datum

11 juni

2021

Geohydrologisch onderzoek

Sarphatipark 88-90 te Amsterdam

status: definitief versie: 1

opdrachtgever

adviseur

kenmerk

10730621B.1

Inhoudsopgave

1 Inleiding..... 3

2 Uitgangspunten..... 4
2.1 Ondergronds object bestaand en nieuw..... 4
2.2 Bodemopbouw..... 5
2.3 Waterhuishouding eigenschappen..... 6
2.4 Hemelwater eigenschappen..... 7

3 Berekeningsresultaten..... 9
3.1 Barrière bestaand versus nieuw..... 9
3.2 Hemelwater bestaand versus nieuw..... 9
3.3 Grondwaterstroming en -verhang..... 10
3.4 Drukverlies gaten in achterblijvende damwand..... 11
3.5 Oplosrichtingen grondwaterstroming..... 13

4 Conclusie en aanbevelingen..... 14
4.1 Conclusie (geo)hydrologisch ontwerp..... 14
4.2 Conclusie monitoring..... 15
4.3 Aanbevelingen..... 16
4.4 Vervolgstappen..... 16

Gebruikte literatuur en bronnen..... 17
Bijlage 1 - Tekeningen + voorbeeld oplossingen
Bijlage 2 - Bodemonderzoeken en -parameters
Bijlage 3 - Grondwaterparameters
Bijlage 4 - Berekening debiet
Bijlage 5 - Berekening gaten in damwand
Bijlage 6 - Berekening doorlatendheid grondverbetering

1 Inleiding

Bij het project "Sarphatipark 88-90 te Amsterdam" worden ondergrondse objecten aangelegd. De opdrachtgever wenst duidelijkheid op het gebied van hemel- en grondwater. De opdrachtgever wilt weten welke maatregelen noodzakelijk zijn om verslechtering van de waterhuishouding te voorkomen. De opdrachtgever wenst een grondwaterneutraal ontwerp.

Helderheid op deze punten is van belang, de opdrachtgever wenst een verantwoorde beslissing te nemen over de aanleg van een ondergrondse constructie.

Doel van geohydrologisch onderzoek
Het hoofddoel is het bepalen van een geohydrologisch ontwerp welke voldoet aan grondwaterneutraal bouwen. Bij een grondwaterneutraal ontwerp kan hemel- en grondwater in de nieuwe situatie met hetzelfde gemak als in de bestaande situatie (dus niet meer weerstand) afstromen.

Daarnaast worden de volgende vragen beantwoord:
1. Welke grondwaterstroming is er in de omgeving (verschillen polderpeil)? [hoofdstuk 2.3]
2. Welke grondwaterstroming ontstaat er door hemelwater? [hoofdstuk 3.2]
3. Welk effect heeft grondwaterstroming op de grondwaterstand? [hoofdstuk 3.3]
4. Zijn gaten in damwanden noodzakelijk, zoja welk effect hebben gaten in damwanden? [hoofdstuk 3.4]
5. Is een grondverbetering noodzakelijk, zoja welke doorlatendheid moet de grondverbetering hebben? [hoofdstuk 3.5]
6. Zijn maatregelen voor hemelwater op te vangen noodzakelijk om te voldoen aan de Rainproof?
7. Welke vervolgstappen moeten verder worden genomen?

Leeswijzer
In de hoofdtekst van dit rapport zijn berekeningen, vaktermen en parameters waar mogelijk niet opgenomen, dit zodat de leesbaarheid van het rapport verhoogd wordt. De specialistische gegevens zijn opgenomen in bijlagen 2 tot en met 6.

Algemene voorwaarden
Op alle, door Loots Grondwatertechniek uitgebrachte adviezen en berekeningen, is de DNR2011 van toepassing. Loots Grondwatertechniek staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens.

© Copyright Loots Grondwatertechniek - Niets uit dit drukwerk mag worden verveelvoudigd, gecommuniceerd, aangepast, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt, in enige vorm op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, microfilm 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. De rekenwaarden zijn uitsluitend voor berekening van grond-/hemelwaterstroming en worden geenszins met het oog op enig specifiek gebruik ter beschikking gesteld.

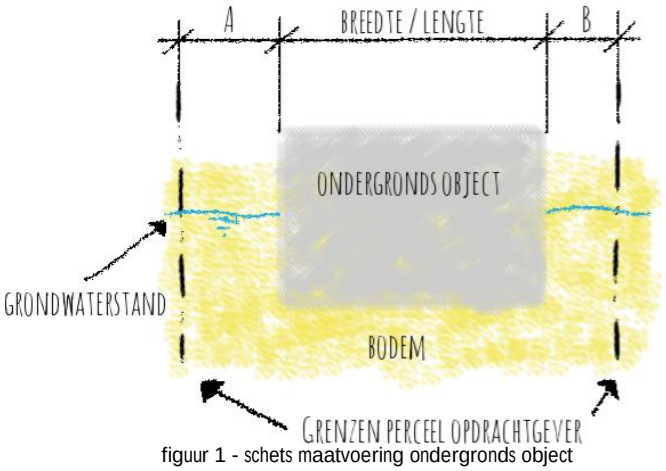
2 Uitgangspunten

De uitgangspunten van het project zijn de basis. Bij een foutieve basis is het resultaat slecht. De uitgangspunten controleren is belangrijk, dit omdat parameters regelmatig wijzigen in een normaal ontwerpproces.

2.1 Ondergronds object bestaand en nieuw

In figuur 1 (onder) is het ondergronds object schematisch weergegeven. Naast het object bevindt zich de grenzen van het perceel van de opdrachtgever. Bij elk project worden in de bestaande en nieuwe situatie deze afmetingen bepaald. In tabel 2.1 zijn de resultaten samengevat.

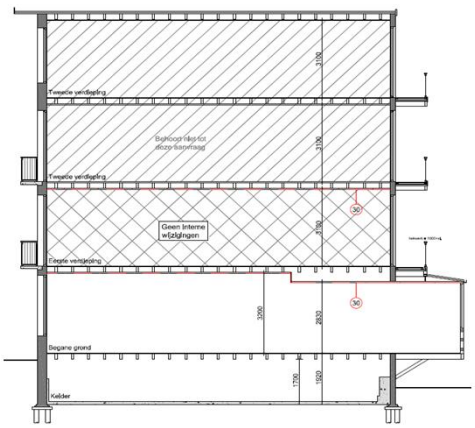
In figuren 2 en 3 wordt de bestaande en nieuwe situatie naast elkaar visueel weergegeven (doorsnede). In bijlage 1 zijn de tekeningen bijgevoegd.



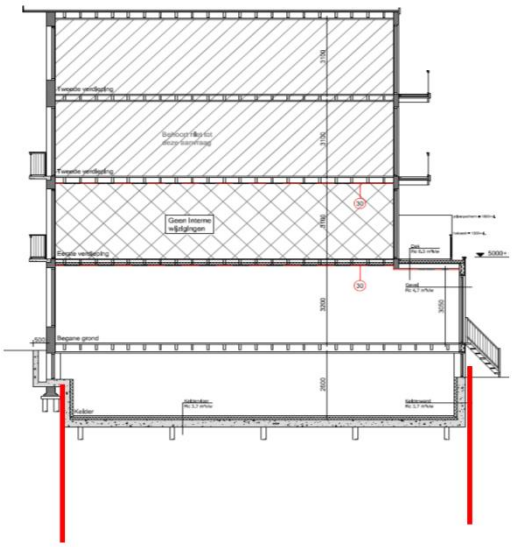
figuur 1 - schets maatvoering ondergronds object

tabel 2.1

situatie	bestaand	nieuw
omschrijving	kelder	kelder
lengte barrière totaal [m]	13,2	15,8
ruimte lengte (A+B) [m]	11,6	9
breedte barrière totaal [m]	12	11,9
ruimte breedte (A+B) [m]	0	0,1
onderkant barrière [m+NAP]	-1,2	-2,65
onderkant damwanden [m+NAP]	geen	-4,6

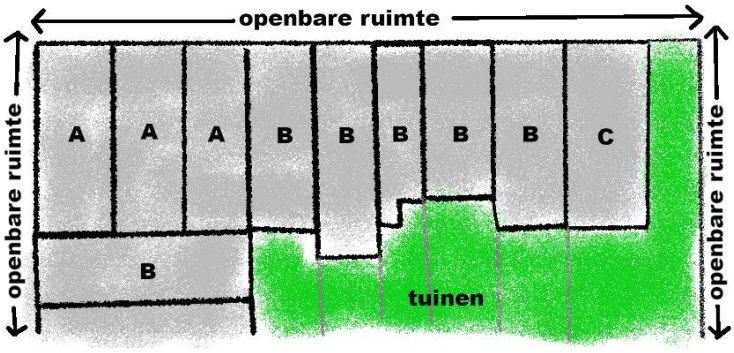


figuur 2 - bestaand (permanente damwanden rood)



figuur 3 - nieuw (permanente damwanden rood)

In de rechter figuur 4 zijn er drie verschillende situaties geschetst. Situatie A betreft een pand waar alleen bebouwing of openbare ruimte rondom de perceelsgrens aanwezig is. Bij situatie B is er een tuin aanwezig, de tuin is omgeven door bebouwing. Bij situatie C is er een tuin aanwezig, de tuin grenst (voor een deel) aan openbare ruimte.

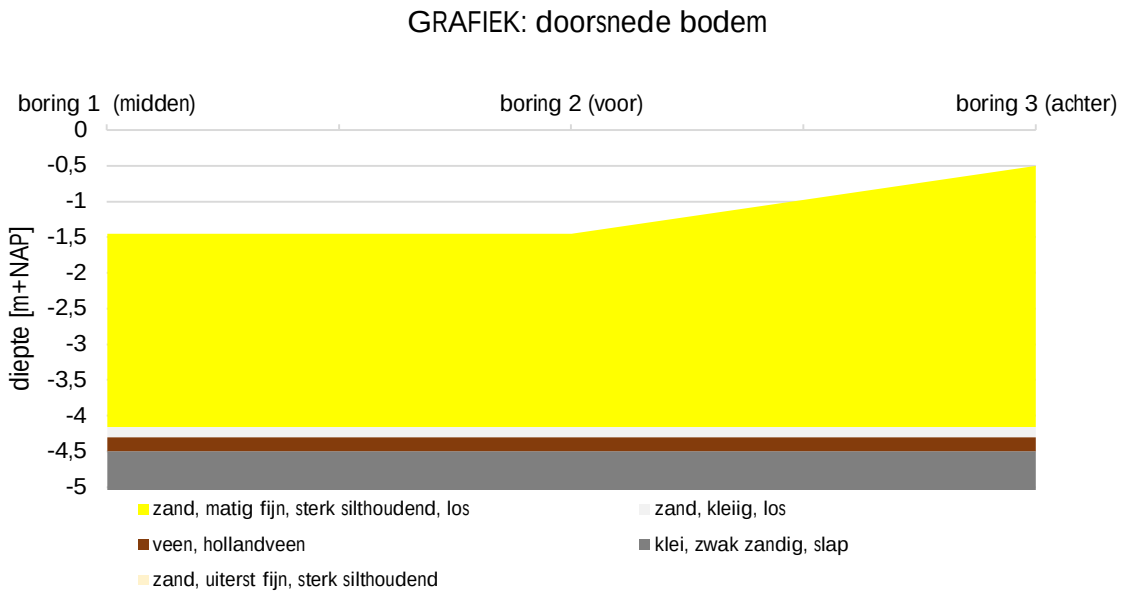


figuur 4 - situatie project

Het project komt overeen met situatie B. Geconcludeerd wordt dat een groot deel van het hemelwater uit tuinen via de bodem van de projectlocatie afgevoerd wordt. Het grond-/hemelwater stroomt onder de bebouwing door naar de openbare ruimte.

