



Notitie

Aan Maria Geelen
Van Jeroen de Jong, Ingenieursbureau, 06-11377634, jeroen.de.jong@amsterdam.nl
Kopie aan Herman Best, Rogier Hoogstad, Waternet – Ab Visser en Corrine Daemen.
Datum 18 juli 2016
Ons kenmerk 55796
Bijlage(n)

1. Principe grondverbetering
2. Opbarstberekening
3. Ontwerprichtlijnen drainage-optie

Onderwerp Grondwater Amstelstation

Opsteller	Goedgekeurd en vrijgegeven	Paraaf	Datum
J. de Jong	R. van Diepen		

Inhoud

Inleiding	2
Modellering huidige grondwatersituatie.....	2
Grondwatereffect van de ontwikkelingen.....	6
Grondwatermaatregel.....	10
Noodzaak grondwatermaatregel.....	10
Voorkeursoptie: grondverbetering onder parkeergarages	10
Optie drainage in de wijk Amsteldorp.....	12
Bronnen	14

Inleiding

De Gemeente Amsterdam gaat de omgeving van het Amstelstation herontwikkelen. Hierbij spelen vele waterzaken een rol: grondwater, oppervlaktewater en hemelwater met hun onderlinge relaties. Dit document richt zich op het onderdeel grondwater.

De Gemeentelijke Grondwaterzorgplicht wordt binnen Amsterdam ingevuld door Waternet. In het Gemeentelijke Rioleringsplan (GRP) voor Amsterdam (bron [7]) is het beleid beschreven. Voor bestaande gebieden is de stelregel dat er geen negatieve grondwatereffecten mogen optreden. Dat kan enerzijds gaan om te hoog grondwater met grondwateroverlast bij woningen, onder wegen en bij bomen. Anderzijds kan er te laag grondwater ontstaan met droogval van houten funderingen en paalrot tot gevolg. Deze notitie beschrijft de grondwatereffecten die optreden als gevolg van het project Amstelstation, voor zowel de 1^e fase (ontwikkeling blok D) als de eindfase. De grootste ingreep in het grondwatersysteem is de bouw van ondergrondse constructies. Om de effecten te kunnen berekenen, is een verbeterd grondwatermodel opgesteld. Getoetst wordt of deze grondwatereffecten schadelijk zijn. Zo ja, dan wordt een voorstel gedaan voor mitigerende maatregelen.

In Figuur 1 is de locatie weergegeven, inclusief het te ontwikkelen blok D en de omliggende wijken.



Figuur 1 Overzicht van de locatie

Modellering huidige grondwatersituatie

In 2009 is een eerste grondwatermodel van het Amstelstation en omgeving opgesteld. Dit model was bedoeld om de grondwatereffecten te beschouwen van verschillende ingrepen rondom het Amstelstation en was slechts indicatief van opzet. Met dit model konden grote grondwaterstijgingen en –dalingen worden voorzien. Voor de planvorming en het

Bestemmingsplan was dat voldoende, maar het model week nog teveel af van de gemeten grondwaterstanden. Besloten was om het model te verbeteren wanneer de plannen concreter werden. De tussenliggende jaren konden goed benut worden door een aantal peilbuizen te plaatsen en de grondwaterstanden te meten. Samen met de langjarig gemeten Waternet-peilbuizen ontstond een goede set meetgegevens.

Nu, in 2015, moet het model opnieuw geijkt worden. Met de ontwikkeling van blok D is de eerste fase inmiddels in uitvoering gegaan. Voor deze eerste fase werden nauwelijks grondwatereffecten voorspeld, voor de eindfase echter wel.

Het doel van deze ijking is dat het model de gemeten freatische grondwaterstanden zo goed mogelijk benadert. De gemeten grondwaterstanden komen uit bron [3], [4], [5] en [6]. Vervolgens kunnen toekomstige ontwikkelingen in het model worden gebracht; bij een goed geijkt model kunnen de grondwaterstanden in de toekomst zo goed mogelijk benaderd worden. Daarbij zijn alle modelparameters nog eens kritisch onderzocht en zijn de waarden zo nodig aangepast.

Bij de ijking spelen de volgende drie zaken de grootste rol:

- De bodemopbouw. De historie van de Omval (voormalig schiereiland in de Amstel) zorgt ervoor dat het freatische pakket met ophoogzand daar minder diep reikt (tot circa NAP -1 m) dan bij de oostzijde van het Amstelstation en de spoordijk waar ooit het Watergraafsmeer lag (reikt tot circa NAP -4,5 à -6 m).
- Het grote verhang van het grondwater: vanaf de Amstel (oppervlaktewaterpeil NAP -0,40 m) is er een verhang van 5,1 m naar de dieper gelegen Watergraafsmeer (oppervlaktewaterpeil NAP -5,50 m). Dit verhang is ook gemeten in de grondwaterstanden. Het modelleren van grondwater in een helling is altijd lastig, omdat het grondwaterpeil een zeer sterk verloop heeft en er al snel afwijkingen ontstaan tussen model en werkelijkheid.
- De drainage in de laaggelegen woonwijken van de Watergraafsmeer naast het Amstelstation: Julianapark, Amsteldorp en De Eenhoorn. In deze wijken is in de meeste straten drainage aanwezig die het grondwaterpeil kunstmatig laag houdt. Ook het grondwater in het projectgebied Amstelstation wordt hierdoor sterk beïnvloed.

De bodemopbouw en geohydrologie kunnen op basis van de beschikbare bodemgegevens als volgt worden samengevat (bron [4], [5], [6]).

grondsoort	Van circa ...	Tot circa ...	Geohydrologie
(Ophoog)zand	NAP +1 m (Omval, Stationsplein); NAP -1 m (tramlus); NAP -4 m (wijken Julianapark, Amsteldorp, Eenhoorn)	NAP -1 m (Omval-zuid); NAP -4,5 m (Stationsplein); NAP -5,5 m (wijken Julianapark, Amsteldorp, Eenhoorn); NAP -6 m (tramlus)	Freatisch pakket
Klei en veen	NAP -1 à -6 m	NAP -11 à -12 m	Slechtdoorlatende scheidende laag
Zand	NAP -11 à -12 m	NAP -38 à -40 m	Eerste watervoerend pakket

Hieronder staan de gehanteerde modelparameters voor de huidige situatie, ná de ijking.

