doorlatendheidsonderzoek.



Figuur 3.2 Overzicht infiltratiemogelijkheden

4 Analyse

Om verharde oppervlakken af te kunnen koppelen en het water in de bodem te kunnen laten infiltreren, is een doorlaatfactor van de bodem noodzakelijk van minimaal 1,0 m/dag.

Uit tabel 3.3 blijkt dat de doorlaatfactor varieert van 0,45 tot 5,5 m/dag, uitgezonderd de locaties waar klei tot op de gewenste infiltratiediepte voorkomt. Daar waar klei voorkomt, is de doorlatendheid zeer slecht. Op basis van de gemeten doorlatendheden kan de zandige bodem gekwalificeerd worden als redelijk tot goed doorlatend. Daar waar sprake is van zand, zijn voldoende mogelijkheden voor de infiltratie van hemelwater. Daar waar bodemsanering uitgevoerd wordt, wordt een signaleringsdoek (MF100 geotextiel) toegepast. Het signaleringsdoek heeft geen beperking op de verticale doorlaatfactor, omdat het doek volgens de product informatie een doorlaatfactor heeft van 15 liter/seconde per m² (21,6 m³/uur).

Naast de doorlaatfactor, spelen de optredende grondwaterstanden een rol bij de infiltratie van hemelwater. Een infiltratievoorziening dient bij voorkeur boven de heersende grondwaterstanden te liggen, zodat het water kan infiltreren.

De GHG is geschat op circa 1,0 tot 2,8 m -mv of zelfs dieper op de locaties waar de GHG niet bepaald kon worden. De gewenste infiltratiediepte is 1,3 m -mv. De infiltratievoorziening ligt voor het grootste deel van het jaar boven de grondwaterstand, waardoor er geen grondwater in de infiltratievoorziening terechtkomt.

De grondwaterstand is echter afhankelijk van de grondwaterstand in de Rijn. Als gevolg van een (extreem) hoogwatersituatie kan, als gevolg van een kwelsituatie, de grondwaterstand stijgen. Hierdoor kan de infiltratievoorziening mogelijk tijdelijk gevuld raken en heeft de voorziening geen bergend vermogen meer. Zolang het waterpeil in de Rijn niet hoger is dan het overstortniveau van de infiltratievoorziening, kan de voorziening overstorten bij perioden van neerslag. Wanneer het waterpeil in de Rijn hoger is dan het overstortniveau in de infiltratievoorziening, dan stroomt water vanuit de Rijn de voorziening in en heeft de voorziening geen berging meer.

5 Conclusie

De bodemopbouw is wel heterogeen en de doorlaatfactor van de zandige bodem varieert tussen een 'redelijk tot goede' doorlatendheid. Over het algemeen is de doorlaatfactor circa 4 m/dag of hoger. De doorlaatfactor is groot genoeg voor de infiltratie van hemelwater. Door de aanwezigheid van de klei is de verticale doorlaatfactor lokaal lager. De bodemopbouw is erg heterogeen, waardoor geen inschatting gemaakt kan worden in de vermindering van de verticale doorlaatfactor.

De grondwaterstand fluctueert mee met de waterstand in de Rijn. In perioden met een hoge waterstand is sprake van een relatief hoge grondwaterstand. De afgeleide GHG op basis van de uitgevoerde boringen bevindt zich over het algemeen beneden de ontwerpdiepte van de infiltratievoorziening.

Bijlagen:

1. Situatietekening onderzoekspunten
2. Boorprofielen
3. Uitwerking doorlatendheidsmetingen

Verantwoording

Titel: Doorlatendheidsonderzoek
Onderwerp: Nieuwe Kade Arnhem
Projectnummer: 51002932
Klant: BPD Ontwikkeling BV
Referentienummer: NL22-648800269-23218
Versie: D01

Datum: 03-05-2022

Auteur: Stijn Verdijk
E-mailadres: stijn.verdijk@sweco.nl

Gecontroleerd door: Kay Nusselder
Paraaf gecontroleerd: 

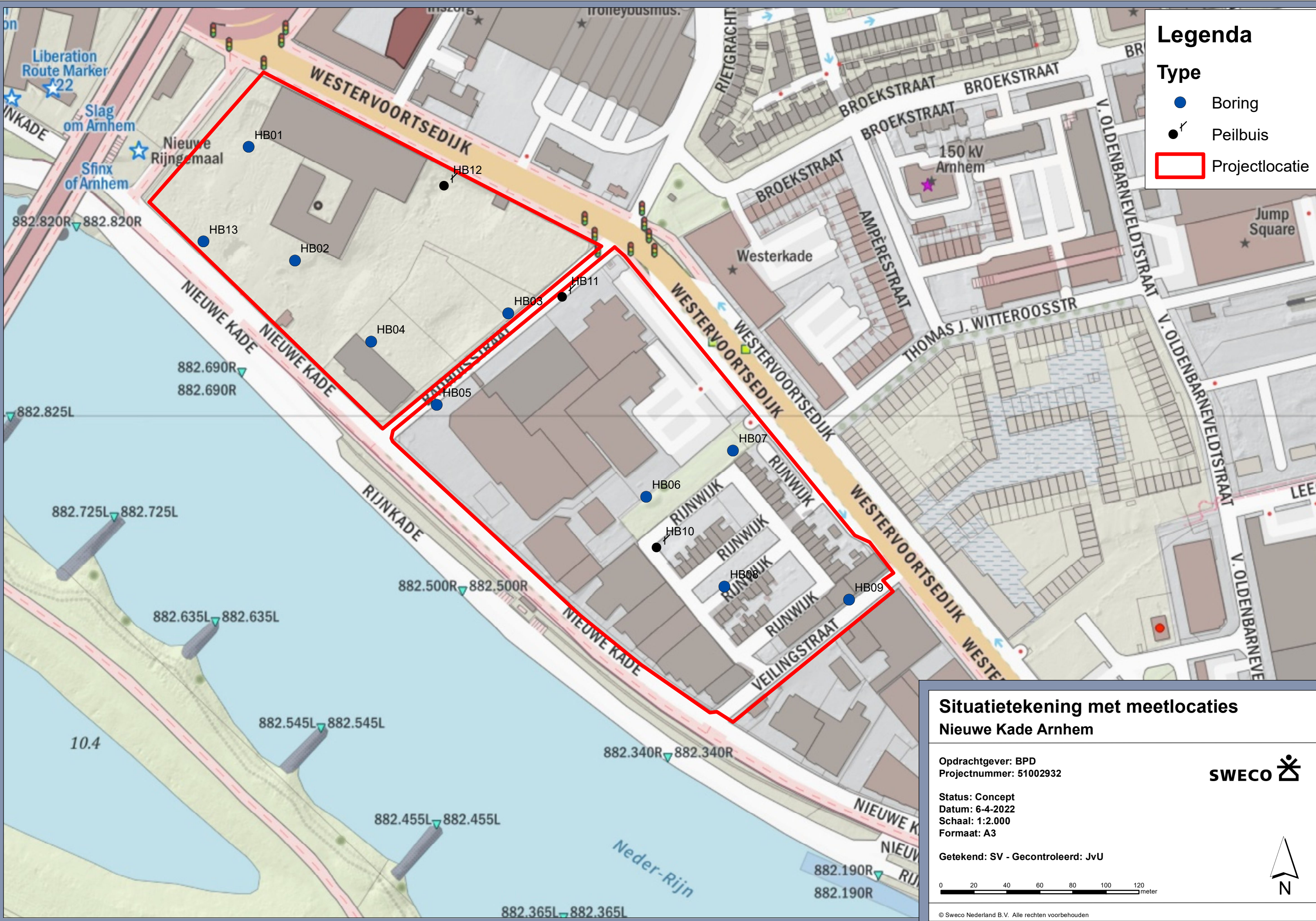
Vrijgegeven door: Tjeerd Dijkstra
Paraaf vrijgegeven: 

Document referentie: NL22-648800269-23218

Bijlage 1 – Situatietekening onderzoekspunten

03-05-2022

Versie: D01



Legenda

Type

Boring

Peilbuis

Projectlocatie

Situatietekening met meetlocaties
Nieuwe Kade Arnhem

Opdrachtgever: BPD
Projectnummer: 51002932

Status: Concept
Datum: 6-4-2022
Schaal: 1:2.000
Formaat: A3

Getekend: SV - Gecontroleerd: JvU

020406080100120

meter

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

Bijlage 2 – Boorprofielen

03-05-2022

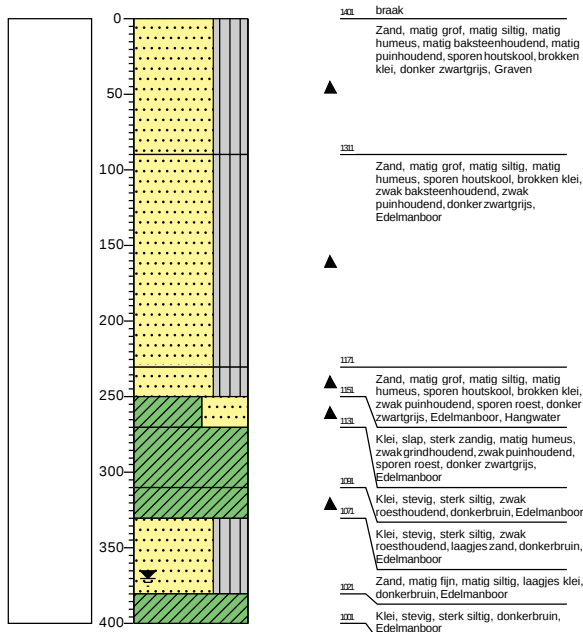
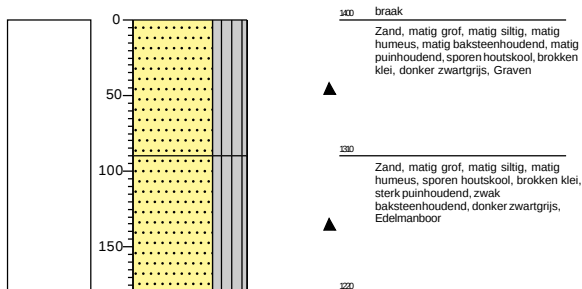
Versie: D01

Boring: 01

Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 23-2-2022
X-coördinaat: 191188,97
Y-coördinaat: 443163,80
Maaiveldhoogte: 14,0035
GWS: 370

Boring: 01A

Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 22-2-2022
X-coördinaat: 191189,20
Y-coördinaat: 443163,20
Maaiveldhoogte: 14,0124
GWS: 370

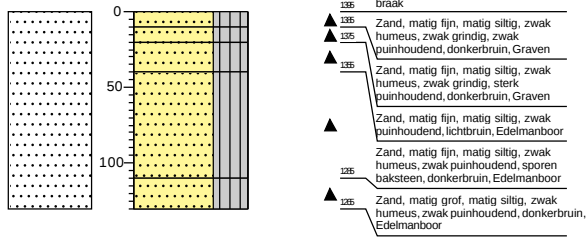
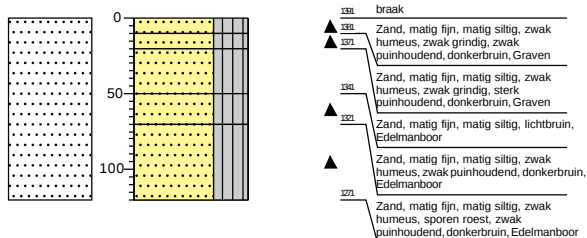


Boring: 02

Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 24-2-2022
X-coördinaat: 191219,21
Y-coördinaat: 443098,55
Maaiveldhoogte: 13,9108

Boring: 02A

Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 24-2-2022
X-coördinaat: 191214,65
Y-coördinaat: 443099,79
Maaiveldhoogte: 13,9519

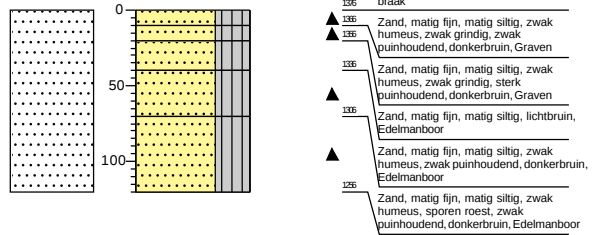
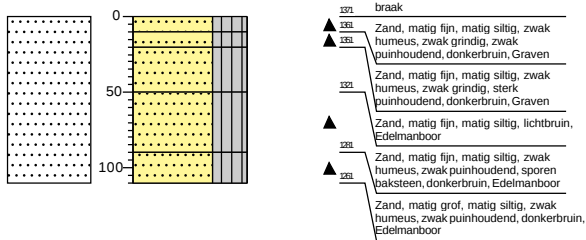


Boring: 02B

Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 24-2-2022
X-coördinaat: 191222,11
Y-coördinaat: 443095,98
Maaiveldhoogte: 13,7129

Boring: 02C

Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 24-2-2022
X-coördinaat: 191217,18
Y-coördinaat: 443094,23
Maaiveldhoogte: 13,7615

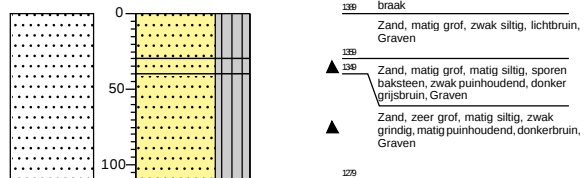
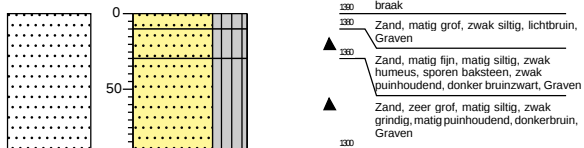


