



Concept (Grond)waterparagraaf

Locatie Bredius

Auteur(s)

A.R. Jongerius
Ingenieursbureau

Opdrachtgever

Team Maaiveld West
Ingenieursbureau

Contactpersoon

A.R. Jongerius
Ingenieursbureau

Kenmerk

-

Opsteller	Goedgekeurd en vrijgegeven	Paraaf	Datum
A.R. Jongerius	B. Dijkstra		12-10-2017

Inhoud

Voorwoord	3
Samenvatting	4
1 Inleiding	6
1.1 Projectomschrijving	6
1.2 Beschrijving ontwikkelingsplannen	6
2 Beleid- wet- en regelgeving	8
2.1 Grondwater	8
2.2 Eisen aan oppervlaktewater	8
2.3 Eisen aan waterkeringen	9
2.4 Hemelwater	9
3 Grondwater	10
3.1 Inleiding	10
3.2 Inventarisatie geohydrologisch systeem	10
3.3 Grondwatermodel	14
3.4 Bevindingen grondwateraspecten	23
4 Oppervlaktewater / Watercompensatie	25
5 Waterkering	26
6 Hemelwater	28
7 Vervolgwerkzaamheden	29
Bronvermelding	30
Bijlagen	
Bijlage 1 - Bredius e.o. Plangrens	
Bijlage 2 - Onverhard oppervlak 2009	
Bijlage 3 - Onverhard oppervlak na ontwikkeling	
Bijlage 4 - Sonderingen en boringen DINOLoket	
Bijlage 5 - Berekening grondwateraanvulling	

Voorwoord

Ruimtelijke plannen moeten voorzien zijn van een waterparagraaf. De meerwaarde van de waterparagraaf is dat zij zorgt voor een vroegtijdige systematische aandacht voor het meewegen van wateraspecten in ruimtelijke plannen en besluiten. Het gaat daarbij om alle waterhuishoudkundige aspecten, waaronder het systeem van oppervlaktewater, grondwater, hemelwater en waterkeringen, de waterkwaliteit en de riolering, waarbij de nadruk in deze waterparagraaf op grondwater ligt. De waterparagraaf geeft over het algemeen inzicht in de wijze waarop het geldende waterbeleid is vertaald naar de plankaart en het Stedenbouwkundig Plan.

Voor het project Bredius is echter nog geen Stedenbouwkundig Plan opgesteld. Onderhavige concept (Grond)waterparagraaf dient derhalve niet als waterparagraaf voor een stedenbouwkundig plan of bestemmingsplan. In de concept (Grond)waterparagraaf wordt aangegeven hoe het geldende waterbeleid in het Stedenbouwkundig Plan kan worden verwerkt. Het doel van de rapportage is om als handvat te dienen bij het te nemen investeringsbesluit.

De concept (Grond)waterparagraaf dient te worden afgestemd met Waternet (de watertoets). Deze afstemming is noodzakelijk om te komen tot een definitieve waterparagraaf. Tevens kan niet worden uitgesloten dat Waternet aanvullend onderzoek wenst ter onderbouwing van de waterparagraaf.

Tot slot wordt opgemerkt dat de concept (Grond)waterparagraaf voornamelijk gebaseerd is op onderzoeken uit het verleden en gebiedskennis bij het IB. Bij verdere uitwerking van de plannen is het noodzakelijk om gegevens te verzamelen (monitoren) en de uitgangspunten en aannamen te verifiëren en aanvullende toetsing op de plannen uit te voeren.

Samenvatting

Het plangebied Bredius ligt in Amsterdam West tussen de Spaarndammerdijk, de Zaanstraat en het treinspoor. In het plangebied wordt nieuwbouw met een ondergrondse parkeergarage gerealiseerd. In de Concept (Grond)waterparagraaf wordt onderzocht of de ontwikkeling leidt tot negatieve effecten op de grondwaterstand en stijghoogte in de omgeving van de projectlocatie. Daarnaast wordt de ontwikkeling getoetst aan de grondwaternorm van Amsterdam [1] en worden de effecten van de ontwikkeling op oppervlaktewater, hemelwater en waterkeringen beschreven.

Waterkering

Ten noorden van het plangebied ligt de primaire waterkering (Spaarndammerdijk, Dijkvak A517-002). Het is in principe niet toegestaan om keringsvreemde constructies als kelders en wanden in de kernzone of in het leggerprofiel van de waterkering aan te brengen. Funderingspalen zijn onder bepaalde voorwaarden wel in het leggerprofiel toegestaan. Voor alle bomen en kabels en leidingen die binnen de kern- en beschermingszone van de waterkering worden gepland/aangelegd dient te worden aangetoond dat zij inclusief de ontgrondingskuil van de boom of erosiekrater van een drukleiding, buiten het leggerprofiel van de waterkering vallen. Tot slot geldt dat voor alle werkzaamheden binnen de kern- of beschermingszones van de waterkering een watervergunning voor het werken nabij een waterkering aangevraagd dient te worden bij het waterschap Amstel, Gooi en Vecht / Waternet.

Oppervlaktewater / watercompensatie

Ter compensatie van de verhardingstoename in het plangebied van 1.229 m² dient in de stadsboezem 123 m² oppervlaktewater te worden gerealiseerd. Als alternatief voor de aanleg van nieuw oppervlaktewater kunnen de volgende maatregelen worden genomen:

- Neerslag die op de kavel valt op de kavel zelf verwerken. Bijvoorbeeld door:
 - o De aanleg van een blauwgroen dak (dak met waterberging en vegetatie);
 - o Neerslag op de kavel in met DSI infiltratieputten te infiltreren in het eerste watervoerend pakket.
- De aanleg van open verharding in het openbaar gebied (verharding waardoor neerslag kan infiltreren, waardoor geen straatkolken nodig zijn).

Grondwater

De bouw van de ondergrondse parkeerkelder heeft geen significant (10 cm of meer) effect op de grondwaterstand en stijghoogte in de omgeving van de projectlocatie. Omdat de grondwaterstand in de huidige situatie relatief hoog staat dient in de toekomst rekening te worden gehouden met (een toename van) grondwateroverlast in de omgeving van het plangebied als gevolg van een toename van de neerslag door klimaatverandering.

Uit grondwaterberekeningen blijkt dat het maaiveldniveau ter plaatse van de kelder dient te worden verhoogd tot NAP +0,8 m zodat wordt voldaan aan de grondwaternorm voor kruipruimteloos bouwen (0,5 m ontwatering). Dit is een verhoging van het maaiveldniveau met ca.

0,4 m. Deze ontwateringsdiepte is nog niet voldoende voor bomen (advies: 0,9 m ontwatering), wegen, paden en parkeerterreinen (advies: 0,7 m ontwatering). Overwogen kan worden alleen bomen van een lagere orde te planten, de bomen in verhoogde plantvakken te plaatsen of extra brede plantvakken te realiseren (wortelruimte in de breedte in plaats van diepte zoeken).

Hemelwaterafvoer

In het gebied wordt een gescheiden rioleringsstelsel gerealiseerd, bestaande uit DWA (droogweerafvoer) en HWA (hemelwaterafvoer).

De gemeentelijke ambitie is om een bui van 60 mm in 1 uur te kunnen verwerken zonder dat schade optreedt aan bebouwing of aan vitale infrastructuur en zonder dat blokkades ontstaan van grote gemeentelijke verkeersknooppunten. Hierbij wordt circa 20 mm per uur verwerkt door de riolering, de andere 40 mm per uur wordt in de openbare en particuliere ruimte geborgen en/of via de openbare ruimte afgevoerd. Om aan deze gemeentelijke ambitie te voldoen en als alternatieve maatregel voor de watercompensatie wordt geadviseerd "waterneutraal" bouwen op te nemen in de bouwveloppe van de kavel. Dit betekent dat de ontwikkelaar 60 mm neerslag vasthoudt op eigen terrein. De wijze waarop dit wordt gerealiseerd is vrij te kiezen (bijvoorbeeld blauwgroendak of infiltratie in het eerste watervoerend pakket).

Om verontreiniging van afstromend hemelwater, oppervlaktewater, grondwater en waterbodembodem tegen te gaan, dient het gebruik van uitlogende materialen (PAK, lood, zink en koper) tijdens de bouw- en gebruiksfase voorkomen te worden. Daarnaast dient bij het beheer zo min mogelijk gebruik te worden gemaakt van middelen die kunnen leiden tot verontreiniging van het oppervlakte- of grondwater.

Vervolgonderzoek

Op basis van onderhavige rapportage worden de volgende vervolg werkzaamheden geadviseerd:

- Afstemmen van onderhavige rapportage met Waternet.
- In overleg treden met Prorail over de eisen die Prorail stelt ten aanzien van de grondwaterstandssituatie bij het spoor/rangeerterrein.
- Plaatsing aanvullende peilbuizen: 2 freatische peilbuizen, 1 peilbuis met filter in de wadzandlaag en 1 peilbuis met filter in de eerste zandlaag.
- Monitoring van de stijghoogte in bovenstaande peilbuizen gedurende een periode van ten minste 1 jaar.
- Verificatie modelberekeningen op basis van de aanvullende stijghoogtedata.