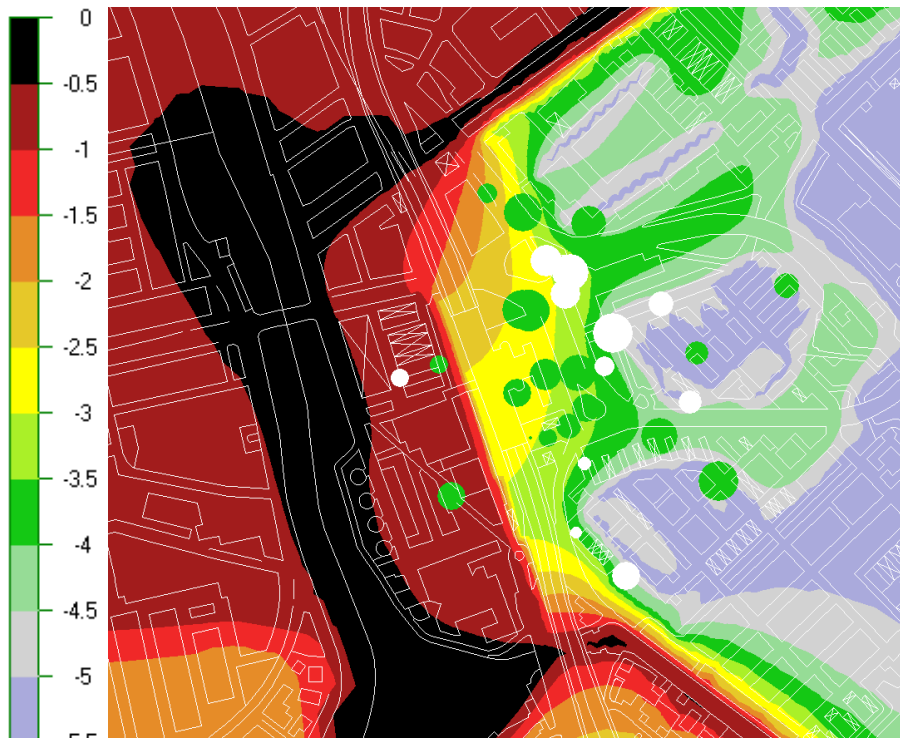
Tabel 1 Modelparameters

Parameter	Gehanteerde waarde (huidige situatie)	toelichting
modelgrootte	5x5 km	Model is groter dan louter de freatische begrenzing door watergangen; doel is dat ook de stroming in het eerste watervoerend pakket meegenomen wordt, waarbij de spreidingslengte maatgevend wordt voor de minimale modelgrootte.
modelleringswijze	semi-stationair	Het model benadert de gemiddelde grondwaterstanden, door 10 jaren door te rekenen zodat er een stationaire situatie ontstaat. Het model rekent freatisch.
Grootte projectgebied	Het projectgebied is begrensd door de watergangen Amstel, Weespertrekvaart, Fahrenheitsingel, Prins Bernhard Park en Ringvaart Watergraafsmeer	In het projectgebied is een kleinere celgrootte gegenereerd, zodat meer lokale ingrepen zoals kelderbouw goed gemodelleerd kunnen worden. De ijking is gedaan op de gemeten freatische grondwaterstanden in dit gebied.
oppervlaktewaterpeil	Amstel, Ringvaart Watergraafsmeer en Weespertrekvaart: NAP -0,40 m Watergangen Watergraafsmeer: -5,50 m	streefpeil
Intreeweerstand watergangen	10 dagen	Praktijkwaarde voor watergangen zonder kadeconstructies
Drainage en greppels	Drainage in wijken Eenhoorn, Julianapark en Amsteldorp: drainageniveau varieert tussen NAP -5,2 en NAP -5,5 m, drainageweerstand tussen 5 en 20 dagen. Eén greppel ten westen van Starrenboschstraat met drainagepeil van NAP -4,5 m.	Volgt uit ijking; maatwerk. Greppelpeil is gelijk aan bodempeil.
Onderkant freatisch pakket	Omval ten zuiden/noorden van Treublaan= NAP -1 / -6 m; Spoorzone en Stationsplein =NAP -4,5 m; tramlus = NAP -6 m; overig projectgebied en omringende wijken = NAP -5,5 m	Geschematiseerd uit boringen/sonderingen uit Dinoloket en bronnen [4], [5] en [6].
Doorlatendheid freatisch pakket	Projectgebied 5 m/dag; spoorzone en stationsplein 10 m/dag	Volgt uit ophooghistorie (integraal zand aangebracht in 1937 en Omval-Zuid in 1989) en ijking.
Bestaande ondergrondse constructies	Halfverdiepte kelder tot circa NAP -5,0 m naast de Maliebaan. Kelder tot circa NAP -1,1 m onder het hoofdgebouw Amstelstation.	Kelders buiten het projectgebied Amstelstation zijn niet beschouwd.
Verticale hydraulische weerstand c	2500 dagen, m.u.v. Omval ten zuiden van Treublaan (4.000 dagen) en oostdeel van de wijken De Eenhoorn/Amsteldorp/Julianapark (1.500 dagen).	Volgt uit TNO-kaart [1], bodemopbouw en ijking.
Stijghoogte eerste watervoerend pakket	Stijghoogte is vastgezet aan enkele randen en in het hart van de	Er is geijkt op de gemeten gemiddelde stijghoogten in kaart [2] totdat de

	Watergraafsmeerpolder; daartussen berekent het model de stijghoogten.	gemeten standen werden benaderd tot op +/- 0,3 m.
Grondwateraanvulling	Projectgebied 0,5 mm/dag; daarbuiten 0,4 mm/dag.	Voor het projectgebied is een berekening gedaan op basis van de met GIS bepaalde (on)verharde oppervlakken (resultaat is 66% verhard); daarbuiten is een waarde berekend voor dicht bebouwd stedelijk gebied (circa 80% verhard).

Bij de ijking is het doel om de bandbreedte zo klein mogelijk te houden. Dit betekent dat het model zowel over- als onderschattingen van de grondwaterstand berekent, die ongeveer even groot zijn. Het resultaat van de ijking is, dat de freatische grondwaterstanden door het model worden benaderd met een ijkafwijking van +/- 40 cm. Als we op zoek zijn naar de maximale grondwaterstanden, bijvoorbeeld om te onderzoeken of er grondwateroverlast optreedt, moet er dus altijd 40 cm worden opgeteld bij de berekende grondwaterstanden. Zijn we juist geïnteresseerd in de minimale grondwaterstanden, bijvoorbeeld omdat we willen onderzoeken of houten funderingspalen gaan droogvallen, dan moet er 40 cm van worden afgetrokken. Het beeld van de huidige gemiddelde grondwaterstanden (exclusief ijkafwijking) staat in Figuur 2. De groene bollen geven aan waar het model de gemeten grondwaterstanden onderschat, de witte bollen waar hij het overschat. De grootte van de bol geeft de ijkafwijking weer; de grootste bol betekent 40 cm ijkafwijking.

Figuur 2 Huidige gemiddelde grondwaterstanden in m NAP (modelberekening exclusief ijkafwijking, exclusief seizoensfluctuaties), bollen geven de lokale ijkafwijking weer



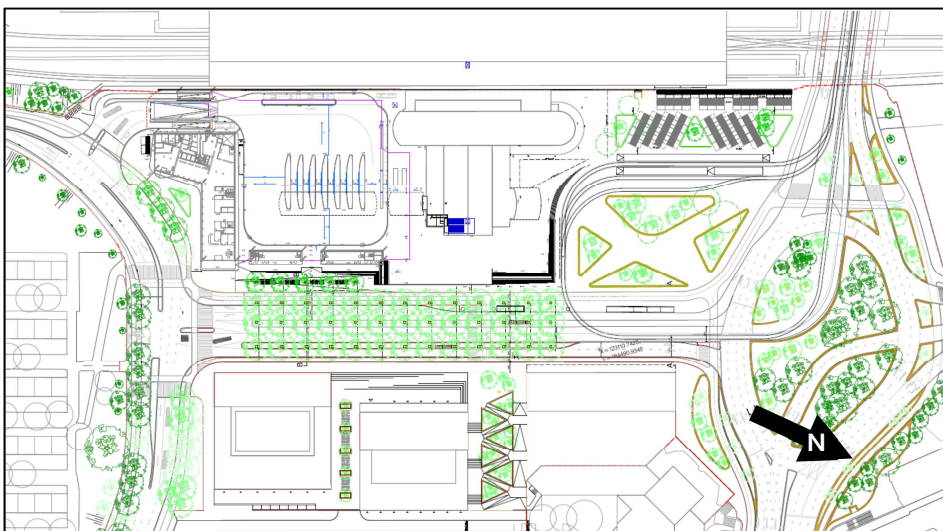
Te zien is dat er ter plaatse van de spoordijk een sterk verhang in de grondwaterstanden aanwezig is. De reden is dat de bodemopbouw hier zeer sterk wijzigt: ten westen van de spoorbaan is de onderkant van het freatisch pakket circa NAP -1 m en daaronder wordt klei aangetroffen; het grondwater blijft goeddeels boven deze kleilaag en staat op circa NAP -0,5 à -1,0 m. De spoorbaan en het gebied ten oosten ervan hebben een onderkant freatisch pakket dat veel lager, ligt op NAP -4,5 à -6 m, waarin de grondwaterstanden veel lager liggen. Dit verschil in bodemopbouw is terug te zien in de modelleringsresultaten.

