

**WATERSTRUCTUURPLAN BEDRIJVENTERREIN  
STICHTSEKANT TE ALMERE**

GEMEENTE ALMERE

22 februari 2013  
076640928:0.18 - Definitief  
C01032.100249.0100



# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>4</b>
1.1	Bedrijventerrein Stichtsekanal .....	4
1.2	Doorlopen waterproces (leeswijzer).....	5
<b>2</b>	<b>Huidige geohydrologische situatie</b> .....	<b>6</b>
2.1	Inleiding.....	6
2.2	Hoogteligging .....	6
2.3	Bodemopbouw .....	7
2.4	Grondwater .....	8
2.4.1	Huidige kwelsituatie .....	8
2.4.2	Grondwaterkwaliteit .....	12
2.5	Watersysteem.....	12
2.6	Ecologie.....	13
<b>3</b>	<b>Beleid en ontwerpuitgangspunten</b> .....	<b>15</b>
3.1	Inleiding.....	15
3.2	Waterbeleid .....	15
3.3	Verkavelingsplan op hoofdlijnen .....	16
3.3.1	Fasering.....	17
3.4	Ontwatering en drooglegging.....	18
3.4.1	Toekomstige kwelsituatie .....	18
3.5	Regenwaterafvoer.....	19
3.5.1	Regenwaterkwaliteit.....	20
3.5.2	Afvoerend verhard oppervlak .....	21
3.6	Retentieopgave.....	21
3.7	Watersysteem.....	22
3.8	Bluswatervoorziening .....	23
<b>4</b>	<b>Onderzoek afwatering, berging en waterstructuur</b> .....	<b>24</b>
4.1	Afwatering.....	24
4.1.1	Bovengrondse afvoer.....	24
4.1.2	Wadi's.....	26
4.2	Berging .....	27
4.3	Waterstructuur .....	28
4.3.1	Effecten grondwater .....	28
4.3.2	Inrichting afvoersloten .....	28
<b>5</b>	<b>Ontwerp op hoofdlijnen</b> .....	<b>30</b>
5.1	Afwateringstructuur .....	30
5.2	Ontwerphoogtes .....	32
5.3	Dimensionering wadi's.....	33
5.3.1	Berging .....	33
5.3.2	Afvoer.....	34
5.4	Bergingsopgave.....	36

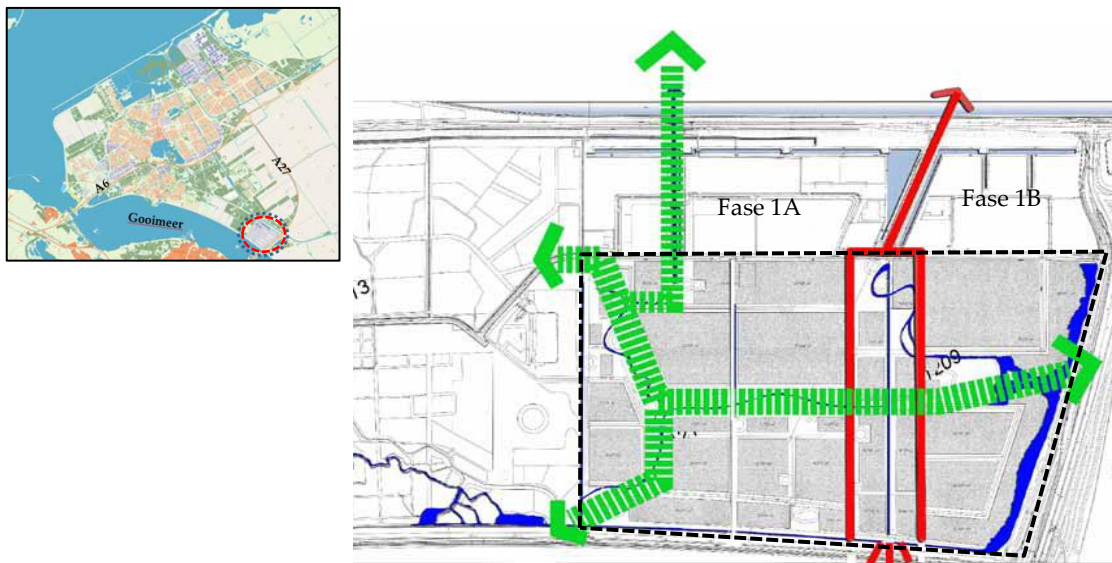
5.4.1	Vertraagde afvoer .....	38
5.4.2	Duikers .....	39
<b>Bijlage 1</b>	<b>Afwateringstructuur .....</b>	<b>40</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>Ontwerp op hoofdlijnen .....</b>	<b>41</b>
<b>Bijlage 3</b>	<b>Bergingsberekeningen .....</b>	<b>42</b>
<b>Bijlage 4</b>	<b>Boorprofielen .....</b>	<b>43</b>
<b>Colofon</b> .....		<b>46</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 BEDRIJVENTERREIN STICHTSEKANT

Bij de Stichtse Brug langs de A27 is de gemeente Almere voornemens om een duurzaam bedrijventerrein te ontwikkelen. Het bedrijventerrein moet vanaf de A27 de entree vormen tot Almere en Flevoland. Het gebied telt netto 123 hectare en is verdeeld in verschillende segmenten en fasen. Op dit moment is fase 1a en 1b van het bedrijventerrein in uitgifte.

Voor het bedrijventerrein Stichtsekant is al een verkavelingsplan op hoofdlijnen vastgesteld. De hoofdopzet bestaat uit twee structurerende principes: de Stempork en de Stichtse Lustwarande. Op basis van deze twee principes kan het gebied worden doorontwikkeld. De principes garanderen heldere kaders en een functioneel en flexibel plan voor de langere termijn.



Figuur 1 Omvang plangebied (zwarte stippellijn)

De volgende stap is de waterhuishoudkundige uitwerking met als resultaat het waterstructuurplan bedrijventerrein Stichtsekant. Het plan heeft als doelstelling om een WB21 (waterbeheer 21<sup>e</sup> eeuw) proof watersysteem te realiseren dat een oppervlakkige afvoer en oppervlakkige berging kent en daarnaast een belangrijke meerwaarde heeft ten aanzien van de waterkwaliteit en ecologie.

## 1.2 DOORLOPEN WATERPROCES (LEESWIJZER)

Voor de uitwerking naar het waterstructuurplan is in overleg met de gemeente Almere en het waterschap Zuiderzeeland het te doorlopen proces vastgelegd (*Plan van aanpak, juli 2012 met als kenmerk 076640928:0.18 - Definitief*). Het eerste resultaat van dit proces is een deelrapport met een beschrijving van de geohydrologisch gebiedsbeschrijving (hoofdstuk twee) en een voorzet van de te hanteren ontwerpproblemen (hoofdstuk 3). Na een reactie van de projectgroepleden op de genoemde hoofdstukken is na enkele aanpassingen in de hoofdstukken 2 en 3 gestart met het onderzoek naar de mogelijkheden van afwatering, berging en het aan te leggen watersysteem (hoofdstuk 4). In een workshop zijn de onderzoeksresultaten besproken en zijn ontwerpkeuzes gemaakt. Dit heeft geresulteerd in aangepast verkavelingsplan met bijbehorend ontwerp op hoofdlijnen beschreven in hoofdstuk 5.

# 2 Huidige geohydrologische situatie

## 2.1 INLEIDING

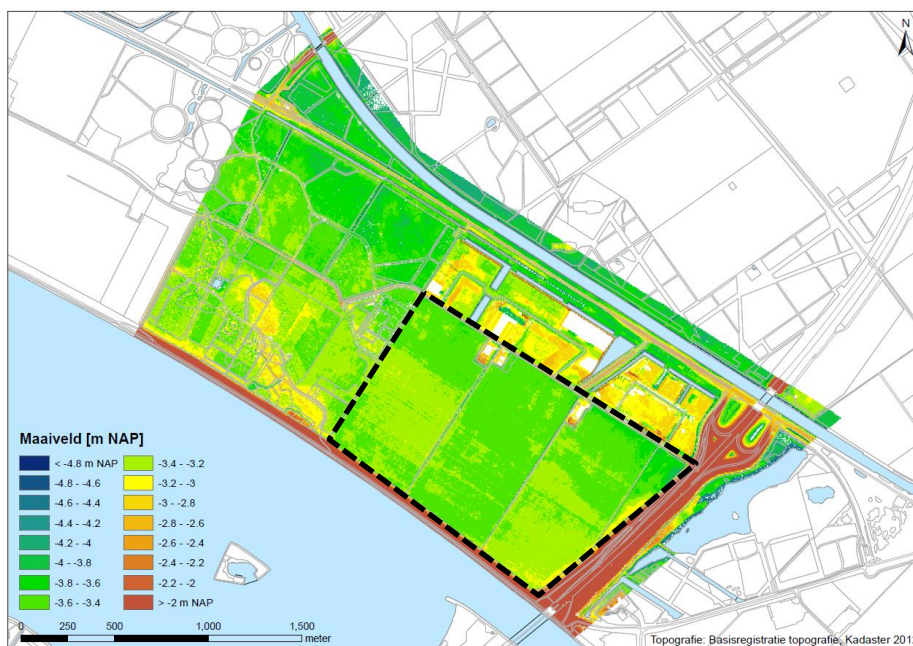
Voor de beschrijving van de huidige situatie is gebruik gemaakt van eerder uitgevoerd geohydrologisch onderzoek. Bestaande literatuur- en bodemgegevens gebruikt voor dit onderzoek zijn:

- Water bedrijventerrein Stichtse Brug van 25 mei 2000 met als kenmerk AIr291-1.015 Witteveen + Bos:
  - Veldwerk december 1999 door Flevo Geotechniek BV, 3 sonderingen en 4 peilbuizen.
  - Veldwerk mei 2000 door Witteveen + Bos, 3 grondboringen tot ca. 5 m-mv afgewerkt als peilbuis.
- Waterhuishoudingsplan Almere Overgooi, Water in en om de Centrale Zone van 12 juli 2002 met als referentie 542548/R/GE/Amst, Royal Haskoning.
- Rioleringsplan 1R1, Stichtse Kant, Dienst Stadswerk Almere februari 2003.

## 2.2 HOOGTELIKKING

Het plangebied varieert in hoogte van NAP -3,2 tot -3,8 m. Op basis van de AHN 2 is te zien dat fase 1a en 1b bouwrijp is gemaakt door ophoging. Fase 1 ligt op circa NAP -2,8 tot -3,0 m. De hoogteligging van de Gooimeerdijk is evenals het aanwezige oppervlaktewater niet af te lezen van afbeelding 1.

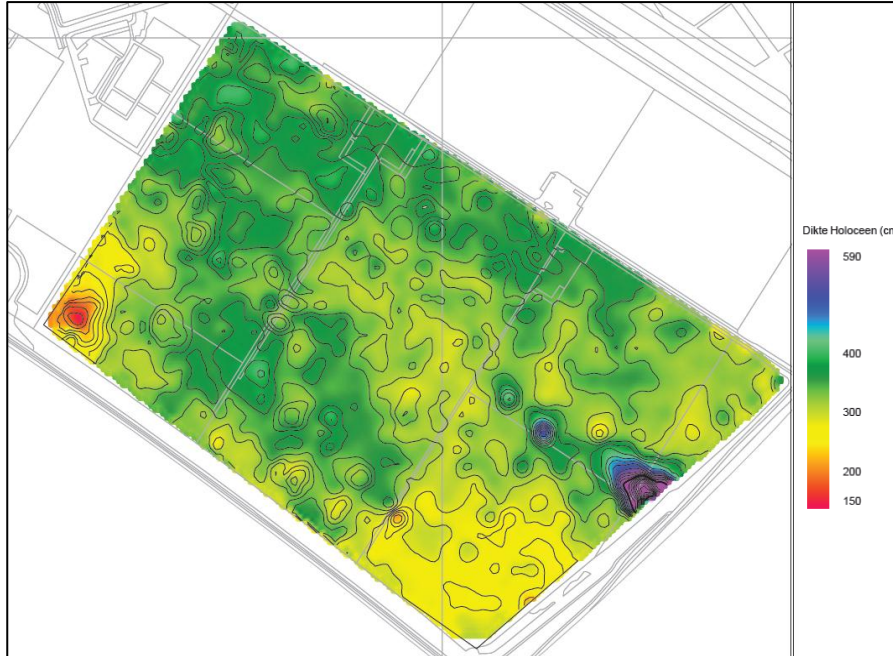
De Gooimeerdijk is ter plaatse van het plangebied aangelegd op NAP + 3,30 m. Het Gooimeer heeft een streefpeil van NAP - 0,2 tot -0,4 m. De Waterlandse tocht heeft een streefpeil op NAP -5,20 m.



Afbeelding 1 Maaiveldhoogte (AHN 2)

## 2.3 BODEMOPBOUW

Het bovenste deel van de bodem (deklaag) bestaat uit klei en veenlagen van de Westland Formatie (Holoceen). In afbeelding 2 is de dikte van de kleilaag weergegeven (bron: gemeente Almere). De dikte van de deklaag varieert grofweg tussen de 3 tot 4 m met incidenteel uitschieters naar boven en beneden.



Afbeelding 2 Dikte van het Holoceen (bron gemeente Almere)

Bij eventuele graafwerkzaamheden moet rekening worden gehouden met de kans dat de deklaag wordt doorsneden. Dit kan een sterk verhoogde hoeveelheid kwel opleveren.

Onder de Holocene kleilaag begint op NAP-6,5 m à NAP-7,5 m het Pleistoceen zand pakket dat bestaat uit fijne zanden van de Formatie van Twente en daaronder grovere zanden van de Formatie van Kreftenheye. Het zand pakket heeft een dikte van ongeveer 20 meter. Dit is het eerste watervoerende pakket. Het pleistocene zand pakket wordt aan de onderzijde begrensd door kleilagen van de Eemformatie. Onder de Eemformatie liggen de kleilagen van de Formatie van Drente, welke ook worden aangeduid als het glaciaal bekken. Over de onderzijde van de kleilagen van de Formatie van Drente is niets bekend. Onder de kleilagen worden zandlagen van de Formatie van Drente, Enschede en Harderwijk aangetroffen. Aan de onderzijde op NAP-200 m à NAP-250 m wordt dit zand pakket begrensd door fijn zand, klei en schelpen van de Formatie van Maassluis.

Geohydrologische schematisatie	Geologische schematisatie	Dikte (m)	Doorlaatvermogen (m <sup>2</sup> /dag)	Weerstand (dagen)
Deklaag	Westland	3,0 tot 4,0	-	4.000 tot 5.500
1 <sup>e</sup> Watervoerend pakket	Twente en Kreftenheye	+/- 20	400	-
1 <sup>e</sup> Slechte doorlatende laag	Eem en Drente	50 á 70	-	25.000
2 <sup>e</sup> Watervoerend pakket	Drenthe, Enschede en Harderwijk	100 tot 150	5.500 tot 7.500	-
Ondoorlatende geohydrologische basis	Maassluis	+/- 40	-	-

Tabel 1 Geohydrologische schematisering (bron: Water Bedrijventerrein Stichtse Brug, 25 mei 2000 kenmerk Alr291-1.015)

## 2.4 GRONDWATER

De grondwaterstand in de deklaag<sup>1</sup> wordt bepaald door het waterpeil in de poldersloten. De poldersloten staan via het oppervlaktewater in fase 1 in verbinding met de Waterlandse Tocht die in vrije verbinding staat met de Hoge Vaart. In de Hoge Vaart wordt een vast peil nagestreefd van NAP -5,2 m.

In het plangebied is tijdens een veldbezoek geen drainage aangetroffen om regenwater in de onverzadigde zone versneld af te voeren voor gewasbescherming en betreding van het land met zwaar materieel.

In het Dinoloket zijn geen peilbuizen binnen het plangebied aangetroffen. De dichtstbijzijnde peilbuis (B26C0528) met een meetperiode tot het jaar 2000 is gelegen in het Cirkelbos gelegen ten westen van het plan. De TNO peilbuis heeft een filter op NAP -6,0 m en meet grondwaterstanden variërend van NAP -3,80 tot -4,10 m, een fluctuatie van circa 30 cm. Deze fluctuatie geeft aan dat gedurende de natte perioden de grondwaterstand in de polder enkele decimeters opbollen.

