

**WATERHUISHOUDKUNDIGPLAN RBT  
WERKENDAM**

GEMEENTE WERKENDAM

27 mei 2014  
077677631:B - Definitief  
B02023.000117.1000





# Inhoud

<b>1</b>	<b>Aanleiding en doel .....</b>	<b>3</b>
1.1	Aanleiding .....	3
1.2	Doel.....	3
1.3	Leeswijzer .....	5
<b>2</b>	<b>Huidige situatie.....</b>	<b>7</b>
2.1	Algemeen.....	7
2.2	Bodem .....	7
2.3	Waterhuishouding.....	10
2.4	Waterkwaliteit en ecologie .....	12
2.5	Waterkeringen.....	13
<b>3</b>	<b>Uitgangspunten en ontwerpcriteria.....</b>	<b>15</b>
3.1	Uitgangspunten vanuit huidige situatie.....	15
3.2	Uitgangspunten vanuit beleid .....	15
3.3	Uitgangspunten vanuit ontwerp .....	16
3.4	Overige uitgangspunten .....	17
<b>4</b>	<b>Toekomstig watersysteem.....</b>	<b>19</b>
4.1	Veranderingen ten opzichte van de bestaande situatie .....	19
4.2	Riolering op hoofdlijnen .....	20
4.2.1	Verhard oppervlak .....	20
4.2.2	Regenwaterriolering.....	21
4.2.3	Vuilwaterriolering .....	21
4.3	Waterberging en retentie .....	23
4.4	Ontwatering en peilbeheer .....	24
4.4.1	Peilbeheer.....	24
4.4.2	Ontwatering.....	25
4.5	Hydrologische en hydraulische berekeningen .....	26
4.6	Kwelberekeningen.....	32
4.7	Opbarstrisico .....	34
4.8	Natuurvriendelijke oevers en kreekherstel .....	36
4.8.1	Kreekherstel.....	36
4.8.2	Natuurvriendelijke oevers .....	38
4.9	Beheer en Onderhoud .....	38
<b>Bijlage 1</b>	<b>Ontwerp tekening RBT Werkendam en Kreekherstel .....</b>	<b>41</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>Rioleringsplan .....</b>	<b>43</b>
<b>Bijlage 3</b>	<b>Berekening waterberging rekensheet waterschap Rivierenland.....</b>	<b>45</b>
<b>Bijlage 4</b>	<b>Uitgangspunten en aanpassingen Sobek-model .....</b>	<b>47</b>

<b>Bijlage 5</b>	<b>Profielen watergangen .....</b>	<b>51</b>
<b>Bijlage 6</b>	<b>Gebruikte waternormalen Werkendam .....</b>	<b>55</b>
<b>Bijlage 7</b>	<b>Opbarstberekeningen.....</b>	<b>59</b>
<b>Colofon.....</b>		<b>61</b>

# 1 Aanleiding en doel

## 1.1 AANLEIDING

De gemeenten Werkendam, Woudrichem en Aalburg zijn voornemens een Regionaal Bedrijventerrein (RBT) te ontwikkelen. De locatie voor het RBT ligt ten zuiden van het bestaande bedrijventerrein 'Bruine Kilhaven' (Fase I tot en met V) en de kern Werkendam en beslaat circa 45 ha bruto. Het terrein zal gefaseerd worden ontwikkeld, waarbij de eerste fase circa 20 hectare zal beslaan. Het terrein ligt in de directe nabijheid van Natura 2000 gebied de Biesbosch in de Oostwaard.