Naast de gemiddelde grondwaterstanden, is het ook van belang om de seizoenshoogste en seizoenslaagste grondwaterstanden (GHG/GLG) te beschouwen. Voor bomen is de hoogste stand van belang, voor droogval van houten palen zouden de laagste standen interessant kunnen zijn. De GHG/GLG betreft de Gemiddelde Hoogste respectievelijk Laagste Grondwaterstand. Er is een landelijke definitie, die erop neer komt dat de GHG/GLG representatief zijn voor natte/droge periode, en gemiddeld drie weken per jaar worden overschreden/onderschreden. Deze drie weken kan bestaan uit meerdere losse dagen. De GHG/GLG betreft dus niet de extreme uitschieters maar grondwaterstanden die in principe elk jaar opnieuw kunnen voorkomen. Uit de grondwatermetingen komt het beeld, dat de GHG/GLG circa 30 cm boven/onder de gemiddelde grondwaterstand ligt. Er is voor gekozen om geen aparte modelberekeningen te doen voor de natte/droge situatie, maar de praktische waarde van +/- 30 cm aan te houden voor de seizoensfluctuaties.

Grondwatereffect van de ontwikkelingen

Figuur 3 geeft een beeld van de eindsituatie rond het Amstelstation.

Figuur 3 Amstelstation concept DO (eindsituatie) 2015



De toekomstige ontwikkelingen zijn samengevat in Tabel 2; in de tabel staat welke modelparameters zijn aangepast naar aanleiding van de ontwikkelingen. Er zijn verschillende scenario's doorgerekend die leiden tot de onderstaande grondwatereffecten.

Tabel 2 Grondwatereffect van de ontwikkelingen

scenario	beschrijving	Model-parameter	Berekend grondwatereffect (t.o.v. huidige situatie)		Benodigde maatregelen
			in Julianalaan	In Amsteldorp bij woningen	
Eerste fase	Aanleg parkeergarage tot NAP -2,0 m onder blok D	Vast doorlaatvermogen onder garage van 25 m ² /dag (2,5 m zand resteert)	verwaarloosbaar	verwaarloosbaar	geen
Eindfase – waarschijnlijk scenario	Aanleg parkeergarages tot NAP -5,5 m onder blok A en B/C, uitbreiding aan oostzijde van bestaande fietsenkelder tot diepte NAP -1,9 m**	Vast doorlaatvermogen onder garages ABC van 2,5 m ² /dag (0,5 m zand)*	Stijging van maximaal 4,2 cm	Stijging van maximaal 10 cm	Grondwater-maatregel in Amsteldorp Of Neutraliserende grondwater-maatregel op de kavel onder de te bouwen kelder
Eindfase – worst case scenario	Aanleg parkeergarages onder blok A en B/C tot een diepte van NAP -6,0 m die het freatisch pakket afsluiten; uitbreiding aan oostzijde van bestaande fietsenkelder tot diepte NAP -1,9 m**	Doorlaatvermogen onder garages van 0 m ² /dag (freatisch pakket afgesloten)*	Stijging van maximaal 60 cm	Stijging van maximaal 14 cm	Grondwater-maatregel in Amsteldorp Of Neutraliserende grondwater-maatregel op de kavel onder de te bouwen kelder
			Daling van maximaal 65 cm	Geen (er zijn geen negatieve effecten noch houten paalfunderingen in het dalingsgebied)	

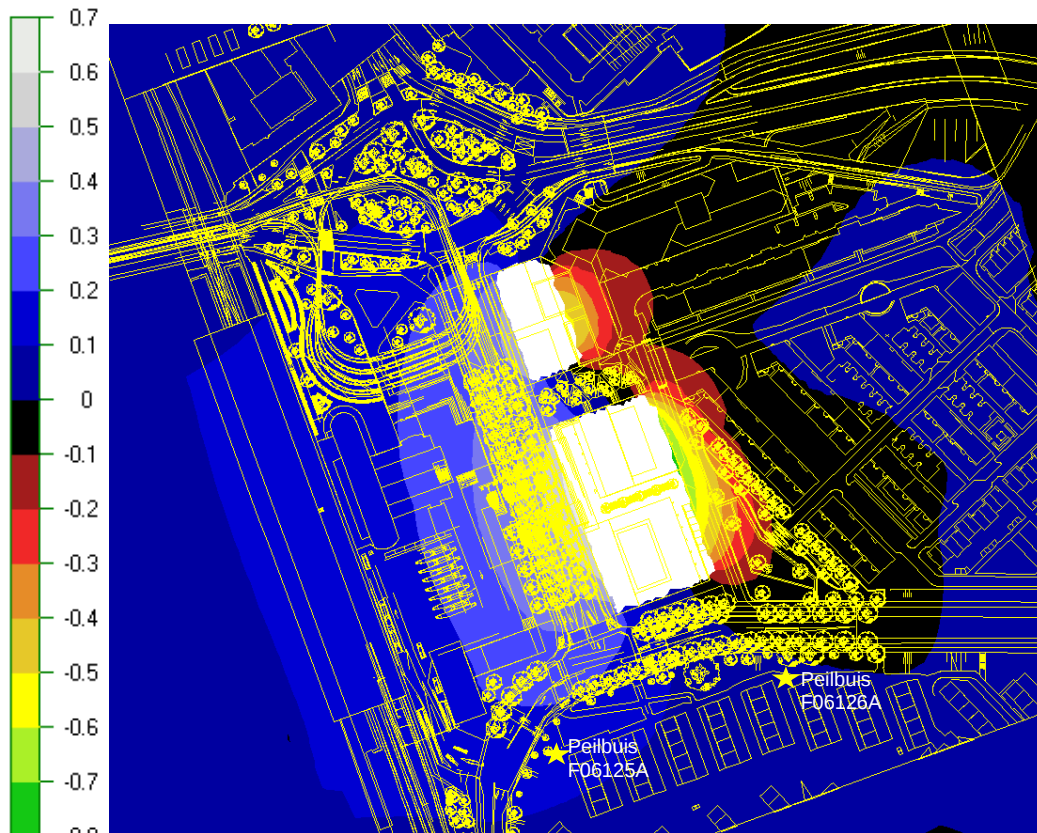
*in het projectgebied vindt tevens een verhardingstoename plaats die leidt tot een verminderde grondwateraanvulling. Veiligheidshalve is deze niet gemodelleerd; om de mogelijkheid open te houden dat de kavels hun eigen hemelwater kunnen infiltreren etc. dit is een conservatieve (veilige) aanname.