2.2 Bodemopbouw

In figuur 4 is een schematisering van de bodem weergegeven. De doorlatendheid van de bodem is niet onderzocht, daarom is een bandbreedte aangehouden van 3 tot 7 m/dag. Dit resulteert in een transmissiviteit (kD) van 8,1 tot 18,9 m²/dag. In bijlage 2 kan meer informatie over de bodemopbouw worden gevonden.



figuur 4 - schematisering bodem

Bandbreedte toelichting

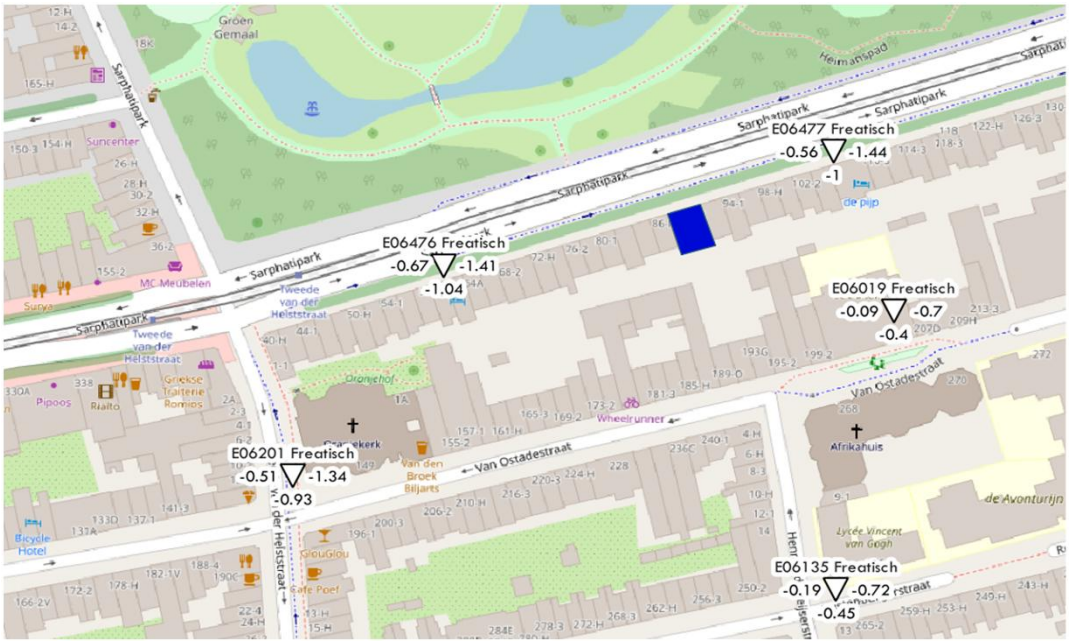
Een bandbreedte van de geohydrologische bodemeigenschappen hanteren is gewenst wegens variaties in de praktijk. De berekeningen en conclusies gaan uit dat de doorlatendheid van de bodem niet exact is maar ligt tussen de aangegeven bandbreedte. Het voordeel is dat de praktijk zeer waarschijnlijk binnen de bandbreedte valt, terwijl bij een enkele exacte waarde de praktijk zeer waarschijnlijk afwijkt.

2.3 Waterhuishouding eigenschappen

De projectlocatie is gelegen tussen oppervlaktewater met een waterpeil van NAP -0,4 m en NAP -2 m. Geconcludeerd wordt dat in het gebied een belangrijke grondwaterstroming aanwezig is door de waterhuishouding (waterpeil verschil en/of grote afstand tussen ontwateringsmiddelen).

Grondwaterstand

In figuur 5 is het resultaat van de grondwaterstand analyse in de omgeving weergegeven. Op basis van langdurige grondwaterstand metingen is de gemiddelde grondwaterstand en grondwaterstand fluctuatie weergegeven. Het grondwater stroomt overwegend richting het noorden. Het grondwater in de omgeving stroomt parallel ten opzichte van (de lengterichting van) het gebouw.



figuur 5 - grondwaterstanden t.o.v. NAP [m] (boven driehoek=peilbuis naam, onder driehoek=gemiddelde grondwaterstand, links driehoek=maatgevend hoge grondwaterstand, rechts driehoek=maatgevende lage grondwaterstand)

In tabel 2.3A is de weergegeven welke grondwaterstand op de projectlocatie (ongeveer) verwacht wordt op basis van interpolatie op basis van de afstand tussen de projectlocatie en de meetpunten.

tabel 2.3A

grondwaterstand [m+NAP]	stroming van…	stroming naar…	projectlocatie
naam peilbuis en verhouding %	E06019 Freatisch	E06477 Freatisch	0%/ 100%
maatgevend hoog	-0,09	-0,56	-0,56
gemiddeld	-0,40	-1	-1,00
maatgevend laag	-0,70	-1,44	-1,44

Uit de waterhuishouding analyse blijkt een grondwaterstroming rond de projectlocatie richting (van/naar) de openbare ruimte. Er is sprake van een bovengemiddelde grondwaterstroming doordat het maaiveld rondom de projectlocatie voor een deel niet afgekoppeld is (op riool) en/of er is sprake van verschillende polderpeilen rondom de projectlocatie.

Geconcludeerd wordt een belangrijke grondwaterstroming richting (van/naar) de openbare ruimte, rekening houden met grondwaterstroming uit de omgeving is noodzakelijk voor een grondwaterneutraal ontwerp.

In tabel 2.3B is het verhang tussen peilbuizen en het debiet (door projectlocatie) weergegeven. De berekening van het debiet is opgenomen in bijlage 4.

tabel 2.3B

grondwaterstand [m+NAP] en stroming	stroming van…	stroming naar…	verhang	debiet [m³/dag]
januari	-0,28	-0,84	0,0100	1,138~2,114
februari	-0,40	-0,88	0,0085	0,964~1,791
maart	-0,35	-1,04	0,0123	1,398~2,596
april	-0,40	-0,90	0,0089	1,015~1,886
mei	-0,14	-0,99	0,0151	1,715~3,185
juni	-0,49	-1,13	0,0115	1,301~2,417
juli	-0,40	-1,21	0,0144	1,636~3,038
augustus	-0,54	-1,19	0,0116	1,318~2,447
september	-0,58	-1,07	0,0088	0,996~1,85
oktober	-0,40	-1,04	0,0114	1,299~2,412
november	-0,44	-0,91	0,0085	0,967~1,796
december	-0,40	-0,86	0,0082	0,935~1,737

2.4 Hemelwater eigenschappen

Hemelwater heeft een effect op de grondwaterstroming. Hemelwater welke in de bodem wegzakt (wordt grondwateraanvulling) en zal vervolgens afstromen naar oppervlaktewater of drainage. De afwerking van het oppervlakte (groen, gerioleerd of verhard) heeft invloed op de hoeveelheid hemelwater welke in de bodem wegzakt. In tabel 2.4A is weergegeven welke hoeveelheid neerslag en verdamping (op basis van statistieken KNMI) van toepassing is per maand. De hoeveelheid grondwateraanvulling wordt berekend door neerslag te verminderen met de verdamping.

Tabel 2.4A

hemelwater [mm]	neerslag gemiddeld	verdamping groen	straat: verdamping+riolering	tuin met verharding verdamping
januari	75	7,2	54,9	2,4
februari	59	13,5	54,8	4,5
maart	74	28,8	61,4	9,6
april	45	58	48,9	17,4
mei	65	84	70,7	25,2
juni	68	90	74,6	27
juli	84	95	87,3	28,5
augustus	77	76	77,9	24
september	81	44,1	71,4	14,7
oktober	89	24,3	0,4	8,1
november	86	9,9	63,5	3,3
december	84	5,4	60,6	1,8
SOM	887	536,2	726,4	166,5
grondwateraanvulling		350,8	160,6	720,5

Geconcludeerd wordt dat bij verharding zonder riolering de grootste hoeveelheid hemelwater in de bodem komt. Vaak is dit ook in combinatie met wateroverlast (doordat hemelwater niet snel door verharding kan zakken). Daarna volgt een groen oppervlakte (gras, bomen, etc.) waarbij ongeveer 50% minder hemelwater in de bodem zakt, dit komt met name doordat in het groeiseizoen veel water door groen opgenomen wordt. Tot slot zakt er bij een verhard oppervlakte met riolering het minste hemelwater in de bodem, dit is bijna 80% minder dan bij een gerioleerd oppervlaktewater. Tot slot bebouwing (dak met regengoten) zal resulteren in 0 mm/jaar grondwateraanvulling (dit doordat het direct op riool af zal voeren).

Rainproof

Ten aanzien van de rainproof zijn maatregelen noodzakelijk omdat er in de tuin wijzigingen optreden. Geconcludeerd wordt dat er een uitbouw gerealiseerd wordt. Er wordt aanvullend 31,2 m² verhard oppervlakte aangesloten op het riool van de gemeente. Een waterberging van minimaal 1,87 m³ is noodzakelijk. Deze waterberging moet vertraagd geleegd worden in het riool (2,5 mm/uur = 78 liter/uur). In tabel 2.4B zijn de eigenschappen van hemelwater weergegeven.

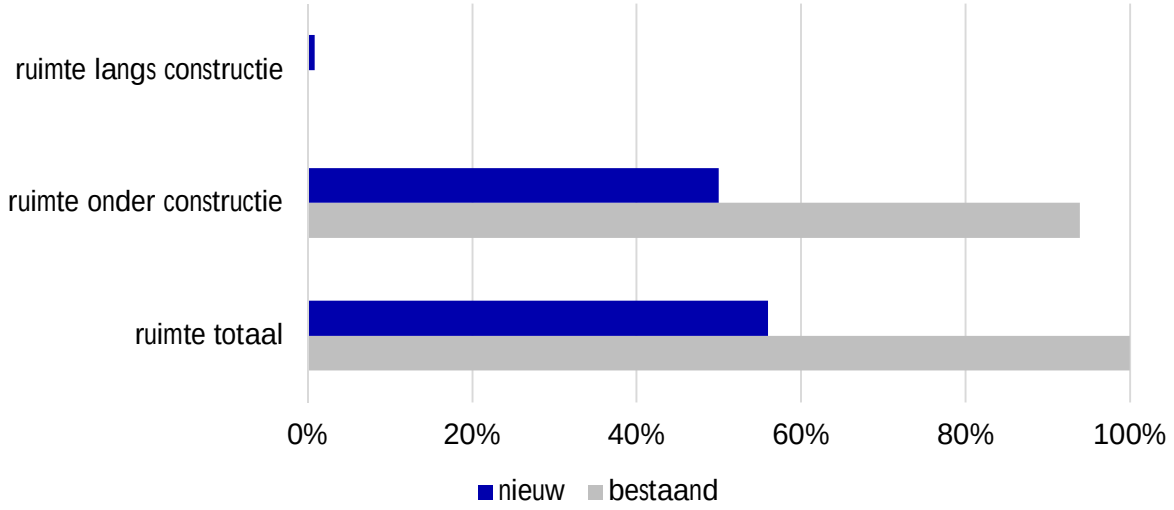
Tabel 2.4B

eigenschappen hemelwater	bestaand	nieuw
(dak)oppervlakte direct op riool aangesloten [m²]	158,4	158,4
tuinoppervlakte project [m²]	139,2	108,0
groen [%] tuin	50%	50%
uitbouw oppervlakte vertraagd op riool [m²]	0	31,2
uitbouw berging [m³] (rainproof 60 mm in 1 uur)	0	1,87
rainproof uitbouw afvoer op riool [mm/uur]	0	2,5
tijdsduur [uren] leegloop berging	0	24
grondwateraanvulling tuin [mm/jaar]	535,65	535,65
inclusief (mogelijk) tuinoppervlakte derden [m²]	0	0

3 Berekeningsresultaten

3.1 Barrière bestaand versus nieuw

In de onderstaande grafiek is met kleur aangegeven welk percentage van de watervoerende laag aanwezig is in de bestaande en in de nieuwe situatie. In de nieuwe situatie is er ten opzichte van de bestaande situatie een afname van de watervoerende laag. Geconcludeerd wordt dat de bodem onder de bebouwing een gereduceerde doorstroomcapaciteit zal hebben wanneer er geen maatregelen getroffen worden.



3.2 Hemelwater bestaand versus nieuw

Er is een tuin aanwezig in de bestaande situatie. Er is sprake van een uitbouw, het oppervlakte van de tuin wordt daardoor kleiner. Het hemelwater welke op de uitbouw valt zal vertraagd op het riool afgevoerd moeten worden (dit zodat de grondwateraanvulling gelijk blijft in de tuin). Hemelwater welke in de tuin valt (of in nabijgelegen tuinen) wordt afgevoerd via de bodem van de projectlocatie. Geconcludeerd wordt dat hemelwater een rol speelt bij de barrièrewerking beschouwing.

Tabel 3.2

Hoeveelheid hemelwater [m³/dag]	bestaand	nieuw
januari	0,315	0,245
februari	0,24	0,186
maart	0,246	0,191
april	0,034	0,026
mei	0,047	0,036
juni	0,044	0,034
juli	0,1	0,078
augustus	0,121	0,094
september	0,239	0,186
oktober	0,327	0,254
november	0,368	0,286
december	0,361	0,28

De grondwaterstroming door hemelwater is richting de voorgevel, dit is richting het noorden. De berekening van het debiet is opgenomen in bijlage 4.

3.3 Grondwaterstroming en -verhang

Op de projectlocatie is er sprake van tuin(en), hemelwater wordt grotendeels (tot lokaal geheel) afgevoerd door de bodem. In hoofdstuk 2.3 is gekeken naar de waterhuishouding in de omgeving, geconcludeerd wordt een belangrijke grondwaterstroming rondom de projectlocatie, rekening houden met grondwaterstroming is noodzakelijk voor een grondwaterneutraal ontwerp. Het realiseren van een barrière kan dus een belemmering zijn ten aanzien van grondwaterstroming en afvoer hemelwater nabij projectlocatie.