Boring: 03

Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 23-2-2022
X-coördinaat: 191346,08
Y-coördinaat: 443063,12
Maaiveldhoogte: 13,8954

Boring: 03A

Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 23-2-2022
X-coördinaat: 191345,63
Y-coördinaat: 443063,67
Maaiveldhoogte: 13,8899



Projectnummer: 51002932
Projectnaam: Monitoring Arnhem



Boring: 03B

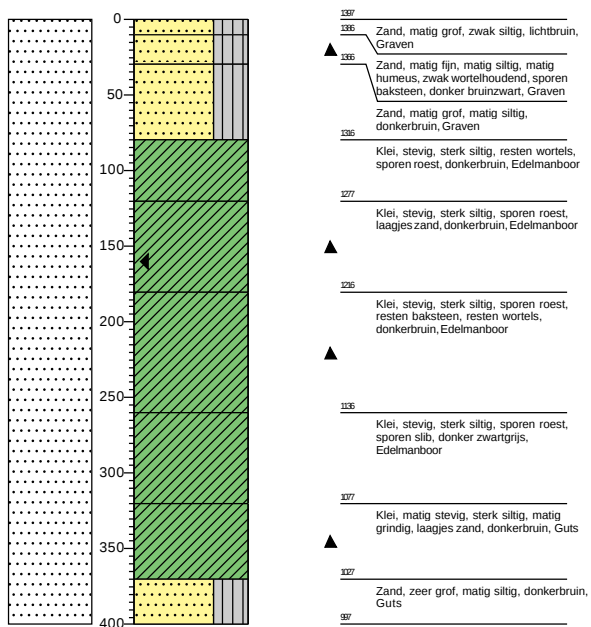
Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 23-2-2022
X-coördinaat: 191346,56
Y-coördinaat: 443062,31
Maaiveldhoogte: 13,965

GHG: 160

Boring: 04

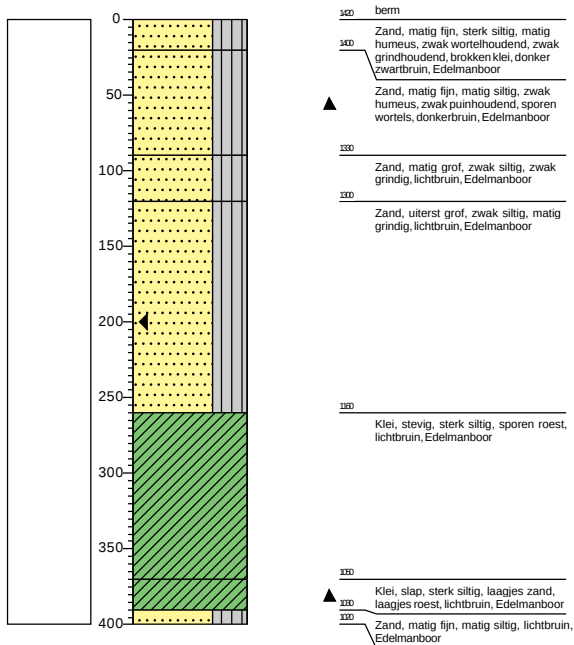
Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 23-2-2022

GHG: 180



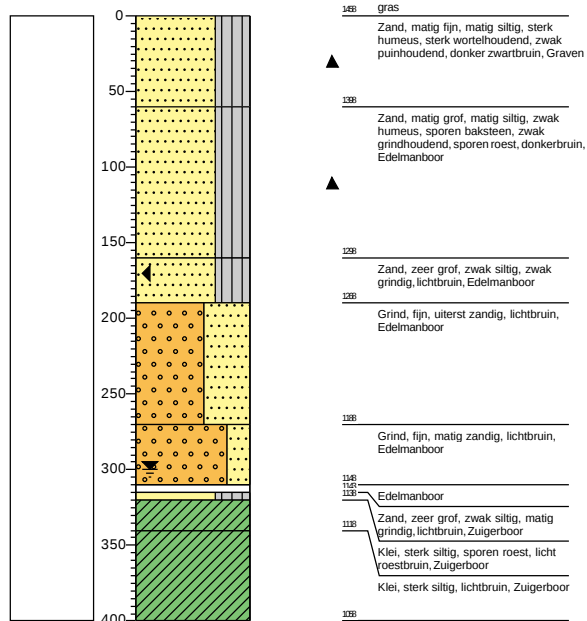
Boring: 05

Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 22-2-2022
X-coördinaat: 191303,29
Y-coördinaat: 443006,74
Maaiveldhoogte: 14,1967
GHG: 200



Boring: 06

Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 21-2-2022
X-coördinaat: 191430,27
Y-coördinaat: 442951,08
Maaiveldhoogte: 14,5796
GWS: 300
GHG: 170

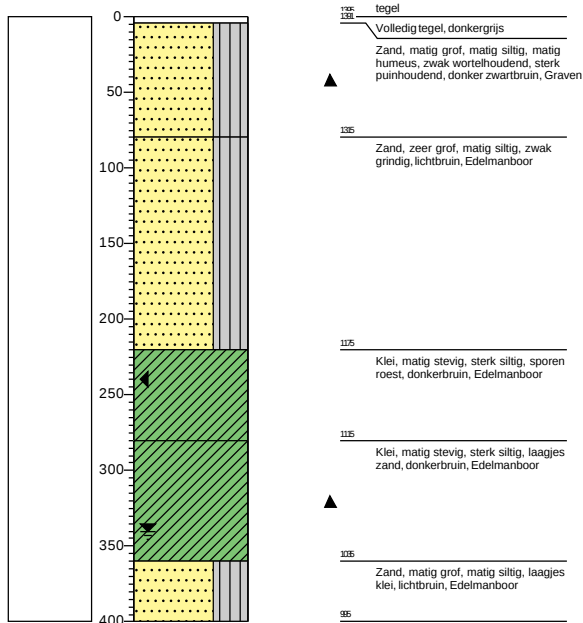
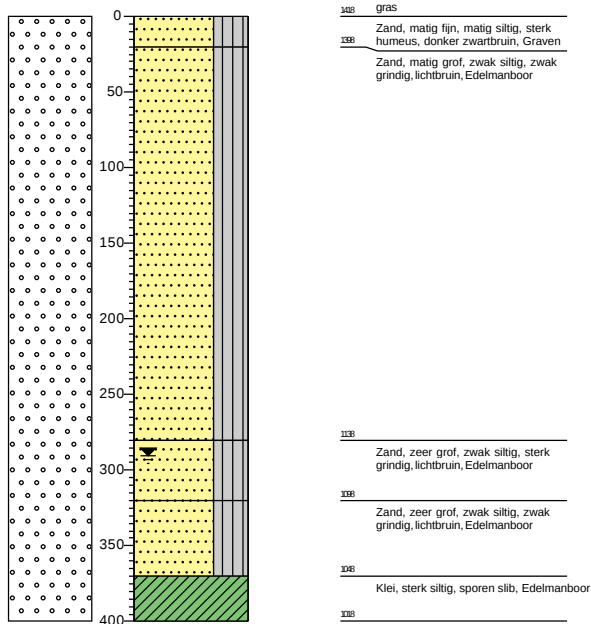


Boring: 07

Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 21-2-2022
X-coördinaat: 191482,84
Y-coördinaat: 442978,99
Maaiveldhoogte: 14,1755
GWS: 290

Boring: 08

Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 21-2-2022
X-coördinaat: 191477,57
Y-coördinaat: 442896,48
Maaiveldhoogte: 13,953
GWS: 340
GHG: 240

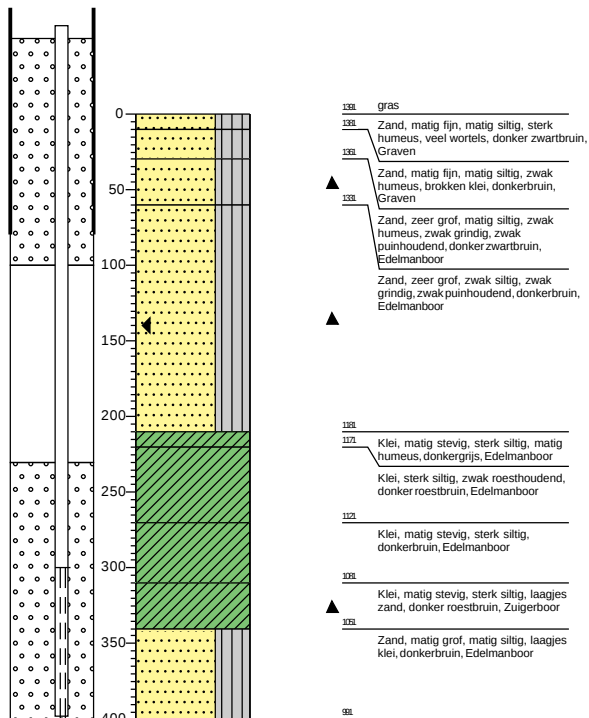
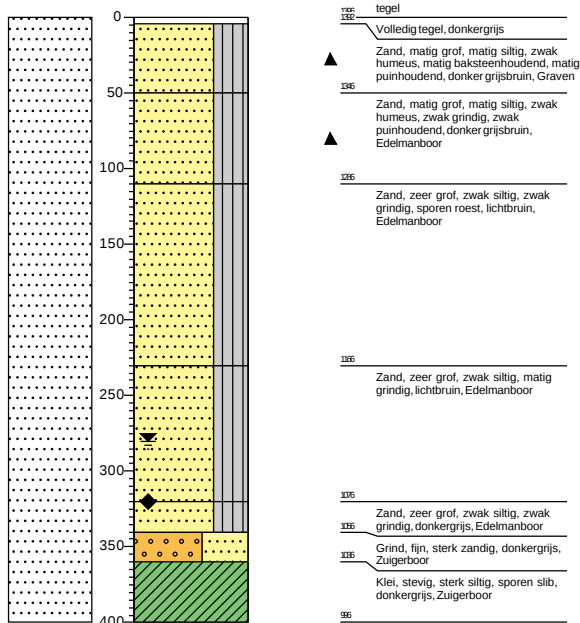


Boring: 09

Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 21-2-2022
X-coördinaat: 191553,22
Y-coördinaat: 442888,64
Maaiveldhoogte: 13,9599
GWS: 280
GLG: 320

Boring: 10

Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 21-2-2022
X-coördinaat: 191435,92
Y-coördinaat: 442921,14
Maaiveldhoogte: 13,9084
GHG: 140

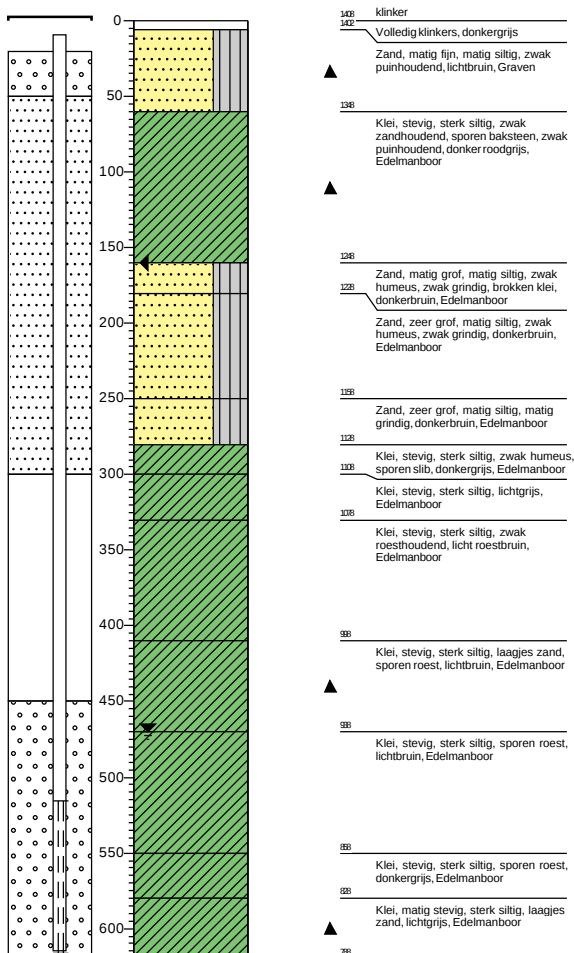
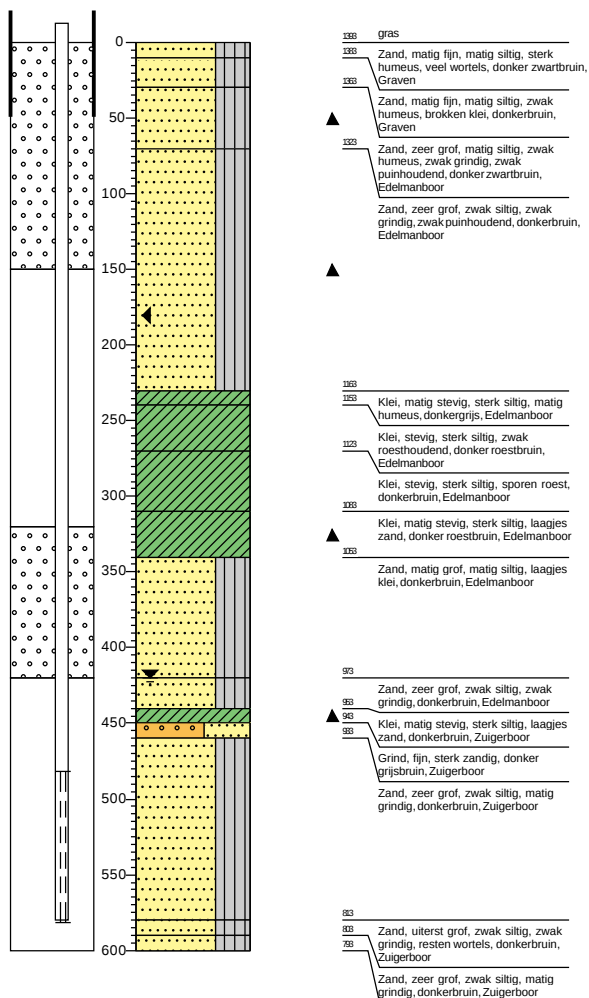