Op basis van eerder geplaatste peilbuizen gemeten in 2000 zijn in tabel 2 aangetroffen grondwaterstanden weergegeven ten opzichte van NAP of maaiveld. Op basis van locaties in relatie met de gemeten stijghoogte is een isohypsen patroon te ontdekken welke sterk is beïnvloed door wegzijging uit het Gooimeer. Ter plaatse van de Gooimeerdijk bedraagt de grondwaterstand circa NAP -3,5 m en deze neemt af tot gemiddeld circa NAP -5,0 m ter plaatse van de Waterlandse Tocht. Door de hoge waterstand in het Gooimeer en de lagere waterstanden in de polder treedt een noordoostelijke gerichte grondwaterstroming op.

Peilbuis	Stijghoogte m tov NAP	Peilbuislocaties
3	- 4,25 m NAP	
4	- 4,55 m NAP	
6	- 3,45 m NAP	
7	0,45 m - mv	
A1	0,60 m - mv	
A4	1,50 m - mv	
A5	1,40 m - mv	

Tabel 2 gemeten stijghoogtes en locatie van peilbuizen

Het plangebied ligt in een gebied waarin de kwaliteit van het grondwater in het 2<sup>e</sup> watervoerend pakket (spanningswater) extra wordt beschermd. Voor deze milieubeschermingsgebieden geldt een ontheffingsplicht bij het uitvoeren van activiteiten binnen het beschermingsgebied.

### 2.4.1 HUIDIGE KWELSITUATIE

Er kan onderscheid gemaakt worden tussen verticale kwel en horizontale dijkse kwel. Met de verticale kwel wordt het water uit het 1<sup>e</sup> watervoerend pakket bedoeld dat verticaal door de afsluitende holocene kleilagen omhoog stroomt naar het ondiepe freatische grondwater. Met de horizontale dijkse kwel wordt het water uit het Gooimeer bedoeld dat via het zandcunet van de Gooimeerdijk aan de voet van de dijk uitstroomt in de kwelsloot.

<sup>1</sup> Grondwater is in dit rapport als 'freatisch grondwater' bedoeld tenzij anders vermeld.



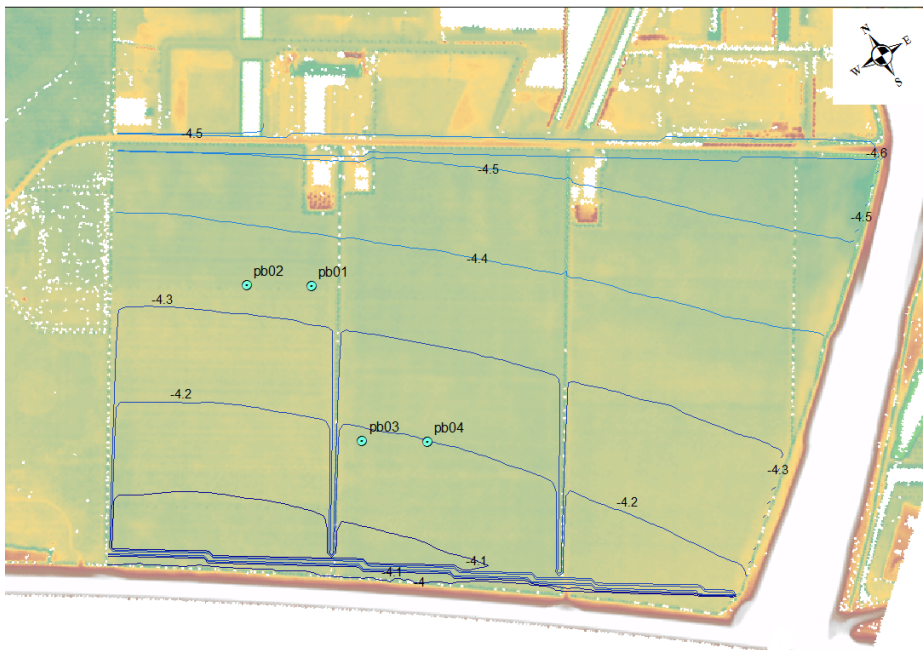
In eerdere studies is een kwel intensiteit van 0,25 mm/dag gerapporteerd en een kweldebiet van 300 m<sup>3</sup> naar de kwelsloot (water bedrijventerrein Stichtse brug, Witteveen + Bos, 25 mei 2000). In het rapport Almere Overgooi wordt een kwelintensiteit van 1 mm/dag genoemd (Waterhuishoudingsplan Almere Overgooi, Royal Haskoning, 12 juli 2002).

In deze studie is een stationair tweelagen model gemaakt om de effecten van de toekomstige ontwikkeling op de grondwaterstanden in beeld te brengen. De modelopbouw is gebaseerd op de geologische beschrijving in tabel 1. De randvoorwaarden worden gevormd door het Gooimeer op NAP -0,2 m en de Waterlandse tocht op NAP -5,2 m.

De ontwatering in het gebied wordt verzorgd door de afvoersloten, er is geen rekening gehouden met aanwezigheid van drainage. Op basis van de hoogteligging is het uitgangspunt dat de afvoersloten een waterpeil hebben van NAP -4,4 m. De ontwateringssloten zijn in het model opgenomen als een drain, zodat ze geen infiltrerende werking hebben.

De berekende grondwaterstanden variëren van NAP -4,2 m tot NAP -4,5 m bij een peil van NAP -4,4 in de afvoersloten (figuur 2). De kwel in het gebied wordt berekend op minder dan 1 mm/dag.

Het model is niet gekalibreerd, dat wil zeggen dat de diverse parameters niet zijn aangepast om de werkelijkheid zo goed mogelijk te voorspellen. Het model is vooral bedoeld om effecten van de toekomstige ontwikkeling in beeld te brengen. Wel is getoetst wat de invloed is van een hogere deklaagweerstand, hoe hoger de weerstand hoe sterker de opbolling.



Figuur 2: berekend isohypsenpatroon

De opbolling (freatisch grondwater) is ook berekend met de analytische formule van Wesseling, hierbij is ook geen rekening gehouden met landbouwdrainage. Bij een slootpeil van NAP - 4.4 m en een slootafstand van 500 meter komt deze uit op een maximale opbolling van NAP - 4.0 m (40 cm opbolling).

$$M_0 = h_s + (H - h_s - Nc) \left\{ 1 - \frac{1}{\cosh\left(\frac{L}{2\lambda}\right)} \right\}$$

*M<sub>0</sub>* = maximale opbolling

*h<sub>s</sub>* = waterpeil

*H* = stijghoogte in watervoerend pakket

*N* = neerslag

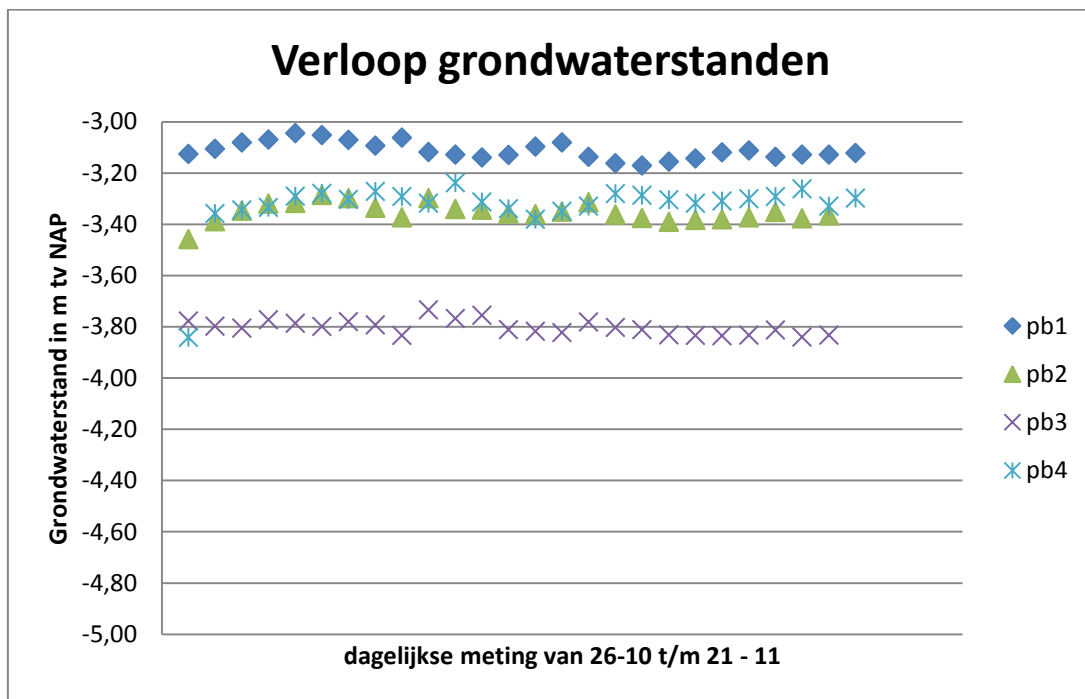
*c* = deklaag weerstand

*L* = slootafstand

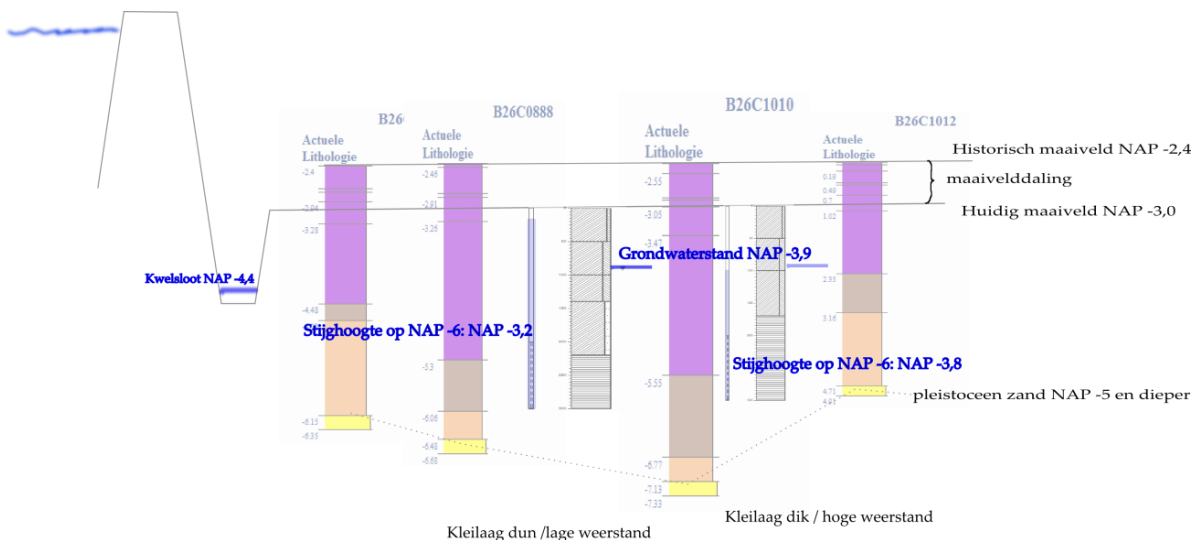
Vergelijking 1: formule van Wesseling

Bestaande peilbuisgegevens laten zien dat de freatische grondwaterstanden in het talud van de Gooimeerdijk in het watervoerend pakket op circa NAP - 3,5 m gemeten zijn, dit is hoger dan de berekende waterstanden. De peilbuizen zitten echter in het dijktaalud, dit verklaart de hoge gemeten grondwaterstanden ten opzichte van het lager gelegen maaiveld nabij de dijksloot.

De bestaande peilbuislocaties zijn allen relatief dicht bij de sloten. Daarom zijn in het veld vier peilbuizen geplaatst om de optredende freatische grondwaterstanden te meten. Deze peilbuizen zijn uitgerust met divers die elke dag de grondwaterstanden registreren. Tijdens het plaatsen van de peilbuizen is de grondwaterstand aangetroffen op circa 90 cm min maaiveld. De geregistreerde grondwaterstanden vertonen een afwijkend beeld; de geregistreerde waarden lopen op tot circa 20 cm onder maaiveld.



De divers zijn gecontroleerd op meetafwijkingen in een proefopstelling. Op basis van de bodemopbouw en aan de hand van de boorprofielen en boringen uit 1969, kunnen de hoge meetwaarden verklaard worden door het grondwaterstand verloop in de deklaag en de weerstand van de deklaag nader te beschouwen.



Peilbuis 1, met de hoogste waarden zou op een locatie met de dunste deklaag moeten staan. Peilbuis 3, met de laagste waarden op locaties met de dikste deklaag. Door de boorlocaties op de pleistoceen diepte kaart te plotten wordt dit bevestigd. Peilbuis 1 staat op een locatie met de diepte op 3,50 m onder maaiveld, peilbuis 3 met de diepte op 3,75 meter onder maaiveld, peilbuis 2 en 4 vallen hiertussen.



Figuur 3: Peilbuislocaties en diepte pleistoceen (in meter onder maaiveld)

Daarnaast heeft het klei/veenpakket per boring andere eigenschappen en kan de doorlatendheid (niet perse afhankelijk van dikte) per plek anders zijn waardoor de stijghoogte ter plekke kan variëren.

### Conclusies

- De grondwaterstand in het plangebied bevindt zich op circa NAP -3,8 meter. Dit is gebaseerd op aangetroffen grondwaterstanden in het veld (0,90 m-mv) en de peilbuismetingen waarvan peilbuis 3 als representatief is beschouwd. De overige peilbuizen laten een gemeten kweldruk zien door verstoring van de deklaag.
- Het afgraven van de bovengrond moet beperkt worden om de weerstand tegen kwel zoveel mogelijk intact te houden. De pleistocene diepte kaart kan daarbij als leidraad dienen.
- Op basis van het huidig maaiveld in het plangebied, varieert de ontwatering van 60 cm tot circa enkele cm's beneden maaiveld.

## 2.4.2 GRONDWATERKWALITEIT

Het grondwater in de peilbuizen weergegeven in tabel 2 is in het jaar 2000 bemonsterd en geanalyseerd. Op basis van de twee analyseronden is destijds geconcludeerd dat het kwelwater uit het pleistocene zandpakket een slechte kwaliteit heeft. Het kwelwater is rijk aan de nutriënten stikstof en fosfaat, is ijzerrijk en heeft hoge chloridegehalten.

### Resultaat analyse grondwaterkwaliteit (Witteveen+Bos 2000)

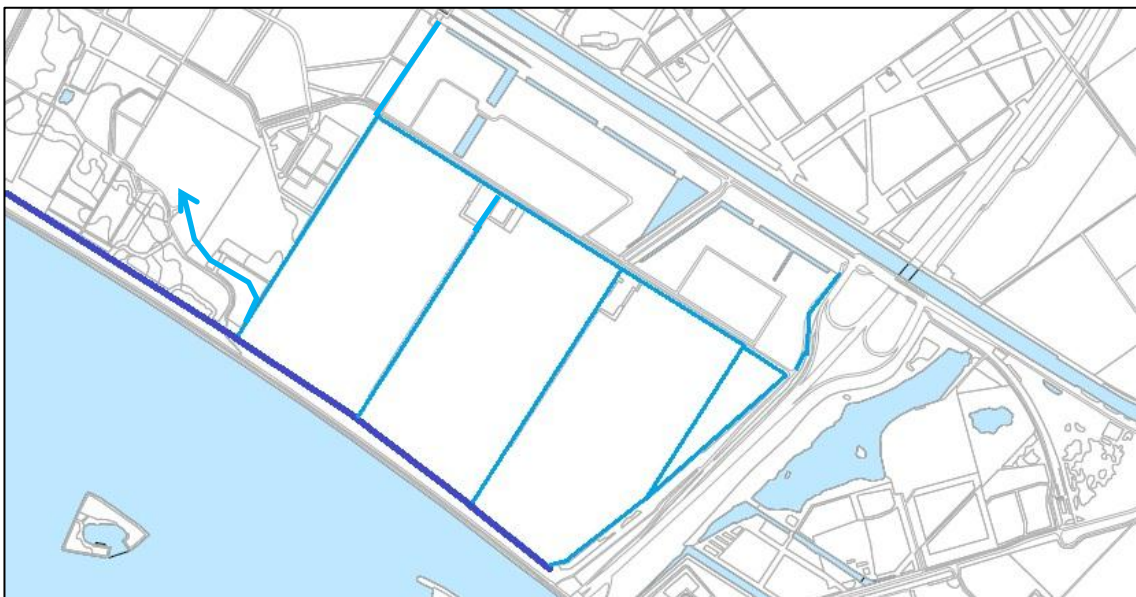
De chlorideconcentratie overschrijdt het Maximaal Toelaatbaar Risico Niveau (MTR) ten opzichte van de kwaliteitsnormen voor oppervlaktewater op een aantal plaatsen. De hoge chlorideconcentratie is te verklaren doordat het gebied vroeger een marien gebied was. Door de kwel in het gebied wordt het aanwezige zoute water naar het oppervlak getransporteerd. Nabij de Gooimeerdijk is sprake van verzoeting van het grondwater veroorzaakt door de invloed van het zoete water vanuit het Gooimeer. De concentratie aan ijzer in het grondwater is matig tot hoog en kan roodkleuring geven. Door de aanvoer van fosfaatrijk water kan de groei van algen toenemen. Er bestaat kans op algenbloei (groenkleuring) van het water en drijfvlagen van algen.