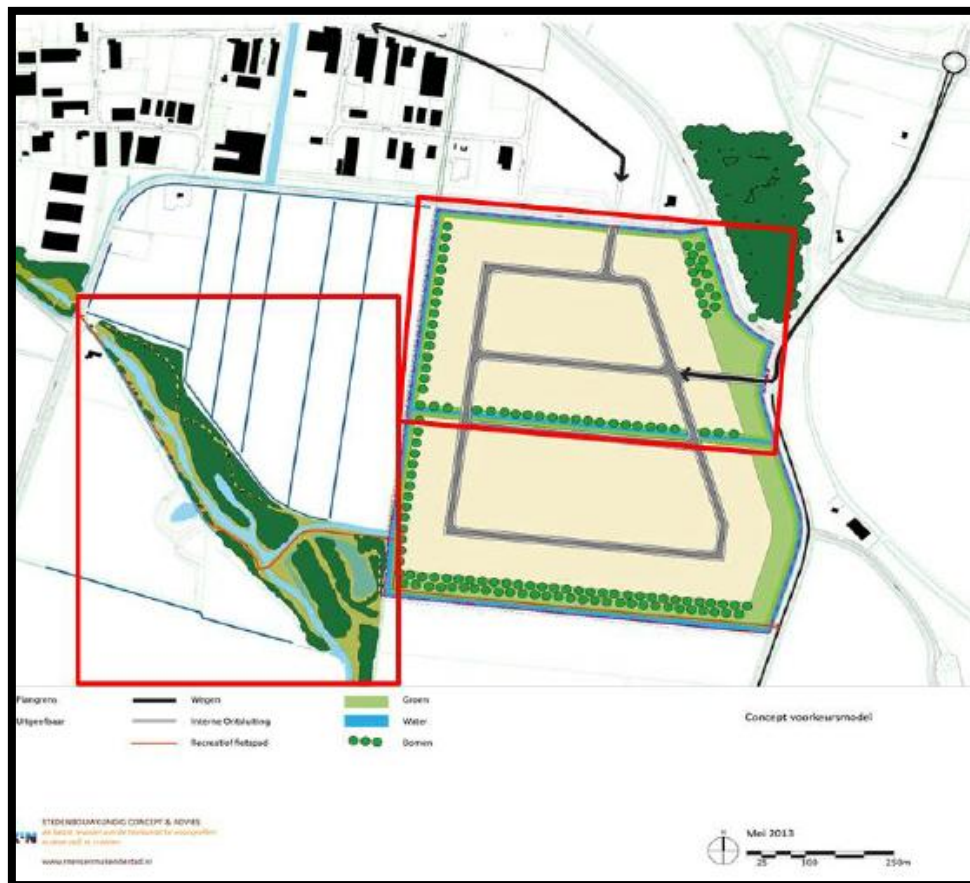
Voor fase 1 van het RBT is een bestemmingsplan opgesteld tezamen met een stedenbouwkundig plan voor fase 1 en 2. Onderdeel van het bestemmingsplan is de waterparagraaf. Door het Waterschap Rivierenland is gesteld dat het opstellen van een compleet waterhuishoudkundig plan wenselijk is. Dit waterhuishoudkundig plan omvat de uitwerking van het toekomstig watersysteem in overeenstemming met het stedenbouwkundig ontwerp. Voorliggend waterhuishoudkundig plan vormt de basis voor de waterparagraaf in het bestemmingsplan en voor de benodigde watervergunning. Het waterhuishoudkundig plan is als bijlage bij het bestemmingsplan gevoegd.

## 1.2 DOEL

De voorgenomen activiteit betreft het ontwikkelen van het plangebied tot een Regionaal Bedrijventerrein (RBT). Op voorhand zijn alle categorieën en type bedrijvigheid mogelijk en biedt het bedrijventerrein in principe ruimte voor bedrijven met een kaveloppervlakte groter dan 5000 m<sup>2</sup>. De ontwikkeling van het bedrijventerrein bestaat uit een aantal onderdelen, zie figuur 1:

- Het RBT zelf (45 ha bruto): fase 1, voorzien van 2014 tot 2024. Fase 2 is voorzien voor de periode van 2024 tot 2034. Het bestemmingsplan heeft enkel betrekking op fase 1 (rood kader).
- De opwaardering van de Grote Waardweg. Dit is de belangrijkste ontsluitingsroute van het RBT.
- Kreekherstel gecombineerd met waterberging (voor zover gelegen binnen het rode kader).

Het doel van deze rapportage is het beschrijven en onderbouwen van de waterhuishoudkundige situatie en uitgangspunten van het toekomstig Regionaal Bedrijventerrein (RBT). Hiervoor wordt gebruik gemaakt van verschillende reeds uitgevoerde studies en worden leemtes ingevuld met nadere analyses en berekeningen.



Afbeelding 1: Nieuwe inrichting van het RBT.

Voor wat betreft de bestaande studies gaat het met name om het rapport “Kreekherstel en waterberging” (ARCADIS, 7 januari 2013, 076658981:0.21). In december 2010 en januari 2011 is een wateratelier georganiseerd met betrekking tot het RBT waaraan het Waterschap Rivierenland en gemeente Werkendam hebben deelgenomen. De uitkomst hiervan was dat er mogelijkheden zijn om de waterberging te combineren met de realisatie van kreekherstel in de Bruine Kil, waarbij de opgaves van waterschap en gemeente worden ingevuld. In de rapportage “Kreekherstel en waterberging” is deze combinatie verder uitgewerkt. Hierbij wordt een deel van de waterbergingsopgave ingevuld door watergangen op het bedrijventerrein en een deel door kreekherstel en ecologische inrichting van de Bruine Kil. Uiteindelijk is een geoptimaliseerde combinatie van waterberging en kreekherstel als voorkeursvariant opgenomen in het bestemmingsplan. Deze voorkeursvariant gaat er vanuit dat er 50% (ongeveer 2,5 ha) aan open water in het RBT wordt gecompenseerd en 50% (ongeveer 2,5 ha) in de Bruine Kil.

In dit waterhuishoudkundig plan wordt de waterberging verder uitgewerkt ten behoeve van het bestemmingsplan op basis van het stedenbouwkundig plan. Hierbij worden (geo)hydrologische en hydraulische berekeningen uitgevoerd. Ook worden de invloed en effecten van het toekomstige watersysteem op de omgeving in beeld gebracht.