Boring: 10A

Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 24-2-2022
X-coördinaat: 191436,44
Y-coördinaat: 442920,45
Maaiveldhoogte: 13,927
GWS: 420
GHG: 180

Boring: 11

Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 21-2-2022
X-coördinaat: 191379,17
Y-coördinaat: 443072,17
Maaiveldhoogte: 14,0754
GWS: 470
GHG: 160



Projectnummer: 51002932
Projectnaam: Monitoring Arnhem



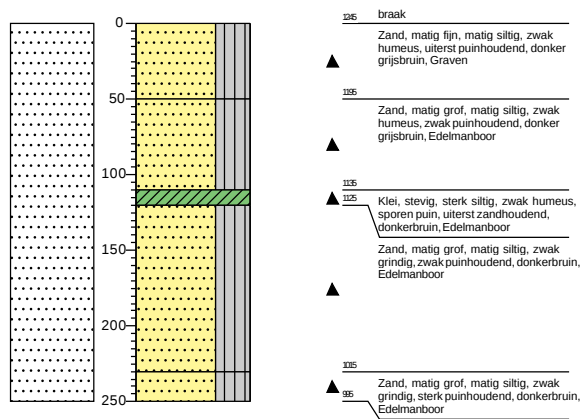
Boring: 12

Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 23-2-2022
X-coördinaat: 191307,56
Y-coördinaat: 443139,80
Maaiveldhoogte: 12,4532

Boring: 12A

Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 23-2-2022

GWS: 210
GHG: 120



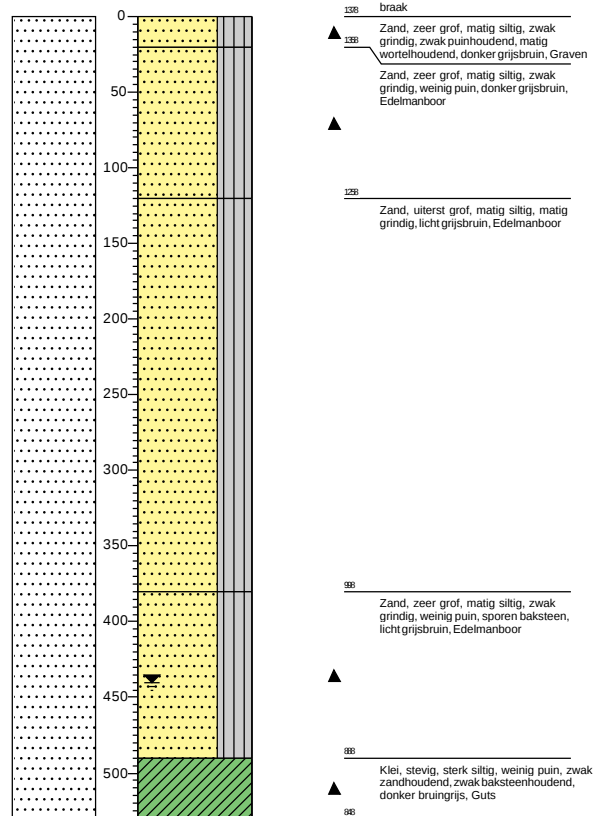
Boring: 12B

Boormeester: G. Lubbinge
Datum: 23-2-2022

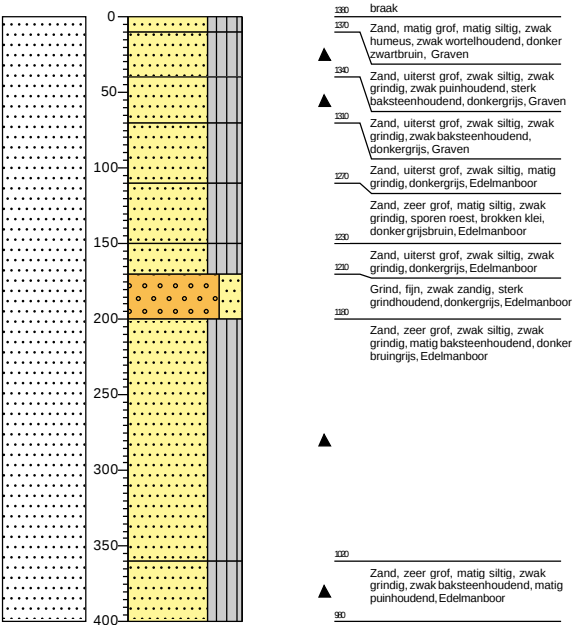
GWS: 220
GHG: 100
GLG: 310

Boring: 13

Boormeester: Gerben Lubbinge
Datum: 22-2-2022
X-coördinaat: 191158,72
Y-coördinaat: 443103,90
Maaiveldhoogte: 13,7782
GWS: 440



Boring: 13A
Boormeester: G. Lubbinge
Datum: 23-2-2022
X-coördinaat: 191161,74
Y-coördinaat: 443105,78
Maaiveldhoogte: 13,8012



Legenda (conform NEN-EN-ISO 14688-1)

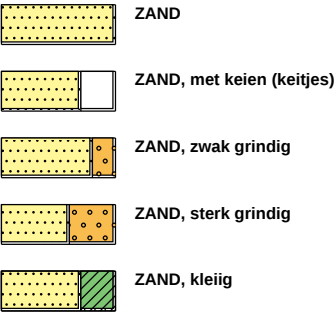
KEIEN (KEITJES)



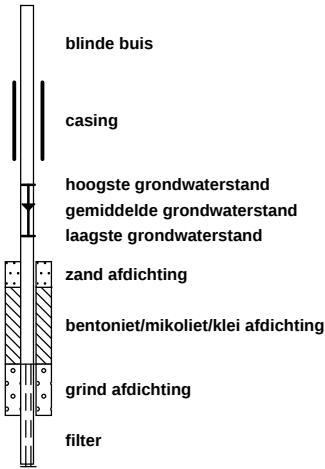
GRIND



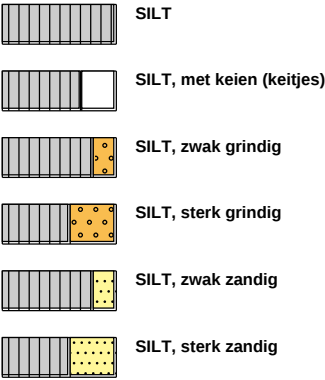
ZAND



peilbuis



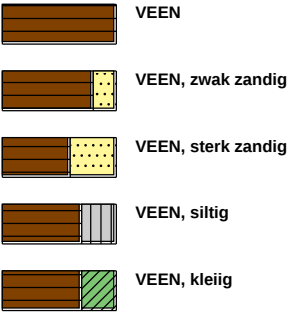
SILT



KLEI



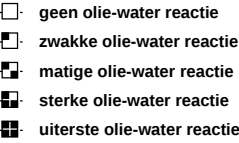
VEEN (HUMUS, DETRITUS)



geur



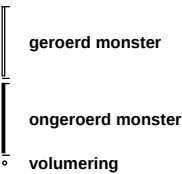
olie



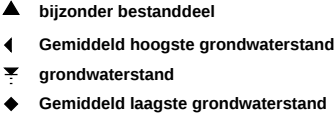
p.i.d.-waarde



monsters



overig



Bijlage 3 – Uitwerking doorlatendheidsmetingen

03-05-2022

Versie: D01

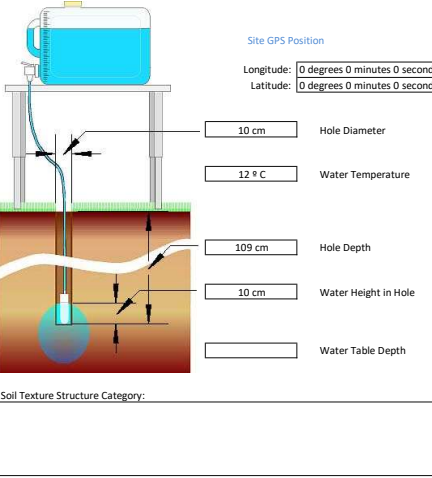
Location:
Site:
Time Interval: minutes
Ksat Method:

Steady Flow Rate achieved when Water Consumption Rate changes less than

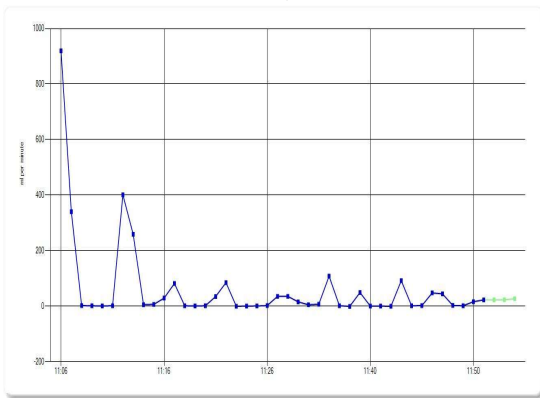
Steady Flow Rate: 23,732 ml/min
Tmp Adj Flow Rate: 23,743 ml/min
Percolation Rate: 3,308 min/cm
Ksat: 0.45
Meters / day

Site Details:

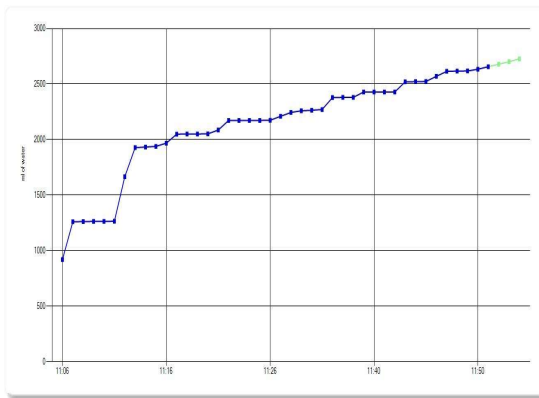
Notes:



Water Consumption Rate



Total Water Consumed



Time	Reservoir Water Level (ml)	Elapsed Time Interval (minutes)	Interval Water Consumed (ml)	Total Water Consumed (ml)	Water Consumption Rate (ml / min)	Ignore this Reading?
22-2-2022 11:05:07	6993.4	0		6993.4		
22-2-2022 11:06:07	6073.8	1	919.6	919.6	919.6	
22-2-2022 11:07:07	5733.8	1	340	1259.6	340	
22-2-2022 11:08:07	5732	1	1.8	1261.4	1.8	
22-2-2022 11:09:07	5731	1	1	1262.4	1	
22-2-2022 11:10:07	5730.6	1	0.4	1262.8	0.4	
22-2-2022 11:11:07	5729.4	1	1.2	1264	1.2	
22-2-2022 11:12:07	5328.4	1	401	1665	401	
22-2-2022 11:13:07	5065.6	1	262.8	1927.8	258.492	
22-2-2022 11:14:07	5060.6	1	5	1932.8	5	
22-2-2022 11:15:07	5054.4	1	6.2	1939	6.2	
22-2-2022 11:16:07	5025.8	1	28.6	1967.6	28.6	
22-2-2022 11:17:07	4944.4	1	81.4	2049	81.4	
22-2-2022 11:18:07	4943.4	1	1	2050	1	
22-2-2022 11:19:07	4943	1	0.4	2050.4	0.4	
22-2-2022 11:20:07	4942	1	1	2051.4	1	
22-2-2022 11:21:07	4907.4	1	34.6	2086	34.6	
22-2-2022 11:22:07	4821.4	1	86	2172	84.59	
22-2-2022 11:23:07	4822	1	-0.6	2172	-0.6	
22-2-2022 11:24:07	4822	1	0	2172	0	
22-2-2022 11:25:07	4821.6	1	0.4	2172.4	0.4	
22-2-2022 11:26:07	4819.8	1	1.8	2174.2	1.8	
22-2-2022 11:27:07	4784.8	1	35	2209.2	35	
22-2-2022 11:28:07	4749.8	1	35	2244.2	35	
22-2-2022 11:29:07	4715.8	1				Yes
22-2-2022 11:30:07	4685.8	1				Yes
22-2-2022 11:31:07	4670.6	1	15.2	2259.4	15.2	
22-2-2022 11:32:07	4666	0	4.6	2264	4.678	
22-2-2022 11:33:07	4659.4	1	6.6	2270.6	6.492	
22-2-2022 11:34:07	4551.6	1	107.8	2378.4	107.8	
22-2-2022 11:35:07	4550.2	1	1.4	2379.8	1.4	
22-2-2022 11:36:07	4551.2	1	-1	2379.8	-1	
22-2-2022 11:37:07	4551.6	1				Yes
22-2-2022 11:38:07	4475.4	1				Yes
22-2-2022 11:39:07	4426.6	1	48.8	2428.6	48.8	
22-2-2022 11:40:07	4426.8	1	-0.2	2428.6	-0.2	
22-2-2022 11:41:07	4426.8	1	0	2428.6	0	
22-2-2022 11:42:07	4427.6	1	-0.8	2428.6	-0.8	
22-2-2022 11:43:07	4336	1	91.6	2520.2	91.6	
22-2-2022 11:44:07	4334.6	1	1.4	2521.6	1.4	
22-2-2022 11:45:07	4333	1	1.6	2523.2	1.6	
22-2-2022 11:46:07	4286.4	0	46.6	2569.8	47.39	
22-2-2022 11:47:07	4241.6	1	44.8	2614.6	44.066	
22-2-2022 11:48:07	4239.4	1	2.2	2616.8	2.2	
22-2-2022 11:49:07	4238.2	1	1.2	2618	1.2	
22-2-2022 11:50:07	4222.4	1	15.8	2633.8	15.8	
22-2-2022 11:51:10	4199.8	1	22.6	2656.4	22.23	
22-2-2022 11:52:10	4177.6	1	22.2	2678.6	22.2	
22-2-2022 11:53:10	4155	1	22.6	2701.2	22.6	
22-2-2022 11:54:07	4129	0	26	2727.2	26.441	