1 Inleiding

1.1 Projectomschrijving

Onderhavige rapportage betreft een concept (Grond)waterparagraaf voor de nieuwbouw van een gebouw met ondergrondse parkeergarage in plangebied Bredius (figuur 1-1) in Amsterdam West. In de concept (Grond)waterparagraaf wordt onderzocht of de ontwikkeling leidt tot negatieve effecten op de grondwaterstand en stijghoogte in de omgeving van de projectlocatie. Daarnaast wordt de ontwikkeling getoetst aan de grondwaternorm van Amsterdam [1] en worden de effecten van de ontwikkeling op oppervlaktewater, hemelwater en waterkeringen beschreven.



Figuur 1-1: Plangebied (bruin) en bouwkael/kelderlocatie (geel)

Voor het opstellen van de concept (Grond)waterparagraaf is door de opdrachtgever een tekening met de plangrenzen van het project aangeleverd (bijlage 1 [2]).

1.2 Beschrijving ontwikkelingsplannen

Voorheen stond in het plangebied een sporthal welke in 2009 is gesloopt. Sindsdien ligt het plangebied braak. De ontwikkeling in het plangebied bestaat uit nieuwbouw met kelder

(4.393 m²), herinrichting van de Zaanstraat en herinrichting van een strook grond langs de zuid- en westzijde van de nieuwbouw (onder andere de aanleg van een weg en groenstroken).

In dit stadium is nog niet bekend of op de projectlocatie een eenlaags of tweelaags kelder wordt gerealiseerd.

2 Beleid- wet- en regelgeving

2.1 Grondwater

Wet

De Waterwet noemt in artikel 3.6 de Wettelijke zorgplicht voor het grondwater:

"1. De gemeenteraad of het college van burgemeester en wethouders draagt zorg voor het in het openbaar gemeentelijk gebied treffen van maatregelen teneinde structureel nadelige gevolgen van de grondwaterstand voor de aan de grond gegeven bestemming zoveel mogelijk te voorkomen of te beperken, voor zover het treffen van die maatregelen doelmatig is en niet tot de zorg van het waterschap of de provincie behoort.

2. De maatregelen, bedoeld in het eerste lid, omvatten mede de verwerking van het ingezamelde grondwater, waaronder in ieder geval worden begrepen de berging, het transport, de nuttige toepassing en het, al dan niet na zuivering, op of in de bodem of in het oppervlaktewater brengen van ingezameld grondwater, en het afvoeren naar een inrichting als bedoeld in artikel 15a van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren."

Beleid

Na herinrichting dient op de projectlocatie te worden voldaan aan de grondwaternorm van de Gemeente Amsterdam [1]. Deze norm stelt dat de ontwateringsdiepte ter plaatse van nieuwbouw zonder kruipruimte ten minste 0,5 m dient te bedragen en ter plaatse van nieuwbouw met kruipruimte ten minste 0,9 m. Hierbij wordt uitgegaan van een maatgevende grondwaterstand die maximaal 1 keer per 2 jaar gedurende een periode van maximaal 5 aaneengesloten dagen wordt overschreden. Verder geldt volgens de grondwaternorm dat ontwikkelingen de grondwaterstand in de omgeving van de ontwikkeling niet negatief mogen beïnvloeden.

De nieuwbouw in het plangebied wordt volledig onderkelderd (geen kruipruimte) zodat de ontwateringsnorm van 0,5 m onder maaiveld geldt ter plaatse van de bebouwing. In aanvulling op de grondwaternorm van Amsterdam worden de volgende ontwateringsdiepten geadviseerd:

- 0,9 m voor bomen (standaardnorm binnen Gemeente Amsterdam);
- 0,7 m voor wegen, paden en parkeerterreinen (algemeen gehanteerde norm in de civiele techniek).

2.2 Eisen aan oppervlaktewater

Wet

Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV) is de waterbeheerder voor het projectgebied.

Aanpassingen in het watersysteem vallen onder de regels van de Integrale Keur AGV 2011 [3]. In het plangebied is zowel de huidige als toekomstig situatie geen oppervlaktewater aanwezig. Het belangrijkste artikel uit de Keur is daarom die voor verhard oppervlak. Dit artikel stelt dat verhardingstoenames van meer dan 1.000 m² moeten worden gecompenseerd door de aanleg van

extra oppervlaktewater (10% van de verhardingstoename). Deze zogenaamde watercompensatie moet hierbij plaatsvinden in hetzelfde watersysteem.

2.3 Eisen aan waterkeringen

Het plangebied bevindt zich in zowel de binnen- als buitenbeschermingszone van de primaire waterkering ter plaatse van de Spaarndammerdijk (Dijkvak A517-001). Deze kering is in beheer bij AGV. Op basis van de regels van de Keur AGV 2011 [3] moet een watervergunning worden aangevraagd voor het werken nabij een waterkering. Verder geldt als belangrijkste artikel uit de keur dat de ondergrondse parkeerkelder buiten het beoordelingsprofiel van de waterkering moet blijven. Tijdelijke damwanden in het beoordelingsprofiel van de waterkering zijn onder bepaalde voorwaarden toegestaan, permanente damwanden zijn niet toegestaan.

2.4 Hemelwater

Beleid

In het Gemeentelijk Rioleringsplan Amsterdam (GRPA) [1] is beschreven hoe de gemeente Amsterdam omgaat met de hemelwaterzorgplicht. Bij nieuwe ontwikkelingen wordt bij voorkeur een gescheiden rioolstelsel aangelegd. In de regel wordt het hemelwaterriool ontworpen op bui o8 uit de Leidraad Riolerings [4]; wat erop neerkomt dat circa 20 mm neerslag in een uur kan worden afgevoerd. Bij extreme neerslag, die in het kader van klimaatverandering vaker zal gaan voorkomen en waarbij veel meer dan 20 mm neerslag valt, schiet de rioolcapaciteit tekort en kan het water over het maaiveld gaan stromen. Daarbij kunnen grote schades ontstaan. Om de stad beter te wapenen tegen extreme neerslag, heeft Amsterdam met Waternet het programma Amsterdam Rainproof gestart. In het GRPA is vervolgens beleid opgenomen hoe om te gaan met extreme neerslag: "De gemeente heeft de ambitie dat de stad in 2020 een bui van 60 mm in 1 uur kan verwerken zonder schade aan huizen en vitale infrastructuur. Hiervan wordt 20 mm via het ondergrondse hemelwaterstelsel verwerkt en wordt 40 mm tijdelijk opgeslagen in de openbare en private ruimten (daken, tuinen, et cetera)". Hierin hebben alle eigenaren en beheerders van de fysieke stad een rol. De perceeleigenaar is in principe verantwoordelijk voor de verwerking van hemelwater op eigen terrein.

In alle gevallen dient het plan geen verslechtering van de hemelwatersituatie in omliggende gebieden tot gevolg te hebben.

3 Grondwater

3.1 Inleiding

De gemeente heeft een wettelijke zorgplicht voor het in het openbaar gemeentelijke gebied treffen van maatregelen om structurele nadelige gevolgen van de grondwaterstand voor de aan de grond gegeven bestemming zoveel mogelijk te voorkomen of te beperken. Vanuit de grondwaterzorgplicht volgt dat de aanleg van de kelder geen structurele nadelige grondwatereffecten mag veroorzaken op bestaande constructies, objecten, gebouwen en groen in de omgeving. Tot slot stelt het gemeentelijk beleid dat er bij nieuw in te richten gebieden in Amsterdam wordt voldaan aan de gemeentelijke grondwaternorm [1]. Volgens de norm geldt dat bij kruipruimteloos bouwen ten hoogste eens in de twee jaar gedurende maximaal 5 aaneengesloten dagen een grondwaterstand hoger dan 50 cm onder het maaiveldniveau mag voorkomen. Hierbij geldt dat het toepassen van een drainagesysteem om aan de norm te voldoen dient te worden vermeden.

In dit hoofdstuk wordt getoetst of de bouw van de kelder leidt tot nadelige effecten op de omgeving en/of het niet halen van de gemeentelijke grondwaternorm.

3.2 Inventarisatie geohydrologisch systeem

3.2.1 Bodemopbouw

Voor onderhavige opdracht is gebruik gemaakt van sonderingen en boringen uit DINOLoket (bijlage 4). Uit de resultaten van het grondonderzoek blijkt dat in het plangebied en de directe omgeving van het plangebied een topzandlaag voorkomt tot een diepte van ca. NAP -3,0 à -3,5 m. Onder de topzandlaag komen slecht waterdoorlatende lagen voor tot een diepte van ca. NAP -13 m (bovenzijde eerste zandlaag). In tabel 4-1 is de bodemopbouw geschematiseerd weergegeven.