In tabel 3.3 is het totale debiet weergegeven (berekening is opgenomen in bijlage 4), het model kan vervolgens het maatgevend verhang uitrekenen. Het verhang moet in de nieuwe situatie gelijk blijven (geen verslechtering).

tabel 3.3

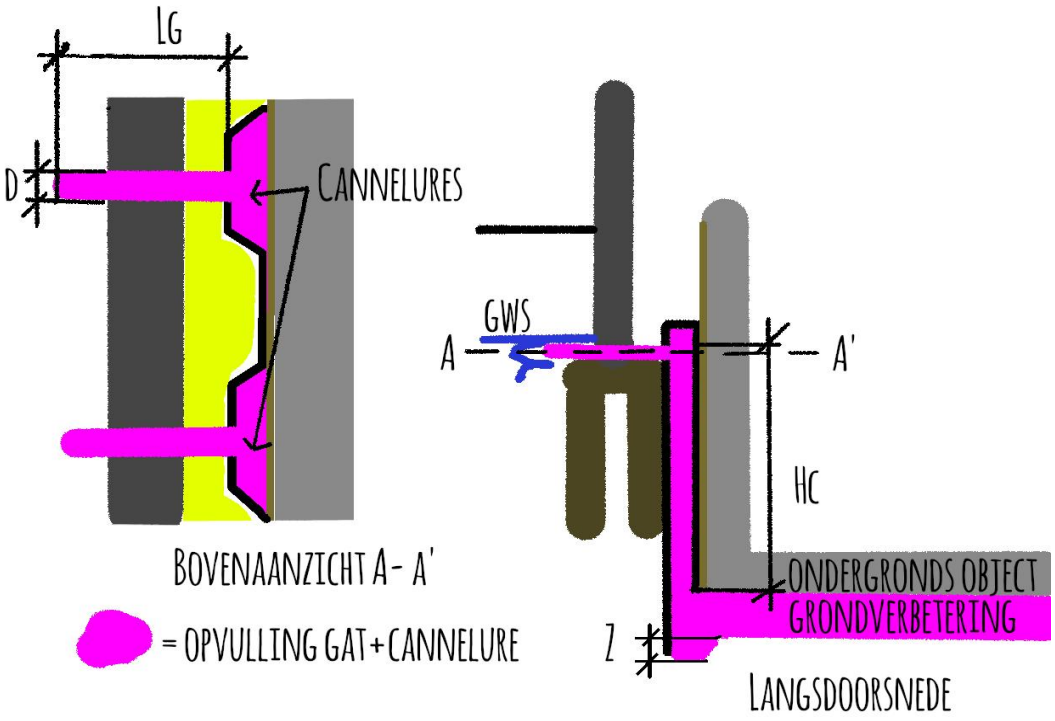
Grondwaterstroming- en verhang	debiet omgeving [m³/dag]	debiet hemelwater [m³/dag]	debiet totaal [m³/dag]	verhang
stromingsrichting	noorden	noorden	noorden	
januari	1,138~2,114	0,315	1,453~2,429	1:87 ~ 1:78
februari	0,964~1,791	0,24	1,204~2,031	1:104 ~ 1:94
maart	1,398~2,596	0,246	1,644~2,842	1:74 ~ 1:69
april	1,015~1,886	0,034	1,049~1,92	1:110 ~ 1:108
mei	1,715~3,185	0,047	1,762~3,232	1:65 ~ 1:64
juni	1,301~2,417	0,044	1,345~2,461	1:86 ~ 1:84
juli	1,636~3,038	0,1	1,736~3,138	1:67 ~ 1:65
augustus	1,318~2,447	0,121	1,439~2,568	1:82 ~ 1:79
september	0,996~1,85	0,239	1,235~2,089	1:101 ~ 1:92
oktober	1,299~2,412	0,327	1,626~2,739	1:77 ~ 1:70
november	0,967~1,796	0,368	1,335~2,164	1:97 ~ 1:85
december	0,935~1,737	0,361	1,296~2,098	1:100 ~ 1:88

De grondwaterstroming is overwegend richting de voorgevel.

Een verhang groter dan 1:100 is bepaald in dit onderzoek (op het moment dat al het (hemel)water via de projectlocatie af moet stromen naar openbare ruimte). Dit is onwaarschijnlijk, de bodem onder buren speelt waarschijnlijk een belangrijke rol. Het ongunstige scenario kan echter niet worden uitgesloten, daarom is gekozen een verhang van 1:100 bij het maximale debiet optioneel mogelijk te maken door berekende doorlatendheid met een factor 1,6 te verhogen. Door een deel van de gaten dicht te laten zal de nieuwe situatie overeenkomen met de bestaande situatie, echter indien tijdens de bouw blijkt dat verbetering wenselijk is, dan is het technisch mogelijk de situatie te verbeteren door het maximaal aantal gaten open te zetten.

3.4 Drukverlies gaten in achterblijvende damwand

In figuur 6 is het principe uitgewerkt waarbij damwanden geperforeerd worden. Drukverlies door gaten in damwanden treedt op drie locaties op. Ten eerste drukverlies cannelure (verticale stroming). Ten tweede drukverlies stroming door gat. Tot slot drukverlies bij overgang vanuit "opvulling gat" naar de bestaande bodem buiten de barrière. Het effect van de gaten wordt bepaald door de verhouding debiet, k-waarde en verhang ter plaatse van de gaten te modelleren in een detail grondwatermodel. Het grondwatermodel wordt uitgevoerd met een gereduceerde (op basis van detail model) k-waarde ter plaatse van de gaten, uiteindelijk kan dan de doorlatendheid van de grondverbetering (in gaten, cannelures en onder kelder) bepaald.



figuur 6 - principe gaten in damwand

Op het moment dat damwanden toegepast worden zullen deze soms niet meer verwijderd worden. Damwanden sluiten vrijwel altijd de gehele zandlaag af. Om grondwaterstroming mogelijk te maken in de eindsituatie zullen gaten in damwanden aangebracht moeten worden. Deze gaten hebben een aanzienlijk kleiner doorstroomoppervlakte waardoor er drukverlies optreedt. In dit hoofdstuk zijn de resultaten van een detail grondwatermodel samengevat.

In tabel 3.4 zijn de parameters gaten in damwand weergegeven. Uit het detail grondwatermodel blijkt dat de drukverlies door de gaten totaal 85% van de gehele weerstand betreft. De lengte van de kelder in het totaal grondwatermodel is 15,8 m, de damwanden en gaten zijn in het model 0,5 m dik gemodelleerd. Het verhang ter plaatse van de gaten is een factor 92 meer steil. Dit betekent dat de k-waarde in het model een factor 92 kleiner moet zijn ter plaatse van de damwanden en gaten voor een correcte inschatting van de doorlatendheid grondverbetering.

tabel 3.4

rekenparameters gaten in damwand	eenheid	rekenwaarde
diameter gat (D)	[m]	0,1
diameter gat inclusief verlies	[m]	0,05
lengte gat (Lg)	[m]	0,5
aanleghoogte gat (centrum)	[m+NAP]	-1,54
doorstroomhoogte cannelure (Hc)	[m]	1,11
damwandprofiel	[-]	PAL3030
oppervlakte cannelure	[m²]	0,032
aantal gaten openbare ruimte	[-]	8
aantal gaten tuin (achter)	[-]	8
dikte grondverbetering	[m]	0,1
dikte zandvang (Z)	[m]	0,1

Verhouding weerstand bij achterblijvende damwanden met gaten

De weerstand verhouding van de maatregelen is in grafiek 3.4 weergegeven.Met weerstand wordt bedoeld het totale verschil van grondwaterstand voor en achter de barrière. Het maximale debiet is 3,205 m³/dag (tabel 3.3), hierbij hoort een verhang van 1:64. Bij dit verhang zal in de nieuwe situatie (lengte barrière 15,8 m) een grondwaterstandverschil optreden van 0,245 m voor en achter de barrière. Onder de kelderbak treedt er 15% drukverlies x 0,245 m = 0,037 m drukverlies. De rest van het drukverlies treedt op bij de gaten.

Grafiek 3.4: verdeling weerstand



3.5 Oplosrichtingen grondwaterstroming

Uit de berekeningsresultaten in hoofdstuk 3.3 blijkt dat de barrière een belemmering zal zijn voor de grondwaterstroming. Het toepassen van een van de vier oplosrichtingen in dit hoofdstuk is noodzakelijk voor een grondwaterneutraal ontwerp.

Doorlatendheid bij achterblijvende damwanden met gaten (conform ontwerp H3.4)
Op basis van de berekening wordt geconcludeerd dat gaten in damwanden (conform hoofdstuk 3.4) en een grondverbetering (0,1 m dik) onder de barrière toegepast moet worden met een doorlatendheid van 1500 m/dag. Uit het grondwaterzakboekje wordt afgeleid dat de grondverbetering mag bestaan uit "fijn, schoon, grind" of vergelijkbaar. Er is onder de kelder 2,4 m³ (overcapaciteit) ruimte voor slibdelen welke in de gebruiksfase in het systeem zullen komen.

Doorlatendheid bij verwijderen damwanden
Op het moment dat er geen damwanden achterblijven en er 0,3 m grondverbetering voor, onder en achter de barrière toegepast wordt volstaat een doorlatendheid van 65 m/dag (uitgaande van de bovengrens k-waarde in bestaande situatie). Uit het grondwaterzakboekje wordt afgeleid dat de grondverbetering mag bestaan uit "uiterst grof, zwak silthoudend, zand" of vergelijkbaar.

Doorlatendheid bij grondverbetering naast barrière
Naast de barrière een grondverbetering maken is beperkt/niet mogelijk, dit doordat de bebouwing over de gehele breedte van het perceel is aangelegd. De afstand tussen de lage grondwaterstand en de kesp (houten paalfundering) is 0 m. Er is dus geen ruimte om naast de barrière grondwater te laten stromen langs de buitenzijde van de barrière. Geconcludeerd wordt dat een grondverbetering langs de constructie niet mogelijk is.

Grondverbetering vervangen door leiding
Op het moment dat de grondverbetering wordt vervangen door een leiding (dus in de gaten H3.4 worden filters geplaatst en deze filters worden aangesloten op een leiding), dan volstaat een Ø40mm leiding van voor naar achteren. Wel zal een leiding en filter onderhoudbaar en vervangbaar moeten zijn (vuil moet uit de leiding en filter gehaald moeten kunnen worden om langdurig functioneren mogelijk te maken). Aanbevolen wordt de diameter van het filter (en gat) met een factor 1,5 te verhogen ten opzichte van rekenwaarde hoofdstuk 3.4, dit in verband met filterweerstand. Er is in de leidingen 0,045 m³ (overcapaciteit) ruimte voor slibdelen welke in de gebruiksfase in het systeem zullen komen.

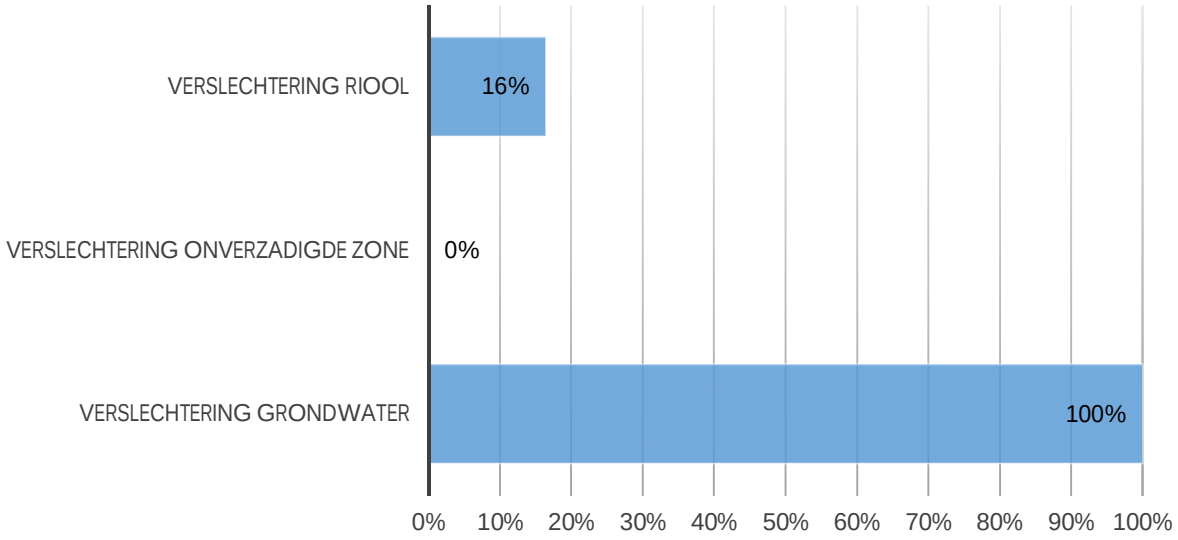
In bijlage 1 zijn schetsen opgenomen met de oplosrichtingen.

4 Conclusie en aanbevelingen

In hoofdstuk 4.1 kan de conclusie van dit rapport worden gevonden. De noodzakelijke monitoring staat beschreven in hoofdstuk 4.2. Aanbevelingen zijn opgenomen in hoofdstuk 4.3 en tot slot in hoofdstuk 4.4 zijn de vervolgstappen beschreven.

4.1 Conclusie (geo)hydrologisch ontwerp

In de onderstaande grafiek is weergegeven welke verslechtering optreedt wanneer er geen maatregelen getroffen worden. Het uitgangspunt daarbij is dat in de toekomst er geen hemel-/grondwater via derden (buren) mag afstromen, ofwel een grondwaterneutraal ontwerp.