### 1.3 LEESWIJZER

Het Waterhuishoudkundig plan bestaat uit de volgende onderdelen:

- Huidige situatie: waterhuishouding en geohydrologie.
- Uitgangspunten voor het ontwerp en het waterhuishoudkundig plan.
- Ontwerp van de toekomstige waterhuishouding, in samenhang met de invloed en effecten op de omgeving.

Hoofdstuk 2 gaat in op de huidige situatie. Hierbij worden de gegevens van het geohydrologische onderzoek en het milieukundig bodemonderzoek gebruikt om de ondiepe en diepe bodemopbouw in beeld te brengen. Ook de grondwaterstanden, waterkwaliteit, kunstwerken, peilbeheer en andere aspecten van het watersysteem komen aan bod. Hoofdstuk 3 bevat een opsomming van alle uitgangspunten en randvoorwaarden die van belang zijn voor het toekomstig watersysteem van het RBT. Deze uitgangspunten zijn afgestemd met de gemeente Werkendam en waterschap Rivierenland. Hoofdstuk 4 beschrijft de uitwerking van het toekomstig watersysteem en de effecten op de omgeving. Aspecten die hierin aan bod komen zijn: kwel, ontwatering, opbarstrisico's, peilbeheer, waterberging, watergangen en waterkeringen. In dit hoofdstuk zijn ook de resultaten van de SOBEK-modellering opgenomen.





# 2

## Huidige situatie

Dit hoofdstuk gaat in op de huidige situatie. Hierbij worden de gegevens van het geohydrologische onderzoek en het milieukundig bodemonderzoek gebruikt om de ondiepe en diepe bodemopbouw in beeld te brengen. Ook de grondwaterstanden, waterkwaliteit, kunstwerken, peilbeheer en andere aspecten van het watersysteem komen aan bod.

### 2.1 ALGEMEEN

De locatie voor het RBT is opgenomen in de Structuurvisie Plus Land van Heusden en Altena uit 2004 en de Verordening Ruimte van de Provincie Noord-Brabant. Het terrein ligt ten zuiden van het bestaande bedrijventerrein 'Bruine Kilhaven' (fase I tot en met V) en de kern Werkendam in de gemeente Werkendam en beslaat in totaal ongeveer 45 hectare bruto. Het terrein is vrijwel volledig in agrarisch gebruik en is grotendeels onverhard. Er is geen riolering aanwezig in het gebied. De bestaande bebouwing lost vermoedelijk op een Septic-tank. Zoals beschreven in hoofdstuk 1 zal het terrein gefaseerd worden ontwikkeld. Het terrein ligt in de directe nabijheid van Natura 2000 gebied de Biesbosch.

De Bruine Kil is een oude Biesboschkreek, welke gevoed wordt door kwel en water afkomstig van de landbouw in het omliggende gebied. Daarnaast vindt er ook afstroming plaats van regenwater van de verharde terreinen van het bestaande bedrijventerrein. De percelen die beschikbaar zijn voor kreekherstel en waterberging, zijn in eigendom van de gemeente Werkendam en Staatsbosbeheer. Op deze percelen is bos aanwezig met voornamelijk wilgen en populier. In de rest van het gebied zijn boomgaarden en landbouwgronden aanwezig.

De Grote Waardweg loopt van noord naar zuid en kruist de Bakkerskil en de huidige regionale waterkering. De Bakkerskil is net als de Bruine Kil een oude Biesboschkreek.

### 2.2 BODEM

#### *Diepe bodemopbouw*

In Tabel 1 is de diepe bodemopbouw van het plangebied weergegeven. Aan de hand van de isohypsenkaart kan geconcludeerd worden dat de regionale grondwaterstroming globaal van zuidoost naar noordwest verloopt.

Globale diepte (m-mv)	Geohydrologische eenheid	Lithostratische	
Eenheid	Algemene samenstelling		
0-12	Deklaag	Holoceen	
12-37	1e watervoerend pakket	Formatie van Sterksel	Zand, matig grof tot uiterst grof
37-58	1e scheidende laag	Formatie van Stramproy	Zand, uiterst fijn tot zeer grof
58-61	2e watervoerend pakket	Formatie van Stramproy	Zand, uiterst fijn tot zeer grof
61-70	2e scheidende laag	Formatie van Waalre	Klei, sterk zandig tot zwak siltig Zand, uiterst fijn tot uiterst grof
70-85	3e watervoerend pakket	Formatie van Waalre	Klei, sterk zandig tot zwak siltig Zand, uiterst fijn tot uiterst grof
85-122	3e scheidende laag	Formatie van Peize	Zand, matig grof tot uiterst grof
122-183	4e watervoerend pakket	Formatie van Maassluis	Zand, uiterst fijn tot matig fijn Klei, vaak siltig en zandig

Tabel 1 Geohydrologische bodemopbouw.