Tabel 4-1: Schematisering bodemopbouw

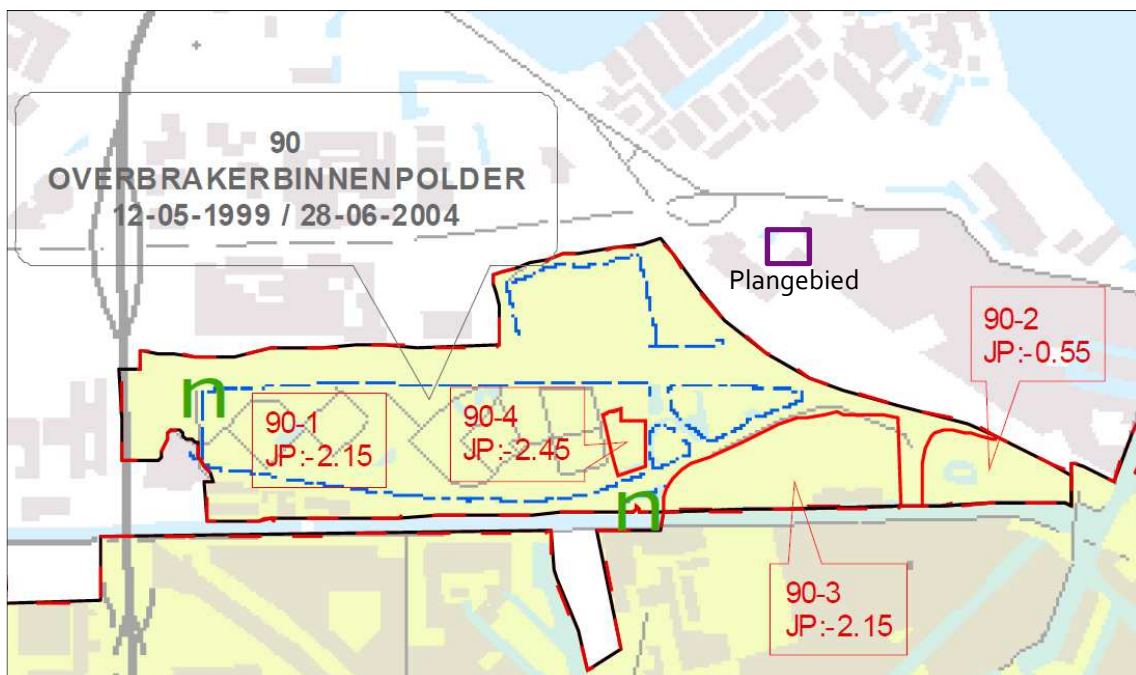
Niveau ca. [m NAP]			Bodem	Geohydrologische typering
+0,6 à +0,3			Maaiveld	Infiltratieoppervlak
+0,6 à +0,3	tot	-3,0 à -3,5	Zand	Freatische topzandlaag
-3,0 à -3,5	tot	-6	Veen en klei	Waterremmende laag
-6	tot	-12	Zand, kleiig	Watervoerend pakket (Wadzandlaag)
-12	tot	-13	Klei en veen	Waterremmende laag
-13	tot	-16	Zand	Eerste zandlaag
-16	tot	-18	Klei, zandig	Waterremmende laag
-18	tot	-30	Zand	Tweede zandlaag

3.2.2 Ondergrondse barrières

Kelders in de omgeving van de projectlocatie kunnen, net als de toekomstige kelder op het plangebied, een barrière vormen tegen grondwaterstroming. Naar verwachting zijn binnen ca. 100 m afstand van het plangebied geen ondergrondse kelders van significante afmetingen voor. Dit is echter niet bevestigd door het uitvoeren van een archiefonderzoek bij het stadsdeel. Van de Spaarndammertunnel op ca. 200 m ten noordwesten van de projectlocatie is bekend dat deze een barrière vormt tegen grondwaterstroming door het freatisch pakket.

3.2.3 Oppervlaktewater

Het dichtstbijzijnde oppervlaktewater bevindt zich op ca. 130 m ten noorden van het plangebied. Het betreft een watergang ten noorden van de Spaarndammerdijk (buitendijks) met een oppervlaktewaterpeil van NAP -0,4 m. Ten zuiden van het spoor ligt de Overbrakerbinnenpolder. In deze polder worden verschillende oppervlaktewaterpeilen gehanteerd (figuur 4-1).



Figuur 4-1: Oppervlaktewaterpeilen in de Overbrakerbinnenpolder

3.2.4 Drainage

Door Waternet is aangegeven dat in de Zaanstraat drainage aanwezig is. De drainage is ter plaatse van het Spaarndammerplantsoen aangesloten op een gemaal. Informatie over het drainageniveau en lozingsdebiet van de drainage konden niet door Waternet worden aangeleverd. Op basis van de

gemeten grondwaterstanden (geen duidelijk verhang richting de drain) wordt verwacht dat de drainage niet goed functioneert.

3.2.5 Grondwaterstand en stijghoogte

Bij voorliggend onderzoek is gebruik gemaakt van stijghoogtedata uit het peilbuisnetwerk van Waternet. De locaties van de Waternetpeilbuizen zijn in figuur 4-2 en figuur 4-3 gepresenteerd. In tabel 4-2 zijn per peilbuis de hoge (95 percentiel), gemiddelde en lage (5 percentiel) grondwaterstand en stijghoogte in het eerste watervoerend pakket gepresenteerd. Aangenomen wordt dat de 95 percentiel van de meetreeksen ongeveer overeenkomt met een grondwaterstand die 1 keer per twee jaar gedurende maximaal 5 achtereenvolgende dagen voorkomt (maatgevende hoge grondwaterstand volgens de grondwaternorm van Amsterdam [1]).

Uit de gemeten grondwaterstanden blijkt dat de huidige ontwateringsdiepte beperkt is (mogelijk is in natte perioden sprake van wateroverlast in de kruipruimten van de bestaande woningen).

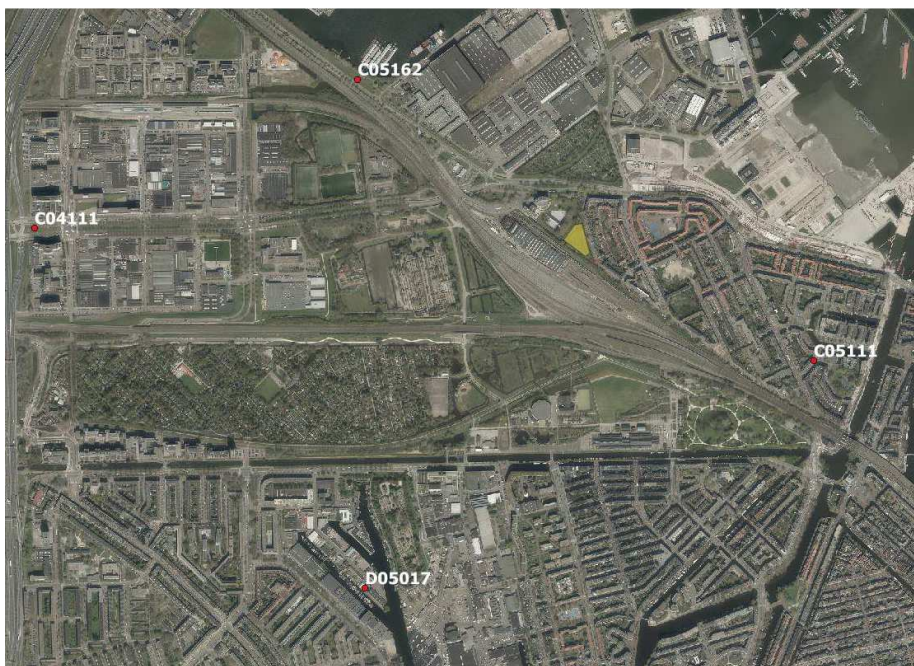
Tabel 4-2: Maatgevende grondwaterstand/stijghoogte [m NAP] per peilbuis

Peilbuis	Filterafstelling	Meetperiode	Grondwaterstand [m NAP]			Ontwatering* [m -maaiveld]
			Hoog	Gemiddeld	Laag	
C05006	-2,1 à -3,1	1980-2017	-0,1	-0,4	-0,6	0,7
C05005	-1,9 à -2,9	1980-2017	0,0	-0,2	-0,4	0,5
C05115	-2,1 à -3,1	1980-1999	0,0	-0,3	-0,5	0,7
C05114	-2,1 à -3,1	1980-1999	0,0	-0,3	-0,6	0,7
C05116	-2,3 à -3,3	1980-1999	0,0	-0,3	-0,6	0,8
C05080	-1,9 à -2,9	1980-2017	0,0	-0,4	-0,7	0,7
C05113	-2,3 à -3,3	1980-2017	0,0	-0,3	-0,6	0,7
C05122	-1,0 à -2,0	1980-2017	0,2	-0,2	-0,5	0,8
C05125	-1,9 à -2,9	1990-2017	-0,1	-0,3	-0,5	0,7
C05012	-2,0 à -3,0	1980-2016	0,1	-0,4	-0,6	0,5
C05021	-2,2 à -3,2	1980-2017	-0,1	-0,4	-0,6	0,8
C05079	-1,9 à -2,9	1980-1999	-0,1	-0,3	-0,5	0,7
C05124	-1,4 à -2,4	1990-2004	0,0	-0,2	-0,5	0,6
C05126	-1,9 à -2,9	1990-2017	0,0	-0,3	-0,6	0,6
C05127	-1,9 à -2,9	1990-2017	-0,1	-0,3	-0,5	0,7
C05128	-1,9 à -2,9	1990-2017	0,0	-0,3	-0,6	0,7
			Stijghoogte eerste zandlaag [m NAP]			
C04111	-13,3 à -14,3	2004-2017	-2,0	-2,1	-2,3	-
D05017	-13,1 à -14,1	1980-2017	-2,4	-2,6	-3,3	-
C05111	-13,6 à -14,6	1981-2017	-1,5	-2,1	-2,3	-
C05162	-12,1 à -13,1	1990-2017	-1,5	-1,7	-1,9	-

* O.b.v. de maatgevende hoge grondwaterstand



Figuur 4-2: Freatische peilbuizen (blauw) en toekomstige kelder (geel)



Figuur 4-3: Peilbuizen met filter in de eerste zandlaag (rood) en toekomstige kelder (geel)

3.2.6 Grondwaterstroming

Uit de beschikbare grondwaterstandsgegevens blijkt dat het grondwaterverhang in de woonwijk ten oosten van het plangebied beperkt is. Hieruit wordt afgeleid dat de grondwaterstand in de woonwijk hoofdzakelijk wordt bepaald door de hoeveelheid grondwateraanvulling door neerslag/verdamping en de hoeveelheid wegzijging naar het eerste watervoerend pakket. Horizontale afstroom van grondwater naar watergangen speelt hier een minder belangrijke rol.

