

Hamerkwartier zuid

Grondwatertoets



Auteur(s)

5.1.2.e

Collegiale toets

5.1.2.e

Opdrachtgever

5.1.2.e

Grond en Ontwikkeling

Contactpersoon

5.1.2.e

Ingenieursbureau

Kenmerk

2023-1000995

Opsteller	Goedgekeurd en vrijgegeven	Paraaf	Datum
5.1.2.e	5.1.2.e	5.1.2.e	06-03-2024

Inhoud

1	Inleiding	3
1.1	Doel en aanpak	3
1.2	Aanleiding	3
1.3	Projectgebied	3
1.4	Grondwaterbeleid en achtergrond	5
1.5	Toepasbaarheid grondwatermodel	6
1.6	Leeswijzer	7
2	Gebiedsbeschrijving	8
2.1	Maaiveldniveau	8
2.2	Bodemopbouw	9
2.3	Grondwaterstanden	14
2.4	Oppervlaktewater	17
2.5	Drainage	17
2.6	Cunetten	19
2.7	Fundering bestaande bouw	20
3	Grondwatermodel	23
3.1	Algemeen	23
3.2	Opzet modellering	23
3.3	Opbouw grondwatermodel	24
3.4	Modelafwijking	28
4	Resultaten	30
4.1	Huidige situatie	30
4.2	Toekomstige situatie	32
5	Conclusie en advies	39

1 Inleiding

1.1 Doel en aanpak

Op basis van geohydrologisch onderzoek van het zuidelijk deel van Hamerkwartier, dat is uitgevoerde gedurende het investeringsbesluit, is gepland om (diep)cunetten toe te passen om de grondwatersituatie te verbeteren. Daarnaast worden de bestaande kades waterdoorlatend gemaakt. Het doel van deze rapportage is om de effectiviteit van deze maatregelen op de grondwaterhuishouding inzichtelijk te maken, het ontwerp te optimaliseren en een advies te geven over de toekomstige maaiveldhoogte van het plangebied. Voor de toekomstige situatie wordt tevens rekening gehouden met wijzigingen in de maaiveldindeling ten gevolge van de gebiedstransformatie en toename van neerslag als gevolg van klimaatverandering. Hiervoor is een grondwatermodel opgesteld van het plangebied. Hierin zijn verschillende scenario's, die effect hebben op de grondwaterstand, doorgerekend.

1.2 Aanleiding

In Amsterdam ligt op de Noordelijke IJ-oever het Hamerkwartier. In het gebied vindt een transformatie plaats van een bedrijventerrein naar een intensief gebruikt gemengd woon/werk terrein.

Na herinrichting is een grondwaterstandssituatie zonder wateroverlast en/of –onderlast gewenst. Grondwateroverlast wordt grotendeels voorkomen door voldoende afstand tussen de grondwaterstand en het maaiveld (ontwatering). Grondwateronderlast wordt voorkomen door te zorgen dat de grondwaterstand niet te laag is. Een te lage grondwaterstand kan schade veroorzaken aan fundering van huizen en andere gebouwen of constructies. Daartussen ligt de gewenste grondwaterstand. Bij herontwikkelingen streeft de gemeente Amsterdam naar een grondwaterstandssituatie zonder wateroverlast en/of –onderlast.

Als gevolg van de gebiedstransformatie van functie werken naar wonen/werken moet de grondwaterhuishouding worden verbeterd om te voldoen aan de gemeentelijke grondwaternorm: een minimale afstand van 0,9 m tussen het maaiveldniveau en de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG). Daarnaast acht de gemeente Amsterdam in de openbare ruimte voor de aanplant van bomen (van 1^e orde grootte) een ontwateringsdiepte van minimaal 0,8 à 1,0 m t.o.v. de GHG wenselijk. Bij het verlagen van de grondwaterstand moet de kans op schade op kwetsbare fundering van bestaande panden en constructies zoveel mogelijk worden voorkomen.

1.3 Projectgebied

Het Hamerkwartier kan worden opgedeeld in buurten en terreinen, zie *Figuur 1-1*. Deze rapportage heeft betrekking op de terreinen Eigenhaard, Prysmian en Amvest.



Figuur 1-1: Overzichtskartaal van de naamgeving van de buurten en terreinen, zoals gebruikt in deze rapportage.

De ligging van het projectgebied is weergegeven *Figuur 1-2*. Aan de noordzijde wordt het projectgebied begrensd door het Gedempt Hamerkanaal en aan de oostzijde door de Johan van Hasseltweg.



Figuur 1-2: Ligging projectgebied

Het ontwikkelbeeld voor de toekomstige situatie is opgenomen in *Figuur 1-3*. Te handhaven opstallen zijn weergegeven in grijs. De ligging van de straten in de plankaart is anders dan in de

huidige situatie. Met name op de terreinen van Eigen Haard, Prysmian en Amvest komen extra straten. Langs het IJ is een boulevard geprojecteerd welke grotendeels onverhard is.

Ten opzichte van de huidige situatie komt er extra groen in het gebied. Extra groen is voorzien in:

- De pocketparks langs de straten;
- Parallel aan de Johan van Hasseltweg, vanaf de Vogelstraat tot aan het IJ;
- De boulevard langs de IJ-oever.

De sloot parallel aan de noordelijke zijde van de Johan van Hasseltweg is in het ontwerp doorgetrokken tot aan het IJ.

Het geohydrologisch advies is gebaseerd op het huidige stedenbouwkundig plan en uitgangspunten. Bij wijzigingen in het stedenbouwkundig ontwerp of veranderende uitgangspunten dient het geohydrologisch advies te worden herzien.



Figuur 1-3: Ontwikkelbeeld Hamerkwartier (incl. verwachte start bouw per kavel)

1.4 Grondwaterbeleid en achtergrond

De gemeente heeft een wettelijke zorgplicht voor het treffen van maatregelen om structureel nadelige gevolgen van de grondwaterstand voor de aan de grond gegeven bestemming zoveel mogelijk te voorkomen of te beperken. Vanuit deze grondwaterzorgplicht volgt dat nieuwe ontwikkelingen in het plangebied, zoals nieuwe bebouwing of ondergrondse parkeergarages, geen structurele nadelige grondwatereffecten mogen veroorzaken op de openbare ruimte,

bestaande constructies, objecten, gebouwen en groen in de omgeving. Binnen Amsterdam voert Waternet de grondwaterzorgtaak uit in opdracht van de gemeente.

Om grondwateroverlast te voorkomen hanteert de gemeente een ontwateringsnorm. Deze is opgenomen in het Omgevingsprogramma Riolering 2022-2027 (OPR) van de gemeente Amsterdam. Deze vereist voor nieuwe gebieden en transformatiegebieden een ontwateringsdiepte van 90 cm onder maaiveld. Dit is gunstig voor o.a. bebouwing, wegen, groen (bomen) en infiltratiemogelijkheden voor hemelwater. De ontwateringsdiepte wordt bepaald op basis van de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG).

Om een robuust en klimaatbestendig ontwerp te creëren dient de ontwatering ook te voldoen voor de toekomstige klimaatscenario's. Vanwege een toename aan neerslag is de verwachting dat dat de (hoogste) grondwaterstanden in de toekomst toe zullen nemen. Dit betekent dat, om te voldoen aan toekomstige gestegen grondwaterstanden, het effect van klimaatverandering ook dient te worden meegenomen in het planontwerp.

Bij grootschalige herstructurering van een gebied hanteert de gemeente een voorkeursvolgorde voor grondwatermaatregelen bij ruimtelijke ontwikkelingen:

- Integraal ophogen;
- Aanleg van open water;
- Robuuste ontwateringsmiddelen.

Robuuste ontwateringsmiddelen kunnen bestaan uit bv:

- Grondverbetering, om een betere ontwatering te realiseren, of
- Drainage (minst wenselijk).

Tot slot kan de grondwatersituatie aanleiding geven tot aanpassing van bouwwijze of gebruik.

De aanleg van open water, verplaatsen van watergangen of het dempen dient in overleg met de waterbeheerder (Waternet, als uitvoerende organisatie van waterschap Amstel, Gooi en Vecht) te gebeuren². De eventuele aanleg van drainage dient in overleg met Waternet en/of V&OR te gebeuren als beheerder van de drainage in openbare ruimte onder de grondwaterzorgplicht.

Paraplubestemmingsplan grondwaterneutrale kelders

In oktober 2021 is het paraplubestemmingsplan Grondwaterneutrale kelders vastgesteld². De planlocatie bevindt zich in 'overige zone 2' met maatregelpakket 2 (standstill kD) op basis van de kaart Bijlage 1 van het afwegingskader. Het bestemmingsplan maakt kelderbouw mogelijk, mits deze grondwaterneutraal wordt uitgevoerd.

1.5 Toepasbaarheid grondwatermodel

Het grondwatermodel is specifiek gericht op het simuleren van het freatische grondwatersysteem. Benadrukt wordt dat het om een modelstudie gaat die de werkelijk zo goed als mogelijk nabootst op basis van beschikbare gegevens, en dat (lokale) afwijkingen tussen de modelsimulatie en de

¹ Waterschap Amstel, Gooi en Vecht, Keur 2019 - Besluit Vrijstellingen en nadere regels, en Beleidsregels Keurvergunningen

² Paraplubestemmingsplan Grondwaterneutrale kelders, gemeente Amsterdam, mei 2021

werkelijke toekomstige situatie kunnen optreden. Het grondwatermodel dient opnieuw te worden gevalideerd als meer grondwatermetingen beschikbaar komen.

Het (gevalideerde) grondwatermodel kan worden ingezet bij het toetsen van stedenbouwkundige plannen of bij het opstellen van watertoetsen bij bestemmingsplannen. Met dit model worden de effecten van de ontwikkelingen op het grondwatersysteem berekend binnen de gebiedsontwikkeling. Hieronder vallen geohydrologische effecten van verandering aan verharding en klimaatverandering, om deze vervolgens te toetsen aan de gemeentelijke beleidsregels. Aan de hand van de resultaten wordt advies gegeven over mitigerende maatregelen en kunnen eisen, zoals bouwpeilen, worden meegegeven aan ontwikkelaars van kavels. Het model is niet opgezet om (effecten van) ontwikkelingen buiten het plangebied te berekenen

1.6 Leeswijzer

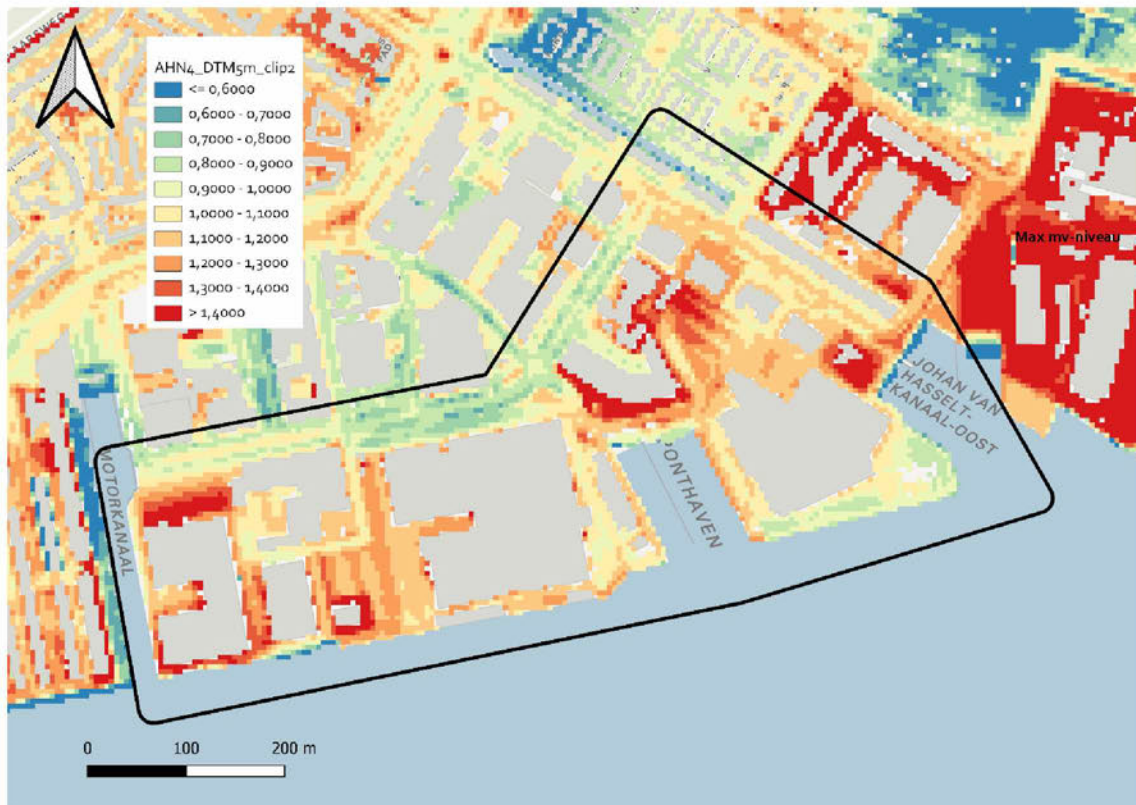
In hoofdstuk 2 wordt de huidige situatie en bodemopbouw beschreven. In hoofdstuk 3 komen de opzet en prestaties van het grondwatermodel aan bod, en in hoofdstuk 4 worden de resultaten van de grondwaterberekeningen getoond, geanalyseerd en toegelicht. In hoofdstuk 5 wordt een advies gegeven ten aanzien van de cunetten en voor de maaiveldhoogte in de eindsituatie.