**Ondiepe bodemopbouw**

Op de bodemkaart van Nederland is het gehele gebied aangewezen als Kalkrijke poldervaaggrond, bestaande uit zware zavel. De Biesbosch, met inbegrip van de kreken zoals de binnen dit project vallende Bruine Kil, zijn door de provincie Noord-Brabant aangewezen als aardkundig waardevol gebied.

Op de percelen van het RBT is een geotechnisch onderzoek uitgevoerd (Geotechnisch onderzoek RBT, ADCIM, G2012047-rap-01, 5 november 2012). Verdeeld over het bedrijventerrein en langs de Grote Waardweg zijn 18 sonderingen uitgevoerd. Deze zijn gemaakt met een elektrische conus conform NEN 5140 en met wrijvingsgetal. Op basis van het verrichte onderzoek is voor het bodemprofiel de volgende maatgevende opbouw aangehouden.

Diepte in m t.o.v. NAP	Omschrijving
Vanaf mv tot 0,2 m + NAP	Klei zwak siltig
0,2 m + NAP tot 0,7 m - NAP	Klei zandhoudend
0,7 m – NAP tot 2,5 m – NAP	Zand zwak siltig
2,5 m – NAP tot 4,4 m - NAP	Veen
4,4 m - NAP tot 5,3 m – NAP	Klei humeus
5,3 m – NAP tot 9,0 m – NAP	Klei zwak siltig
9,0 m – NAP tot 9,5 m - NAP	Veen (basis)
Vanaf 9,5 m -	Zand (Pleistoceen)

Tabel 2: Ondiepe bodemopbouw op basis van geotechnisch onderzoek

Samenvattend is gesteld dat er eerst een toplaag van 1,0 à 1,5 m klei aanwezig is, met daaronder een weinig vaste zandlaag gevonden. Vervolgens wordt tot 4,5 m – NAP een veenpakket aangetoond. Hierna is weer een zandhoudende kleilaag gemeten. Tenslotte worden tot de maximaal onderzochte diepte matig vaste tot zeer vaste zandafzettingen geregistreerd met een conusweerstand van 4 tot 18 MPa. De bodemopbouw varieert dus uit klei-, veen- en zandlagen.

Midden door het gebied van het beoogde regionale bedrijventerrein ligt volgens bestaande kaarten een zandbaan in de ondiepe ondergrond. Deze zandbaan is een stroomrug van oude krekken waarbij een meer zandige ondergrond is ontstaan. Doordat deze zandbanen beter doorlatend zijn dan de omliggende klei- en zavelgrond, kan hier lokaal meer kwel optreden. Tijdens het onderzoek is geen duidelijke zandbaan aangetroffen, wel is in bijna het gehele gebied een zandlaag aangetroffen op 0,7 – 2,5 m-NAP. Een specifieke zandbaan is dus niet aanwezig, maar is sprake van een meer diffuse en verspreide zandlaag. In hoofdstuk 4 wordt deze geschematiseerde bodemopbouw gebruikt voor de kwelberekeningen.

In de bodem zijn klei en plaatselijk veenlagen aanwezig. De aanwezigheid van klei en met name veen kan leiden tot zettingen. Zetting is het proces waarbij de grond onder invloed van belasting wordt samengedrukt. In het geotechnisch onderzoek (ADCIM, 5 november 2012) zijn zettingsberekeningen opgenomen en maatregelen zoals voorbelasting beschreven. . Uit de boorbeschrijvingen uitgevoerd in het kader van het verkennend bodemonderzoek (VBO, Grote Waardweg 5 te Werkendam, Agel, 28 april 2010) blijkt dat de gegevens uit de boringen overeen komen met de gegevens uit de sonderingen.

Ter plaatse van het bos bestaat de bodem eveneens uit een zandige kleilaag met daaronder een tamelijk abrupte overgang naar grijs fijn zand. Ter plaatse van het noordoostelijk deel van het bos is er duidelijk sprake van zware klei, die minder humeus is.

### **Bodemkwaliteit**

In opdracht van de gemeente Werkendam is een historisch, verkennend en nader (water)bodemonderzoek uitgevoerd ter plaatse van het RBT-terrein. De weilanden binnen de onderzoekslocaties zijn voor zover bekend altijd in gebruik geweest als landbouw en graslanden. Deze percelen zaten tot omstreeks 1970 precies ingesloten tussen de krekken Bruine Kil en Bakkerskil. In het verleden heeft op de locatie ruilverkaveling plaatsgevonden waarbij diverse sloten op de locatie zijn gedempt. Op een locatie van het voormalige kreek-haventje is een bodemverontreiniging aangetroffen. De milieuhygiënische kwaliteit ter plaatse van de deellocaties akker, bestaande watergangen, toekomstige sloten, gedempte sloten (gedeeltelijk) en erf (gedeeltelijk) is middels onderhavig onderzoek voldoende vastgesteld en vormt deze deellocaties geen beletsel voor de voorgenomen inrichting (VBO, Grote Waardweg 5 te Werkendam, Agel, 28 april 2010).

