datum

29 juni

2026

geohydrologisch onderzoek

Stoombootweg 71 te Amsterdam

status : definitief

versie : 3

opdrachtgever

Dhr. R. Vink

Stoombootweg 71

1035 TV Amsterdam

Adviseur

Loots Grondwatertechniek

ing. Erik Loots

erik@lootsgwt.com

+31 (0) 6 533 92 188

kenmerk

10350124B.2

Inhoudsopgave

1 Inleiding ... 3

2 Bronvermelding ... 4

3 Uitgangspunten ... 5

3.1 Ondergrondse object(en) bestaand versus nieuw ... 5
3.2 Klimaat, regen en verdamping ... 6
3.3 Bodemopbouw, grondwaterstand en grondwaterstroming regionaal ... 7
3.4 Opbarstberekening bouwfase ... 9

4 Berekeningsresultaten en oplossingsrichtingen ... 10

4.1 [Oplossing 1] Grondverbetering traditioneel ... 10
4.2 [Oplossing 2] Grondverbetering met gaten ... 11
4.3 [Oplossing 3] Bypass ... 12
4.4 [Oplossing 4] Grondverbetering naast de barrière ... 13
4.5 Locatie maatregelen (bovenaanzicht) en aantal gaten door damwand ... 14
4.6 Principe verticale gaten ... 15

5 Conclusie en aanbevelingen ... 16

5.1 Grondwaterneutrale bouw ... 16
5.2 Detailtekeningen met maatregelen ... 16
5.3 Afwatering perceel ... 17
5.4 Risico's ... 19
5.5 Monitoring ... 19
5.6 Vervolgstappen ... 20

Bijlage 1 – Gegevens voor specialisten ... 22

Bijlage 1.1 – Bodemeigenschappen en berekening kD-waarde ... 23
Bijlage 1.2 – Grondwateraanvulling op perceel ... 24
Bijlage 1.3 – Details berekening grondverbetering met gaten ... 25
Bijlage 1.4 – Details berekening Bypass ... 29
Bijlage 1.5 – Wh 2050 berekening ... 30

Bijlage 2 – Tekeningen ... 39

Bijlage 3 – Grondonderzoeken ... 40

Bijlage 4 – Opbarstberekening ... 41

1 Inleiding

De opdrachtgever wenst een kelder aan te leggen. De opdrachtgever wenst duidelijkheid op het gebied van grondwater. De opdrachtgever wil weten hoe de kelder aangelegd kan worden zonder negatieve effecten (grondwaterneutraal ontwerp). De opdrachtgever wil weten welke maatregelen geschikt zijn en welke overheidsnormen van toepassing zijn.

Helderheid op deze punten is van belang. De opdrachtgever wenst een verantwoorde beslissing te nemen over de aanleg van een kelder.

In het kort: Wat is een geohydrologisch onderzoek?

Wanneer we bouwen beneden de grondwaterstand heeft dat impact. Grondwater staat namelijk nooit langdurig stil; een waterdicht bouwwerk is daardoor een belemmering voor grondwater. Grondwater moet dus om (of zelfs over) de belemmering stromen. In extreme situaties kan hierdoor wateroverlast en/of -schade ontstaan. Dat is niet gewenst.

Het geohydrologisch onderzoek berekent welke aanvullende maatregelen ervoor zorgen dat een bouwwerk geen belemmering oplevert. Een grondwaterneutraal ontwerp is het doel. Dat betekent dat het nieuwe bouwwerk geen verandering veroorzaakt ten opzichte van de bestaande situatie op het gebied van geohydrologie (grondwaterstanden en/of -stroming).

Doel geohydrologisch onderzoek

1. [hoofddoel] Geohydrologische maatregelen bepalen ➔ hoofdstuk 4 en 5.1
2. Maatregelen afwatering regenwater ➔ hoofdstuk 5.2
3. Verschil geohydrologisch nieuw en bestaand ➔ hoofdstuk 3.1
4. Rekening houden met klimaat(sverandering) ➔ hoofdstuk 3.2
5. Risico's en beheersmaatregelen in beeld brengen ➔ H5.3
6. Monitoring voor risicobeheersing in beeld brengen ➔ hoofdstuk 5.4
7. Vervolgstappen voor een optimaal vervolg ➔ hoofdstuk 5.5
8. Project, bodem en grondwater in beeld brengen ➔ hoofdstuk 3 (bijlage 1)
9. Inzicht geven welke parameters/onderzoeken beschikbaar zijn ➔ bijlagen 1 en 3
10. Inzicht geven welke berekeningen zijn uitgevoerd ➔ bijlage 1 en hoofdstuk 4

Navigatie geohydrologisch onderzoek

Het is mogelijk snel door dit rapport te navigeren door op de blauwe tekst te klikken (soms is klikken in combinatie met CTRL-knop noodzakelijk). Bijvoorbeeld:

- Door op de tekst in de inhoudsopgave te klikken gaat u direct naar het desbetreffende hoofdstuk.
- Door op de koptekst te klikken gaat u direct naar het desbetreffende onderwerp.

Leeswijzer geohydrologisch onderzoek

Volgens Loots bereikt het geohydrologisch onderzoek het beste zijn doel als de opdrachtgever de maatregelen (nut en doel) zo goed mogelijk begrijpt. We kiezen bewust ervoor zoveel mogelijk jargon en details in de hoofdtekst te vermijden. In hoofdstuk 5 staan de conclusies en aanbevelingen. We bevelen u ten zeerste aan dit hoofdstuk goed te lezen.

Essentiële specialistische informatie en berekeningen staan in bijlage 1.

[I] Getest met Adobe Acrobat 2017 en PDF Xchange editor

Versiebeheer	Opmerking
definitief 1	
definitief 2	Ontwerp aangepast
definitief 3	Lokale sonderingen

Algemene voorwaarden

Op alle, door Loots Grondwatertechniek uitgebrachte adviezen en berekeningen, is de DNR 2011 van toepassing. Niets uit dit drukwerk mag worden verveelvoudigd, aangepast en/of openbaar gemaakt, in enige vorm op enige wijze zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Loots Grondwatertechniek, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

2 Bronvermelding

1. **SBR.** *190.03 Bemaling van bouwputten.* Rotterdam : SBR, 2003.

2. —. *273.98 Leidraad voor het onderzoek naar de invloed van een grondwaterstandsdaling op de bebouwing.* Rotterdam : SBR, 1998.

3. **Rijkswaterstaat - Ministerie van Infrastructuur en Milieu.** Bodemloket. [Online] 2013. http://www.bodemloket.nl.

4. **Nederlands Normalisatie-instituut.** *NEN 9997-1+C1-2012.* Normcommissie 351 006 "Geotechniek". Delft : NEN, 2012. ICS 91.080.01; 93.020.

5. **Dinoloket, Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond.** *Ondergrondgegevens.*

6. **Kadaster.** *Basisregistraties Adressen en Gebouwen.*

7. **Milieu, Bamma Infra &.** *Bamma-2023-10.* 28-4-2023.

8. **AVB.** *Tekeningen.* 9-8-2024.

9. **Sondeermeester.** *SMG201764.* 19-6-2026.

! Loots Grondwatertechniek staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens.

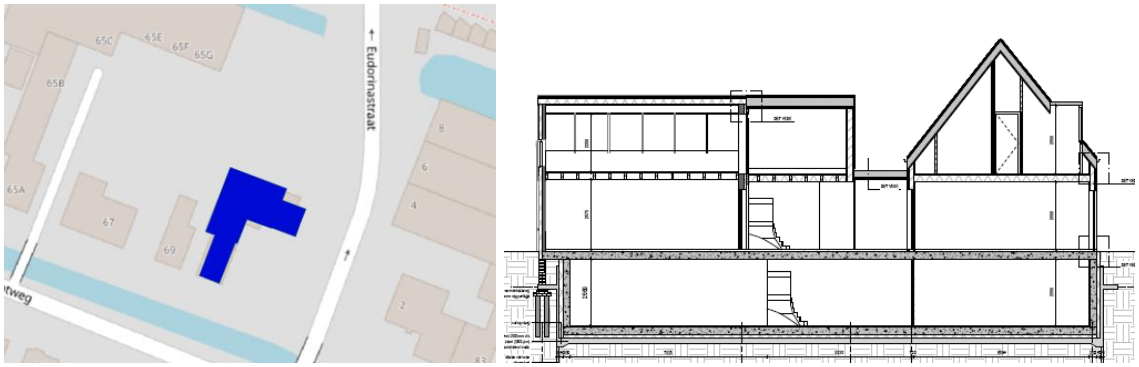
3 Uitgangspunten

De uitgangspunten van dit project staan in dit hoofdstuk. Uitgangspunten zijn de basis van elk project. Bij foutieve uitgangspunten is het resultaat onnauwkeurig. Controle is wenselijk, omdat uitgangspunten wijzigen in een normaal ontwerpproces.

De (adviseur van) opdrachtgever wordt geadviseerd om tenminste de uitgangspunten in H3.1 (afmetingen nieuwe situatie) te (laten) controleren, zeker na wijzigingen.

3.1 Ondergrondse object(en) bestaand versus nieuw

In figuur 1 is het bovenaanzicht en de langsdoorsnedes van de nieuwe situatie weergegeven. Geconcludeerd wordt dat er sprake is van een verandering in de bodem ten opzichte van de bestaande situatie.

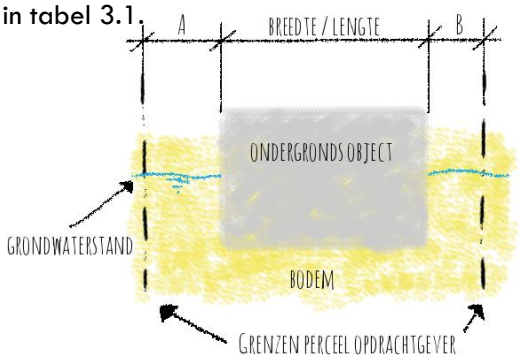


Figuur 1 – situatie project (links bovenaanzicht, rechts doorsnede)

In tabel 3.1 staan de maatgevende rekenwaarde voor de bestaande en nieuwe situatie naast elkaar. De schets in figuur 2 visualiseert de termen in tabel 3.1.

Tabel 3.1

vergelijking	bestaand	nieuw
omschrijving	kruipruimte	kelder
lengte barrière [m]	19,8	20,6
ruimte lengte (A+B) [m]	15,2	14,4
breedte barrière [m]	14	14,9
ruimte breedte (A+B) [m]	2,7	1,8
onderkant barrière [m+NAP]	-1,2	-4,55
onderkant damwanden[I] [m+NAP]	geen	-6
belemmering[II] [%]	0%	100%
kD-waarde[III] [m²/dag]	1,18	0
Bouwoppervlakte [m²]	116	167
Tuinoppervlakte m²]	524	473



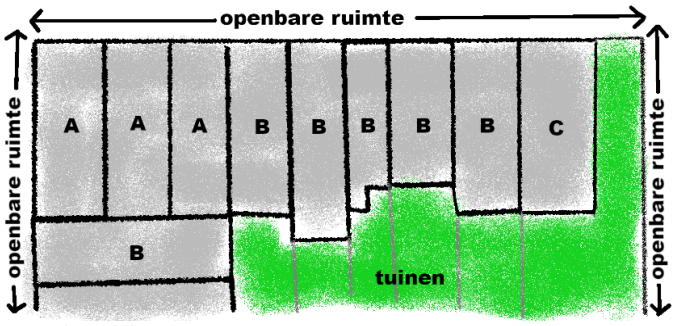
Figuur 2 – schets bij tabel 3.1

Het project valt in een “Standstill kD”-gebied, dat betekent dat de (bovengrens van de) bestaande kD-waarde in tabel 3.1 met maatregelen geëvenaard moet worden in de nieuwe situatie. In dit geval bij geen achterblijvende damwanden is er een kD-waarde verlies van 1,18 m²/dag.

[I] geen = geen damwanden. Bij wel waterremmende grondkering rondom staat hier de diepte van damwanden (in dit stadium is dat een conservatieve inschatting). Tussen dit stadium (voorontwerp) en de uitvoering zal gecontroleerd worden of damwanden van deze omvang (geotechnisch) noodzakelijk zijn. een getal is waterremmende grondkering tot en met de aangegeven diepte.
[II] Percentage van het watervoerend pakket welke geblokkeerd wordt door de constructie in de stromingsrichting.
[III] De kD-waarde in de stromingsrichting onder de barrière, bepaald met behulp van lokaal grondonderzoek en regionale ervaring. In bijlage 1.3 is deze rekenwaarde nader toegelicht

3.2 Klimaat, regen en verdamping

De projectlocatie heeft een tuin welke grenst aan openbare ruimte (situatie C in figuur 3). Achtergrondstroming, regenwater in de tuin en verdamping in de tuin (van buiten het perceel) hebben invloed op de projectlocatie. Door de oppervlakte van de tuin te vermenigvuldigen met de hoeveelheid regen minus verdamping wordt het debiet grondwateraanvulling berekend.



Figuur 3 – situatie project

De hoeveelheid regen en verdamping per maand is bepaald aan de hand van 'verdeling neerslag in Nederland', bron: KNMI, uit grondwaterzakboekje 2016. Waarbij gerekend wordt dat 50% van het regenwater op de projectlocatie in de nieuwe en bestaande situatie direct naar openbare ruimte afstroomt (dus geen conflict met barrière).

Tabel 3.2

maand	debiet lokaal bestaand [m³/dag]	debiet lokaal nieuw [m³/dag]
januari	0,6	0,639
februari	0,482	0,517
maart	0,49	0,485
april	0,14	0,142
mei	0,194	0,198
juni	0,201	0,073
juli	0,308	0,155
augustus	0,313	0,172
september	0,493	0,48
oktober	0,638	0,62
november	0,703	0,683
december	0,685	0,726
maximum	0,703	0,726

Uit tabel 3.2 wordt afgeleid dat het maximale debiet grondwateraanvulling gelijk is aan maximaal 0,726 m³/dag op de projectlocatie. In de toekomst is er in de nieuwe situatie 3% meer debiet.

In bijlage 1.2 staan berekeningsdetails voor specialisten.

Klimaatscenario Wh 2050

Loots heeft ruim 50 modelberekeningen uitgevoerd ter bepaling van het geohydrologisch effect in de stad bij klimaatscenario Wh 2050 (KNMI). Deze modelstudie met behulp van de input van het KNMI resulteert in:

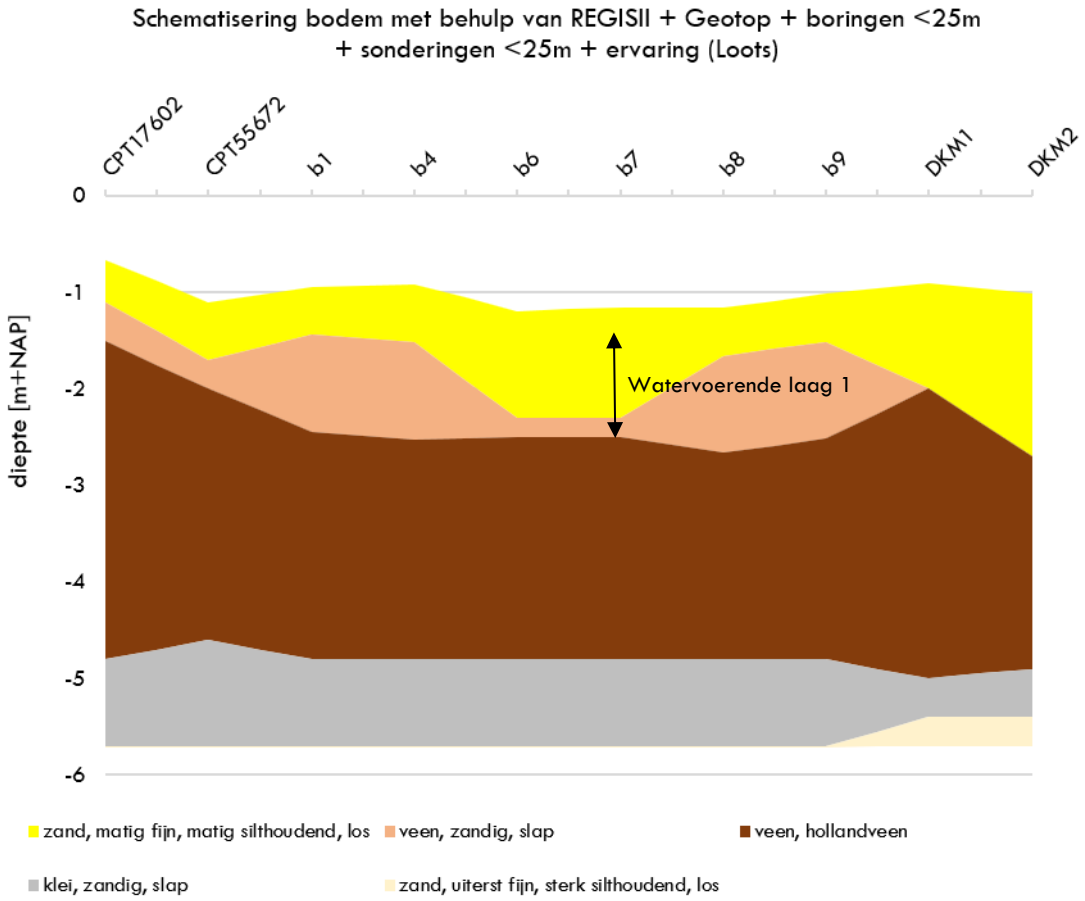
- een stijging van de gemiddeld hoge grondwaterstand tussen 0,05 en 0,12 m (afhankelijk van inrichting projectlocatie, bovengrens wordt veiligheidshalve aangehouden); EN
- een daling van de gemiddeld lage grondwaterstand tussen 0,05 en 0,25 m (afhankelijk van inrichting projectlocatie).

De resultaten uit de modelstudie worden gebruikt om de grondwatermeetreeksen (peilbuizen H3.3) aan te passen naar de situatie bij klimaatscenario Wh 2050.

In bijlage 1.5 staan berekeningsdetails voor specialisten omtrent Wh 2050 en het klimaat.

3.3 Bodemopbouw, grondwaterstand en grondwaterstroming regionaal

In figuur 4 staat een schematisering van de bodem.