In de dijke kwelsloot wordt de horizontale zoete kwel dat door de dijk stroomt opgevangen en afgevoerd. Uit eerder onderzoek is gebleken dat deze dijke kwel een goede waterkwaliteit heeft (*Bedrijventerrein Stichtse Brug, 25 mei 2000 kenmerk Alr291.1.015*).

## 2.5 WATERSYSTEEM

Het plangebied ligt waterhuishoudkundig in de hoge afdeling van Flevoland (NAP-5,2 m). De afvoersloten in het plangebied wateren via de bergingsvijvers in fase 1 af naar de Waterlandse tocht welke overgaat in de Hoge Vaart. De Hoge Vaart heeft een streefpeil van NAP-5,2 m. Het Gooimeer heeft een streefpeil op NAP - 0,2 tot -0,4 m. De dijksloot heeft een afvoer via de afvoersloten en via de sloot door het cirkelbos naar uiteindelijk de Waterlandse tocht (zie afbeelding 3).

Conform de leggergegevens van het waterschap heeft de sloot een bodempeil van 1,20 m-mv. Op basis van de huidige maaiveldhoogtes (AHN2) komt dit overeen met een waterpeil van NAP - 4,40 tot - 4,60 m. De afvoersloten hebben een bodempeil op circa 1,10 m-mv, echter het bodempeil mag niet hoger liggen dan NAP -4,40 m vanwege de afvoermogelijkheid vanuit de dijksloot. Voor het ontwerp is in overleg met het waterschap Zuiderzeeland een maximaal streefpeil van NAP -4,40 m aangehouden.



Afbeelding 3 Bestaande waterstructuur



## 2.6 ECOLOGIE

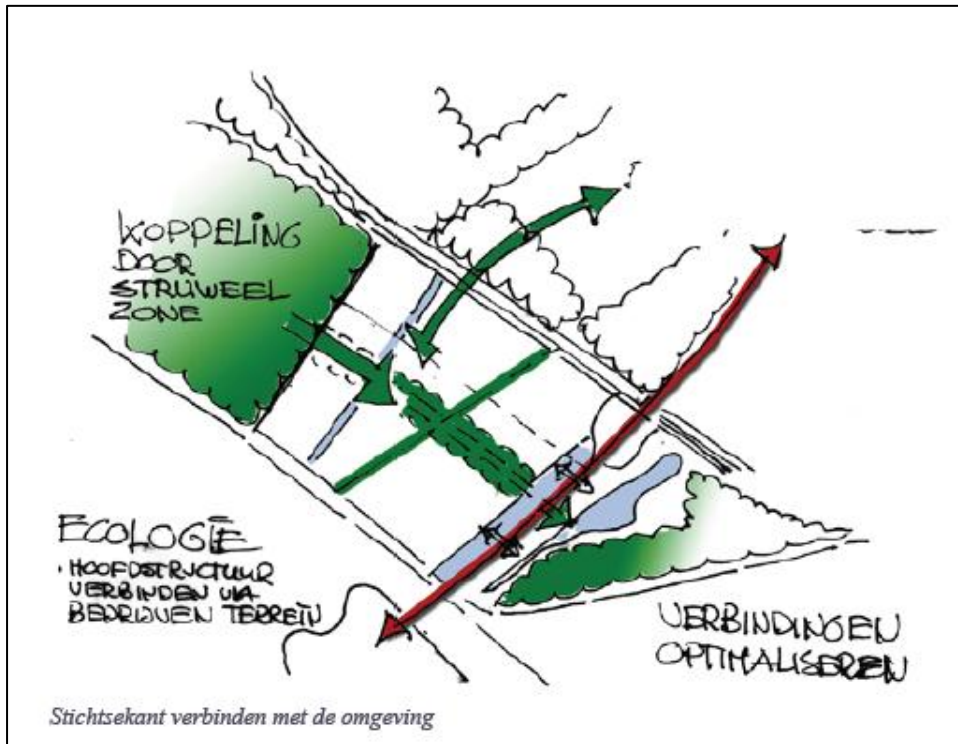
De huidige ecologische waarde van het plangebied is beperkt. Het gebied zelf maakt nu deel uit van de akkergebieden van Zuidelijk Flevoland en vormen een pleisterplaats voor verschillende soorten ganzen en zwanen. In de toekomst kan het gebied mogelijk wel een functie vervullen als ecologische verbindingzone tussen de naastgelegen natuurgebieden. In de omgeving van het plangebied liggen drie gebieden die onderdeel uitmaken van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) van Flevoland, namelijk de Stichtse Putten, het Cirkelbos en het Gooimeer. De natuurdoelen (wezenlijke kenmerken en waarden) van deze gebieden zijn beschreven voor Almere (ARCADIS, 2009).

Ten oosten van de A27 liggen de Stichtse Putten, een gebied bestaande uit jong bos, water, grasland, moeras en ruigteveld. Het vormt een belangrijke stapsteen tussen het oude land en de polder voor o.a. zoogdieren en vlinders. In de toekomst kan het gebied een functie vervullen als corridor voor de boomarter tussen Horsterwold en Almeerderhout, het openbaar groen van Stichtsekant kan hier een rol in spelen. Het EHS gebied kan in de toekomst ook van belang zijn voor de watergebonden soorten waterspitsmuis en de ringslang, welke beiden op dit moment nog niet in het gebied voorkomen. De verbinding met de overige EHS gebieden voor deze soorten loopt voornamelijk via de oever van de Hoge Vaart, maar het watersysteem van Stichtsekant kan hier ook een rol in spelen.

Ten westen van het plangebied ligt het Cirkelbos, dat onderdeel is van de Boswachterij Almeerderhout. Dit gebied is een tamelijk aaneengesloten loofboomcomplex, bestaande uit populieren, wilgen en elzen. De voor het bos kenmerkende cirkels bestaan uit beuken. De ondergroei bestaat voornamelijk uit plantensoorten behorend bij voedselrijke, vochtige tot natte bodems, zoals grote brandnetel en kleeftkruid. Het gebied is vooral van belang als leefgebied voor bosgebonden soorten, zoals de boomarter en de buizerd. Tevens is het gebied van belang als stapsteen voor bosgebonden soorten van het Beginbos / Vroege Vogelbos naar de Stichtse Putten. Het openbaar groen van Stichtsekant kan een rol spelen bij het verbinden van deze twee gebieden voor bosgebonden soorten. Door het Cirkelbos loopt ook de Gooimeerbeek, die gevoed wordt door kwalitatief goed water uit de dijkse kwelsloot langs de Gooimeerdijk. De beek wordt bewoond door de bever, waarvan (aanzetten voor) dammen en knaagsporen te vinden zijn. Het watersysteem van de Stichtsekant kan een uitbreiding vormen van het leefgebied van de bever. De Boswachterij Almeerderhout is ook van belang voor andere watergebonden soorten, zoals de waterspitsmuis en de ringslang. Zoals al eerder gezegd loopt de verbinding voor deze soorten voornamelijk via de oever van de Hoge Vaart, maar het watersysteem van Stichtsekant kan hier ook een rol in spelen.

Aan de zuidkant grenst het plangebied aan de Gooimeerdijk. Het Gooimeer, en het naastgelegen Eemmeer, worden in de winter bezocht door grote aantallen eenden en zwanen. Met name kleine zwaan, wintertaling en slobend zijn in redelijke aantallen vertegenwoordigd. Het Gooimeer heeft als EHS gebied vooral een functie voor de buitendijks aanwezige soorten en als stapsteen tussen het Eemmeer en het Markermeer/IJmeer. Er is geen sprake van een ecologische relatie met Stichtsekant.

Ondanks de beperkte ecologische waarde van Stichtsekant op dit moment, biedt het plangebied kansen om de aangrenzende EHS gebieden Cirkelbos en Stichtse Putten met elkaar te verbinden. Beide gebieden vormen namelijk stapstenen voor bos- en watergebonden soorten en het watersysteem en het omliggende groen van Stichtsekant kan deze functie ondersteunen. Verder kan het watersysteem van de Stichtsekant mogelijk als uitbreiding dienen van het leefgebied van de bever die zich in het Cirkelbos bevindt.



Afbeelding 4 Ligging plangebied in relatie tot hoogwaardige landschapszones in de omgeving  
(bron: Stichtsekanthoek Ontwikkelingsstrategie en verkavelingsplan op hoofdlijnen).

Met verwijzing naar afbeelding 4 wordt benadrukt dat een verbinding onder de A27 niet is opgenomen in het waterstructuurplan. Het beoordelen van de technische en financiële haalbaarheid is geen onderdeel binnen dit project.

# 3

## Beleid en ontwerpuitgangspunten

### 3.1 INLEIDING

De gemeente Almere en het waterschap Zuiderzeeland hebben uitgangspunten opgesteld bepalend voor het waterstructuurplan Stichtsekanthaven. Het uiteindelijke doel is een WB21 (waterbeheer 21<sup>e</sup> eeuw) proof watersysteem te realiseren dat een oppervlakkige afvoer en oppervlakkige berging kent en een meerwaarde heeft ten aanzien van de waterkwaliteit en ecologie.

In dit hoofdstuk is ingegaan op het waterbeleid waarna concreet uitgangspunten en randvoorwaarden zijn beschreven voor het ontwerpen van een afvoer- berging- en oppervlaktewatersysteem binnen bedrijventerrein Stichtsekanthaven.

### 3.2 WATERBELEID

#### *Nationaal en Provinciaal*

De Europese Kaderrichtlijn Water is in december 2000 vastgesteld door het Europees Parlement en geïmplementeerd in de Wet op de Waterhuishouding. Het doel van deze richtlijn is het beschermen en verbeteren van de kwaliteit van oppervlaktewateren en grondwater en bevorderen van duurzaam gebruik van water. In de Vierde Nota Waterhuishouding, de Nota Ruimte (2006), de Startovereenkomst 'Waterbeleid 21e eeuw' (WB21), de Bestuurlijke Notitie Watertoets en het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW), komt het streven naar een veilig, gezond en duurzaam waterbeheer naar voren. Thema's zoals 'water in de stad' en 'water als ordenend principe' zijn als speerpunten in het vigerende beleid beschreven. Basisprincipes van dit beleid zijn: 'meer ruimte voor water' en het 'voorkomen van afwenteling van de waterproblematiek in ruimte of tijd'. Dit resulteert in twee drietrapsstrategieën eveneens geldend voor bedrijventerrein Stichtsekanthaven:

- Waterkwantiteit (vasthouden, bergen, afvoeren).
- Waterkwaliteit (schoonhouden, scheiden, zuiveren).

Per 1 juli 2008 is de nieuwe Wet ruimtelijke ordening in werking getreden. In deze wet is afstemming van ruimtelijke ontwikkelingen en water opgenomen (Waterwet). Het Nationaal Waterplan 2009-2015 is een voortvloeiende van de Wet ruimtelijke ordening, het beschrijft welke maatregelen genomen moeten worden om Nederland ook in de toekomst veilig en leefbaar te houden en om de (economische) kansen die water biedt beter te benutten.

Tot slot is ook het Provinciaal Omgevingsplan Flevoland (2009) en de partiële herziening hiervan van belang. In het Provinciaal Omgevingsplan is het integrale omgevingsbeleid van de provincie Flevoland voor de periode 2006-2015 neergelegd, met een doorkijk naar 2030. Het Omgevingsplan is een samenbundeling van vier wettelijke plannen op provinciaal niveau: Streekplan, Milieubeleidsplan, Waterhuishoudingsplan en Provinciaal Verkeer- en Vervoerplan. Door de vier plannen in één integraal

plan samen te voegen, zijn de hoofdlijnen van het beleid van de provincie Flevoland compact en gewaarborgd.

#### *Waterschap Zuiderzeeland*

Het nationaal en provinciaal beleid is door het waterschap Zuiderzeeland in het Waterkader en Waterbeheerplan 2010-2015 vertaald naar meer specifieke uitgangspunten en randvoorwaarden verwoord in de navolgende paragrafen.

#### *Gemeente Almere*

De gemeente Almere heeft in 2005 een waterplan vastgesteld. Het Waterplan geeft aan welke rol het binnendijks water heeft en wat er nodig is om die rol te vervullen. Bij herstructurering van de bestaande stad of nieuwbouw, geeft de watervisie richting aan de omgang met water.

Gemeente en Waterschap dragen de gezamenlijke verantwoordelijkheid voor het water in de stad. Het waterplan biedt een kader voor deze samenwerking. Het waterplan is opgesteld om zowel de huidige knelpunten in het watersysteem op te lossen als om te anticiperen op toekomstige veranderingen en kansen.

Naast een waterplan heeft de gemeente het Gemeentelijk Waterhuishoudingplan (GWHP) 2011-2016 opgesteld. Het GWHP is nodig vanwege nieuwe wetgeving op het terrein van riolering, hemelwaterafvoer en grondwaterbeheer en de hierbij behorende zorgplichten van de gemeente Almere. De gemeente Almere heeft er met het GWHP voor gekozen het waterbeleid in zijn geheel in te vullen. Het GWHP is een samensmelting van bestaand beleid op de gehele waterhuishouding voor de komende vijf jaar: oppervlakte water, hemelwater, stedelijk afvalwater en grondwater.

Het GWHP is een breder beleidsplan en vervangt het Gemeentelijk Rioleringsplan dat geldig was tot januari 2011.

