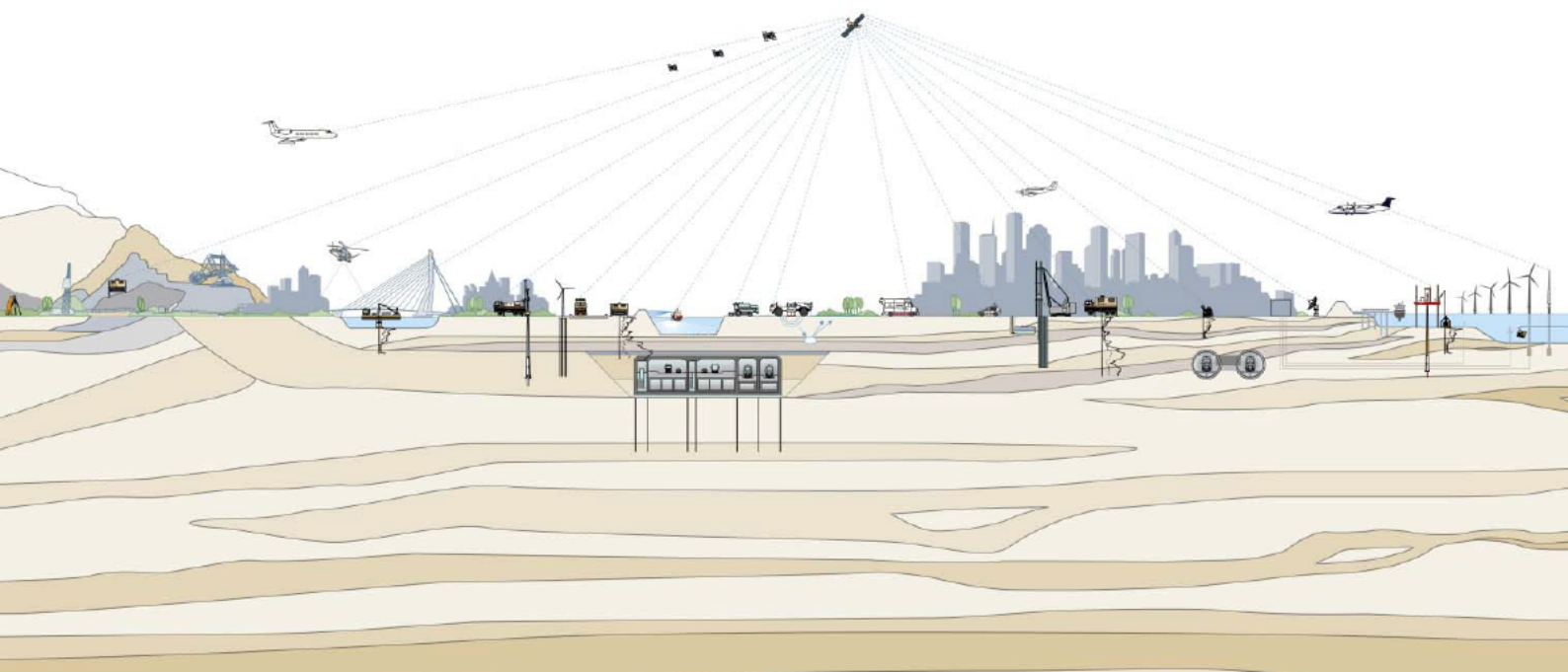


**Analyse barrièrewerking
Verbouwing Van Eeghenstraat 104 Amsterdam**

Document Nr.: 1017-0145-000

Versie: 2.0

Datum: 26 oktober 2017



Opdrachtgever Camelot Europe
Meerenakkerplein 5
5652 BJ Eindhoven

Datum 23 juni 2017 tot en met 1 juli 2017
grondonderzoek

Opdrachtnemer Fugro NL Land B.V.
Veurse Achterweg 10
2264 SG Leidschendam
T.: 070 31 11414

Projectleider ir. [REDACTED]
Manager Geo-Consultancy
[REDACTED]

Versiebeheer

| | | | | | |
|------------|---------------------|------------------|----------------------|--------------------|------------------|
| 1.0 | Initiële versie | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | 11 augustus 2017 |
| 2.0 | Tweede versie | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | 11 oktober 2017 |
| 3.0 | Derde versie | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | 26 oktober 2017 |
| Rev | Omschrijving | Opgesteld | Gecontroleerd | Goedgekeurd | Datum |

INHOUDSOPGAVE

| | | |
|-----------|--|----------|
| 1. | INLEIDING | 1 |
| 1.1 | Overzicht van versiewijzigingen | 1 |
| 2. | PROJECTOMSCHRIJVING | 2 |
| 2.1 | Projectlocatie | 2 |
| 2.2 | Afmetingen en niveaus | 2 |
| 3. | GEOHYDROLOGISCHE INVENTARISATIE | 4 |
| 3.1 | Beschikbare grond(water)onderzoeken | 4 |
| 3.2 | Bodemopbouw en geohydrologische schematisering | 4 |
| 3.3 | Oppervlaktewaterpeil, grondwaterstand en stijghoogte | 4 |
| 3.3.1 | Oppervlaktewaterpeil | 4 |
| 3.3.2 | Grondwaterstand en stijghoogte | 5 |
| 3.3.3 | Grondwaterstroming | 5 |
| 4. | ONDERGRONDSE BARRIÈRES | 6 |
| 4.1 | Huidige situatie | 6 |
| 4.2 | Toekomstige situatie na realisatie kelder | 7 |
| 5. | ANALYSE BARRIEREWERKING | 8 |
| 5.1 | Voorwaarden barrièrewerking | 8 |
| 5.2 | Voorwaarde 1: De omvang van de barrière | 8 |
| 5.3 | Voorwaarde 2: De diepte van de barrière | 8 |
| 5.4 | Voorwaarde 3: Bodemgesteldheid | 8 |
| 5.5 | Voorwaarde 4: De mate van horizontale grondwaterstroming | 8 |
| 5.6 | Conclusie | 9 |

BIJLAGEN

| | |
|-----------|-------------------------------------|
| A. | GEOTECHNISCH ONDERZOEK |
| | STIJGHOOGTEDATA WATERNET PEILBUIZEN |
| | APPENDIX BARRIEREWERKING |

1. INLEIDING

Fugro ontving van Camelot Europe de opdracht voor het uitvoeren van een grondonderzoek en het uitbrengen van diverse geotechnische en geohydrologische adviezen. Het grondonderzoek en de adviezen hebben betrekking op de verbouwing van woning aan de Van Eeghenstraat 104 te Amsterdam.