Location: Arnhem 05
Site: Arnhem 05

Time interval: 1 minutes

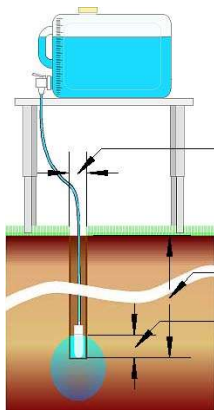
Ksat Method: Glover Solution

Steady Flow Rate achieved when Water Consumption Rate
changes less than
+/- 10 % for 9 consecutive readings

Steady Flow Rate: 281.555 ml/min
Tmp Adj Flow Rate: 281.692 ml/min
Percolation Rate: 0.279 min/cm
Ksat: 5.33
Meters / day

Site Details:

Notes:



Site GPS Position

Longitude: 0 degrees 0 minutes 0 seconds East
Latitude: 0 degrees 0 minutes 0 seconds North

10 cm Hole Diameter

12 ° C Water Temperature

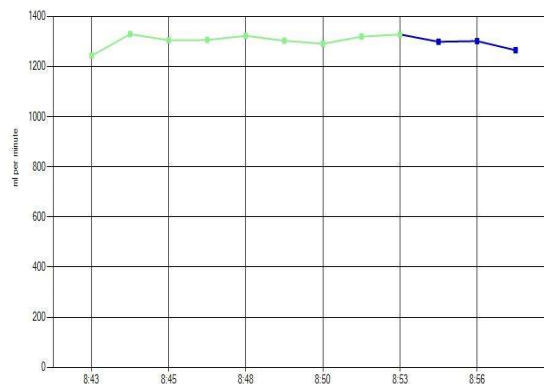
110 cm Hole Depth

10 cm Water Height in Hole

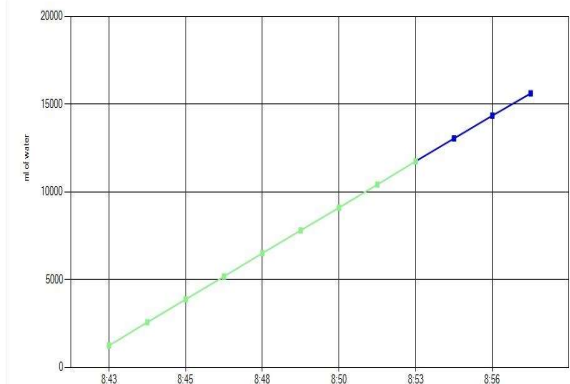
Water Table Depth

Soil Texture Structure Category:

Water Consumption Rate



Total Water Consumed



Time	Reservoir Water Level (ml)	Elapsed Time Interval (minutes)	Interval Water Consumed (ml)	Total Water Consumed (ml)	Water Consumption Rate (ml / min)	Ignore this Reading?
22-2-2022 8:42:20	7473	0				
22-2-2022 8:43:20	6230.2	1	1242.8	1242.8	1242.8	
22-2-2022 8:44:20	4901.2	1	1329	2571.8	1329	
22-2-2022 8:45:20	3596.8	1	1304.4	3876.2	1304.4	
22-2-2022 8:46:20	2291.2	1	1305.6	5181.8	1305.6	
22-2-2022 8:47:20	6371.2	1				Yes
22-2-2022 8:48:20	5049	1	1322.2	6504	1322.2	
22-2-2022 8:49:20	3746.4	1	1302.6	7806.6	1302.6	
22-2-2022 8:50:20	2455.8	1	1290.6	9097.2	1290.6	
22-2-2022 8:51:21	7018	1				Yes
22-2-2022 8:52:21	5699	1	1319	10416.2	1319	
22-2-2022 8:53:21	4371.2	1	1327.8	11744	1327.8	
22-2-2022 8:54:21	3072.6	1	1298.6	13042.6	1298.6	
22-2-2022 8:55:21	3966.6	1				Yes
22-2-2022 8:56:21	2665.4	1	1301.2	14343.8	1301.2	
22-2-2022 8:57:21	1400.6	1	1264.8	15608.6	1264.8	

Location: Arnhem 06
Site: Arnhem 06

Time interval: 1 minutes

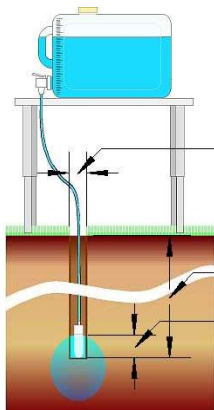
Ksat Method: Glover Solution

Steady Flow Rate achieved when Water Consumption Rate
changes less than
+/- 20 % for 18 consecutive readings

Steady Flow Rate: 94,990 ml/min
Tmp Adj Flow Rate: 95,036 ml/min
Percolation Rate: 0,826 min/cm
Ksat: 1.8
Meters / day

Site Details:

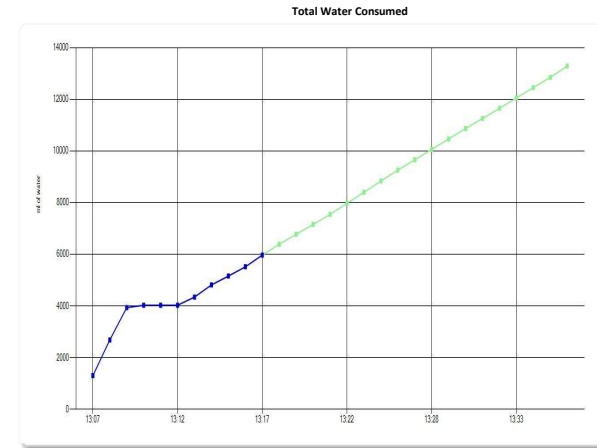
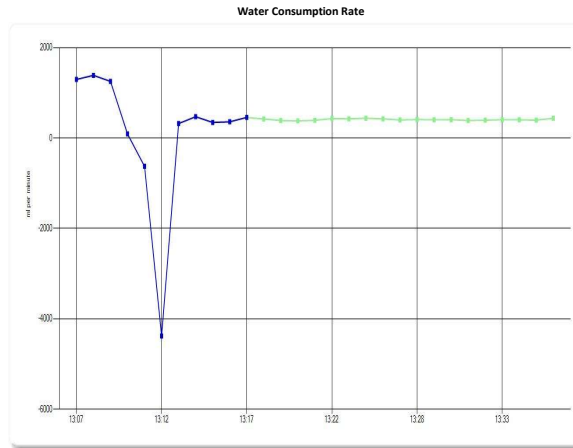
Notes:



Site GPS Position

Longitude: 0 degrees 0 minutes 0 seconds East
Latitude: 0 degrees 0 minutes 0 seconds North

Soil Texture Structure Category:



Time	Reservoir Water Level (ml)	Elapsed Time Interval (minutes)	Interval Water Consumed (ml)	Total Water Consumed (ml)	Water Consumption Rate (ml / min)	Ignore this Reading?
24-2-2022 13:06:01	5615.2	0				
24-2-2022 13:07:01	4320.4	1	1294.8	1294.8	1294.8	
24-2-2022 13:08:01	2934.6	1	1385.8	2680.6	1385.8	
24-2-2022 13:09:01	1683.2	1	1251.4	3932	1251.4	
24-2-2022 13:10:02	1594.2	1	89	4021	87.541	
24-2-2022 13:11:02	2222.2	1	-628	4021	-628	
24-2-2022 13:12:02	6605.4	1	-4383.2	4021	-4383.2	
24-2-2022 13:13:02	6287.2	1	318.2	4339.2	318.2	
24-2-2022 13:14:02	5817	1	470.2	4809.4	470.2	
24-2-2022 13:15:02	5473.8	1	343.2	5152.6	343.2	
24-2-2022 13:16:02	5116.6	1	357.2	5509.8	357.2	
24-2-2022 13:17:02	4661.4	1	455.2	5965	455.2	
24-2-2022 13:18:02	4242	1	419.4	6384.4	419.4	
24-2-2022 13:19:02	3855.2	1	386.8	6771.2	386.8	
24-2-2022 13:20:02	3476.6	1	378.6	7149.8	378.6	
24-2-2022 13:21:02	3084.8	1	391.8	7541.6	391.8	
24-2-2022 13:22:02	2655.8	1	429	7970.6	429	
24-2-2022 13:23:02	2230.8	1	425	8395.6	425	
24-2-2022 13:24:02	1793.6	1	437.2	8832.8	437.2	
24-2-2022 13:25:03	7305.4	1				Yes
24-2-2022 13:26:03	6882.8	1	422.6	9255.4	422.6	
24-2-2022 13:27:03	6484.2	1	398.6	9654	398.6	
24-2-2022 13:28:03	6076.6	1	407.4	10061.4	407.4	
24-2-2022 13:29:03	5675.6	1	401.2	10462.6	401.2	
24-2-2022 13:30:03	5271.4	1	404.2	10866.8	404.2	
24-2-2022 13:31:03	4884.8	1	386.6	11253.4	386.6	
24-2-2022 13:32:03	4491	1	393.8	11647.2	393.8	
24-2-2022 13:33:03	4086.4	1	404.6	12051.8	404.6	
24-2-2022 13:34:03	3684.8	1	401.6	12453.4	401.6	
24-2-2022 13:35:03	3290.6	1	394.2	12847.6	394.2	
24-2-2022 13:36:03	2855	1	435.6	13283.2	435.6	

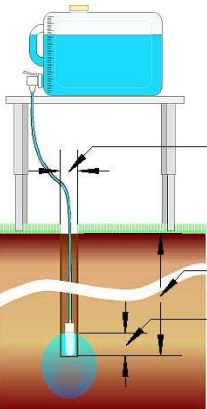
Location:
Site:
Time interval: minutes
Ksat Method:

Steady Flow Rate achieved when Water Consumption Rate changes less than

Steady Flow Rate: 218,258 ml/min
Tmp Adj Flow Rate: 218,364 ml/min
Percolation Rate: 0,360 min/cm
Ksat: 4.13
Meters / day

Site Details:

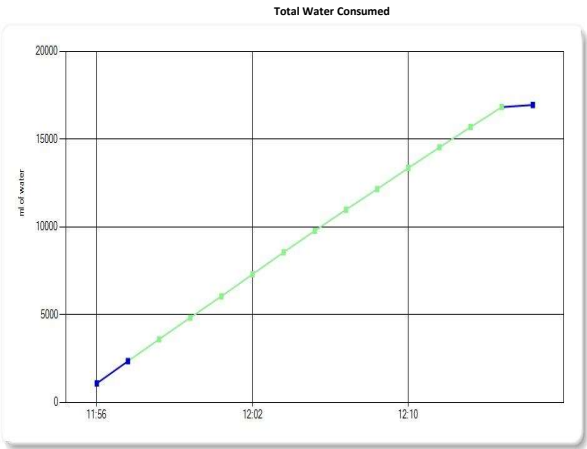
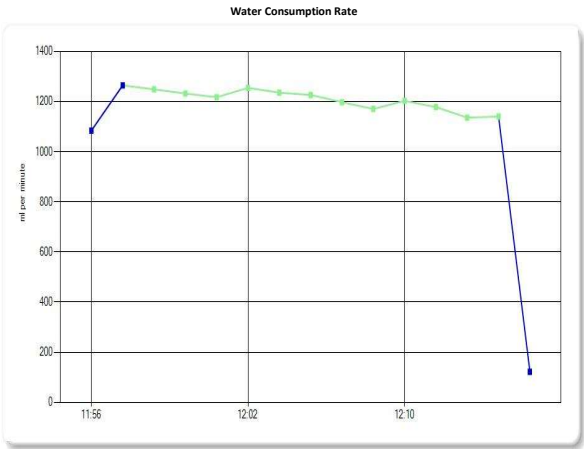
Notes:



Site GPS Position

Longitude:
Latitude:

Soil Texture Structure Category:



Time	Reservoir Water Level (ml)	Elapsed Time Interval (minutes)	Interval Water Consumed (ml)	Total Water Consumed (ml)	Water Consumption Rate (ml / min)	Ignore this Reading?
24-2-2022 11:55:43	7741.6	0				
24-2-2022 11:56:43	6657.6	1	1084	1084	1084	
24-2-2022 11:57:43	5393.2	1	1264.4	2348.4	1264.4	
24-2-2022 11:58:43	4145	1	1248.2	3596.6	1248.2	
24-2-2022 11:59:43	2913.4	1	1231.6	4828.2	1231.6	
24-2-2022 12:00:43	1696.4	1	1217	6045.2	1217	
24-2-2022 12:01:43	7433.2	1				Yes
24-2-2022 12:02:43	6179	1	1254.2	7299.4	1254.2	
24-2-2022 12:03:44	4923.2	1	1255.8	8555.2	1235.213	
24-2-2022 12:04:44	3697.2	1	1226	9781.2	1226	
24-2-2022 12:05:44	2500	1	1197.2	10978.4	1197.2	
24-2-2022 12:06:44	1329.8	1	1170.2	12148.6	1170.2	
24-2-2022 12:07:44	2508.6	1				Yes
24-2-2022 12:08:44	6428.2	1				Yes
24-2-2022 12:09:44	6568.6	1				Yes
24-2-2022 12:10:44	5366.2	1	1202.4	13351	1202.4	
24-2-2022 12:11:44	4188.4	1	1177.8	14528.8	1177.8	
24-2-2022 12:12:45	3033.8	1	1154.6	15683.4	1135.672	
24-2-2022 12:13:45	1893.8	1	1140	16823.4	1140	
24-2-2022 12:14:45	1771.8	1	122	16945.4	122	