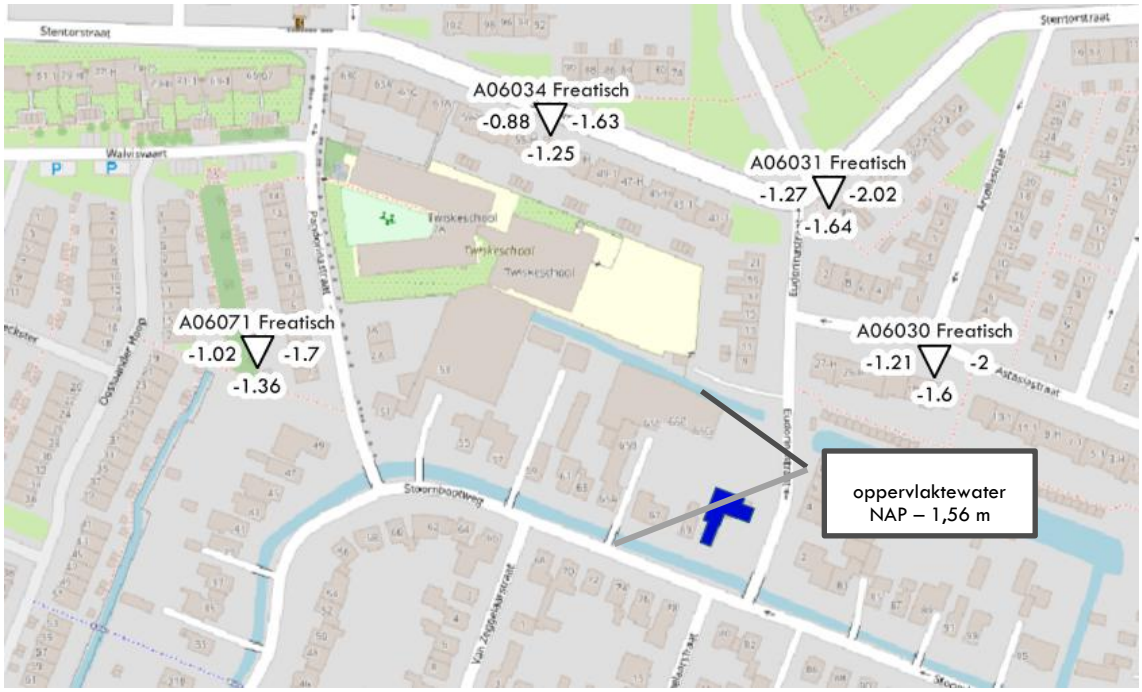
Figuur 4 – schematisering bodem

In figuur 5 staat de locatie van de bodemonderzoeken ten opzichte van de projectlocatie.



Figuur 5 – locatie grondonderzoek

In figuur 6 staat het resultaat van de grondwaterstandanalyse in de omgeving in watervoerende laag 1. Op basis van langdurige grondwaterstandmetingen is de gemiddelde grondwaterstand en grondwaterstandfluctuatie weergegeven. De details van de grondwaterstandanalyse staan in bijlage 3.



Figuur 6 – grondwaterstanden ten opzichte van NAP [m] (boven driehoek=peilbuis naam, onder driehoek=gemiddelde grondwaterstand, links driehoek=maatgevend hoge grondwaterstand, rechts driehoek=maatgevende lage grondwaterstand)

In tabel 3.3-A staat welke maatgevend hoge, gemiddelde en lage grondwaterstand berekend is op de projectlocatie.

Tabel 3.3-A

Rekenwaarde project	stroming van oppervlaktewater	stroming naar A06030 Freatisch	midden projectlocatie
inrichting (effect Wh 2050)	stad veel bomen	stad veel bomen	
maatgevend hoge grondwaterstand [m+NAP]	-1,56 (-1,44*)	-1,21 (-1,09*)	-1,39 (-1,27*)
gemiddelde grondwaterstand [m+NAP]	-1,56 (-1,63*)	-1,6 (-1,67*)	-1,58 (-1,65*)
maatgevend lage grondwaterstand [m+NAP]	-1,56 (-1,81*)	-2 (-2,25*)	-1,78 (-2,03*)

*de grondwaterstand bij klimaatscenario Wh 2050

In tabel 3.3-B staat welke regionale grondwaterstroming van toepassing is. Met peilbuismeetreeksen is per maand een verhang bepaald tussen beide meetpunten. De stromingsrichting regionaal is richting het zuiden.

Tabel 3.3-B

maand	stroming van oppervlaktewater	stroming naar A06030 Freatisch	verhang	debiet regionaal bij kD 0,6m²/dag
januari	-1,56	-1,45	-0,003	-0,028
februari	-1,56	-1,51	-0,001	-0,013
maart	-1,56	-1,49	-0,002	-0,018
april	-1,56	-1,6	0,001	0,010
mei	-1,56	-1,65	0,002	0,023
juni	-1,56	-1,72	0,004	0,040
juli	-1,56	-1,7	0,004	0,035
augustus	-1,56	-1,8	0,006	0,060
september	-1,56	-1,73	0,004	0,043
oktober	-1,56	-1,58	0,001	0,005
november	-1,56	-1,56	0,000	0,000

maand	stroming van oppervlaktewater	stroming naar A06030 Freatisch	verhang	debiet regionaal bij kD 0,6m²/dag
december	-1,56	-1,46	-0,003	-0,025
maximum			**0,006**	**0,060**

! Er is voldoende grondonderzoek bij de projectlocatie voor de bepaling van doorlatendheid.
! In bijlage 1.1 staan (voor specialisten) de bodemeigenschappen en -onderzoek per onderdeel.
! In bijlage 1.2 staan (voor specialisten) de grondwaterstandeigenschappen per onderdeel.

3.4 Opbarstberekening bouwfase

Bij een (grotere) barrière is het verplicht het opbarstrisico te beschouwen. De diepste fase (aanbrengen grondverbetering) is beschouwd (rekenblad in bijlage 4). Bij een maatgevend hoge stijghoogte van NAP -1,91m (peilbuis o.b.v. model) is de veiligheidsfactor (exclusief partiële materiaalfactor) gelijk aan 1,41 voor het watervoerend pakket. Daarnaast zijn twee tussenzandlagen aanwezig, hier is de veiligheidsfactor (exclusief partiële materiaalfactor) gelijk aan 0,27 en 1,07. In de bovenste tussenzandlaag is een ontlastbemaling benodigd indien deze watervoerend is. De onderste tussenzandlaag (bij snelle grondverbetering) kan uitgevoerd worden zonder ontlastbemaling. In bijlage 4 zijn de details van de opbarstberekening bijgevoegd.

4 Berekeningsresultaten en oplossingsrichtingen

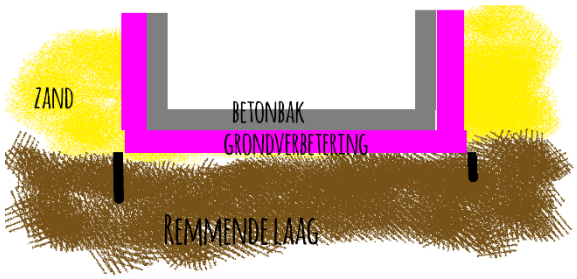
Met de uitgangspunten heeft Loots berekeningen uitgevoerd om tot de conclusie (hoofdstuk 5) te komen. In dit hoofdstuk staan de berekeningsresultaten per maatregel uitgewerkt. Voor een grondwaterneutraal ontwerp moet een van de maatregelen[I] overgenomen worden in het ontwerp en uitvoering. Details (voor specialisten) staan zoveel mogelijk in bijlage 1.

4.1 [Oplossing 1] Grondverbetering traditioneel

Keiharde voorwaarde: Damwanden zijn niet gebruikt en/of niet aanwezig na de bouw.

Wanneer kan oplossing 1 worden toegepast in de praktijk:

1. Ontgraving zonder damwanden, dit kan alleen bij kleine ontgravingsdiepte of wanneer bebouwing op grotere afstand staat van het project;
2. Bouwput met damwanden, waarbij damwanden (vanaf niveau onderkant bouwwerk of lager) getrokken kunnen worden EN cannelures damwanden open blijven (geen werkvloer). Dat kan soms bij nieuwbouw, vaak is het niet mogelijk bij bouw onder of direct tegen bestaande bebouwing;
3. Ontgravingsniveau van dit project is hoger dan aanlegniveau houten palen buren (houten palen vallen niet droog in bouwfase).



Figuur 7 – principe (paars is maatregel), verticale zwarte strepen is een voorbeeld waarbij restant damwand (beneden onderkant barrière) niet verwijderd wordt

Voordeel: Deze maatregel is eenvoudig uit te rekenen (en te controleren), het makkelijkste toe te passen en onderhoudsvrij. De uitvoerbaarheid is bewezen (100+ jaar).

Specificaties:

De grondverbetering naast barrière start vanaf de gemiddelde grondwaterstand NAP -1,58 m en loopt (zonder onderbreking) door onder de barrière over de gehele breedte. Als een grondverbetering bestaat uit grof zand tot grind of dunner is dan 0,3 m, dan moet de grondverbetering aangelegd worden op een grondscheidend doek. Ook moet bij grof zand tot grind tussen het betonwerk en de grondverbetering een scheidend doek worden aangebracht om te voorkomen dat beton in de grondverbetering zakt. In tabel 4.1 staat de relatie tussen dikte grondverbetering en materiaalspecificatie grondverbetering, dit is simpel te berekenen[II]. Het grondverbetering materiaal is afhankelijk van de dikte van de grondverbetering.

Tabel 4.1

Dikte grondverbetering onder en naast[III] barrière [m]	Benodigde aanvullende doorlatendheid bij kD-verlies 1,18 m²/dag	Materiaalspecificatie grondverbetering (gemiddelde korreldiameter en Nederlandse omschrijving) bij kD-verlies 1,18 m²/dag
0,2	6	schoon zeer fijn zand (130µm)
0,3	4	schoon uiterst fijn zand (100µm)

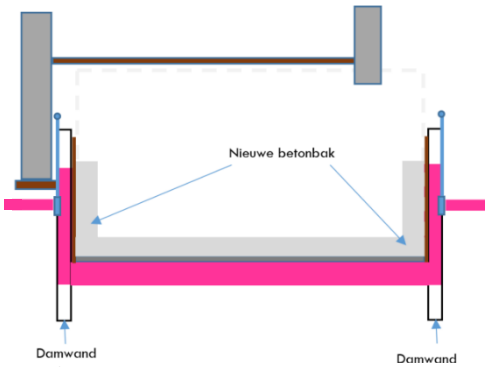
[I] Voor grondverbetering materiaal bij alle oplossingen (schoon product) is rekening gehouden met reductie doorlatendheid door vervuiling (siltdelen) welke in de gebruiksfase instromen.
[II] de formule kD= k (doorlatendheid) x D (dikte). De doorlatendheid wordt berekend door k = kD / D. De doorlatendheid en dikte zijn omgekeerd evenredig. Wanneer er een watervoerende laag aanwezig onder de nieuwe barrière moet deze doorlatendheid gecompenseerd worden. Bijvoorbeeld in de nieuwe situatie is er 0,5 m²/dag verlies, het zand onder de kelder heeft een k-waarde van 5 m/dag. Bij een grondverbetering van 0,25 m is de benodigde kD-waarde 5 m²/dag + 0,5 m²/dag/0,25= 7 m²/dag
[III] alleen noodzakelijk naast barrière bij gele lijnen H4.5

4.2 [Oplossing 2] Grondverbetering met gaten

Keiharde voorwaarde: Het effect van de vernauwing (convergeren en divergeren van grondwaterstroming) in de gaten moet bepaald worden. Dit kan alleen met grondwatermodellering. Deze grondwatermodellering is voor dit project uitgevoerd (details in bijlage 1.3).

Toepassing in de praktijk: Altijd toepasbaar.

Voordeel: Deze maatregel is altijd toepasbaar en onderhoudsvrij. De uitvoerbaarheid is bewezen, al is de methode relatief nieuw (<10 jaar).



Figuur 8 – principe (paars is maatregel)

Specificaties:

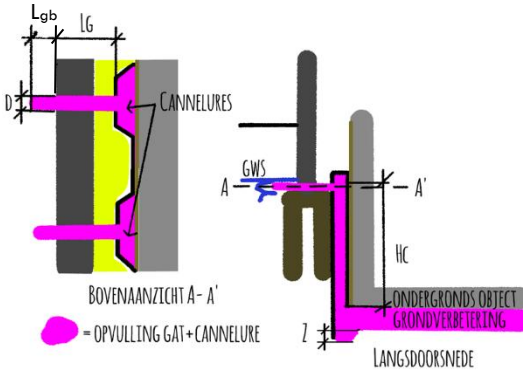
De onderkant van de grondverbetering moet aangelegd worden op een grondscheidend doek. Tussen het betonwerk en de bovenkant van de grondverbetering moet er ook een scheidend doek aangebracht worden. Verder moet de grondverbetering van voor naar achter ononderbroken doorlopen. Dat betekent onder andere dat de werkvloer ter plaatse van (damwand)cannelures open moet zijn en gevuld met grondverbetering.

De grondverbetering conform de berekening van de grondwatermodellering moet een doorlatendheid hebben van 30 m/dag; dit is bijvoorbeeld schoon uiterst grof zand (500µm).

In tabel 4.2 staan de details voor een grondwaterneutraal ontwerp. Afwijken van de parameters (doorlatendheid of waarden in tabel 4.2) heeft gevolgen. Sommige afwijkingen (meer gaten, grotere diameter bijvoorbeeld) betekent dat grondwatermodellering opnieuw uitgevoerd moet worden.

Tabel 4.2

rekenparameters gaten in damwand	eenheid	specificatie
diameter gat (D)	[m]	0,14
lengte gat (Lg)	[m]	0,4
lengte gat buiten (Lgb)	[m]	0,1
aanleghoogte gat (centrum)	[m+NAP]	-2,25
doorstroomhoogte cannelure (Hc)	[m]	2,3
damwandprofiel	[-]	PAL3030
oppervlakte cannelure	[m²]	0,032307
aantal gaten openbare ruimte	[-]	10
aantal gaten bij achtergevel	[-]	10
dikte grondverbetering	[m]	0,2
dikte vuilopvang (Z)	[m]	0,1



Figuur 9 – details (paars is maatregel)

! Wanneer buiten de damwand ter plaatse van de gaten geen watervoerende zandlaag zit (geen toestroming grondwater): dan zal een additionele maatregel getroffen moeten worden om verbinding te maken met het freatisch pakket. Dit kan worden afgestemd met de geohydroloog. Gedacht moet worden aan bijvoorbeeld een verticaal gat (buiten damwand) boren en vullen met grind tot en met de grondwaterspiegel.

! Wanneer gaten geboord moeten worden terwijl daar een (kelder)muur van een buurman zit: in dit geval zal (op eigen perceel) direct achter de damwand een verticaal gaten geboord tot beneden de kespen (indien aanwezig). Gaten vullen met fijn grind. In de damwand een gat boren naar verticale grindkolom. Details (vulling cannelure, etc.) zijn verder gelijk.

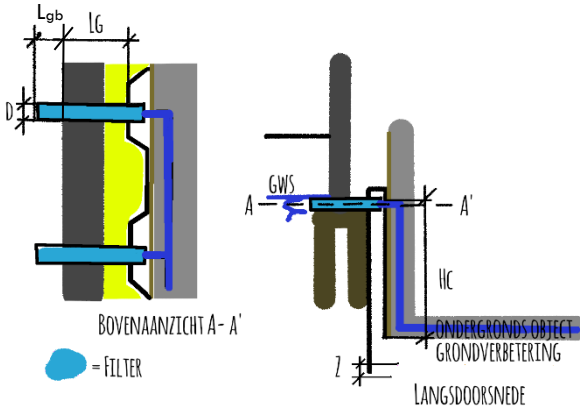
! In bijlage 1.3 Staan de berekeningsresultaten en de details over de modellering voor specialisten.

4.3 [Oplossing 3] Bypass

Keiharde voorwaarde: Onderhoud moet mogelijk zijn. Leidingweerstandberekening is noodzakelijk. Opnamecapaciteit filters moet afgestemd worden op gewenste kD-waarde.

Toepassing in de praktijk: Altijd toepasbaar

Voordeel: Deze maatregel is altijd toepasbaar. De uitvoerbaarheid is bewezen, al is de methode relatief nieuw (<10 jaar).



Figuur 10 - principe (blauw is maatregel)

Specificaties:

Er moeten minimaal twee leidingen van voor naar achteren worden aangelegd onder het ondergronds object door. Bij elk filter zal een aansluiting voor schoonzuigen-/spoelen aangebracht moeten worden.

Onderhoud:

Op elk filter zit een opening (tijdens gebruik gesloten). Deze opening is geschikt voor:

- Jaarlijks onderhoud: een waterslang op aan te sluiten (simpel onderhoud), vervolgens andere filters open zetten en daarmee vuile delen uit het systeem spoelen (fijne delen in leidingen met name);
- Verstopping oplossen: Een knikkerpuls invoeren in de slang, daarmee is een ernstige verstopping (bijvoorbeeld leiding geheel gevuld met fijne delen) wel te halen. Dit door met de knikkerpuls een gat te pulsen door de verstopping;
- Verstopping oplossen: Een zuigpomp aan te sluiten op één filter, vervolgens de filters van de bypass regenereren door met een afsluiter het systeem te jutteren (werkwijze waarbij de onttrekking in korte frequentie gestopt en gestart wordt, hierdoor komen verstoppende delen in de filters los en wordt dit opgepompt door de zuigpomp);
- Mocht na jutteren het filter niet regenereren (schoon worden), dan is het mogelijk het filter te vervangen.

In tabel 4.3 staan de details voor een grondwaterneutraal ontwerp met de bypass.

Tabel 4.3

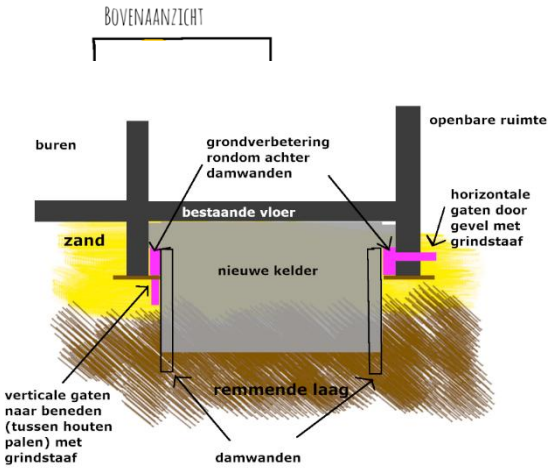
rekenparameters gaten in damwand	eenheid	specificatie
diameter filter	[m]	0,18
lengte filter (Lgb)	[m]	0,04
aanleghoogte filter (centrum)	[m+NAP]	-2,27
aantal filters openbare ruimte	[-]	8
aantal filters tuin (achter)	[-]	8
Minimale diameter leiding voor-achter	[mm]	60

! Wanneer buiten de damwand ter plaatse van de gaten geen watervoerende zandlaag zit (geen toestroming grondwater): dan zal een additionele maatregel getroffen moeten worden om verbinding te maken met het freatisch pakket. Dit kan worden afgestemd met de geohydroloog. Gedacht moet worden aan bijvoorbeeld een verticaal gat (buiten damwand) boren en vullen met grind tot en met de grondwaterspiegel.

! Wanneer gaten geboord moeten worden terwijl daar een (kelder)muur van een buurman zit: in dit geval zal (op eigen perceel) direct achter de damwand een verticaal gaten geboord tot beneden de kespen (indien aanwezig). Gaten vullen met fijn grind. In de damwand een gat boren naar verticale grindkolom. Details (vulling cannelure, etc.) zijn verder gelijk.

! In bijlage 1.4 staan de berekeningsresultaten van de bypass voor specialisten.

4.4 [Oplossing 4] Grondverbetering naast de barrière



Keiharde voorwaarde: Er moet naast het bouwwerk (tussen de erfgrens en het bouwwerk) ruimte zijn beneden de grondwaterstand om een grondverbetering aan te leggen van voor naar achteren.