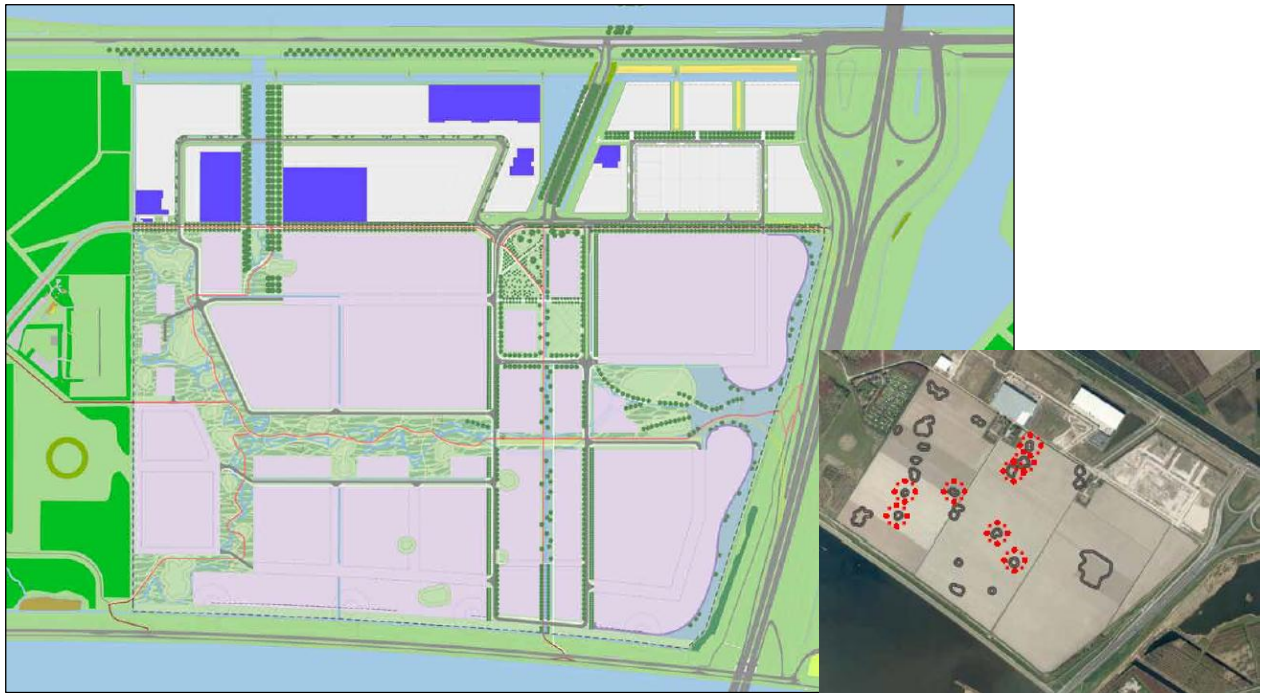
### **3.3 VERKAVELINGSPLAN OP HOOFDLIJNEN**

Door de gemeente Almere is de ontwikkelingsstrategie van Stichtsekanal ruimtelijk verkend en geconcretiseerd. De uitkomsten zijn de bouwstenen geweest voor het opstellen van een globale hoofdopzet. Deze globale hoofdopzet is uitgewerkt naar een integraal en realiseerbaar verkavelingsplan op hoofdlijnen (afbeelding 5) met een weergave van relevante facetten als economisch programma, ruimtelijke kwaliteit, verkeer, waterhuishouding en grondexploitatie. Het verkavelingsplan moet houvast geven om de regie op de strategische doelen in alle ontwikkelingsfasen te houden en de planintenties te helpen realiseren.

#### *Archeologie*

Archeologie speelt een belangrijke rol in het verkavelingsplan. De verkregen landschapszone heeft vorm gekregen door gedane archeologische vondsten, verspreid in het plangebied (zie inzet bij afbeelding 5). Nader archeologisch onderzoek heeft geresulteerd in gebruiksrandvoorwaarden per locatie. Voor het aspect 'water' blijkt veel mogelijk. De diepteligging van de vondsten ten opzichte van maaiveld staat in de meeste gevallen aanleg van waterberging of een afvoersloot toe boven de archeologisch vindplaats.





Afbeelding 5 Verkavelingsplan op hoofdlijnen met als inzet de locaties van de archeologische vondsten.

#### **Ontwerputgangspunt(en)**

- Voor het onderzoek naar de mogelijkheden van afwatering, berging en het aan te leggen watersysteem is het verkavelingsplan van 7 februari 2012 leidend.
- Voor het waterhuishoudkundig ontwerp hanteren wij de gebruiksrandvoorwaarden beschreven in het onderzoeksrapport “Inpassing archeologische waarden” Stichtsekanal Almere van april 2011.

### 3.3.1 FASERING

Het gebied, totaal 123 hectare netto uitgifbaar, is opgesplitst in verschillende segmenten en fasen. Op dit moment zijn fase 1A (logistiek t/m 2017, 26 ha) en fase 1B (gemengd industrieel t/m 2021, 13 ha) in uitgifte. De overige gebieden zijn nog niet gerealiseerd, maar wel aangekocht en in gebruik als tijdelijke landbouwgrond. Het starten met de logistieke vervolgfase direct ten zuiden van fase 1A heeft hier de voorkeur. De wegenstructuur uit fase 1A wordt dan afgerond en het logistiek areaal ligt compact bij elkaar. Het grote blok ten zuiden van fase 1B voorziet vervolgens in de resterende vraag naar logistieke kavels. Het betreft hier de fasen ten noorden van de landschapszone, de uitvoering is grofweg gepland tot circa 2027. Voor de verdere toekomst wordt ontwikkeld van noord naar zuid. De flexibele hoofdstructuur houdt keuzes tussen westelijke versus oostelijke ontwikkeling volledig open. De fasen ten zuiden van de landschapszone zijn grofweg t/m 2039 gepland.

#### **Ontwerputgangspunten**

- De faseringsvolgorde is vastgesteld en leidend binnen het waterstructuurplan.
- Het ontwerp moet er op toe zien dat per fase het waterhuishoudkundig systeem, vooraf aan het daadwerkelijk vestigen van bedrijven, functioneert in afwatering, berging en afvoer. Dit kan een permanent of tijdelijke situatie zijn afhankelijk van de aansluiting van de vervolgfasen.

### 3.4 ONTWATERING EN DROOGLEGGING

De minimaal benodigde hoogteligging wordt bepaald door optredende grondwaterstanden. Als ontwerpuitgangspunt moet in de toekomst voldoende ontwateringsdiepte<sup>2</sup> zijn gegarandeerd om grondwateroverlast te voorkomen.

De te hanteren ontwateringsnormen bij het ontwerp (*conform het waterkader2009 van waterschap Zuiderzeeland*):

- Primaire wegen : 1,20 m minus as wegpeil
- Secundaire wegen: 0,80 m minus as wegpeil
- Gebouwen met kruipruimte: 0,70 m minus vloerpeil
- Gebouwen kruipruimteloos 0,50 m minus vloerpeil (voorstel)
- Openbaar groen: 0,25 m tot 0,50 m minus maaiveld<sup>3</sup>

De ontwateringsnorm mag gemiddeld 1x per jaar gedurende maximaal 1 dag worden onderschreden. Als vloerpeil is een minimaal peil van 20 cm boven as wegpeil aangenomen.

Uit het waterbeleid van waterschap Zuiderzeeland is geen toegestane drooglegging voor nieuw stedelijk gebied vastgelegd. De functie van de watergang (afvoer, berging en/of ontwatering) bepaalt hier de benodigde drooglegging. Voor bestaand stedelijk gebied geldt een drooglegging van 1,20 m-mv.

#### 3.4.1 TOEKOMSTIGE KWELSITUATIE

De optredende grondwaterstanden in de toekomst zijn nog niet bekend en worden door het uitvoeren van geohydrologisch onderzoek bepaald.

Tijdens het onderzoek gelden de volgende relevante uitgangspunten:

- Toekomstige waterstructuur:
  - Vanwege de stabiliteit van de dijk dient het water in de kwelsloot op het streefpeil te worden gehouden. Het water in deze sloot dient bij peiloverschrijding ten alle tijden te kunnen worden afgevoerd.
  - Het verleggen en herprofilieren van de huidige afwateringsloten is noodzakelijk, echter moet de bestaande afwateringswijze (waterstructuur) zoveel mogelijk behouden blijven. Als uitgangspunt moet rekening worden gehouden met het realiseren van een afwateringsmogelijkheid om de 500 m vanaf de te behouden dijksloot.
  - Ook mag de aanleg van de ‘nieuwe’ waterstructuur en het bedrijventerrein in zijn geheel niet tot een significante wijziging van de kwelsituatie leiden. Het uitgangspunt is dan ook om zo min mogelijk te gaan graven in de holocene deklaag.
- Het toekomstig streefpeil is vastgesteld op NAP - 4,40 m.
- De noodzaak van aanvullende ontwateringsmiddelen (drainage):
  - Afhankelijk van de toekomstige optredende grondwaterstanden is drainage noodzakelijk om aan de ontwateringsnormen te voldoen om een ontoelaatbare ophoging van het terrein te voorkomen.

<sup>2</sup> De ontwateringsdiepte is het verschil tussen het maaiveld en de optredende grondwaterstand.

<sup>3</sup> De ontwatering in het groen is afhankelijk van de wensen qua inrichting van het openbaar groen

### 3.5 REGENWATERAFVOER

Het streven is om al het hemelwater van verhard terrein bovengronds af te voeren richting retentiegebieden gelegen in de landschapszones. Het bovengronds afvoeren van hemelwater levert:

- Inzicht in werking van het systeem en mogelijke tekortkomingen
- Een betere (ecologische) landschappelijke inpassing
- Een lagere beheernorm
- Een grotere betrokkenheid van burgers
- Een betere toegankelijkheid bij calamiteiten

De voorkeur is om het hemelwater bovengronds af te voeren naar wadi's<sup>4</sup>. Een wadi betekent grondverbetering om wegzijging mogelijk te maken en de aanleg van een drain om het regenwater wat niet infiltreert naar de ondergrond af te kunnen voeren (zie opbouw wadi in figuur 4). In Almere is doorgaans geen infiltratie naar de ondergrond mogelijk. Al het regenwater zal doorgaans via de drain gaan afvoeren.

Het toepassen van wadi's is de meest duurzame optie door zijn dubbelfuncties, te weten:

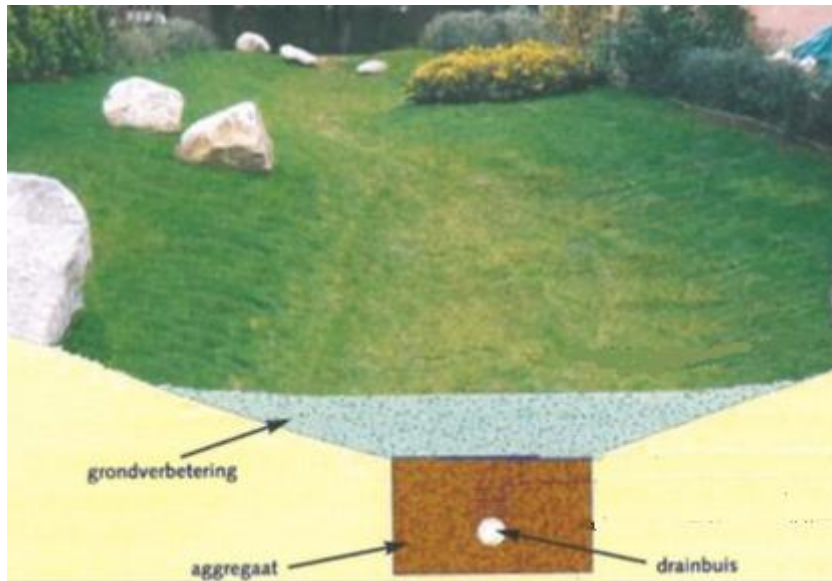
- Vasthouden van regenwater
- Zuiveren van regenwater
- Ontwatering bij eventueel te hoge grondwaterstanden via de drainage

In het verkavelingsplan is langs de openbare weg ruimte gereserveerd voor de toepassing van wadi's. De wadi's staan in verbinding met de landschapszone waar de berging moet worden gehaald.

#### *Ontwerppuntgangspunten:*

- De toekomstige hoogteligging moet bovengrondse afvoer mogelijk maken waarbij:
  - ontwateringseisen worden gehaald.
  - ophoging en aanvoer van zand wordt beperkt.
  - afvoer van grond uit het projectgebied wordt voorkomen (streven is een gesloten grondbalans).
  - Aansluiting op huidige hoogteligging in de omgeving en op de aanleghoogtes van fase 1.
- Minimale afvoercapaciteit transport (goot of wadi) stationair 60 l/sec/ha.
- De gewenste maximale stroomsnelheid is 0,25 m/s.
- Ontwerp goten:
  - Goten onder minimaal verhang van 3 promille.
  - Minimale gootbreedte 0,50 meter, diepte- breedte verhouding 1 : 10.
  - Maximale gootlengte is geen formele eis, maar is afhankelijk van een combinatie van de hoeveelheid af te voeren regenwater, de langshelling van de weg en het afschot in de goot.
- Ontwerp wadi's:
  - Bodemdiepte maximaal 0,5 meter.
  - Een minimale breedtemaat (van insteek tot insteek talud) van 3,5 meter.
    - Bodembreedte 0,50 meter en minimaal talud 1:3.
  - Minimale ledigingstijd < 24 uur.
  - Geen ondergrondse aansluitingen op de wadi.
  - Wadi is met gras begroeid en wordt regelmatig gemaaid (geen grasruigte).

<sup>4</sup> De gemeente noemt de wadi doorgaans een filterberm, in dit rapport is gemakshalve de term wadi aangehouden.



Figuur 4 Wadi opbouw

### 3.5.1 REGENWATERKWALITEIT

Het afstromend regenwater van verharde terreinen dient op basis van de beslisboom afkoppelen van het Waterschap Zuiderzeeland als vervuild te worden beschouwd als sprake is van:

- verhardingen met een verkeersintensiteit > 1000 voertuigen.
- parkeerplaatsen met > 50 plaatsen.
- daken waarbij schadelijke uitloobbare stoffen zijn gebruikt.

Verontreinigd hemelwater dient lokaal, bij voorkeur met een bodempassage te worden gezuiverd. De wadi's langs de openbare weg volstaan als bodempassage waarmee zuivering van eventueel verontreinigd wegwater is gegarandeerd.

#### ***Uitgeefbaar terrein***

Voor het uitgeefbaar terrein geldt als voorwaarde dat de perceelseigenaar het hemelwater bovengronds moet aanleveren ter hoogte van de perceelgrens waarna het op openbaar terrein bovengronds afwatert naar de wadi's. In overleg is vastgesteld dat er geen onderscheid komt in een afvoer van schoon dakwater en (licht) vervuild hemelwater van het terrein.

Het hemelwater dat vervuild kan raken door bedrijfsmatige activiteiten als een wasplaats, laad- en loskuil of opslag van potentieel verontreinigende stoffen moet wel worden gescheiden. In overleg met het waterschap Zuiderzeeland en de gemeente Almere volstaat een eigen voorzuivering vooraf aan het bovengronds aanleveren op openbaar terrein of dient het vuile regenwater af te voeren naar het vuilwaterstelsel.

*In dit waterstructuurplan is de afvoerwijze op perceel niveau niet uitgewerkt. In dit stadium is de omvang en de aard van te vestigen bedrijven niet inzichtelijk, er kunnen daarom geen ontwerphoogtes of afvoerrichtingen voor het uitgeefbaar terrein worden vastgelegd. Vooralsnog volstaat een afwerkhoogte van circa 20 cm boven wegniveau.*

### 3.5.2 AFVOEREND VERHARD OPPERVLAK

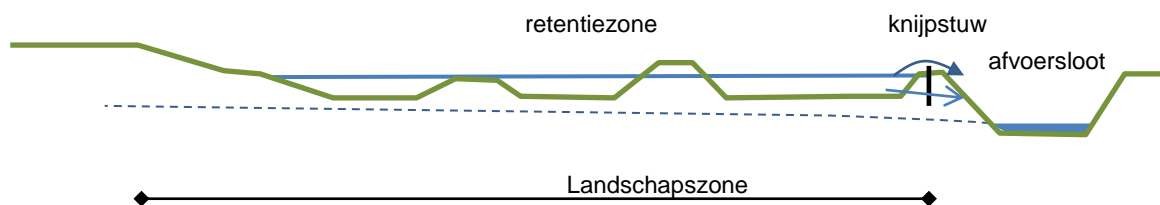
Voor de dimensionering van de regenwatersystemen en het berekenen van de retentieopgave zijn de volgende verhardingspercentages over het verkavelingsplan op hoofdlijnen gehanteerd:

- 90% van het uitgeefbaar terrein is verhard waarvan 2/3 daken en 1/3 wegen en terreinen.
- 100% verharding van de openbare verharde wegen.
- De fietspaden in het openbaar groen hebben een afvoer naar de aanliggende berm en worden als onverhard oppervlak beschouwd.

### 3.6 RETENTIEOPGAVE

Voor zowel stedelijk als landelijk gebied geldt bij alle ruimtelijke ontwikkelingen dat er geen afwenteling mag plaatsvinden. De toename aan verharding mag conform het WB21 beleid niet voor een extra belasting op het huidige watersysteem zorgen. Daarnaast mag er in het plangebied geen wateroverlast ontstaan. De WB21-trits "Vasthouden, Bergen, Afvoeren" is van toepassing.