Ten zuidwesten van het plangebied zijn geen freatische (Waternet)peilbuizen aanwezig. In dit gebied is het verhang van de grondwaterstand daarom minder duidelijk. Naar verwachting is hier sprake van horizontale grondwaterstroming onder het spoor door in de richting van de Overbrakerbinnenpolder. Omdat geen informatie beschikbaar is over de bodemopbouw van het spoorlichaam kan dit echter niet met zekerheid worden gezegd.

Uit de stijghoogtedata van het eerste watervoerend pakket blijkt dat het grondwater in de eerste zandlaag richting het zuidwesten stroomt. De stijghoogte in de eerste zandlaag is ca. 1,5 m lager dan de freatische grondwaterstand (zie tabel 4-2). Derhalve is in het plangebied sprake van een wegzijgingssituatie (ca. 0,4 à 0,5 mm/dag).

3.3 Grondwatermodel

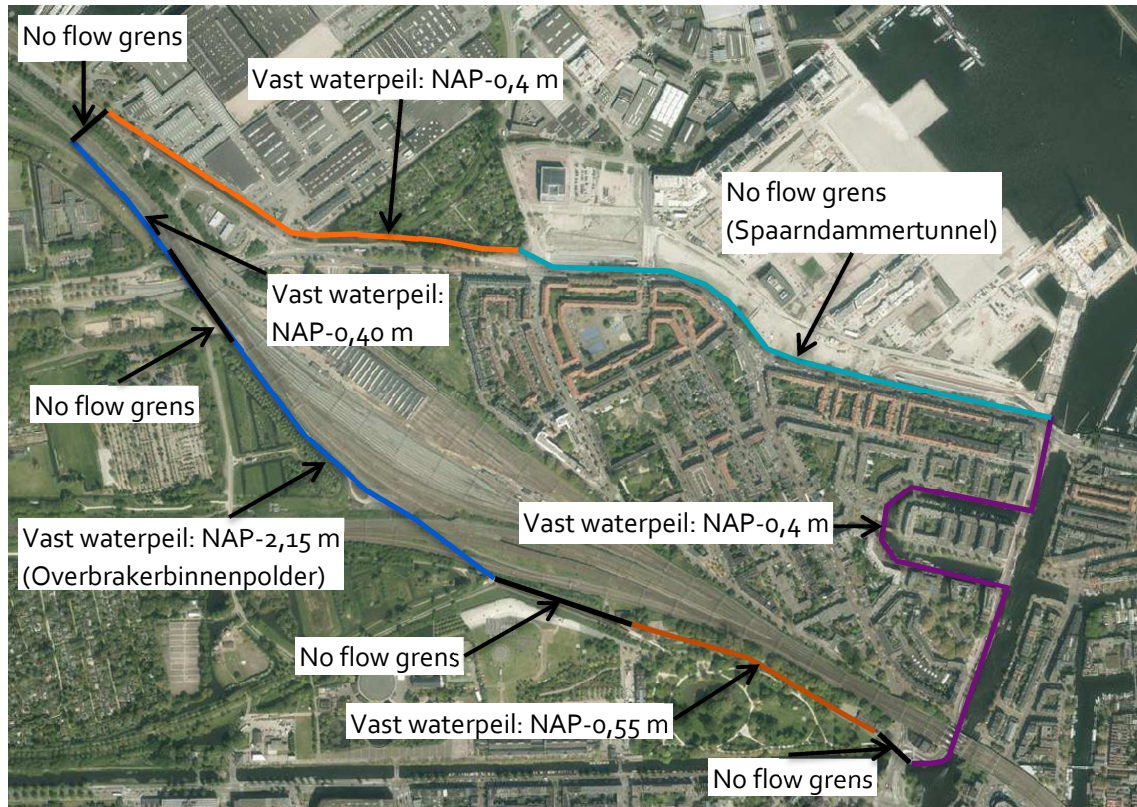
3.3.1 Inleiding

Om inzicht te krijgen in de effecten van de ontwikkeling op de grondwaterstand en om het ontwerpmaaielndniveau te kunnen bepalen is een grondwatermodel opgezet. Het grondwatermodel is opgezet met softwarepakket MicroFEM. Het model is geschikt voor het uitvoeren van berekeningen van de gemiddelde grondwaterstand en een hoge toetsingsgrondwaterstand conform de grondwaternorm van Amsterdam [1]. Deze toetsingsgrondwaterstand komt overeen met een grondwaterstand met een herhalingsjijd van 1 keer per 2 jaar die maximaal 5 aaneengesloten dagen overschreden wordt. Het model is niet geschikt voor het berekenen van grondwaterstroming in diepere watervoerende lagen.

3.3.2 Modelgrenzen

Als horizontale modelgrenzen zijn zoveel mogelijk de watergangen en peilgebieden in de omgeving van het plangebied aangehouden (figuur 4-4). Daarnaast is de Spaarndammertunnel gemodelleerd als "no flow" modelgrens omdat de tunnel een barrière vormt tegen grondwaterstroming door de freatische toplaag. Omdat het model ongewenst groot wordt wanneer alleen watergangen en de Spaarndammertunnel als modelgrenzen worden aangehouden, is er voor gekozen om lokaal enkele extra "no flow" modelgrenzen toe te passen. Deze grenzen hebben vanwege de grote afstand tot de projectlocatie en/of de nabijheid van

oppervlaktewater geen invloed op de berekende grondwaterstand op de projectlocatie. De ondergrens van het grondwatermodel bestaat uit een vaste stijghoogte in de eerste zandlaag.



Figuur 4-4: Horizontale modelgrenzen grondwatermodel (globaal)

3.3.3 Modelparameters

In tabel 4-3 is een overzicht gepresenteerd van de gehanteerde modelparameters. Onder de tabel is per parameter kort toegelicht hoe de keuze tot de parameterwaarde tot stand is gekomen.

Tabel 4-3: Modelparameters

	Parameter	Waarde
Topzandlaag	Basis topzandlaag	NAP -3,0 m (constant)
	Doorlatendheid (k)	4 m/dag (constant)
	Freatische bergingscoëfficiënt (s)	0,15 (constant)
Grondwateraanvulling huidige situatie	Gemiddelde grondwateraanvulling (p)	0,53 mm/dag
	10 daagse piek grondwateraanvulling (p)	3,80 mm/dag
Grondwateraanvulling toekomstige situatie (conform 2014 KNMI WH 2050 scenario)	Gemiddelde grondwateraanvulling (p)	0,73 mm/dag
	10 daagse piek grondwateraanvulling (p)	4,48 mm/dag
Oppervlaktewater	Stijghoogte (h)	NAP -0,4 m à -2,15 m
	Drainageweerstand (c)	10 dagen
Deklaag	Weerstand (c)	3.500 (constant)
Eerste zandlaag	Stijghoogte	NAP -1,9 m (gemiddeld)
		NAP -1,7 m (hoog, tijdens 10 daagse piekbui)

Topzandlaag

Voor het gehele model wordt voor de basis van de freatische topzandlaag een niveau van NAP -3,0 m aangehouden. Dit is het gemiddelde niveau waarop de basis van de topzandlaag in het beschikbare grondonderzoek is aangetroffen. De gehanteerde doorlatendheid en freatische bergingscoëfficiënt zijn bepaald op basis van ervaring en modelkalibratie.

Grondwateraanvulling

Het model berekent de gemiddelde grondwaterstand met een stationaire berekening waarbij wordt uitgegaan van een gemiddelde grondwateraanvulling. De hoge toetsingsgrondwaterstand uit de grondwaternorm [1] wordt berekend met een tiendaagse piekneerslag welke volgt op de berekende gemiddelde grondwaterstand. De grondwateraanvulling wordt vlakdekkend op het grondwatermodel aangebracht.

De gehanteerde grondwateraanvullingen zijn gebaseerd op historische neerslag en verdampingsgegevens van de KNMI en een geschatte verhouding verhard : onverhard oppervlak van 1 : 1 in het modelgebied. Hierbij is de neerslag vermenigvuldigd met een afvoercoëfficiënt en is de verdamping vermenigvuldigd met een gewasfactor. Berekeningen van de gehanteerde grondwateraanvulling zijn gepresenteerd in bijlage 5.

Uit het GRPA 2016 [1] volgt dat bij berekeningen voor het bepalen van grondwaterstandseffecten rekening moet worden gehouden met een toename van neerslag als gevolg van klimaatverandering (KNMI klimaatscenario WH+ 2050). Om deze reden bij alle toekomstscenario's gerekend met een 17% toename van zowel de gemiddelde winterneerslag als 10 daagse piek winterneerslag.

Oppervlaktewater

De gemodelleerde vaste oppervlaktewaterpeilen komen overeen met de beheerspeilen die door Waternet worden gehanteerd. De gemodelleerde drainageweerstand van de watergangen is gebaseerd op basis van ervaring en modelkalibratie.

Deklaag

De weerstand van de deklaag is het resultaat van modelkalibratie.