Location:

Site:

Time interval: minutes

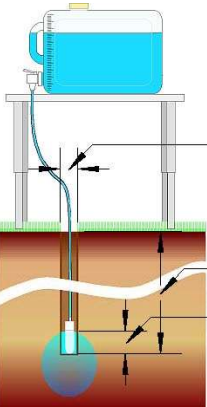
Ksat Method:

Steady Flow Rate achieved when Water Consumption Rate changes less than

Steady Flow Rate: 271.917 ml/min
Tmp Adj Flow Rate: 272.049 ml/min
Percolation Rate: 0.289 min/cm
Ksat: 5.15
Meters / day

Site Details:

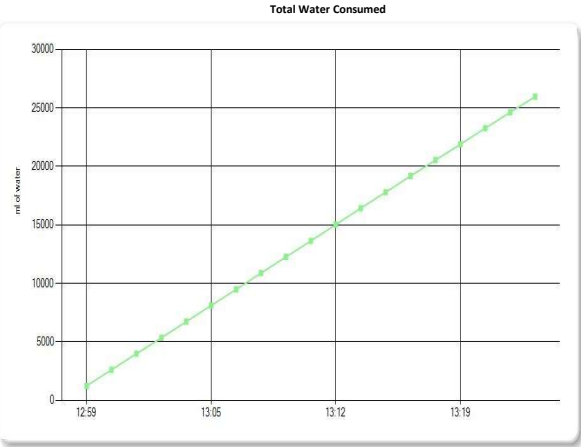
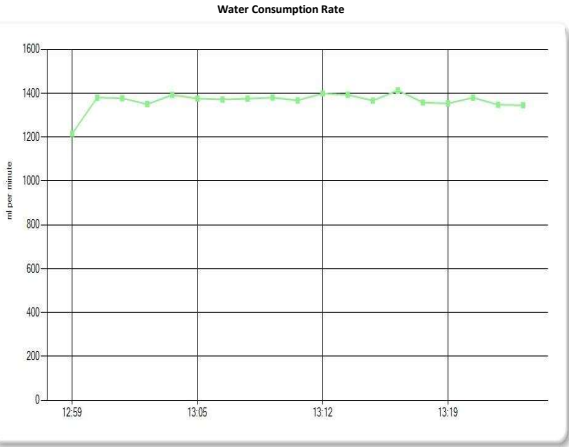
Notes:



Site GPS Position

Longitude:
Latitude:

Soil Texture Structure Category:



Time	Reservoir Water Level (ml)	Elapsed Time Interval (minutes)	Interval Water Consumed (ml)	Total Water Consumed (ml)	Water Consumption Rate (ml / min)	Ignore this Reading?
21-2-2022 12:58:50	7441	0				
21-2-2022 12:59:51	6205.8	1	1235.2	1235.2	1214.951	
21-2-2022 13:00:51	4826	1	1379.8	2615	1379.8	
21-2-2022 13:01:51	3449	1	1377	3992	1377	
21-2-2022 13:02:51	2099.2	1	1349.8	5341.8	1349.8	
21-2-2022 13:03:51	6683.4	1				Yes
21-2-2022 13:04:51	5291	1	1392.4	6734.2	1392.4	
21-2-2022 13:05:51	3915.6	1	1375.4	8109.6	1375.4	
21-2-2022 13:06:51	2544.2	1	1371.4	9481	1371.4	
21-2-2022 13:07:51	6471.8	1				Yes
21-2-2022 13:08:52	5074.2	1	1397.6	10878.6	1374.689	
21-2-2022 13:09:52	3694.2	1	1380	12258.6	1380	
21-2-2022 13:10:52	2327	1	1367.2	13625.8	1367.2	
21-2-2022 13:11:52	6213	1				Yes
21-2-2022 13:12:52	4814	1	1399	15024.8	1399	
21-2-2022 13:13:52	3421.4	1	1392.6	16417.4	1392.6	
21-2-2022 13:14:52	2055.2	1	1366.2	17783.6	1366.2	
21-2-2022 13:15:52	6089.6	1				Yes
21-2-2022 13:16:53	5523.4	1				Yes
21-2-2022 13:17:52	4134	0	1389.4	19173	1412.949	
21-2-2022 13:18:52	2776.4	1	1357.6	20530.6	1357.6	
21-2-2022 13:19:52	1423	1	1353.4	21884	1353.4	
21-2-2022 13:20:52	4706	1				Yes
21-2-2022 13:21:52	3326.4	1	1379.6	23263.6	1379.6	
21-2-2022 13:22:52	1979	1	1347.4	24611	1347.4	
21-2-2022 13:23:52	634	1	1345	25956	1345	

Location: Arnhem 09
Site: Arnhem 09

Time interval: 1 minutes

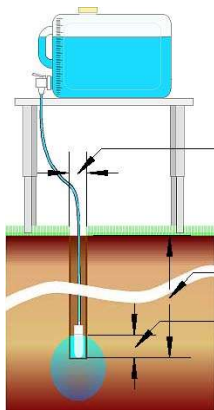
Ksat Method: Glover Solution

Steady Flow Rate achieved when Water Consumption Rate
changes less than
+/- 10 % for 12 consecutive readings

Steady Flow Rate: 279,047 ml/min
Tmp Adj Flow Rate: 279,182 ml/min
Percolation Rate: 0,281 min/cm
Ksat: 5.28
Meters / day

Site Details:

Notes:



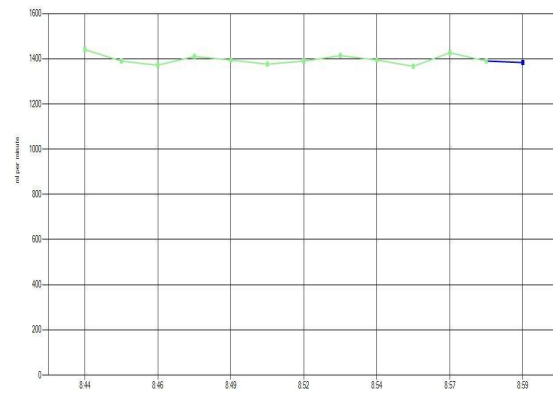
Site GPS Position

Longitude: 0 degrees 0 minutes 0 seconds East
Latitude: 0 degrees 0 minutes 0 seconds North

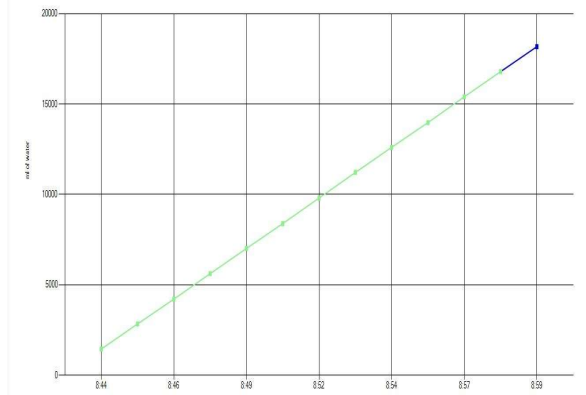
10 cm Hole Diameter
12 ° C Water Temperature
121 cm Hole Depth
10 cm Water Height in Hole
Water Table Depth

Soil Texture Structure Category:

Water Consumption Rate



Total Water Consumed



Time	Reservoir Water Level (ml)	Elapsed Time Interval (minutes)	Interval Water Consumed (ml)	Total Water Consumed (ml)	Water Consumption Rate (ml / min)	Ignore this Reading?
24-2-2022 8:42:11	8193.4	0				
24-2-2022 8:43:11	6855.4	1				Yes
24-2-2022 8:44:11	5414.6	1	1440.8	1440.8	1440.8	
24-2-2022 8:45:11	4025	1	1389.6	2830.4	1389.6	
24-2-2022 8:46:11	2653.4	1	1371.6	4202	1371.6	
24-2-2022 8:47:11	6822	1				Yes
24-2-2022 8:48:11	5411.6	1	1410.4	5612.4	1410.4	
24-2-2022 8:49:11	4017.2	1	1394.4	7006.8	1394.4	
24-2-2022 8:50:11	2641	1	1376.2	8383	1376.2	
24-2-2022 8:51:11	7285.8	1				Yes
24-2-2022 8:52:12	5873	1	1412.8	9795.8	1389.639	
24-2-2022 8:53:12	4459.2	1	1413.8	11209.6	1413.8	
24-2-2022 8:54:12	3064.6	1	1394.6	12604.2	1394.6	
24-2-2022 8:55:12	1697.8	1	1366.8	13971	1366.8	
24-2-2022 8:56:12	6540.6	1				Yes
24-2-2022 8:57:12	5114	1	1426.6	15397.6	1426.6	
24-2-2022 8:58:12	3724	1	1390	16787.6	1390	
24-2-2022 8:59:12	2340.8	1	1383.2	18170.8	1383.2	

Location: Arnhem 10
Site: Arnhem 10

Time interval: 1 minutes

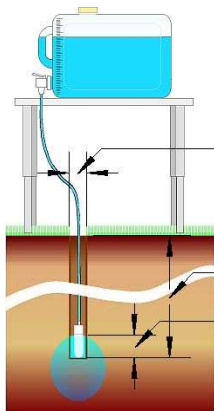
Ksat Method: Glover Solution

Steady Flow Rate achieved when Water Consumption Rate
changes less than
+/- 20 % for 19 consecutive readings

Steady Flow Rate: 283,745 ml/min
Tmp Adj Flow Rate: 283,882 ml/min
Percolation Rate: 0,277 min/cm
Ksat: 5.37
Meters / day

Site Details:

Notes:

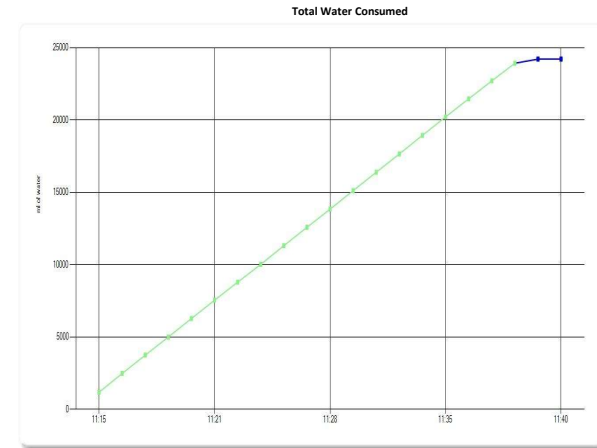
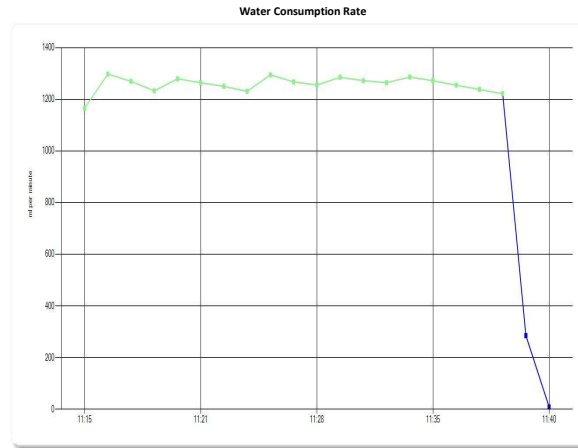


Site GPS Position

Longitude: 0 degrees 0 minutes 0 seconds East
Latitude: 0 degrees 0 minutes 0 seconds North

10 cm Hole Diameter
12 ° C Water Temperature
105 cm Hole Depth
10 cm Water Height in Hole
Water Table Depth

Soil Texture Structure Category:



Time	Reservoir Water Level (ml)	Elapsed Time Interval (minutes)	Interval Water Consumed (ml)	Total Water Consumed (ml)	Water Consumption Rate (ml / min)	Ignore this Reading?
21-2-2022 11:14:16	8031.8	0				
21-2-2022 11:15:16	6866.4	1	1165.4	1165.4	1165.4	
21-2-2022 11:16:16	5569	1	1297.4	2462.8	1297.4	
21-2-2022 11:17:16	4299.8	1	1269.2	3732	1269.2	
21-2-2022 11:18:17	3046.8	1	1253	4985	1232.459	
21-2-2022 11:19:17	6494.2	1				Yes
21-2-2022 11:20:17	5215	1	1279.2	6264.2	1279.2	
21-2-2022 11:21:17	3951	1	1264	7528.2	1264	
21-2-2022 11:22:17	2701.2	1	1249.8	8778	1249.8	
21-2-2022 11:23:17	1470.6	1	1230.6	10008.6	1230.6	
21-2-2022 11:24:17	5067.2	1				Yes
21-2-2022 11:25:17	6919	1				Yes
21-2-2022 11:26:17	5624.4	1	1294.6	11303.2	1294.6	
21-2-2022 11:27:17	4357.4	1	1267	12570.2	1267	
21-2-2022 11:28:17	3102.4	1	1255	13825.2	1255	
21-2-2022 11:29:17	7418.4	1				Yes
21-2-2022 11:30:17	6133.4	1	1285	15110.2	1285	
21-2-2022 11:31:17	4861.4	1	1272	16382.2	1272	
21-2-2022 11:32:17	3597.4	1	1264	17646.2	1264	
21-2-2022 11:33:17	7488.6	1				Yes
21-2-2022 11:34:17	6202.6	1	1286	18932.2	1286	
21-2-2022 11:35:17	4931	1	1271.6	20203.8	1271.6	
21-2-2022 11:36:17	3676.6	1	1254.4	21458.2	1254.4	
21-2-2022 11:37:17	2438.8	1	1237.8	22696	1237.8	
21-2-2022 11:38:17	1217.2	1	1221.6	23917.6	1221.6	
21-2-2022 11:39:17	932.4	1	284.8	24202.4	284.8	
21-2-2022 11:40:17	924	1	8.4	24210.8	8.4	