Verslechtering riool

Ten aanzien van de regenwater zijn maatregelen noodzakelijk omdat er in de tuin wijzigingen optreden. Geconcludeerd wordt dat er een uitbouw gerealiseerd wordt. Er wordt aanvullend 31,2 m² verhard oppervlakte aangesloten op het riool van de gemeente. Een waterberging van minimaal 1,87 m³ is noodzakelijk. Deze waterberging moet vertraagd geleegd worden in het riool (2,5 mm/uur = 78 liter/uur). In de bestaande situatie komt er 9,5 m³ hemelwater in het riool bij 0,06 m regen op 158,4 m² dakoppervlakte.

Prognose reducerend (minder verslechtering riool) effect per oplossing:

200 liter waterton	-11%	(0,2 m³/1,87 m³)
10 m² dak in waterberging/sloot lozen	-32%	(0,6 m³/1,87 m³)
10 m² dakterras met 0,06 m berging	-32%	(0,6 m³/1,87 m³)

De oplossingen moeten vertaagd afvoeren op het riool. De oplossingen kunnen rechtevenredig omgerekend worden (bijvoorbeeld 400 liter waterton heeft 2x reducerende effect ten opzichte van 200 liter waterton).

Verslechtering onverzadigde zone
Onder de bestaande bebouwing is nu geen onverzadigde zone, dit doordat de grondwaterstand vergelijkbaar of hoger is dan de onderzijde van de constructie. In de tuin verdwijnt 31,2 m², dit komt overeen met circa 0 m³ ruimte in de onverzadigde zone. Door het realiseren van ruimschoots voldoende berging (vorig punt, verslechtering riool) worden verlies onverzadigde zone in de tuin gecompenseerd. Het toepassen van infiltratiekratten is niet noodzakelijk. Infiltratiekratten kunnen de berging niet vervangen (door infiltratiekratten zal er meer hemelwater per m² tuin in de bodem komen, hierdoor zal de grondwaterstand sterker variëren en dat is ongewenst).

Prognose reducerend (minder verslechtering onverzadigde zone) effect per oplossing:

0,1 m hoge infiltratiekrat per m²	n.v.t.	(0,09 m³/0 m³)
0,2 m hoge infiltratiekrat per m²	n.v.t.	(0,18 m³/0 m³)
0,4 m hoge infiltratiekrat per m²	n.v.t.	(0,36 m³/0 m³)

Infiltratiekratten plaatsen niet mogelijk of noodzakelijk.

Verslechtering grondwater
Zonder maatregelen zal de grondwaterstand (in de toekomst) sterk veranderen rondom de barrière, wateroverlast-/schade kan niet worden uitgesloten. Een van de berekende maatregelen welke de verslechtering 100% compenseert is noodzakelijk. Berekening van deze maatregelen zijn toegelicht in bijlage 4 tot en met 6. Omschrijving, schetsen en nadere toelichting van de oplosrichtingen zijn opgenomen in hoofdstuk 3.5 en bijlage 1.

Prognose reducerend (minder verslechtering grondwater) effect per oplossing:

grondverbetering + gaten in achterblijvende damwanden conform H3.5	-100%
grondverbetering + verwijderen damwanden conform H3.5	-100%
grondverbetering naast barrière conform H3.5	0%
filters in gaten + leiding conform H3.5	-100%

De opdrachtgever dient een van de bovenstaande oplossingen te kiezen welke de verslechtering geheel compenseert.

4.2 Conclusie monitoring

De volgende monitoring wordt aanbevolen:

- Aanbevolen wordt om een peilbuis te plaatsen voor de bestaande barrière. Vervolgens tenminste 1 maand voor de werkzaamheden starten met de grondwaterstand opnemen. Vervolgens regelmatig (tijdens en na werkzaamheden) de grondwaterstand opnemen.
- Aanbevolen wordt om een peilbuis te plaatsen achter de bestaande barrière. Vervolgens tenminste 1 maand voor de werkzaamheden starten met de grondwaterstand opnemen. Vervolgens regelmatig (tijdens en na werkzaamheden) de grondwaterstand opnemen.

Indien gewenst wordt in een later stadium een monitoringsplan opgesteld waarin de peilbuislocaties en alarmwaarden zijn samengevat. Voor de aan te houden alarmwaarde wordt, in dit stadium, geadviseerd om uit te gaan van een niveau van NAP -0,56 m of hoger.

4.3 Aanbevelingen

Het wordt aanbevolen met de aannemer (werkvoorbereiding) door te nemen welke maatregelen mogelijk zijn om toe te passen. Gecontroleerd moet worden of de maatregelen constructief mogelijk zijn. Gecontroleerd moet worden of er andere raakvlakken (obstakels zoals kabels en leidingen) zijn waar rekening mee gehouden moet worden.

In een normaal bouwproces zijn er regelmatig nieuwe inzichten. Het geohydrologisch onderzoek wordt vaak bij de vergunningsaanvraag opgesteld, hierdoor kunnen uitgangspunten later wijzigen. Op het moment dat er (mogelijk) uitgangspunten wijzigen wordt aanbevolen met de geohydroloog contact op te nemen. Vervolgens wordt beoordeeld of aanpassing van maatregelen/rapportage noodzakelijk is.

4.4 Vervolgstappen

In het actieprogramma wordt beschreven welke stappen genomen moeten worden voor uitvoering:

1 Toetsing dit geohydrologisch onderzoek door bevoegd gezag (haalbaarheid);
2 Uitgangspunten controleren (komt dit nog overeen?);
3 Werkvoorbereiding (controleren raakvlakken, constructieve mogelijkheden);
4 Monitoring starten;
5 Start uitvoering;
6 bij afwijkende bodem (bijvoorbeeld onverwacht veel zand/klei/veen) contact opnemen.

De bovenstaande kunnen door Loots Grondwatertechniek worden uitgevoerd, neem contact op voor meer informatie.

Opgesteld door:

Loots Grondwatertechniek 11 juni 2021

Gebruikte Literatuur en bronnen

1. Nederlands Normalisatie-instituut. NEN 9997-1+C1-2012. Normcommissie 351 006 "Geotechniek". Delft : NEN, 2012. ICS 91.080.01; 93.020.
2. SBR. 190.03 Bemaling van bouwputten. Rotterdam : SBR, 2003.
3. —. 273.98 Leidraad voor het onderzoek naar de invloed van een grondwaterstandsdaling op de bebouwing. Rotterdam : SBR, 1998.
4. Dinoloket, Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond. Ondergrondgegevens.
5. Kadaster. Top10NL kaart nederland. 2012.
6. AVB, N02, tekeningen, 19 mei 2021
7. Back, BM4239, boorstaten, 04 december 2020

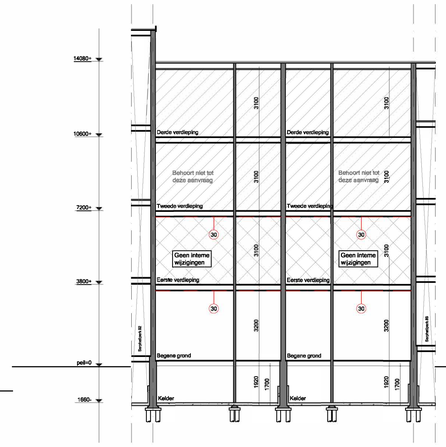
Bijlage 1 - Tekeningen



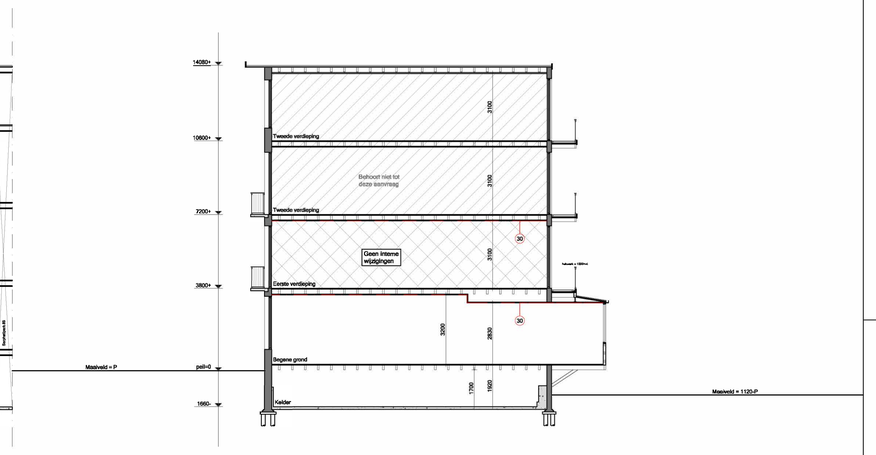
Voorgevel



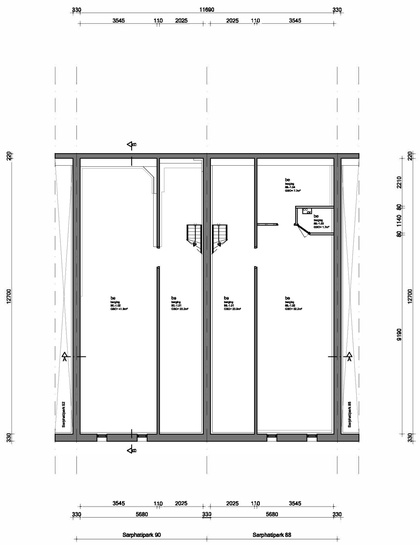
Achtergevel
Geen werkzaamheden



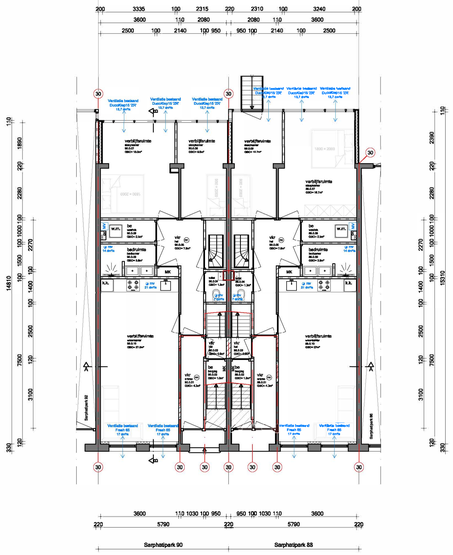
Doorsnede A-A



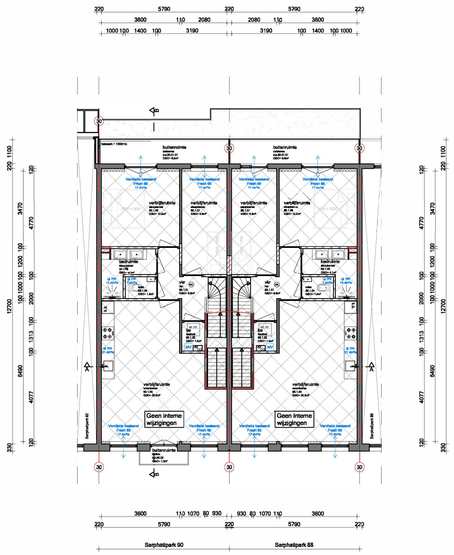
Doorsnede B-B



Kelder
bestaand/ geen werkzaamheden
Sarphatipark 90 GO = 66.0 m²
Sarphatipark 88 GO = 67.3 m²



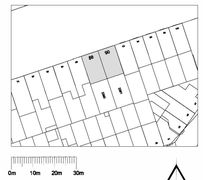
Begane grond
nieuw
Sarphatipark 90 GO = 73.5 m²
Sarphatipark 88 GO = 76.4 m²



Eerste verdieping
nieuw
Sarphatipark 90 GO = 70.9 m²
Sarphatipark 88 GO = 70.9 m²

Renvooi

- bestaand metaalwerk
- nieuw metaalwerk
- lichte bouwsteen (bestaand)
- lichte bouwsteen (nieuw)
- hebimetal stud wand
- isolatie
- houten vloer
- beton
- kozijn met glas
- deurkozijn binnendeur
- deurkozijn buitendeur
- deurkozijn w.b.d.b.o. 30
- deurkozijn zelfsluitend
- radiator
- rookmelder conform NEN 2555
- videofoon/halofoon
- w.b.d.b.o. 30 minuten
- w.b.d.b.o. 60 minuten
- mechanische ventilatie
- ventilatie
- overstroom voorziening ventilatie
- standleiding
- hemelwaterafvoer
- riolering
- vbr verblijfsruimte
- vkr verkeersruimte
- be bergruimte
- mk meterkast
- dl dekdicht
- wm wasmachine
- dr droger
- cv centrale verwarming
- rgs rookgasafvoer
- ltv luchtbevoer t.b.v. CV



Situatie:
Kadastraal bekend: Gemeente Amsterdam
Sectie: R
Nummer: 2390 & 2391 Schaal: 1:1000

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

Werk:
Sarphatipark 88-90 te Amsterdam

Opdrachtgever:

Onderwerp:
Bestaande situatie

Datum:
16 maart 2021

Datum gewijzigd:
A:
B:
C:
D:

Schaal:
1:100

Formaat:
A0

Bestekend:

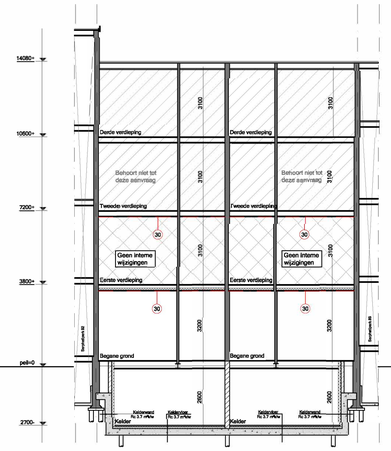
Tekeningnummer:
B02



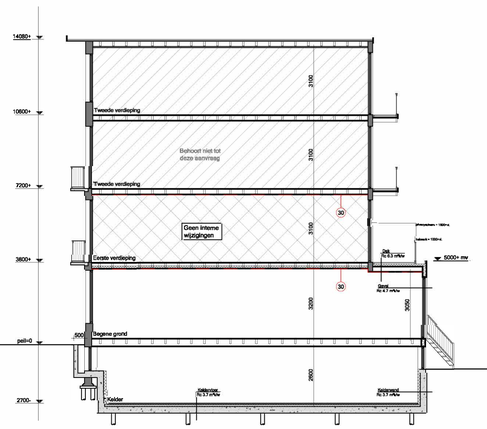
Voorgevel



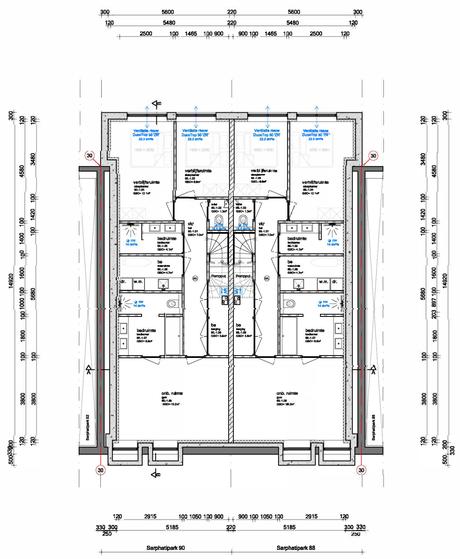
Achtergevel
Geen werkzaamheden



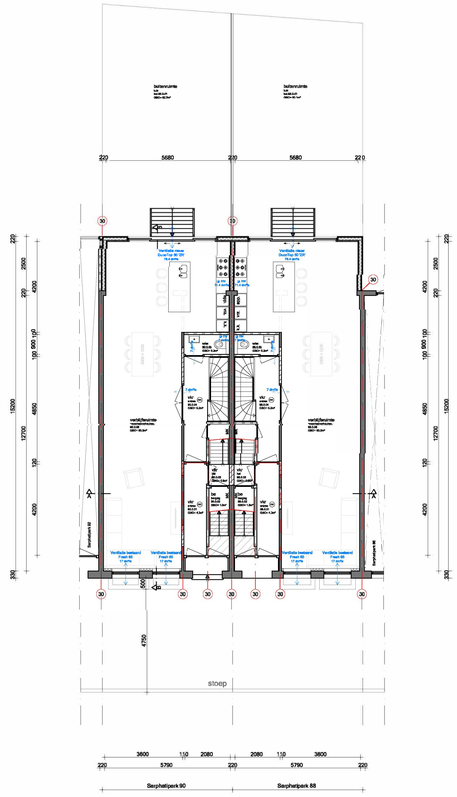
Doorsnede A-A



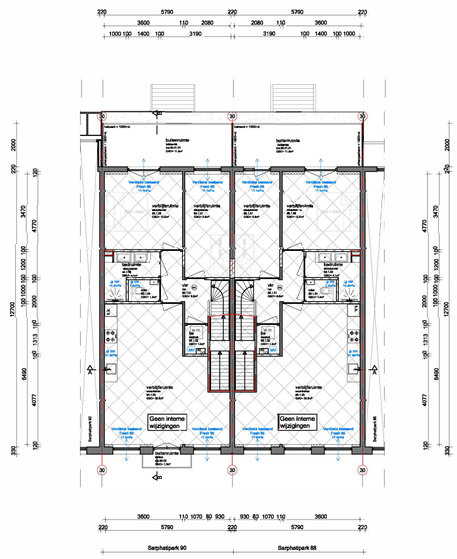
Doorsnede B-B



Kelder
Nieuw
Sarphatipark 90 GO = 78.1 m²
Sarphatipark 88 GO = 78.1 m²



Begane grond
Nieuw
Sarphatipark 90 GO = 75.6 m²
Sarphatipark 88 GO = 75.6 m²

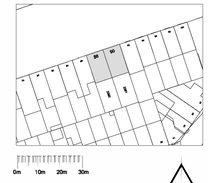


Eerste verdieping
Nieuw
Sarphatipark 90 GO = 70.9 m²
Sarphatipark 88 GO = 70.9 m²

Renvooi

- bestaand metselwerk
- nieuw metselwerk
- lichte bouwdeel (bestaand)
- lichte bouwdeel (nieuw)
- hsb/metal stud wand
- isolatie
- houten vloer
- balkon
- kozijn met glas
- deur/kozijn binnendeur
- deur/kozijn buitendeur
- deur/kozijn w.b.d.b.o. 30
- deur/kozijn zelfsluitend
- radiator
- rookmelder conform NEN 2555
- videofoon/halsfoon
- w.b.d.b.o. 30 minuten
- w.b.d.b.o. 60 minuten
- mechanische ventilatie
- ventilatie
- overstroom voorziening ventilatie
- stendleiding
- hemelwaterafvoer
- riolering

vbr verblijfsruimte
vsr verkeersruimte
be bergruimte
mk meterkast
dl daklight
wm wasmachine
dr droger
cv cantrale verwarming
rga rookgasafvoer
lv luchttoevoer t.b.v. CV



Situatie:
Kadastraal bekend: Gemeente Amsterdam
Sectie: R
Nummer: 2390 & 2391 Schaal: 1:1000

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

Werk:
Sarphatipark 88-90 te Amsterdam

Opdrachtgever:

Onderwerp:
Nieuwe situatie

Datum:
19 mei 2021

Datum gewijzigd:
A:
B:
C:
D:

Schaal:
1:100

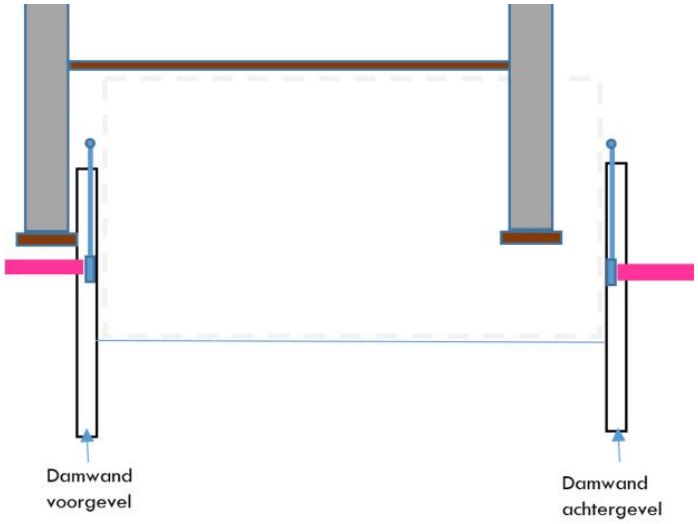
Formaat:
A0

Getekend:
CB

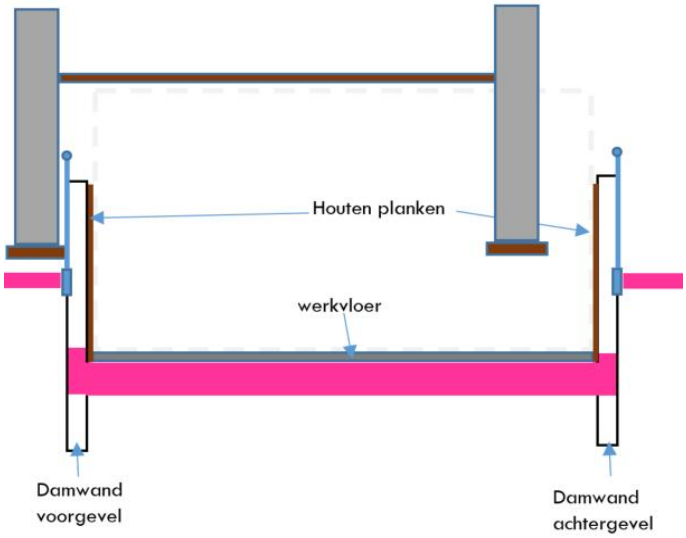
Tekeningnummer:
N02

Schetsen achterblijvende damwanden met gaten

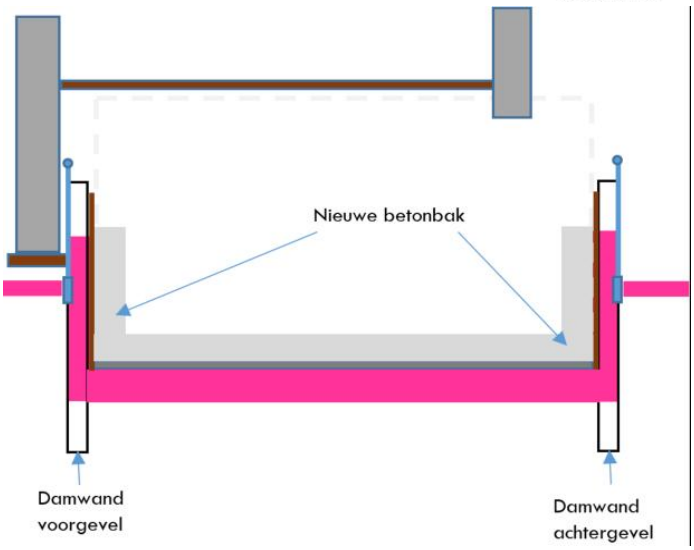
In de rechter figuur zijn damwanden geplaatst. De damwanden welke achterblijven zijn geplaatst tot in de slecht doorlatende laag. In de cannelures van de damwanden zitten afsluiters (blauw). Deze afsluiters worden geopend, vervolgens wordt er een horizontaal gat naar buiten geboord (controleren of er geen kabels en leidingen zijn op de betreffende diepte). In het gat wordt grind (grindstaaf) aangebracht, daarna worden afsluiters dichtgezet.



De grondverbetering onder de barrière (paars) wordt aangebracht op een grondkerend (waterdoorlatend) doek. Tegen de cannelures (met afsluiter) wordt een houten plank geplaatst. Vervolgens wordt een werkvloer gestort op de grondverbetering (wel een doek/folie gebruiken zodat beton niet in grondverbetering kan zakken).



De nieuwe betonbak wordt gebouwd. Zodra deze voldoende sterk is worden de cannelures gevuld met grondverbetering. Nadat de kelderbak waterdicht is kunnen afsluiters opengezet worden.

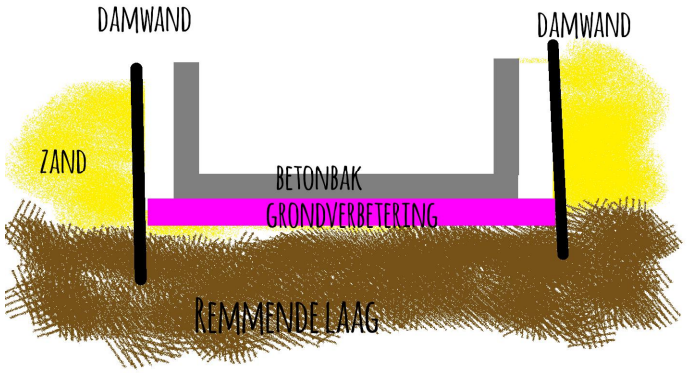


Schetsen bij verwijderen damwand

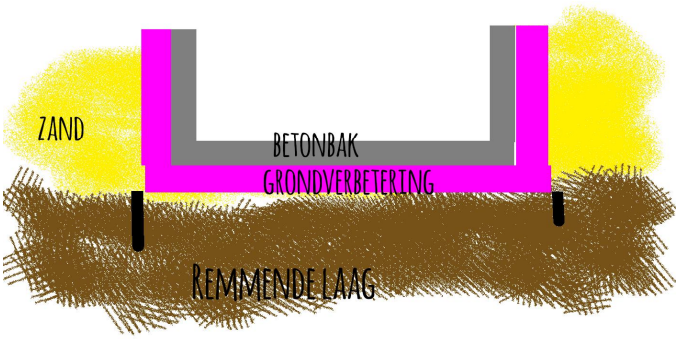
De damwanden worden geplaatst.
De damwand wordt bij de voor- en achterzijde van de barrière minimaal 0,3 m van de betonwand geplaatst.
Vervolgens wordt binnen de bouwput ontgraven.



De grondverbetering onder de barrière wordt aangelegd op een grondkerend doek (wel waterdoorlatend), hierboven wordt de betonbak gebouwd.