De benodigde berging voor het bedrijventerrein Stichtsekanthoeve moet worden gevonden in de retentiezones gelegen in de landschapszones. In overleg met de landschapsarchitect zijn ruimtes aangewezen voor waterberging, de ruimtes zijn niet 100% beschikbaar. De retentiezone worden ingericht met hoogteverschillen waardoor het gebruik van bijvoorbeeld een fietspad mogelijk is en diversiteit aan vegetatietypen kan ontstaan door verschillen in ontwateringsdiepten.



Afbeelding 6 Inrichtingsprincipe landschapszone

De afvoersloot is geen onderdeel van het halen van voldoende retentie. De retentiezones en de afvoersloten zijn gescheiden door een stuwconstructie welke zorgt voor een overloop bij benutting van de berging en lediging door een vertraagde afvoerconstructie. Het type constructie (knijpstuw oid) moet in overleg met het waterschap worden vastgelegd tijdens de nadere uitwerking per fase.

De retentiezones krijgen een droogvallend en natuurvriendelijk karakter waarbij het systeem meerdere keren per jaar daadwerkelijk gevuld raakt. Dit betekent dat ook bij relatief kleinere buien water zichtbaar moet zijn.

Ontwerpuitgangspunten voor het halen van voldoende berging:

- Geen inundatie t.o.v wegniveau bij een Westlandbui (97,8 mm in 24 uur).
- De toegestane geknepen afvoer bedraagt maximaal 1,5 l/s/ha over het bruto oppervlak.
- Verdampingsfactor van 1 mm over het verhard oppervlak (plasmvorming op dak, terrein en weg).
- Bergingscapaciteit vooraf in de wadi's meenemen.
- Het afvoerend oppervlak is gebaseerd op het 'Verkavelingsplan op hoofdlijnen' van december 2012.



### 3.7 WATERSYSTEEM

Zoals genoemd in paragraaf 3.4 moet het bestaande watersysteem zoveel mogelijk worden behouden. Als uitgangspunt moet rekening worden gehouden met het realiseren van een afwateringsmogelijkheid om de 500 m vanaf de te behouden dijksloot. In het verkavelingsplan is hier rekening mee gehouden door de ligging van de huidige afvoersloten zo goed als mogelijk aan te houden (zie afbeelding 7).

#### Ontwerpuitgangspunten

- Het toekomstig streefpeil is vastgesteld op NAP - 4,40 m.
- Vrije afvoer via afvoersloten vanaf maximaal NAP -4,40 m naar peilgebied NAP -5,20 m in fase 1.
  - Minimaal bodempeil 1,10 m ten opzichte van het maaiveld.
  - Minimaal verhang van 2 cm per 100 m.
- Geen diepere afgraving toestaan t.o.v. van de huidige afvoersloten om toename aan kwel te voorkomen.
- De dijksloot blijft behouden net als de afvoersloten grenzend aan de oost- en westzijde van het plan.
- De bestaande afvoersloot tussen de A27 en aan de oostzijde krijgt een aftakking het plangebied in. De aftakking gaat als hoofdafvoer functioneren.
- Behoud ligging van de kavelsloten op een afstand van 500 m van de oostelijke en westelijke plangrenzen om een gelijke afvoersituatie vanuit de dijksloot te garanderen.



Afbeelding 7 Toekomstige afvoerstructuur afvoersloten

Het realiseren van vijverpartijen in contact met het grondwatersysteem is niet haalbaar vanwege de maximale ontgravingsdiepte in relatie tot het voorkomen van een kweltoename. Bij het realiseren van kunstmatige vijverpartij is aandacht voor de waterkwaliteit vereist. Aandachtspunten zijn:

- voldoende doorstroming.
- voldoende waterdiepte minimaal 1,20 m diep.
- aanleg van flauwe natuurvriendelijke oevers.

### 3.8 BLUSWATERVOORZIENING

Voor bedrijventerreinen geldt dat er een vergroot risico op een geëscaleerde brand kan bestaan in verband met een mogelijk late detectie van een brand. In een dergelijke setting is ook vaak sprake van grote brandcompartimenten. Er kan mogelijk een verhoogde vuurbelasting bestaan ten gevolge van de opslag van goederen. De inzet zal er op gericht zijn om belendende percelen te behouden, terwijl het pand zelf waarschijnlijk verloren zal gaan. Voor dit type inzet is 4xLD benodigd (1000 liter per minuut).

Wanneer men te maken heeft met een geëscaleerde brand, dienen er waterkanonnen en torenstralen ingezet te kunnen worden (elk met een capaciteit van 1500 liter per minuut, totaal 4500-6000 liter per minuut). In dat geval is tertiaire bluswatervoorziening in combinatie met grootschalig watertransport (WTS) benodigd om een defensieve inzet mogelijk te maken.

Voor percelen met een specifieke industriefunctie vereist het maatwerk. Voor de bepaling van de bluswaterbehoefte kan gebruik gemaakt worden van het BrandweerBRZO-scenarioboek (Landelijk Expertise Centrum BrandweerBRZO, 2009).

Er dient op het bedrijventerrein Stichtsekanthoeve de volgende bluswaterbehoefte aanwezig te zijn;

- Primaire bluswatervoorziening (brandkraan), capaciteit van deze bluswatervoorziening is 500 liter per minuut, afstand toegang object - brandkraan maximaal 100 meter. (letwel, specifiek maatwerk (industriefunctie).
- Secondaire bluswatervoorziening, capaciteit van deze bluswatervoorziening is 1500 liter per minuut voor een periode van 4 uur. De afstand tussen bluswatervoorziening en incident is gebaseerd op de afstand die gehanteerd wordt voor een WTS 1000, maximaal 1000 meter.
- Tertiaire bluswatervoorziening, capaciteit van deze bluswatervoorziening is minimaal 4000 liter per minuut voor een onbeperkte levensduur.

Als primaire bluswatervoorziening volstaan naar verwachting brandputten aangesloten op de waterleiding. Voor de secundaire bluswatervoorziening is de verwachting dat grondwaterputten volstaan. Voor de tertiaire bluswatervoorziening is de benodigde capaciteit dusdanig groot dat grondwaterputten hier niet volstaan. Mogelijke oplossingen voor de tertiaire voorziening zijn:

- Onttrekken van bluswater uit de vijverpartijen in fase 1
  - met afvoer op een bluswaterleiding om binnen de straal van 1000m te geraken.
- Aanvoer van water uit het Gooimeer door het open zetten van een blusleiding in de dijk:
  - met afvoer op de kwelsloot vanwaar uit één van de afvoersloten als brandwaterleiding kan gaan functioneren, of met afvoer op een bluswaterstelsel gelegen in de openbare weg.

Bovengenoemde oplossingen dienen buiten dit waterstructuurplan te worden uitgewerkt.

In dit waterstructuurplan is wel als uitgangspunt aangenomen dat geen permanente waterpartijen in contact met het grondwater (watervoerend) worden gerealiseerd functionerend als bluswatervoorziening. Het realiseren van dergelijke waterpartijen heeft een flinke ontgraving met een kweltoename als gevolg, dit is met verwijzing naar paragraaf 3.7 niet gewenst.

# 4

## Onderzoek afwatering, berging en waterstructuur

### 4.1 AFWATERING

Het onderzoek naar een optimale regenwaterafvoersituatie is gericht op het vaststellen van een bovengronds afvoersysteem en het vinden van de optimale afvoerstructuur naar de landschapszones waar uiteindelijk de berging moet plaats vinden.

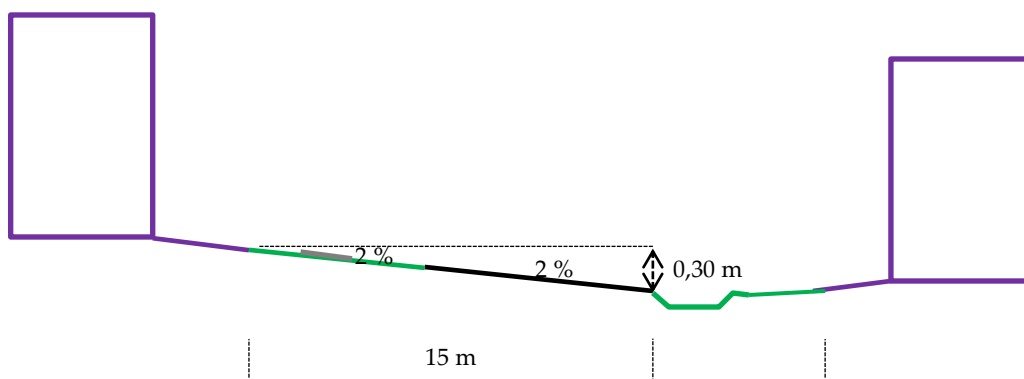
#### 4.1.1 BOVENGRONDSE AFVOER

Het transporteren van regenwater over de weg via (mol)goten is uitgesloten. Het afvoerend verhard oppervlak is dusdanig groot dat voor een goede afvoer grote afmetingen noodzakelijk zijn (zie Quickscan waterhuishouding Stichtsekanthoeve, gemeente Almere). Daarnaast levert het benodigd afschot in de lengterichting ongewenst grote hoogteverschillen (afstanden > 100m, minimaal afschot 3‰). Het transport van het regenwater zal via het beschikbaar openbaar groen plaats moeten vinden zo lang bovengrondse afvoer van regenwater het ontwerppunt is.

Het verkavelingsplan biedt groene ruimtes langs de wegen, waar het regenwater kan worden opgevangen om het vervolgens af te voeren naar de landschapszones. Het regenwater afkomstig van verhard oppervlak moet de beschikbare groene ruimtes voor afvoer echter wel weten te bereiken. Het dwarsprofiel van de openbare ruimte is hier bepalend voor de haalbaarheid van een bovengronds afvoersysteem.

#### *Variant 1 De wegen op één oor*

Een openbare ruimte met één berm te benutten als opvang- en afvoersysteem. Dit kan door de wegen, fietspaden en bermen vanaf het perceel op afschot te leggen naar de beschikbare berm (zie fig. 5).



Figuur 5 Dwarsprofiel op één oor (afmeting betreft voorbeeld)

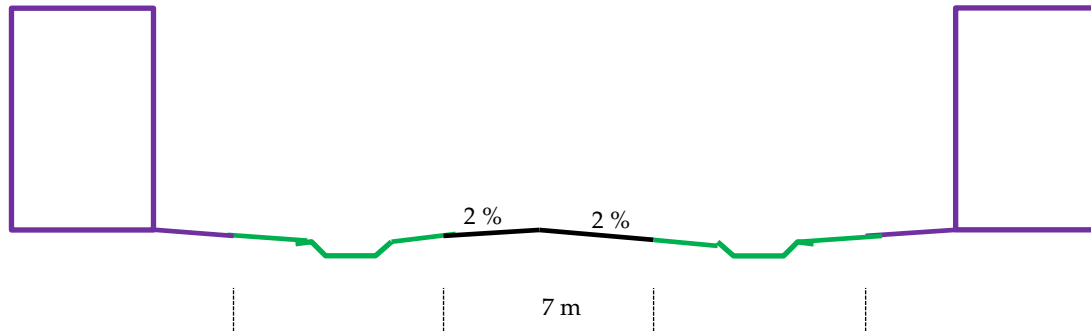


Het dwarsprofiel op één oor levert verschillende knelpunten op:

- Tussenbermen vormen een obstakel voor de afvoer naar de opvangvoorziening.
- De wegen die bij elkaar komen op kruispunten hebben een verschil in hoogte en sluiten daarom niet goed op elkaar aan, gevolg is dat niet overal een bovengrondse afvoer mogelijk is.
- Hoogteverschil tussen tegenover elkaar liggende percelen is beeld technisch niet wenselijk.

#### **Variant 2 De wegen in een dak profiel**

Door de openbare weg in een dak profiel aan te leggen is aan beide kanten van de weg een beschikbare groene ruimte voor opvang en transport van regenwater noodzakelijk (zie fig.6).



Figuur 6 Dwarsprofiel dakprofiel openbare weg

Het dwarsprofiel in een dak profiel levert ondanks de benodigde ruimte aan beiden kanten van de weg voordelen, te weten:

- De perceel eigenaar is vrij om de lozingslocatie te bepalen in relatie met de inrichting van zijn bedrijventerrein. Langs elke perceelgrens gelegen aan openbaar gebied komt immers een groenstrook met een bovengronds opvang- en afvoersysteem.
- Een weg in een dak profiel levert geen noemenswaardig hoogteverschil tussen tegenover elkaar liggende kavels. Dit sluit visueel beter aan bij de wensen van de landschapsarchitect.
- De regenwaterbelasting op de opvang- en transportvoorziening is gehalveerd ten opzichte van variant 1 en kan daarmee volstaan met kleinere afmetingen.

#### **Conclusie**

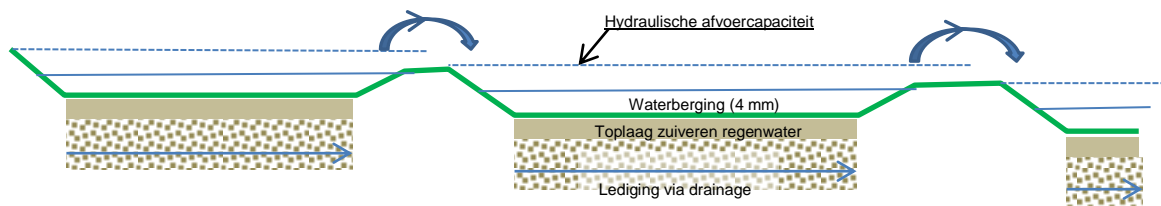
In overleg met de landschapsarchitect van de gemeente Almere is besloten de openbare wegen in een dak profiel aan te leggen. In het verkavelingsplan is voldoende ruimte gereserveerd aan beide kanten van de weg (minimaal 5 m) voor de aanleg van een opvang- en transportvoorziening. Aandachtspunt bij het ontwerp zijn de belemmerende constructies als opritten, kruising met wegen en voldoende ruimte voor bomen langs de voorziening.

### 4.1.2 WADI'S

De opvang- en transportvoorzieningen in het groen worden bij voorkeur ingericht als wadi's. Het voordeel hiervan is dat wadi's naast opvang en transport ook een berging- en zuiveringsfunctie kunnen vervullen.

Wadi's hebben een vlakke bodem<sup>5</sup> met een overloop naar een lager gelegen compartiment. Door lange tracés met één bodempeil te realiseren ontstaan minder hoogteverschillen in het plan. Een vlakke bodem met een overloop levert waterberging en komt ten goede van de retentieopgave in de landschapszone. De waterberging in de wadi ledigt door de grondverbetering en de aanleg van drainage en heeft aanvullend een zuiveringsfunctie via de toplaag

Tot slot kunnen de wadi's een ontwateringsfunctie voor de omgeving bieden bij incidenteel hoge grondwaterstanden. Door het plaatsen van peilbuizen en het monitoren van de optredende grondwaterstanden is na te gaan of de drainage ook een ontwaterende functie heeft. Benadrukt wordt dat de drainage hoofdzakelijk een ledigingsfunctie heeft voor het geborgen regenwater. De drainage onder de wadi's komen op of boven de berekende hoogste grondwaterstanden te liggen en krijgen een uitstroom op de verschillende retentiezones.



Figuur 7 Berging- en afvoerconstructie (wadi)

#### Opbouw wadi

Om goede grasgroei mogelijk te maken die bestand is tegen fysieke- en neerslagbelasting, is een goede bodemsamenstelling noodzakelijk. De toplaag (0,3 m dik) van de wadi moet bestaan uit grof zand en humus (organische stofgehalte max. 3%, leem maximaal 8%) met een k-waarde van minimaal 0,5 m/etmaal en een korrel diameter van M50, ca 239µm. Het onderliggend bergingspakket 'de koffer' kan bijvoorbeeld bestaan uit Liapor-korrels 8/16 mm in geotextiel Secutex 351-GRK 5. In dit pakket dient aanvullend drainage te worden aangelegd zonder filterkous.

In hoofdstuk 5 is ingegaan op het ontwerp van de wadi's. Onderdelen die aan bod komen zijn:

- Afvoerwijze naar de retentiezones in relatie met de toekomstige hoogteligging.
- Benodigde afmeting in relatie tot voldoende berging en voldoende afvoercapaciteit.
- Ontwerpoplossingen voor obstakels als opritten en kruisingen met wegen en bomen.