**zowel de bestaande fietsenkelder tot diepte NAP -1,1 m als de uitbreiding tot een diepte van NAP -1,9 m blijven boven de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en hebben dus geen invloed op het grondwater. Er zijn derhalve geen maatregelen nodig bij de kelder-uitbreiding. De kelder-uitbreiding moet waterdicht worden uitgevoerd "als kelder".

In de Julianalaan zijn er in de eindfase stijgingen tot 60 cm. Daardoor stijgt de GHG ter hoogte van de ingang van het tunneltje (stationsentree) van circa NAP -2,6 m naar NAP -2,0 m (met meeneming van de ijkafwijking van 40 cm én de seizoensfluctuatie van 30 cm). Aangezien de maaiveldhoogte hier NAP -0,85 m blijft, het laagste punt van de Julianalaan, resteert er een ontwatering van afgerond 110 cm. Dat is ruim voldoende voor de (nieuw te planten) bomen in de Julianalaan, die voldoende kunnen wortelen. De grondwaterstijging heeft geen invloed op de hemelwaterproblematiek, die apart wordt behandeld.

Bestaande, te behouden bomen vallen voor een klein deel in het gebied met de grondwaterstijging (bomen in Prins Bernhardplein, zuidzijde Hugo de Vrieslaan en langs spoorbaan nabij taxilus) en ondervinden een grondwaterstijging van maximaal 0,1 m. Aangezien het maaiveld op deze locaties relatief hoog ligt is de huidige ontwatering meer dan 2,5 m. Op een diepte van meer dan 2,5 m is relatief weinig wortelgroei en zal een grondwaterstijging van 0,1 m een verwaarloosbaar effect hebben.

Figuur 4 Grondwatereffect eindfase-worst-case, stijgingen/dalingen in m (te bouwen parkeergarages in wit)



Door de bouw van de parkeergarages gaat het grondwater er echter omheen stromen en zoekt een afstroomroute vooral ten noorden en zuiden van de parkeergarages. Hierdoor stroomt er meer grondwater richting Amsteldorp met grondwaterstijgingen tot gevolg. Bij de bebouwing in de wijk Amsteldorp stijgt het grondwater in de eindfase-worst-case met maximaal 14 cm. Dit is

een niet-verwaarloosbare stijging. In de noordzijde van de wijk is het maaiveld NAP -3,0 m en worden gemiddelde grondwaterstanden gemeten van NAP -3,7 à -3,9 m in Waternetpeilbuizen Fo6125A en Fo6126A: zie Figuur 4. De hoogste seizoensstanden ($\approx$ GHG's) zijn NAP -3,4 à -3,5 m (met een enkele kortdurende uitschieter naar NAP -3,2 m). Er is in een natte periode dus slechts 40 à 50 cm ontwatering (met een enkele uitschieter naar 20 cm) waarbij een grondwaterstijging van 14 cm zal leiden tot grondwateroverlast. Er is een grondwatermaatregel nodig die de stijging bij de woningen volledig tenietdoet.

De geprognoseerde dalingen ten oosten van de parkeergarages, aan de zijde van de wijk Julianapark, vormen geen risico voor de omgeving. Er zijn geen gebouwen op houten palen aanwezig zodat paalrot geen risico vormt. In de directe omgeving kan enige maaiveldzetting of een vochtvermindering voor groen optreden. Daar staat tegenover dat de ontwatering licht zou verbeteren. Bij het toepassen van een grondwatermaatregel die zich richt op het tenietdoen van grondwaterstijgingen/-dalingen (neutraliserende maatregel), worden deze effecten kleiner.

Grondwatermaatregel

Noodzaak grondwatermaatregel

De conclusie is dat er voor het Amsteldorp een mitigerende maatregel nodig is, omdat er anders een groot risico bestaat op grondwateroverlast. Met Waternet (dhr A. Visser) is het grondwatermodel doorgenomen en zij beaamen de noodzaak van maatregelen.

Er zijn twee opties voor de grondwatermaatregel:

- Een grondverbetering onder de parkeergarages van blok A en B/C (voorkeur)
- Een drainage in de wijk Amsteldorp.

Beide opties zijn doorgerekend in het grondwatermodel en kunnen effectief zijn, mits ze op de juiste wijze worden ontworpen/uitgevoerd. Het advies is te kiezen voor de grondverbetering en deze mee te nemen als opgave in het PVE van de bouwveloppen.

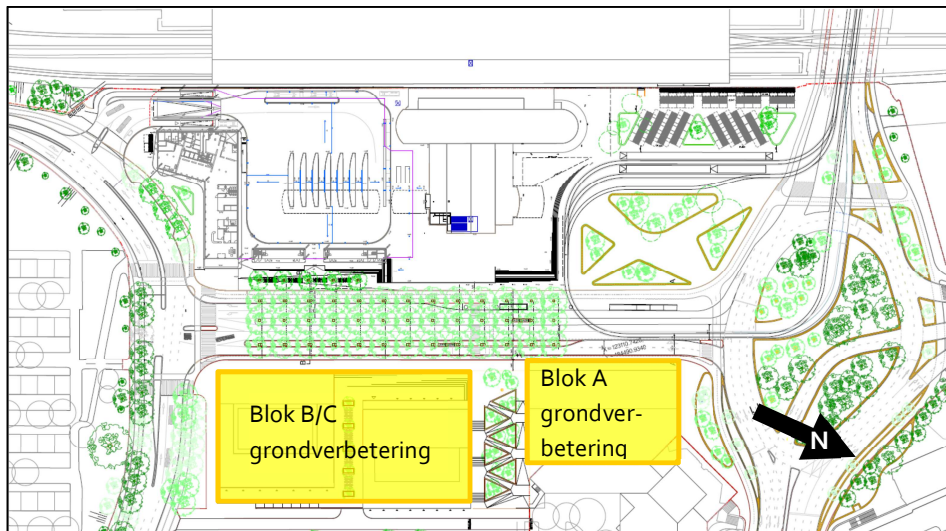
Voorkeursoptie: grondverbetering onder parkeergarages

De voorkeursoptie zet in op het voorkomen van grondwateroverlast, door grondwaterneutraal te bouwen. De maatregel wordt aangelegd op de bouwlocaties zelf. Deze optie heeft de voorkeur, omdat de ingreep die wordt gedaan (bouwen van parkeergarages) door dezelfde partij op dezelfde plek wordt geneutraliseerd. Een ander voordeel is dat het huidige grondwaterregime nauwelijks verandert, zodat grondwaterstijgingen en –dalingen en hun gevolgen worden voorkomen.

Grondwaterneutraal bouwen is ook conform het Gemeentelijk Rioleringsplan Amsterdam, waarin grondverbetering onder parkeergarages standaard wordt geadviseerd als maatregel.

Grondverbetering is een praktische maatregel die al vele malen is toegepast in Amsterdam en goed blijkt te werken. Bovenal is de grondverbetering een robuuste en duurzame maatregel die tot in lengte der jaren kan blijven liggen en onderhoudsvrij is, terwijl andere opties (zoals drainage) onderhoud nodig hebben.