Na realisatie vormen de kelder en de permanente damwanden een barrière tegen grondwaterstroming. In voorliggende rapportage zijn de resultaten gepresenteerd van de analyse naar de effecten van deze barrière op de grondwaterstand in de omgeving. De rapportage bestaat uit een projectomschrijving (hoofdstuk 2), geohydrologische inventarisatie (hoofdstuk 3) en een kwalitatieve toetsing van de kelder aan de voorwaarden voor het optreden van barrièrewerking.

1.1 Overzicht van versiewijzigingen

Na het uitbrengen van de eerste versie van onderhavige rapportage zijn wijzigingen in het ontwerp doorgevoerd en is door Fugro een archiefonderzoek uitgevoerd naar de funderingswijze en aanwezigheid van kelders onder de omliggende bebouwing. Ten opzichte van het eerste ontwerp wordt het aanlegniveau van de kelder met 1,5 m minder diep.

2. PROJECTOMSCHRIJVING

2.1 Projectlocatie

Het project betreft de verbouwing van het woonhuis aan de Van Eeghenstraat nummer 104 te Amsterdam. Onderdeel van de verbouwing is de realisatie van een twee-laags kelder onder en naast de woning. Binnen het Rijksdriehoeksnets heeft de projectlocatie globaal de coördinaten $X = 119.730$ m en $Y = 485.530$ m. De projectlocatie is in figuur 2.1 op een luchtfoto weergegeven.



Figuur 2.1: Projectlocatie Van Eeghenstraat 104 te Amsterdam (rood, bron Google Earth)

2.2 Afmetingen en niveaus

In de eerste versie van onderhavige rapportage is geadviseerd om met onderwater beton een gesloten bouwput te creëren om het waterbezwaar en de effecten van de bemaling te minimaliseren. Onder andere naar aanleiding van de eerste versie van deze rapportage heeft de opdrachtgever het ontwerp van de kelder aangepast. De kelder wordt nu 1,5 m minder.

Aan de hand van bovengenoemde tekeningen zijn voor het project relevante afmetingen en niveaus afgeleid zoals zijn weergegeven in tabel 2.1. De kelder wordt aangelegd binnen een rondom met grond- en waterkerende damwanden gesloten bouwput. Het inbrengniveau van de damwanden bedraagt NAP -13 m. Voor meer informatie omtrent de damwanden wordt verwezen naar het damwandadvies. Naar verwachting worden de damwanden na voltooiing van de kelder niet getrokken (uitgangspunt in dit rapport).

Tabel 2.1: Afmetingen en ontgravingsniveaus

| Onderdeel | Afmetingen bodem werkput l x b [ca. m] | Aanlegniveau | | Ontgravingsniveau [m NAP] |
|-------------|--|--------------|---------|------------------------------|
| | | [m PEIL] | [m NAP] | |
| Kelder | 37 x 11 à 12 | -7,5 | -5,2 | -5,7 |
| Autoliftput | 6 x 3 | -8,1 | -5,8 | -6,1 |
| Pompput | 1,6 x 1,6 | -8,7 | -6,3 | -6,8 |
| Liftput | 2,2 x 2,0 | -9,0 | -6,7 | -7,0 |

3. GEOHYDROLOGISCHE INVENTARISATIE

3.1 Beschikbare grond(water)onderzoeken

Bij de analyse naar barrièrewerking is gebruik gemaakt van de volgende grond(water)onderzoeken:

- 4 sonderingen tot ca. MV -25 m, waarvan 1 met meting van de waterspanning (Fugro, juni 2017);
- 2 handboringen tot ca. MV -3 m, inclusief plaatsing peilbuis en enkele grondwaterstandsmetingen (Fugro, juni 2017);
- Langjarige stijghoogtemetingen van Waternet (4 freatische peilbuizen binnen ca. 150 m afstand van de projectlocatie).

Het grondonderzoek van Fugro is gepresenteerd in de Geotechnisch Veldwerkrapportage welk als bijlage aan voorliggende rapportage is toegevoegd. Een locatieoverzicht en tijd-stijghoogtegrafieken van de peilbuizen van Waternet zijn in bijlage A1 gepresenteerd.

3.2 Bodemopbouw en geohydrologische schematisering

Op basis van de resultaten van bovengenoemd grondonderzoek en REGIS II v2.1 (TNO) is de bodemopbouw (geohydrologisch) geschematiseerd en weergegeven in tabel 3-1. Uit het grondonderzoek blijkt dat in de Van Eeghenstraat vanaf maaiveld een 5 m dik zandpakket (wegcunet) aanwezig is, terwijl aan de lager gelegen achterzijde van de woning nauwelijks sprake is van een topzandlaag.

Tabel 3-1: Schematisering bodemopbouw

| Laag | o.k. laag [ca. m NAP] | Bodembeschrijving | Typering |
|------|--------------------------|-------------------|-----------------------------|
| 0 | +0,2 à -1,3* | Maaiveld | Infiltratieoppervlak |
| 1 | -1,4 à -4,5** | Zand | Topzandlaag |
| 2 | -4,2 à -4,9 | Veen | Waterremmende laag |
| | -7,5 à -8,0 | Klei | |
| 3 | -9,5 | Wadzand | Beperkt watervoerend pakket |
| 4 | -11,9 à -12,0 | Klei en veen | Waterremmende laag |
| 5 | -40*** | Zand | Eerste en tweede zandlaag |

* Aan de straatzijde van de projectlocatie ligt het maaiveld op ca. NAP +0,2 m, dit is een stuk hoger dan het maaiveldniveau aan de achterzijde van de projectlocatie (ca. NAP -1,3 m).

** Het wegcunet aan de voorzijde van de woning bestaat uit een 5 m dik pakket zand, terwijl bij de handboring achter de woning vanaf maaiveld slechts 0,4 m zandig materiaal is aangetroffen.