Eerste zandlaag

De stijghoogte in de eerste zandlaag is bij de modelberekeningen vastgezet, waardoor de eerste zandlaag bij de berekeningen fungeert als modelgrens. De gemodelleerde stijghoogte in de eerste zandlaag is gebaseerd op de stijghoogtedata van de Waternetpeilbuizen (een gemiddeld waarde bij berekening van de gemiddelde grondwaterstand en hoge waarde bij berekening van de hoge grondwaterstand na de 10 daagse piekbui).

3.3.4 Modelkalibratie

De resultaten van de modelkalibratie zijn in tabel 4-4 en figuur 4-5 gepresenteerd. De gemiddelde afwijking van de gemiddeld berekende grondwaterstand bedraagt +3 cm en de gemiddelde afwijking van de berekende hoge grondwaterstand bedraagt -4 cm.

Uit figuur 4-5 blijkt dat langs het plangebied hoofdzakelijk lagere grondwaterstanden worden berekend dan zijn gemeten, terwijl verder in de wijk ten oosten van het plangebied hoofdzakelijk hogere grondwaterstanden worden berekend dan zijn gemeten. Dit kan de volgende oorzaken hebben:

- In het model wordt gerekend met een vlak dekkende grondwateraanvulling welke gebaseerd is op de geschatte verhouding verhard : onverhard oppervlak in het modelgebied. In werkelijkheid zal de grondwateraanvulling op het plangebied (grotendeels onverhard) hoger zijn dan de grondwateraanvulling in de woonwijk (grotendeels verhard).
- Het grondlichaam onder het spoor is minder doorlatend dan aangehouden, waardoor de grondwaterstroming richting de Overbrakerbinnenpolder wordt overschat.

Tot slot kan worden gesteld dat in het grondwatermodel een groter grondwaterverhang wordt berekend dan in de peilbuizen is gemeten (mogelijk als gevolg van een van bovenstaande oorzaken).

Tabel 4-4: Resultaten modelkalibratie

Peilbuis	Modelafwijking*	
	Gemiddelde grondwaterstand	Hoge Toetsings-grondwaterstand
C05112	-0,15	-0,28
C05080	-0,01	-0,12
C05116	-0,02	-0,14
C05113	+0,01	-0,10
C05005	-0,19	-0,16
C05114	-0,01	-0,14
C05006	+0,15	+0,03
C05115	-0,04	-0,06
C05012	+0,11	-0,10
C05125	+0,07	+0,11
C05021	+0,14	+0,06
C05127	+0,13	+0,08
C05079	+0,07	+0,05
C05126	+0,17	+0,07
C05128	+0,16	+0,09
Gemiddeld	+0,04	-0,04

* Positief: grondwaterstand is hoger berekend dan gemeten, negatief: grondwaterstand is lager berekend dan gemeten



Figuur 4-5: Resultaten modelkalibratie. Rood: gemiddelde grondwaterstand is hoger berekend dan gemeten, groen: gemiddelde grondwaterstand is lager berekend dan gemeten.

3.3.5 Waardeoordeel modelkalibratie

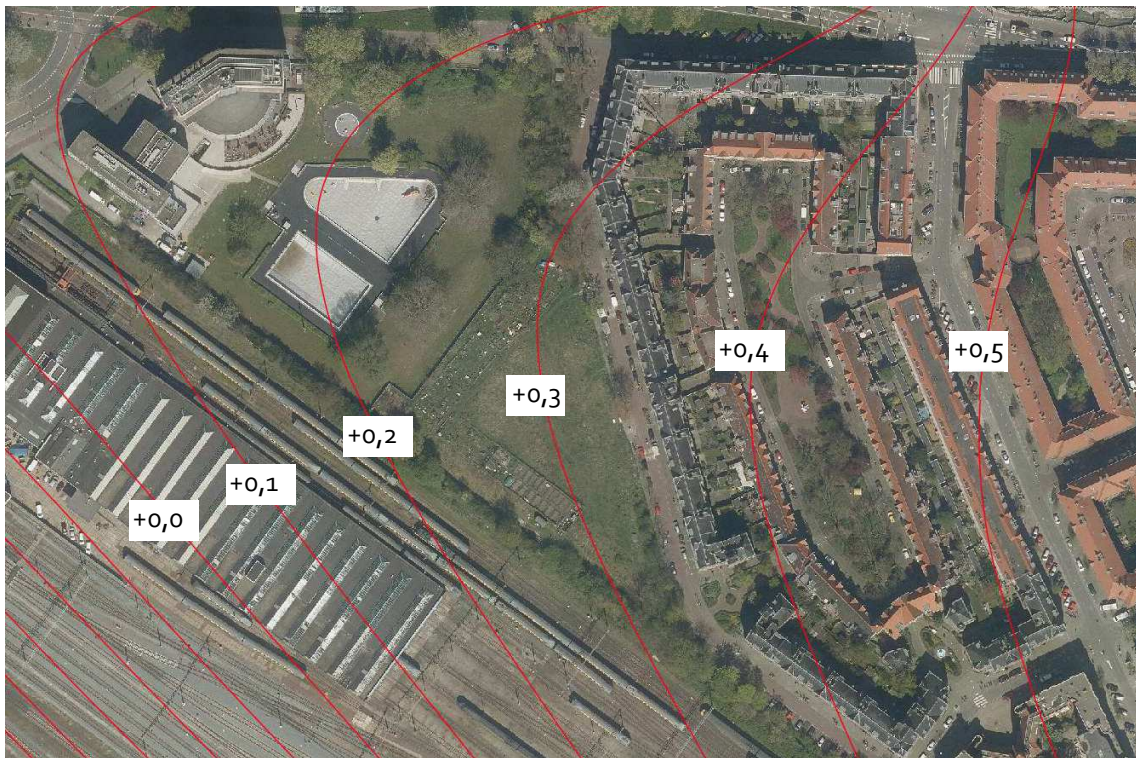
De modelkalibratie is uitgevoerd op basis van stijghoogtedata van de Waternet peilbuizen in de wijk ten oosten van de projectlocatie. Doordat geen stijghoogtedata beschikbaar is van peilbuizen ten westen van de projectlocatie kan het grondwaterverhang over het plangebied niet worden gekalibreerd. Om deze reden wordt geadviseerd aan de westzijde van het plangebied twee freatische peilbuizen te plaatsen en de grondwaterstand in deze peilbuizen met dataloggers gedurende een periode van ten minste 1 jaar te monitoren.

De berekende gemiddelde ijkafwijking van de peilbuizen in de directe omgeving (+4 cm bij een gemiddelde grondwaterstand en -4cm bij hoge grondwaterstand) wordt als goed beschouwd. Bij de peilbuizen in de Zaanstraat is de berekende ijkafwijking echter vooral negatief bij zowel de gemiddelde als hoge grondwaterstand. Dit betekent dat er bij de toetsing aan de grondwaternorm rekening mee dient te worden gehouden dat de berekende grondwaterstand mogelijk wordt onderschat.

3.3.6 Berekening nulsituatie

Conform het GRPA [1] dient bij toepassing van de grondwaternorm een modelberekening te worden uitgevoerd waarbij rekening wordt gehouden met een toename van neerslag ("klimaattoeslag") conform het KNMI klimaatscenario WH 2050. Ook voor het bepalen van de effecten van de herontwikkeling op de grondwaterstand in de omgeving van het plangebied is een berekening met klimaattoeslag benodigd. Om onderscheidt te kunnen maken tussen het effect van klimaatverandering op de grondwaterstand en het effect van de ontwikkeling op de grondwaterstand is eerst een berekening uitgevoerd van de nul-situatie. Dit betreft een berekening van het gekalibreerde model met een verhoogde gemiddelde en piekgrondwateraanvulling (tabel 4-3), de zogenaamde klimaattoeslag.

De berekende hoge grondwaterstand inclusief klimaattoeslag is in figuur 4-6 gepresenteerd. Uit de resultaten blijkt dat zowel de gemiddelde als hoge grondwaterstand in het plangebied als gevolg van klimaatverandering met ca. 0,4 m zal stijgen. In de Zaanstraat stijgt de grondwaterstand hierdoor tot 0,2 à 0,3 m beneden het straatniveau. Naar verwachting zullen de bewoners als gevolg van deze hoge grondwaterstanden wateroverlast ervaren.