De locaties zijn zichtbaar in Figuur 5 en een zij-aanzicht van de grondverbetering in bijlage 1. Voor het grondwatermodel gaan we ervan uit, dat de parkeergarages worden gebouwd tot een maximale diepte van NAP -6,0 m (onderkant vloer) in het worst-case scenario. Daaronder kan een grondverbetering plaatsvinden in de vorm van drainzand. Wanneer de laag drainzand 80 cm dik is (onderzijde op NAP -6,8 m) en wordt aangelegd onder blok A en onder blok B/C met zandkolommen aan de zijkanten, is hij voldoende effectief. Dit blijkt uit berekeningen met het grondwatermodel en bron [8]. De grondwaterverandering in de wijk Amsteldorp is dan verwaarloosbaar klein (stijging < 1 cm); ten oosten van de kelders in de woonwijk Julianapark is een verwaarloosbare stijging < 1 cm met in de Bertrand Russelstraat een geringe grondwaterverhoging van < 3 cm. Er zijn dan geen negatieve gevolgen.



Figuur 5 Locaties grondverbetering van drainzand (in geel; zandkolommen in oranje)

Onderzocht is of deze maatregel praktisch haalbaar is. Bij de aanname dat de bouwer waarschijnlijk binnen damwanden gaat werken, is de grondverbetering aan te brengen door dieper te ontgraven. Aandachtspunt is dat er een zandkolom van 1 m breedte rondom de kelder moet worden aangelegd – deze legt contact tussen de grondverbetering en het omringende freatische zandpakket, dat iets hoger ligt dan de grondverbetering (zie bijlage 1). De aanleg van de zandkolom kan plaatsvinden zowel binnen als buiten de damwand. De grondverbetering (het vlak) heeft geen dragende functie voor de parkeergarage dus kan onverdicht blijven; dit is goed voor de doorlatendheid.

Aan de maatregel zitten de volgende kanttekeningen:

- de damwanden moeten getrokken worden, daardoor beperk je de bouw mogelijkheden voor de bouwer;
- de uitvoering komt zeer nauw; als de verticale zandkolom “vergeten” wordt is de maatregel nutteloos. Er is goed toezicht nodig.
- de zandkolom moet buiten het keldergebouw komen; als de ontwikkelaar de volledige kavel wil onderkelderen, komt de zandkolom tot 1 m buiten de kavel en heeft een ruimtebeslag;
- als de bodem ten oosten van de kelder ongunstiger (ondoorlatender) is dan verwacht, bestaat de mogelijkheid dat grondwater aan de oostzijde van het gebouw opwelt; het risico is op basis van de beperkte gegevens over de huidige bodemopbouw niet goed in te schatten;
- Er is kans op opbarsten tijdens de aanleg.

Toelichting: de kans op opbarsten neemt toe ten opzichte van de situatie waarin de bouwer alleen de parkeergarage bouwt. Opbarsten is onacceptabel en ook het toepassen van extra (spannings)bemalingen (omdat de bouwer dieper moet graven) is vanwege de meerkosten en omgevingsbeïnvloeding ongewenst. Daarom is een indicatieve opbarstberekening gemaakt (zie bijlage 2) voor de situatie waarin de onderkant keldervloer op NAP -5,0 m komt. Wanneer de

grondverbetering in den droge ontgraven wordt als één bouwput, is er kans op opbarsten (berekende veiligheidsfactor is 0,89 terwijl deze minimaal 1,00 moet zijn). Gelukkig zijn er alternatieven: de grondverbetering kan in den natte worden aangelegd (gaat niet opbarsten, veiligheid 1,00). Ook heeft de aannemer de mogelijkheid om bijvoorbeeld in sleuven of compartimenten te ontgraven, waarbij het opbarstrisico kleiner is dan bij aanleg in den droge. Met een berekening kan de bouwer aantonen of bij deze methode opbarstrisico ontstaat.

Bij het aanleggen van de keldervloer tot de maximale diepte van NAP -6,0 m is opbarsten niet meer te vermijden omdat de veiligheid veel kleiner is dan bij een diepte van NAP -5,0 m. Zelfs bij ontgraving in den natte is de sterke verwachting dat het gaat opbarsten. Er zullen omvangrijkere maatregelen nodig zijn dan hierboven benoemd. De bouwer dient dit risico mee te nemen.

Situatie	Veiligheidsfactor Φ	Toelichting
(bij aanleg keldervloer tot NAP -5,0 m)		
In den droge aanleggen van de grondverbetering (ontgraven tot NAP -5,8 m en bemalen tot NAP -6,1 m)	0,89	Kans op opbarsten
In den natte aanleggen van de grondverbetering (ontgraven tot NAP -5,8 m, grondwaterpeil op NAP -5,0 m)	1,00	Geen opbarsten
Alternatieve uitvoeringsmethoden (bv. sleuven, compartimenten etc.)	ntb	Te berekenen door de bouwer; onduidelijk of bij deze bouwmethode opbarstrisico ontstaat.

Tabel 3 Opbarstrisico bij onderkant keldervloer tot NAP -5,0 m met toepassing van grondverbetering onder parkeergarages A en B/C

Het advies is de grondverbetering aan te leggen onder blok A en B/C, door deze conform de ontwerptekening van bijlage 1 mee te nemen als opgave in het PVE van de bouwenveloppen. De werking moet met monitoring van peilbuizen worden gecontroleerd.

Optie drainage in de wijk Amsteldorp

Een andere optie is een drainage/grindkoffer aan te leggen in de wijk Amsteldorp, om de grondwaterstijging daar teniet te doen. Het gaat om een grindkoffer, in het hart waarvan een drainagebuis wordt aangelegd met doorspuitputten. De drainage heeft onderhoud nodig; maar zelfs bij falen van de drainagebuis zal het grind altijd een drainerende werking blijven houden. Daarmee is dit een zo robuust mogelijke uitvoering van drainage met een maximale levensduur. De drainage zelf moet onder het polderpeil van NAP -5,5 m worden aangelegd, opdat ijzeroxidatie en dichtslibbing wordt voorkomen. De drainage b.o.b. komt dan op NAP -5,8 m waarbij een ontgraving tot ongeveer NAP -6,0 m plaatsvindt.

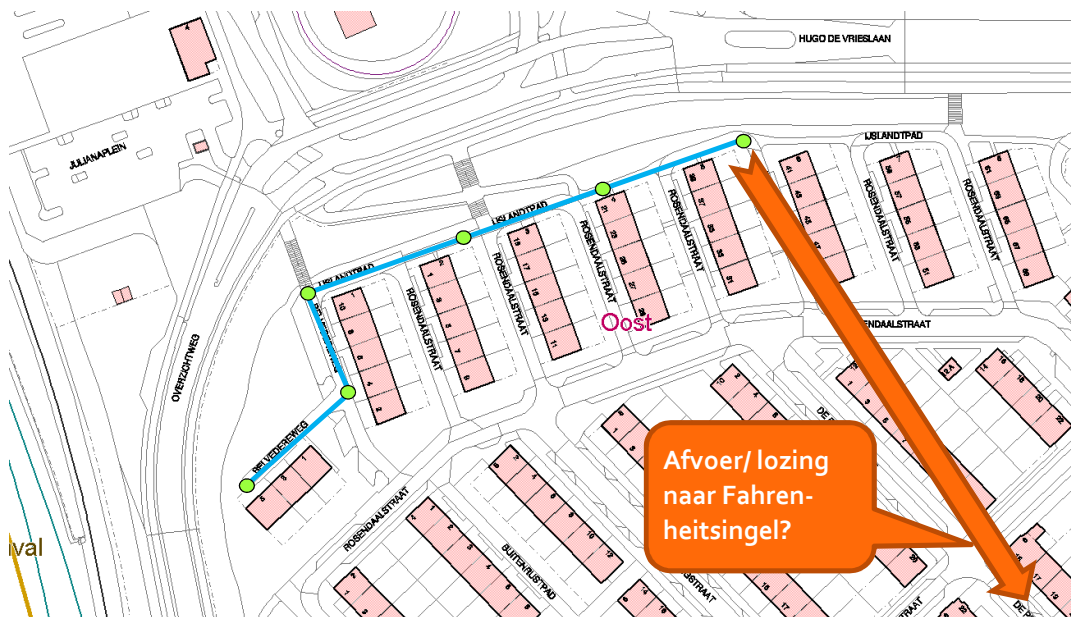
De meest effectieve locatie om de drainage aan te leggen is in de wijk Amsteldorp op het voet-/rijpad IJslanctpad, waar de grondwaterstijgingen worden verwacht. Op deze locatie liggen waarschijnlijk slechts een beperkt aantal kabels en leidingen. Het maaiveld ligt op circa NAP -3,0 m zodat de ontgraving circa 3 m diep wordt; het werk kan met een sleufbekisting en bemaling plaatsvinden.