*** Op ca. NAP -17 m worden de eerste en tweede zandlaag van elkaar gescheiden door een dunne kleilaag.

3.3 Oppervlaktewaterpeil, grondwaterstand en stijghoogte

3.3.1 Oppervlaktewaterpeil

Op ca. 100 m ten noorden van de projectlocatie ligt, in het Vondelpark, een vijver. Het oppervlaktewaterpeil van de vijver wordt door Waternet beheerst NAP -2,45 m. Dit is ca. 2 m lager dan het stadsboezempeil van Amsterdam.

3.3.2 Grondwaterstand en stijghoogte

Om inzicht te krijgen in de grondwaterstand op de projectlocatie zijn stijghoogtegegevens gedownload uit de Waternetdatabase (bijlage A1) en zijn op de projectlocatie twee peilbuizen geplaatst, waarin de grondwaterstand 3 keer (om de week) is ingemeten (tabel 3-2). Uit de grondwaterstandsmetingen op de projectlocatie blijkt dat de ontwateringsdiepte aan de straatzijde (HB1) ruim voldoende is (gemeten 1,9 à 2,0 m). Aan de achterzijde van de woning, waar het maaiveld ca. 1,2 m lager ligt, is de ontwateringsdiepte echter een stuk minder (gemeten 0,7 à 0,8 m).

Tabel 3-2: Resultaten grondwaterstandsmetingen

| Peilbuis | Filterafstelling [m NAP] | Meting grondwaterstand [m NAP] | | |
|----------|--------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|
| | | 4 juli 2017 | 19 juli 2017 | 31 juli 2017 |
| HB1 | -1,8 tot -2,8 | -1,8 | -1,7 | -1,7 |
| HB2 | -2,9 tot -3,9 | -1,8 | -1,7 | -1,8 |
| Peilbuis | Filterafstelling [m NAP] | Ontwateringsdiepte | | |
| HB1 | -1,8 tot -2,8 | 2,0 | 1,9 | 1,9 |
| HB2 | -2,9 tot -3,9 | 0,8 | 0,7 | 0,8 |

Gegevens van de stijghoogte in de wadzandlaag zijn niet beschikbaar. Naar verwachting is de stijghoogte in de wadzandlaag ca. 0,5 m lager dan de freatische grondwaterstand. De stijghoogte in de eerste zandlaag fluctueert tussen ca. NAP -2,7 m en NAP -3,1 m.

3.3.3 Grondwaterstroming

Uit de grondwaterstandsdata van de Waternet peilbuizen blijkt dat sprake is van een grondwaterverhang tussen het Vondelpark (lage grondwaterstand) en de Van Eeghenstraat en Willemsparkweg (hoge grondwaterstand). Hieruit wordt afgeleid dat het freatisch grondwater vanaf de wegen richting het park stroomt. Omdat de grondwaterstroming richting het park plaatsvindt in klei- en veenlagen (een topzandlaag ontbreekt) kan ervan uit worden gegaan dat de snelheid van de stroming beperkt is.

De gemiddelde grondwaterstand op de projectlocatie is ongeveer 1,3 m hoger dan de gemiddelde stijghoogte. Derhalve is sprake van een wegzijgingssituatie van het grondwater naar het eerste watervoerend pakket (ca. 0,25 à 0,40 mm/dag).

4. ONDERGRONDSE BARRIÈRES

Om de effecten van de kelder en damwanden op de grondwaterstand te kunnen beoordelen is inzicht benodigd in de aanwezigheid van kelders in de omgeving van de projectlocatie. Dit inzicht is verkregen door bij het studiegebied een archiefonderzoek uit te voeren. Bij dit archiefonderzoek zijn de panden aan de Van Eeghenstraat 100 tot en met 106 onderzocht.

4.1 Huidige situatie

De woning op de projectlocatie maakt deel uit van de bouweenheid Van Eeghenstraat 100 t/m 104 (3 woningen) welke in 1905 is opgericht. Onder de gehele bouweenheid is een souterrain aanwezig op een niveau van ca. NAP -0,5 m (boven de grondwaterstand). Onder de bouweenheid zijn geen kelders aanwezig. Wel dient te worden opgemerkt dat bij nummer 100 funderingsheestel gepland is. Mogelijk wordt hierbij ook een kelder gerealiseerd. De buitenste woningen van de bouweenheid (nummers 100 en 104) staan op ca. 4 m van de rooivlijn en op ca. 10 m afstand van de volgende bouweenheid (figuur 4.1).

Onder de naastgelegen bouweenheid Van Eeghenstraat 106 tot en met 110 zijn drie kleine kelders aanwezig van ca. 4 m x 4 m (één kelder per woning, zie figuur 4-1). De onderzijde van de kelders bevindt zich op ca. NAP -3 m. Hiermee sluiten zij de topzandlaag over de gehele diepte af.

In de huidige situatie zijn bij huisnummers 100 tot en met 110 geen barrières aanwezig in diepere watervoerende lagen dan de freatische topzandlaag.



Figuur 4.1: Kavel- en gebouwgronden (bron: Kadaster). Groen: toekomstige kelder op de projectlocatie en blauw: bestaande kelders op de omliggende panden.

4.2 Toekomstige situatie na realisatie kelder

In de toekomstige situatie vormen de achtergebleven damwanden op de kavel van nummer 104 een barrière in de topzandlaag (voor zo ver sprake is van een topzandlaag) en de Wadzandlaag. De omvang van de barrière is ca. 37 m x 12 m. Onder de naastgelegen panden zijn geen, of slechts kleine (nummers. 106 t/m 110) kelders aanwezig. Daarom is geen sprake van een aaneengesloten barrière onder meerdere panden. Hierbij wordt opgemerkt dat op den duur wel een aaneengesloten barrière onder meerdere panden kan ontstaan als de eigenaren van de buurpanden besluiten eveneens een kelder te realiseren.

5. ANALYSE BARRIÈREWERKING

5.1 Voorwaarden barrièrewerking

Na realisatie vormt de kelder een barrière tegen grondwaterstroming. Of deze barrière kan leiden tot stijgingen en/of dalingen van de grondwaterstand in de omgeving is afhankelijk van de volgende voorwaarden (toegelicht in de appendix barrièrewerking):

1. De omvang van de barrière (inclusief belendende barrières) die gerealiseerd wordt in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater;
2. De diepte van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de bodemgesteldheid en de mate waarin de ondergrondse bouwdelen watervoerende lagen doorsnijden;
3. De bodemgesteldheid (de verticale doorlatendheid) van de lagen onder de barrière;
4. De mate van de horizontale grondwaterstroming.