Op basis van het uitgevoerde waterbodemonderzoek wordt geconcludeerd dat er geen waterbodemonverontreinigingen zijn aangetroffen in de bestaande watergangen langs de Grotewaardweg en de Krouwerskade (Waterbodemonderzoek RBT, AT-Kb, 17 juli 2012).

In verband met het beoogde kreekherstel en waterberging is een indicatief onderzoek uitgevoerd naar de bodemkwaliteit ter plaatse. De onderzochte percelen zijn gelegen tussen de Dertienmorgen en de inlaat (Steurgat) aan de Middelwaard. De conclusies van dit onderzoek staan beschreven in een memo van de gemeente Werkendam met onderwerp: mogelijkheden grondverzet/grondbalans Kreekherstel RBT-terrein, Draepkilweg te Werkendam. Op basis van het uitgevoerde indicatieve onderzoek kan samenvattend worden geconcludeerd dat bij het merendeel van de onderzochte percelen verontreinigingen zijn aangetroffen. De verontreinigingen variëren van licht verontreinigd tot sterk verontreinigd, wat betekent dat een groot gedeelte van de grond die vrijkomt als gevolg van de uitvoering van het kreekherstel elders niet toepasbaar is (Memo mogelijkheden grondverzet/grondbalans Kreekherstel RBT-terrein Draepkilweg te Werkendam, gemeente Werkendam, 6 juli 2012).

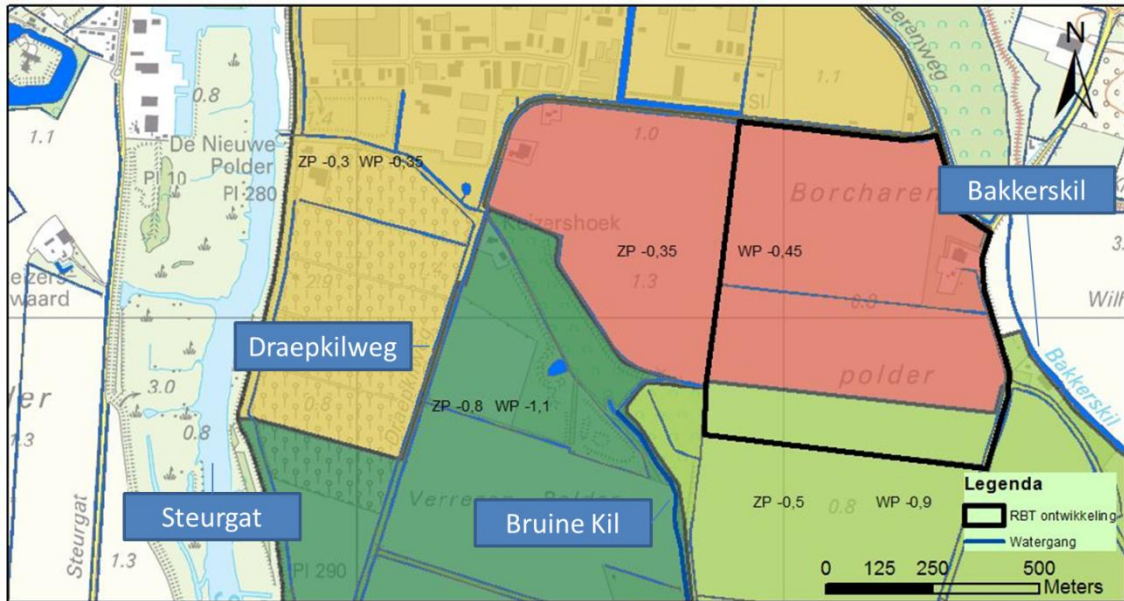
## 2.3 WATERHUISSHOUING

### *Oppervlaktewater*

Het oppervlaktewatersysteem van de polder bestaat uit een netwerk van sloten en greppels en enkele oude kreekrestanten, waaronder de Bruine Kil en de Bakkerskil. In de Bruine Kil kan water ingelaten worden vanuit het Steurgat (zie figuur 2). Dit water wordt ingelaten voor de landbouw en om de watergangen op peil te houden. Via een watergang langs de Draepkilweg en via de zuidzijde langs het bestaande bedrijventerrein, wordt het ingelaten water naar de Bruine Kil geleid. In het verleden kon wateroverlast optreden in de watergangen vanaf de inlaat, wanneer de inlaat open stond in combinatie met veel neerslag. De inlaat is inmiddels geautomatiseerd als maatregel uit het waterplan, om wateroverlast te voorkomen (bij de combinatie veel neerslag met open staan van de inlaat). Dit knelpunt is met het automatiseren van de inlaat opgelost.