Toepassing in de praktijk:

1. Vrijstaande gebouw; Hoekgebouw met onbebouwd deel ernaast, waarbij aan een enkele of dubbele zijde grondverbetering zit;
2. Wanneer er tussen de bestaande muur (inpandig bouw) en de damwandconstructie beneden de grondwaterstand een holle ruimte is waar grondverbetering aangebracht kan worden.

Voordeel: Deze maatregel is het makkelijkste toe te passen en onderhoudsvrij. De uitvoerbaarheid is bewezen (100+ jaar).

Specificaties:

In tabel 4.4 staan de afmetingen. Overweeg deze oplossing alleen als bij het uitvoeringsontwerp blijkt dat er buiten het ondergrondse bouwwerk genoeg ruimte zit. Ook moet de grondverbetering beneden de grondwaterstand worden aangebracht zonder (permanente) damwandconstructie.

Belangrijk detail wanneer een damwand en/of bestaande muur buiten de nieuwbouw aanwezig blijft ➔ in dit geval moeten er gaten geboord worden door deze constructie buiten de grondverbetering. De gaten (aantal, diameter, aanleghoogte) zijn verder vergelijkbaar met oplossing 2).

Tabel 4.4

rekenparameters grondverbetering ernaast	eenheid	specificatie
grondverbetering voor en achter	[-]	n.v.t.
grondverbetering links en rechts	[-]	geen ruimte
bovenkant grondverbetering	[m+NAP]	n.v.t.
onderkant grondverbetering	[m+NAP]	n.v.t.
totale breedte grondverbetering	[m]	n.v.t.
Factor R[I]: reductie doorstroomoppervlakte oplossing 2 versus oplossing 4 naast/onder de bak	[-]	n.v.t.
Factor X[II]: verhoging doorlatendheid grondverbetering door kleiner doorstroomoppervlakte langs barrière ten opzichte van oplossing 2	[-]	n.v.t.
benodigde aanvullende doorlatendheid bij kD-verlies	[m/dag]	n.v.t.
materiaal grondverbetering (inclusief effect drukverlies gaten)		n.v.t.
grondverbetering voor en achter	[-]	n.v.t.

*waarde exclusief effect drukverlies in gaten

[I] Factor R = OM4/OM2. Oppervlakte dwarsdoorsnede oplossing 4 = OM4 = (bovenkant grondverbetering – onder kant grondverbetering) x totale breedte grondverbetering. Oppervlakte dwarsdoorsnede oplossing 2 = OM2 = dikte grondverbetering x breedte barrière.

[II] Door gaten ontstaat extra weerstand in het systeem (net als bij oplossing 2), de berekende doorlatendheid moet daarom verhoogd worden door te vermenigvuldigen met factor X (compensatie drukverlies gaten door algemene doorlatendheid te verhogen). Deze factor X is uit te rekenen door [drukverlies gat, percentage bijlage 1.3)] + [drukverlies onder barrière, percentage bijlage 1.3] x (1/Factor R)

4.5 Locatie maatregelen (bovenaanzicht) en aantal gaten door damwand

Het aantal gaten mag nooit resulteren in een instabiele damwand (welke knikt doordat teveel staal is weggehaald). Bij eerdere projecten is de stabiliteit van de damwand integraal met het geohydrologisch ontwerp beschouwd, daarbij kwam naar voren dat er voldoende mogelijkheden zijn zolang maximaal 10% van de gevel met damwand een gat is. Bij dit project worden maximaal 21 cannelures verwacht, per cannelure mag maximaal 1 gat. Bij dit project is 10% van de gevel (15,6m x 10% =) 1,56 m. De gaten van oplossing 2 hebben een diameter van 0,14 m, dat betekent dat er maximaal 11 gaten mogelijk zijn (veiligheid damwand). De gaten van oplossing 3 hebben een diameter van 0,18 m, dat betekent dat er maximaal 8 gaten mogelijk zijn (veiligheid damwand).

Bij de gele lijnen in figuur 12 is het noodzakelijk langs de gevels de maatregelen te treffen bij alle oplosrichtingen (1 tot en met 3).



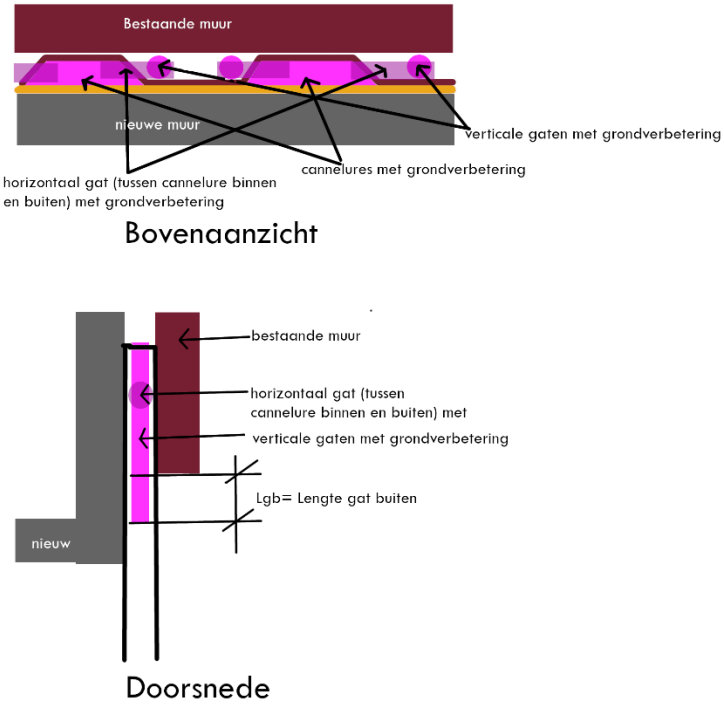
Figuur 12 – kelder is grondwaterneutraal bij toepassen maatregelen langs gevels welke geel zijn (voor alle oplosrichtingen).

4.6 Principe verticale gaten

Wanneer horizontale gaten niet mogelijk zijn (uitvoeringstechnisch), dan zullen verticale gaten toegepast worden. Het principe is weergegeven in dit hoofdstuk, waarbij in uitvoering (diepte bestaande muren en fundering) bepalend is voor de uiteindelijke afmetingen van de maatregelen.

Doordat de cannelure ruim 80 mm diep is zal de diameter van het gat 50% gat kleiner zijn (70 mm in plaats van 140 mm). De omtrek halveert van het gat. Om te voorkomen dat te weinig doorlaatvermogen wordt aangebracht is het gewenst om per cannelure twee gaten (links en rechts) van de cannelure te boren in plaats van een enkel gat. Constructief heeft een gat in de nullijn (flank) van het damwandprofiel minder effect ten aanzien van stijfheid plank.

De lengte gat buiten (Lgb) is de afstand waar het gat (met grondverbetering) wordt doorgeboord onder de bestaande fundering. Dit gat wordt geboord (handboring langs de muur en naast de houten palen/kespen). Het grondwater in de bestaande situatie moet onder de bestaande muur (en kespen) doorstromen. Door de gaten met grondverbetering hier te laten beginnen wordt de grondwaterstroming (zoals in de bestaande situatie) gelijkwaardig in de nieuwe situatie vanaf de grenzen van de nieuwbouw.



Figuur 13 - schets met principe verticale gaten

5 Conclusie en aanbevelingen

Loots concludeert dat voldaan kan worden aan een grondwaterneutraal ontwerp. In paragraaf 5.1 staat welke geohydrologische (grondwater) maatregelen geschikt zijn. In paragraaf 5.2 staat welke afwatering gewenst is. In paragraaf 5.3 staan de risico's (en beheersmaatregelen) bij dit project. In paragraaf 5.4 staat de monitoring voor dit project. In paragraaf 5.5 staan de aanbevolen vervolgstappen voor de opdrachtgever.

5.1 Grondwaterneutrale bouw

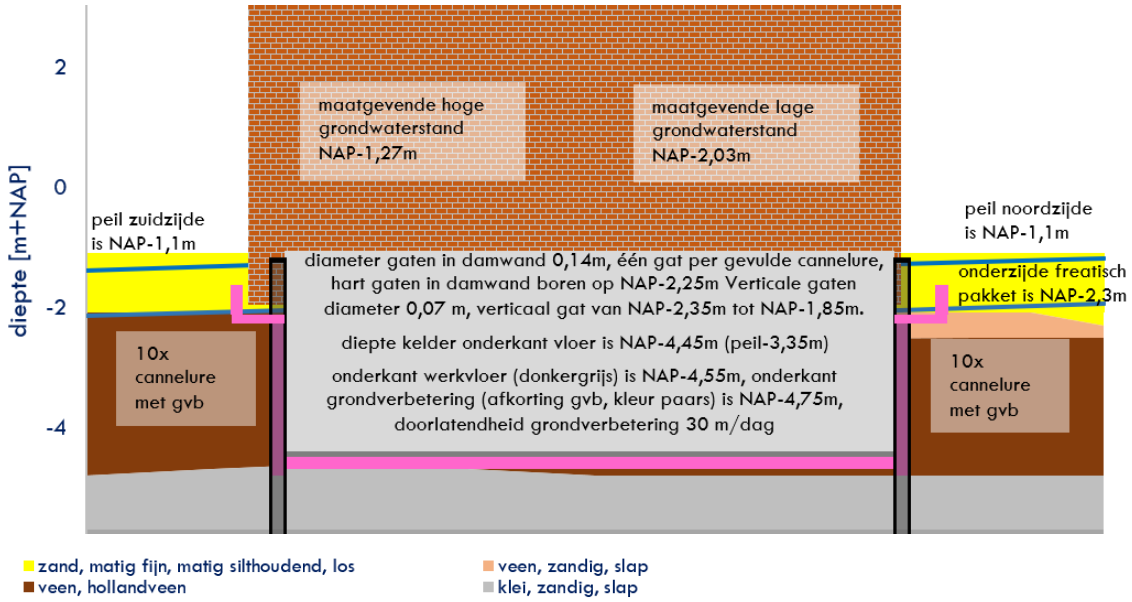
De conclusie is positief. Het project kan grondwaterneutraal worden uitgevoerd. Voor dit project is gekozen voor oplossing:

- Oplossing 2: Grondverbetering met gaten (conform specificatie H4.2)

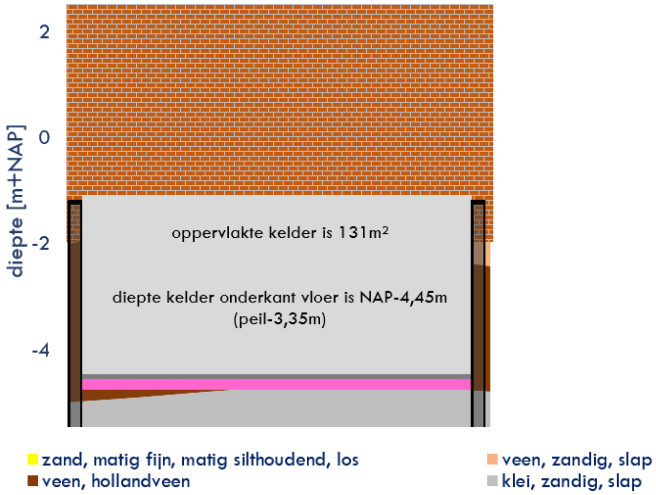
De overige oplossingen voldoen ook aan grondwaterneutrale bouw; echter bepaalde details (wel of niet toepassen damwanden) zorgen ervoor dat het niet mogelijk is deze oplosrichting toe te passen.

5.2 Detailtekeningen met maatregelen

Langsdoorsnede (geprojecteerde grondwaterstanden zijn inclusief effect KNMI klimaatscenario Wh2050).



Dwarsdoorsnede



5.3 Afwatering perceel

Afwatering, ofwel hoe regenwater stroomt op het perceel van het project. Dit gaat niet om het deel van regenwater dat in de bodem zakt (en grondwater wordt). Dat lossen we op met de maatregelen van hoofdstuk 4. Hier gaat het ten eerste om regenwater dat op het verhard (dak)oppervlakte valt en direct in het riool van de gemeente stroomt. Ten tweede gaat dit over regenwater dat in de onbebouwd deel valt en zolang het niet in de bodem is gezakt niet overlast/schade mag veroorzaken.

Regenwater afwatering naar riool

In dit geval vraagt de rekenregel om een oppervlakte van 131 m² te compenseren. Compenseren is verplicht bij nieuwbouw, uit artikel 3 (schuingedrukte tekst) van de hemelwaterverordening blijkt dat in alle andere gevallen compenseren niet verplicht is (tenzij het uitvoerbaar blijkt). De rekenregel resulteert in een waterberging van 7,9 m³.

In het tweede lid is geregeld dat de verplichting niet geldt voor bestaande gebouwen waar een bouwlaag aan wordt toegevoegd, maar waarvan uit berekeningen blijkt dat de constructie de extra belasting van een hemelwaterberging op het bestaande gebouw niet kan dragen. Daarnaast moeten er rond het gebouw evenmin mogelijkheden zijn om in een hemelwaterberging te voorzien. Dit laatste is vooral bedoeld voor die situatie waarin niet over een tuin of andere grond rond het gebouw wordt beschikt en dus alleen constructief in een waterberging kan worden voorzien. De verplichting uit het eerste lid brengt in die gevallen met zich mee dat het niet mogelijk is een extra bouwlaag toe te voegen en dat zou een ongewenst effect van de verordening zijn.

Verkenning mogelijkheden op het dak

De opdrachtgever beschikt niet over een plat dak, waterberging op het dak is niet mogelijk.

Verkenning mogelijkheden in de bodem

De grondwaterstand in de buitenruimte loopt op tot en met 0,17 meter min maaiveld, dit is te hoog voor een ondergrondse waterberging of infiltratie.

Verkenning mogelijkheden bovengronds buiten

Een bovengrondse waterberging is technisch mogelijk, bijvoorbeeld een regenton (inhoud 0,2 m³ à 0,8 m³ per stuk) of regenwaterschutting (0,4 à 0,8 m³ per m1 schutting) kan worden toegepast. De regenton of regenwaterschutting moet vertraagd in 60 uur leeglopen in het riool. De totale omvang van de bovengrondse waterberging is afhankelijk van de omgeving, bij geen

medewerking zal deze klein zijn (0,2 m³), wanneer iedereen medewerking verleent dan kan deze groot zijn (24 m³).

Conclusie

Uit het onderzoek blijkt dat het mogelijk om een bovengrondse waterberging van 7,9 m³ te realiseren. De waterberging dient vertraagd (in 60 uur) leeg te lopen in het riool; direct laten leeglopen in de tuin zou wateroverlast veroorzaken. Wanneer regenwater op het perceel vertraagd afgevoerd wordt in de sloot, dan gelden de regels van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (deze wijken af van de regels bij de gemeente).

Regenwater in onbebouwd deel

Als er hoogteverschillen zitten tussen percelen van particuliere eigenaren krijgt het laagste maaiveld extra wateroverlast bij forse regenval. Dat is vervelend voor de desbetreffende eigenaar en niet de bedoeling. Een simpel opstaande rand (0,1 m boven maaiveld hogere onbebouwd deel) voorkomt afstroming. Deze opstaande rand kan waterdicht kunststof wandje zijn dat minimaal 0,2 m de grond in gaat. Leg daarnaast het onbebouwd deel 0,1 m (of meer) onder de drempelhoogte van het huis en zorg dat maximaal 50% van het onbebouwde deel is verhard. Bij een te hoog onbebouwd deel kan bij forse neerslag regenwater over de drempel het huis inlopen (met waterschade als gevolg).

5.4 Risico's

Het doel van risicomanagement is duidelijkheid voor de opdrachtgever. In tabel 5.3 A staan de risico's en beheersmaatregelen (van matig risico naar laag risico).

Tabel 5.4-A

omschrijving risico	risico	beheersmaatregel
buren ervaren wateroverlast bij hevige neerslag	matig	Regenwater dat op het dak valt van het bouwwerk niet in de tuin lozen. Bij tuin ophogen of extra verharden ook deze wijziging in overleg met geohydroloog met passende maatregelen uitvoeren. Verhogen tuin kan de locatie van wateroverlast-/schade verplaatsen, dat niet gewenst. Wateroverlast-/schade zoveel mogelijk of geheel oplossen wordt pas bereikt met goed overleg en samenwerking vanaf beide zijden van perceelsgrenzen.
bypass maatregel verstopt op termijn	matig	Bij zowel filters voor- als achterzijde een aansluiting maken waar het vuil uit het systeem gezogen kan worden. De hoeveelheid silt of andere fijne delen welke de bypass kunnen instromen beperken, dit door toepassen fijnmazig materiaal op grensvlak met bodem buiten.
grondwaterneutrale maatregelen worden niet juist uitgevoerd (relatief nieuwe techniek, niet bekend bij alle aannemers)	matig	Als de aannemer niet beschikt over referenties zal de opdrachtgever moeten investeren in toezicht. Een ervaren partij (bijvoorbeeld Loots) kan de opdrachtgever en aannemer van voorzien van toezicht en instructies.
fijne delen verstopt de grondverbetering	laag	Een overcapaciteit ter plaatse van het diepste onderdeel (grondverbetering onderkant barrière) realiseren. Bij dit deel is de stromingssnelheid het laagste en door een forse overcapaciteit te realiseren (>1 m³ ruimte voor fijne delen) wordt verstopping voorkomen.
grondwater zakt in bouwfase waardoor houten palen buren droogvallen doordat er grondwater in de gaten stroomt (lekke bouwput)	laag	De gaten dichtzetten (met tijdelijke maatregelen zoals schuifafsluiter bijvoorbeeld) tot vlak voor laatste stort beton keldermuren. De gaten worden daarnaast aangebracht net onder de natuurlijk lage grondwaterstand (boven funderingshout buren), hierdoor kunnen gaten geen forse en langdurige grondwaterstandsverlaging veroorzaken.
geohydrologisch onderzoek en maatregelen blijken niet uitvoerbaar	laag	Bij twijfel altijd uitgaan van maatregelen die altijd toepasbaar zijn: de grondverbetering met gaten of de bypass
buren gaan grondwateroverlast ervaren in de nieuwe situatie	laag	Conclusie geohydrologisch onderzoek (dit rapport) overnemen in het ontwerp (tekeningen en contractstukken aannemer).

5.5 Monitoring

Voor dit project geldt de monitoring in tabel 5.4 A. Dit zijn monitoringmaatregelen die bepaald zijn naar aanleiding van de beoordeling van risico's (paragraaf 5.3). Bij het bereiken van de grenswaarden (signaal-/interventiewaarde) zijn actie(s) gewenst.

Tabel 5.5-A

monitoring project	waar	wanneer	H [I]	L [II]	eenheid	grens-waarde 1	actie 1	grenswaarde 2*	actie 2
Peilbuis NAP -3,03 m	Voor projectlocatie(s)	1x/dag, starten 1 maand voor bouw	x		[m+NAP]	-1,44	1,2	-1,34	3,4
Peilbuis NAP -3,03 m	Achter projectlocatie(s)	1x/dag, starten 1 maand voor bouw	x		[m+NAP]	-1,44	1,2	-1,34	3,4
Vooropnamen interieur+ exterieur	Direct aangrenzende buren	Voor start bouw							

[I] Hoger dan: als de meting hoger is dan de grenswaarde, dan moet er actie ondernomen worden. Als hier g1 staat dan geldt hoger dan alleen voor grenswaarde 1;
[II] Lager dan: als de meting lager is dan de grenswaarde, dan moet er actie ondernomen worden. Als hier g2 staat dan geldt lager dan alleen voor grenswaarde 2;

*dit is 0,05 m boven de natuurlijk hoge grondwaterstand (zie tabel 3.3-A), meting bedoeld om barrièrewerking tijdig te signaleren en waar nodig bij te sturen (maatregelen).