2 Gebiedsbeschrijving

2.1 Maaiveldniveau

2.1.1 Huidig maaiveldniveau

In Figuur 2-1 is een gedeelte van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN4) weergegeven. Het huidige maaiveldniveau in het projectgebied varieert tussen NAP +0,7 m en NAP +1,5 m en bevindt zich gemiddeld op circa NAP +1,0 m.



Figuur 2-1 Actuele maaiveldhoogten (ter plaatse van de huidige bebouwing wordt geen maaiveldhoogte aangegeven)

2.1.2 Toekomstig maaiveldniveau

De toekomstige maaiveldhoogtes moeten nog in detail worden uitgewerkt. Op basis van een eerste opzet wordt voor Eigenhaard en Prysman uitgegaan van een hoogte van circa NAP +1,2 m in het midden van het terrein, aflopend naar circa NAP +1,0 m in zowel noordelijke richting (naar het Gedempt Hamerkanaal) en in zuidelijke richting (naar Het IJ). De resultaten van de grondwaterberekeningen en gewenste ontwatering maken deel uit van de bepaling van de toekomstige maaiveldhoogtes. Daarnaast dient rekening te worden gehouden met bestaande

bebouwing. Te handhaven opstallen zijn in Figuur 1-3 weergegeven in grijs. Van deze gebouwen kan de drempelhoogte niet worden verhoogd. Het maaiveldontwerp dient aan te sluiten op deze panden.

2.2 Bodemopbouw

De bodemopbouw is gebaseerd op de analyse in Geohydrologische rapportage Hamerkwartier, Gemeente Amsterdam, 14 mei 2020 [1]. Voor deelgebied Eigenhaard is aanvullend gebruik gemaakt van het Verkennend en Actualiserend bodemonderzoek, Royalhaskoning DHV, 24-1-2023 [2].

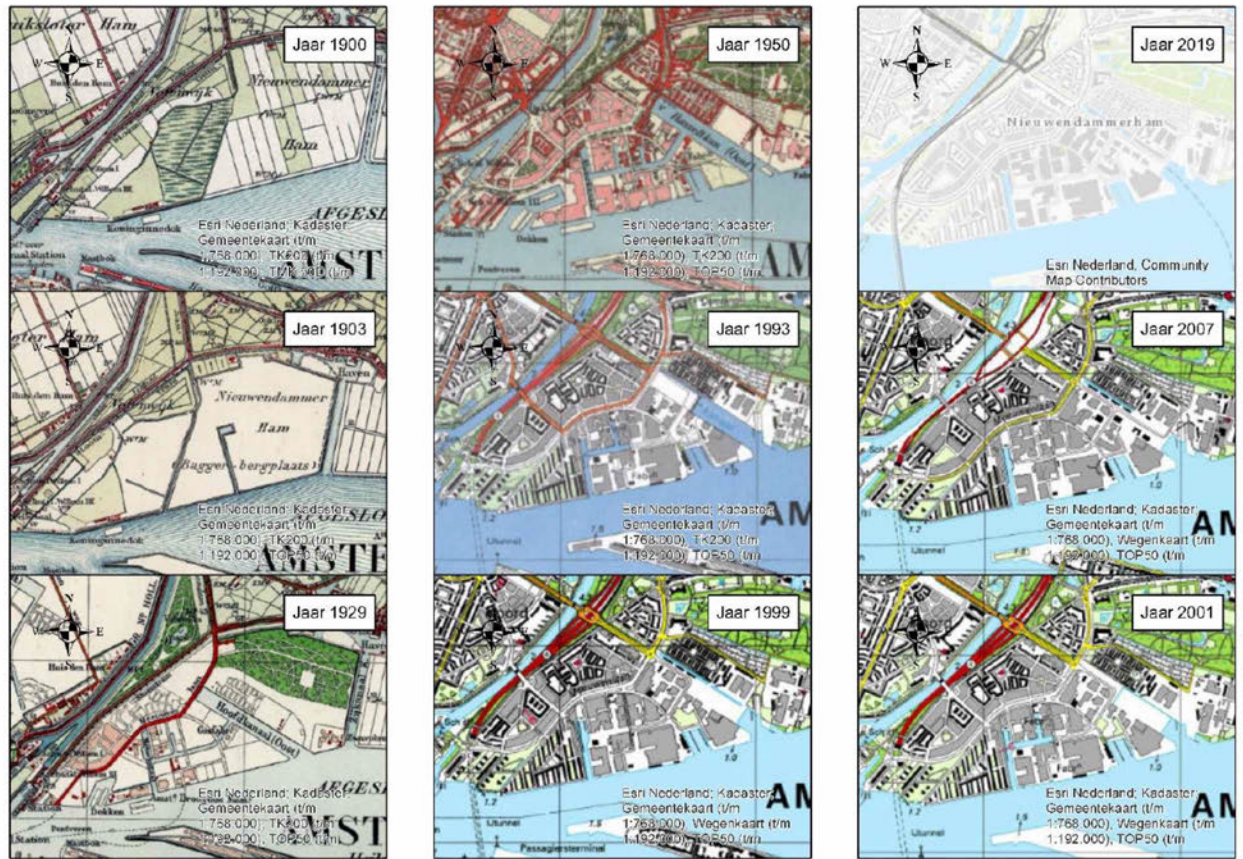
2.2.1 Ondiepe bodemopbouw

De bodem van het plangebied Hamerkwartier kent in de bovenste 5 á 6 meters een grote variatie. Het bodemprofiel is hier grotendeels bepaald door menselijke ingrepen. Het Hamerkwartier is een landaanwinning geweest in het IJ en kende in eerste instantie een agrarisch gebruik. Later is dit gebied opgehoogd met grond en slib. Ten behoeve van de inrichting als industrieterrein zijn kanalen en havens gegraven die in aan het einde van de 20-ste eeuw (deels) weer zijn opgevuld met zand.

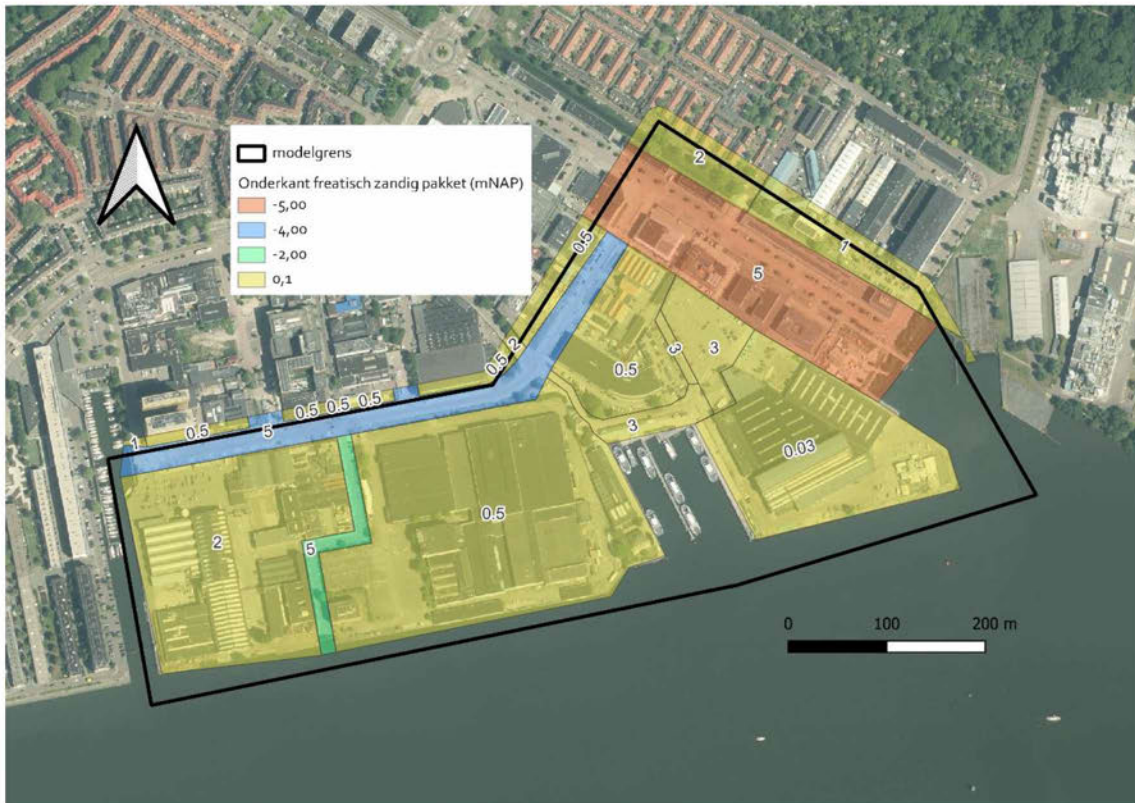
Delen van het gebied zijn vanaf 1700-1850 in gebruik geweest als baggerdepot. Daarnaast is het gebied van oudsher doorsneden met geulen en kleidijken. Sommige delen van het Hamerkwartier zijn al gesaneerd en voorzien van een goed doorlatende leeflaag, andere delen hebben nog de oorspronkelijke bodem van begin 20^e eeuw. De zandige ophooglaag heeft in het Hamerkwartier over het algemeen een dikte van 1 á 2 m. In het gebied zijn enkele oude kanalen gedempt rond 1985-2000, waarbij gebruik is gemaakt van schoon zand. Dit zijn de Spijkerkade, Hamerkanaal, Beitelkade en Johan van Hasselkanaal. De bodemopbouw bestaat hier uit goed doorlatend zand tot een diepte van 3 à 6 m-mv (zie Figuur 2-2).

De doorstroombare dikte van het freatische pakket wordt bepaald door de ligging van de bovenkant van de kleilaag. Een inventarisatie is gemaakt van de onderkant van het freatisch pakket en de doorlatendheid daarvan op basis van boringen van Dinoloket, de database van de gemeente Amsterdam en beschikbare bodemonderzoeken [1]. Het niveau van de onderkant en de doorlatendheid van het freatische pakket, zoals aangehouden in het grondwatermodel, zijn weergegeven in Figuur 2-3. Zoals blijkt uit de figuur is ter plaatse van het Gedempt Hamerkanaal, het (voormalig) Johan van Hasselkanaal en de Boorstraat rekening gehouden met een aanvulling met zand. Deze fungeren in de huidige situatie als drainerend cunet (voor zover hydraulisch verbonden met het oppervlaktewater).

NB de doorlatendheid van de ophooglaag [1] is vermoedelijk bepaald op basis van een schatting op basis van boorprofielen in combinatie met modelkalibratie. Aanbevolen wordt om een doorlatendheidsonderzoek uit te voeren waarbij de doorlatendheid wordt bepaald met in-situ veldproeven.