Location: Arnhem 11
Site: Arnhem 11

Time interval: 1 minutes

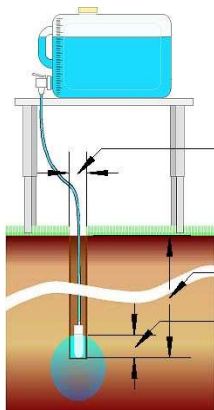
Ksat Method: Glover Solution

Steady Flow Rate achieved when Water Consumption Rate
changes less than
+/- 20 % for 12 consecutive readings

Steady Flow Rate: 192,813 ml/min
Tmp Adj Flow Rate: 192,907 ml/min
Percolation Rate: 0,407 min/cm
Ksat: 3.65
Meters / day

Site Details:

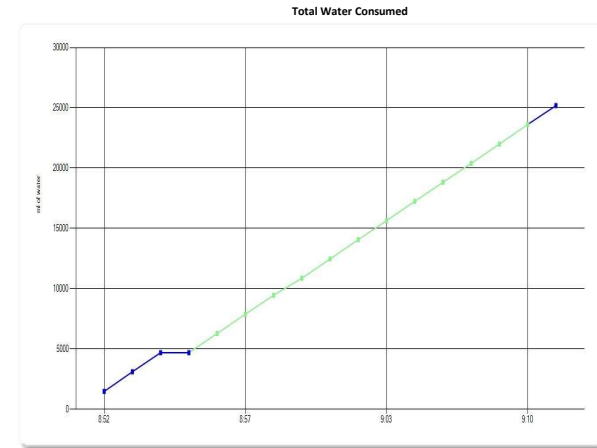
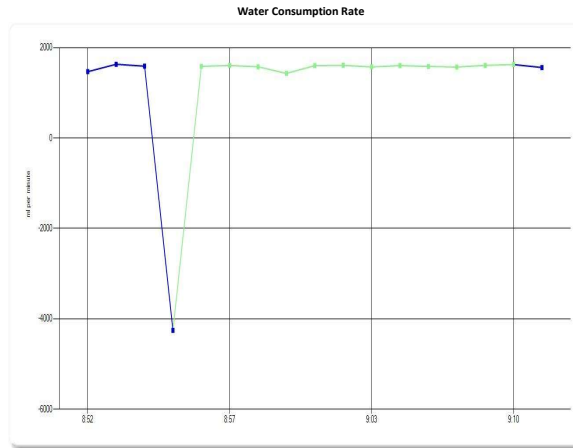
Notes:



Site GPS Position

Longitude: 0 degrees 0 minutes 0 seconds East
Latitude: 0 degrees 0 minutes 0 seconds North

Soil Texture Structure Category:



Time	Reservoir Water Level (ml)	Elapsed Time Interval (minutes)	Interval Water Consumed (ml)	Total Water Consumed (ml)	Water Consumption Rate (ml / min)	Ignore this Reading?
23-2-2022 8:51:13	7314.6	0				
23-2-2022 8:52:13	5847.4	1	1467.2	1467.2	1467.2	
23-2-2022 8:53:13	4216.2	1	1631.2	3098.4	1631.2	
23-2-2022 8:54:13	2627.2	1	1589	4687.4	1589	
23-2-2022 8:55:14	6955	1	-4327.8	4687.4	-4256.852	
23-2-2022 8:56:14	5369.2	1	1585.8	6273.2	1585.8	
23-2-2022 8:57:14	3764.8	1	1604.4	7877.6	1604.4	
23-2-2022 8:58:14	2189.8	1	1575	9452.6	1575	
23-2-2022 8:59:13	785	0	1404.8	10857.4	1428.61	
23-2-2022 9:00:14	7224.8	1				Yes
23-2-2022 9:01:14	5624	1	1600.8	12458.2	1600.8	
23-2-2022 9:02:14	4016.6	1	1607.4	14065.6	1607.4	
23-2-2022 9:03:14	2445.2	1	1571.4	15637	1571.4	
23-2-2022 9:04:14	6516.6	1				Yes
23-2-2022 9:05:14	4914.4	1	1602.2	17239.2	1602.2	
23-2-2022 9:06:14	3331.8	1	1582.6	18821.8	1582.6	
23-2-2022 9:07:14	1762.2	1	1569.6	20391.4	1569.6	
23-2-2022 9:08:14	7294.6	1				Yes
23-2-2022 9:09:14	5688	1	1606.6	21998	1606.6	
23-2-2022 9:10:14	4062.8	1	1625.2	23623.2	1625.2	
23-2-2022 9:11:14	2503.8	1	1559	25182.2	1559	

Location: Arnhem 13
Site: Arnhem 13

Time interval: 1 minutes

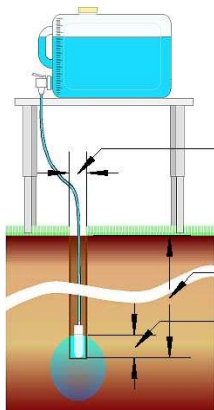
Ksat Method: Glover Solution

Steady Flow Rate achieved when Water Consumption Rate
changes less than
+/- 10 % for 13 consecutive readings

Steady Flow Rate: 260,658 ml/min
Tmp Adj Flow Rate: 260,785 ml/min
Percolation Rate: 0,301 min/cm
Ksat: 4.93
Meters / day

Site Details:

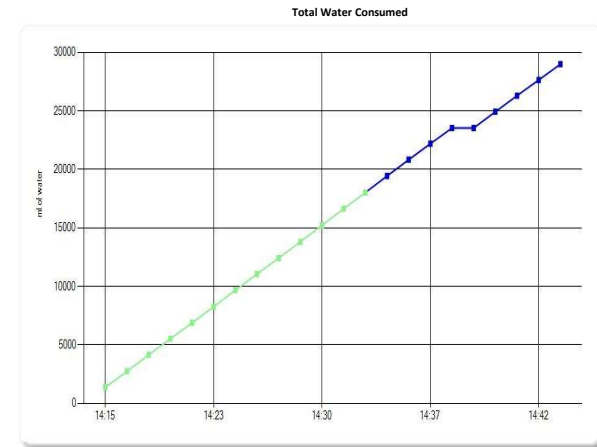
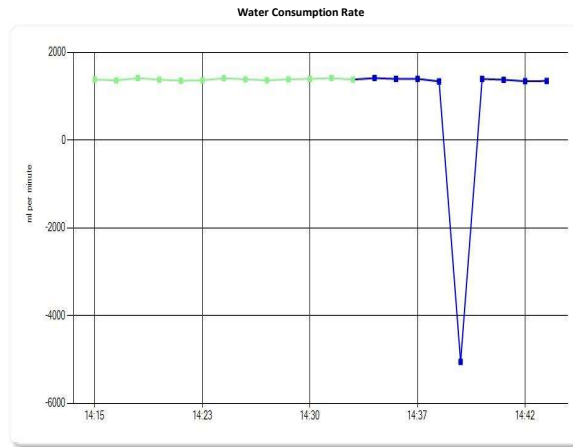
Notes:



Site GPS Position

Longitude: 0 degrees 0 minutes 0 seconds East
Latitude: 0 degrees 0 minutes 0 seconds North

Soil Texture Structure Category:



Time	Reservoir Water Level (ml)	Elapsed Time Interval (minutes)	Interval Water Consumed (ml)	Total Water Consumed (ml)	Water Consumption Rate (ml / min)	Ignore this Reading?
23-2-2022 14:13:17	7234	0				
23-2-2022 14:14:17	5955.8	1				Yes
23-2-2022 14:15:17	4576.6	1	1379.2	1379.2	1379.2	
23-2-2022 14:16:17	3217.4	1	1359.2	2738.4	1359.2	
23-2-2022 14:17:17	3172.6	1				Yes
23-2-2022 14:18:17	6214.8	1				Yes
23-2-2022 14:19:17	4802.6	1	1412.2	4150.6	1412.2	
23-2-2022 14:20:17	3426.8	1	1375.8	5526.4	1375.8	
23-2-2022 14:21:17	2073.6	1	1353.2	6879.6	1353.2	
23-2-2022 14:22:17	4333.2	1				Yes
23-2-2022 14:23:18	2949	1	1384.2	8263.8	1361.508	
23-2-2022 14:24:18	7393	1				Yes
23-2-2022 14:25:18	5983	1	1410	9673.8	1410	
23-2-2022 14:26:18	4597.2	1	1385.8	11059.6	1385.8	
23-2-2022 14:27:18	3236	1	1361.2	12420.8	1361.2	
23-2-2022 14:28:18	1850.2	1	1385.8	13806.6	1385.8	
23-2-2022 14:29:18	6482	1				Yes
23-2-2022 14:30:19	5064.2	1	1417.8	15224.4	1394.557	
23-2-2022 14:31:19	3651.8	1	1412.4	16636.8	1412.4	
23-2-2022 14:32:19	2272.8	1	1379	18015.8	1379	
23-2-2022 14:33:19	2472.2	1				Yes
23-2-2022 14:34:19	6999.8	1				Yes
23-2-2022 14:35:19	5586.8	1	1413	19428.8	1413	
23-2-2022 14:36:19	4193.6	1	1393.2	20822	1393.2	
23-2-2022 14:37:18	2822.2	0	1371.4	22193.4	1394.644	
23-2-2022 14:38:18	1485	1	1337.2	23530.6	1337.2	
23-2-2022 14:39:18	6540	1	5055	23530.6	5055	
23-2-2022 14:40:18	5148.4	1	1391.6	24922.2	1391.6	
23-2-2022 14:41:18	3773.8	1	1374.6	26296.8	1374.6	
23-2-2022 14:42:18	2433	1	1340.8	27637.6	1340.8	
23-2-2022 14:43:18	1086.8	1	1346.2	28983.8	1346.2	

Bijlage 2 Hydraulische toets Havenmeesterkwartier

Notitie 'Hydraulische toets Havenmeesterkwartier'

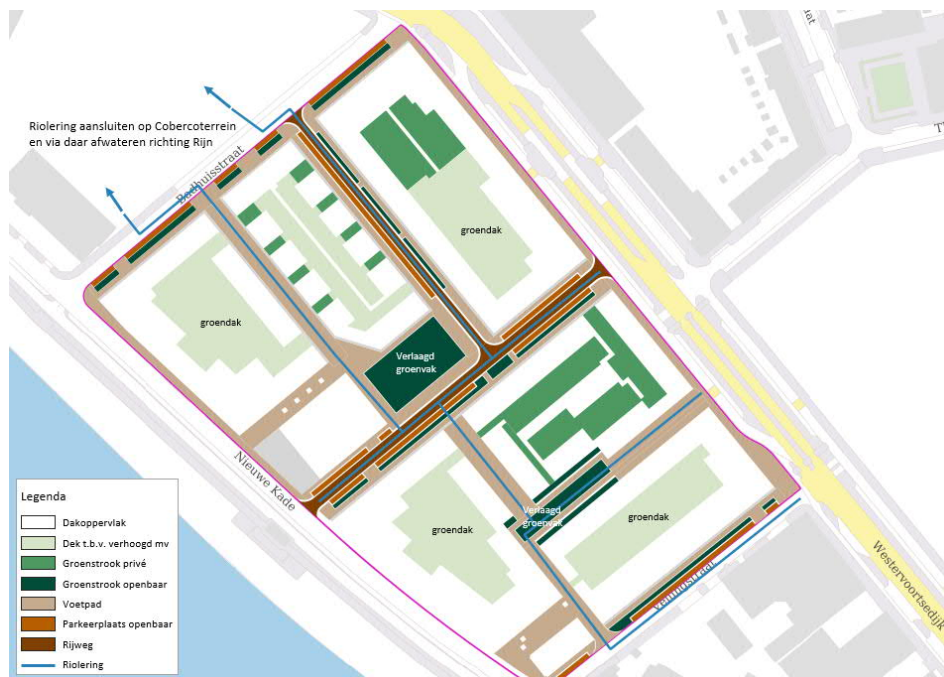
1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het plangebied Havenmeesterkwartier vindt momenteel een transformatie plaats van (voormalige) bedrijfs- en industrie functies naar een nieuw verblijfs- gebied met woon-, werk- en overige voorzieningen. Als onderdeel van de watertoets is een hydraulische berekening uitgevoerd om inzicht te krijgen in de werking van de waterberging in het Havenmeesterkwartier.