De acties (bij tabellen):

1. Controleren dat het meetresultaat/-instrument juist is;
2. Controleren of de maatregelen toegepast zijn/worden;
3. Overleg met betrokken partijen, melden bij handhaving;
4. Uitvoeren uitgebreide geohydrologische analyse.

5.6 Vervolgstappen

Loots beveelt aan om de volgende vervolgstappen op te volgen

- ☐ Geohydrologische oplossing op bouwtekeningen bouwvergunning zetten;
- ☐ Toetsing van dit geohydrologisch onderzoek door bevoegd gezag;
- ☐ Uitvoeringsontwerp (na bouwvergunning) toetsen of geohydrologisch onderzoek en maatregelen aangepast moeten worden;
- ☐ Monitoring starten;
- ☐ Start uitvoering;
- ☐ Start ontgraving, bij afwijkingen ten opzichte van bodemopbouw H3.3 contact opnemen met Loots;
- ☐ Bij overschrijdingen monitoring contact opnemen met Loots;
- ☐ Voordat gaten opengezet worden contact opnemen met Loots en grondwaterstandmetingen doornemen;
- ☐ Bij wijziging inrichting tuin de randvoorwaarden (waterhuishoudkundig) vanuit geohydroloog opvragen ter voorkoming van onacceptabel risico op wateroverlast en/of –schade.

Neem contact op met Erik Loots voor meer informatie.

Opgesteld door:

ing. E.J. Loots (06-53392188) Loots Grondwatertechniek 29 juni 2026

BIJLAGEN

Bijlage 1 – Gegevens voor specialisten

Werkwijze en gebruikte software geohydrologisch onderzoek

De opdrachtgever levert de uitgangspunten (stukken opdrachtgever). Bij specialistische uitgangspunten (bijvoorbeeld eigenschappen bodem) bepalen we een bandbreedte (boven en ondergrens), zodat de kans op afwijkingen klein wordt. We bepalen de bandbreedte op basis van ervaring en (regionale) modellen.

De berekeningen bestaan uit analytische- en modelberekeningen (software: MicroFEM v4.10, Qgis v3.8, Strater v5, MLU v2.25, Excel en/of Surfer v16). Door de berekeningen meerdere malen te herhalen bij verschillende uitgangspunten vinden we een robuust ontwerp. Door deze werkwijze neemt de kans op (negatieve) afwijkingen af.

Bijlage 1.1 – Bodemeigenschappen en berekening kD-waarde

Uitgangspunten

Kh of kv is de doorlatendheid horizontaal en verticaal (hogere waarde is meer doorlatend). P is de porositeit van de grondlaag. De top (tweede kolom) geeft aan welke gemiddelde hoogte de bovenzijde van deze laag heeft.

Het getal tussen haakjes in de tabel is de standaarddeviatie. Dit geeft de bandbreedte van de desbetreffende parameter aan, waarbij gerekend wordt met een bandbreedte van 2x de standaarddeviatie.

De doorlatendheid is bepaald aan de hand van het grondwaterzakboekje, regionale modellen en praktijkervaring.

Onderzoeksresultaten

In tabel b1.1-A staan de rekenparameters welke bepaald zijn met het beschikbare grondonderzoek (bijlage 3 en visualisatie hoofdstuk 3.3)

tabel b1.1-A

geohydrologische omschrijving Amsterdam	top gemiddeld (σ) [m+NAP]	kh (σ) [m/d]	kv (σ) [m/d]	P [-]
zand, matig fijn, matig silthoudend, los	-1,02 (0,17)	5 (1)	3,125 (0,625)	0,3 (0,03)
veen, zandig, slap	-1,79 (0,47)	0,25 (0,05)	0,0063 (0,0013)	0,3 (0,03)
veen, hollandveen	-2,3 (0,37)	0,1 (0,02)	0,002 (0,0004)	0,6 (0,06)
klei, zandig, slap	-4,83 (0,11)	0,01 (0,002)	0,01 (0,002)	0,33 (0,03)
zand, uiterst fijn, sterk silthoudend, los	-5,65 (0,12)	0,5 (0,1)	0,125 (0,025)	0,12 (0,01)
klei, zandig, slap	-5,71 (0)	0,01 (0,002)	0,01 (0,002)	0,33 (0,03)
zand, uiterst fijn, sterk silthoudend, los	-8,57 (0,76)	0,5 (0,1)	0,125 (0,025)	0,12 (0,01)
klei, hydrobia	-12,36 (0,58)	0,005 (0,001)	0,001 (0,0002)	0,33 (0,03)
veen, basisveen	-12,57 (0,97)	0,0005 (0,0001)	0,0001 (0)	0,1 (0,01)
zand, zeer fijn, sterk silthoudend	-12,73 (0,81)	1 (0,2)	0,2 (0,04)	0,12 (0,01)

Grondeigenschappen zijn variabel, dat is een feit. Er wordt hier onderscheid gemaakt tussen:
1) De dikte (D) van grondlagen varieert in enige mate bij de grondonderzoeken
2) De doorlatendheid (k)
De maatgevende kD-waarde in de bestaande situatie moet rekening houden met deze variatie. Voor wat betreft laagdikten worden eerst drie modellen (tabel b1.1-B) gemaakt, waarbij een ondergrens (dunne watervoerende lagen), gemiddelde en bovengrens (dikke watervoerende lagen) met 2x standaarddeviatie zijn berekend. Daarbij is de natuurlijk gemiddelde grondwaterstand als maximale hoogte aangehouden.

tabel b1.1-B

bandbreedte bodemopbouw top [m+NAP]	bovengrens	gemiddelde	ondergrens
zand, matig fijn, matig silthoudend, los	-1,58	-1,58	-1,58
veen, zandig, slap	-2,74	-1,79	-1,58
veen, hollandveen	-3,05	-2,3	-1,58
klei, zandig, slap	-4,61	-4,83	-5,05
zand, uiterst fijn, sterk silthoudend, los	-5,4	-5,65	-5,89
klei, zandig, slap	-5,72	-5,71	-5,89
zand, uiterst fijn, sterk silthoudend, los	-7,05	-8,57	-10,09
klei, hydrobia	-13,52	-12,36	-11,21
veen, basisveen	-14,52	-12,57	-11,21
zand, zeer fijn, sterk silthoudend	-14,52	-12,73	-14,35

in tabel B1.1-D wordt het effect van de aanlegdiepte en omvang barrière (bestaand en nieuw) pas doorberekend

Hetzelfde wordt gedaan voor de doorlatendheid in tabel B1.1-C. Een bovengrens, gemiddelde en ondergrens model is gemaakt voor alle bodemlagen.

tabel B1.1-C

bandbreedte k-waarde [m/dag]	bovengrens	gemiddelde	ondergrens
zand, matig fijn, matig silthoudend, los	7	5	3
veen, zandig, slap	0,35	0,25	0,15
veen, hollandveen	0,14	0,1	0,06
klei, zandig, slap	0,014	0,01	0,006
zand, uiterst fijn, sterk silthoudend, los	0,7	0,5	0,3
klei, zandig, slap	0,014	0,01	0,006
zand, uiterst fijn, sterk silthoudend, los	0,7	0,5	0,3
klei, hydrobia	0,007	0,005	0,003
veen, basisveen	0,0007	0,0005	0,0003
zand, zeer fijn, sterk silthoudend	1,4	1	0,6

De bestaande situatie is maatgevend voor het ontwerp voor wat betreft de kD-waarde. Het berekenen van de bandbreedte kD wordt uitgevoerd door het berekenen van bovengrens k x bovengrens D tot en met ondergrens k x ondergrens D. De kans dat laagdikte afwijkt van 2x standaarddeviatie is 2,3% (statistisch). Hetzelfde geldt voor de doorlatendheid. Wanneer we beide vermenigvuldigen is de kans op afwijken van boven-/ondergrens (2,3% x 2,3%=) 0,05% statistisch verwaarloosbaar.

In tabel B1.1-D kan de berekende kD-waarde gevonden worden in de bestaande situatie onder het project. Daarbij is rekening gehouden met een bestaande aanlegdiepte van NAP-1,2 m. In de bestaande situatie is er 2,7 m zonder (ondergrondse) bebouwing naast het object. Er is ook rekening met een aanlegdiepte van NAP -4,55 m in de nieuwe situatie. In de nieuwe situatie is er 1,8 m zonder ondergrondse bebouwing naast de barrière.

tabel B1.1-D	bestaand projectlocatie			nieuw projectlocatie			effect
kD-waarde project [m²/dag]	bovengrens	gemiddelde	ondergrens	bovengrens	gemiddelde	ondergrens	[%]
zand, matig fijn, matig silthoudend, los	8,120	1,050	0,000	0,000	0,000	0,000	-100%
veen, zandig, slap	0,109	0,128	0,000	0,000	0,000	0,000	-100%
veen, hollandveen	0,218	0,253	0,208	0,000	0,000	0,000	-100%
klei, zandig, slap	0,011	0,008	0,005	0,011	0,008	0,005	0%
zand, uiterst fijn, sterk silthoudend, los	0,224	0,030	0,000	0,224	0,030	0,000	0%
klei, zandig, slap	0,019	0,029	0,025	0,019	0,029	0,025	0%
zand, uiterst fijn, sterk silthoudend, los	4,529	1,895	0,336	4,529	1,895	0,336	0%
klei, hydrobia	0,007	0,001	0,000	0,007	0,001	0,000	0%
veen, basisveen	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0%
zand, zeer fijn, sterk silthoudend	3,360	3,470	0,678	3,360	3,470	0,678	0%

De bestaande kD-waarde zit tussen 0 m²/dag en 8,23 m²/dag. Het gemeentelijk beleid betekent geen verslechtering, dus de best passende kD-waarde moet in de nieuwe situatie aanwezig zijn.

Bij een kD-waarde in de nieuwe situatie die gelijk is aan de ondergrens, daalt de grondwaterstand ten zuiden verwaarloosbaar. De grondwaterstand ten noorden stijgt verwaarloosbaar.

Voor dit project wordt is het best passend uitgangspunt verplicht, dat is in dit geval een kD-waarde van 1,18 m²/dag. Dit wordt beschouwd als best passende kD-waarde voor de bestaande als de toekomstige situatie.

Rondom de projectlocatie is de maaiveldhoogte vergelijkbaar, dat betekent dat hoogteverschillen van het maaiveld geen (maatgevende) rol spelen bij het ontwerp.

Bijlage 1.2 – Grondwateraanvulling op perceel

Uitgangspunten

Uit het grondwaterzakboekje 2016 (en KNMI-statistieken) is de hoeveelheid neerslag en verdamping per maand overgenomen. De verdamping geldt alleen bij groen (planten). Bij de verdamping tuin houden we er rekening mee dat een deel van de tuin verhard is. Het deel zonder groen heeft dus geen verdamping.

In de bestaande situatie is de tuin 524 m² groot. In de nieuwe situatie is dit 473 m². Er is sprake van een kleinere tuin in de nieuwe situatie.

Voor dit project wordt gerekend met klimaatscenario Wh 2050 (meer informatie in bijlage 1.5), waarbij voor deze vergelijking (nu versus Wh2050) gerekend wordt met 50% verharding. De verdamping in onderstaande figuur treedt alleen op bij onverhard oppervlakte buiten de bebouwing. De helft van neerslag stroomt naar openbare ruimte (hwa), dit komt doordat het perceel buiten de bebouwing grenst aan openbare ruimte).

Onderzoeksresultaten

In tabel b1.2-A staan de rekenparameters en in de laatste kolom de grondwateraanvulling op de projectlocatie.

tabel b1.2-A

maand	regen [mm/maand]	verdamping [mm/maand]	wh2050 regen	wh2050 verdamping	gwa* [mm/maand]	wh2050 gwa [mm/maand]	verschil wh2050 vs nu
Januari	75	8	87,8	8,2	71	83,7	118%
Februari	59	15	69	15,5	51,5	61,25	119%
Maart	74	32	80,7	34,2	58	63,6	110%
April	45	58	49,1	62,1	16	18,05	113%
Mei	65	84	70,9	89,9	23	25,95	113%
Juni	68	90	59,2	99,9	23	9,25	40%
Juli	84	95	73,1	105,5	36,5	20,35	56%
Augustus	77	80	67	88,8	37	22,6	61%
September	81	49	87,1	52,4	56,5	60,9	108%
Oktober	89	27	95,7	28,9	75,5	81,25	108%
November	86	11	92,5	11,8	80,5	86,6	108%
December	84	6	98,3	6,2	81	95,2	118%

*gwa=grondwateraanvulling

Door het oppervlakte buiten de bebouwing (bestaand en nieuw) te vermenigvuldigen met de grondwateraanvulling is het debiet grondwater dat er op perceelsniveau maandelijks bijkomt te berekenen.

tabel b1.1-B

bandbreedte bodemopbouw top [m+NAP]	debiet lokaal bestaand [m³/dag]	debiet lokaal nieuw [m³/dag]
Januari	0,6	0,639
Februari	0,482	0,517
Maart	0,49	0,485
April	0,14	0,142
Mei	0,194	0,198
Juni	0,201	0,073
Juli	0,308	0,155
Augustus	0,313	0,172
September	0,493	0,48
Oktober	0,638	0,62
November	0,703	0,683
December	0,685	0,726

Conclusie

Uit de bovenstaande tabel leiden we af dat het maximale debiet grondwateraanvulling (regen - verdamping) gelijk is aan maximaal 0,726 m³/dag op de projectlocatie. In de toekomst is er in de nieuwe situatie 3% meer debiet.

Bijlage 1.3 – Details berekening grondverbetering met gaten

Algemeen

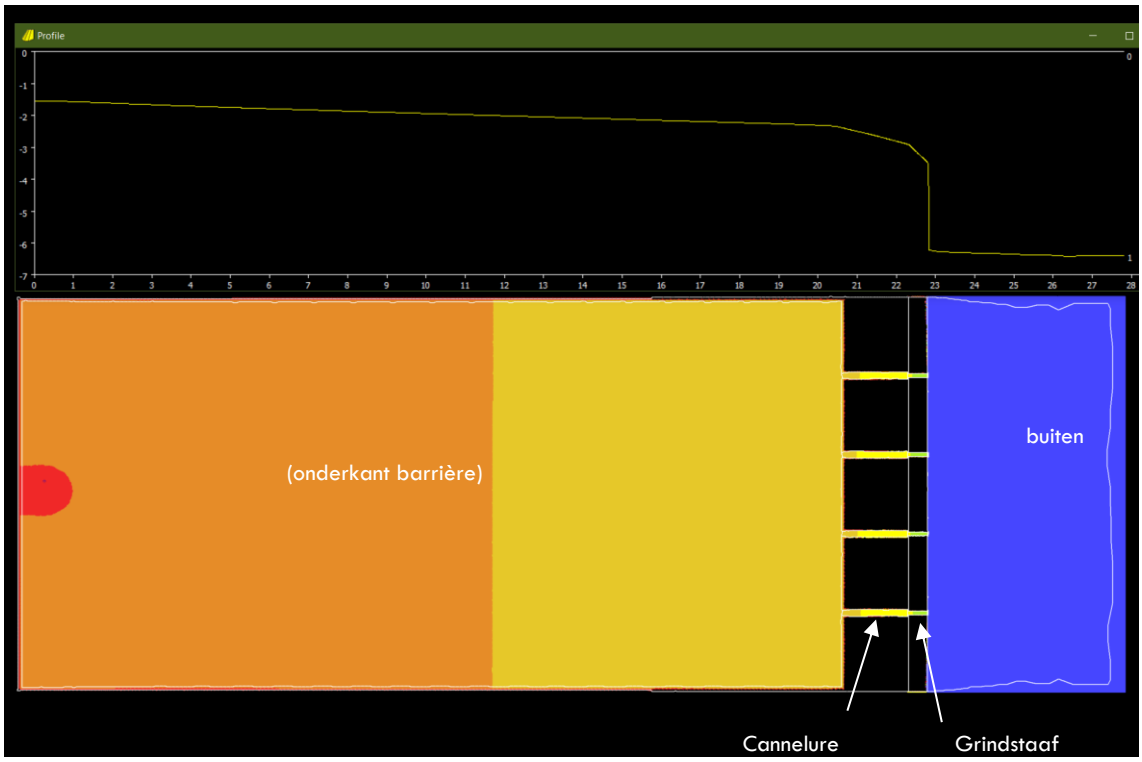
Met grondwatermodellering hebben we de parameters (diameter gaten, aantal gaten, doorlatendheid grondverbetering, etc.) bepaald.

Grondwatermodellering is noodzakelijk wegens onder andere:

- Wanneer de stroombaan bekeken wordt van grondwater bij deze oplosrichting is er sprake van vernauwingen (bij gaten) en daarna de verbredingen (na gaten). Ofwel convergerende/divergerende stroming. Met een simpele analytische benadering (bijvoorbeeld de berekening bij oplossing 1, hoofdstuk 4.1) is het effect van vernauwingen en verbredingen niet te benaderen, hetgeen niet voldoet aan eisen van een grondwaterneutraal ontwerp;
- De reikwijdte van de watervoerende laag is groter dan de afstand tussen de gaten, ofwel stroming in en uit één gat beïnvloedt ook andere gaten. Bij een groter aantal gaten wordt dit effect sterker. Met een simpele analytische benadering (bijvoorbeeld de berekening bij oplossing 1, hoofdstuk 4.1) is gebleken dat dit effect niet overeenkomt met de werkelijkheid.

Detailmodel

Loots voert twee modellen uit. In het eerste model modelleren we de gaten (enkele zijde). Het doel is het bepalen van de verhouding potentiaalverschil (of weerstand) tussen “onderzijde barrière” en “de overige onderdelen (gaten en cannelures)”. Doordat Loots gebruik maakt van MicroFEM modelleren we in dit eerste detailmodel alle onderdelen horizontaal achter elkaar. Figuur 12 is puur ter visualisatie opgenomen, het betreft een bovenaanzicht van een ouder project waarbij de waterdruk tevens boven is gezet ter illustratie.



Figuur 14 - bovenaanzicht model (onderzijde) + grafiek met verloop waterdruk waarbij horizontale as = horizontale afstand in model en verticale as = waterdruk in model.