In de volgende paragrafen wordt aangegeven in hoeverre aan deze voorwaarden wordt voldaan. Alleen wanneer aan alle voorwaarden wordt voldaan kunnen stijgingen en/of dalingen van de grondwaterstand optreden in de omgeving van de kelder.

5.2 Voorwaarde 1: De omvang van de barrière

De omvang van de permanente damwandconstructie bedraagt ca. 37 m bij 12 m. De constructie sluit niet aan op barrières onder de buurpanden. Omdat het grondwater vanaf de Van Eeghenstraat in de richting van het Vondelpark stroomt (dwars op de korte zijde van de damwandconstructie), bedraagt de maatgevende barrière tegen grondwaterstroming ca. 12 m. Bij een dergelijk smalle barrière wordt slechts een beperkt effect op de grondwaterstand verwacht. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat de cumulatieve barrière op den duur groter kan worden als onder de buurpanden eveneens kelders worden gerealiseerd.

5.3 Voorwaarde 2: De diepte van de barrière

De permanente damwanden sluiten zowel de topzandlaag (voor zover sprake is van een topzandlaag) als de wadzandlaag over de gehele hoogte af. De eerste zandlaag wordt niet afgesloten door de damwanden.

5.4 Voorwaarde 3: Bodemgesteldheid

Onder de topzandlaag is een waterremmend pakket aanwezig van ca. 4 m tot 7 m dik. Onder de wadzandlaag is een waterremmend pakket aanwezig van ca. 3 m dik. Door de aanwezigheid van deze waterremmende pakketten kan een stijging en/of daling van de grondwaterstand in de topzandlaag niet worden gecompenseerd door een toename van de wegzijging/kwel. Onder de straat is een 5 m dik, goed doorlatend zandpakket aanwezig. De blokkade van de afstroom van grondwater richting het Vondelpark wordt hierdoor gecompenseerd door een toename van de afstroom van grondwater door het wegcunet.

5.5 Voorwaarde 4: De mate van horizontale grondwaterstroming

Uit de grondwaterstandsdata van de Waternet peilbuizen blijkt dat in de huidige situatie sprake is van grondwaterstroming vanaf de Van Eeghenstraat naar het Vondelpark. Omdat onder de woningen aan

de Van Eeghenstraat geen watervoerend, freatisch zandpakket aanwezig is, zal de stroming door klei- en veenlagen plaatsvinden en zal de stroomsnelheid beperkt zijn. In de wadzandlaag zal naar verwachting eveneens grondwaterstroming plaatsvinden in de richting van het Vondelpark.

5.6 Conclusie

Gezien de beperkte breedte van de barrière in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater, wordt slechts een beperkt grondwaterstandseffect verwacht. Dit effect bestaat uit een daling van de grondwaterstand aan de benedenstroomse zijde van de kelder (zijde Vondelpark). Naar verwachting is de grootte van deze daling minder dan 0,1 m en blijft deze beperkt tot het eigen perceel. Aan de bovenstroomse zijde van de kelder (zijde Van Eeghenstraat) wordt geen verandering van de grondwaterstand verwacht. In theorie zou hier opstuwning kunnen optreden. De blokkade van de afstroom van grondwater richting het Vondelpark wordt hier gecompenseerd door een toename van de afstroom van grondwater door het wegcunet.

Wel dient te worden opgemerkt dat de breedte van de barrière zal toenemen indien de naastgelegen panden in de toekomst eveneens volledig onderkelderd worden. Dit kan er toe leiden dat op den duur ook aan voorwaarde 1 wordt voldaan, waardoor de omvang van de barrière alsnog gaat leiden tot stijgingen en/of dalingen van de grondwaterstand in de omgeving.