<sup>5</sup> Een wadi met een bodemverhang is niet aan te raden omdat hierdoor functies als berging en zuivering verloren gaan. Daarbij levert het een niet gelijke belasting op waardoor benedenstrooms de bodem sneller verslemt raakt met kale plekken en vuilophoping als gevolg.

## 4.2 BERGING

De wadi's zullen uiteindelijk afvoeren naar de landschapszone waar de benodigde berging moet worden gehaald. Aan de hand van een schetsontwerp zijn bergingsberekeningen uitgevoerd. De bergingsberekeningen hebben als handvat gefunctioneerd voor de landschapsarchitect om de retentiezones verder vorm te geven. Het resultaat bestaat uit specifiek aangewezen bergingslocaties die op basis van de eerste berekeningsresultaten voor voldoende berging moeten zorgen.

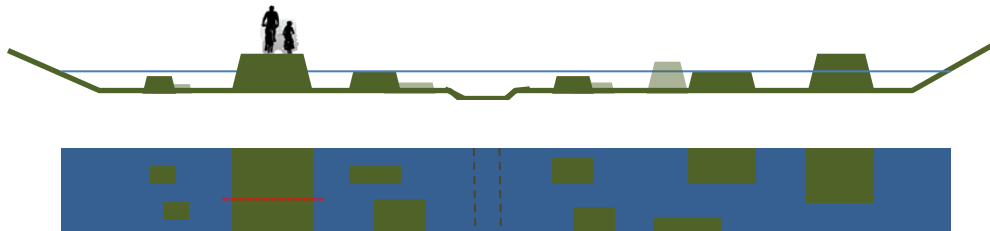
### *Functioneren retentiezones*

De retentiezones worden gevoed door neerslag rechtstreeks vallend op de retentietone en door aanvoer vanuit de wadi's. De retentiezones voeren via een vertraagde afvoerconstructie (knijpstuw) naar de meest nabijgelegen afvoersloot zodat de retentiezones na afloop van de bui leeg raken.

De retentiezones krijgen over de hele zone verschillende ophogingen waardoor de bergingscapaciteit niet voor 100% beschikbaar is. De ophogingen moeten zodanig worden ingericht dat er zo min mogelijk ingesloten ruimtes ontstaan die niet gevoed kunnen worden met regenwater. Daar waar sprake is van een ingesloten retentietone is de aanleg van een duiker noodzakelijk. Ter verduidelijking is een zij- en bovenaanzicht van een retentietone weergegeven in figuur 8.

*De laagte in figuur 8 betreft een ondiepe stroomgeul. Deze geul/greppel zal als eerste gevuld raken en als laatste ledigen. Door zijn ligging vlak boven de optredende grondwaterstanden krijgt de geul een nat karakter (begroeiing met riet) slingerend door de retentietone met een vertraagde afvoer via een knijpconstructie op de afvoersloot.*

Door de verschillende ophogingen blijft een functie als het gebruik van een fietspad door de retentietone mogelijk. Duikers onder het fietspad zijn niet opgenomen in het ontwerp, de ligging en noodzaak volgt uit de definitieve inrichting van het fietspad (ligging en hoogtes) uit te werken door de landschapsarchitect.



Figuur 8 Zij- en bovenaanzicht landschapszone met waterlijn retentie

De ontgraving van de retentiezones en wadi's mogen geen toename aan kwel veroorzaken. De maximale ontgravingdiepte (bodem en/of drainagepeil) moet boven de toekomstig optredende grondwaterstanden blijven. De benodigde bergingscapaciteit met peilstijgingen bij verschillende neerslagsituaties zijn net als de bodemhoogtes en de uitwerking van de stuwconstructies per retentietone verder uitgewerkt in hoofdstuk 5.

## 4.3 WATERSTRUCTUUR

De toekomstige ligging van de afvoersloten binnen het plangebied zijn vastgesteld door de randvoorwaarden beschreven in hoofdstuk 3 en vertaald door de landschapsarchitect in het verkavelingsplan op hoofdlijnen. In deze paragraaf gaan we nader in op de effecten van de beoogde waterstructuur en beschrijven eventuele aanvullende randvoorwaarden benodigd voor het ontwerp.

### 4.3.1 EFFECTEN GRONDWATER

De toekomstige waterstructuur (ligging afvoersloten) zoals door de landschapsarchitect van de gemeente Almere is aangegeven wijkt in beperkte mate af van de bestaande waterstructuur. De wijziging in de ligging van de sloten leidt niet tot een verandering in de grondwaterstanden (kweltoename) in het gebied en garandeert een afvoer om de 500m vanuit de dijksloot. Uitgangspunt is dat het bodempeil van de wadi's en retentiezones geen diepe ontgraving kennen en boven de grondwaterstanden komen te liggen.

Wat wel een wijziging in grondwaterstanden oplevert ten opzichte van de huidige situatie is de toename van het verhard oppervlak. De neerslag zal in de toekomst namelijk niet direct terecht komen in de bodem op de plek waar het valt. Het voert grotendeels gecontroleerd af naar retentiezones met een vertraagde afvoer naar de afvoersloten. De invloed van het verdwijnen van de component neerslag leidt in de modelberekeningen<sup>6</sup> tot een verlaging van de grondwaterstanden met circa 10 cm tot maximaal 15 cm. In de praktijk zal de neerslagcomponent echter niet in zijn geheel verdwijnen, de resterende onverharde zone's, maar ook de wadi's en retentiezones, blijven voor een aanvoer van neerslag in de bodem zorgen. Het effect van de verminderde aanvoer van neerslag naar de bodem zal naar verwachting een lichte grondwaterstandverlaging opleveren van minder dan 10 cm.

#### *Toekomstige grondwaterstanden*

Op basis van de huidige situatie en de hierboven beschreven effecten op de toekomstige situatie is de verwachting dat de toekomstige grondwaterstanden nagenoeg gelijk blijven aan de huidige situatie. De grondwaterstanden in het plangebied variëren daarbij niet tot nauwelijks. Nabij de dijk wordt een grondwaterstand van NAP -3,80 aangehouden aflopend naar NAP -3,90 in het midden van het plan tot NAP -4,0 m nabij fase 1 waar een streefpeil van NAP -5,20 m geldt.

### 4.3.2 INRICHTING AFVOERSLOTEN

De belangrijkste afwatering wordt gevormd door de afvoersloten welke in de plansituatie deels worden omgelegd. De primaire functie van de afvoersloten is om de afvoer van de dijksloot langs de Gooimeerdijk te waarborgen. Deze primaire functie staat het realiseren van regenwaterberging in de afvoersloten niet toe.

De regenwaterberging vindt vooraf in de retentiezones plaats en zal vertraagd gaan afvoeren naar de afvoersloten. Door deze vertraagde afvoer wijzigt de afvoersituatie in de afvoersloten nagenoeg niet. In plaats dat het regenwater vertraagd via de bodem afvoert naar de afvoersloot zal het in de toekomst vertraagd via de retentiezones afvoeren. Door de vertraagde afvoer is er geen sprake van een opstuwung in de afvoersloot en blijft de noodzakelijke vrije afvoer vanuit de dijksloot gegarandeerd.

De twee afvoersloten aan de oost- en westzijde van het plangebied wijzigen niet in profiel of ligging. Bij de oostelijke afvoersloot is er wel sprake een aftakking het plangebied in (zie afbeelding 7). Deze aftakking

<sup>6</sup> stationair tweelagen model gemaakt om de effecten van de ingreep in beeld te brengen, zie hoofdstuk 2

moet als hoofdafvoer gaan gelden, de noordelijk gelegen te behouden afvoersloot functioneert als opvang van regenwater van de A27 en ontwatering van zijn omgeving.

De afvoersloten in het plangebied worden deels verlegd en krijgen een profiel conform de legger van het waterschap Zuiderzeeland:

- Streefpeil NAP -4,40 m
- Minimaal bodempeil 1,50 m ten opzichte van het maaiveld
- Minimaal verhang van 2 cm per 100 m.
- Talud 1:3
- Bodembreedte 1,5 m
- Onderhoud en beheerspad 2,0 m

Door het hoogteverschil tussen het peil van de afvoersloten (NAP -4,40 m) en het peilgebied in fase 1 (NAP -5,20 m) is een overloopconstructie ter plaatse van de aansluiting op fase 1 nodig. De weersomstandigheden en de kwelintensiteit bepalen hier het overloopdebiet, rekening moet worden gehouden met verschillen in afvoerdebiet over het jaar genomen. Het type overloop zal door de architect moeten worden uitgewerkt.



Foto 1 Voorbeeld van een overloop naar een lager peilgebied.

# 5

## Ontwerp op hoofdlijnen

### 5.1 AFWATERINGSTRUCTUUR

De fasering zoals genoemd in paragraaf 3.3.1 is samen met de beoogde wegligging bepalend in de afwateringstructuur van de wadi's naar de retentiezones. In bijlage 1 is een afwateringstructuur ontworpen waarin valt af te leiden welke oppervlakken via welke wadi's moeten afvoeren om zo een retentiezone te kunnen bereiken. Ook is de aanlegvolgorde van de retentiezones (A t/m G) aangegeven, gebaseerd op de fasering van uitgeefbaar terrein zoals in overleg met de gemeente Almere is vastgelegd.

Op basis van de afwateringstructuur ontstaan afstroomvakken met afvoerend oppervlak naar de wadi's en de retentiezones. Het afvoerend oppervlak is nodig voor de dimensionering van de retentiezones en de wadi's.

De afwateringstructuur met afstroomvakken is weergegeven in bijlage 1. In tabel 3 en 4 zijn de oppervlakken en bijbehorende verhardingshoeveelheden weergegeven.

Afstroomvak	Wegen op wadi's in m <sup>2</sup>	Wegen op retentie in m <sup>2</sup>	Wadi oppervlak in m <sup>2</sup>	Uitgeefbaar Bruto in m <sup>2</sup>	Uitgeefbaar Dak in m <sup>2</sup>	Uitgeefbaar Terrein in m <sup>2</sup>
A1	645	645	754	13359	8015	4008
A2		926		3150	1890	945
A3				3150	1890	945
B1	2440		1413	7731	4638	2319
C1	1475		2202	30423	18254	9127
C2	4240	1060	5109	111669	67001	33501
D1	1424		2054	8556	5134	2567
D2	1238		2372	10148	6089	3045
D3	1783		1904	10567	6340	3170
E1	2344		3557	53369	32022	16011
E2	4518		5622	73654	44192	22096
E3	1896	254	4978	27258	16355	8177
F1	2519		5715	71811	43086	21543
F2	6996	724	5099	61770	37062	18531
F3	4873	1346	6203	87422	52453	26226
F4	1289	240	1911	15387	9232	4616
F5	1999	545	3089	37520	22512	11256
F6	9462		10890	102029	61218	30609
G1	3642	961	4919	72718	43631	21815
G2	5675	4058	6656	48994	29396	14698
G3				3150	1890	945
Totaal in m <sup>2</sup>	<b>58457</b>	<b>10760</b>	<b>71723</b>	<b>853835</b>	<b>512301</b>	<b>256150</b>
Totaal in ha	<b>5,8</b>	<b>1,1</b>	<b>7,2</b>	<b>85,4</b>	<b>51,2</b>	<b>25,6</b>
<i>90% van het bruto uitgeefbaar terrein is als verhard beschouwd waarvan 1/3 terrein- en 2/3 dakoppervlak</i>						

Tabel 3 Oppervlakken en verhardingshoeveelheden per afstroomvak

Retentiezones	Bruto oppervlak in m <sup>2</sup>	Benodigd voor berging	Netto oppervlak in m <sup>2</sup>
A	19072	25%	4768
B	5509	50%	2755
C	21621	75%	18373
D/E	24621	90%	22159
F	63969	59%	37430
F1	8450	90%	7605
G	49241	50%	24621
<i>Benodigd bodemoppervlak voor retentie op basis van de resultaten van de retentieberekeningen (zie paragraaf 5.4 en bijlage 3)</i>			

Tabel 4 Benodigd oppervlak retentiezones

## 5.2 ONTWERPHOOGTES

Op basis van de afvoerstructuur en de toekomstig optredende grondwaterstanden zijn ontwerphoogtes bepaald. De onderstaande ontwerphoogtes zijn in bijlage 2 weergegeven:

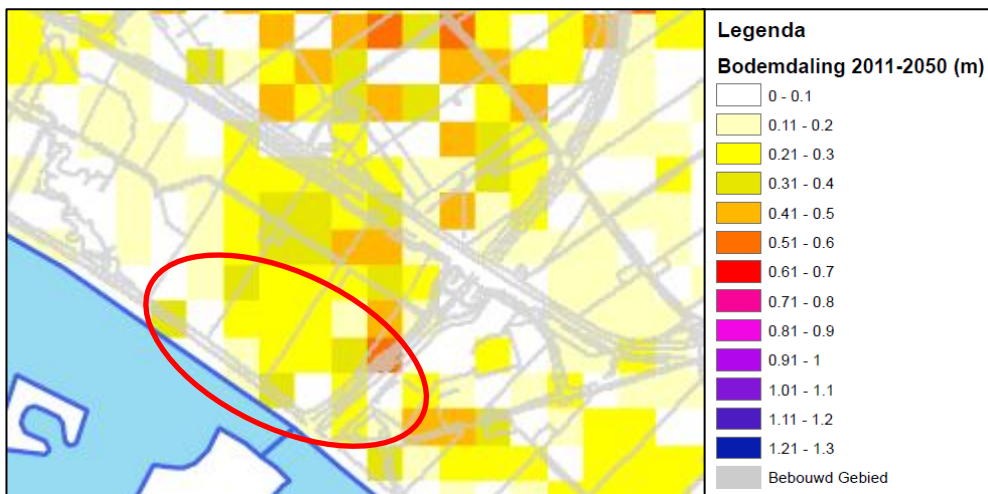
- weghoogtes (kant weg)
- bodempeilen wadi's
- bodempeilen retentiezones en bodempeilen ondiepe stroomgeulen
- bodempeilen (te verleggen) afvoersloten

In het ontwerp is rekening gehouden met een ontwatering van 1,0 m tot 1,10 m voor de wegen. Dit ligt tussen de ontwateringsnorm voor secundaire en primaire wegen en is als acceptabel beschouwd. Een dergelijke ontwatering zorgt voor voldoende ruimte om de wadi's gelegen naast de wegen goed te laten functioneren. Een toelichting op het ontwerp van de wadi's, retentiezones en de afvoersloten is in de navolgende paragrafen opgenomen.

*Het hanteren van de ontwateringsnorm voor primaire wegen (1,20 m) is niet goed haalbaar. Ter hoogte van de plangrenzen kan dit niet worden gehaald vanwege de te bestaande te behouden hoogteligging. Daarnaast levert het een onnodig grotere ophoging van het terrein dat niet aansluit met het streven naar een gesloten grondbalans.*

### Bodemdaling

Binnen het plangebied zal bodemdaling op gaan treden, de mate en de verschillen per locatie zijn echter niet goed te voorspellen. Een bodemdalingskaart van het waterschap geeft de verwachte bodemdaling tot 2050 weer. De verwachting is gebaseerd op de lokale bodemopbouw en zettingsmodellen op basis van langlopende zettingsproeven.



Afbeelding 8 Bodemdalingskaart 2011-2050

De verwachte bodemdaling tot 2050 varieert tussen 0 tot maximaal 40 cm. Ondanks deze bodemdaling is de verwachting dat de afvoersloten vrij kunnen blijven afvoeren naar het lager gelegen peilgebied, immers het verschil tussen bodempeil van de afvoersloten en het waterpeil van de lager gelegen waterpartij is groter dan 50 cm. Ook de afvoer van de wadi naar de retentie en de retentie naar de afvoersloten zal naar verwachting niet snel tot problemen leiden aangezien de droogvallende voorzieningen grofweg in gelijke mate zullen dalen. Bij verschil in zetting zijn lokaal maatregelen (grondverzet / lokaal ophogen) nodig om de bovengrondse afvoer naar de retentiezones te herstellen.