Dit is de meest praktische locatie; onderzocht zijn ook alternatieve locaties. Gekeken is of aanleg

in het projectgebied Amstelstation handig is, met het idee dat daar toch al gewerkt wordt. Dit blijkt technisch lastig. De drainage zou eventueel langs de Hugo de Vrieslaan komen, waarbij een lastige ontgraving nodig is van maar liefst 6,5 m diepte (maaiveld ligt op NAP +0,50 m). Ook meeliften met de bouwput van blok B/C is niet praktisch; de inspectie-/doorspuitputten zouden zeer hoog worden (6,5 m) waardoor onderhoud en inspectie bemoeilijkt wordt. De aanleg gaat bovendien gepaard met hoge kosten en dat geldt ook voor eventuele toekomstige vervanging. Ten slotte is het lastig om voor een permanente drainage afhankelijk te zijn van een bouwende partij; er is dan minder grip op het bouwproces en er is kans dat de voorziening onjuist wordt aangelegd of al stuk gaat tijdens de uitvoering; daarnaast komt de drainage op privaat (erfpacht)terrein te liggen wat ongewenst is voor een publieke voorziening. Bij keuze voor een drainage is het IJslandtpad en Belvederestraat de beste locatie.

Drainage is niet de voorkeursoptie, maar wel technisch haalbaar. De ontwerprichtlijnen voor de drainage staan in bijlage 3 vermeld.

Wij adviseren echter de grondverbetering onder de parkeergarages uit te voeren.



Figuur 6 Locatie benodigde drainage/grindkoffer (in blauw) in het IJslandtpad/Belvedereweg (groen zijn doorspuitputten)

Het advies is te kiezen voor een grondverbetering vanwege de grotere duurzaamheid. Drainage is een tweede, minder gewenste (maar technisch haalbare) optie.

Bronnen

[1] kaart "hydraulische verticale weerstand c van de deklaag", TNO, Oude Essink, gepubliceerd in H₂O 19-2007.

[2] Stijghoogte eerste watervoerend pakket AGV-gebied, gemiddelde stijghoogte over 2005 - Kriging, Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV), februari 2007.

[3] Waternet-peilbuizen Fo6123A, Fo6125A, Fo6126A, Fo6128A, Fo6129A, Fo6131A, Fo6133A, Fo6163A, Fo6164A, Fo6165A, Fo6166A, Fo6168A, Fo6217A, Fo6220A, Fo6221A, Fo6233A, Fo6247A, Fo6248A, Fo7091A, Fo7151A.

[4] project-peilbuizen/boringen/sonderingen Amstelstation e.o., geplaatst eind 2014 door BAM Nelis de Ruiter BV, PB01 t/m PB10, rapport "Verkenkend bodemonderzoek Julianaplein e.o. te Amsterdam", kenmerk SSt/corr/002291,23 januari 2015.

[5] project-peilbuizen/boringen/sonderingen blok D, geplaatst begin 2014 door Geomet, rapport "Veldrapport betreffende grondonderzoek nieuwbouw Amsteltoren aan het Julianaplein te Amsterdam", Opdracht nummer AA13892-1, 12 maart 2014.

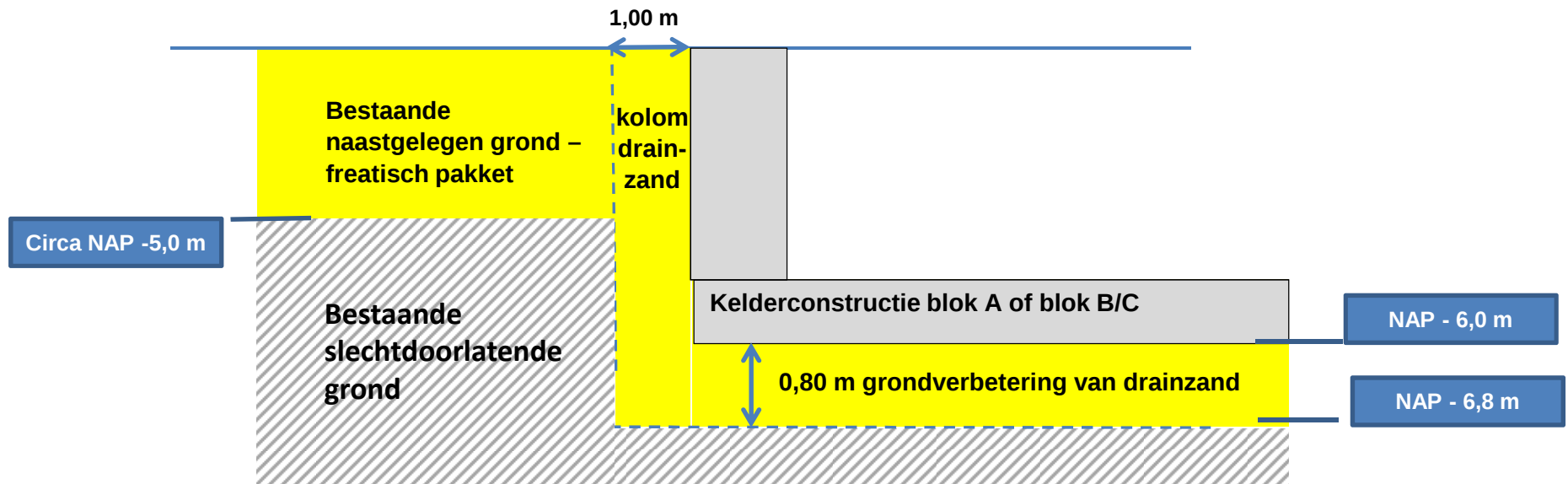
[6] project-peilbuizen/boringen/sonderingen Amstelstation en omgeving, geplaatst in 2009 door BAM de Ruiter Boringen en Bemalingen, rapport "Bodem- en verhardingsonderzoek Amstelstation te Amsterdam", AZE/CH/BB092331.3840885, 16 december 2009.

[7] Gemeentelijk Rioleringsplan Amsterdam 2016 – 2021, Waternet, 30 december 2015.

[8] Figuur 6.7 en formule uit: Ground water recovery, L. Huisman, 1972.