Figuur 4-7: Berekende hoge grondwaterstand in de nulsituatie [m NAP]

3.3.7 Berekening ontwikkelingssituatie

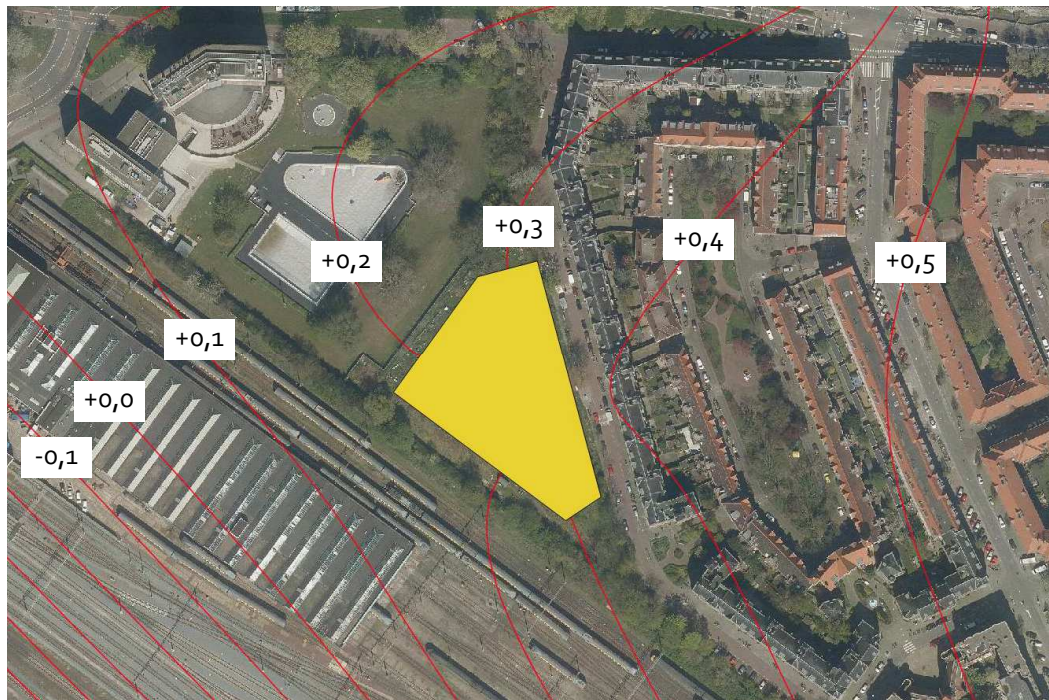
In respectievelijk figuur 4-8 en figuur 4-9 is de berekende gemiddelde en hoge grondwaterstand¹ na bouw van de kelder gepresenteerd. Het betreft berekeningen inclusief klimaattoeslag waarbij de kelder is gemodelleerd als ondoorlatend blok dat de topzandlaag volledig afsluit. In de berekening is geen rekening gehouden met een afname van de grondwateraanvulling in de openbare ruimte door de toename van verhard oppervlak in het plangebied.

Het effect van de kelder op de grondwaterstand kan worden gekwantificeerd door de resultaten van de modelberekening met kelder af te trekken van de resultaten van de modelberekening zonder de kelder (beide inclusief klimaattoeslag). Dit effect is in figuur 4-10 gepresenteerd voor de toekomstige, gemiddelde grondwaterstand. Het effect op de toekomstige, hoge grondwaterstand is niet gepresenteerd. Dit effect is vrijwel gelijk aan het effect op de toekomstige, gemiddelde grondwaterstand.



Figuur 4-8: Berekende toekomstige, gemiddelde grondwaterstand [m NAP]

¹ De grondwaterstand die 1 keer per 2 jaar gedurende max. 5 achtereenvolgende dagen voorkomt



Figuur 4-9: Berekende toekomstige, hoge grondwaterstand² [m NAP]



Figuur 4-10: Berekende verandering van de toekomstige, gemiddelde grondwaterstand als gevolg van de bouw van de kelder [m]

² De grondwaterstand die 1 keer per 2 jaar gedurende max. 5 achtereenvolgende dagen voorkomt

Uit figuur 4-9 blijkt dat de berekende, toekomstige, hoge grondwaterstand in het projectgebied varieert van NAP +0,2 m tot NAP +0,3 m. Omdat uit de modelkalibratie is gebleken dat het model de grondwaterstand in de Zaanstraat beperkt onderschat wordt geadviseerd een veiligheidsmarge van 0,1 m aan te houden boven op de berekende grondwaterstand.

Uit de berekeningen blijkt dat als gevolg van de bouw van de kelder rekening dient te worden gehouden met een beperkte extra stijging van de grondwaterstand in de Zaanstraat (bovenop de stijging door klimaatverandering). Aan de spoorzijde van de kelder is sprake van een beperkte daling van de grondwaterstand. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het gekalibreerde grondwatermodel een groter grondwaterverhang berekend dan in de peilbuizen is gemeten (paragraaf 3.3.4). Dit betekent dat het opstuwende effect van de kelder waarschijnlijk wordt overschat.

3.4 Bevindingen grondwateraspecten

Hieronder worden de bevindingen met betrekking tot de grondwateraspecten gepresenteerd.

- Uit de berekening van de nulsituatie blijkt dat als gevolg van toenemende neerslag rekening dient te worden gehouden met een stijging van de grondwaterstand en grondwateroverlast in de wijk ten oosten van het plangebied. Derhalve zal het op den duur noodzakelijk zijn om maatregelen te nemen tegen de grondwateroverlast (bijvoorbeeld het gefaseerd ophogen van de wijk, het aanleggen van watergangen of de aanleg van drainage).
- Het effect van de kelder op de grondwaterstand in de omgeving is beperkt (maximaal 5 cm stijging en daling in openbaar gebied, minder dan 5 cm daling ter plaatse van bebouwing). Compenserende maatregelen om de grondwaterstandseffecten in de omgeving te beperken worden daarom niet nodig geacht. Desalniettemin wordt geadviseerd in overleg te treden met Prorail over de berekende verlaging van 5 cm ter plaatse van het rangeerterrein.
- Ter plaatse van de kelder is een hoge grondwaterstand berekend van NAP +0,2 à +0,3 m, rekening houdend met een veiligheidsmarge bedraagt dit NAP +0,3 à +0,4 m. Dit betekent dat het maaiveld ter plaatse van de kelder tot ten minste NAP +0,9 m dient te worden opgehoogd om aan de grondwaternorm voor kruipruimteloos bouwen te voldoen. Dit komt overeen met een verhoging van het maaiveld van ca. 0,5 m. De straat aan de zuid- en westzijde van de kavel zullen hierdoor ook op een hoger niveau moeten worden aangelegd. In verband met de aansluitingen op de woningen is het niet mogelijk de Zaanstraat te verhogen tot NAP +0,9 m. Om deze reden wordt geadviseerd aan deze zijde vanaf de nieuwbouw vanaf NAP +0,9 m af te laten lopen in de richting van de straat.
- Bij een ontwateringsdiepte van 0,5 m wordt precies voldaan aan de grondwaternorm voor Amsterdam. Een dergelijke ontwateringsdiepte is echter te beperkt voor eerste orde

bomen (advies: 0,9 m ontwatering), wegen, paden en parkeerterreinen (advies: 0,7 m ontwatering). Overwogen kan worden alleen kleinere type bomen te planten, de bomen in verhoogde plantvakken te plaatsen of extra brede plantvakken te realiseren (wortelruimte in de breedte in plaats van diepte zoeken).

4 Oppervlaktewater / Watercompensatie

Oppervlaktewater

Het plangebied ligt binnen de Stadsboezem van Amsterdam en is in beheer bij waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV). Het dichtstbijzijnde oppervlaktewater bevindt zich op circa 130 m ten noorden van de projectlocatie. Binnen de plangrens zijn geen watergangen aanwezig waar rekening mee dient te worden gehouden.

Watercompensatie

Wanneer de hoeveelheid verhard (en gerioleerd) oppervlak met meer dan 1.000 m² toeneemt, dient dit volgens de Keur [3] te worden gecompenseerd door de aanleg van extra oppervlakte in de stadsboezem van Amsterdam (10% van de verhardingstoename) of door de aanleg van een bergingsvoorziening (in de keur benoemd als "ondersteunend kunstwerk"). Als nulsituatie geldt hierbij de verhardingssituatie in 2009 (voor de sloop van de sporthal in het plangebied).

Op basis van een luchtfoto uit 2009 is de hoeveelheid onverhard oppervlak in de nulsituatie met GIS bepaald op 2.349 m² (bijlage 2). In de toekomstige situatie zal in het openbaar deel van het plangebied 1.120 m² onverhard oppervlak aanwezig zijn (bijlage 3). Er is sprake van een verhardingstoename van 1.229 m². Omdat dit meer is dan 1.000 m² is watercompensatie benodigd in de vorm van het graven van 123 m² oppervlaktewater in de stadsboezem van Amsterdam.

Als alternatief voor het graven van oppervlaktewater kunnen de volgende maatregelen worden uitgevoerd:

- Neerslag die op de kavel valt op de kavel zelf verwerken. Bijvoorbeeld door:
 - o De aanleg van een blauwgroen dak (dak met waterberging en vegetatie);
 - o Neerslag op de kavel in met DSI infiltratieputten te infiltreren in het eerste watervoerend pakket.
- De aanleg van open verharding in het openbaar gebied (verharding waardoor neerslag kan infiltreren, waardoor geen straatkolken nodig zijn). De verharding in de Zaanstraat hoeft hierbij niet te worden vervangen voor open verharding. Opgemerkt wordt dat de aanleg van open verharding vanwege de hoge grondwaterstanden in het gebied niet voor de hand ligt. Voor meer informatie over (toekomstige) grondwaterniveaus wordt verwezen naar hoofdstuk 3.

Tot slot wordt opgemerkt dat op de kavel zelf mogelijk nog onverhard oppervlak gerealiseerd wordt. Omdat hierover geen gegevens beschikbaar zijn wordt dit oppervlak voor de watercompensatie niet beschouwd.