Input detailmodel voor dit project:

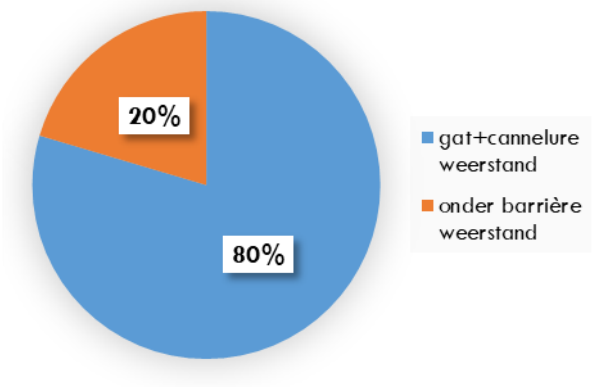
detailmodel	eenheid	input
lengte onderkant barrière	[m]	20,6
breedte onderkant barrière	[m]	14,9
dikte grondverbetering onder barrière	[m]	0,2
aantal gaten + cannelures	[-]	10
lengte cannelure	[m]	2,3
breedte cannelure (per stuk)	[m]	0,363
hoogte cannelures	[m]	0,089
lengte gaten opgesloten (geen uitstroom naar watervoerende lagen buiten mogelijk in model)	[m]	0,4
lengte gaten buiten (in verbinding met bestaande watervoerende lagen voor en achter)	[m]	0,1
lengte gaten	[m]	0,5
breedte gaten (per stuk)	[m]	0,088
hoogte gaten	[m]	0,088
kD-waarde buiten	[m^2/dag]	1,18
debiet[I] erin (links)	[m^3/dag]	10
debiet eruit (rechts)	[m^3/dag]	10
buitenzijde gat skinfactor[II] dikte laag	[m]	0,01
reductiefactor k-waarde wegens skinfactor	[-]	10
doorlatendheid grondverbetering[III]	[m/dag]	100

[I] Voldoende hoog ingezet, zodat de modelnauwkeurigheid geen invloed heeft op resultaat.

[II] Over de lengte gat buiten (Lgb) kan grondwater in- en uitstromen van/naar de bodem buiten. Het grondwater welke in of uit het gat moet stromen (van of naar bodem) moet door een remmende laag (skinfactor) heen. De skinfactor is een fenomeen welke altijd optreedt en welke afhankelijk is van het verschil tussen korrelgrootte en poriën tussen bodem buiten en de grondverbetering. De skinfactor in dit geval is bepaald door de laagste doorlatendheid (bodem buiten) te reduceren met een factor 1,5, vervolgens rondom het gat een laagje van 0,01 m met deze verlaagde doorlatendheid modelleren. Deze benadering van de skinfactor is aan de veilige kant, dit doordat in de praktijk de doorlatendheid buiten de gaten verwaarloosbaar zal reduceren doordat fijne delen (welke in bodem buiten door stroming getransporteerd kunnen worden) niet kunnen blijven hangen op het contactoppervlakte van de gaten wegens grotere afmeting poriën ten opzichte van oorspronkelijke bodem. Bij de gaten waar grondwater uitstroomt worden geen fijne delen verwacht doordat het uitgangspunt is de fijne delen onder de kelder op te slaan (fijne delen bezinken door de aanzienlijk lagere stroomsnelheid onder de kelder). Het aantal fijne delen welke gedurende de hele levensduur van de kelder toestromen is beperkt, dit doordat de stromingssnelheid in bodem buiten gaten snel afneemt naar extreem lage waarden (waarbij fijne delen niet meer bewegen), alleen de fijne delen welke in de bestaande bodem zitten binnen circa 0,1 à 0,5 m afstand van de gaten kan het systeem binnenstromen. De verwachting is dat de eerste weken en wellicht in de eerste extreem natte periode van het systeem 99% van de fijne delen gaan toestromen.

[III] Dit is een dummie-waarde. Dit model is enkel ter bepaling in welke verhouding weerstand ontstaat in cannelure + gat versus onder de barrière.

Het potentiaalverschil onder de barrière is groter dan het potentiaalverschil van start cannelure tot en met buiten. De volgende verdeling van potentiaalverschil (of weerstand) is bepaald met het detailmodel:

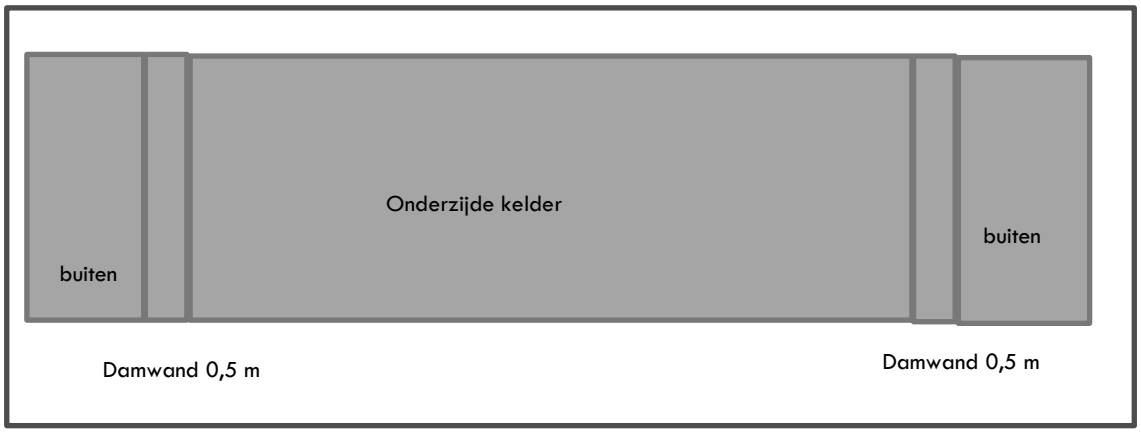


Totaalmodel

Nadat het detailmodel uitgevoerd is kunnen de gaten en cannelures met alle weerstand eenvoudig gemodelleerd worden als een wand met remming (strook 0,5 m breed voor en achter project).

In de gaten en cannelures is er een factor 3,93 (79,7% / 20,3%) meer weerstand. Daarnaast is de damwand 0,5 m. De lengte van barrière is 20,6 m. De transmissiviteit (kD-waarde) ter plaatse van de damwand moet een factor 162 (3,93 x 20,6/0,5) hoger zijn om tot een kloppend model te komen. Nu de verhoudingen (weerstand gaten, cannelures, skinfactor) juist gemodelleerd zijn wordt het mogelijk de benodigde doorlatendheid van de maatregelen te berekenen door links 10 m^3/dag toe te voegen en rechts 10 m^3/dag uit het model te halen.

In de bestaande situatie bij kD 1,18 m^2/dag is er bij 10 m^3/dag (hogere waarde voor modelnauwkeurigheid) een potentiaalverschil van 11,72 m tussen links en rechts in het model. In de nieuwe situatie wordt een gelijk potentiaalverschil berekend als de grondverbetering een doorlatendheid heeft van 30m/dag. Bij deze doorlatendheid van grondverbetering wordt dus de gewenste kD-waarde in de nieuwe situatie gerealiseerd waardoor een grondwaterneutraal ontwerp van toepassing is.



Figuur 15 - opzet totaalmodel

Bijlage 1.4 – Details berekening Bypass

De bypass komt grotendeels overeen met oplossing 2 (berekening bijlage 1.3). Met als verschil dat er intern (in leidingen en bochten) nauwelijks weerstand is door ontbreken poreus materiaal. De resultaten bij oplossing 2 worden hergebruikt voor de bypass, waarbij weerstand intern afneemt (leidingen kunnen niet met MicroFEM worden gedimensioneerd) en de intredeweerstand (van bodem buiten op gat/filter) toeneemt door fijnmaziger materiaal bij filters van de bypass.

Minder weerstand intern

Met het maximale debiet 0,726 m^3/dag (uit hoofdstuk 3) wordt een leidingweerstand (inclusief bochten) berekend van 0,0037 mm. Dat is verwaarloosbaar vergeleken met de weerstand die bij oplossing 2 van toepassing is onder barrière en in cannelures en gaten. Ten opzichte van oplossing 2 (bijlage 1.3) valt ongeveer 98% van de weerstand (grondverbetering weerstand onder barrière, in cannelure en in gat) weg.

Meer weerstand filteroppervlakte (t.o.v. gaten bij oplossing 2)

Bij de bypass fijn[1] filtermateriaal (kleinere maaswijdte) gebruikt worden ter plaatse van contactoppervlakte met de grond buiten. Het fijnere filter betekent dat de opnamecapaciteit (op lange termijn) per m^2 filter van de bypass lager ligt ten opzichte van oplossing 2. Loots rekent met een skinfactor (dagen weerstand) welke overeenkomt met de inverse van de doorlatendheid (ondergrens) van de bodem (deze relatie is in 1967 met praktijkproeven bepaald door Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding over een brede bandbreedte wat betreft doorlatendheid).

Conclusie

Om het ontwerp van de bypass kloppend te maken moet het contactoppervlakte van de (buitenzijde) filters 82% worden vermenigvuldigd ten opzichte van contactoppervlakte (buitenzijde) gaten in oplossing 2. Dit kan door de diameter van het filter (t.o.v. gat), aantal filters (ten opzichte van gaten) of lengte filter (ten opzichte van gaten) aan te passen. Door deze percentuele wijziging (verwerkt in tabel hoofdstuk 4.3) is er bij de bypass ook sprake van een grondwaterneutraal ontwerp. Minder weerstand in de leiding + optimalisatie filteroppervlakte betekent dat de skinfactor (potentiaalverschil over buitenzijde filter) bypass ten opzichte gaten oplossing 2 groter is.

[1] Bij oplossing 2 is er een enorme capaciteit voor fijne onopgeloste delen (zoals silt) welke het systeem instromen onder de vloer, een zeer fijnmazig materiaal (lagere filtersnelheid) is hierdoor niet noodzakelijk. Bij de Bypass is er weer zeer weinig ruimte voor fijne onopgeloste delen (zoals silt), een zeer fijnmazig materiaal (lagere filtersnelheid) is hierdoor wel noodzakelijk.

Bijlage 1.5 – Wh 2050 berekening

Met het Wh 2050 scenario van het KNMI is het effect op neerslag en verdamping per maand berekend in tabel 1, dit is het gemiddelde (voor heel Nederland).

Tabel 1

effect klimaat Wh 2050	neerslag huidig [mm]	effect Wh 2050	neerslag Wh 2050	verdamping huidig [mm]	effect Wh 2050	verdamping Wh 2050 [mm]	grondwater-aanvulling huidig [mm]	grondwater-aanvulling wh2050 [mm]
januari	75	17%	87,8	8	3%	8,2	67	79,5
februari	59	17%	69,0	15	3%	15,5	44	53,6
maart	74	9%	80,7	32	7%	34,2	42	46,4
april	45	9%	49,1	58	7%	62,1	-13	-13,0
mei	65	9%	70,9	84	7%	89,9	-19	-19,0
juni	68	-13%	59,2	90	11%	99,9	-22	-40,7
juli	84	-13%	73,1	95	11%	105,5	-11	-32,4
augustus	77	-13%	67,0	80	11%	88,8	-3	-21,8
september	81	7,5%	87,1	49	7%	52,4	32	34,6
oktober	89	7,5%	95,7	27	7%	28,9	62	66,8
november	86	7,5%	92,5	11	7%	11,8	75	80,7
december	84	17,0%	98,3	6	3%	6,2	78	92,1
som	**887**		**930,05**	**555**		**603,29**	**332**	**326,76**

Volgens dit scenario neemt grondwateraanvulling (per jaar) gemiddeld in kleine mate (1,6%) af.

Wh 2050 in de stad bij bomen en gras

Bij bomen en gras is er sprake van gewasfactoren welke de effecten Wh2050 beïnvloeden. In tabel 2 is dit samengevat. Bij gras is er 1,1% afname (kleiner dan gemiddelde) van grondwateraanvulling, terwijl bij bomen de grondwateraanvulling met 16,3% afneemt (sterke reductie).

Tabel 2

bomen en gras	gewas-factor gras %	gewas-factor bomen %	grondwater-aanvulling gras	grondwater-aanvulling gras Wh2050	grondwater-aanvulling bomen	grondwater-aanvulling bomen Wh2050	debiet[I] gras [m³/dag/m²]	debiet bomen [m³/dag/m²]
januari	90%	100%	67,8	80,3	67,0	79,5	0,00042	0,00042
februari	90%	100%	45,5	55,1	44,0	53,6	0,00032	0,00032
maart	90%	100%	45,2	49,8	42,0	46,4	0,00015	0,00015
april	100%	100%	-13,0	-13,0	-13,0	-13,0	0,00000	0,00000
mei	100%	135%	-19,0	-19,0	-48,4	-50,5	0,00000	-0,00007
juni	100%	150%	-22,0	-40,7	-67,0	-90,7	-0,00062	-0,00079
juli	100%	160%	-11,0	-32,4	-68,0	-95,6	-0,00071	-0,00092
augustus	95%	135%	1,0	-17,4	-31,0	-52,9	-0,00061	-0,00073
september	90%	125%	36,9	39,9	19,8	21,5	0,00010	0,00006
oktober	90%	100%	64,7	69,7	62,0	66,8	0,00017	0,00016
november	90%	100%	76,1	81,9	75,0	80,7	0,00019	0,00019
december	90%	100%	78,6	92,7	78,0	92,1	0,00047	0,00047
som			**350,8**	**346,9**	**160,4**	**137,9**		

[I] Debiet in tabel 2 is uitgerekend door verschil = grondwateraanvulling Wh2050 – grondwater aanvulling huidig. Vervolgens verschil (mm/ maand/m³) / 30000 = verschil [m³/dag/m²]

Dakoppervlakte, gesloten bestrating (asfalt/beton) en elementenverharding in de stad Wh 2050

Bij een gesloten oppervlakte (vloeistofdicht asfalt of gebouw met waterdicht dak) is er geen infiltratie van regenwater of verdamping van grondwater. Dat betekent dat geohydrologisch de input op dit oppervlakte (neerslag of verdamping) niet zal wijzigen.

Een bijzonder afwijkend onderdeel is de elementenverharding. Een maaiveldafwerking die sterk domineert in het stedelijk gebied. De elementenverharding (stoeptegels, straatbakstenen) laten regenwater infiltreren door de voegen, de elementenverharding laten grondwater verwaarloosbaar verdampen.

In Wh 2050 komen er per jaar totaal minder regenbuien voor. Het aantal regenbuien waarbij meer regenwater valt dan kan infiltreren door de elementenverharding neemt toe. Het aantal regenbuien waarbij al het regenwater welke valt kan infiltreren door de elementenverharding neemt af, wel wordt bij deze regenbuien circa over het hele jaar 5% meer geïnfiltreerd. Bij elementenverharding is er sprake van:

1. Grondwateraanvulling neemt sterk af bij 20 tot 40% van de regenbuien, dit door meer forse regenbuien (hoger debiet, mm/uur, kortere duur buien) waarbij een groter deel van het hemelwater over het oppervlakte naar het riool stroomt;
2. Grondwateraanvulling bij de overige buien (80 tot 60%) neemt gering toe, doordat algemeen de hoeveelheid 5% neerslag toeneemt in scenario Wh2050.
3. Som 30% van buien is er 10% minder grondwateraanvulling (meer run-off), 70% van de buien is er 5% meer grondwateraanvulling (klimaatsverandering)➔ gemiddeld 0,5% meer grondwateraanvulling bij elementenverharding (zeer klein verwaarloosbaar effect bij elementenverharding welke door bomen snel teniet wordt gedaan, is het oppervlakte (kruin) van de bomen (circa 0,5%/16% =) 1/32 van de elementenverharding dan zal er over het hele jaar nagenoeg geen effect zijn).

Details omtrent berekening grondwateraanvulling door elementenverharding

Tegels en bestrating van gebakken klinkers komen veel voor in de stad (meest voorkomende bestrating). Hemelwater kan door de voegen naar beneden zakken tot de grenswaarde. De grenswaarde is het moment dat de hoeveelheid neerslag (mm/uur) groter wordt dan de maximale infiltratiesnelheid (mm/uur) door de bestrating.

In tabel 3 is voor de meest voorkomende wegverharding en bestrating de infiltratiesnelheid weergegeven, dat ligt bij schoon water en voegen tussen 0,13 en 0,42 mm/uur.

Tabel 3

maximale neerslag welke infiltreert [mm/uur]	zand voor zandbed[I]	drainagezand[1]
stoeptegel[II] 30 x 30	0,13	0,17
baksteen[III] 20 x 5	0,31	0,42

Bij straatbakstenen is er 1 mm berging tussen de voegen (uitgaande van goed doorlatend poreus materiaal), bij stoeptegels is er 0,3 mm berging tussen de voegen. In tabel 4 is de

[I] Volgens het grondwaterzakboekje (Bram Bot, 2016) hoofdstuk 22.6 ontwerpcapaciteit van bodeminfiltratie is de infiltratiesnelheid voor schoon helder water in drainagezand is 0,2 m/dag (8,33 mm/uur). De infiltratiesnelheid voor schoon helder water in zand voor zandbed is 0,15 m/dag (6,25 mm/uur). Infiltratiesnelheid van de bestrating wordt bepaald door infiltratieoppervlakte x doorlatendheid wegfundering. De wegfundering onder de straten is overwegend zand voor zandbed (doorlatendheid 1 m/dag) en soms drainagezand (doorlatendheid 5 m/dag).

[II] Het infiltratieoppervlakte bij 30 x 30 cm stoeptegels is (6 [aantal voegen bij vlak van 0,9 x 0,9 m] x 0,9 m [lengte voeg] x 0,003 m [breedte voeg]) / (0,9 m x 0,9 m [oppervlakte totaal]) = 0,02 m / m² = 2%. Netto infiltratiesnelheid is dus 2% van infiltratiesnelheid wegfundering. Tussen de stoeptegels zit 0,045 m (dikte stenen) x 2% x 1 m² x 0,3 (porositeit) = 0,3 mm berging.
[III] Het infiltratieoppervlakte bij 20 x 5 cm straatbakstenen is (25 [aantal voegen bij vlak van 1 x 1 m] x 1 m [lengte voeg] x 0,002 m [breedte voeg]) / (1 m x 1 m [oppervlakte totaal]) = 0,05 m / m² = 5%. Netto infiltratiesnelheid is dus 5% van infiltratiesnelheid wegfundering. Tussen de straatbakstenen zit 0,07 m (dikte stenen) x 5% x 1 m² x 0,3 (porositeit) = 1 mm berging.

maximale infiltratie[in mm] weergegeven (inclusief de berging) voor een regenbui van 1 tot 24 uur.

Tabel 4

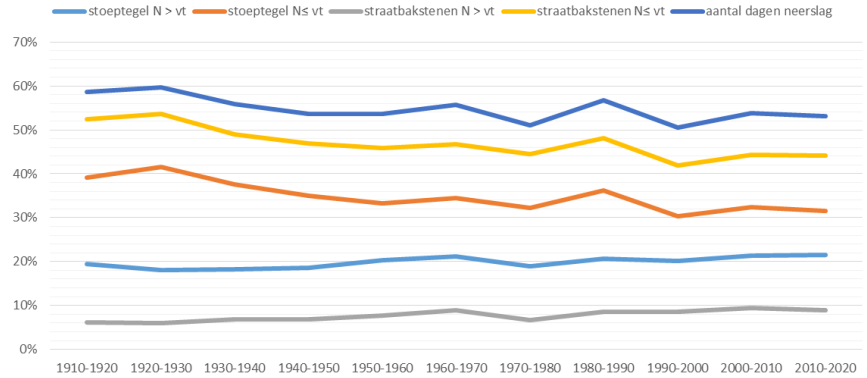
maximale infiltratie [mm]	stoeptegel 30 x 30		baksteen 20 x 5	
tijd [uren]	zand voor zandbed	drainagezand	zand voor zandbed	drainagezand
1	0,43	0,47	0,61	0,72
2	0,55	0,63	0,93	1,13
3	0,68	0,80	1,24	1,55
4	0,80	0,97	1,55	1,97
5	0,93	1,13	1,86	2,38
6	1,05	1,30	2,18	2,80
7	1,18	1,47	2,49	3,22
8	1,30	1,63	2,80	3,63
9	1,43	1,80	3,11	4,05
10	1,55	1,97	3,43	4,47
12	1,80	2,30	4,05	5,30
24	3,30	4,30	7,80	10,30

Bij stoeptegels (gemiddeld 3,8 mm/24 uur) en baksteen (gemiddeld 9,05 mm/24 uur) is per decade met meetstation (KNMI Amsterdam) bepaald hoe vaak de regenbui groter is (dan de maximale infiltratie door elementenverharding) en kleiner is (dan de maximale infiltratie door elementenverharding). In tabel 5 en grafiek 1 zijn de resultaten weergegeven.