1.2 Projectgebied

Het Havenmeesterkwartier ligt naast het Cobercoterrein. In figuur 1 is het hemelwaterstuctuurplan van het Havenmeesterkwartier weergegeven, gebaseerd op het schetsontwerp. De waterberging vindt gedeeltelijk plaats op groendaken en gedeeltelijk in verlaagde groenvakken. Hiermee wordt de eerste 20 mm neerslag binnen het terrein vastgehouden. Overtollig hemelwater stroomt via de riolering naar het Cobercoterrein waar het via een overstort op de Rijn afwatert.



Figuur 1 Hemelstructuurplan Havenmeesterkwartier

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de uitgangspunten voor de modellering opgesomd. In hoofdstuk 3 staan vervolgens de resultaten beschreven. De conclusie en aanbevelingen staan in hoofdstuk 4 beschreven.

10-10-2022

Versie D0

Projectnummer 51003776

Onderwerp Opst. uitwpl. Groot Rijnwijk

2 Uitgangspunten

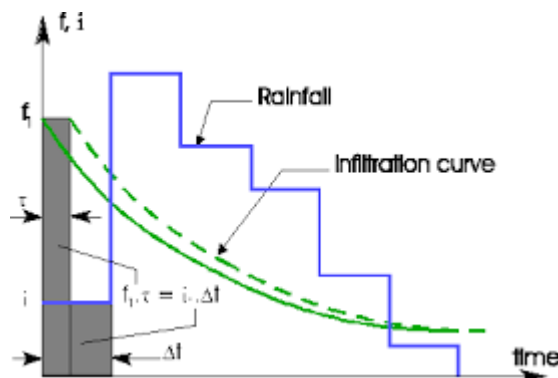
2.1 Modelbouw

Gemeente Arnhem beschikt over een InfoWorks-ICM model van Arnhem-Noord. Deze is gebruikt om stresstesten uit te voeren. In het bestaande model zijn de ontwikkelingen van Coberco en Havenmeesterkwartier toegevoegd, zodat het effect van de ontwikkelingen op de omgeving zichtbaar wordt.

Het schetsontwerp van Havenmeesterkwartier, zoals weergegeven in figuur 1, is vertaald naar een 2D1D-model in InfoWorks-ICM. Op basis van een eerste indicatie van de vloerpeilen van de panden is een hoogtemodel van het gebied opgesteld. In figuur 3 is de modelopbouw weergegeven. De uitgangspunten voor de 2D1D-modellering zijn overgenomen van de ministresstest van Coberco. Een toelichting op bepaalde modelkeuzes volgt hieronder:

Groenvakken

- In de groenvakken kan tot 20 cm water geborgen worden. De groenvakken worden 25 cm verlaagd aangelegd met een slokop op 20 cm boven de bodem van de groenvakken.
- Het water dat op de groenvakken valt én het hemelwater dat bovengronds naar de groenvakken toestroomt, infiltreert eerst voordat het vak zich vult. Hierbij is het Horton-principe toegepast. Dit principe berust op een afname van de infiltratiecapaciteit naarmate de bodem zich over de tijd vult.



Figuur 2 Principeschets van de Horton curve

- De groenvakken zijn met een slokop verbonden met het rioolstelsel. De verbinding van de slokops met de HWA-riolering bestaat uit een $\varnothing 125$ mm leiding.
- De tuinen zijn voor 100% verhard meegenomen. In de praktijk zal een deel waarschijnlijk onverhard zijn waar het water kan infiltreren. De 100% verharding geeft inzicht in de worst-case scenario.

Panden

10-10-2022

Versie D0

Projectnummer 51003776

Onderwerp Opst. uitwpl. Groot Rijnwijk

- Bij de panden is onderscheid gemaakt in type dakoppervlak. In het ontwerp is rekening gehouden met 50% groendaken. Op de groendaken wordt 40 mm water geborgen voordat het water richting de groenvakken afstroomt.
- Voor alle panden is aangenomen dat het om vlakke daken gaat. Dit is een eerste indicatie.
- Het water, afkomstig van de daken, voert rechtstreeks af op de dichtstbijzijnde groenvakken en vanaf daar stroomt het overtollige water via een slokop de riolering in.

Riolering

- Voor een eerste inschatting zijn de diameters van het hemelwaterstuctuurplan op $\varnothing 400\text{mm}$ ingeschat. Verdere uitwerking van de diameters volgt in een volgende fase.
- Het HWA-stelsel van Havenmeesterkwartier takt op twee punten aan op het stelsel van Coberco. Bij hydraulische berekeningen van Coberco is rekening gehouden met de afwatering vanaf het Havenmeesterkwartier. Op het Cobercoterrein voert overtollig hemelwater af naar de Rijn.
- Het water kan lozen op de Rijn via een terugslagklep. In de modellering zijn de waterstanden van de Rijn niet meegenomen. Het water kan in het model dus vrij lozen. Dit komt overeen met de praktijksituatie wanneer de waterstanden in de Rijn laag zijn. De meeste piekbuien vallen in de zomer, waarbij de waterstanden van de Rijn laag zijn.

In figuur 3 is de modelopbouw in InfoWorks ICM weergegeven. Het terrein van Havenmeesterkwartier is aan het bestaande model van Arnhem-Noord toegevoegd. In het noordwesten is een deel van het Cobercoterrein te zien waarop het Havenmeesterkwartier afwatert. De blauwe vlakken geven de verlaagde groenvakken weer.



Figuur 3 Modelopbouw in IW ICM

2.2 Buien

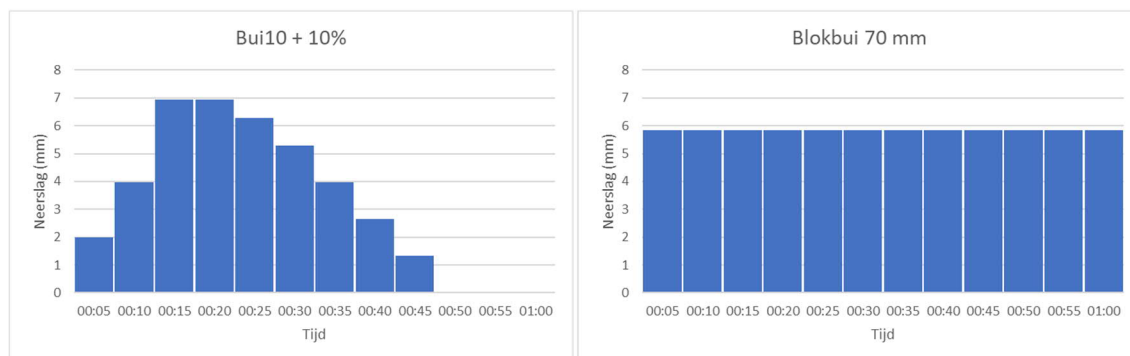
10-10-2022

Versie D0

Projectnummer 51003776

Onderwerp Opst. uitwpl. Groot Rijnwijk

Het hemelwaterplan is getoetst met twee buien, een bui10+10% en een blokbui van 70 millimeter. Bij een Bui10+10% valt in 45 minuten 39,27 millimeter. Waterschap Rivierenland en de gemeente hanteren deze bui als toetsbui voor nieuwe ontwikkelingen. Om alvast een doorkijk te nemen naar een extremere situatie, is ook een bui van 70 mm doorgerekend. In de blokbui van 70 mm valt in totaal 70 mm in een uur tijd. De toetsing met een 70 mm kan gezien worden als een mini-stresstest. In figuur 4 zijn de buiverlopen weergegeven.



Figuur 4 Bui 10+10% (links) en een blokbui van 70 mm (rechts)

3 Resultaten

3.1 Bui10+10%

In figuur 5 zijn de maximale waterstanden ten opzichte van het maaiveld weergegeven bij bui10+10%. Hoe blauwer het vlak, hoe hoger het water staat. Uit de toetsing blijkt dat de groenvakken zich verschillend vullen. De kleine, smalle groenvakken vullen zich snel. Het overtollige hemelwater stroomt via de slokops de riolering in. De grote groenvakken in het midden van het terrein vullen zich slechts gedeeltelijk. De maximale waterstand is 0,12 en 0,16 meter. Daarmee blijft het water onder de slokop staan. Er zou 0,20 m water geborgen kunnen worden. Niet alle groenvakken worden dus optimaal benut. Dit komt doordat het afstromend oppervlak onevenredig over de groenvakken verdeeld is.

In het zuidelijke punt van het plangebied ontstaat een plas water op het maaiveld (rood omcirkeld gebied in figuur 5). In deze hoek is geen groenvak aanwezig waar het hemelwater naartoe stromen kan. Het hemelwater kan de groenvakken in het zuidoosten niet bereiken, waardoor er water op straat komt te staan. Hetzelfde gebeurt in de twee oostelijke takken tussen de gebouwen. Hier zijn wel groenstroken aanwezig, maar deze zijn te klein om al het hemelwater op te vangen. Het water blijft op straat staan en vormt een plas met een waterdiepte van 0,01 en 0,04 meter. De hoeveelheid water die op straat blijft staan, is dus zeer gering. Het water blijft binnen de trottoirbanden. Uitzondering hierop is de plas water in de zuidelijke punt die tot 0,05 m diep is. Deze staat tegen het pand aan. Bij verdere uitwerking is het van belang dat het hemelwater richting groenvakken afwatert.

10-10-2022

Versie D0

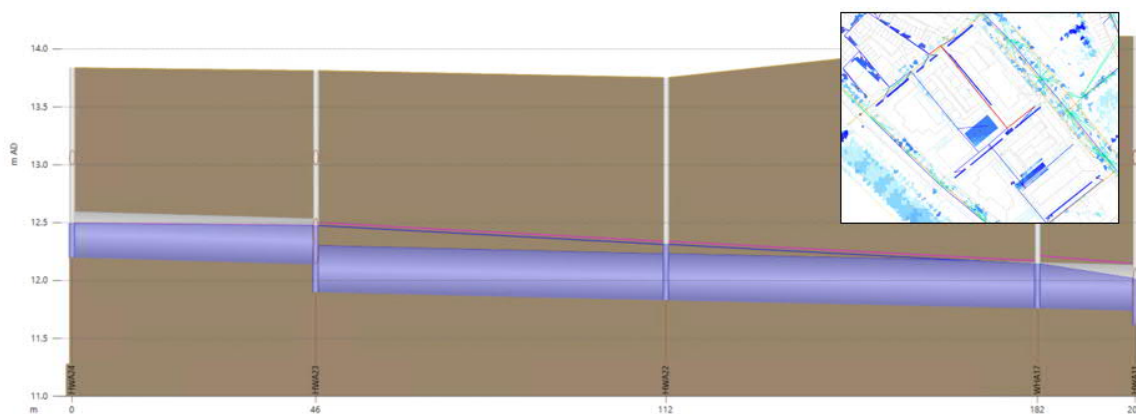
Projectnummer 51003776

werp Opst. uitwpl. Groot Rijnwijk



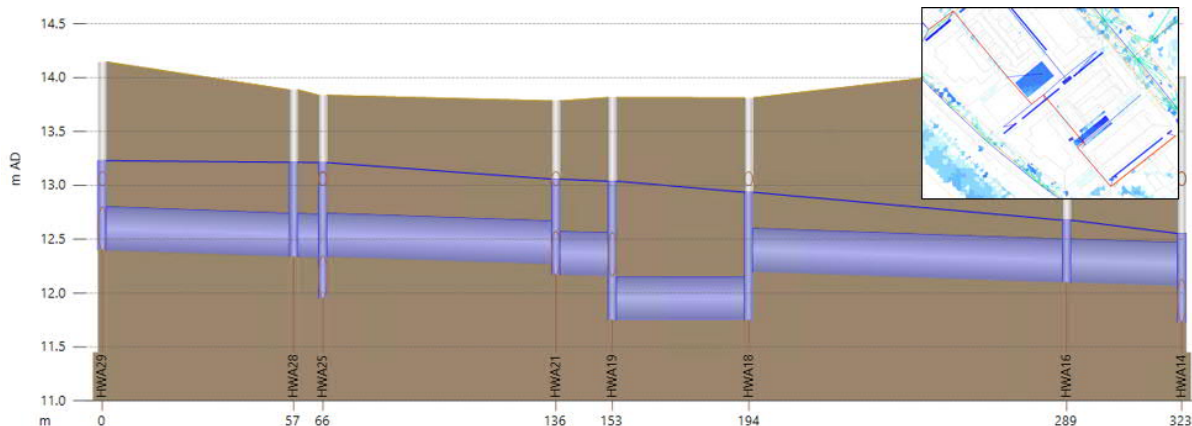
Figuur 5 Maximale waterstanden bui10+10%

De HWA-leidingen vullen zich gedeeltelijk bij een bui10+10%. De strengen aan de noordoost zijde zijn volledig gevuld, maar het water blijft ruim onder het maaiveld staan (zie figuur 6).



Figuur 6 Vulling riolering bij bui 10+10% ter hoogte van Westervoortsedijk tot noordoostelijke aantakking Cobercoterrein

Tijdens de piek van de bui zijn de strengen in het zuidwesten volledig gevuld. Het stijgt in de putten tot ongeveer één meter onder het maaiveld. Er is nog een ruimte in de leidingen om extra water op te vangen, maar er is niet veel overcapaciteit.



10-10-2022

Versie D0
 Projectnummer 51003776
 Uitvoerder: Groot Rijnwijk

Figuur 7 Vulling riolering bij bui 10+10% vanaf Veilingstraat tot zuidwestelijke aantakking Cobercoterrein

3.2 70 mm bui

In figuur 8 zijn de maximale waterstanden bij een 70 mm bui weergegeven. De locaties waar water op straat berekend wordt bij een 70 mm bui, zijn nagenoeg gelijk aan de locaties bij een bui10+10%. Ten opzichte van de maximale waterstanden bij een bui10+10% neemt de hoeveelheid water op straat met enkele centimeters toe. In de zuidoostelijke rand (oranje cirkel in figuur 8) tussen de Veilingstraat en de lange smalle groenstrook ontstaat een nieuwe plas water van enkele centimeters.