BIJLAGEN

A. GEOTECHNISCH ONDERZOEK STIJGHOOGTEDATA WATERNET PEILBUIZEN APPENDIX BARRIÈREWERKING

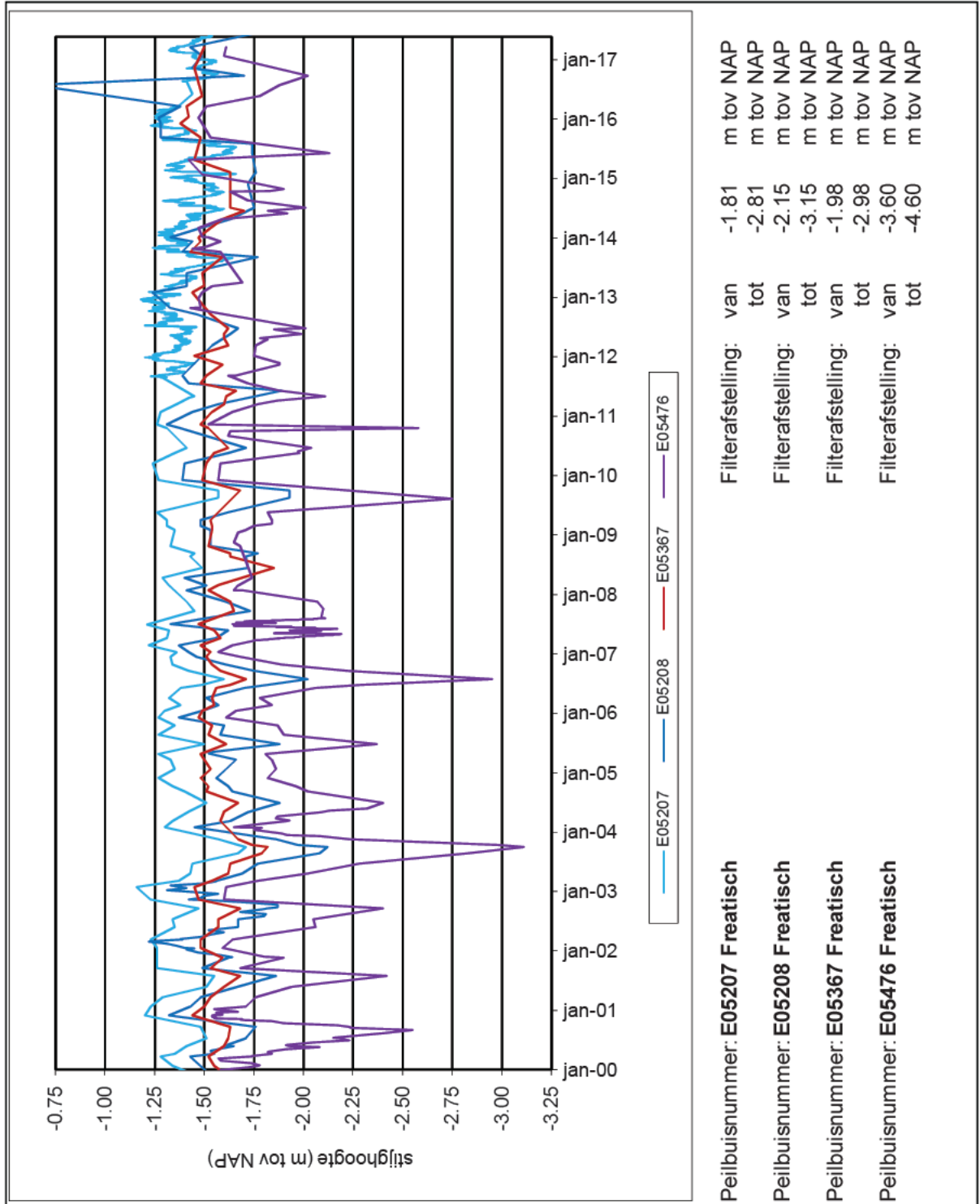
**A. GEOTECHNISCH ONDERZOEK
STIJGHOOGTEDATA WATERNET PEILBUIZEN**

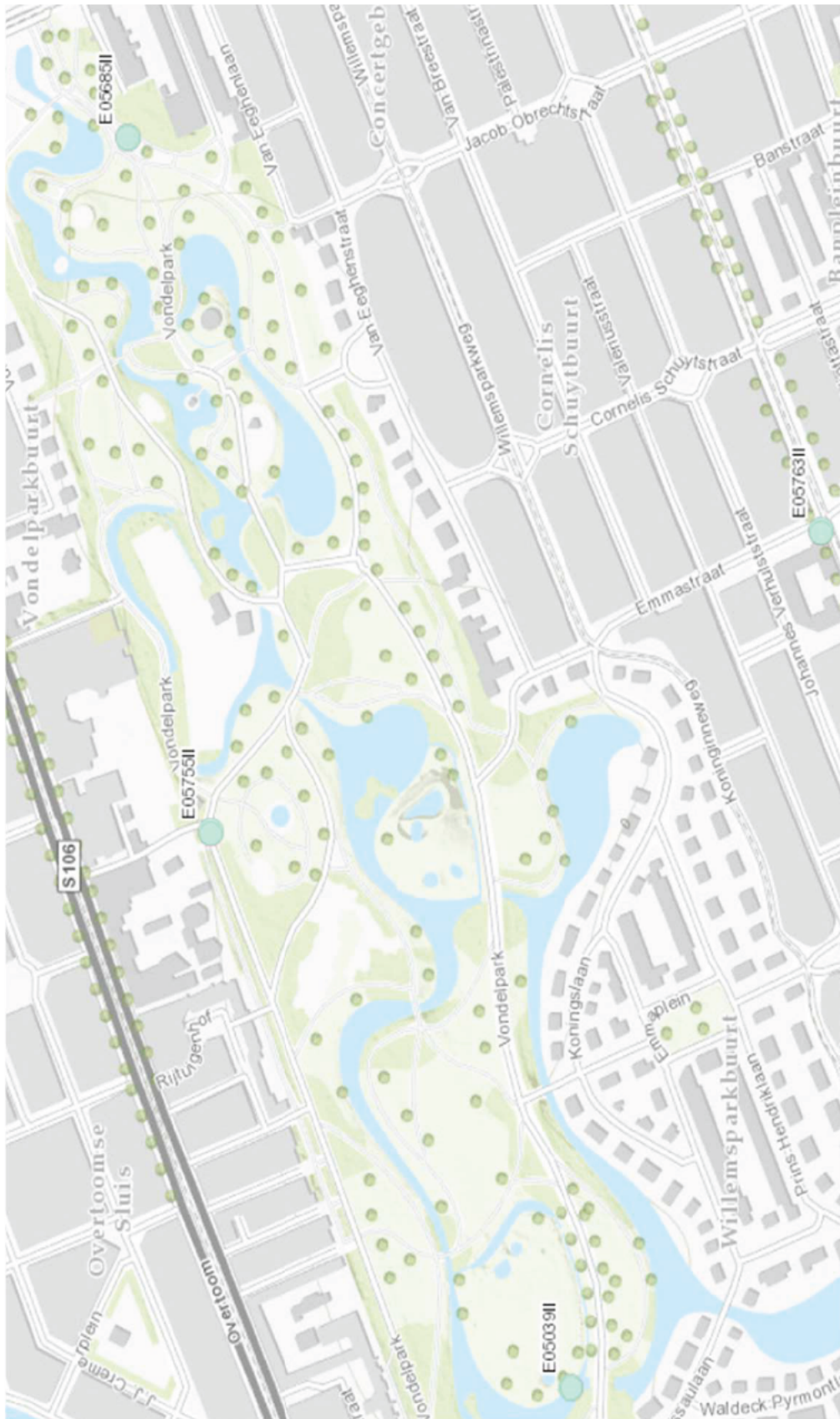


**Waternet
Grondwater**

Tijd-stijghoogtelijnen

Periode van: 1-1-2000 tot: 1-6-2017 Referentie: NAP

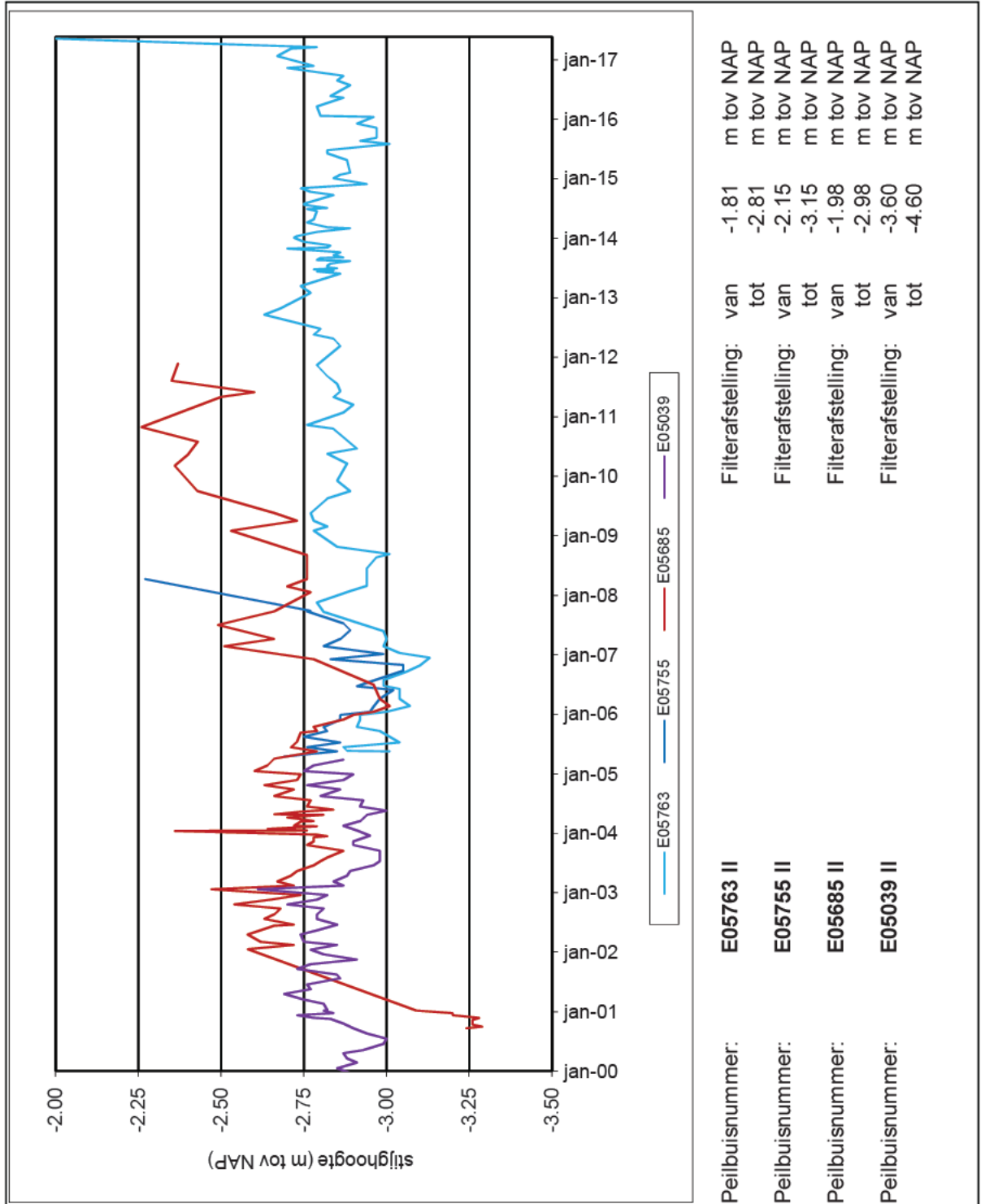




**Waternet
Grondwater**

Tijd-stijghoogtelijnen

Periode van: 1-1-2000 tot: 1-6-2017 Referentie: NAP





**ANALYSE BARRIÈREWERKING
VERBOUWING VAN EEGHENSTRAAT 104 AMSTERDAM**

APPENDIX BARRIÈREWERKING

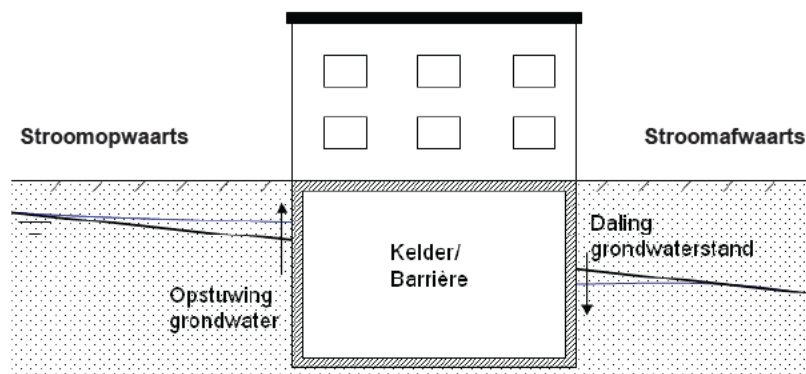
THEORETISCHE ONDERBOUWING BARRIÈREWERKING

Deze bijlage geeft een uitleg van het begrip barrièrewerking en van de omstandigheden die nodig zijn om barrièrewerking te laten optreden.

Definitie barrièrewerking

Barrièrewerking is het fenomeen waarbij de grondwaterstand (of stijghoogte) wordt beïnvloed door een ondergrondse waterdichte of slecht doorlatende constructie. Bij een ondergrondse constructie kan gedacht worden aan een kelder of een damwand.

Grondwater stroomt. Dit kan zijn op lokale schaal, waarbij regenwater in de grond zakt en afstroomt richting de omliggende watergangen, of op grotere schaal, waarbij regenwater na infiltratie in diepere grondlagen tientallen kilometers stroomt richting de zee. Door het plaatsen van een waterdichte ondergrondse constructie kan die stroming in een bepaalde zone worden gehinderd. Het hinderen van de grondwaterstroming leidt tot hogere grondwaterstanden aan de bovenstroomse zijde (linkerzijde figuur 1) en lagere grondwaterstanden aan de benedenstroomse zijde (rechterzijde figuur 1).



Figuur 1: Principe barrièrewerking

De mate waarin barrièrewerking optreedt, is afhankelijk van een viertal factoren:

1. De omvang van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater;
2. De diepte van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de bodemgesteldheid en de mate waarin de ondergrondse bouwdelen watervoerende lagen doorsnijden;
3. De bodemgesteldheid (de verticale doorlatendheid) van de lagen onder de barrière;
4. De mate van de horizontale grondwaterstroming.