Tabel 5

aantal dagen neerslag [N] versus maximale infiltratie door elementen [vt]	stoeptegel N > vt	stoeptegel N≤ vt	bakstenen N > vt	bakstenen N≤ vt	aantal dagen met neerslag
1910-1920	20%	39%	6%	52%	59%
1920-1930	18%	41%	6%	54%	60%
1930-1940	18%	38%	7%	49%	56%
1940-1950	19%	35%	7%	47%	54%
1950-1960	20%	33%	8%	46%	54%
1960-1970	21%	34%	9%	47%	56%
1970-1980	19%	32%	7%	44%	51%
1980-1990	21%	36%	9%	48%	57%
1990-2000	20%	30%	9%	42%	51%
2000-2010	21%	32%	9%	44%	54%
2010-2020	21%	32%	9%	44%	53%

Grafiek 1

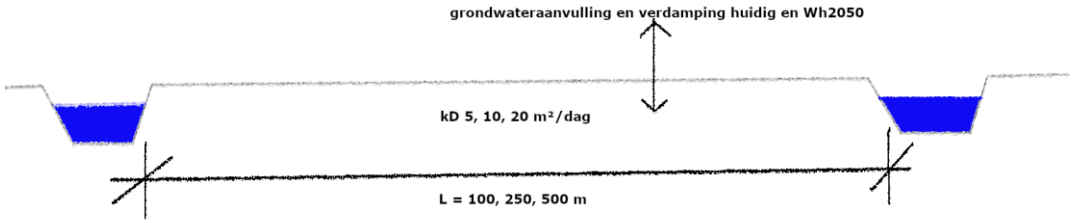


Uit de statistieken (meetreeks KNMI Amsterdam 2000-2014) blijkt dat maximaal 70% van neerslag kan infiltreren door elementenverharding, bij de rest sprake van run-off. Daarnaast is er ook verdamping bij elementenverharding al is deze vrij gering (30% van waarde in tabel 1). Een ander veelvoorkomende situatie zijn bomen met kleine boomspiegel in een elementenverharding opgesloten, door opname van water door de boomwortels is hier geen reductie van verdamping (ten opzichte van tabel 1). Er is in de zomer zelfs sprake van toename verdamping (ten opzichte van de waarde in tabel 1). In tabel 6 is de maatgevende grondwateraanvulling samengevat.

Tabel 6

grondwateraanvulling [mm/jaar]	Elementen-verharding	Elementen-verharding Wh2050	Elementen-verharding met bomen	Elementen-verharding met bomen Wh2050
januari	50,10	58,95	44,50	53,19
februari	36,80	43,69	26,30	32,87
maart	42,20	46,19	19,80	22,22
april	14,10	15,72	-26,50	-27,73
mei	20,30	22,63	-67,90	-71,74
juni	20,60	11,44	-87,40	-108,44
juli	30,30	19,52	-93,20	-117,56
augustus	29,90	20,25	-54,10	-72,99
september	42,00	45,22	-4,55	-4,58
oktober	54,20	58,31	35,30	38,08
november	56,90	61,18	49,20	52,95
december	57,00	66,94	52,80	62,62

Berekening effect Wh2050 in de stad modelleren



Het effect in klimaatscenario Wh2050 is uitgevoerd in een 2D grondwatermodel berekening waarbij er 3 verschillende afstanden tussen oppervlaktewater, 3 verschillende kD-waarden en 3 verschillende inrichtingen getoetst zijn wat betreft grondwateraanvulling en verdamping:

1. **Park:** Gras 50% + bomen 50%;
2. **Veel bomen in stad:** Bebouwing 25% + elementenverharding met bomen 40% + 25% elementenverharding + 5% bomen + 5% gras;
3. **Weinig bomen in stad:** Bebouwing 30% + elementenverharding met bomen 5% + 60% elementenverharding + 5% gras;

Totaal zijn er 3 x 3 x 3 = 27 modelruns uitgevoerd voor de bestaande situatie en de situatie in klimaatscenario Wh2050 (90 modelruns totaal). Elke modelrun wordt het klimaat gesimuleerd in stappen van 1 maand, elke maand wordt de grondwateraanvulling/verdamping aangepast conform de bijpassende rekenwaarde.

De uitkomst bestaand en klimaatscenario Wh2050 worden vergeleken. Wijzigingen door klimaatscenario Wh2050 zijn gerapporteerd ten aanzien van de maatgevend hoge grondwaterstand (hoger of lager) en de maatgevend lage grondwaterstand (hoger of lager). In de onderstaande tabellen staan de resultaten. Voorbeeld input grondwateraanvulling in model park bij bestaand versus nieuw in tabel 6.

Hoe is dit bepaald? ➔ het 50% van waarde kolom 5 + 50% van waarde kolom 7 (gras en bomen in Wh 2050), regel januari, in tabel 2 is 79,9 mm/maand.

Tabel 6

Grondwateraanvulling modelinput [mm/maand]	model park bestaand	model park Wh 2050	model veel bomen bestaand	model veel bomen Wh 2050	model weinig bomen bestaand	model weinig bomen Wh 2050
januari	67,4	79,9	37,1	44,0	35,7	42,0
februari	44,8	54,4	24,2	29,5	25,7	30,6
maart	43,6	48,1	22,8	25,2	28,6	31,3
april	-13,0	-13,0	-8,4	-8,5	6,5	7,4
mei	-33,7	-34,8	-25,5	-26,5	7,8	9,0
juni	-44,5	-65,7	-34,3	-47,1	6,9	-0,6
juli	-39,5	-64,0	-33,7	-48,5	13,0	4,2
augustus	-15,0	-35,1	-15,7	-27,6	15,3	7,6
september	28,3	30,7	11,5	12,5	26,8	28,9
oktober	63,4	68,2	34,0	36,6	37,5	40,4
november	75,6	81,3	41,5	44,6	40,4	43,5
december	78,3	92,4	43,2	51,0	40,8	47,9

Effect bij park

De effecten bij parken in de stad zijn met name dalend (18 modelstudies samengevat in tabellen 9 en 10). De GLG zakt tot 0,32 m in het midden van de drainagemiddelen, conclusie ➔ in dit geval gaten 0,35 m extra dieper aanleggen (beneden GLG ter voorkoming van oxidatie geohydrologische maatregelen.

De GHG stijgt tot 0,07 m in het midden van de drainagemiddelen (afhankelijk van de kD-waarde en afstand tussen drainagemiddelen) conclusie ➔ rekening houden dat de GHG 0,1 m kan stijgen.

Tabel 7

Stijging ghg [m]	**L=100**	**L=250**	**L=500**
kD 5 m²/dag	0.06	0.04	-0.1*
kD 10 m²/dag	0.04	0.07	-0.02*
kD 20 m²/dag	0.025	0.06	0.05

*opbolling in het midden is dusdanig groot (>1,5 m), het scenario kan daarom uitgesloten worden

Tabel 8

Stijging glg [m]	**L=100**	**L=250**	**L=500**
kD 5 m²/dag	-0.11	-0.19	-0.32*
kD 10 m²/dag	-0.075	-0.175	-0.23*
kD 20 m²/dag	-0.045	-0.14	-0.19

*opbolling in het midden is dusdanig groot (>1,5 m), het scenario kan daarom uitgesloten worden

Effect bij veel bomen in stad

De effecten bij veel bomen in de stad zijn met name dalend (18 modelstudies samengevat in tabellen 9 en 10). De GLG zakt tot 0,3 m in het midden van de drainagemiddelen, conclusie ➔ in dit geval gaten 0,3 m extra dieper aanleggen (beneden GLG ter voorkoming van oxidatie geohydrologische maatregelen.

De GHG stijgt tot 0,03 m (en zakt waarschijnlijk) in het midden van de drainagemiddelen (afhankelijk van de kD-waarde en afstand tussen drainagemiddelen) conclusie ➔ rekening houden dat de GHG 0,05 m kan stijgen.

Tabel 9

Stijging ghg [m]	**L=100**	**L=250**	**L=500**
kD 5 m²/dag	0.03	0.005	-0.15*
kD 10 m²/dag	0.02	0.03	-0.05
kD 20 m²/dag	0.015	0.036	0.01

*opbolling in het midden is dusdanig groot (>1,5 m), het scenario kan daarom uitgesloten worden

Tabel 10

Stijging glg[m]	**L=100**	**L=250**	**L=500**
kD 5 m²/dag	-0.07	-0.125	-0.28*
kD 10 m²/dag	-0.045	-0.1	-0.17
kD 20 m²/dag	-0.027	-0.085	-0.12

*opbolling in het midden is dusdanig groot (>1,5 m), het scenario kan daarom uitgesloten worden

Effect bij weinig bomen in stad

De effecten bij weinig bomen in de stad zijn relatief gering (18 modelstudies samengevat in tabellen 11 en 12). De GLG veranderd maximaal 0,05 m (modelnauwkeurigheid) in het midden van de drainagemiddelen, conclusie ➔ in dit geval gaten 0,05 m extra dieper aanleggen (beneden GLG ter voorkoming van oxidatie geohydrologische maatregelen.

De GHG stijgt 0,01 tot 0,14 m in het midden van de drainagemiddelen (afhankelijk van de kD-waarde en afstand tussen drainagemiddelen). Waarbij de totale opbolling groter is dan 1,5 m bij 0,14 m opbolling (deze opbolling wordt niet waargenomen in de stad Amsterdam en telt daarom niet mee). Uit gemeentelijk grondwatermodel blijkt maximaal 0,12 m stijging, conclusie ➔ rekening houden dat de GHG 0,12 m kan stijgen.

Tabel 11

Stijging ghg [m]	**L=100**	**L=250**	**L=500**
kD 5 m²/dag	0.035	0.065	0.14*
kD 10 m²/dag	0.025	0.045	0.09*
kD 20 m²/dag	0.012	0.04	0.04

*opbolling in het midden is dusdanig groot (>1,5 m), het scenario kan daarom uitgesloten worden

Tabel 12

Stijging glg [m]	**L=100**	**L=250**	**L=500**
kD 5 m²/dag	-0.035	-0.02	0.06*
kD 10 m²/dag	-0.017	-0.046	0.01*
kD 20 m²/dag	-0.013	-0.038	-0.04

*opbolling in het midden is dusdanig groot (>1,5 m), het scenario kan daarom uitgesloten worden

SAMENVATTING

De modelstudie geeft als resultaat dat de grondwaterstanden bij klimaatscenario beperkt wijzigen. Uit de berekeningen volgen grotere afwijkingen pas op bij grote opbolling (ten opzichte van polderpeil), uit peilbuizen in de stad blijkt dat dergelijke opbolling niet optreedt (doordat er naast grachten in de stad ook niet zichtbaar drainerende elementen aanwezig zijn in de bodem).

De wijziging van grondwaterstand in tabel 13 wordt meegenomen in het ontwerp, dit door de maatgevende meetreeksen (peilbuizen historisch) te corrigeren (ghg verhogen en glg verlagen) voor het Wh2050 scenario.

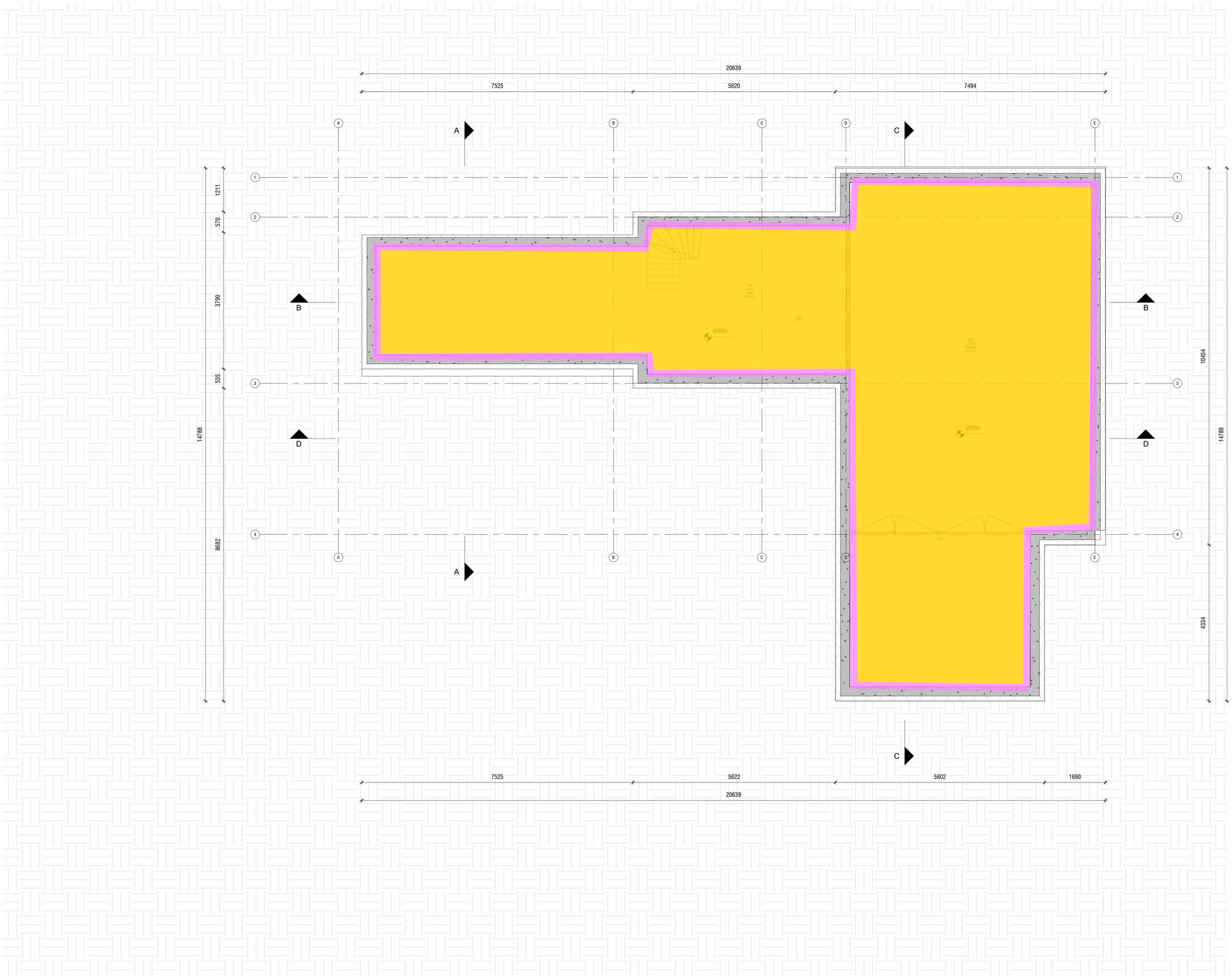
Tabel 13

inrichting	GHG	GLG	Aanvullende maatregel Wh 2050 bij oplossing 2 en 3
Park	≤+0,12[I] m	≥-0,25 m	gaten/bypass 0,25 m dieper
Stad met veel bomen	≤+0,12[I] m	≥-0,25 m	gaten/bypass 0,25 m dieper

[I] Bovengrens stijging volgens grondwatermodel Amsterdam aangehouden, deze ligt hoger dan benadering Loots, door rekening te houden met deze hogere waarden is het ontwerp conservatief

Stad met weinig bomen	≤+0,12[1] m	≥-0,05 m	gaten/bypass 0,05m dieper

Bijlage 2 – Tekeningen



Renvooi

- metselwerk
- lichte bouwsteen
- hsb/metal stud wand
- isolatie
- houten vloer
- beton
- kozijn met glas
- deurkozijn binnendeur
- deurkozijn buitendeur
- rookmelder conform NEN 2555/EN 14604
- standleiding
- hemelwaterafvoer
- vbr verblijfsruimte
- vkr verkeersruimte
- bdr badruimte
- bu buitenruimte
- mk meterkast

Bouw/ Verbouwing geheel uitvoeren conform bouwbesluit 2012.



0m 10m 20m 30m

N

Situatie:

Kadastraal bekend: Gemeente
Sectie:
Nummer: Schaal: 1:000

Maatvoering:

Alle maten in het werk controleren en eventueel in overleg aanpassen aan bestaande bebouwing.

AVB
James Wattstraat 60h
1097 DM Amsterdam
T: 020-6403306
E: info@avbmail.nl
www.avb.amsterdam

Project
Stoombotweg 71

Opdrachtgever:
Dhr. R. Vink

Onderwerp:
Kelder

Datum:
09/08/2024

Datum gewijzigd:
A:
B:
C:
D:

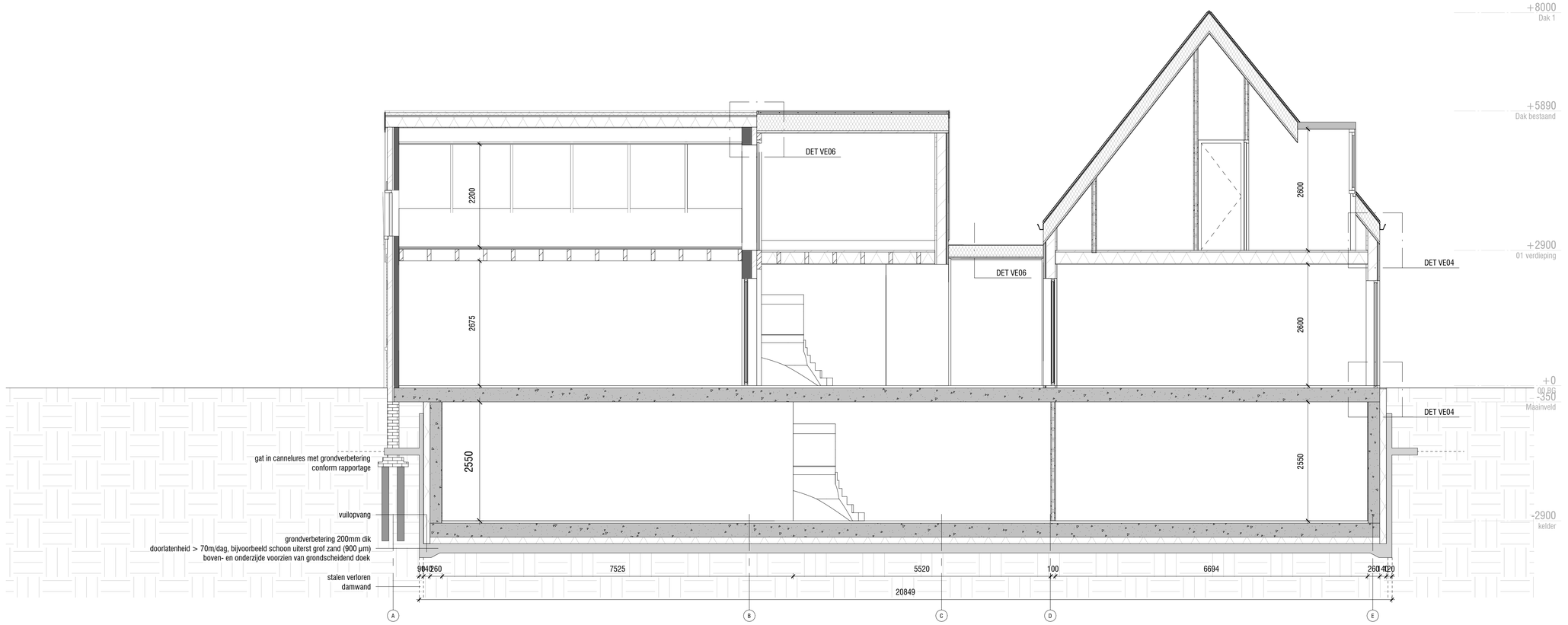
Schaal:
1:50

Formaat:
A1

Tekeningnummer:
N-02-PL-0-1

Getekend: SML
Fase: OMG





Renvooi

- metselwerk
- lichte bouwsteen
- hsb/metal stud wand
- isolatie
- houten vloer
- beton
- kozijn met glas
- deurkozijn binnendeur
- deurkozijn buitendeur
- rookmelder conform NEN 2555/EN 14604
- st. standleiding
- hwa. hemelwaterafvoer
- vbr verblijfsruimte
- vkr verkeersruimte
- bdr badruimte
- bu buitenruimte
- mk meterkast

Bouw/ Verbouwing geheel uitvoeren conform bouwbesluit 2012.