5 Waterkering

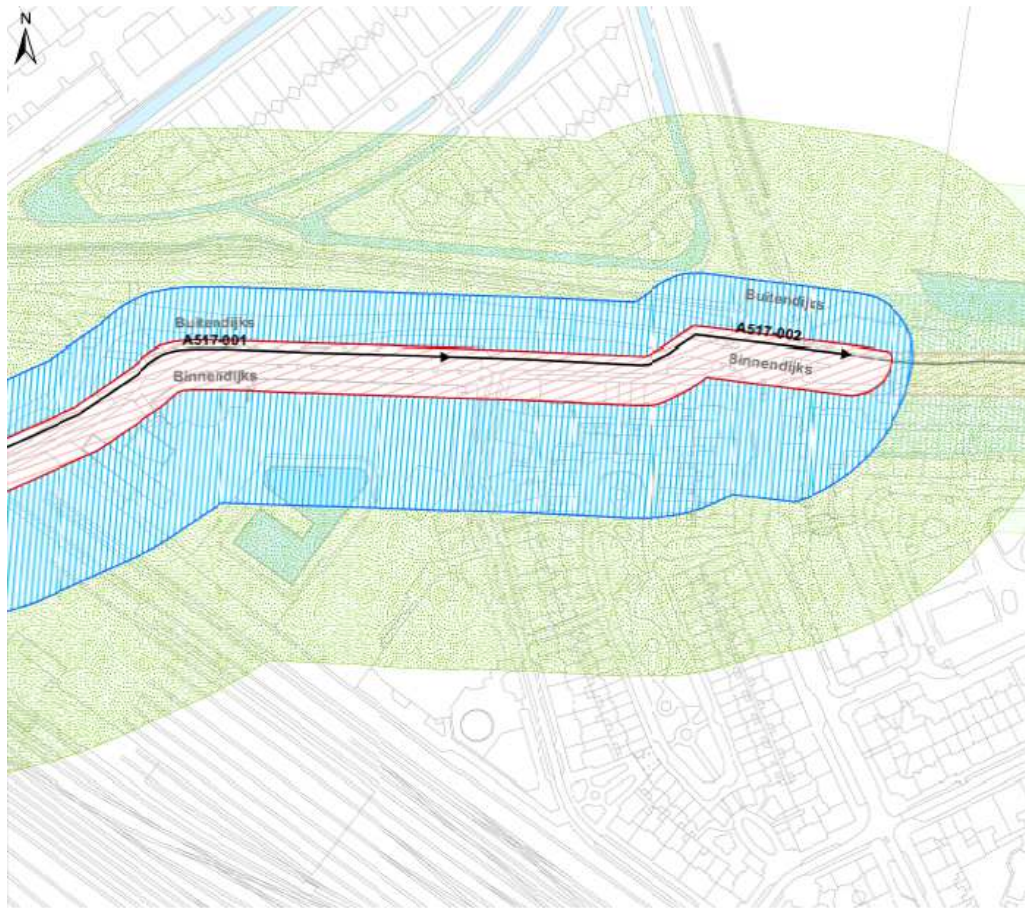
Ter plaatse van de Spaarndammerdijk ligt een primaire waterkering (figuur 2-1). Het plangebied ligt deels in de binnenbeschermingszone en deels binnen de buitenbeschermingszone van de waterkering. De waterkering heeft de volgende specificaties:

- Dijktafelhoogte (minimaal vereiste kruinhoogte): NAP +1,9 m;
- Kruinbreedte: 5 m;
- Kernzone: 19,2 m;
- Beschermingszone (binnen en buiten): 147,45 m.

In de Keur [3] zijn verschillende geboden en verboden opgenomen met betrekking tot het werken nabij een waterkering. Zo dienen de kernzone en het beoordelingsprofiel van de waterkering vrij te blijven van keringsvreemde objecten. Kelders en (permanente) wanden worden niet toegestaan en voor funderingen, kabels en leidingen en bomen gelden beperkingen. Daarnaast dient voor alle nieuwe kabels en leidingen en bomen aangetoond te worden dat zij, inclusief de ontgravingskuil van de boom of erosiekrater van een drukleiding, buiten het beoordelingsprofiel van de waterkering vallen.

Uit de legger van de waterkering wordt niet duidelijk hoe het beoordelingsprofiel van de waterkering loopt. Bij Waternet dient te worden nagegaan of bij de bouw van een eenlaags en tweelaags kelder buiten het beoordelingsprofiel van de kering wordt gebleven. Op basis van de afstand (ca. 70 m) van de bouwkavel tot de kernzone van de kering wordt verwacht dat dit het geval is.

Voor ontgravingswerkzaamheden binnen de kern- of beschermingszones van de waterkering moet een watervergunning voor het werken nabij een waterkering aangevraagd worden bij het waterschap Amstel, Gooi en Vecht / Waternet. Het profiel van de waterkering (dijkvak A517-001) is vastgelegd in de legger [5] (figuur 2-1).



Figuur 2-1: Leggerkaart primaire waterkering langs plangebied, kernzone (rood), binnen beschermingszone (blauw) en buiten beschermingszone (groen) [5]

6 Hemelwater

De gemeente Amsterdam is wettelijk verantwoordelijk voor de inzameling en verwerking van stedelijk afvalwater en hemelwater. Om deze reden wordt een geschieden rioleringssysteem gerealiseerd, bestaande uit DWA (droogweerafvoer) en HWA (hemelwaterafvoer).

De gemeentelijke ambitie is om een bui van 60 mm in 1 uur te kunnen verwerken zonder dat schade optreedt aan bebouwing of aan vitale infrastructuur en zonder dat blokkades ontstaan van grote gemeentelijke verkeersknooppunten. Hierbij wordt circa 20 mm in 1 uur verwerkt door de riolering, de andere 40 mm in 1 uur wordt in de openbare en particuliere ruimte geborgen en/of via de openbare ruimte afgevoerd. Hierin hebben alle eigenaren en beheerders van de fysieke stad een rol. De perceeleigenaar is in principe verantwoordelijk voor de verwerking van hemelwater op eigen terrein.

Om aan deze gemeentelijke ambitie te voldoen en als alternatieve maatregel voor de watercompensatie (hoofdstuk 4) wordt geadviseerd "waterneutraal" bouwen op te nemen in de bouwenvoloppe van de kavel. Dit betekent dat de ontwikkelaar minimaal 60 mm neerslag vasthoudt op eigen terrein. De wijze waarop dit wordt gerealiseerd is vrij te kiezen (bijvoorbeeld blauwgroendak of infiltratie in het eerste watervoerend pakket).

Onderaan de ingang van de parkeerkelder moet een voorziening worden aangebracht waarmee ingereden en ingespoeld regenwater kan worden afgevoerd. Daarnaast is het raadzaam om de ingang iets hoger aan te leggen dan het omliggende maaiveld zodat de kelder bij extreme neerslag niet vol stroomt vanuit de omgeving.

Om verontreiniging van afstromend hemelwater, oppervlaktewater, grondwater en waterbodembodem tegen te gaan, dient het gebruik van uitlogende materialen (PAK, lood, zink en koper) tijdens de bouw- en gebruiksfase voorkomen te worden. Daarnaast dient bij het beheer zo min mogelijk gebruik te worden gemaakt van middelen die kunnen leiden tot verontreiniging van het oppervlakte- of grondwater.

7 Vervolgwerkzaamheden

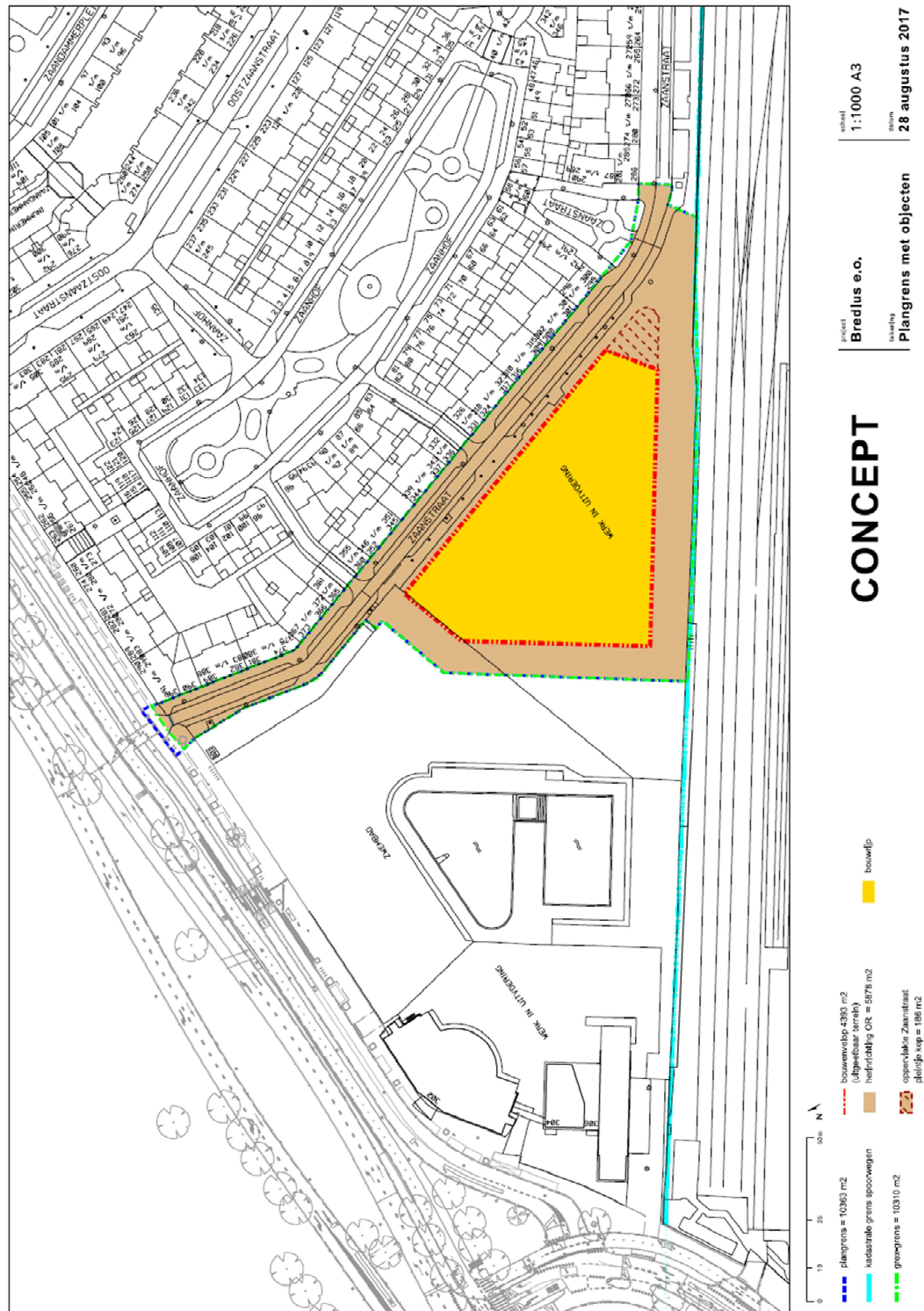
Op basis van de voorgaande hoofdstukken wordt geadviseerd de volgende vervolgwerkzaamheden geadviseerd:

- Afstemmen van onderhavige rapportage met Waternet.
- In overleg treden met Prorail over de eisen die Prorail stelt ten aanzien van de grondwaterstandssituatie bij het spoor/rangeerterrein.
- Plaatsing aanvullende peilbuizen: 2 freatische peilbuizen, 1 peilbuis met filter in de wadzandlaag en 1 peilbuis met filter in de eerste zandlaag.
- Monitoring van de stijghoogte in bovenstaande peilbuizen gedurende een periode van ten minste 1 jaar.
- Verificatie modelberekeningen op basis van de aanvullende stijghoogtedata.

Bronvermelding

1. Integraal Technisch Beleidsrapport behorend bij GRPA 2016-2021. Waternet/AGV, d.d. 30-12-2015.
2. Bredius e.o., Plangrens met objecten, geen auteur, 28 augustus 2017.
3. Keur, Keurbesluit en Vrijstellingen, Waternet/AGV, 2011.
4. Leidraad Riolerings, Module C2100 Rioleringsberekeningen, hydraulisch functioneren, augustus 2004-28.
5. Legger van primaire keringen in Amsterdam-Spaarndammerdijk met de daartoe behorende kunstwerken, waterschap Amstel, Gooi en Vecht, d.d. 13-12-2012.

Bijlage 1 - Bredius e.o. Plangrens



Bijlage 2 - Onverhard oppervlak 2009



In totaal 2.349 m² onverhard oppervlak (paars) (ondergrond: luchtfoto van 2016)

Bijlage 3 - Onverhard oppervlak na ontwikkeling



In totaal 1.120 m² onverhard oppervlak (groen). De toekomstige kelder is rood omlijnd.

Bijlage 4 - Sonderingen en boringen DINOLoket



Bijlage 5 - Berekening grondwateraanvulling

Huidige situatie (exclusief klimaattoeslag):

GRONDWATERAANVULLING

Project: Sloterdijk Kavel O
 Projectnummer: 29234
 Situatie: Bestrating Kavel O
 Opdrachtgever: A.R. Jongerius
 Opsteller: 5-10-2017
 Datum: G:\BVA\gemeen\WGM\BESTAND\1. Water\6. Grondwatermodellen\MicroFEM
 Bestandslocatie:

Gemeente Amsterdam
 Ingenieursbureau

Formule:

$$\text{Grondwateraanvulling} = (1 - c_{ver}) \times (\%ver / 100) \times ((N \times (1 + (k_{toe} / 100))) - (V_{xqver})) + (1 - c_{onv}) \times (\%onv / 100) \times ((N \times (1 + (k_{toe} / 100))) - (V_{xqonv}))$$

per project invullen
 standaard waarde
 berekening

Gemiddelde situatie

Percentage verhard (%ver)	50 %	
Percentage onverhard (%onv)	50 %	
Gewasfactor onverhard (qonv)	1	(gras, cultuurtechnisch vademecum 1988)
Gewasfactor verhard (qver)	0,1	(aannee IBA)
Afvoercoëfficiënt verhard (cver)	0,9	(Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers, American Society of Civil Engineers)
Afvoercoëfficiënt onverhard (con)	0,15	(Society of Civil Engineers)
Neerslag (N)	2,465 mm/dag =	2,47 mm/d (= langjarig gemiddelde meteo stations rond Amsterdam)
Referentie-gewasverdamping (V)	543 mm/jaar =	1,49 mm/d (= langjarig gemiddelde de Bilt)
Klimaatverandering (ktoek)	0	% (17% = toename gemiddelde winterneerslag 2050, klimaat scenario WH, KNMI-scenario 2014)

Verdamping verhard	0,15 mm/d	Verdamping onverhard	1,49 mm/d
Netto neerslag verhard	2,32 mm/d	Netto neerslag onverhard	0,98 mm/d
Grondwateraanvulling bij verharding	0,23 mm/d	Grondwateraanvulling bij onverharding	0,83 mm/d

Gemiddelde grondwateraanvulling 0,53 mm/d

Infiltratiepercentage t.o.v. neerslag 22 %

Piekgebeurtenis

Maximum 10-daagse neerslag (T=2 jaar)	83,3 mm/10 dagen	8,33 mm/d (= 10-daagse bui met T=2 meteo stations rond Amsterdam)
Gerelateerde referentie-gewas verdamping	11 mm/maand =	0,35 mm/d (= langjarig gemiddelde november de Bilt)
Klimaatverandering	0	% (17% = verwachtingswaarde toename 10-daagse piekneerslag T=10 winter 2050, klimaat scenario WH, KNMI-scenario 2014)

Verdamping verhard	0,04 mm/d	Verdamping onverhard	0,35 mm/d
Netto neerslag verhard	8,29 mm/d	Netto neerslag onverhard	7,98 mm/d
Grondwateraanvulling bij verharding	0,83 mm/d	Grondwateraanvulling bij onverharding	6,78 mm/d

Piek grondwateraanvulling 3,80 mm/d

Infiltratiepercentage t.o.v. neerslag 46 %

Toekomstige situatie (inclusief klimaattoeslag):

GRONDWATERAANVULLING

Project: Sloterdijk Kavel O
Projectnummer: 29234
Situatie: Bestrating Kavel O
Opdrachtgever:
Opsteller: A. R. Jongerius
Datum: 5-10-2017
Bestandslocatie: G:\BVA\gemeen\WGM\BESTAND\1. Water\6. Grondwatermodellen\MicroFEM

**Formule:**

Grondwateraanvulling =

$$(1 - c_{ver}) \times (\%ver / 100) \times (N \times (1 + (k_{toe} / 100))) - (V_{xqver}) + (1 - c_{onv}) \times (\%onv / 100) \times (N \times (1 + (k_{toe} / 100))) - (V_{xqonv})$$

per project invullen
standaard waarde
berekening

Gemiddelde situatie

Percentage verhard (%ver)	50	%
Percentage onverhard (%onv)	50	%
Gewasfactor onverhard (qonv)	1	(gras, cultuurtechnisch vademecum 1988)
Gewasfactor verhard (qver)	0,1	(aannname IBA)
Afvoercoëfficiënt verhard (cver)	0,9	(Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers, American Society of Civil Engineers)
Afvoercoëfficiënt onverhard (con v)	0,15	
Neerslag (N)	2,465	mm/dag = 2,47 mm/d (= langjarig gemiddelde meteostations rond Amsterdam)
Referentie-gewasverdamping (V)	543	mm/jaar = 1,49 mm/d (= langjarig gemiddelde de Bilt)
Klimaatverandering (ktoek)	17	% (17% = toename gemiddelde winterneerslag 2050, klimaatscenario WH, KNMI-scenario 2014)

Verdamping verhard	0,15	mm/d	Verdamping onverhard	1,49	mm/d
Netto neerslag verhard	2,74	mm/d	Netto neerslag onverhard	1,40	mm/d
Grondwateraanvulling bij verharding	0,27	mm/d	Grondwateraanvulling bij onverharding	1,19	mm/d

Gemiddelde grondwateraanvulling	0,73	mm/d
---------------------------------	------	------

Infiltratiepercentage t.o.v. neerslag 25 %

Piekgebeurtenis

Maximum 10-daagse neerslag (T=2 jaar)	83,3	mm/10 dagen	8,33	mm/d (= 10-daagse bui met T=2 meteostations rond Amsterdam)
Gerelateerde referentie-gewas verdamping	11	mm/maand = 0,35	mm/d (= langjarig gemiddelde november de Bilt)	
		% (17% = verwachtingswaarde toename 10-daagse piekneerslag T=10 winter 2050, klimaatscenario WH, KNMI-scenario 2014)		
Klimaatverandering	17			

Verdamping verhard	0,04	mm/d	Verdamping onverhard	0,35	mm/d
Netto neerslag verhard	9,71	mm/d	Netto neerslag onverhard	9,39	mm/d
Grondwateraanvulling bij verharding	0,97	mm/d	Grondwateraanvulling bij onverharding	7,98	mm/d

Piek grondwateraanvulling	4,48	mm/d
---------------------------	------	------

Infiltratiepercentage t.o.v. neerslag 46 %