Bijlage 1

Principe grondverbetering met hydraulische verbinding omgeving blok A en blok B/C bij het Amstelstation/Julianalaan



Bijlage 2 - Opbarstberekening

(opsteller: R.L. Heesbeen, goedgekeurd: R. de Heus)

Uitgangspunten:

- Op basis van de beschikbare grondgegevens is sondering F6-1461 representatief gesteld voor de locatie van blok A en B/C.. De sonderingen in de directe omgeving wijken weinig af.
- Als gemiddelde stijghoogte is NAP -2,8 m gehanteerd conform bron [2] en het grondwatermodel. In natte perioden kan de stijghoogte hoger zijn.
- De keldervloer wordt aangelegd tot NAP -5,0 m met daaronder 0,8 m grondverbetering in de vorm van drainzand.
- De eerste berekening gaat uit van een aanleg van grondverbetering in den droge, met ontgraving tot NAP -5,8 m en verlaging van de grondwaterstand tot 0,3 m daaronder.
- De tweede berekening gaat uit van de aanleg van de grondverbetering in den natte, met een ontgraving tot NAP -5,8 m en grondwaterstand op NAP -5,0 m.

Ingenieurs
Bureau
Amsterdam

F6-1461

huidig maaiveld	-2,3	m NAP
ontgravingsniveau	-5,8	m NAP
waterpeil in ontgraving	-6,1	m NAP
stijghoogte in w.v.p.	-2,8	m NAP
b.k. w.v.p.	-11,7	m NAP
zandlaagje op bodem	0	m
γ zand;rep (werkvloer)	16	kN/m ³
part. mat.factor γ_g	1,05	

0,89

laag	b.k.laag (NAP...m)	o.k.laag (NAP...m)	dikte (m)	$\gamma_{\text{sat;rep}}$ (kN/m3)	$\gamma_{\text{d;rep}}$ (kN/m3)	γ_{rek}	gewicht (kN/m2)	waterdruk (kN/m2)
oz klei	-5,8	-6,1	0,30	15,00	9,00	8,57	2,57	
oz klei	-6,1	-8,2	2,10	15,00	9,00	14,29	30,00	
Klei siltig	-8,2	-9,7	1,50	16,00	9,00	15,24	22,86	
H veen	-9,7	-10	0,30	10,50	3,00	10,00	3,00	
Hydrobiaklei	-10	-10,2	0,20	15,00	9,00	14,29	2,86	
H veen	-10,2	-10,6	0,40	10,50	0,00	10,00	4,00	
Hydrobiaklei	-10,6	-11,3	0,70	15,00	0,00	14,29	10,00	
Basisveen	-11,3	-11,7	0,40	11,00	0,00	10,48	4,19	
-	-	-	-	-	-	-	0,00	
-	-	-	-	-	-	-	0,00	
-	-	-	-	-	-	-	0,00	
-	-	-	-	-	-	-	0,00	
veiligheidsfactor :		0,89					79,5	89,0

Sheet	Opbarstberekening	
Project	Amstelstation	
Projectnummer		
Fase		
Datum	21-9-2015	
Opsteller	R.L. Heesbeen	

K:\BESTAND\55796\100 Onderzoeken en vergunningen\Water\Geotechniek[opbarstberekening Amstelstation gebouw A B C - in den natte.xls]F6-1461

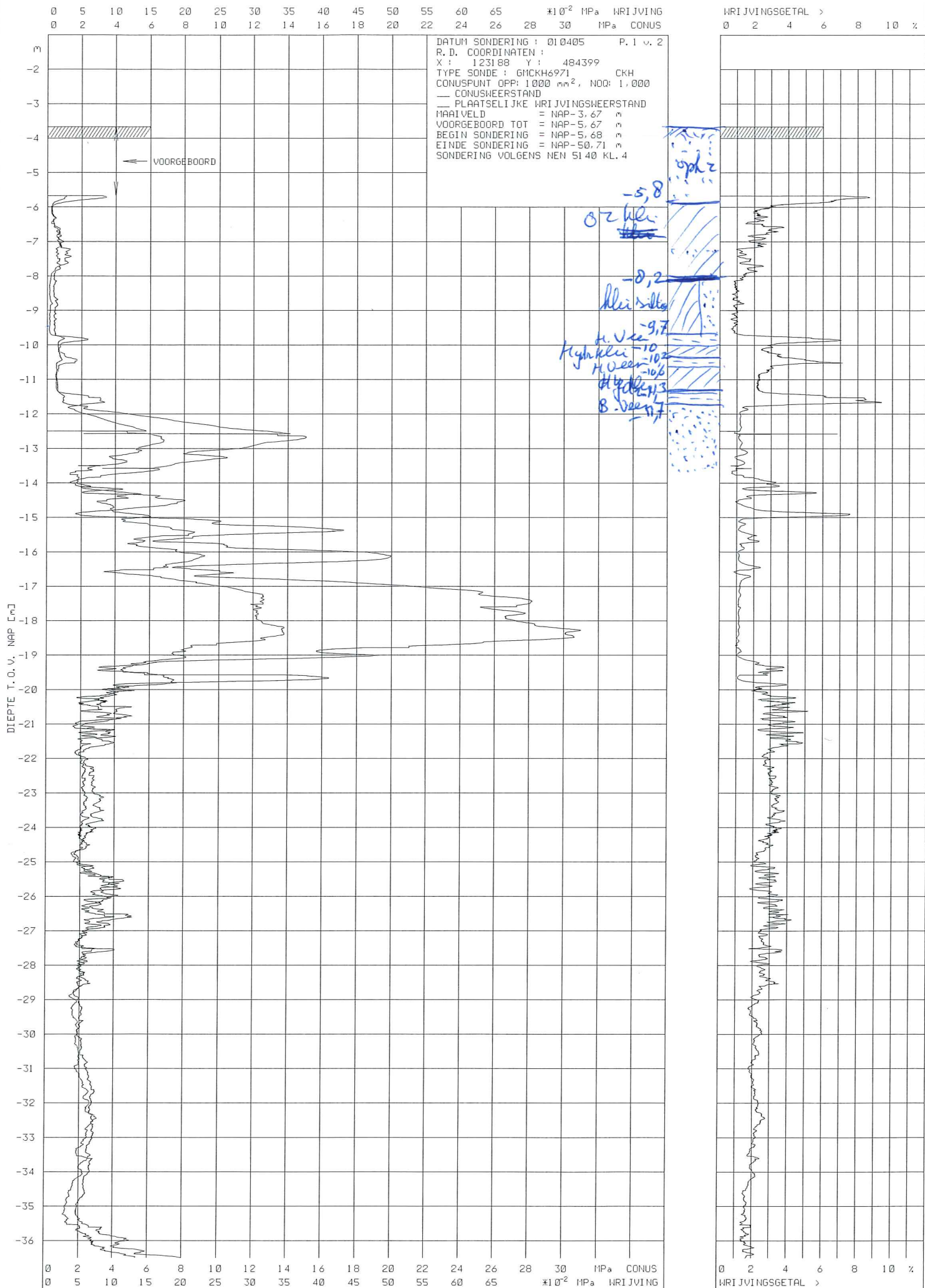
F6-1461

laag	o.k.laag (NAP...m)	$\gamma_{sat;rep}$ (kN/m3)	$\gamma_{d;rep}$ (kN/m3)
oph zand	-5,8	19	17
oz klei	-8,2	15	9
Klei siltig	-9,7	16	9
H veen	-10	10,5	3
Hydrobiaklei	-10,2	15	9
H veen	-10,6	10,5	
Hydrobiaklei	-11,3	15	
Basisveen	-11,7	11	
1e zandlaag	-18	20	

huidig maaiveld	-2,3 m NAP
ontgravingsniveau	-5,8 m NAP
waterpeil in ontgraving	-5 m NAP
stijghoogte in w.v.p.	-2,8 m NAP
b.k. w.v.p.	-11,7 m NAP
zandlaagje op bodem	0 m
γ zand;rep (werkvloer)	16 kN/m ³
part. mat.factor γg	1,05