De groenvakken zijn bij een 70 mm bui volledig gevuld. De groenvakken kunnen tot 0,20 m vullen waarna het water via de slokop de riolering in gaat. Het valt op dat de meeste groenvakken meer dan 0,20 m water bergen. De capaciteit van de slokop (een rond $\varnothing 125\text{mm}$) is te klein om het overtollige hemelwater direct af te voeren. Rondom de groenvakken ontstaat water op straat. Het wordt aanbevolen om in een verder ontwerp de leidingen vanaf de slokops richting het HWA-stelsel te optimaliseren. De hoeveelheden water op straat zijn zeer beperkt, slechts enkele centimeters. Met deze hoeveelheden is er nog geen sprake van grote wateroverlast.

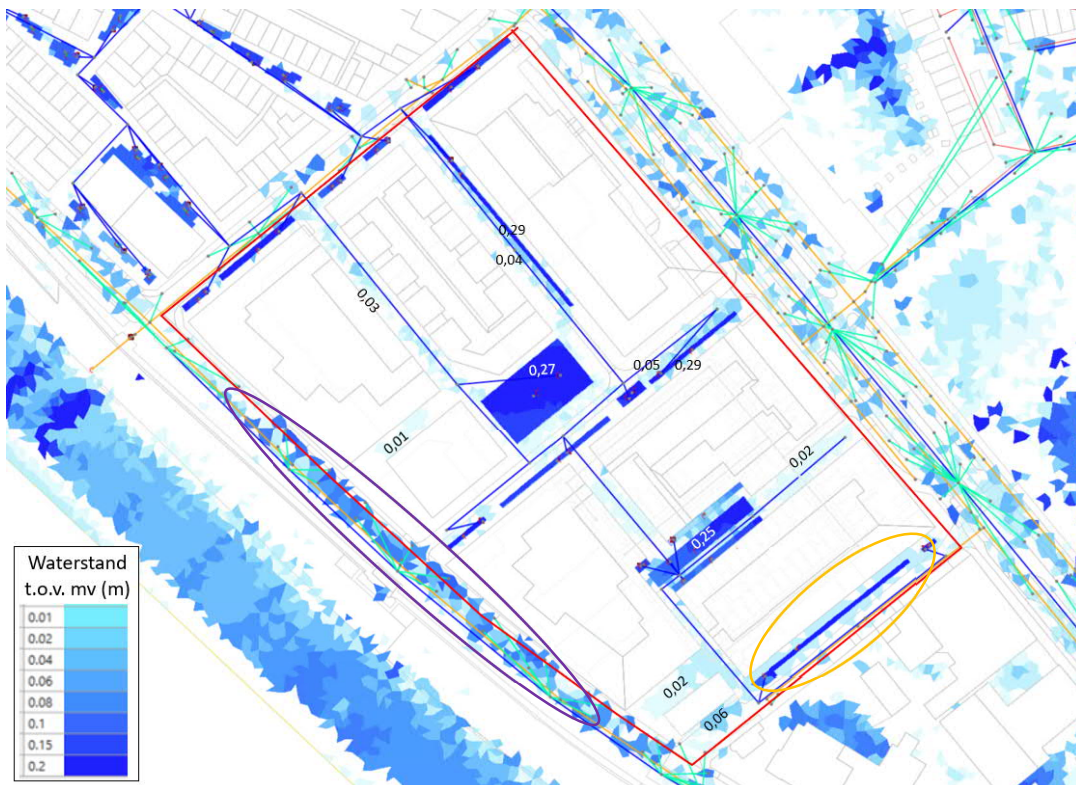
In figuur 8 valt het op dat er vrij veel water op straat staat bij de Rijnkade (paars omcirkeld). De Rijnkade valt buiten het projectgebied, maar grenst wel direct aan het Havenmeesterkwartier. Bij verdere uitwerking is het van belang rekening te houden met de afwatering van de Rijnkade. Indien er erg veel water op de Rijnkade staat, kan het water het projectgebied instromen en daar voor overlast zorgen. Uit de berekeningen volgt dat bij een bui van 70 mm dat nog niet gebeurt.

10-10-2022

Versie D0

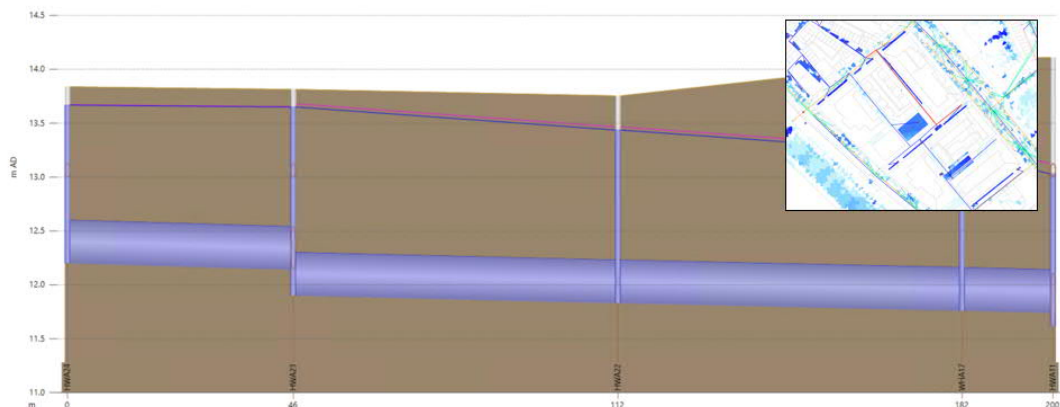
Projectnummer 51003776

Onderwerp Opst. uitwpl. Groot Rijnwijk



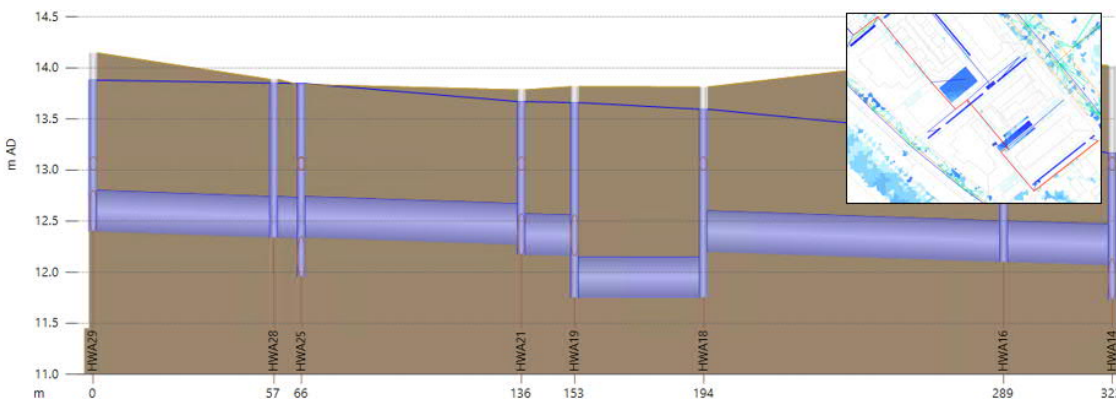
Figuur 8 Maximale waterstanden bij een 70 mm bui

De leidingen zijn bij een 70 mm bui volledig gevuld. Het water in de noord-oostelijk gelegen stengen stijgt tot net onder het maaiveld. De capaciteit van de leidingen is voldoende om een bui 70 mm op te kunnen vangen.



Figuur 9 Vulling riolering bij bui 70 mm ter hoogte van Westervoortsedijk tot noordelijke aantakking Cobercoterrein.

Het water in de westelijke gelegen strengen stijgt tot het maaiveld. Op de plekken waar het maaiveld iets lager ligt, komt water op straat te staan. Dit is met name in het zuiden van het plangebied, bij de Veilingstraat. In figuur 10 is te zien dat de eindstrengen (rechts) opstuwing veroorzaken. Om de capaciteit van de riolering te vergroten, zouden de laatste strengen richting Coberco vergroot kunnen worden naar $\varnothing 500\text{mm}$. Hiermee wordt voorkomen dat er grote plassen op straat ontstaan. Om volledig water op straat te voorkomen, dienen nog grotere diameters gebruikt te worden.



10-10-2022

Versie D0
Projectnummer 51003776
verp Opst. uitwpl. Groot Rijnwijk

Figuur 10 Vulling riolering bij bui 70 mm vanaf Veilingstraat tot zuidelijke aantakking Cobercoterrein

3.3 Afvoer naar Coberco en Rijn

Het HWA-stelsel van Havenmeesterkwartier watert op twee punten af richting Coberco. Vanaf daar stroomt het water richting de overstort naar de Rijn. In tabel 1 staan de afvoeren richting Coberco en de Rijn weergegeven voor de situatie met een bui10+10% en een bui van 70 mm in een uur.

Tabel 1 Afvoer naar Coberco en de Rijn

	Bui10+10%	70 mm
Richting Coberco, Noordoost (m ³)	509	1182
Richting Coberco, Zuidwest (m ³)	128	591
Richting Rijn (m ³)	1380	3407

4 Conclusie en advies

Om inzicht te krijgen in de werking van de hemelwaterafvoer in het Havenmeesterkwartier is een 2D1D-berekening uitgevoerd, waarbij het schetsontwerp van Havenmeesterkwartier toegevoegd is aan het bestaande Infoworks-model van Arnhem Noord. Het ontwerp is doorgerekend met een bui10+10% en een bui van 70 millimeter. De bui10+10% is gebruikt om het ontwerp hydraulisch te toetsen voor het bestemmingsplan. De bui van 70 mm in een uur is gebruikt om inzicht te krijgen in de werking van het systeem bij zeer extreme neerslag.

4.1 Toetsing bui10+10%

Uit de berekeningsresultaten van een bui10+10% blijkt dat het overgrote deel van het hemelwater de groenvakken bereikt. De verdeling van het water over de groenvakken is ongelijk. De kleine, smalle groenvakken lopen snel vol en storten daarna over in de riolering. De grote groenvakken in het midden van het terrein hebben nog capaciteit over om extra water op te vangen. Daarnaast zijn er enkele plekken op het terrein waar water op straat blijft staan. Het water kan hier niet de groenvakken bereiken, of de groenvakken zitten al vol en het water kan niet geborgen worden.

De HWA-riolering heeft voldoende capaciteit om het hemelwater te verwerken. Het overgrote deel van het water voert via de noordoostelijke verbinding richting het Cobercoterrein. Slechts een klein deel van het hemelwater stroomt richting de zuidwestelijke verbinding.

10-10-2022

Versie D0

Projectnummer 51003776

Onderwerp Opst. uitwpl. Groot Rijnwijk

4.2 Toetsing bui 70 mm

Bij een bui van 70 mm in een uur worden alle groenvakken volledig benut. Rondom de kleine groenvakken ontstaat water op straat. De capaciteit van de slokops is niet voldoende om het hemelwater snel richting de riolering af te voeren. Het water op straat is enkele centimeters diep waardoor de kans op wateroverlast klein is. Met name omdat het water niet tegen de panden aankomt.

De capaciteit van het HWA-stelsel is voldoende om een bui10+10% te verwerken. Bij een bui van 70 mm stijgt op sommige plekken het water tot aan de putdeksel. Dit zijn de plekken waar het maaiveld iets lager ligt. De capaciteit van de eindstrengen is net iets te laag om het hemelwater gemakkelijk te kunnen verwerken. Aanbevolen wordt om de eindstrengen van de zuidwestelijke tak te vergroten van $\varnothing 400$ mm naar $\varnothing 500$ mm.

4.3 Aanbevelingen verdere uitwerking

Deze hydraulische toets is uitgevoerd aan de hand van een schetsontwerp. De resultaten dienen als onderbouwing voor de watertoets die wordt opgenomen in het bestemmingsplan. We adviseren om in een volgende fase, bij een verder uitgewerkt stedenbouwkundig plan, nogmaals deze berekeningen uit te voeren. Voor de verdere uitwerking willen we de volgende aandachtspunten meegeven:

- Bij de uitwerking van het hoogteplan rekening houden met de afwatering richting de groenvakken. Ook gebieden die relatief ver van de groenstroken af liggen, moeten onder afschot richting de groenvakken komen te liggen.
- Onderzoeken of er een mogelijkheid is voor extra waterberging in de zuidelijke punt van het plangebied. Hier ontstaat nu water op straat bij een bui10+10%
- Diameters van de eindstrengen van de riolering op het Havenmeesterkwartier vergroten op basis van een 70 mm bui. Voor een bui10+10% voldoet het systeem.

Uit de toets met een bui van 70 mm blijkt dat de Rijnkade kwetsbaar is voor wateroverlast. Met de herinrichting van de Rijnkade/Nieuwe Kade dient (door de gemeente) rekening gehouden te worden met het deugdelijk afvoeren van hemelwater, zodat deze niet het plangebied van het Havenmeesterkwartier in kan stromen.

10-10-2022

Versie D0

Projectnummer 51003776

Onderwerp Opst. uitwpl. Groot Rijnwijk

Sweco Nederland B.V.
Onderwerp Handelsregister 30129769
Havenmeesterkwartier /
Hydrologische toets
Projectnummer 51003776
Klant BPD Ontwikkeling BV
Versie D0
Datum 07-10-2022
Auteur Marthe Oldenhof
Document referentie NL22-648800269-33464

Gecontroleerd door


.....
Theo Schipper

Vrijgegeven door


.....
Ron Buitelaar