Figuur 2-2 Ligging van de kanalen in het Hamerkwartier voor de dempingen

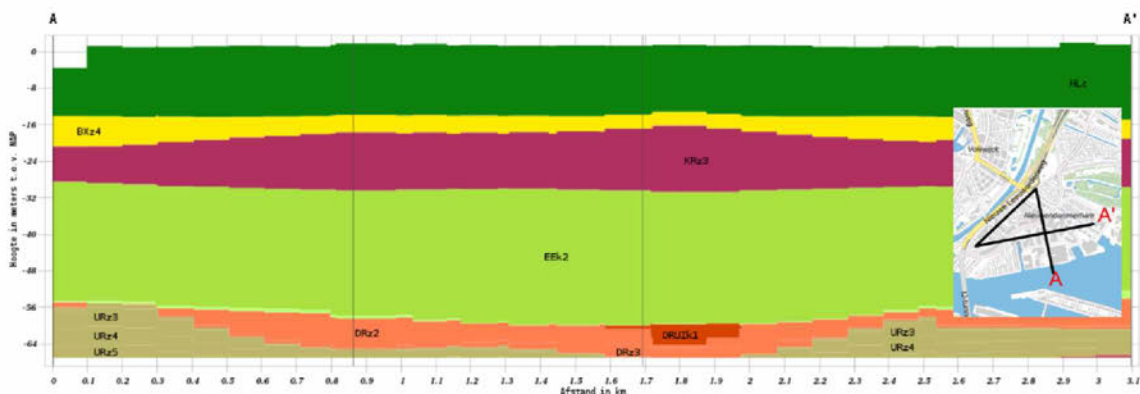


Figuur 2-3: Niveau onderkant zandige ophooglaag (m NAP); de getallen geven de geschatte doorlatendheid (m/d)

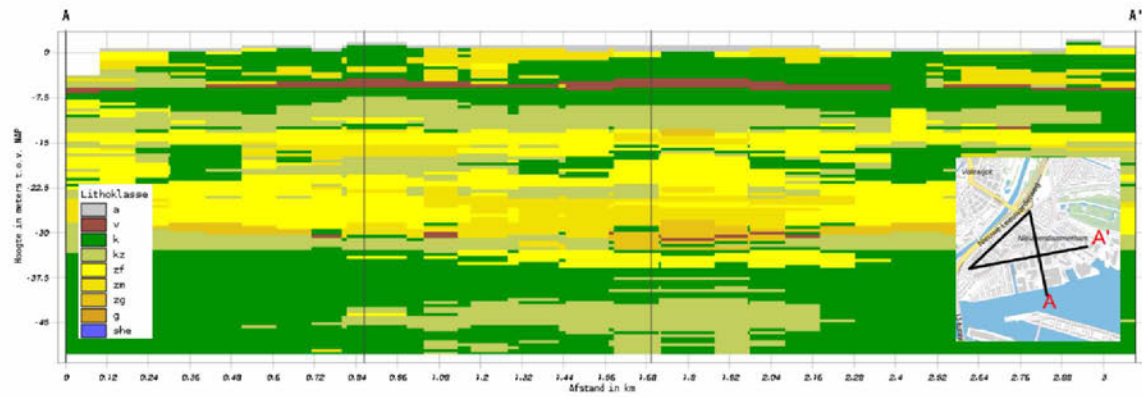
2.2.2 Diepe bodemopbouw

In Figuur 2-4 zijn doorsneden opgenomen door geo(hydro)logische modellen Regis en GeoTOP. In Tabel 2-1 is de bodemopbouw schematisch gepresenteerd. Onder de antropogene (door de mens aangebrachte) deklaag van circa 1 à 6 m ligt een Holocene pakket tot circa NAP-13 m. Dit pakket bestaat uit veen, klei en slib met afwisselend enkele zandlaagjes. Lokaal in het Hamerkwartier is in de ondergrond aan de basis van het Holocene pakket het basisveen aanwezig. Onder het Holocene pakket is voornamelijk Pleistoceen zand aanwezig, met daarbij een tussenlaag (klei) die niet overal aanwezig is, tot een diepte van circa NAP-28 m tot NAP-32 m.

Verticale Doorsnede BRO REGIS II v2.2.1



Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.6



Figuur 2-4: Doorsnedes model Regis (boven) en GeoTOP (onder). Legenda: v=veen, k=klei, z=zand (f=fijn, m=matig fijn, g=grof).

Tabel 2-1 Geohydrologische schematisatie van de bodemopbouw in het plangebied

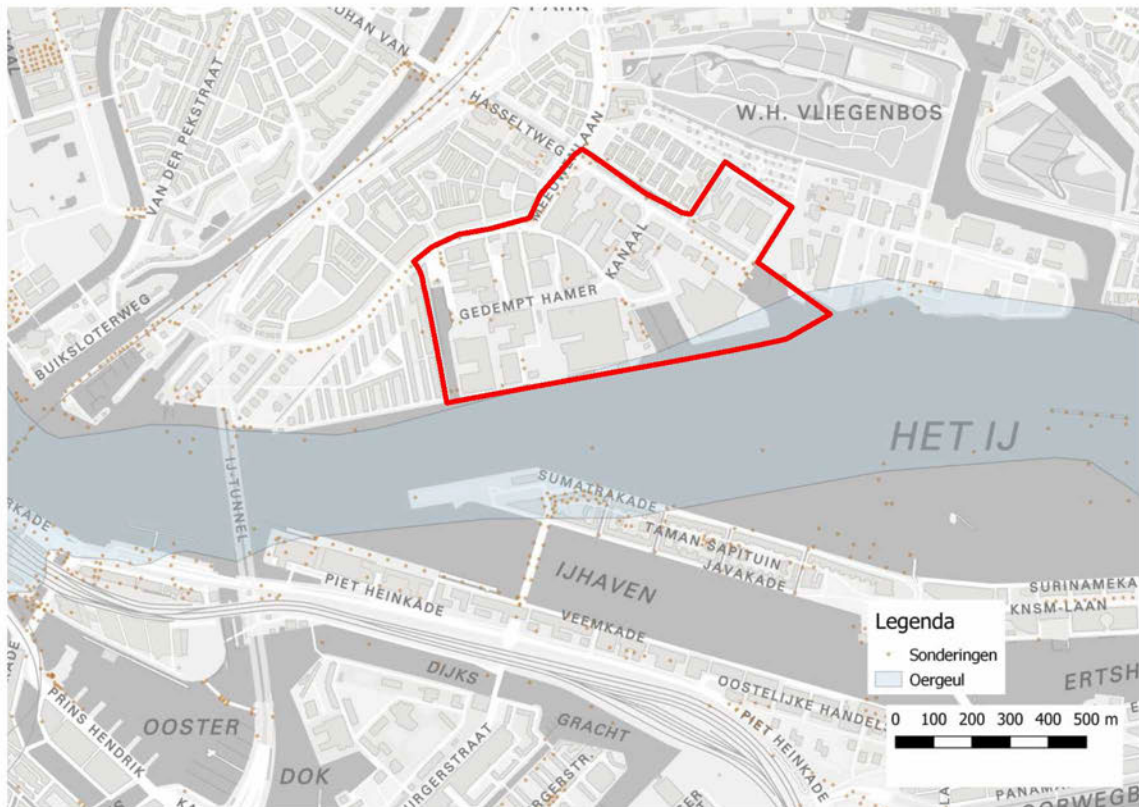
Bodemlaag	Bovenkant (m NAP)	Onderkant (m NAP)	Geohydrologie
Ophooglaag (zand), puin, stortmateriaal, baggerslib	Maaiveld op ca. +1,0	0,1	(Deels) slecht doorlatende antropogene laag
Hollandveen en klei	0,1	-8,0 à -10,0	Slecht doorlatende laag
Holocene wadafzettingen	-8,0 á -10,0	11,0 á -12,0	
Basisveen (niet overal aanwezig)	-12,0	-12,5	
1e Zandlaag	-12,5	-15,5	1e Watervoerend pakket
Alleroïd	-15,5	-17,0	
2e Zandlaag	-17,0	-30,0	
Eemklei	-30,0		Slecht doorlatende laag**

*afhankelijk van de locatie, in de gedempte kanalen is de kD hoger

**deze laag wordt in het kader van dit project als geohydrologische basis gezien

Aan de zuidzijde van het plangebied ligt de Oergeul van het IJ. Tijdens het Holoceen was er rond 5000-3000 AD een getijdegeul aanwezig ter plaatse van het IJ. Door de inwerking van getijden sneed deze geul diep in tot in het Pleistocene zand (1^{ste} watervoerende pakket). Deze Oergeul of Oer IJ werd door de vorming van strandwallen omstreeks 1000 AD weer afgesloten. Na de sluiting van de monding in de Noordzee zijn de geulen opgevuld met kleiige sedimenten.

In de Oergeul kan het Pleistocene zand (1^{ste} watervoerende pakket) voor een groot deel afwezig zijn. Dit kan grote invloed hebben op de stabiliteit in de ondergrond voor bijvoorbeeld funderingsconstructies.



Figuur 2-5 Globale ligging Oergeul in het lichtblauw aangegeven.

2.3 Grondwaterstanden

Freatische grondwaterstanden

Projectpeilbuizen

In het Hamerkwartier zijn binnen diverse projecten peilbuizen geplaatst en gemonitord.

Peilbuizen Waternet

Daarnaast zijn gegevens beschikbaar van peilbuizen in het meetnetnetwerk van Waternet. Sommige van deze peilbuizen worden nog actief bemeten, bij andere is de monitoring gestopt (bijvoorbeeld door het vervallen van een peilbuislocatie).

De locaties van de peilbuizen zijn weergegeven in Figuur 2-6. Op basis van de meetreeksen zijn de GxG bepaald: de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG), de gemiddelde grondwaterstand (GG) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG). De GxG zijn weergegeven in Figuur 2-7.

De ontwatering (de afstand tussen het maaiveld en de GHG) is weergegeven in Figuur 2-8.

De gegevens van deze peilbuizen in tabelvorm zijn opgenomen in bijlage 1.



Figuur 2-6: Peilbuislocaties.



Figuur 2-7: GLG/GG/GHG (mNAP).

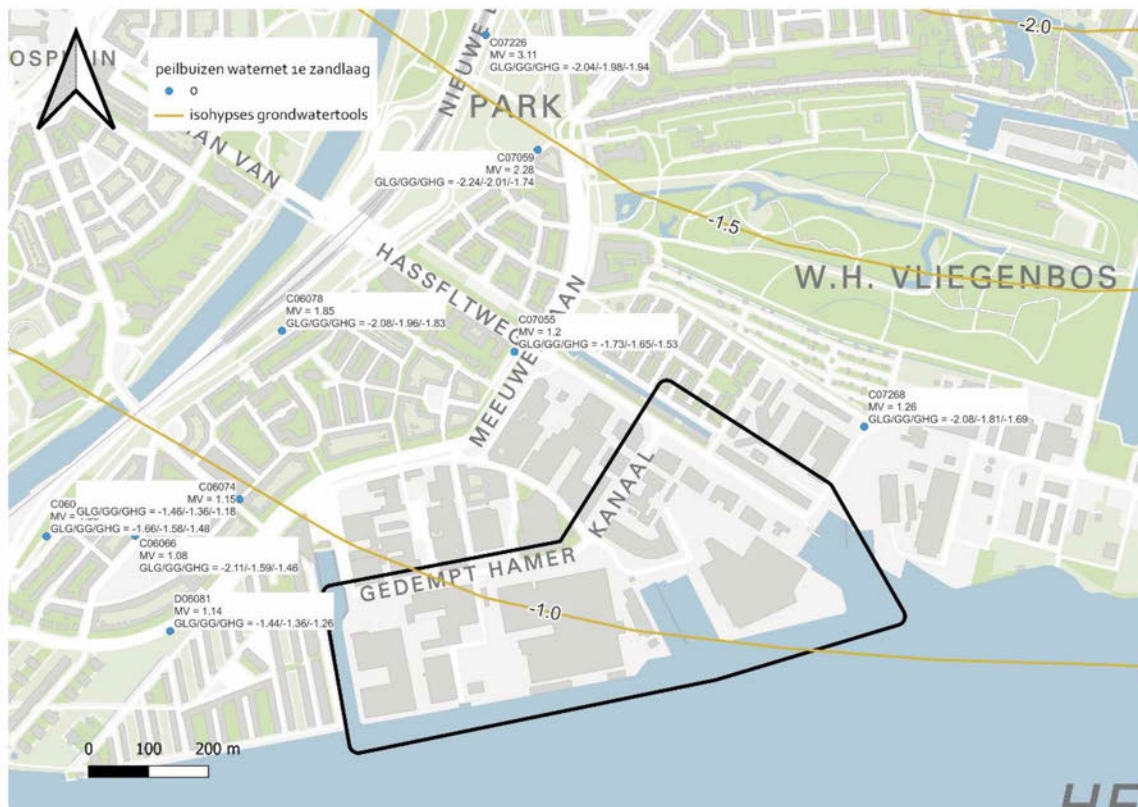


Figuur 2-8: Ontwatering (m-mv).