Voeding van de Bruine Kil vindt plaats vanuit het landbouwgebied, door kwel en door hemelwater afkomstig van het bestaande bedrijventerrein. Het bestaande bedrijventerrein Bruine Kilhaven is voorzien van een verbeterd gescheiden rioolstelsel.

Ten behoeve van het agrarisch gebruik van de polders wordt door het waterschap actief peilbeheer toegepast. Het waterschap hanteert zomer- en winterpeilen (zie figuur 2). In de winter worden de peilen laag gehouden om wateroverlast te voorkomen. In de zomer worden de peilen door inlaat van water juist verhoogd om de watervoorziening voor de landbouwgewassen te kunnen garanderen. Het RBT-terrein en de Bruine Kil maken onderdeel uit van het peilbesluit Alm en Biesbosch. Het peilbesluit is vastgesteld in 2010.



Figuur 1 Zomerpeilen (ZP) en winterpeilen (WP) in en rondom het RBT terrein, waarden zijn in m t.o.v. NAP.

Het peil in de zuidelijke percelen van Staatsbosbeheer ter plaatse van de Bruine Kil (ten oosten Draepkilweg) ligt grotendeels in het peilgebied van de gehele Bruine Kil met een winterpeil van 1,1 m-NAP en een zomerpeil van -0,8 m NAP. Een klein deel ligt in een ander peilgebied met een winterpeil van -0,9 m NAP en een zomerpeil van -0,5 m NAP.

Het huidige bedrijventerrein ligt in een peilgebied met een winterpeil van -0,35 m NAP en een zomerpeil van -0,30 m NAP. Dit is het peilvak waar ook het water vanuit het Steurgat wordt ingelaten. Het toekomstige RBT is geprojecteerd in een peilvak met een winterpeil van -0,45 m NAP en een zomerpeil van -0,35 m NAP en voor een klein deel in het peilvak met een zomerpeil van -0,5 m NAP en een winterpeil van -0,9 m NAP. In de watergang die aan de westzijde van het toekomstig RBT-terrein ligt, staan 2 stuwen die de peilen regelen.

Over het algemeen is de stroomsnelheid zeer laag, zodat van zwak stromend tot stagnant water sprake is. In de kreek zelf zijn geen stuwen aanwezig. Peilgebieden worden gehandhaafd door stuwen in zijwatergangen. Voor zover bekend zijn er nu geen problemen bij de wateraanvoer of waterafvoer.

In de autonome ontwikkeling ligt er voor het waterschap en de Provincie een doelstelling voor de realisatie van kreekherstel in het kader van de KRW-opgave. Door de uitvoering van het kreekherstel ontstaat een natuurlijker watersysteem en wordt invulling gegeven aan de beleidsopgave vasthouden, bergen en afvoeren.

#### **Grondwater**

Het grondwater in het freatische pakket (deklaag) wordt beïnvloed door diepe ontwatering in slotenstelsels en drainage in het landbouwgebied. Ter plaatse van het RBT varieert de grondwatertrap tussen IV en VII (zie Tabel 1). Bij grondwatertrap VI, IV en VII ligt de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand op meer dan 40 cm beneden het maaiveld. Dit duidt op een relatief grote ontwatering door drainage en de aanwezige beheerste oppervlaktewaterpeilen in de sloten.

Ten behoeve van het peilbesluit (november 2010) is voor het gebied een GGOR-studie (Gewenst Grond- en Oppervlaktewater Regime) uitgevoerd. In deze studie zijn de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand

(GHG) en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) bepaald. De GHG ligt nabij de Bakkerskil op 25 tot 100 cm beneden maaiveld. Deze hoogte is met name afhankelijk van het oppervlaktewaterpeil in de Bakkerskil en de maaiveldhoogte. Vanwege het lagere peil in de Bruine Kil ligt de GHG hier op 50 tot 150 cm beneden maaiveld. De GLG varieert tussen de 100 cm en 200 cm beneden het maaiveld.

In de nabijheid van het plangebied bevindt zich slechts 1 peilbuis (B44E0163) van het TNO-netwerk. In deze buis zijn slechts een beperkt aantal metingen in een niet relevante periode uitgevoerd. Derhalve zijn deze metingen buiten beschouwing gelaten.

Gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG)	-	-	< 40 cm beneden maaiveld	> 40 cm beneden maaiveld	< 40 cm beneden maaiveld	40-80 cm beneden maaiveld	>80 cm beneden maaiveld
gemiddeld laagste grondwaterstand GLG	< 50 cm beneden maaiveld	50-80 cm beneden maaiveld	80-120 cm beneden maaiveld	80-120 cm beneden maaiveld	> 120 cm beneden maaiveld	>120 cm beneden maaiveld	>120 cm beneden maaiveld
Gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG)	-	-	< 40 cm beneden maaiveld	> 40 cm beneden maaiveld	< 40 cm beneden maaiveld	40-80 cm beneden maaiveld	>80 cm beneden maaiveld

Tabel 3 Betekenis grondwatertrappen

In de Bruine Kil is een kwelstroom aanwezig. Dit verklaart ook de bruine kleur van het water en de herkomst van de naam van deze kreek. Het is met name ondiepe kwel, afkomstig vanuit het Steurgat. Het Steurgat heeft een hoger peil van waaruit infiltratie plaatsvindt richting de Bruine Kil.