Aandachtspunt is de daling van de retentiezones ten opzichte van de optredende grondwaterstanden. Daar waar de retentiezones net boven de hoogste grondwaterstanden liggen kan in de toekomst sprake



zijn van een nog nattere situatie of zelfs afvoer van grondwater via de vertraagde afvoerconstructie naar de afvoersloot. De bergingscapaciteit door de lediging via de vertraagde afvoer gewaarborgd uitgaande dat de retentie en omliggende weg grofweg in gelijke mate dalen.

### 5.3 DIMENSIONERING WADI'S

Op basis van de verkregen afwateringstructuur is de belasting op de wadi's berekend. Met de belasting is de bergingscapaciteit en de hydraulische afvoercapaciteit in relatie met het voorkomen van water op straat bedoeld.

#### 5.3.1 BERGING

In het ontwerp van de wadi's is rekening gehouden met een beschikbare ruimte van 4,5 m in het openbaar groen aan weerszijde van de openbare weg. De wadi's hebben een diepte van 30 tot 40 cm ten opzichte van de weghoogte aan de kant, waarvan 20 cm wordt benut als buffer om het hemelwater op te vangen en via de toplaag te zuiveren alvorens het via drainage verder afvoert of infiltreert naar de ondergrond.

In tabel 5 is de dimensionering en bergingscapaciteit van de wadi's weergegeven.

Afstroomvak	Wadilengte (m)	Bodembreedte wadi (m)	Bodem opp (m <sup>2</sup> )	Talud 1:	Bergingsdiepte (m)	Breedte wadi bij insteek (m)	Afvoerend oppervlak (m <sup>2</sup> )	Beschikbare berging (m <sup>3</sup> )	Beschikbaar berging in mm
A1	151	2	302	3	0,2	4,4	13422	78	5,8
A2	geen wadi's verhard oppervlak (uitgeefbaar) is rondom retentiezone gelegd						2835		
A3	geen wadi's verhard oppervlak (uitgeefbaar) is rondom retentiezone gelegd						2835		
B1	283	2	565	3	0,2	4,4	10810	147	13,6
C1	440	2	881	3	0,2	4,4	31058	229	7,4
C2	1022	2	2043	3	0,2	4,4	109851	531	4,8
D3	381	2	762	3	0,2	4,4	13198	198	15,0
D1	411	2	821	3	0,2	4,4	11179	214	19,1
D2	474	2	949	3	0,2	4,4	12744	247	19,4
E1	711	2	1423	3	0,2	4,4	53934	370	6,9
E2	1124	2	2249	3	0,2	4,4	76429	585	7,6
E3	996	2	1991	3	0,2	4,4	31406	518	16,5
F1	1000	2	2000	3	0,2	4,4	72863	520	7,1
F2	1020	2	2040	3	0,2	4,4	67688	530	7,8
F3	1241	2	2481	3	0,2	4,4	89755	645	7,2
F4	382	2	764	3	0,2	4,4	17048	199	11,7
F5	618	2	1236	3	0,2	4,4	38856	321	8,3
F6	2178	2	4356	3	0,2	4,4	112178	1133	10,1
G1	984	2	1968	3	0,2	4,4	74007	512	6,9
G2	1331	2	2662	3	0,2	4,4	56426	692	12,3
G3	geen wadi's verhard oppervlak (uitgeefbaar) is rondom retentiezone gelegd						2835		
							901356	7668	9
- Boven de bergingsdiepte zit nog 0,20 m waking tbv de hydraulische afvoercapaciteit (wadi is 0,40 m diep)									
- De beschikbare berging is inclusief taluds									

Tabel 5 Bergingscapaciteit wadi's per afstroomvak

Op basis van berekende bergingscapaciteit van de wadi's kan geconcludeerd worden dat er ruim voldoende capaciteit is om het 'vervuild' regenwater via de toplaag van de wadi te zuiveren. Door overal 20 cm bergingsdiepte en hetzelfde wadi profiel aan te houden ontstaat een uniform beeld en een beheer- en onderhoudsvriendelijk ontwerp.

Op enkele locaties zijn in plaats van wadi's verlaagde wegbermen ontworpen die overgaan in een wadi. De wegberm vangt het regenwater van de aanliggende wegen op om het vervolgens af te voeren naar een benedenstrooms gelegen wadi. De berm functioneert dus als goot en heeft geen bergingsfunctie aangezien regenwater niet specifiek vastgehouden wordt<sup>7</sup>.

### 5.3.2 AFVOER

De wadi's moeten wanneer 20 cm aan waterberging is bereikt kunnen overlopen naar een lager gelegen wadi om zo uiteindelijk uit te stromen in een retentiezone. In bijlage 2 zijn de bodem- en overloopepeilen van de wadi's aangegeven. De verschillende ontwerphoogtes laten zien dat de wadi's goed in elkaar overlopen en dat het regenwater de lager gelegen retentiezones kan bereiken.

Naast een afvoer in hoogte moet er binnen de wadi's voldoende afvoercapaciteit aanwezig zijn in de wadi en de overloopconstructies om overstrooming te voorkomen. De overloopconstructies gaan werken op 0,20 m boven het bodempeil van de wadi. Op basis van het aantal uitstroombuizen op de retentiezone is het afvoerend oppervlak benedenstrooms ter plaatse van een overloopconstructie maximaal 6,0 ha<sup>8</sup>. Bij een drempelhoogte van 20 cm boven het bodempeil en een beschikbare drempelbreedte van 4,0 m levert dit een opstuwing van 16 cm. Deze situatie kan opgevangen worden in de wadi's die benedenstrooms overal 40 cm diep zijn (waking van 4 cm).

#### Bereken opstuwing over rechte, volkomen overstort

Stel:		
Debiet (Q)	=	0,360 m <sup>3</sup> /s
Drempelbreedte (b)	=	4,00 m
Overstortcoëfficiënt (m)	=	0,8
Opstuwing	=	0,16 m

Gegevens:	
Afvoerend oppervlak	60.000 m <sup>2</sup>
Afvoerend oppervlak	6,00 ha
Neerslag intensiteit (statisch)	60 l/s/ha
DWA	0,0 m <sup>3</sup> /uur
Af te voeren debiet	360,0 l/s
Af te voeren debiet	0,360 m <sup>3</sup> /s

De maximale stroomsnelheid over de overloop is wel fors en bedraagt 0,56 m/s. Bij alleen een grondwal zal de overloop op den duur weg spoelen. Door het plaatsen van een damwandconstructie (zie voorbeeld op foto 2) op 20 cm boven het bodempeil is een duurzame constructie gevonden.

Opgemerkt wordt dat de overloopconstructies bovenstrooms een minder grote afvoercapaciteit hoeven te verwerken, waardoor zowel de opstuwing als de stroomsnelheden aanzienlijk lager zijn.

<sup>7</sup> Er is wel sprake van enige zuivering door wegzijging van regenwater naar de ondergrond.

<sup>8</sup> De afstroombuizen met een grotere hoeveelheid aan afvoerend oppervlak op de wadi's (zie tabel 5) hebben meerdere uitstroombuizen naar een retentiezone waardoor het afvoerend oppervlak zich verdeelt tot maximaal 6 ha.



Foto 2 Voorbeeld van een overloopconstructie in een wadi (houten damwand)

### Stroomsnelheid in de wadi

De stroomsnelheid over de overloop is niet gelijk aan de stroomsnelheid in de wadi. De stroomsnelheid in de wadi is kleiner omdat het wateroppervlak beneden de drempel meedoet in de stroming. Grofweg kun je stellen dat de berekende (worst case) stroomsnelheid over de overloop gehalveerd kan worden voor de stroomsnelheid in de wadi. De wadi is hydraulisch doorgerekend met als weerstandswaarde een begroeiing met grasland ( $K_{m\text{strickler}} 33$ ). Bij een debiet van 360 l/sec en een beschikbaar hydraulisch verhang van 0,4‰ is de stroomsnelheid in de wadi berekend op 0,28 m/s en de maximale waterdiepte op 0,39 m.

Ook hier geldt dat bovenstrooms in de wadi de waterdiepten en stroomsnelheden lager liggen. Op basis van de worst case berekeningsresultaten is de kans op uitspoeling / erosie in de wadi's als verwaarloosbaar beschouwd.

### Drainage onder de wadi's

In bijlage 2 zijn ook hoogtes (b.o.b's) van de drainageleidingen aangegeven, gelegen boven de aangenomen grondwaterstanden. Drainage is nodig om het geborgen regenwater relatief snel te laten infiltreren zodat de wadi met gras begroeid blijft. De drainage dient bij voorkeur uit te stromen in de verlaging (stroomgeul) binnen de retentiezone. In sommige gevallen zal de drainage een hoger gelegen uitstroom krijgen door het ontbreken van een stroomgeul. In deze situatie zal het bergingspakket onder de wadi (zie figuur 4 en 7) deels gevuld blijven om vervolgens langzaam uit te zakken naar de ondergrond. De functie van de drainage blijft onveranderd, het blijft zorgen voor een snelle lediging van de wadi en toplaag. Tot slot is het toepassen van drainage aan te bevelen als extra veiligheid ten aanzien van het halen van voldoende ontwatering mochten de grondwaterstanden incidenteel hoger raken dan aangenomen.

### Belemmerende constructies in wadi's

Bovengrondse afvoer is het uitgangspunt voor Stichtsekant, de wadi's bieden hier mogelijkheden voor. De wadi's worden echter belemmerd door kruisingen met openbare wegen maar ook opritten naar percelen.

Voor de opritten volstaat het verlagen van de oprit ter hoogte van de wadi tot 20 cm boven het bodempeil. De oprit werkt dan plaatselijk als overloop na 20 cm aan buffering in de wadi. Afhankelijk van de locatie kan aanvullend een roostergoot op bodemniveau worden aangelegd zodat de oprit niet vaak als overloop gaat werken.

Ook de overlopen van de wadi's zoals ontworpen (zie bijlage 2) kunnen gecombineerd worden met een verlaagde oprit. In deze situatie is sprake van een overloop naar een lager gelegen wadi. Om de 20 cm aan waterberging niet te verliezen is het toepassen van een roostergoot in dit geval niet toegestaan.

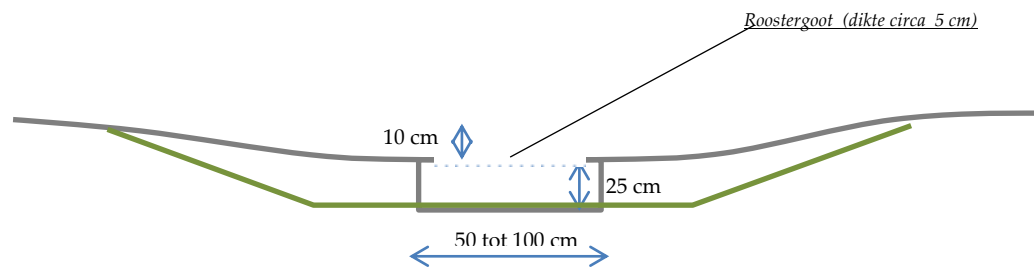
Ter plaatse van kruisingen met openbare wegen is het aan te bevelen om de weg niet te combineren met een overloopconstructie. Bij extreme situaties levert dit namelijk een flinke waterstroom op wat als overlast kan worden ervaren. In het ontwerp is rekening gehouden met het toepassen van een roostergoot op bodemniveau van de wadi. De roostergoot verwerkt de meeste neerslag gedurende het jaar, alleen bij extreme neerslag krijgt de verlaagde weg een afvoerfunctie. In alle gevallen mogen de constructies geen belemmering in afstroming veroorzaken.

In het ontwerp is onderscheid gemaakt in de maatvoering van de roostergoten, te weten:

- 0,5 m breed en 25 cm hoog voor belastingen van 0 tot < 3,0 ha aan afvoerend oppervlak.
- 1,5 m breed en 25 cm hoog voor belastingen van 3,0 tot 6,0 ha aan afvoerend oppervlak.

Een 10 cm laagte in de weg vanaf de bovenkant rooster over een breedte gelijk aan de wadi (4,5 m) geeft vervolgens voldoende afvoercapaciteit om het totale debiet vanuit de wadi te verwerken zonder een extra opstuwing te veroorzaken.

Uitgangspunt voor de dimensionering is het aangegeven maximaal afvoerend oppervlak bij de betreffende roostergoot (3,0 of 6,0 ha) met een afvoerintensiteit van 60 l/sec/ha.



Afbeelding 9 principe profiel 'roostergoot in verlaagde weg'

In bijlage 2 zijn de locaties van de roostergoten aangegeven met onderscheid in benodigde maatvoering. De roostergoten ter plaatse van de opritten naar de percelen zijn in deze fase nog niet in beeld en daarom niet opgenomen in het ontwerp.

*Tijdens de nadere uitwerking is het aan te bevelen om de wadi afvoerstructuur met overlopen en roostergoten in een hydraulisch model te zetten. Het model kan in detail aangeven waar en bij welke neerslagintensiteit kritische locaties ontstaan met betrekking tot waterhoogten en stroomsnelheden in relatie met dit ontwerp op hoofdlijnen.*

## 5.4 BERGINGSOPGAVE

In de landschapszone zijn verschillende waardevolle archeologische gebieden aangewezen die behouden moeten blijven. De ruimte rondom deze archeologische gebieden zijn beschouwd als beschikbaar voor waterberging, de archeologische vindplaatsen zijn, op retentiezone F na, buiten beschouwing gelaten.

In overleg met de gemeente Almere is besloten om voor retentiezone F de archeologische vindplaatsen wel in te zetten voor waterberging om zo speelruimte te houden in het creëren van hoogteverschillen in de retentiezone. Uit archeologisch onderzoek is gebleken dat de vindplaatsen hier voldoende diep zijn gelegen om waterberging toe te staan.

In bijlage 1 en 2 zijn de bruto oppervlakken voor berging aangewezen.

Op basis van het afvoerend oppervlak en de beschikbare bruto oppervlakken van de retentiezones (tabel 3 en 4) zijn retentieberekeningen uitgevoerd. In de berekeningen zijn de benodigde m<sup>3</sup> aan berging bepaald met een benodigd oppervlak voor retentie en bijbehorende peilstijging.

In bijlage 3 zijn de bergingsberekeningen weergegeven voor de buien T=1, T=2, T=5, T=10, T=25 en T=100. Aanvullend is de Westlandbui conform het Waterschap Zuiderzeeland ingevoerd met een intensiteit van 98 mm in 24 uur.

### Resultaat

De berekende peilstijging vanaf de bodem van de retentie blijft ten tijde van de Westlandbui overal onder het ontworpen wegniveau. Dit betekent dat binnen de aangewezen ruimtes voor retentie voldoende capaciteit voor waterberging is. In tabel 6 zijn de resultaten van de Westlandbui samengevat weergegeven met vervolgens een toelichting op de ruimtelijke mogelijkheden ten aanzien van de verkregen resultaten.

Gehanteerde uitgangspunten bij de bergingsberekeningen zijn:

- Verdampingsfactor van 1 mm over het verhard oppervlak (plasmvorming op dak, terrein en weg).
- 10% klimaatscenario.
- Toegestane geknepen afvoer 1,5 l/s/ha over het bruto oppervlak.
- Er is geen sprake van kwelaanvoer richting de 'ondiepe' retentiezones.
- Belastingen aan afvoerend oppervlak conform tabel 3 en 4.
- Berging vooraf in wadi's is opgenomen conform dimensionering tabel 5.
- Infiltratiecapaciteit wadi's en retentiezones zijn niet opgenomen in de berekening:
  - De wadi voert via de drain af naar retentie, wegzijging naar ondergrond is verwaarloosbaar.
  - Infiltratie retentietone is in de praktijk wel van toepassing, voor de theoretische berekening is gerekend met alleen een gecontroleerde toegestane vertraagde afvoer.