Het gebied heeft een inhomogene bodemopbouw met een relatief dunne freatische laag, met uitzondering van de gedempte kanalen en de Boorstraat. De filterstelling van de freatische peilbuizen is doorgaans circa 3 m-mv, waardoor de metingen vaak de stijghoogte in de onderliggende (klei)laag registreren en niet altijd de grondwaterstand in de freatische (ophoog)laag. Door klei- of sliblagen in de (ophoog)laag kunnen grillige en lokaal hoge grondwaterstanden en schijngrondwaterstanden optreden. Hier wordt rekening gehouden bij de interpretatie van de gegevens en de ijking van het grondwatermodel.

Stijghoogte eerste watervoerend pakket

Ter plaatse van het plangebied is volgens het verloop van de isohypsen in Grondwatertools de grondwaterstroming in het eerste watervoerende pakket (WVP₁) in noordnoordoostelijke richting de Buikslotermeerpolder. De locaties van peilbuizen en bijbehorende GxG zijn gepresenteerd in Figuur 2-9. Volgens de isohypsen (Grondwatertools) is de stijghoogte ter plaatse van het projectgebied circa NAP -1,0 m. De stijghoogte die gemeten wordt in peilbuizen rondom het projectgebied is lager, circa tussen NAP -1,2 m en NAP -2,0 m. De stijghoogte is lager dan de freatische grondwaterstand. Daarom is in dit gebied sprake van infiltratie vanuit het freatisch pakket naar WVP₁.



Figuur 2-9: Gegevens stijghoogte 1^e zandlaag (mNAP).

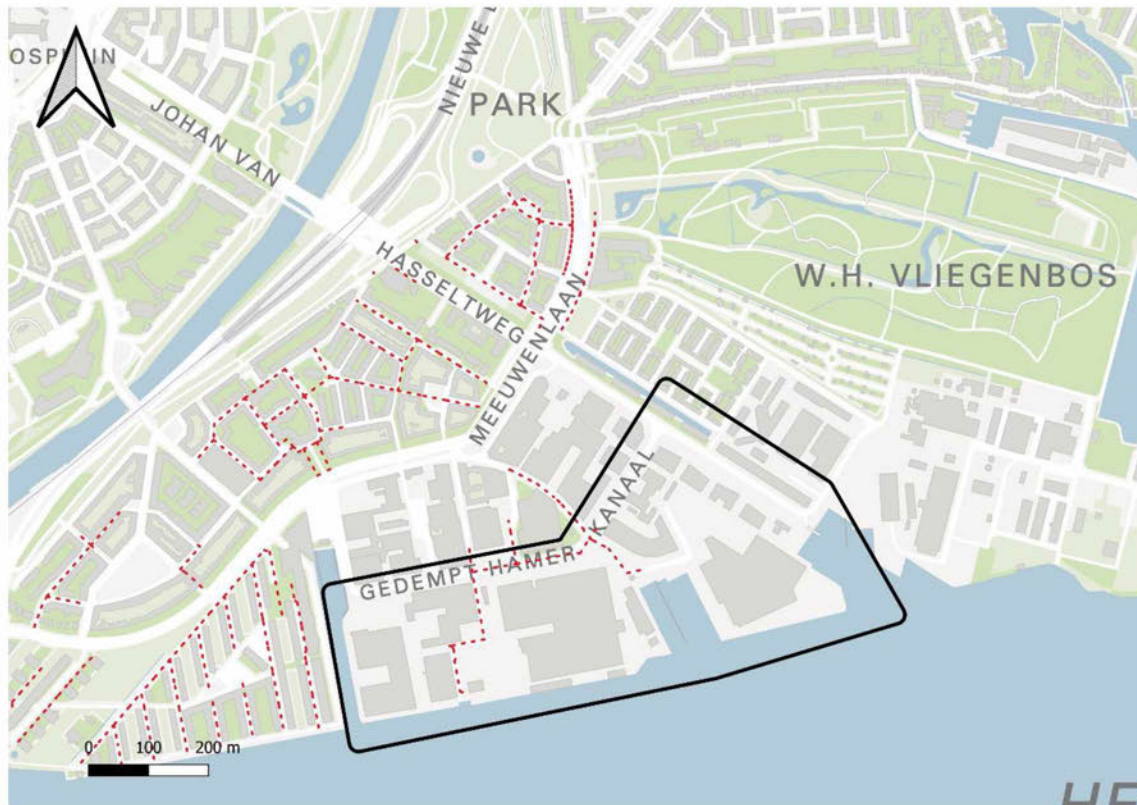
2.4 Oppervlaktewater

In het IJ en de drie insteekhavens: het Motorkanaal, de Ponthaven en het Johan van Hasseltkanaal-Oost hanteert Rijkswaterstaat een streefpeil van NAP -0,4 m.

De watergang tussen de Vogelkade en de Johan van Hasseltweg ligt in het beheergebied van Waternet/AGV die hierin een streefpeil van NAP -0,4 m hanteren. Via een pomp kan overtollig water worden afgevoerd naar het Johan van Hasseltkanaal-Oost. Uit het pilotproject wateroverlast Vogel- en Disteldorp uit 2008 blijkt dat dit streefpeil niet altijd gehaald werd. Uitgangspunt is dat de pomp goed functioneert en in het model wordt een peil van NAP -0,4 m gehanteerd.

2.5 Drainage

Rondom het plangebied is op meerdere locaties drainage aanwezig. In Figuur 2-10 is deze drainage weergegeven. Met name in de buurten ten noorden van de Meeuwenlaan en ten westen van het projectgebied is veel drainage aanwezig. De drains in het projectgebied hebben een type aanduiding 'regenwaterstelsel'. De verwachting is dat deze drains afwateren op oppervlaktewater. Derhalve wordt een drainageniveau van NAP -0,4 m in het model gehanteerd.



Figuur 2-10: Drainage (Riolering Waternet)

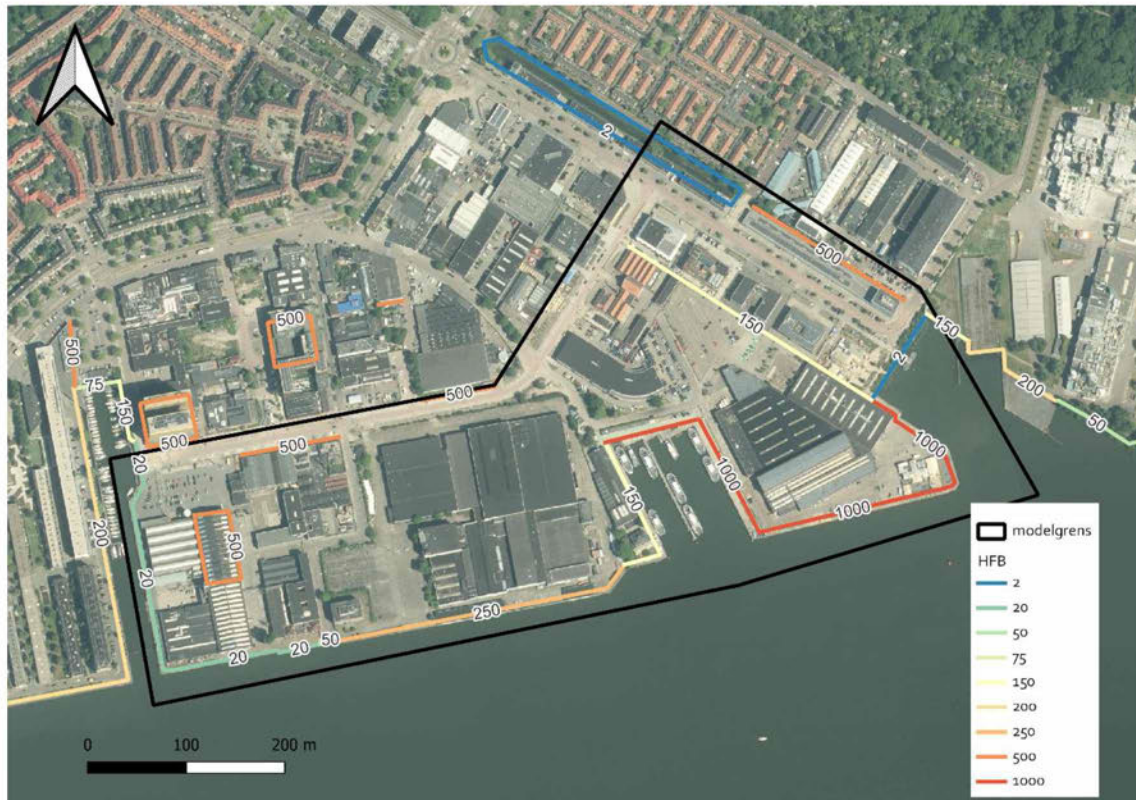
2.5.1 Kades, oevers en ondergrondse constructies

De kades zijn voornamelijk harde kanaaloevers, uitzondering hierop is de kop van het Johan van Hasseltkanaal en het Albemarie terrein, die een stortstenen oever hebben. Op basis van een inspectie van de kades in 2019 is voor de modelberekeningen op basis van type en conditie van de kadeconstructie een weerstand aan de kade toegekend. De gehanteerde kadeweerstanden in het grondwatermodel zijn gepresenteerd in Figuur 2-11. De grondwaterhuishouding kan mogelijk worden verbeterd door de doorlatendheid van de kades te verbeteren.

Daarnaast zijn in de omgeving van het plangebied ondergrondse constructies aanwezig zoals kelders en (historische) kadeconstructies. Deze zijn een barrière voor grondwaterstroming en hebben daardoor invloed op de grondwaterstand.

Voor zover bekend is op de hoek van de Motorkade 1-6 een geheel verdiepte en op Spijkerkade 24 een halfverdiepte kelder aanwezig. Deze vallen net buiten het modelgebied.

De kades van de oorspronkelijke kanalen, zoals het Johan van Hasseltkanaal, Hamerkanaal, Spijkerkade en Beitelkade zijn nog (deels) aanwezig in de ondergrond. De ligging van de ondergrondse constructies die zijn opgenomen in het grondwatermodel zijn gegeven Figuur 2-11.



Figuur 2-11 Weerstand (d) van ondergrondse barrières in het grondwatermodel (modellagen 1 en 2).