1,00

laag	b.k.laag (NAP...m)	o.k.laag (NAP...m)	dikte (m)	$\gamma_{sat;rep}$ (kN/m3)	$\gamma_{d;rep}$ (kN/m3)	γ_{rek}	gewicht (kN/m2)	waterdruk (kN/m2)
water	-5	-5,8	0,80	10,00	10,00	9,52	7,62	
oz klei	-5,8	-8,2	2,40	15,00	9,00	14,29	34,29	
Klei siltig	-8,2	-9,7	1,50	16,00	9,00	15,24	22,86	
H veen	-9,7	-10	0,30	10,50	3,00	10,00	3,00	
Hydrobiaklei	-10	-10,2	0,20	15,00	9,00	14,29	2,86	
H veen	-10,2	-10,6	0,40	10,50	0,00	10,00	4,00	
Hydrobiaklei	-10,6	-11,3	0,70	15,00	0,00	14,29	10,00	
Basisveen	-11,3	-11,7	0,40	11,00	0,00	10,48	4,19	
-	-	-	-	-	-	-	0,00	
-	-	-	-	-	-	-	0,00	
-	-	-	-	-	-	-	0,00	
-	-	-	-	-	-	-	0,00	
veiligheidsfactor :							88,8	89,0



OMEGAM
GRONDMECHANICA
AMSTERDAM

VOORSTUDIE AMSTELSTATION

SONDERING

GET. 010410 SONTAK V.7.0
GEC.
GEZ.

OPDRACHT: 6503
F6-1461
CK
GI

Bijlage 3 - Ontwerprichtlijnen drainage-optie

Ontwerprichtlijnen voor drainage/grindkoffer IJlandtpad

Drainage/grindkoffer is niet de voorkeur, maar wel technisch mogelijk. Kiest men toch voor een drainage/grindkoffer, dan staat in onderstaande tabel samengevat welk ontwerp geadviseerd wordt, zie ook Figuur 6 en onderstaande toelichting.

aspect	Geadviseerd ontwerp	toelichting
Type drainage/grindkoffer	Grindkoffer met daarin een drainagebuis	Robuustheid, lange levensduur
Lengte	200 m	130 m in IJlandtpad en 70 m in Belvedereweg
Afmetingen grindkoffer	Hoogte 70 cm; Breedte 70 tot 100 cm	Voldoende instroomoppervlak voor grondwater en robuust, doch nog steeds inpasbaar in straat
Onderkant grindkoffer	NAP -6,0 m	Zie hieronder
b.o.b. drainagebuis	NAP -5,8 m	Buis moet altijd in zijn geheel onder het polderpeil liggen om oxidatie/dichtslibbing te voorkomen
Afmeting drainagebuis	Diameter 125 mm	Levert voldoende afvoercapaciteit
Geotextiel	Grindkoffer omwikkelen met geotextiel	Scheiding grond/grind en tevens waterdoorlatend
Inspectie-/onderhoudsvoorzieningen	Doorspuitputten elke 50 m en op hoeken (totaal 6 stuks)	Drainage moet worden doorgespoten via speciale 600 mm-putten
Afvoer/lozing	Lozing op riool (via overstortput) of op oppervlaktewater Fahrenheitsingel	Oppervlaktewater ligt 250 m ver weg, dus lozing op riool is praktischer, mits een riool gevonden wordt dat diep genoeg ligt

Deze voorziening moet tot in lengte der jaren functioneren. Daarom adviseren wij een robuuste voorziening in de vorm van een grindkoffer met daarin een drainage. Mocht er onverhoopt gegraven worden, dan komt men het grind tegen en stopt met graven. Zelfs als de drainagebuis beschadigd wordt, blijft het grind functioneren. De diepte van de drainage is zodanig dat hij altijd onder het polderpeil ligt. Hiermee wordt dichtslibbing van de drainage-openingen door ijzeroxidatie verminderd en de levensduur verlengd.

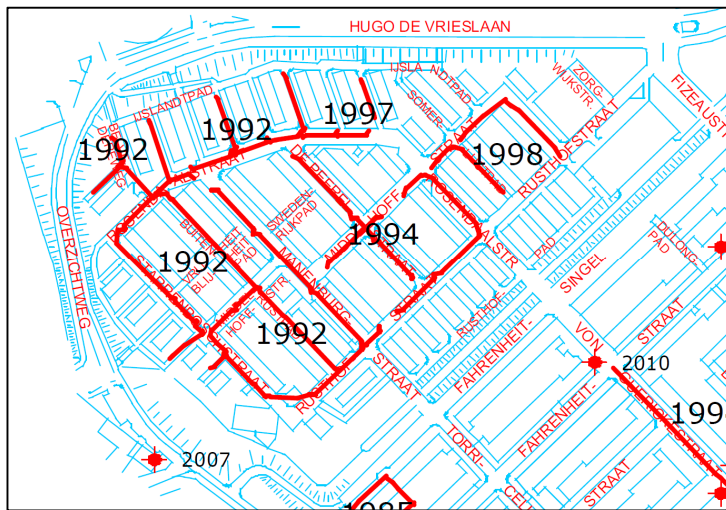
Idealiter wordt de drainage aangesloten op het oppervlaktewater. Daarmee wordt een peil van NAP -5,5 m gehandhaafd. Echter het oppervlaktewater ligt op 250 m afstand (Fahrenheitsingel) en vereist een lange afvoerbuis door de straten. Daarom moet eerst gezocht worden naar een rioolbuis die dieper dan NAP -5,5 m ligt. Indien wordt aangesloten op een rioolbuis is van belang dat een overstort wordt aangebracht zodat het drainagesysteem altijd onder water blijft liggen.

Het beheer moet worden neergelegd bij het Stadsdeel of bij Waternet. Via de doorspuitputten dient in het begin elke 1 à 2 jaar en in het vervolg elke 5 à 7 jaar de drainage te worden doorgespoten. De putten hebben een holle bodem waarin slib zich kan verzamelen en verwijderd kan worden. In de eindput (voorstel is de meest oostelijke put) kan een overstortschot op NAP -5,5 m worden gemaakt.

In de Belvedereweg ligt nu al een drainagevoorziening van Waternet uit 1992: zie Figuur 7. De staat van onderhoud is onbekend. Waarschijnlijk ligt het drainageniveau niet op NAP -5,50 m maar hoger. Daarmee zou de huidige drainage onvoldoende bescherming bieden tegen de

grondwaterstijgingen. Ons voorstel is om deze drainage te vervangen door het nieuwe, robuustere systeem, en het nieuwe systeem zijn eigen afwatering te geven.

Figuur 7 Drainagetekening Waternet



Er dient een ontwerp te worden gemaakt van de drainage. Tegelijk moet worden afgesproken wie hem gaat beheren; deze partij kan voorwaarden stellen aan het ontwerp. Mogelijk leidt dit tot een alternatief ontwerp met dezelfde functie. Voor de aanleg is een watervergunning nodig (bij aansluiting op oppervlaktewater) of een BLBI-melding plus toestemming van Waternet (bij aansluiting op een riool).