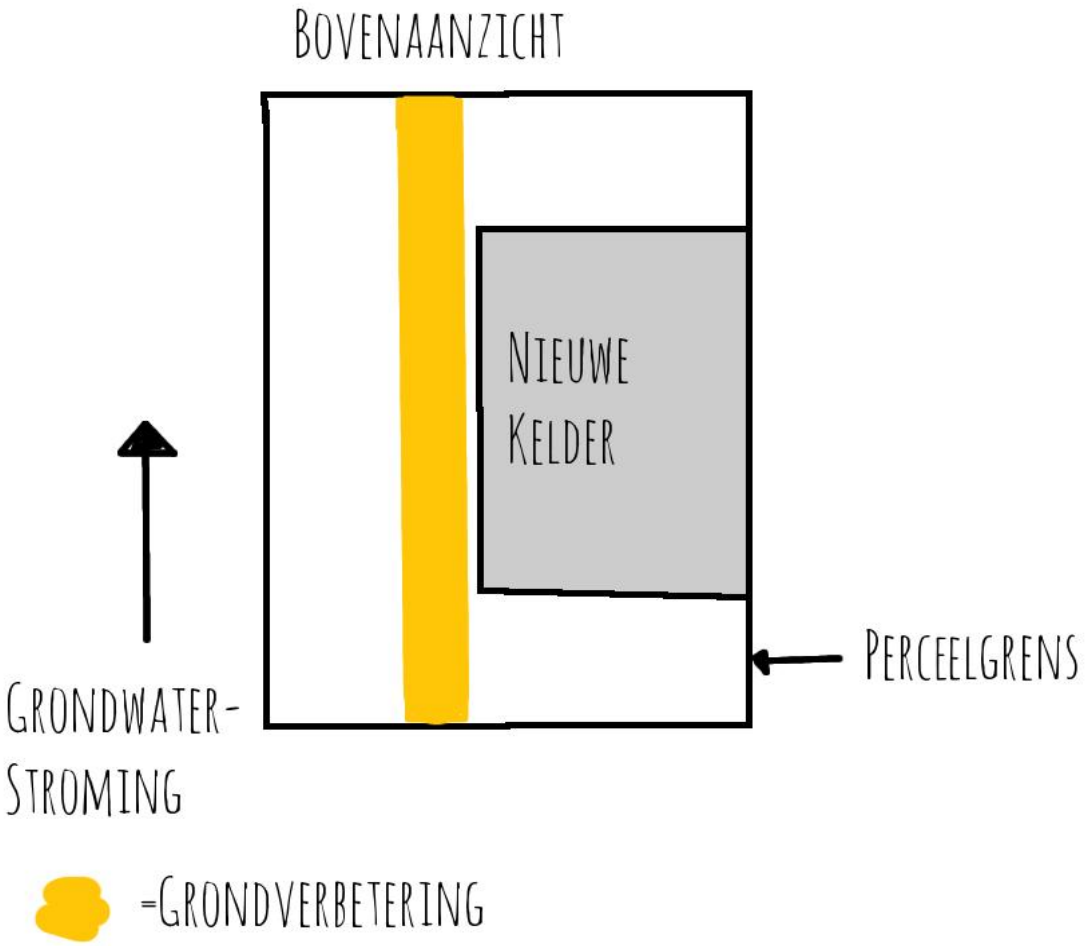
De ruimte tussen betonwand en damwand wordt opgevuld met grondverbetering. Daarna worden damwanden (delen boven onderkant grondverbetering) getrokken). Voor een verwaarloosbaar effect moet minimaal 30% van de damwanden bij voorzijde barrière en minimaal 30% van de damwanden bij achterzijde barrière verwijderd worden.



Schets bij grondverbetering naast barrière

In de onderstaande figuur is een bovenaanzicht geschetst. De grondverbetering is oranje in deze figuur. Een grondverbetering wordt (bij voorkeur buiten) naast de barrière geplaatst. Het voordeel is dat de grondverbetering makkelijk bereikbaar is.

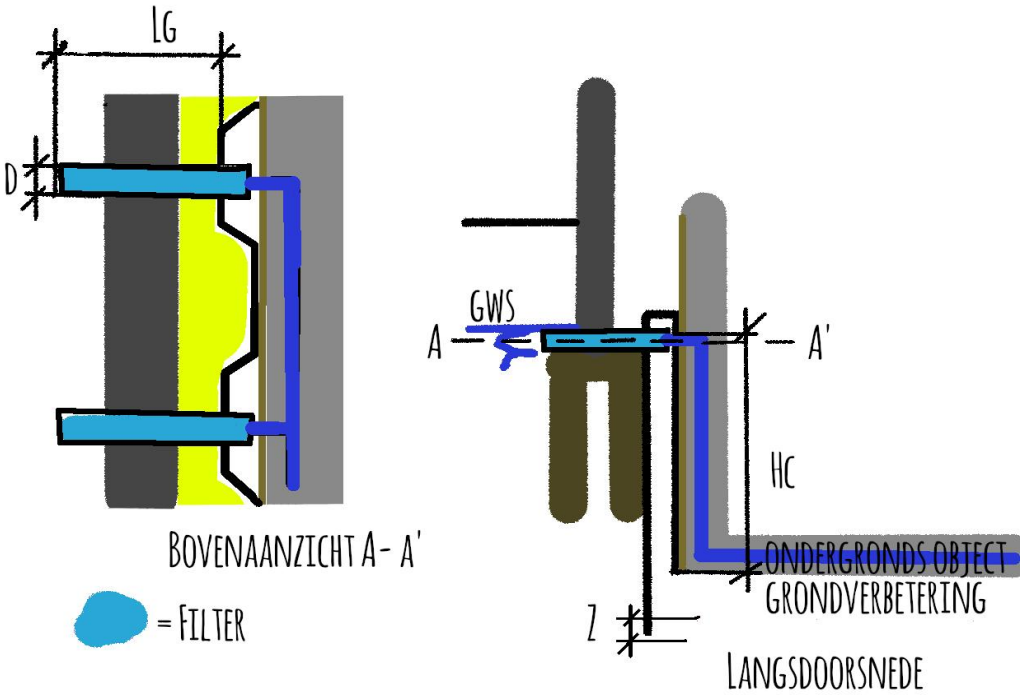
De grondverbetering naast de barrière mag voor de bouw of direct na de bouw aangelegd worden. Belangrijk is dat de kwaliteit van de grondverbetering goed is, het is dus gewenst het eenmaal goed aan te leggen (voorkomen dat later wederom gegraven wordt in de grondverbetering tijdens bouw).



Schets bij leiding

De werkwijze komt in de basis overeen bij grondverbetering en gaten in achterblijvende damwanden. Alleen wordt in de gaten achter de damwand een filter geplaatst. Het filter aan de voorzijde wordt onder/langs de kelder verbonden met een filter aan de achterzijde van de barrière.

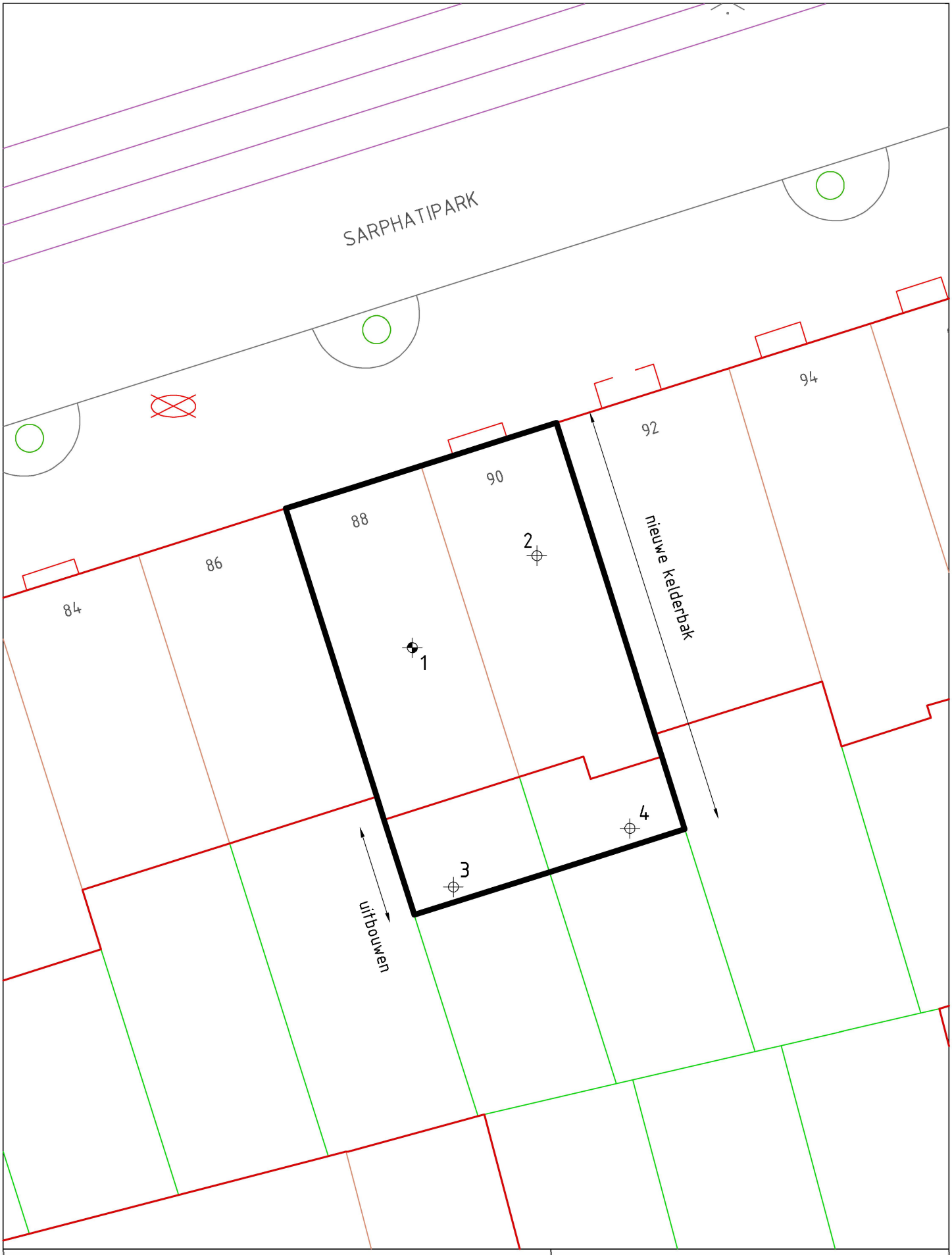
Een belangrijk onderdeel is de onderhoudvoorziening. Het schoonmaken van filters en verwijderen van verstoppingen moet mogelijk zijn om langdurig functioneren mogelijk te maken.



Bijlage 2 - Bodemonderzoeken en -parameters

Beschrijving	kh [m/d]	kv [m/d]	P[-]
zand, matig fijn, sterk silthoudend, los	3~7	3~7	0,2
zand, kleiig, los	0,06~0,14	0,014~0,026	0,1
veen, hollandveen	0,006~0,014	0,0004~0,0007	0,3
klei, zwak zandig, slap	0,006~0,014	0,0014~0,0026	0,33
zand, uiterst fijn, sterk silthoudend	0,3~0,7	0,07~0,13	0,12
klei, zwak zandig, slap	0,006~0,014	0,0014~0,0026	0,33
veen, basisveen, vast	0,00006~0,00014	0~0	0,1
zand, zeer fijn, sterk silthoudend	0,6~1,4	0,14~0,26	0,12
zand, kleiig	0,06~0,14	0,014~0,026	0,1
zand, matig grof, zwak silthoudend, vast	12~28	7~13	0,3

Beschrijving	top [m+NAP] voor	top [m+NAP] midden	top [m+NAP] achter
zand, matig fijn, sterk silthoudend, los	-1,45	-1,45	-0,5
zand, kleiig, los	-4,15	-4,15	-4,15
veen, hollandveen	-4,3	-4,3	-4,3
klei, zwak zandig, slap	-4,5	-4,5	-4,5
zand, uiterst fijn, sterk silthoudend	-6,5	-6,5	-6,5
klei, zwak zandig, slap	-7	-7	-7
veen, basisveen, vast	-11,8	-11,8	-11,8
zand, zeer fijn, sterk silthoudend	-12	-12	-12
zand, kleiig	-18	-18	-18
zand, matig grof, zwak silthoudend, vast	-19	-19	-19