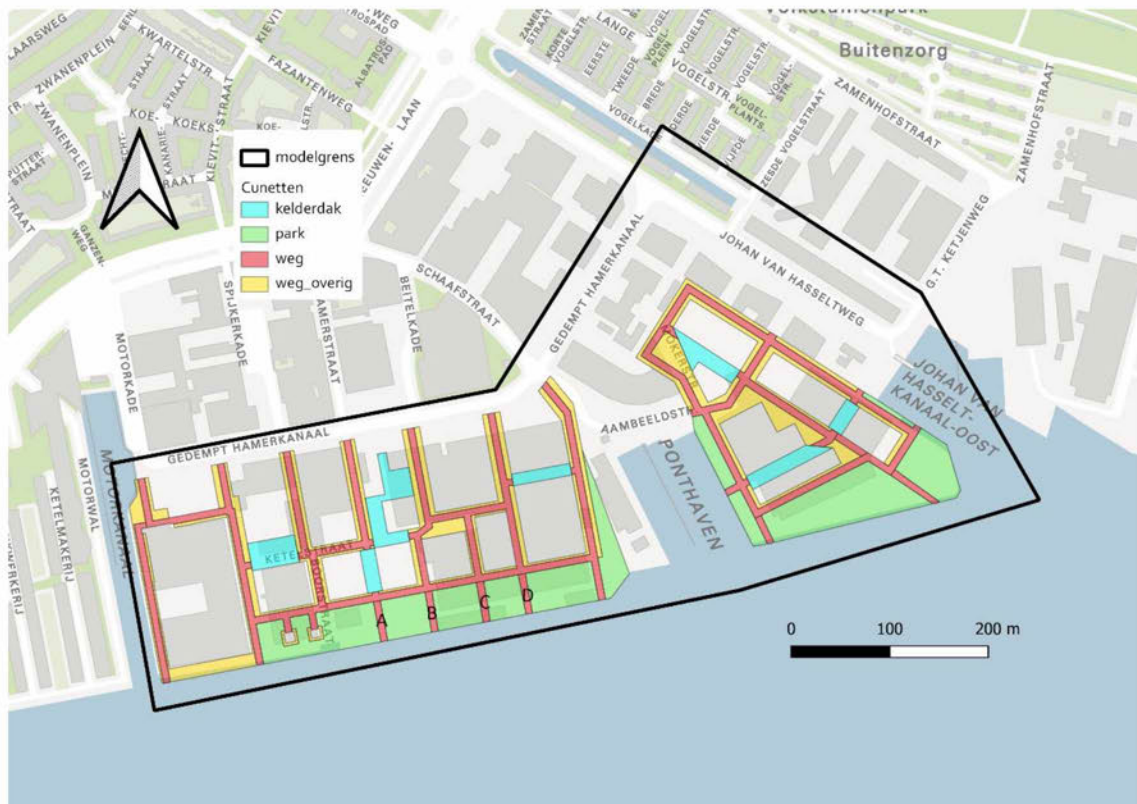
2.6 Cunetten

Op basis van geohydrologisch onderzoek in het kader van het investeringsbesluit is gepland om in het zuidelijk deel van Hamerkwartier cunetten toe te passen om de grondwatersituatie te verbeteren. Voor de terreinen Eigenhaard/Prysmian en Amvest zijn ontwerpen gemaakt van geplande cunetten (Figuur 2-12). Hierbij verschilt de diepte van de cunetten:

- Weg: tot NAP -1,5 m
- Weg overig: tot NAP -0,5 m
- Park: tot NAP -0,5 m
- Kelderdak: hier zijn twee scenario's doorgerekend 1) tot NAP -0,5 m, en 2) tot NAP -0,3 m

In het gebied worden een aantal kelders voorzien. In sommige gevallen steken de kelders uit buiten de kavelbebouwing, soms wordt met een buurkavel een gezamenlijke kelder voorzien, waarbij tussen de gebouwen (boven het kelderdak) openbare ruimte wordt gerealiseerd. In het grondwatermodel wordt de grondverbetering boven het kelderdak meegenomen. De barrière werking door de kelders zelf wordt niet in het grondwatermodel meegenomen; de kelders moeten immers grondwaterneutraal worden aangelegd (deze opgave is voor de projectontwikkelaars).

Voor alle cunetten wordt uitgegaan van een aanvulling met zand met een doorlatendheid van 7 m/d.



Figuur 2-12: Ligging cunetten. De diepcunetten in het park (A t/m D) zijn gebruikt in een variantenstudie.

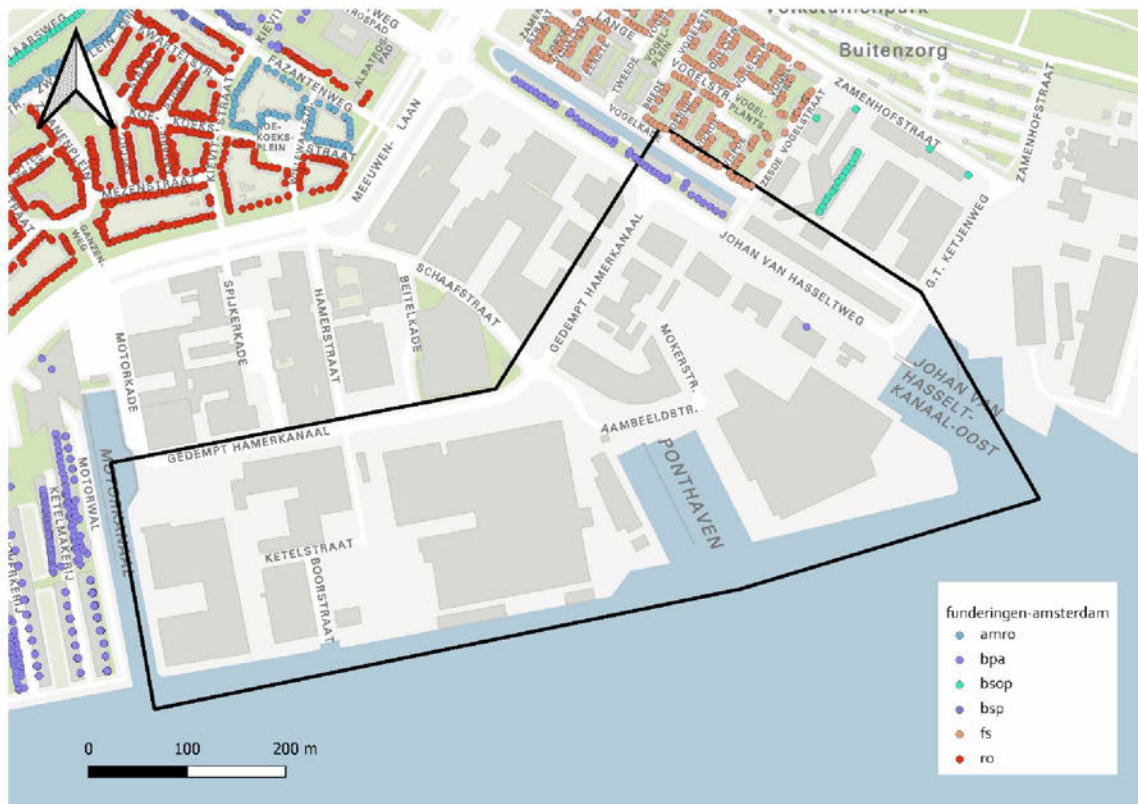
2.7 Fundering bestaande bouw

Droogstand van funderingshout kan funderingsschade opleveren. Daarom is een verkenning gedaan van funderingsgegevens. In Figuur 2-13 is een overzicht gegeven van de type funderingen die in de omgeving voorkomen, op basis van de funderingen database van Gemeente Amsterdam.

De typen zijn:

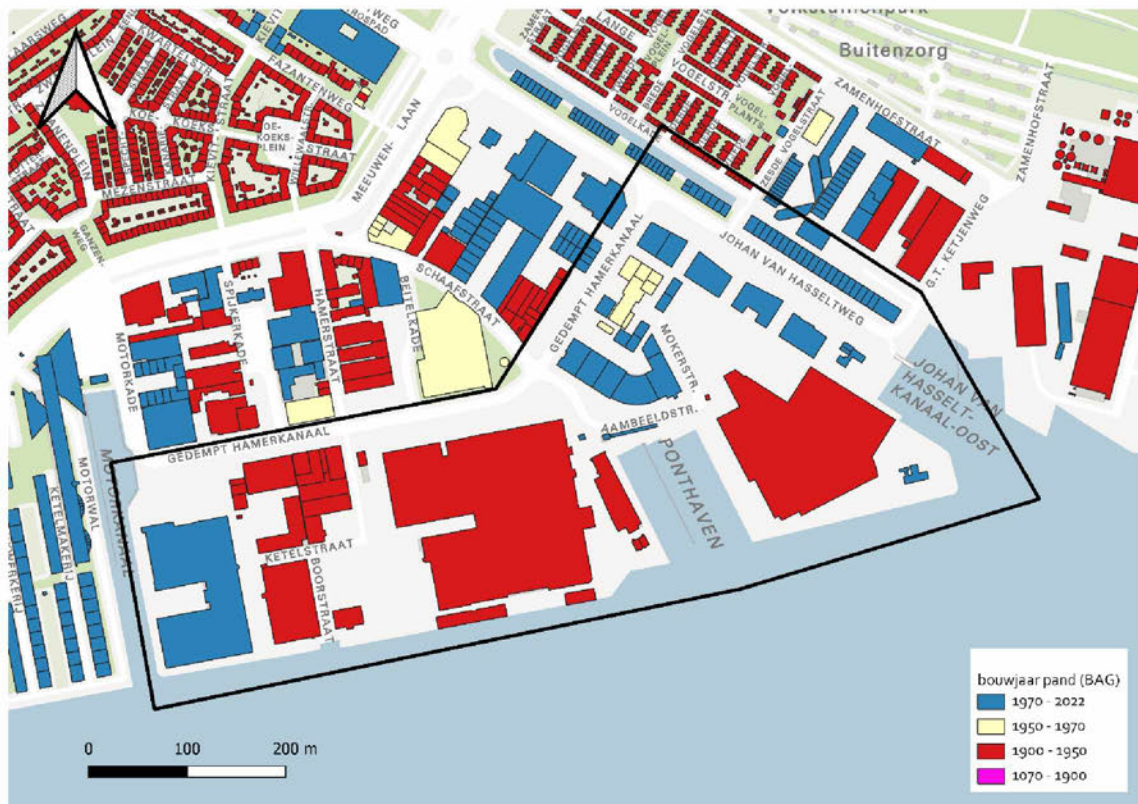
- AMRO: Gecombineerde fundering. Bouwmuren en gevels (Amsterdamse fundering) en tussenbouwmuren (Rotterdamse fundering)
- BPA: Betonpalen met betonnen fundering. Aangenomen dat er voor funderingen na 1950 betonpalen zijn gebruikt.
- BSOP: Betonbalken met opzetters. Bijv. systeem Bronwasser en Handel.
- BSP: Betonnen sloof op houten palen
- FS: Fundering op staal
- RO: Rotterdamse fundering

Voor het modelgebied zelf zijn vrijwel geen gegevens beschikbaar. Het niveau van de bovenkant fundering voor de panden ten noorden van de Meeuwenlaan (type RO en AMRO) is over het algemeen circa NAP -0,5 m. Het niveau bovenkant paal voor de panden ten noordoosten van de Johan van Hasseltweg (type BSOP) is aangegeven op NAP -1,15 m. Voor de overige funderingen zijn geen hoogtes beschikbaar.



Figuur 2-13: funderingstype gegevensdatabase Gemeente Amsterdam

In Figuur 2-14 zijn de bouwjaren per pand weergegeven. In principe is er voor bouwjaren tot 1970 een kans dat deze zijn gefundeerd op houten palen. Vooralsnog kan dus niet uitgesloten worden dat in het plangebied en ten noorden daarvan houten palen aanwezig zijn.



Figuur 2-14: bouwjaar per pand (BAG registratie)

3 Grondwatermodel

3.1 Algemeen

Voor de modellering van de grondwaterstroming is gebruik gemaakt van het grondwaterprogramma GMS-MODFLOW. MODFLOW is een modulair, driedimensionaal, eindige-differentie programma dat is ontwikkeld door de United States Geological Survey. Het pakket kan zowel stationaire als niet-stationaire stroming simuleren in (verzadigd) freatische, semi-gespannen en gespannen watervoerende lagen.

Als modelschil is gebruik gemaakt van Groundwater Modelling System (GMS, versie 10.5.8, www.aquaveo.com). Binnen deze gebruikersschil kunnen MODFLOW-invoerfiles worden bewerkt en kunnen de resultaten overzichtelijk worden gepresenteerd.