0m 10m 20m 30m

N

Situatie:

Kadastraal bekend: Gemeente
Sectie:
Nummer: Schaal: 1:000

Maatvoering:

Alle maten in het werk controleren en eventueel in overleg aanpassen aan bestaande bebouwing.

AVB
James Wattstraat 60h
1097 DM Amsterdam
T: 020-6403306
E: info@avbmail.nl
www.avb.amsterdam

Project
Stoombotweg 71

Opdrachtgever:
Dhr. R. Vink

Onderwerp:
Doorsnede A-B

Datum:
09/08/2024

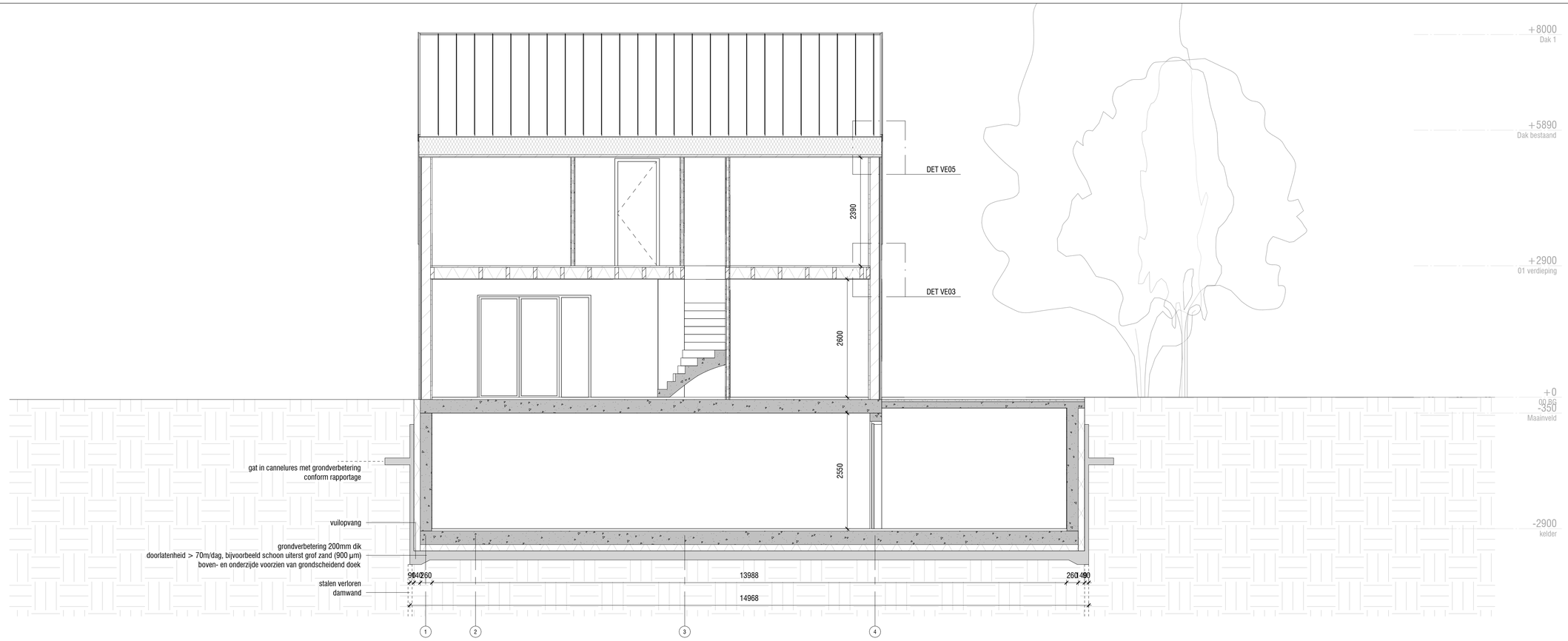
Datum gewijzigd:
A:
B:
C:
D:

Schaal:
1:50

Formaat:
A1

Tekeningnummer:
N-03-DS-01

Getekend: SML
Fase: OMG





Renvooi

- metselwerk
- lichte bouwsteen
- hsb/metal stud wand
- isolatie
- houten vloer
- beton
- kozijn met glas
- deurkozijn binnendeur
- deurkozijn buitendeur
- rookmelder conform NEN 2555/EN 14604
- sl. standleiding
- hwa. hemelwaterafvoer
- vbr verblijfsruimte
- vkr verkeersruimte
- bdr badruimte
- bu buitenruimte
- mk meterkast

Bouw/ Verbouwing geheel uitvoeren conform bouwbesluit 2012.



0m 10m 20m 30m

N

Situatie:

Kadastraal bekend: Gemeente
Sectie:
Nummer: Schaal: 1:000

Maatvoering:

Alle maten in het werk controleren en eventueel in overleg aanpassen aan bestaande bebouwing.

AVB
James Wattstraat 60h
1097 DM Amsterdam
T: 020-6403306
E: info@avbmail.nl
www.avb.amsterdam

Project
Stoombotweg 71

Opdrachtgever:
Dhr. R. Vink

Onderwerp:
Doorsnede C-D

Datum:
09/08/2024

Datum gewijzigd:
A:
B:
C:
D:

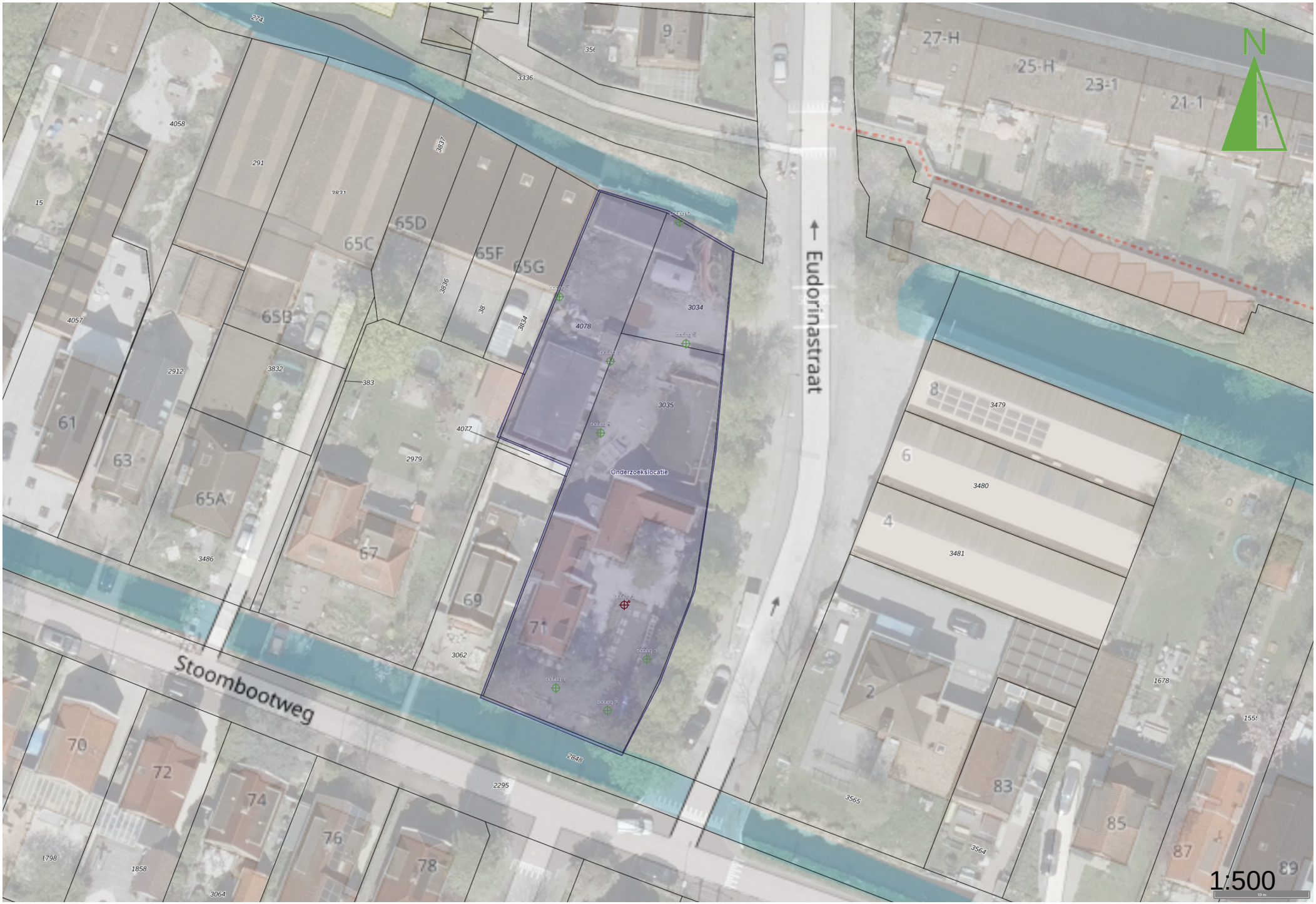
Schaal:
1:50

Formaat:
A1

Tekeningnummer:
N-03-DS-03

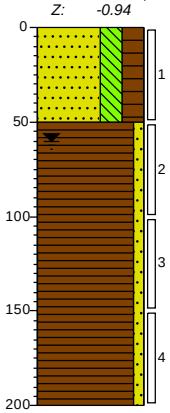
Getekend: SML
Fase: OMG

Bijlage 3 – Grondonderzoeken


N
Eudorinastraat
Stoombootweg
Onderzoekslocatie
1:500

Boring: boring 1

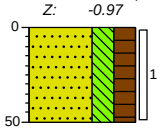
X: 122089,73
Y: 492349,63
Z: -0.94



0 tuin
Zand zeer fijn sterk siltig sterk humeus, donkerbruin, Edelmanboor
50
Veen zwak zandig, donkerbruin, Edelmanboor
200

Boring: boring 2

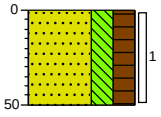
X: 122095,17
Y: 492347,21
Z: -0.97



0 tuin
Zand zeer fijn sterk siltig sterk humeus, donkerbruin, Edelmanboor
50

Boring: boring 3

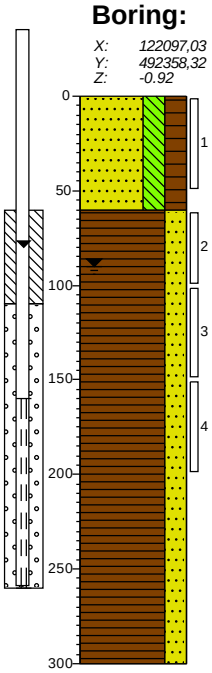
X: 122099,38
Y: 492352,58
Z: -0.94



0 tuin
Zand zeer fijn sterk siltig sterk humeus, donkerbruin, Edelmanboor
50

Boring: boring 4

X: 122097,03
Y: 492358,32
Z: -0.92



0 tuin
Zand zeer fijn sterk siltig sterk humeus, donkerbruin, Edelmanboor
60
Veen sterk zandig, donkerbruin, Edelmanboor
300

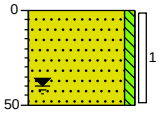
Projectcode: BAMMA-2023-10

Projectnaam: Eudorinastraat 3 te Amsterdam

getekend volgens NEN 5104

Boring: boring 5

X: 122103,72
Y: 492385,88
Z: -1.16



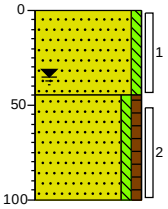
0 tuin

Zand matig fijn zwak siltig, neutraal bruinbeige, Edelmanboor

50

Boring: boring 6

X: 122103,16
Y: 492398,70
Z: -1.19



0 tuin

Zand matig fijn zwak siltig, neutraal bruinbeige, Edelmanboor

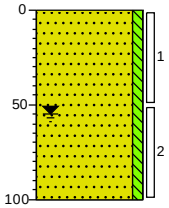
45

Zand matig fijn zwak siltig zwak humeus, neutraalbruin, Edelmanboor

100

Boring: boring 7

X: 122090,39
Y: 492390,94
Z: -1.15



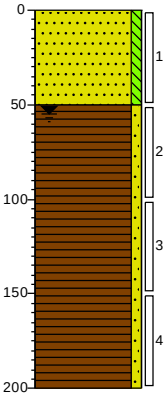
0 tuin

Zand matig fijn zwak siltig, neutraal bruinbeige, Edelmanboor

100

Boring: boring 8

X: 122095,70
Y: 492384,07
Z: -1.16



0 tuin

Zand matig fijn zwak siltig, neutraal bruinbeige, Edelmanboor

50

Veen zwak zandig, donkerbruin, Edelmanboor

200

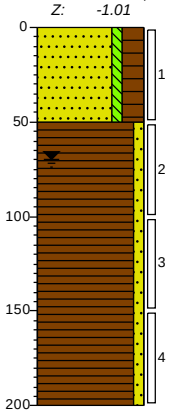
Projectcode: BAMMA-2023-10

Projectnaam: Eudorinastraat 3 te Amsterdam

getekend volgens NEN 5104

Boring: boring 9

X: *122094,63*
Y: *492376,51*
Z: *-1.01*



0 tuin

Zand zeer fijn zwak siltig sterk humeus, donkerbruin, Edelmanboor

50

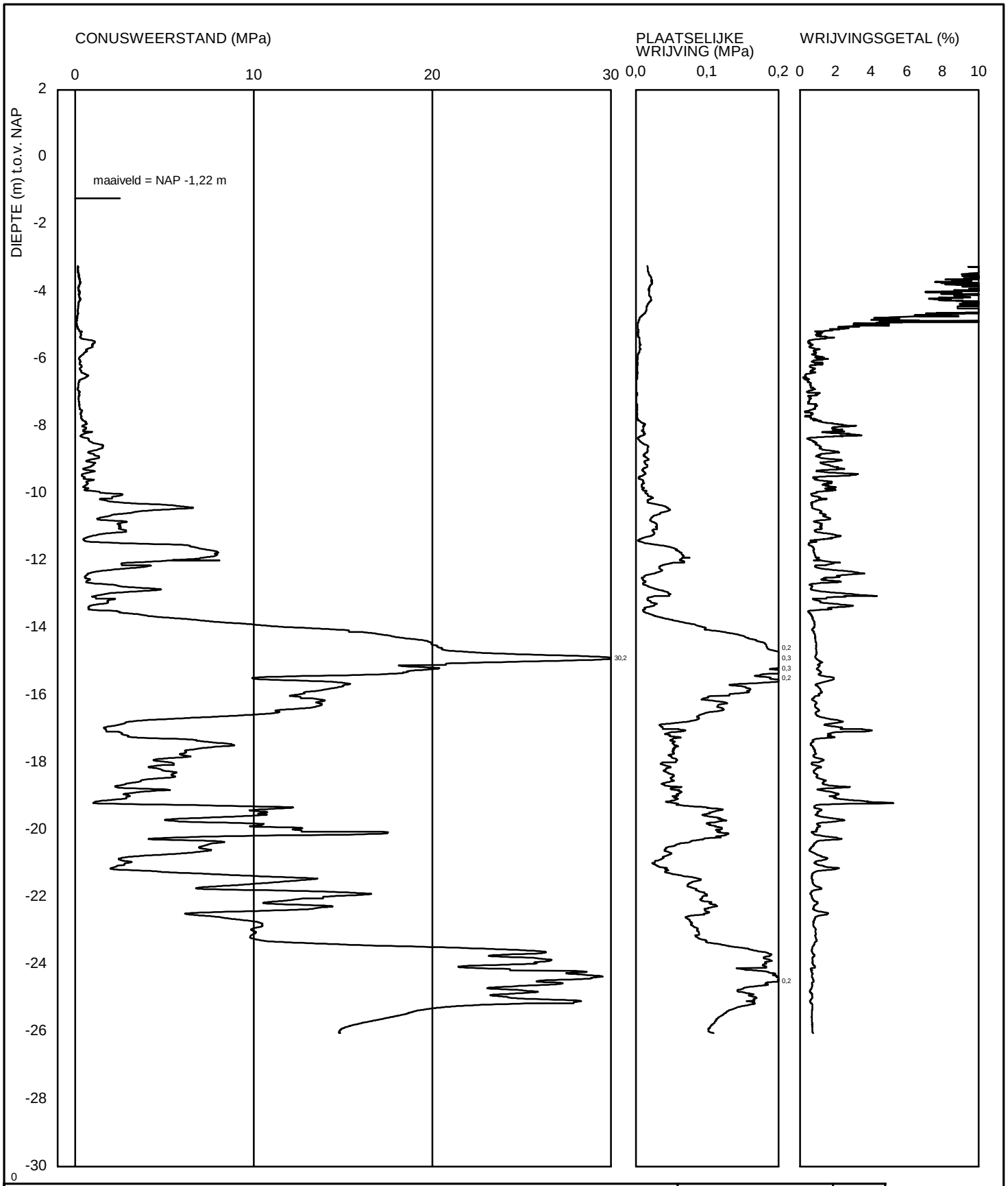
Veen zwak zandig, donkerbruin, Edelmanboor