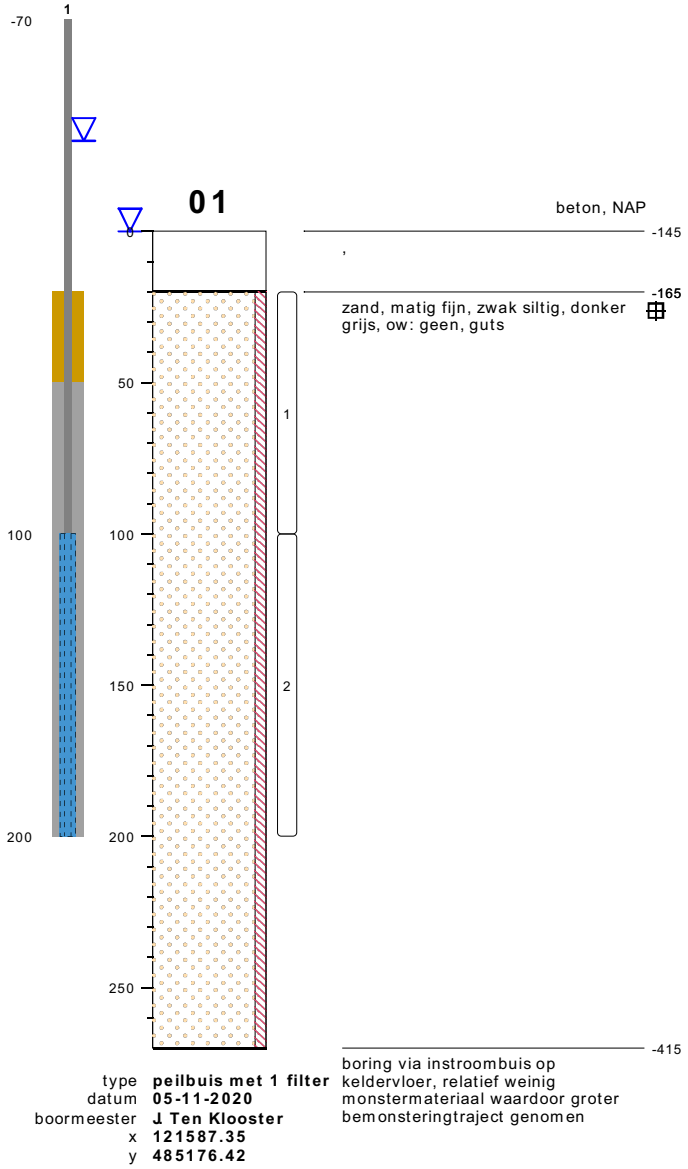


Legenda

- boring
- peilbuis

Titel	Sarphatipark 88-90 Amsterdam boorlocaties		
Opdrachtgever			
Projectnr	BM4239	Datum	01-12-2020
Tek.nr	4239-1	Schaal	1:200
Bijlage	1	Formaat	A4

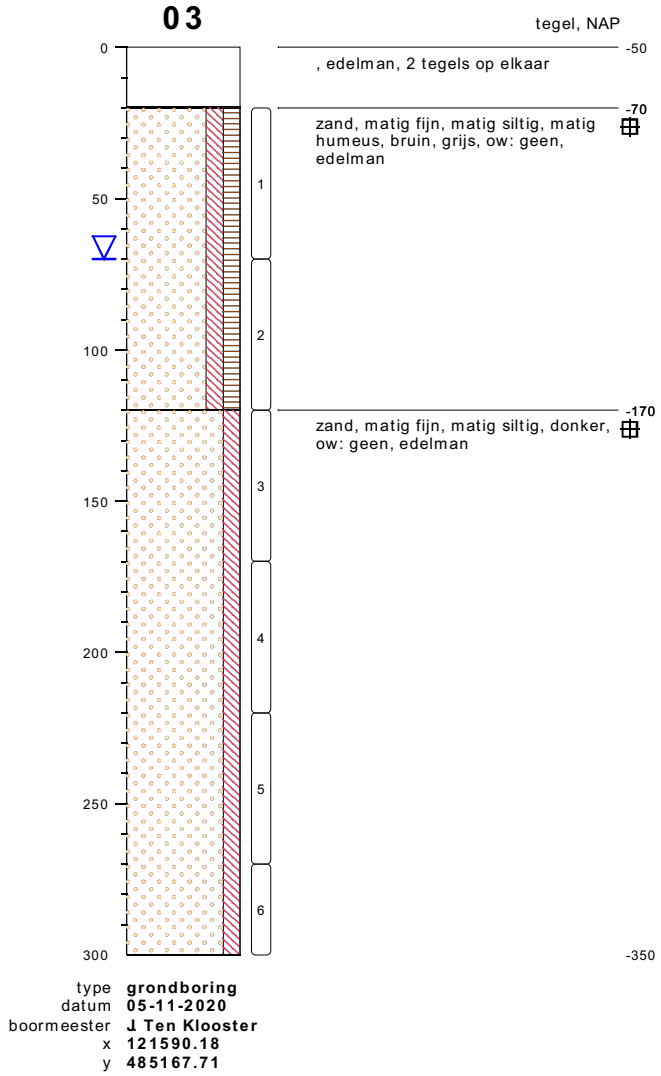
BACK MILIEU-ADVIES ENONDERZOEK BV

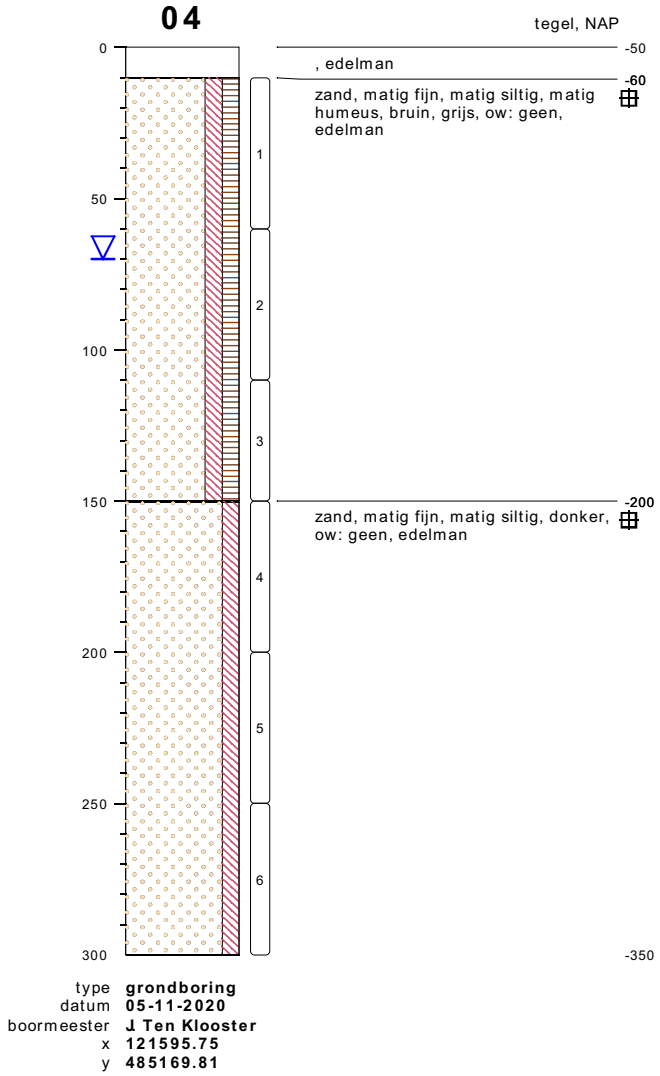


bodemprofielen **schaal 1:25**

onderzoek **Sarphatipark 88-90**
projectcode **BM4239**
getekend conform **NEN 5104**

BACK MILIEU-ADVIES EN ONDERZOEK BV



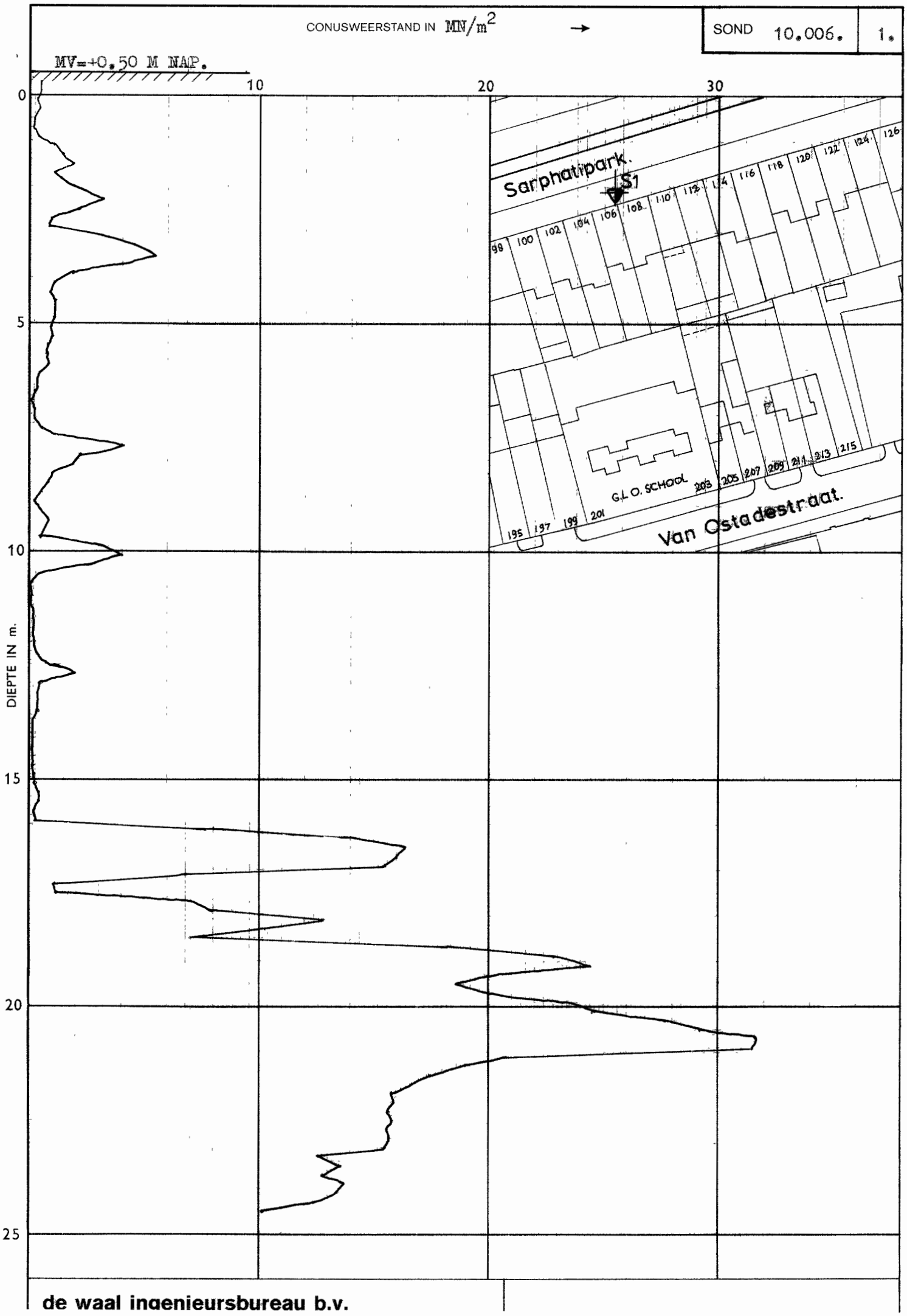


bodemprofielen **schaal 1:25**

onderzoek **Sarphatipark 88-90**
projectcode **BM4239**
getekend conform **NEN 5104**

BACK MILIEU-ADVIES EN ONDERZOEK BV

AMSTERDAM. Sarphatipark. 106-108.



AMSTERDAM v.Ostadestraat 199.

CONUSWEERSTAND IN MN/m² →

SOND 10.868 | 1.