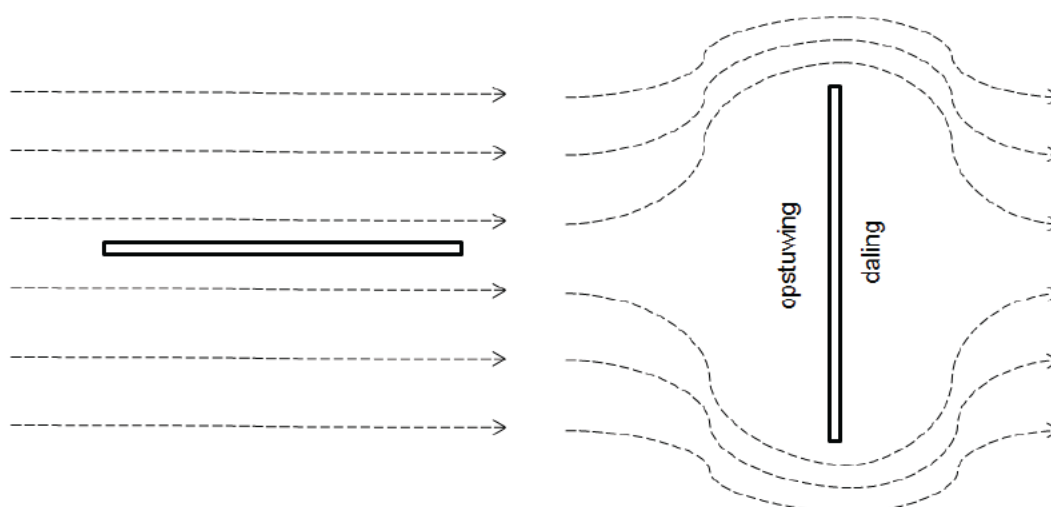
Pas wanneer alle vier de factoren ongunstig zijn, zal significante opstuwning en daling van de grondwaterstand optreden in de omgeving van de ondergrondse constructie. De vier factoren worden kort toegelicht.

1. Omvang en oriëntatie barrière

De grootte van de constructie (grondoppervlak) bepaalt de mate waarin het grondwater wordt gehinderd.

Kleine kelders (bijvoorbeeld onder een normale rijtjeswoning van ca. 5 x 10 m) hebben op zichzelf geen significante invloed op de grondwaterstroming. Het water kan namelijk makkelijk om de barrière heen stromen. Grote kelders, of dicht naast elkaar gelegen kleine kelders, kunnen wel barrièrewerking tot gevolg hebben.

Naast de omvang van de kelder is ook de oriëntatie van de kelder in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater van belang (zie figuur 2). Lange en smalle kelders of tunnels die parallel aan de grondwaterstromingsrichting liggen hebben slechts een beperkte invloed. De rede is dat het grondwater niet om de constructie heen hoeft te stromen, maar langs de constructie zijn weg kan vervolgen en zodoende minimaal gehinderd wordt. Bij constructies die grotere afmetingen hebben dwars op de stromingsrichting, moet het grondwater een veel langere weg afleggen na het plaatsen van de barrière, waardoor opstuwing en daling van de grondwaterstand kan optreden.

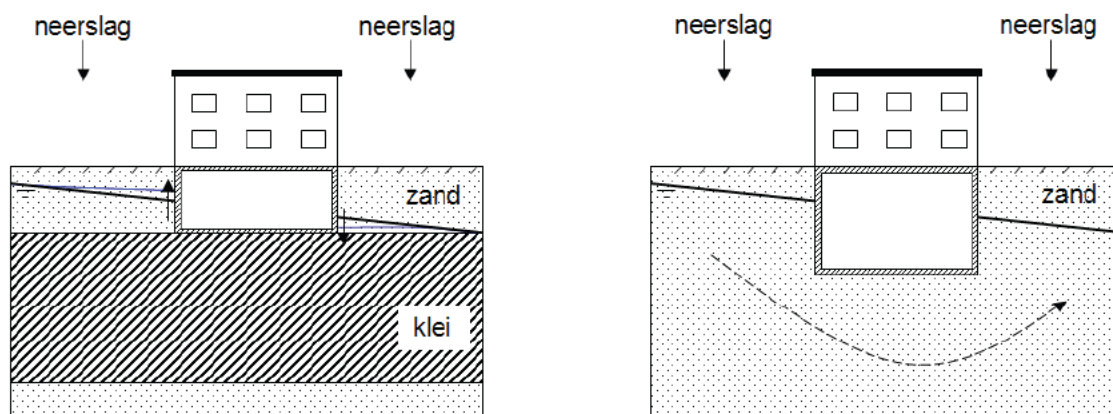


Figuur 2: Bovenaanzicht barrière; De oriëntatie van de barrière ten opzichte van de grondwaterstromingsrichting bepaalt de hinder, en daarmee de opstuwing, van het grondwater.

2. Diepte barrière

De hinder van de barrière is gerelateerd aan de diepte van de kelder in combinatie met de lokale bodemopbouw. Uit door Fugro gemaakte berekeningen volgt, dat een ondergrondse constructie de grondwaterstroming pas echt hindert, wanneer een groot deel (ongeveer 70%) van een watervoerende zandlaag wordt afgesloten.

Figuur 3 geeft hiervoor 2 voorbeelden. Aan de linkerkant sluit een 1-laags kelder een zandlaag volledig af, waardoor het grondwater niet meer onder de kelder door kan stromen. De rechterzijde toont een diepere 3-laags kelder, welke slechts een deel van de zandlaag afsluit. In de laatste situatie kan het grondwater via een relatief korte omweg onder de kelder doorstromen en ontstaat geen overlast.