De zandbaan is in het gebied niet aangetroffen, wel is een zandlaag aangetroffen. Wanneer toekomstige watergangen worden aangelegd tot in deze zandlaag, kan dit zorgen voor een toename van de kwel. In hoofdstuk 4 zijn berekeningen uitgevoerd voor deze eventuele toename van kwel.

## 2.4 WATERKWALITEIT EN ECOLOGIE

Het oppervlaktewater is relatief voedselrijk. De kwel en inlaat van water dragen voor een belangrijk deel bij aan de aanvoer van voedingsstoffen (stikstof en fosfaat) naar het oppervlaktewatersysteem. Ook de landbouw draagt via drainagewater (uitspoelen van voedingsstoffen uit bemesting) bij aan voedselrijkdom van het sloot- en kreekwater. Wat KRW-normen betreft is in enkele gevallen sprake van een lichte overschrijding van de GEP-normen (Goed Ecologisch Potentieel), maar over het algemeen liggen de waarden rond of net onder de norm. Wat betreft prioritair en overige stoffen voldoet koper voor de Bakkerskil en Bruine Kil niet aan de norm. Mogelijk dat inlaten van gebiedsvreemd water samenhangt met de overschrijdingen.

In de Bruine Kil wordt de waterkwaliteit beïnvloed door de aanwezige kwel vanuit het Steurgat. Dit heeft een positief effect op de waterkwaliteit (factsheet KRW, Ontwikkelingsvisie Biesboschkreken). Vanuit het bestaande bedrijventerrein van Werkendam wordt hemelwater afgevoerd naar de Bruine Kil. Dit heeft een negatieve invloed op de waterkwaliteit. De Bruine Kil heeft een tweeledig oeverkarakter. De steile westoever grenst direct aan landbouwgronden, is voedselrijk en wordt intensief begraasd dan wel gemaaid. Dit heeft tot gevolg dat deze oever lage natuurwaarden bezit. Aan de oostzijde is een bredere bufferzone (variërend in breedte) behouden tussen de landbouwgronden en de kreek.

De Bruine Kil is de meest westelijke kil in de Oostwaard en loopt licht slingerend van het Steurgat, bij de polder Krijntjesweide tot aan Werkendam. De oostoever heeft grotendeels een natuurlijk karakter in tegenstelling tot de westoever waar de landbouwgronden grenzen tot aan de oever. Langs de kreek liggen enkele bos- en struweel elementen.

Op de Bruine Kil liggen de volgende doelstellingen:

- Kaderrichtlijn water/Kreekherstel
- Ecologische verbindingzone (EVZ)
- Ecologische Hoofdstructuur (EHS)
- Natura 2000

## 2.5 WATERKERINGEN

Aan de zuidzijde van de Dijkgraaf den Dekkerweg en ten oosten van de Bakkerskil is een waterkering aanwezig inclusief beschermingszone. De Grote Waardweg kruist deze waterkering ter hoogte van de Bakkerskil. In de keur staan geboden voorgeschreven over wat gedaan moet worden om te zorgen dat de watergangen en waterkeringen in stand blijven. In de verboden staan die zaken welke in principe onwenselijk zijn voor de constructie of de functie van watergangen of waterkeringen.