3.2 Opzet modellering

- De modelranden zijn gekozen langs het oppervlaktewater; dit is een natuurlijke grens voor het freatisch grondwaterpakket. Aan de noord- en noordoostzijde is de grens gekozen langs het Gedempt Hamerkanaal en langs de Johan van Hasseltweg. Uit de geohydrologische analyse [1] blijkt dat deze gedempte kanalen werken als een cunet en daardoor hier lokaal de laagste grondwaterstanden voorkomen. Derhalve kunnen deze locaties gezien worden als een waterscheiding waarbij er geen significante hoeveelheden grondwater over deze grens gaan; deze locaties zijn gekozen als dichte modelranden.
- Voor de modellering is als eerste stap een stationair model van de huidige situatie gemaakt. Kalibratie van het model is gedaan door middel van aanpassen van de deklaagweerstand, de drainage-conductance (doorlatendheid) en de doorlatendheid van het freatisch pakket. De berekende grondwaterstanden zijn gevalideerd met de metingen. Het doel is dat het model de gemeten grondwaterstanden zo goed mogelijk benadert.
- Daarna is het model tijdsafhankelijk doorgerekend voor een periode van 6 jaar. Hiervoor is de periode 1-9-2014 t/m 1-9-2020 gekozen. Ter plaatse van de peilbuizen zijn met percentielen de GHG (p93,75) en GLG (P6,25) bepaald op basis van de berekende grondwaterstand in het model. Op basis van de metingen en modelresultaten is de maatgevende datum bepaald waarbij de grondwaterstand overeenkomt met de GxG:
 - GHG: 20-2-2018
 - GG: 28-5-2018
 - GLG: 28-9-2018

De berekende grondwaterstanden voor deze data worden in deze rapportage als maatgevend beschouwd voor de GHG, GG en GLG. Het verschil tussen de grondwaterstand op deze datums en de GxG op basis van de totale modelperiode van 6 jaar (op basis van percentielen) is kleiner dan 5 cm (GLG) en 2 cm (GHG).

- Om rekentijden te verminderen is de modelperiode vervolgens aangepast naar 1-9-2015 t/m 1-9-2018. Verschillen in de GxG door het inkorten van het model zijn 1 cm of kleiner

(NB als test is het model ook ingekort door deze te starten 1-9-2016; in dat geval bleek de inloop periode te kort en betrof de afwijking op de GxG maximaal 5 cm). De modelafwijking is gepresenteerd in paragraaf 3.4.

3.3 Opbouw grondwatermodel

In Tabel 3-1 zijn per laag de eigenschappen van het grondwatermodel vermeld en in Tabel 3-2 de overige parameters. De gedempte kanalen zijn waarschijnlijk opgevuld met goed doorlatend zand, hier is een doorlatendheid van 5 m/d aangehouden. Voor de overige locaties is de doorlatendheid van het freatisch pakket is gebaseerd op [1]. Daarbij is ook rekening gehouden met wisselende dikte van de ophooglaag. Een overzicht van de gehanteerde dikte en doorlatendheid van het freatisch pakket is opgenomen in Figuur 2-3.

Tabel 3-1 Geohydrologische schematisatie van de bodemopbouw in het plangebied

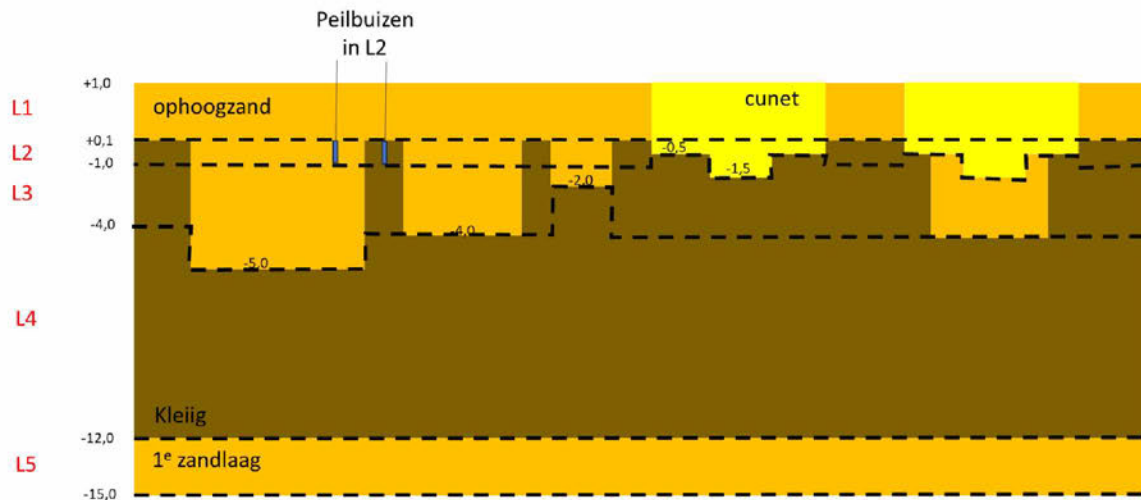
Modellaag	Bk (m NAP)	Ok (m NAP)	kh (m/d)	SY/SS (-)	Toelichting
1 – zandige ophooglaag	AHN ₄ (circa +1,0)	0,1	var*	0,13/0,0001	*variabel zie Figuur 2-3
2 - deklaag	+0,1	-0,5	0,05*	0,13/0,0001	*5 ter plaatse van gedempte kanalen
3 - deklaag	-0,5	-4*	0,05**	0,13/0,0001	*afwijkend ter plaatse van gedempte kanalen **5 ter plaatse van gedempte kanalen
4 - deklaag	-4*	-12	0,01	-/0,0001	Anisotropy =10, de weerstand van de deklaag is circa 8000 d
5 - 1 ^e watervoerend pakket	-12	-15,5	10	-/0,0001	Vaste stijghoogte NAP -1,4 m

Bk=bovenkant, OK=onderkant, kh=horizontale doorlatendheid, SY=specific yield, SS=specific storage

Tabel 3-2: overige parameters

Onderdeel	Waarde	Toelichting
Waterpeil in watergangen	NAP -0,4 m	
Doorlatendheid bodem watergangen	0,4 /d	GMS berekent de doorlatendheid (conductance) [m ² /d] in een grid cel op basis van de oppervlakte van de oppervlaktewaterpolygoon. De conductance die wordt opgegeven is $cond = K/d$. Waarbij K is de doorlatendheid van de sliblaag [m/d], en d is de dikte [m]. Uitgangspunt is 0,25 m slib met $K=0,1$ m/d.
Stijghoogte eerste zandlaag	NAP -1,4 m	Dient als vaste randvoorwaarde (General Head Boundary) voor model
Drainagehoogte	NAP -0,4 m	o.b.v. lozen oppervlaktewatersysteem
Doorlatendheid drainage	0,05 m/d	GMS berekent de doorlatendheid (conductance) [m ² /d] van de drain op basis van de lengte van de drain in een gridcel. De conductance die wordt opgegeven is per lengte van de drain. NB de drain in de aambeelstraat heeft een doorlatendheid van 0,03 m/d.

Een schematische opbouw van de modellagen (L1 t/m L4) is weergegeven in Figuur 3-1.



Figuur 3-1: Schematische opbouw modellagen

3.3.1 Grondwateraanvulling

- Het verhard oppervlak ter plaatse van panden is aangenomen op 100% gesloten (geen verdamping of grondwateraanvulling – uitgangspunt is dat panden hemelwater opvangen en vertraagt afvoeren via een riool).
- Voor het terrein buiten de panden (OR) is gerekend met een gemiddeld verhardingspercentage van 95% (open verharding). Het uitgangspunt daarbij is dat (een deel van het) hemelwater via een riool wordt afgevoerd (en dus niet infiltreert in de bodem).
- Neerslag gegevens (mm/d) zijn gebruikt van KNMI meetstation Schellingwoude. De verdampingsdata (mm/d) zijn bepaald op basis van KNMI station Schiphol.
- Voor het toekomstscenario zijn getransformeerde dagreeksen gebruikt op basis van scenario 2100Hn (KNMI 2023); dit is het scenario met een hoge uitstoot van broeikasgassen en natte winters.
- De grondwateraanvulling is per dag doorgerekend.

Voor het bepalen van de grondwateraanvulling zijn onderstaande coëfficiënten gebruikt.

Tabel 3-3 coëfficiënten infiltratie en verdamping

Maaiveldtype	Infiltratiefactor	Gewasfactor
(open) verhard	24	0,1
onverhard	90	1,0

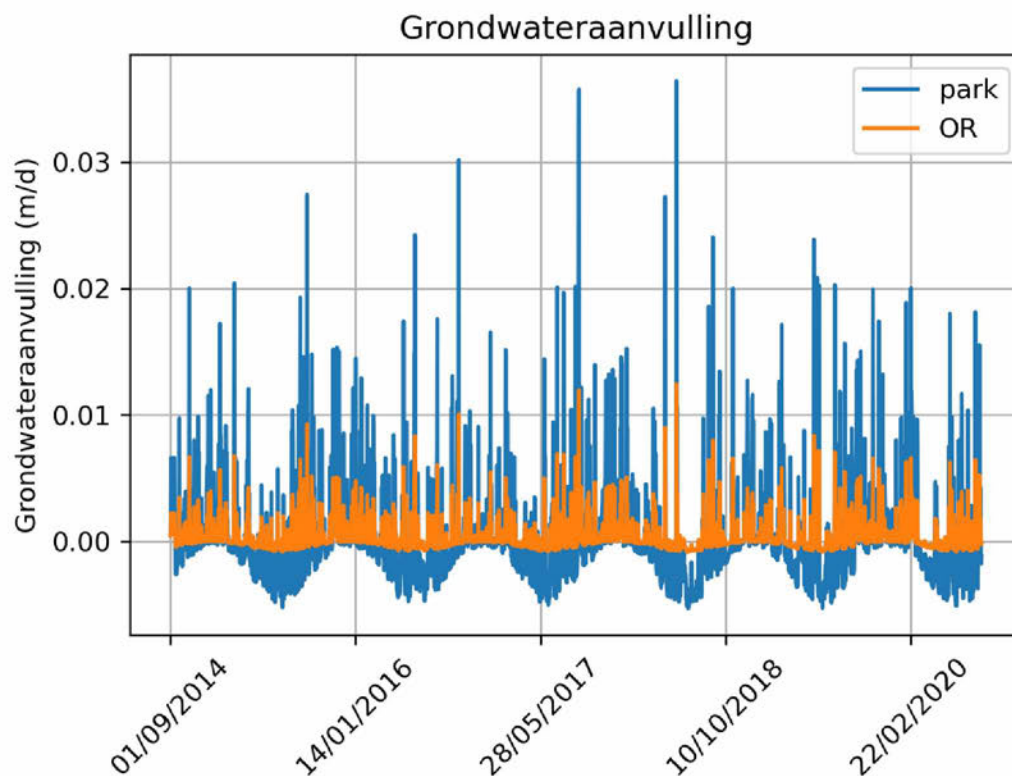
Op basis van een verhardingspercentage van de openbare ruimte van 95% (zowel nu als in de toekomstige situatie) en 10% voor het oeverpark (toekomstige situatie) is de grondwateraanvulling per dag bepaald op basis van de neerslag en verdampingsreeksen van het KNMI (zie Figuur 3-2).

De gemiddelde grondwateraanvulling (2010-2015) is opgenomen in Tabel 3-4. In een studie van TNO³ is voor dicht stedelijk gebied ingeschat dat de grondwateraanvulling circa 150-200 mm per jaar bedraagt. De hier gehanteerde grondwateraanvulling is dus relatief laag. Dat is een gevolg van de hoge verhardingsgraad (zie *Figuur 1-2*).

De gebieden waar grondwateraanvulling is meegerekend zijn weergegeven in *Figuur 3-3* (huidige situatie) en *Figuur 3-4* (toekomstige situatie).