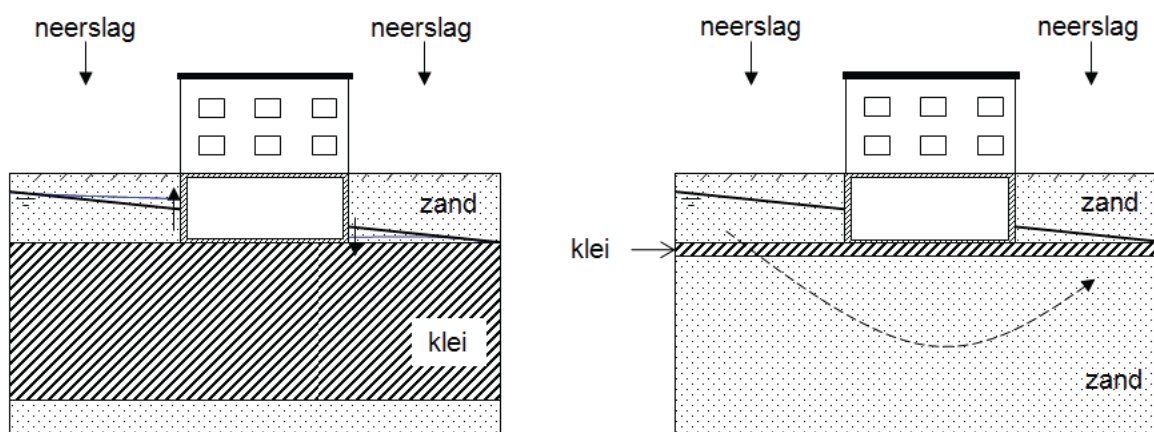


Figuur 3: Merkbare opstuwning kan pas optreden wanneer een kelder ongeveer 70% van een watervoerende zandlaag afsluit.

3. Dikte van ondiepe klei-/veenlagen

Wanneer een kelder een groot deel van een watervoerende zandlaag afsluit, is de mate van barrièrewerking gerelateerd aan de dikte (weerstand) van de onderliggende waterremmende bodemlagen.

Klei- en veenlagen belemmeren verticale stroming, waardoor grondwater moeilijker onder de constructie door kan stromen. Dikkere klei-/veenlagen (met een hogere weerstand) zorgen voor een grotere belemmering van de verticale stroming en daarmee voor meer risico op barrièrewerking (zie figuur 4).

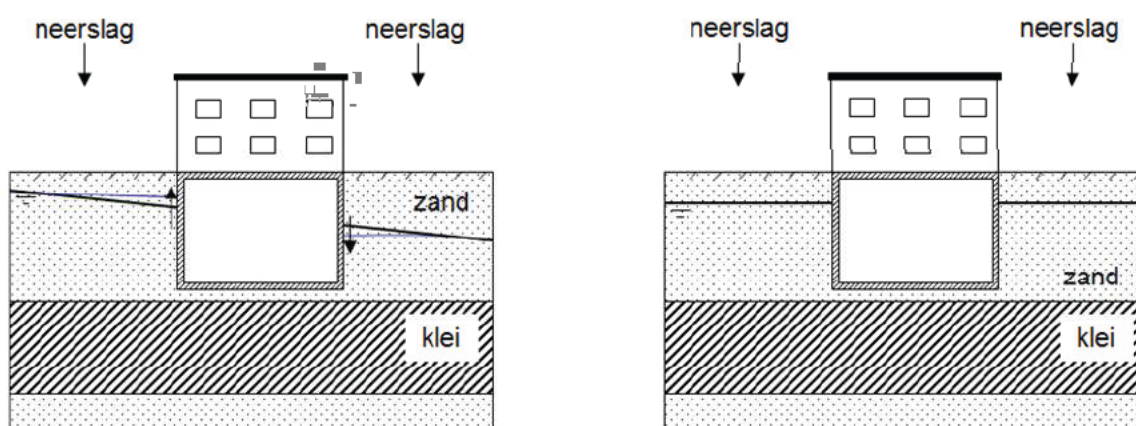


Figuur 4: De mate van barrière werking is afhankelijk van de dikte van onderliggende klei-/veenlagen

4. Grondwaterstroming

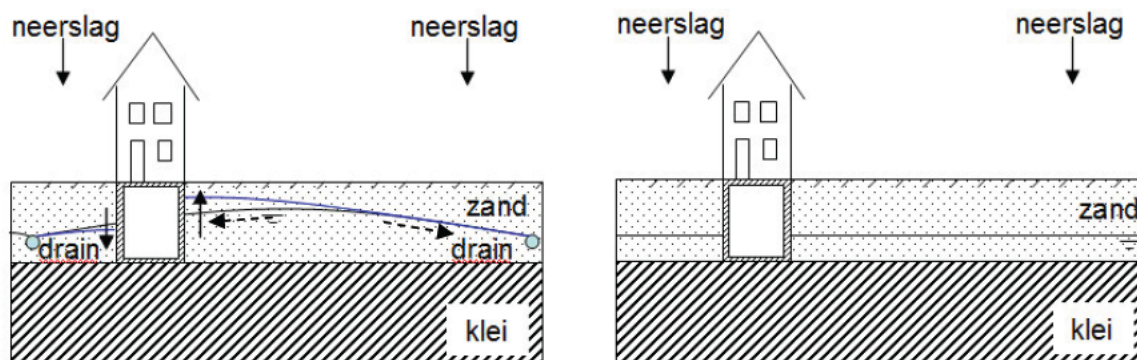
Barrièrewerking is het hinderen van de natuurlijke grondwaterstroming. Een sterkere horizontale grondwaterstroming zorgt zodoende voor meer opstuwing en daling van de grondwaterstand.

Horizontale grondwaterstroming ontstaat door verschillen in de grondwaterstand in de omgeving van de projectlocatie. Water stroomt van een hoge grondwaterstand (of stijghoogte) naar een lagere grondwaterstand (of stijghoogte). Wanneer de grondwaterstandsverschillen in de omgeving minimaal zijn, ontstaat geen opstuwing en daling van de grondwaterstand.



Figuur 5: Opstuwing is afhankelijk van de horizontale grondwaterstroming/ grondwaterstandsverschillen.

In veel bebouwde gebieden bestaat de grondwaterstroming hoofdzakelijk uit neerslag die afstroomt richting nabij gelegen ontwateringsmiddelen (zoals drainage of watergangen). Tussen de ontwateringsmiddelen ligt de grondwaterstand hoger, dit wordt opbolling genoemd. Wanneer de opbolling significant is kan door het plaatsen van een kelder eveneens opstuwing ontstaan (figuur 6 links). Bij beperkte opbolling is de grondwaterstroming minimaal en heeft het plaatsen van een kelder weinig effect op de grondwaterstand (figuur 6 rechts).



Figuur 6: Opstuwing is afhankelijk van de grondwaterstroming/ grondwaterstandsverschillen, welke wordt beïnvloed door drainage en sloten.