Retentie	Benodigd retentie opp.	Peilstijging bij Westlandbui	Benodigde berging	Bodempeil retentietone	Bodempeil stroomgeul
A	4.768 m <sup>2</sup> (25% van bruto opp)	0,57 m	2.700 m <sup>3</sup>	NAP -3,50	NAP -3,80
B	2.755 m <sup>2</sup> (50% van bruto opp)	0,44 m	1.216 m <sup>3</sup>	NAP -3,40	NAP -3,80
C	18.373 m <sup>2</sup> (75% van bruto opp)	0,76 m	13.933 m <sup>3</sup>	NAP -3,60	Geen
D/E	22.159 m <sup>2</sup> (90% van bruto opp)	0,70 m	15.521 m <sup>3</sup>	NAP -3,65	Geen
F	37.430 m <sup>2</sup> (58% van bruto opp)	0,79 m	29.740 m <sup>3</sup>	NAP -3,60	NAP -3,80
F1	7.605 m <sup>2</sup> (90% van bruto opp)	0,80 m	6.212 m <sup>3</sup>	NAP -3,60	Geen
G	24.621 m <sup>2</sup> (50% van bruto opp)	0,57 m	14.136 m <sup>3</sup>	NAP -3,50	NAP -3,80

Tabel 6 Resultaten bergingsberekeningen samengevat

De berekende peilstijging bij een beschikbaar percentage aan ruimte voor berging bepaalt de benodigde diepteligging van de retentietone. Om meerdere malen in een jaar water in de retentietone te zien is als uitgangspunt gehanteerd dat bij een Westlandbui circa 50 cm peilstijging moet ontstaan. Dit levert voor de retenties A, B en G een benodigde ruimte van 25% tot 50 % ten opzichte van het bruto beschikbaar oppervlak.

Naast een minimale peilstijging moet ook rekening worden gehouden met een maximale peilstijging ten tijde van de maatgevende Westlandbui. Het toestaan van een peilstijging > 80 cm heeft een ontoelaatbare ontgravingsdiepte tot gevolg in relatie met kwel. Of het resulteert in een ontoelaatbaar benodigde ophoging van de wegen in relatie met het realiseren van een bovengrondse afvoer.

Met de maximale peilstijging van 80 cm valt uit tabel 6 af te leiden dat de drie retentiezones C, D/E en F1 zwaar worden belast. De peilstijging is 70 tot 80 cm en de benodigde ruimte is 75 tot 90% van de bruto beschikbare ruimte. Voor deze retentiezones is in de stedenbouwkundige visie echter geen rekening gehouden met hoogteverschillen in de retentiezones waardoor het benodigd oppervlak eenvoudig realiseerbaar lijkt. Voor Retentie F geldt eveneens een peilstijging van 80 cm maar door het benutten van de archeologische vindplaatsen zoals afgesproken is maar 59% van het bruto retentieoppervlak nodig.

Door de wisselende bodempeilen ontstaan verschillen in ontwateringsdiepten (0,20 tot 0,40 m) waardoor variatie in vegetatietypen kunnen ontstaan. In de retentiezones A, B, F en G is verder een stroomgeul aanwezig. Deze vormt het laagste deel in de retentie en zal door zijn ligging net boven de optredende grondwaterstanden het hele jaar nat zijn en begroeid met natte vegetatie. De stroomgeul slingert door de retentietoneel, is bij neerslag als eerste gevuld en raakt als laatste leeg via een vertraagde afvoerconstructie na afloop van een regenbui (zie paragraaf 5.4.1).

Het percentage aan retentieoppervlak dat niet nodig is voor berging mag hoger dan het aangegeven bodemniveau worden aangelegd. Dit oppervlak doet mee in berging zodra het maaiveldniveau onder het maximaal waterniveau komt te liggen. Hierdoor kan de peilstijging verder afnemen dan hier berekend.

Overige aspecten die de peilstijging in de praktijk verder doen afnemen:

- Infiltratie / bergingscapaciteit in de ondergrond van de wadi en retentietoneel.
- Op meer locaties dan retentie F boven de archeologisch vindplaats waterberging toestaan<sup>9</sup>.
- Inhoud van taluds naar de openbare wegen en ophoging in de retentiezones.
- Minder afvoerend oppervlak dan in theorie (zie paragraaf 3.5.2) is aangenomen.

Met bovengenoemde veiligheidsmarges is de kans op een grotere peilstijging niet groot. Wel is het aspect bodemdaling (zie paragraaf 5.2) een aandachtspunt voor het behouden van de bergingscapaciteit en het goed functioneren.

De berekeningsresultaten in bijlage 3 geven tot slot de peilstijgingen aan bij de kleinere niet maatgevende neerslagsituaties. Het geeft een goed beeld dat de retentiezones over het overgrote deel van het jaar slechts ten dele gevuld raken. Qua beeldvorming moet hier dan ook rekening mee worden gehouden.

#### 5.4.1 VERTRAAGDE AFVOER

Om langdurig volstaande retentiezones te voorkomen door een beperkte infiltratie naar de ondergrond is een afvoer naar de afvoersloot nodig. Dit kan in de vorm van een stuw met een doorlaat (knijpstuw). De stuw houdt het regenwater vast zodat afwenteling van afvoerpieken wordt voorkomen. De doorlaat zorgt voor de toegestane vertraagde afvoer van 1,5 l/sec/ha. In bijlage 2 zijn de locaties van de benodigde stuwconstructies aangegeven. De toegestane vertraagde afvoer door de doorlaat is per retentietoneel berekend en in onderstaande opsomming weergegeven.

- |                |             |
|----------------|-------------|
| ▪ Retentie A   | 6,25 l/sec  |
| ▪ Retentie B   | 2,56 l/sec  |
| ▪ Retentie C   | 29,24 l/sec |
| ▪ Retentie D/E | 34,18 l/sec |
| ▪ Retentie F   | 63,41 l/sec |
| ▪ Retentie F1  | 13,27 l/sec |
| ▪ Retentie G   | 30,00 l/sec |

<sup>9</sup> De vindplaatsen zijn vaak diep onder maaiveld gelegen (> 2,5m-maaiveld) waardoor ontgraving voor waterberging boven de vindplaats is toegestaan (zie rapport Tauw 'Inpassing Archeologische Waarden' van april 2011).

In de nadere uitwerking per fase zal de stuwconstructie in detail moeten worden ontworpen. Belangrijk ontwerppunt is dat de doorlaat moet blijven functioneren, een vuilrooster voor de doorlaat om verstopping door vuil te voorkomen wordt hier aanbevolen.

#### 5.4.2 DUIKERS

In het ontwerp in bijlage 2 zijn alleen duikers ter plaatse van kruisingen met wegen aangegeven. Kruisingen met fietspaden zijn niet opgenomen omdat de ligging (locatie en hoogteligging) niet vast ligt. In het ontwerp is overal een diameter van Ø 600 mm aangehouden. Bij een duiker van Ø 600 is er te allen tijde sprake van vrije afvoer vanuit de dijksloot. Er is geen sprake van een opstuwings door de duikers veroorzaakt ten tijde van neerslag. Ook zijn de duikers goed bereikbaar voor beheer en onderhoud.

# Bijlage 1

# Afwateringstructuur



## Bijlage 2

# Ontwerp op hoofdlijnen

## Bijlage 3

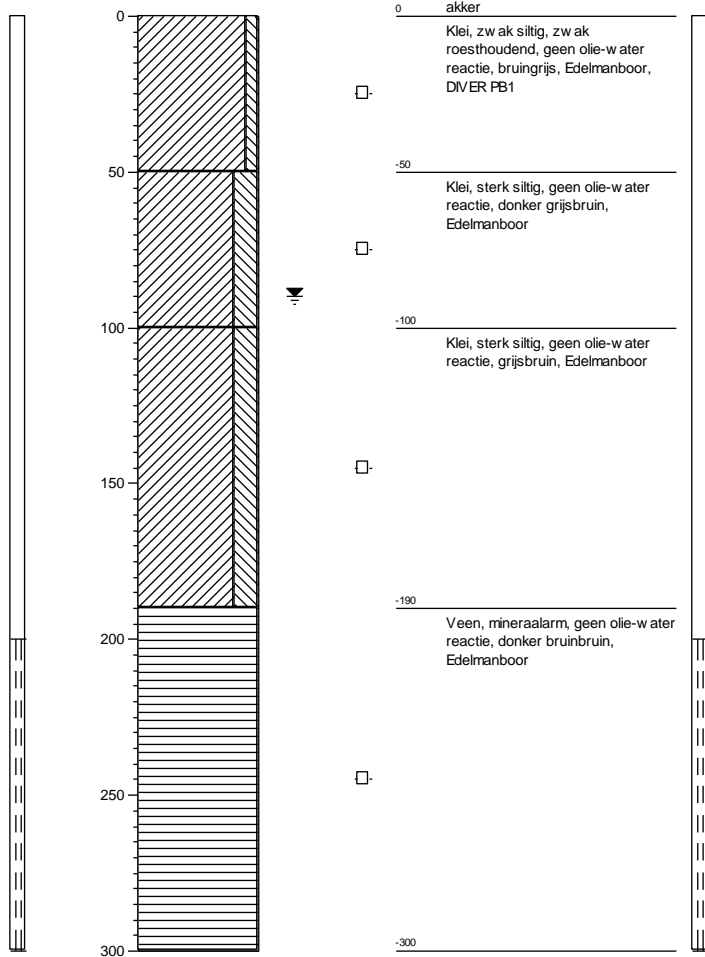
# Bergingsberekeningen

## Bijlage 4

# Boorprofielen

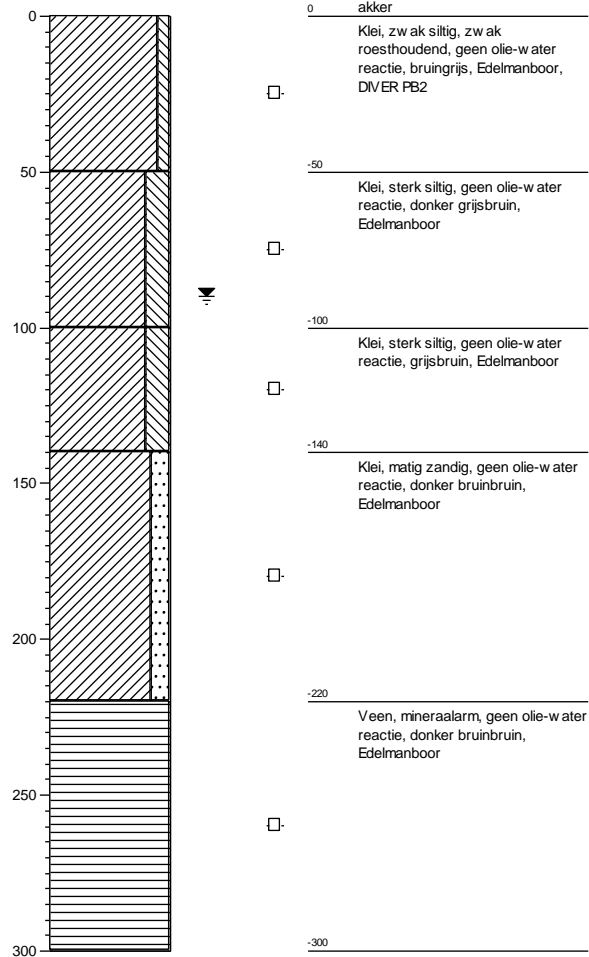
## Boring: 01

X:  
Y:  
Datum: 26-10-2012  
GWS: 90  
GHG:  
GLG:  
Referentiepvlak: 0



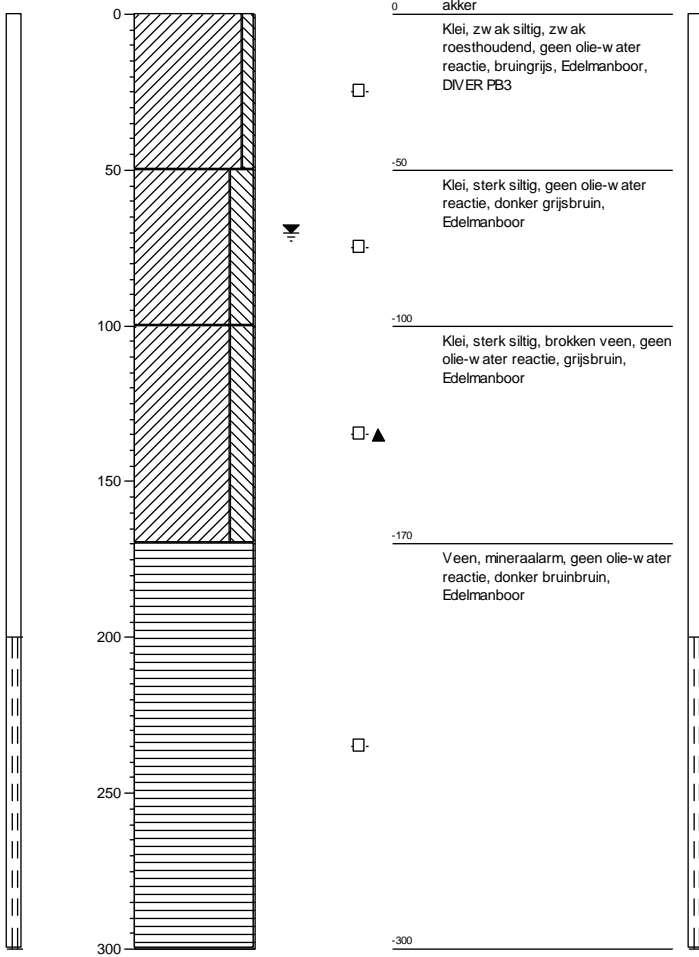
## Boring: 02

X:  
Y:  
Datum: 26-10-2012  
GWS: 90  
GHG:  
GLG:  
Referentiepvlak: 0



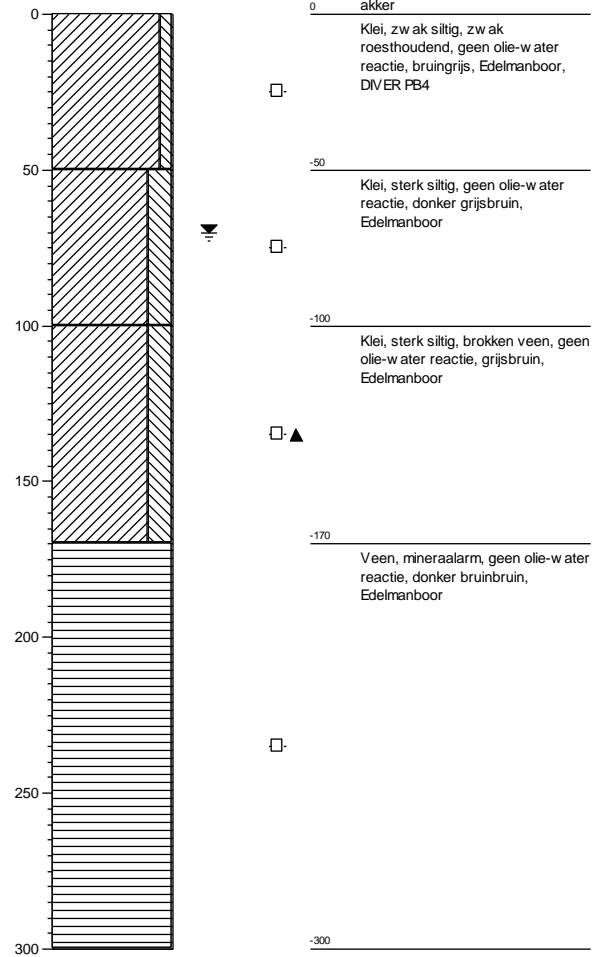
### Boring: 03

X:  
Y:  
Datum: 26-10-2012  
GWS: 70  
GHG:  
GLG:  
Referentievlak: 3



### Boring: 04

X:  
Y:  
Datum: 26-10-2012  
GWS: 70  
GHG:  
GLG:  
Referentievlak: 4



# Colofon

## WATERSTRUCTUURPLAN BEDRIJVENTERREIN STICHTSEKANT TE ALMERE

### **OPDRACHTGEVER:**

Gemeente Almere

### **STATUS:**

EindDefinitief

### **AUTEUR:**

ing. R.C. Kloosterman  
Jeroen Helder

### **GECONTROLEERD DOOR:**

Bram van Mol

### **VRIJGEGEVEN DOOR:**

Derjan Welleweerd

22 februari 2013

076640928:0.18

ARCADIS NEDERLAND BV  
Het Rietveld 59a  
Postbus 673  
7300 AR Apeldoorn  
Tel 055 5815 999  
Fax 055 5815 599  
[www.arcadis.nl](http://www.arcadis.nl)  
Handelsregister 9036504