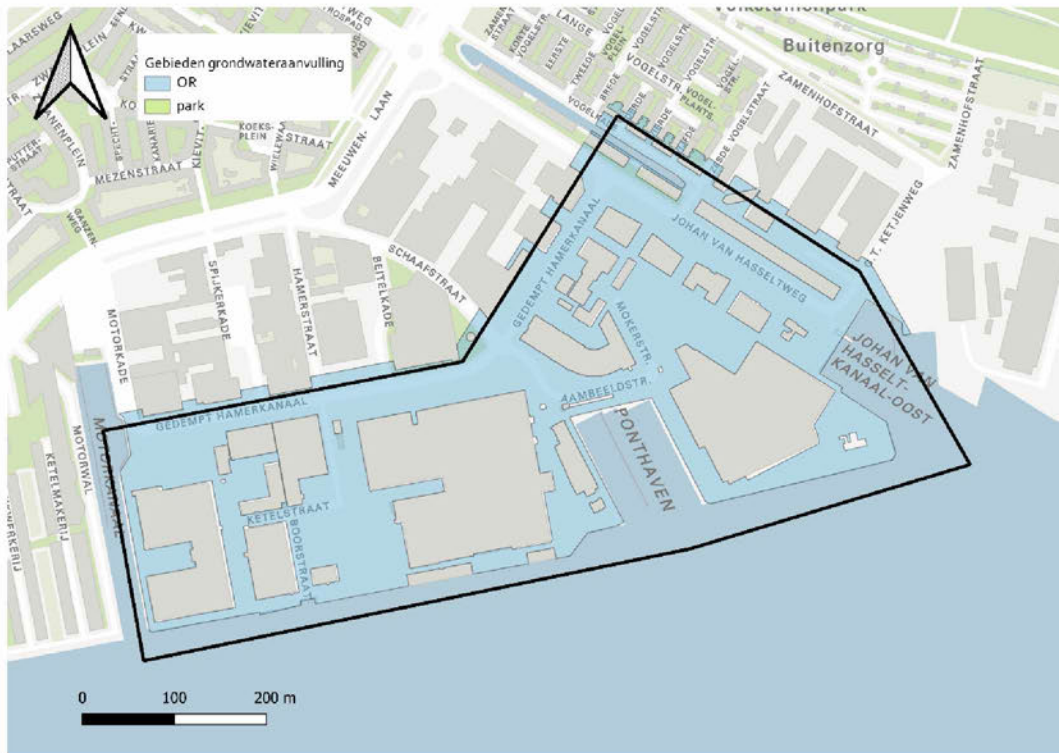
Tabel 3-4 Gemiddelde grondwateraanvulling

Locatie	Verhard oppervlak (%)	Grondwateraanvulling (mm/jaar)	
		huidig	2100
Panden en Kavels	100	0	0
Verharding openbare ruimte	95	161	174
Park (toekomstscenario)	10	191	200



Figuur 3-2: Grondwateraanvulling. OR is het gebied buiten de panden, park is het oevergebied in de toekomstige situatie (niet aanwezig in de huidige situatie).

³ TNO-rapport, 2008-U-Roo74/B, Toekomst van de Nederlandse grondwateraanvulling in relatie tot klimaatverandering, januari 2008



Figuur 3-3: Grondwateraanvulling huidige situatie.



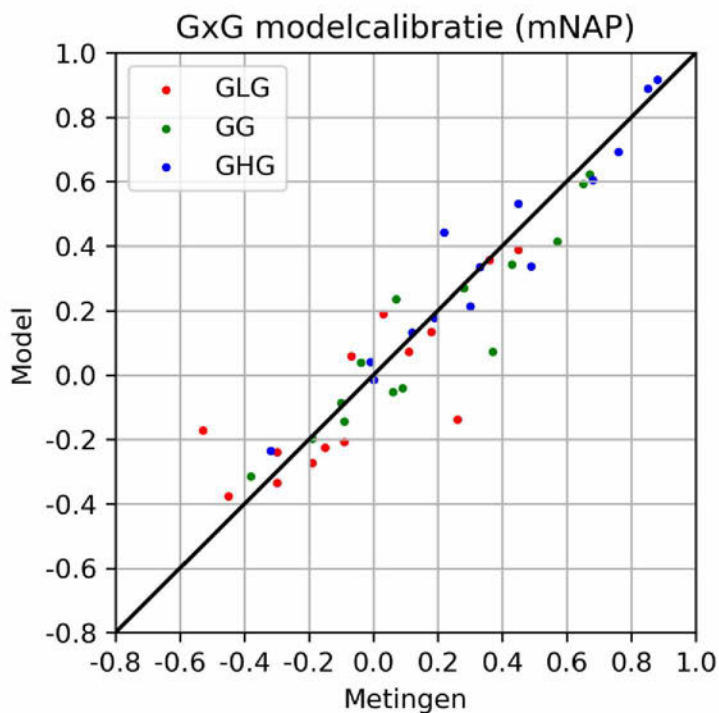
Figuur 3-4: Grondwateraanvulling toekomstige situatie (geen grondwateraanvulling ter plaatse van panden).

3.4 Modelafwijking

Op basis van de resultaten van het tijdsafhankelijke model (2014-2020) zijn per peilbuislocatie de GxG bepaald op basis van percentielen (GLG: 6,25% - GG: 50% - GHG: 93,75%). Vervolgens zijn deze vergeleken met de GxG die zijn bepaald op basis van de gemeten grondwaterstanden (Figuur 3-5). Het verschil tussen gemodelleerde en gemeten GxG is de modelafwijking. Deze is gepresenteerd in Figuur 3-6. Een negatief getal betekent dat de door het model berekende grondwaterstand te laag is in vergelijking met de gemeten grondwaterstand. Gemiddeld wijkt het model 10 cm of minder af van de gemeten grondwaterstand (GG en GHG). Gezien de complexiteit van het gebied (drainage, grillige bodemopbouw) is dit redelijk nauwkeurig. De GLG wordt minder goed door het model gereproduceerd (gemiddelde absolute afwijking circa 13 cm). Omdat de focus van dit onderzoek op de GHG en daaruit volgende ontwateringsdiepten ligt, is het huidige model voldoende geschikt voor het doel van dit onderzoek.

Tabel 3-5 Gemiddelde modelafwijking

	GLG	GG	GHG
Gemiddelde afwijking (cm)	-1	-5	+1
Gemiddelde absolute afwijking (cm)	12	9	7



Figuur 3-5: Vergelijking GxG op basis van metingen en door het model berekend.



Figuur 3-6: Modelafwijking voor de GLG/GG/GHG (m).

4 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het grondwatermodel gepresenteerd. Allereerst wordt ingegaan op de huidige situatie en vervolgens op de toekomstige situatie. Voor de toekomstige situatie zijn meegenomen:

- Andere maaiveldindeling (bebouwd versus onbebouwd gebied)
- Aanleg van de watergang in de Johan van Hasseltweg
- Het doorlatend maken van kades
- Aanleg van cunetten
- Verandering in neerslag en verdamping door klimaatverandering o.b.v. KNMI scenario 2100Hn

4.1 Huidige situatie

De berekende grondwaterstanden zijn weergegeven in Figuur 4-1 (GHG) en Figuur 4-2 (GLG). Opvallend is dat de grondwaterstand ter plaatse van twee grote bedrijfshallen (ca 16.000 en 26.000 m²) in het model uitzakt tot circa NAP -0,6 à -0,8 m. Dat de grondwaterstand hier (in het model) uitzakt komt doordat er ter plaatse van de panden geen grondwateraanvulling is, maar wel wegzijging naar het eerste watervoerend pakket. Door de lage doorlatendheid en beperkte dikte van de ophooglaag zakt de grondwaterstand uit tot onder het niveau van de ophooglaag. Of dit in werkelijkheid ook optreedt is niet goed te controleren omdat er ter plaatse van de gebouwen geen peilbuizen (inpandig) aanwezig zijn.

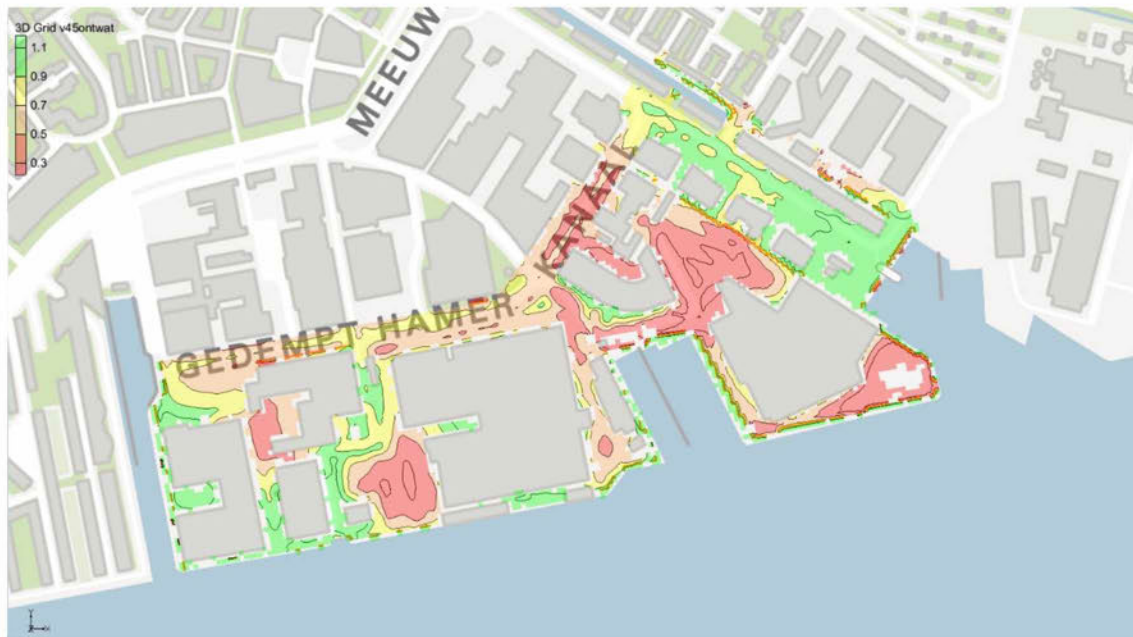
De ontwatering (de diepte van de grondwaterstand onder maaiveldniveau bij een GHG situatie) op basis van de modelresultaten en het maaiveldniveau volgens AHN₄ is weergegeven in Figuur 4-3. In een groot deel van het gebied wordt in de huidige situatie de gewenste ontwatering van 0,9 m niet gehaald. Het beeld komt globaal overeen met de ontwateringsdiepte die is bepaald op basis van de peilbuismetingen (zie Figuur 2-8).



Figuur 4-1: GHG (mNAP) huidige situatie.



Figuur 4-2: GLG (mNAP) huidige situatie



Figuur 4-3: Ontwatering (m) huidige situatie.

4.2 Toekomstige situatie

Voor het toetsen van de ontwateringsnorm (90 cm) is voor de toekomstige situatie de GHG van belang. De berekende GHG voor de toekomstige situatie is weergegeven in Figuur 4-4. Hierbij is uitgegaan van het basisscenario. Wat betreft de diepcunetten in het oeverpark (A t/m D; zie Figuur 2-12) is voor dit uitgangsscenario alleen cunet A meegerekend. Cunetten B t/m D maken deel uit van een variantenstudie.

De GHG centraal in het gebied wordt berekend op circa NAP +0,1 à +0,35 m. Op basis van een algeheel maaiveldhoogte van NAP +1,2 m is de ontwatering berekend (Figuur 4-5). Met name in deelgebied 'Amvest' verbeterd de ontwatering aanzienlijk ten opzichte van de huidige situatie. Ten noorden van Amvest wordt nog niet voldaan aan de ontwateringsnorm van 0,9 m (hier zijn geen cunetten gepland). Ten opzichte van de huidige situatie wordt voor deze locatie wel een verlaging van de GHG berekend van circa NAP +0,8 m naar NAP +0,6 m. Ook in het midden van deelgebied 'Prysmian' wordt niet overal voldaan aan de ontwateringsnorm, de berekende ontwatering bedraagt hier minimaal circa 0,8 m. Om de ontwatering op deze locatie te verbeteren is onderzocht wat de invloed is van het aanleggen van extra cunetten (B t/m D – zie variantenstudie). Daarnaast kan overwogen worden om cunetten met een hogere doorlatendheid aan te leggen (niet onderzocht in deze studie).



Figuur 4-4: GHG (mNAP) toekomstige situatie (basisscenario)



Figuur 4-5: ontwatering (m) toekomstige situatie (basisscenario)

4.2.1 Varianten cunetten

Met betrekking tot de uitvoering van de cunetten zijn diverse varianten doorgerekend ten opzichte van het basisscenario. Voor de ligging van de (extra) diepcunetten in het oeverpark (B t/m D, zie Figuur 2-12). De varianten die zijn doorgerekend zijn:

- a) Diepte cunet op kelderdeken tot NAP -0,3 m (in plaats van NAP -0,5 m). In het oeverpark alleen cunet A (zoals in het basisscenario).