MV=+0.43 M NAP

DIEPTE IN m



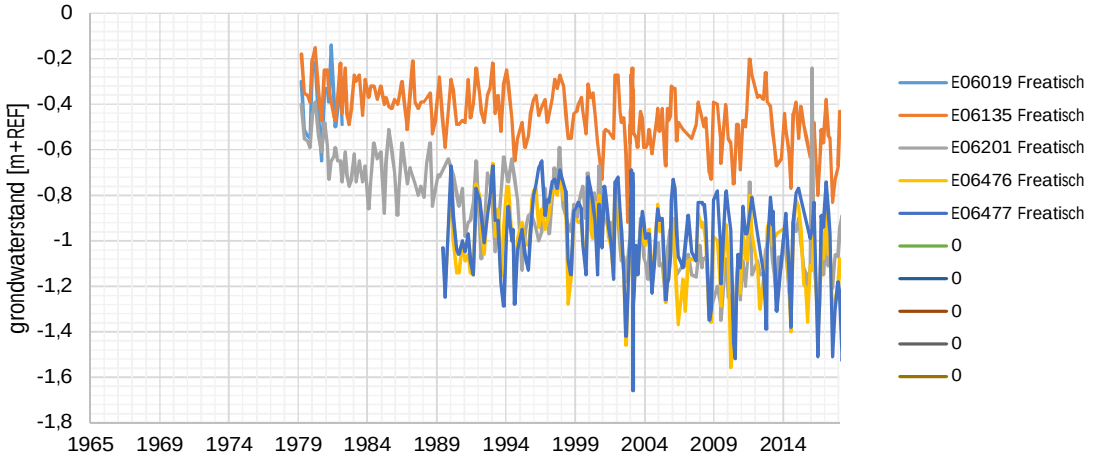
de waal ingenieursbureau b.v.
AMSTERDAM - GEN VETTERSTRAAT 77 - TELEFOON 020-174844

Bijlage 3 - Grondwaterparameters

Grondwaterstand analyse versie: 3.5 project: 10730621B.1 LOOTS

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

naam	E06019 Freati	E06135 Freati	E06201 Freati	E06476 Freati	E06477 Freati
X-coördinaat	121658	121639	121459	121509	121638
Y-coördinaat	485149	485051	485091	485165	485205
maaiveld [m+REF]	0,68	0,59	0,5	0,51	0,43
bovenkant filter [m+REF]	-1,23	-1,98	-2,09	-2,13	-2,23
onderkant filter [m+REF]	-2,23	-2,98	-3,09	-3,13	-3,23
laatste meetjaar	1983	2021	2021	2021	2021
laatste meting	-0,3	-0,18	-0,4	-1,22	-1,03
totale meetperiode	3	41	41	31	31
aantal metingen	16	240	243	191	189
hoogste [hele reeks]	-0,14	-0,15	-0,24	-0,66	-0,65
ghg [laatste 8 jaren]	-0,19	-0,39	-0,67	-0,84	-0,77
hoog σ [hele reeks]	-0,09	-0,19	-0,51	-0,67	-0,56
gemiddelde [hele reeks]	-0,40	-0,45	-0,93	-1,04	-1,00
gemiddelde [laatste 8 jaren]	-0,40	-0,57	-1,03	-1,10	-1,07
laag σ [hele reeks]	-0,70	-0,72	-1,34	-1,41	-1,44
glg [laatste 8 jaren]	-0,58	-0,80	-1,28	-1,41	-1,52
laagste [hele reeks]	-0,65	-0,92	-1,35	-1,56	-1,66
σ [hele reeks]	0,15	0,13	0,21	0,19	0,22
januari	● -0,28	● -0,39	▲ -0,89	● -0,90	● -0,84
februari		● -0,39	◆ -0,94	▲ -1,01	● -0,88
maart	▲ -0,35	● -0,43	◆ -0,95	▲ -1,07	▲ -1,04
april		● -0,42	◆ -0,95	▲ -1,01	● -0,90
mei	● -0,14	▲ -0,48	◆ -0,96	▲ -1,03	▲ -0,99
juni	◆ -0,49	◆ -0,50	◆ -0,94	◆ -1,19	◆ -1,13
juli		◆ -0,53	◆ -0,96	◆ -1,12	◆ -1,21
augustus	◆ -0,54	◆ -0,51	▲ -0,92	◆ -1,18	◆ -1,19
september	◆ -0,58	▲ -0,46	▲ -0,90	▲ -1,08	▲ -1,07
oktober		▲ -0,47	◆ -0,93	▲ -1,00	▲ -1,04
november	◆ -0,44	▲ -0,48	● -0,84	● -0,97	● -0,91
december		▲ -0,45	◆ -0,97	● -0,95	● -0,86
2013		-0,35	-1,09	-1,15	-1,22
2018		-0,62	-1,08	-1,10	-1,10



Bijlage 4 - berekening debiet

Berekening grondwaterstroming tabel 2.3 (hoofdstuk 2.3)
Het verhang tussen twee peilbuizen wordt bepaald door het verschil grondwaterstand (tussen meetpunten) te delen door de afstand (in stromingsrichting) tussen de meetpunten. In dit geval is bepaald dat er tussen meetpunt E06019 Freatisch en meetpunt E06477 Freatisch circa 56 m afstand is.
Bijvoorbeeld de maand januari is er 0,5615 m verschil tussen de peilbuizen. Door dit verschil te delen door de afstand 56 m, wordt een verhang berekend van 0,01.

Het debiet is: k-waarde x verhang x doorstroomoppervlakte (projectlocatie). Doorstroomoppervlakte is D (dikte watervoerende laag x doorstroombreedte). Debiet kan ook bepaald worden door: kD x doorstroombreedte x verhang.

In dit geval is de onderkant constructie (NAP - 1,2 m) maatgevend als bovengrens. De onderzijde van de watervoerende laag is gelegen op NAP - 4,3 m. De dikte van de watervoerende laag is 3,1 m. De breedte van het doorstroomprofiel is 12 m, het doorstroomoppervlakte (dikte x breedte) is totaal 37,2 m².

De doorlatendheid (k-waarde) is 3 tot 7 m/dag tot een diepte van NAP - 4,15 m. Daaronder is de k-waarde 0,06 tot 0,14 m/dag tot een diepte van NAP - 4,3 m. Daaronder is de k-waarde 0,01 tot 0,01 m/dag tot een diepte van NAP - 4,5 m. De kD-waarde is tussen 9,46 en 17,57 m²/dag.

Het debiet grondwaterstroming door het perceel in bijvoorbeeld de maand januari is 9,46 à 17,57 m²/dag x 12 m x 0,01 = 1,135 à 2,108 m³/dag.

Berekening grondwateraanvulling tabel 2.4B (hoofdstuk 2.4)
De tuin is voor 50 % groen. Dit betekent dat de grondwateraanvulling gelijk is aan 350,8 x 50 % + 720,5 x 50 % = 535,65 mm/jaar.

Berekening grondwaterstroming door hemelwater in tuin tabel 3.2 (hoofdstuk 3.2)
Door het oppervlakte (139,2 m²) van de tuinen (eigen en derden vlakbij) te vermenigvuldigen met de grondwateraanvulling wordt het debiet bepaald. De tuin is voor 50 % groen. Dit betekent dat de grondwateraanvulling in bijvoorbeeld januari gelijk is aan 67,8 (75 - 7,2) mm x 50 % + 72,6 (75 - 2,4) mm x 50% = 70,2 mm grondwateraanvulling in een maand. De grondwateraanvulling per dag is 2,26 mm/dag. In de bestaande situatie is er dus een grondwateraanvulling van 0,315 m³/dag. Indien het oppervlakte in de nieuwe situatie afneemt zal het debiet ook kleiner worden (omdat gekozen wordt voor een berging buiten de bodem).

Berekening grondwaterstroming totaal tabel 3.3 (hoofdstuk 3.3)
De grondwaterstroming omgeving (tweede kolom) wordt opgeteld bij grondwaterstroming hemelwater (derde kolom). Op het moment dat de stromingsrichting tegenovergesteld is wordt de grondwaterstroming hemelwater afgetrokken van de grondwaterstroming omgeving. Het resultaat (debiet en stromingsrichting) van deze berekening staat in de vierde kolom.

Het verhang (vijfde kolom) = debiet totaal / (kD-waarde x doorstroombreedte). De grondwateraanvulling in de tuin heeft namelijk een lokaal effect op de algemene grondwaterstroming, door deze berekening wordt dit lokale effect meegenomen in het ontwerp.

Bijlage 5 - berekening gaten in damwand

De volgende stappen zijn ondernomen om het verlies door gaten te bepalen:

1 Strategie modellering bepaald, geconcludeerd wordt dat gaten in detail gemodelleerd moeten worden. Daarbij worden de opgevulde (grondverbetering) gaten in bestaande bodem, opgevulde gaten door de damwand en grondverbetering in cannelures horizontaal achter elkaar in een model geplaatst.

2 Een MicroFEM model wordt gebruikt, ronde gaten zijn niet te modelleren, daarom wordt rond gat vertaald naar een vierkant gat. Elk gat heeft een diameter van 0,1 m, ofwel een oppervlakte van 0,0079 m². Het vierkante gat in het model heeft een hoogte en breedte van 0,09 m. De lengte van het gat is 0,5 m. Het gat start aan binnenzijde damwand.

3 De damwand is ondoorlatend (transmissiviteit 0 m²/dag) en 0,1 m dik in het detail model.

4 De bodem buiten de projectlocatie en buiten damwand+gaten heeft een doorlatendheid van 3 tot 7 m/dag. Dit resulteert in een transmissiviteit (kD) van 8,1 tot 18,9 m²/dag.

5 Vanaf de binnenzijde damwand (achter het gat) wordt de cannelure gemodelleerd. Deze heeft een oppervlakte van 0,0323 m². Een vierkante gat in het model heeft een hoogte en breedte van 0,18 m. De lengte van een gat is 0,5 m. Het gat start aan binnenzijde damwand.

6 Bodem rondom de gaten in model wordt waterdicht (kD=0 m²/dag).

7 Gaten komen uit in grondverbetering onder de kelder, dit is een strook van 16 m lang. De rand van de grondverbetering onder de kelder is geheel (buiten de gaten) dicht.

8 Eerste modelrun: bij de maximale kD wordt een maximaal debiet verwacht van 3,205m³/dag. Dit debiet wordt toegevoegd in de grondverbetering onder de vloer (zo ver mogelijk van de cannelures) in het model. Dit debiet wordt uit het model gehaald in de bestaande bodem (enkele meters voor de gaten). Als k-waarde grondverbetering wordt 100 m/dag aangehouden.

9 Na de modelrun wordt het verschil 'grondwaterstand grondverbetering onder kelder' en 'grondwaterstand begin cannelures' bepaald. Dit wordt vergeleken met het verschil 'grondwaterstand begin cannelure' en 'grondwaterstand bestaande bodem'. De verhouding is circa 1 op 2,91. Dat wil zeggen dat de drukverlies een factor 2,91 hoger is in de gaten (aan één zijde van barrière). Omdat er aan twee kanten gaten gemaakt worden is de totale drukverlies in gaten het dubbel zo groot.

10 Uit het detail grondwatermodel blijkt dat de drukverlies door de gaten totaal 85% van de gehele weerstand betreft. De lengte van de kelder in het totaal grondwatermodel is 15,8 m, de damwanden en gaten zijn in het model 0,5 m dik gemodelleerd. Het verhang ter plaatse van de gaten is een factor 92 meer steil. Dit betekent dat de k-waarde in het model een factor 92 kleiner moet zijn ter plaatse van de damwanden en gaten voor een correcte inschatting van de doorlatendheid grondverbetering. Berekening: [(modellengte kelder) 15,8 m/ (modeldikte damwand) 0,5 m] x factor 2,91 = 92.

11 Een tweede modelrun wordt uitgevoerd bij de ondergrens kD-waarde bestaande bodem. Ook wordt het debiet aangepast (bij lagere kD-waarde zal er minder grondwater doorstromen in de bestaande situatie). Uit de berekening volgt dat de weerstand overgang van gat naar bodem toeneemt, dit wordt echter gecompenseerd door minder weerstand in de gaten, cannelure en onder de bak. Geconcludeerd wordt dat ten aanzien van gaten in damwanden de bestaande kD-waarde weinig invloed heeft.

Bijlage 6 - berekening doorlatendheid grondverbetering

De nieuwe situatie wordt eerst gemodelleerd bij een hoge bestaande kD-waarde. De dikte van de damwanden in het model 0,5 m zijn, lengte barrière is 15,8 m. In het model wordt de kD-waarde (sterker verhang bij gaten) met een factor 92 verlaagd ter plaatse van de damwanden. Grondwaterstroming via percelen derden is niet mogelijk in het model. Vervolgens wordt het debiet ingesteld op 3,205 m³/dag (maximale waarde kolom 4, tabel 3.3) voor de barrière en (negatief) achter de barrière. Het model wordt gestart en de k-waarde onder de kelderbak (en damwanden) wordt aangepast totdat het verhang overeenkomt met verhang 1:64, maar tenminste 1:100* moet mogelijk zijn. Uit deze modelberekening volgt dat de k-waarde van de grondverbetering gelijk moet zijn aan 1500 m/dag. De modelberekening wordt herhaald met een lage k-waarde van watervoerende laag 1 en het bijbehorend debiet 1,747 m³/dag (hoogste ondergrens in kolom 4 tabel 3.3), hieruit volgt een vergelijkbaar resultaat.

De nieuwe situatie wordt gemodelleerd bij een hoge bestaande kD-waarde, maar nu zonder damwanden. De lengte barrière is 15,8 m. Grondwaterstroming via percelen derden is niet mogelijk in het model. Vervolgens wordt het debiet ingesteld op 3,205 m³/dag (maximale waarde kolom 4, tabel 3.3) voor de barrière en (negatief) achter de barrière. Het model wordt gestart en de k-waarde onder de kelderbak wordt aangepast totdat het verhang overeenkomt met verhang 1:64 maar tenminste 1:100* moet mogelijk zijn. Uit deze modelberekening volgt dat de k-waarde van de grondverbetering gelijk moet zijn aan 65 m/dag. De modelberekening wordt herhaald met een lage k-waarde van watervoerende laag 1 en het bijbehorend debiet 1,747 m³/dag (hoogste ondergrens in kolom 4 tabel 3.3), hieruit volgt een vergelijkbaar resultaat.

*Door een verhang van 1:100 (niet steiler) mogelijk te maken kan grondwateroverlast gecontroleerd en opgelost worden. Soms blijkt voor de bouwfase dat de peilbuizen een onacceptabel verhang tonen, doordat de doorlatendheid van de maatregelen verhoogd is kan na realisatie van de kelder de doorstroom mogelijkheid verhoogd en verlaagd worden. Verhogen door het maximaal aantal gaten open te zetten, verlagen door een aantal gaten dicht te zetten (of kleiner te maken). Deze flexibiliteit van maatregelen tijdens de uitvoering wordt beschouwd als noodzakelijk in geohydrologie.