200

Projectcode: BAMMA-2023-10

Projectnaam: Eudorinastraat 3 te Amsterdam

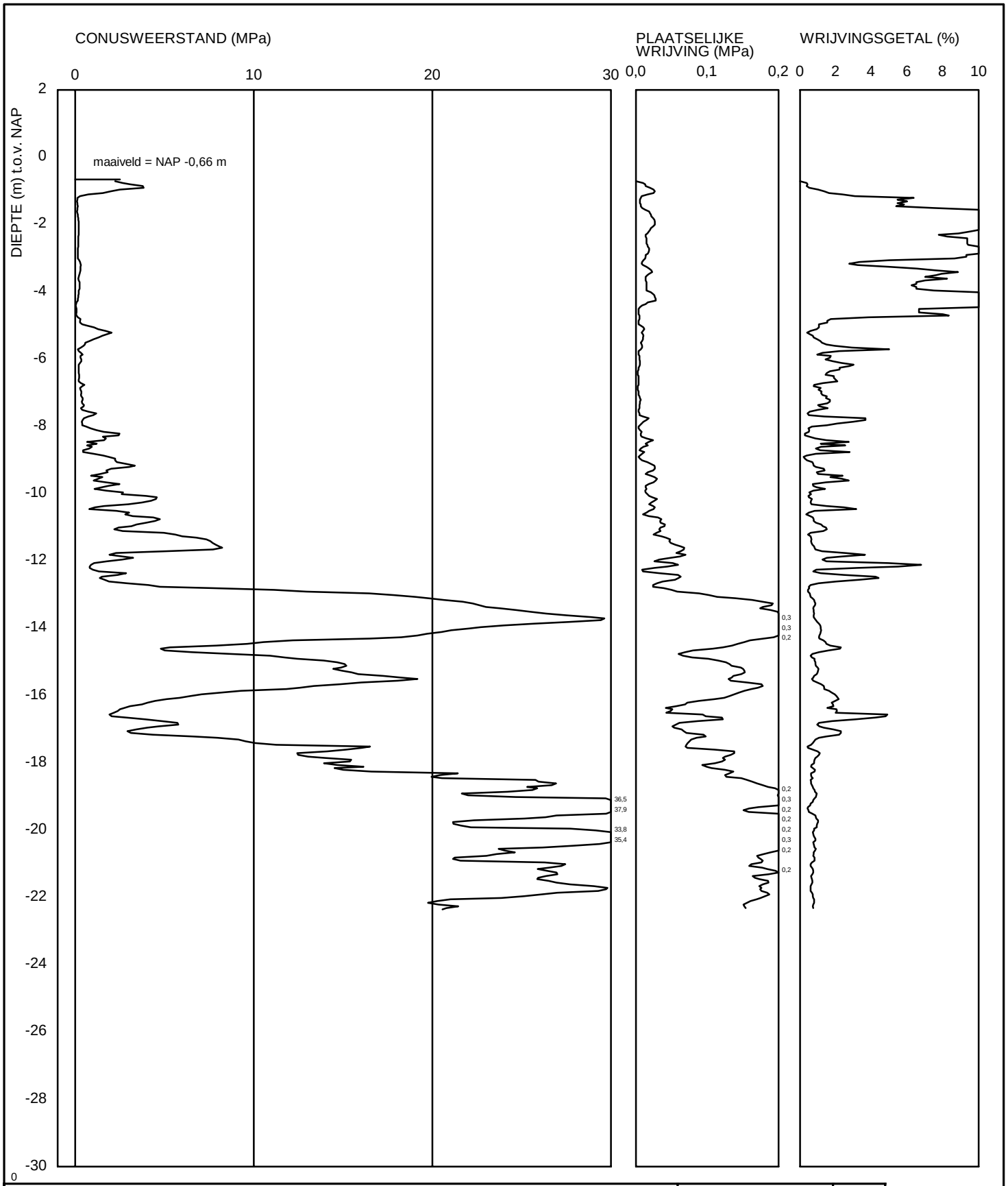
getekend volgens NEN 5104



<Not Registered>
<Not Registered>
<Not Registered>
<Not Registered> <Not Registered>
Telefoon <Not Registered>
Telefax <Not Registered>

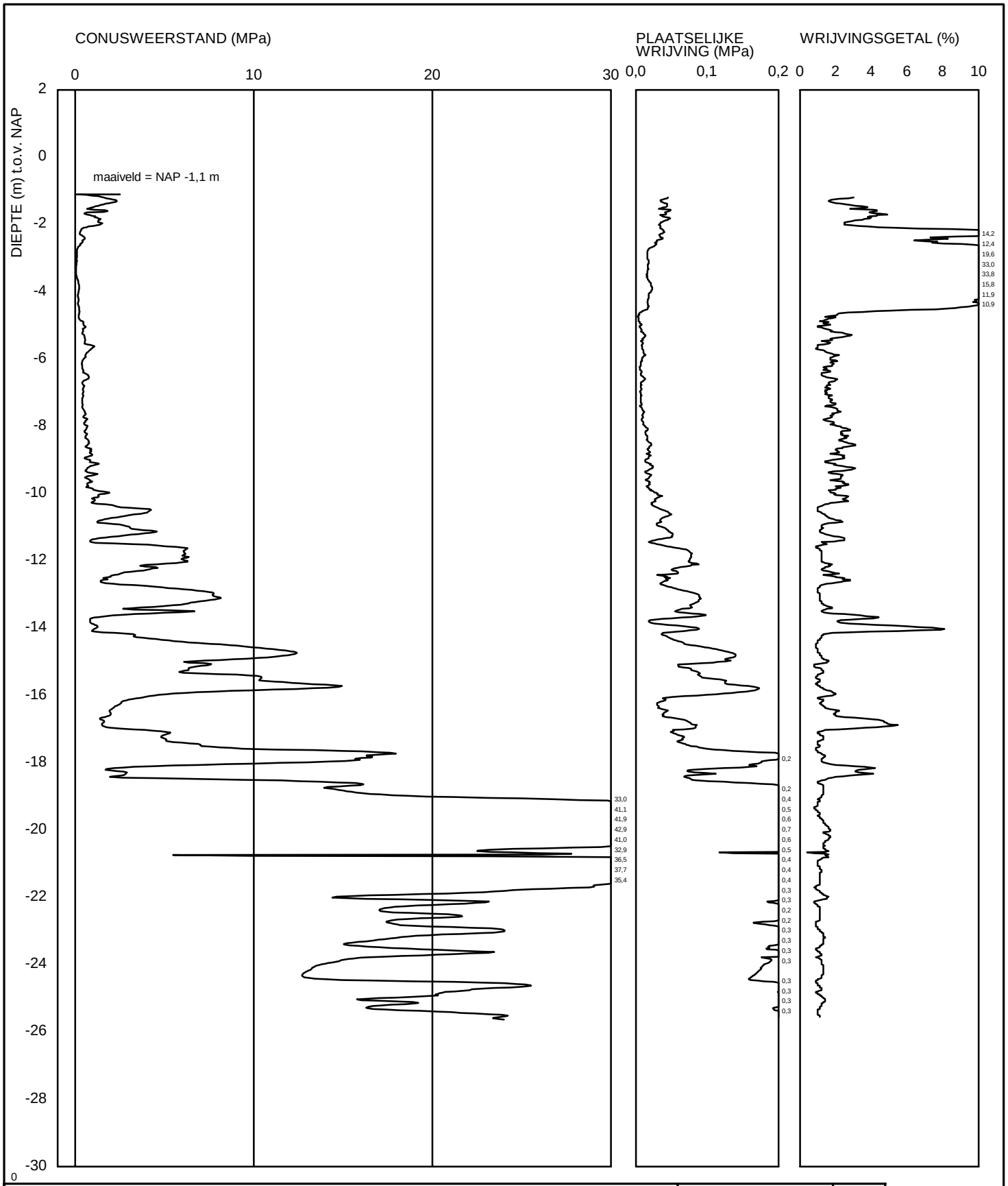
	datum 2003-10-01	get. -
-	BRO-/	gez.
-	BIJL. -	form. A4

Sondering CPT000000007564



<Not Registered>
<Not Registered>
<Not Registered>
<Not Registered> <Not Registered>
Telefoon <Not Registered>
Telefax <Not Registered>

	datum 1993-09-16	get. -
- -	BRO-/	gez.
Sondering CPT000000017602	BIJL. -	form. A4



<Not Registered>
<Not Registered>
<Not Registered>
<Not Registered> <Not Registered>
Telefoon <Not Registered>
Telefax <Not Registered>

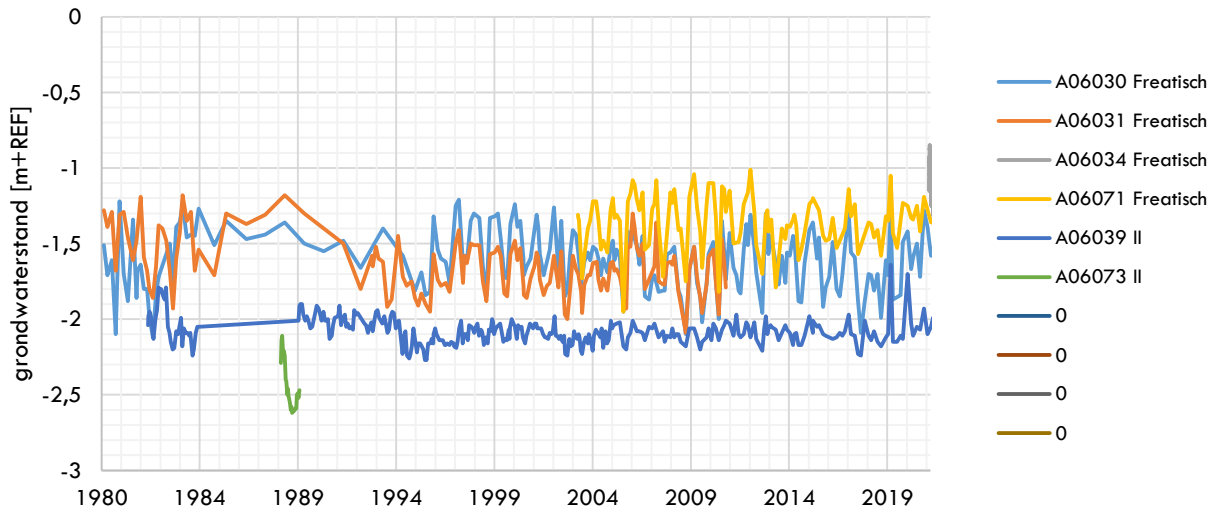
datum 2000-05-10	get. -	
BRO-/	gez.	
BIJL. -	form. A4	

-
-

Sondering CPT000000055672

groene cirkel=hoge grondwaterstand, gele driekhoek=gemiddelde grondwaterstand en rode ruit=lage grondwaterstand REF=NAP

naam	A06030 Freat	A06031 Freat	A06034 Freat	A06071 Freat	A06039 II	A06073 II
X-coördinaat	122170	122132	122033	121928	121991	121648
Y-coördinaat	492419	492479	492505	492422	492602	492295
maaiveld [m+REF]	-0,76	-0,74	-0,87	-0,76	-1,16	-0,11
bovenkant filter [m+REF]	-3,36	-3,28	-3,19	-3,53	-15,76	-11,31
onderkant filter [m+REF]	-4,36	-4,28	-4,19	-4,53	-16,76	-12,31
laatste meetjaar	2024	2011	2023	2024	2024	1990
laatste meting	-1,51	-1,28	-1,03	-1,31	-2,04	-2,29
totale meetperiode	44	31	3	20	42	1
aantal metingen	218	149	20001	127	349	24
hoogste [hele reeks]	-1,21	-1,18	-0,82	-1,01	-1,64	-2,11
ghg [laatste 8 jaren]	-1,29	-1,35	-0,82	-1,12	-1,76	-2,15
hoog σ [hele reeks]	-1,21	-1,27	-0,88	-1,02	-1,91	-2,11
gemiddelde [hele reeks]	-1,60	-1,64	-1,25	-1,36	-2,08	-2,45
gemiddelde [laatste 8 jaren]	-1,65	-1,69	-1,25	-1,37	-2,07	-2,45
laag σ [hele reeks]	-2,00	-2,02	-1,63	-1,70	-2,25	-2,80
glg [laatste 8 jaren]	-2,05	-2,01	-1,84	-1,58	-2,22	-2,61
laagste [hele reeks]	-2,12	-2,09	-1,85	-1,95	-2,27	-2,62
σ [hele reeks]	0,20	0,19	0,19	0,17	0,08	0,17
januari	-1,45	-1,55	-1,08	-1,26	-2,03	-2,50
februari	-1,51	-1,53	-1,11	-1,22	-2,04	-2,22
maart	-1,49	-1,60	-1,14	-1,27	-2,06	-2,17
april	-1,60	-1,58	-1,19	-1,40	-2,07	-2,23
mei	-1,65	-1,64	-1,27	-1,42	-2,08	-2,41
juni	-1,72	-1,81	-1,30	-1,47	-2,11	-2,48
juli	-1,70	-1,71	-1,42	-1,51	-2,11	-2,53
augustus	-1,80	-1,79	-1,50	-1,52	-2,14	-2,59
september	-1,73	-1,83	-1,56	-1,43	-2,11	-2,62
oktober	-1,58	-1,65	-1,31	-1,36	-2,07	-2,61
november	-1,56	-1,62	-1,19	-1,29	-2,05	-2,59
december	-1,46	-1,52	-1,13	-1,24	-2,06	-2,50
2013	-1,53			-1,36	-2,09	
2018	-1,72			-1,32	-2,11	



Bijlage 4 – Opbarstberekening

onderdeel: grondverbetering REF=NAP

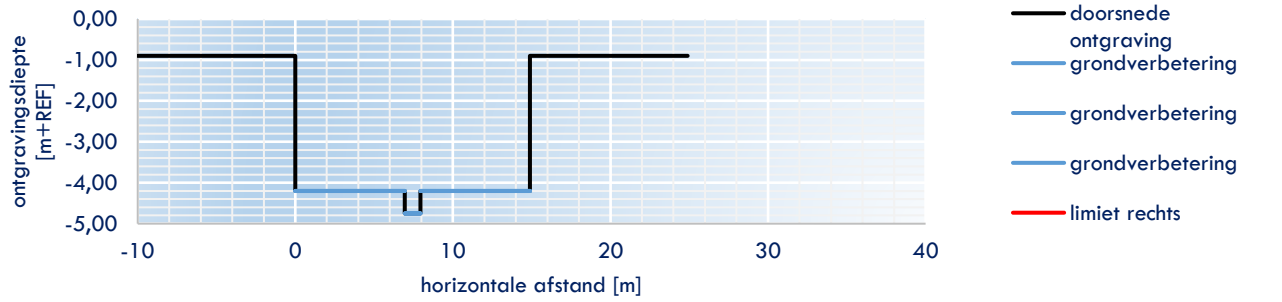
grondonderzoek: DKM1

start maaiveld:	-0,90	**diepte:**	-4,2	**diepte:**	-4,8		WVL1	WVL2	WVL3	WVL4	WVL5
Atl:	0,00	**Abl:**	0,00	**vierkant top:**	nee	**d_2t:**		0,65	4,75	9,05	
Atr:	0,00	**Abr:**	0,00	**vierkant beneden:**	nee	**ft:**	0	0	0,073	0,248	
Ctl:	50,00	**Cbl:**	56,95	**Ygvb:**	17,0	**d_2b:**		0,65	4,75	9,05	
Ctr:	50,00	**Cbr:**	56,95	**Dtgvb:**	0,0	**fb:**	0	0,275	0,867	0,928	
Bt:	7,45	**Bb:**	0,50	**Dbgvb:**	0,0						

berekening conform Eurocode NEN9997-1+c1:2012

gvb=grondverbetering

grondbeschrijving	y (σ) [kN/m³]	top [m+REF]	type	ft [m]	fb [m]	d_2b [m]	gvb [m]	gronddruk op watervoerende laag [kN/m²] WVL1	WVL2	WVL3	WVL4	WVL5
zand, matig fijn, matig silthoudend, los	17 (0,43)	-0,90	WVL1	1,1	0	0	0	0,00	0,01	1,36	4,63	
veen, zandig, slap	11 (0,28)	-2,00	WVL1	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	
veen, hollandveen	10,5 (0,26	-2,00		2,2	0,55	0,25	0	0,00	4,22	9,31	13,70	
klei, zandig, slap	16,5 (0,41	-5,00		0	0	0,4	0	0,00	6,60	6,60	6,60	
zand, uiterst fijn, sterk silthoudend, los	18 (0,45)	-5,40	WVL2	0	0	0,3	0	0,00	0,00	5,40	5,40	
klei, zandig, slap	16,5 (0,41	-5,70		0	0	3,8	0	0,00	0,00	62,70	62,70	
zand, uiterst fijn, sterk silthoudend, los	18 (0,45)	-9,50	WVL3	0	0	3,5	0	0,00	0,00	0,00	63,00	
klei, hydrobia	15,2 (0,38	-13,00		0	0	0,6	0	0,00	0,00	0,00	9,12	
veen, basisveen	11,5 (0,29	-13,60		0	0	0,2	0	0,00	0,00	0,00	2,30	
zand, zeer fijn, sterk silthoudend	19 (0,48)	-13,80	WVL4	0	0	3,2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	
zand, kleiig	20 (0,5)	-17,00	WVL4	0	0	0,3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	
zand, matig grof, zwak silthoudend, vast	21 (0,53)	-17,30	WVL4	0	0	12,7	0	0,00	0,00	0,00	0,00	
klei, zwak siltig, vast	19 (0,48)	-30,00						0,00	0,00	0,00	0,00	
paalwerking [kN/m²]								0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Uz;d som y x d								0,00	10,82	85,36	167,45	0,00
Uz;d som yσ x d								0,00	0,27	2,13	4,19	0,00
kritieke grondwaterstand [m+REF] faalkans 50%, veiligheidsfactor 1,0									-4,30	-0,80	3,28	
kritieke grondwaterstand [m+REF] faalkans 16%, veiligheidsfactor 1,025									-4,32	-1,01	2,85	
kritieke grondwaterstand [m+REF] faalkans 5%, veiligheidsfactor 1,05									-4,35	-1,23	2,42	
Eurocode kritieke grondwaterstand [m+REF] faalkans 0,5%, veiligheidsfactor 1,1									**-4,41**	**-1,67**	**1,57**	
hoge grondwaterstand [m+REF] per watervoerende laag								-1,39	-1,44	-1,49	-1,91	
opwaartse waterdruk [kN/m²]								0,00	39,60	80,10	118,91	
bruto veiligheidsfactor bij maatgevend hoge grondwaterstand									**0,27**	**1,07**	**1,41**	



	berekening factor Boussinesq - bovenste trap					berekening factor Boussinesq - onderste trap				
	f_{rechts}	f_{links}	$f_{limiet-rechts}$	$f_{limiet-links}$	f_t	f_{rechts}	f_{links}	$f_{limiet-rechts}$	$f_{limiet-links}$	f_b
WVL1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
WVL2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,27	0,27	0,00	0,00	0,275
WVL3	0,07	0,07	0,00	0,00	0,073	0,87	0,87	0,00	0,00	0,867
WVL4	0,25	0,25	0,00	0,00	0,248	0,93	0,93	0,00	0,00	0,928
WVL5										

$$f\ (\text{Boussinesq}) = (f_{rechts} + f_{links})/2 - (f_{limiet-rechts} + f_{limiet-links})/2$$