- b) Verplaatsen diepcunet A door het oeverpark tussen kavel A6 en A8 naar het oosten (tussen A8 en A10) naar locatie B (geen diepcunet bij A, C en D).
- c) Naast diepcunet A een extra diepcunet C door het oeverpark tussen A11 en A13.
- d) 4 diepcunetten door het oeverpark in plaats van 1 (cunetten A t/m D).
- e) Toepassen van meer doorlatend zand ($k=14$ m/d in plaats van $k=7$ m/d) in de diepcunetten tussen NAP +0,1 en NAP -1,5 m.

Hieronder wordt per varianten de invloed op de GHG gepresenteerd.

Variant a)

De invloed van het minder diep maken van het cunet op kelderaken (tot NAP -0,3 m in plaats van NAP -0,5 m) is weergegeven in Figuur 4-6. Tussen kavels C7/C8 en C9/C10 op terrein Amvest wordt een toename van de GHG berekend van circa 5 cm. Op het kelderdak tussen kavel A2 en A3 en bij A7 wordt een GHG berekend die circa 1 cm toeneemt. Ten westen van A7 daalt de GHG juist met 1 à 2 cm.

Om barrierewerking door de kelders tegen te gaan is in de (gemeentelijke) ontwikkelplannen opgenomen dat onder elke kelder een zandlaag moet worden aangebracht (0,5 tot 1,0 m dik) die in verbinding staat met het freatisch pakket. Doordat het grondwater ook onder de kelder door kan stromen compenseert dit voor de kleinere cunetdikte boven het kelderdak. Met deze maatregel kan voor de situatie met een cunet tot NAP -0,3 m dus uitgegaan worden van de resultaten van het basisscenario.



Figuur 4-6: verandering (m) van de GHG door een minder diep cunet op kelderaken.

Variant b)

In verband met de geplande kelder tussen kavel A6 en A8 is onderzocht wat het effect is van het verplaatsen van het diepcunet in oostelijke richting zodat deze aansluit op het diepcunet tussen

kavels A8 en A10. Op de locatie waar het cunet eerst lag stijgt de GHG circa 6 cm; op de locatie waar het cunet naartoe wordt verplaatst daalt de GHG circa 6 cm (zie Figuur 4-7).



Figuur 4-7: verandering (m) van de GHG door het verplaatsen van het diepcunet door het oeverpark.

Variant c)

Door een extra diepcunet aan te leggen door het oeverpark welke aansluit op het diepcunet tussen kavels A11 en A13 daalt de GHG ter plaatse van het cunet 6 à 7 cm. De invloed is merkbaar tot circa 30 m afstand tot het cunet (zie Figuur 4-8).



Figuur 4-8: verandering (m) van de GHG door een extra diepcunet door het oeverpark.

Variant d)

Als er 4 diepcunetten door het park worden aangelegd in plaats van 1 daalt de GHG ter plaatse van de cunetten circa 3 cm. De invloed is merkbaar tot circa 70 m rondom de cunetten, niet alleen in het oeverpark zelf, maar tot aan circa kavel Ag (zie Figuur 4-9).

De ontwatering voor de situatie waarbij in het oeverpark 3 extra cunetten worden aangelegd (B t/m D), de cunetten op de kelderdeken worden aangelegd tot NAP -0,3 m en onder de kelders een laag drainzand komt (0,5-1,0 m dik) is weergegeven in Figuur 4-10. Door de extra cunetten is er sprake van een verbetering ten opzichte van het basisscenario. Nog steeds voldoet de ontwatering niet overal volledig aan de norm van minimaal 0,9 m. In de geel aangegeven gebieden is de ontwatering circa 0,8 m. De minimale ontwatering is circa 0,6 m in het gebied ten noorden van Amvest, waar in de huidige situatie ook hoge grondwaterstanden voorkomen en geen cunetten zijn gepland.



Figuur 4-9: verandering (m) van de GHG door aanleg 3 extra diepcunetten door het oeverpark.



Figuur 4-10: ontwatering (m) toekomstige situatie; scenario d.

Variant e)

In deze variant is onderzocht of de ontwatering verder verbeterd kan worden door in de diepcunetten tussen NAP +0,1 m en NAP -1,5 m zand toe te passen met een hogere doorlatendheid ($k = 14$ m/d in plaats van 7 m/d). Hierdoor daalt de GHG ten opzichte van variant d) met 5 tot 10 cm; zie Figuur 4-11. De ontwatering in deze situatie is weergegeven in Figuur 4-12.



Figuur 4-11: verandering in GHG (m) als onderin diepcunetten beter doorlatend zand wordt toegepast; scenario e.



Figuur 4-12: ontwatering (m) toekomstige situatie; scenario e.

5 Conclusie en advies

Voor de toekomstige situatie is de GHG centraal in het gebied berekend op circa NAP +0,1 à +0,3 m. Hierbij is rekening gehouden met:

- 1) Doortrekken van de sloot parallel aan de noordelijke zijde van de Johan van Hasseltweg
- 2) Aanleg oeverpark
- 3) Verwijderen van ondergrondse obstakels en waterdoorlatend maken van kades en oevers
- 4) Wijzigingen in neerslag/ verdamping door klimaatverandering
- 5) Toepassen cunetten

Op basis van een maaiveldhoogte van NAP +1,2 m voldoet de grondwaterstand in een groot deel van het gebied aan de ontwateringsnorm van minimaal 90 cm. Op enkele locaties wordt een ontwatering berekend van circa 80 cm (zie Figuur 4-5). Het aanleggen van extra cunetten in het oeverpark verbeterd de situatie, maar nog steeds voldoet de ontwatering niet overal volledig aan de norm van minimaal 90 cm. Ook in het gebied ten noorden van Amvest wordt de ontwateringsnorm niet gehaald. Op deze locatie zijn geen cunetten gepland. Door de aanwezigheid van de cunetten ten zuiden van dit gebied verbeterd de ontwatering hier wel met circa 20 cm.

Om de ontwateringsdiepte verder te vergroten kan overwogen worden om de diepcunetten dieper aan te leggen of met een hogere doorlatendheid. Uit een extra berekening (scenario e) blijkt dat als onderin de diepcunetten zand wordt toegepast met een doorlatendheid van 14 m/d in plaats van 7 m/d de ontwatering lokaal met 5-10 cm verbeterd.

Cunetten boven kelders

Op een aantal locaties komen onder de openbare ruimte mogelijk kelders. Over het algemeen heeft het minder diep maken van cunetten op de kelders (tot NAP -0,3 m in plaats van NAP -0,5 m) een beperkte invloed (<2 cm) op de GHG. Ter plaatse van kavels C8/C9 (Amvest) is de invloed groter (circa 5 cm) en resulteert er in dat de ontwateringsdiepte (net) niet gehaald wordt. In de (gemeentelijke) ontwikkelplannen is opgenomen dat onder elke kelder een zandlaag moet worden aangebracht (0,5 tot 1,0 m dik) die in verbinding staat met het freatisch pakket. Doordat het grondwater ook onder de kelder door kan stromen compenseert dit voor de kleinere cunetdikte boven het kelderdak.

De kelders moeten grondwaterneutraal worden aangelegd. Deze opgave is voor de projectontwikkelaars. Daarnaast is een goede waterhuishouding op kelderaken essentieel voor de inrichting van groeiplaatsen (voor bomen) op kelderaken. Bij suboptimale inrichting is er zowel een risico op verdroging als op wateroverlast. Bij eventuele uitdroging van de bodem, is het mogelijk water te geven. Voor te natte omstandigheden, met risico op zuurstofgebrek, zijn geen 'simpele' oplossingen. Belangrijk is dus te voorzien in maatregelen die een goede waterafvoer tot stand brengen. Op basis van de berekeningen is de grondwaterstand gedurende een deel van het jaar boven het niveau van het kelderdak (NAP -0,3 m). De waterafvoerende laag op het kelderdak (eventueel gecombineerd met drainage) moet goed aangesloten zijn op het watersysteem buiten de dakconstructie.

Infiltratie van hemelwater

In de berekening van de GHG is het uitgangspunt dat er geen hemelwater wordt geïnfiltreerd afkomstig van verhard terrein of gebouwen, bijvoorbeeld via wadi's of ondergrondse bergingen. Als wel hemelwater wordt geïnfiltreerd zal de GHG hoger worden. Eventueel kan met aanvullende berekeningen onderzocht worden wat de benodigde extra ophoging in dat geval is. Geadviseerd wordt om overtollige neerslag niet te infiltreren in het groen, maar juist af te voeren naar het oppervlaktewater. Indien geen andere mogelijkheid is (bijv. geen nabij oppervlaktewater) dient actieve infiltratie te worden gecombineerd met grondwaterverlagende maatregelen (zoals een drainage). Voor de nieuw te ontwikkelen kavels moet er tot nader onderzoek van worden uitgaan dat er geen hemelwater actief wordt geïnfiltreerd in de bodem (freatisch pakket). Geadviseerd wordt om in het bestemmingplan en/of de anterieure overeenkomst (bouwenvelop) actieve infiltratie op eigen kavel te verbieden. Uitzondering hierop is het infiltreren van water ter voorkoming van droogval van houten palen in tijden van droogte. Op basis van beschikbare gegevens kon niet worden uitgesloten dat in de omgeving van het plangebied houten funderingen aanwezig zijn. Aanbevolen wordt om dit te onderzoeken (historische onderzoek/ bouwarchief).

De berekeningen in deze rapportage zijn gebaseerd op beperkte gegevens van de grondwaterstand. De doorlatendheid van de ophooglaag [1] is vermoedelijk bepaald op basis van een schatting op basis van boorprofielen in combinatie met modelkalibratie. Aanbevolen wordt om een doorlatendheidsonderzoek uit te voeren waarbij de doorlatendheid van de ophooglaag wordt bepaald met in-situ veldproeven. De grondwaterstand in het plangebied wordt op 1 locatie gemeten (Waternet peilbuis D06592); in de projectpeilbuizen worden (voor zover bekend) geen grondwaterstanden meer gemeten. Aanbevolen wordt de monitoring op enkele locaties voort te zetten zodat de (variatie in) grondwaterstanden in beeld worden gebracht.

Bijlage 1: gegevens peilbuizen

Locatie	Straathoogte (mNAP)	Top filter (mNAP)	Bodem filter (mNAP)	x-coördinaat	y-coördinaat	Begin_reeks	Eind_reeks	GLG (mNAP)	GG (mNAP)	GHG (mNAP)
C07012	0.96	-1.65	-2.65	123709	488858	26-2-1980	23-11-2022	-0.11	0.10	0.29
C07206	1.03	-1.35	-2.35	123775	488830	16-9-1994	7-9-2011	0.05	0.24	0.46
C07208	1.11	-1.36	-2.36	123682	488686	17-11-1994	23-8-2001	0.36	0.65	0.85
C07240	1.14	-1.43	-2.43	123697	488662	4-7-2002	16-11-2009	0.45	0.67	0.88
D06592	1.17	-1.33	-2.33	123336	488454	14-7-1994	23-8-2023	-0.09	0.06	0.19
PB01	1.20		-1.56	123333	488395	6-6-2019	12-10-2021	-0.19	-0.09	-0.01
PB02	1.02		-1.44	123901	488533	6-6-2019	12-10-2021	0.03	0.57	0.76
PB04	1.05		-1.70	123362	488536	6-6-2019	12-10-2021	-0.30	-0.10	0.12
PB05	1.08		-1.35	123674	488810	6-6-2019	12-10-2021	-0.15	0.09	0.30
PB07	0.88		-1.58	123552	488663	6-6-2019	30-6-2021	-0.53	-0.04	0.33
PB801	1.41		-1.62	123222	488574	13-12-2018	8-1-2021	-0.63	-0.50	-0.35
PB802	1.15		-0.80	123243	488531	13-12-2018	12-10-2021	0.11	0.28	0.45
PB803	1.30		-1.25	123263	488353	13-12-2018	10-4-2019	-0.30	-0.19	0.00
PB810	1.14		-1.91	123581	488590	11-4-2019	26-10-2021	0.18	0.43	0.68
PB811	0.77		-1.98	123755	488531	14-12-2018	8-5-2020	0.26	0.37	0.49
PB812	0.98		-1.63	123906	488650	13-12-2018	12-10-2021	-0.45	-0.38	-0.32
PB814	1.25		-1.30	123275	488427	13-12-2018	12-10-2021	-0.07	0.07	0.22