# 3

## Uitgangspunten en ontwerpcriteria

### 3.1 UITGANGSPUNTEN VANUIT HUIDIGE SITUATIE

- Diepe bodemopbouw conform Geotechnisch Onderzoek ( Geotechnisch onderzoek RBT, ADCIM, G2012047-rap-01, 5 november 2012).
- De zandbaan is in het gebied niet aangetroffen, wel is een zandlaag aangetroffen op 0,7 m - tot 2,5 m-NAP.
- De milieuhygiënische kwaliteit ter plaatse van de deellocaties akker, bestaande watergangen, toekomstige sloten, gedempte sloten (gedeeltelijk) en erf (gedeeltelijk) vormt geen beletsel voor de voorgenomen inrichting (VBO, Groote Waardweg 5 te Werkendam, Agel, 28 april 2010).
- Op basis van het uitgevoerde waterbodemonderzoek wordt geconcludeerd dat er geen waterbodemonverontreinigingen zijn aangetroffen in de bestaande watergangen langs de Grotewaardweg en de Krouwerskade (Waterbodemonderzoek RBT, AT-Kb, 17 juli 2012).
- Ter plaatse van de percelen voor kreekherstel zijn verontreinigingen aangetroffen. De verontreinigingen variëren van licht verontreinigd tot sterk verontreinigd, wat betekent dat een groot gedeelte van de grond die vrijkomt als gevolg van de uitvoering van het kreekherstel elders niet toepasbaar is (Memo mogelijkheden grondverzet/grondbalans Kreekherstel RBT-terrein Draepkilweg te Werkendam, gemeente Werkendam, 6 juli 2012).
- De regionale grondwaterstroming in het twee watervoeren pakket loopt globaal van zuidoost naar noordwest. In het eerste watervoerend pakket en deklaag grondwaterstroming vanuit Steurgat, Nieuwe Merwede en Bakkerskil naar poldergebieden en Bruine Kil. Dus met name vanuit noorden en westen richting het plangebied.
- De GHG ligt nabij de Bakkerskil op 25 - 150 cm beneden maaiveld. De GLG varieert tussen de 100 cm en 200 cm beneden het maaiveld, op basis van peilbesluit en GGOR. De GHG zit ter hoogte van RBT op circa 0,2 m-NAP
- Waterinlaat vanuit Steurgat. Het peil in de zuidelijke percelen van Staatsbosbeheer ter plaatse van de Bruine Kil (ten oosten Draepkilweg) heeft een winterpeil van 1,1 m-NAP en een zomerpeil van -0,8 m NAP. Een klein deel ligt in een ander peilgebied met een winterpeil van op -0,9 m NAP en een zomerpeil van -0,5 m NAP. Het huidige bedrijventerrein ligt in een peilgebied met een winterpeil van -0,35 m NAP en een zomerpeil van -0,30 m NAP. Het toekomstige RBT is geprojecteerd in een peilvak met een winterpeil van -0,45 m NAP en een zomerpeil van -0,35 m NAP en voor een klein deel in het peilvak met een zomerpeil van -0,5 m NAP en een winterpeil van -0,9 m NAP. In de watergang die aan de westzijde van het toekomstig RBT-terrein ligt, staan 2 stuwen die de peilen regelen.

### 3.2 UITGANGSPUNTEN VANUIT BELEID

- Voor het RBT is van belang dat conform de KRW tenminste voldaan wordt aan het stand-still principe. Dit houdt in dat een ingreep (uitvoering van het ruimtelijk plan) de toestand van het watersysteem niet mag verslechteren.

- Toepassen van de trits vasthouden-bergen-afvoeren, met als eerste insteek het vasthouden van water. Toepassen van de trits schoon houden - zuiveren - schoon maken, met als eerste insteek het voorkomen van vermenging van schoon hemelwater van dakvlakken en afvalwater. Wateropgave (de benodigde bergingscapaciteit voor het opvangen van pieken in neerslag) bepalen aan de hand van de NBW normen regionale wateroverlast. Voor stedelijk gebied geldt een norm van T=100 (bui die eens in de 100 jaar voorkomt). Voor glastuinbouw geldt een norm van T=50 (bui die eens in de 50 jaar voorkomt). En voor akkerbouw en grasland geldt respectievelijk T=25 en T=10.
- 5,0 m brede beschermingszone aanwezig aan weerszijden langs A-watgangen.
- Kruising waterkering door Grote Waardweg conform regels Keur.
- De maatgevende afvoer door de watgangen is 1,5 l/s/ha. Dit is ook de afvoer die de watgangen in het landelijk gebied nog net aankunnen.
- Bij een regenbui die eenmaal per 100 jaar kan voorkomen met 10% opslag vanwege de klimaatsverandering (T=100+10% volgens Buishand en Velds) mag er geen inundatie optreden (norm NBW).
- Bij een regenbui die eenmaal per 10 jaar optreedt met 10% opslag vanwege klimaatsverandering (T=10+10% volgens Buishand en Velds) moet er voor het straatpeil nog een drooglegging van 0,7 m zijn ten opzichte van zomerpeil (norm Waterschap Rivierenland).
- 35% aanleg natuurvriendelijke oevers (van de oeverlengte). Wordt gerealiseerd langs Bruine Kil en watergang langs zuidzijde RBT fase 2 en deel oostzijde fase 2. Hierdoor ontstaat natuurlijke verbinding tussen Bruine Kil en Bakkerskil.
- Daarnaast gelden de uitgangspunten vanuit de volgende beleidsregels van het waterschap Rivierenland.
  - Algemene regels behorend bij de Keur Waterschap Rivierenland 2009.
  - Beleidsregels Keur Waterschap Rivierenland 2009

### 3.3 UITGANGSPUNTEN VANUIT ONTWERP

#### *Watersysteem RBT*

- Aanleg Verbeterd Gescheiden Rioolstelsel. Het afvalwater van het toekomstige RBT terrein wordt middels aparte vuilwaterleidingen afgevoerd naar een vuilwatergemaal. De first flush van wegen en het verhard terreinoppervlak wordt middels aparte regenwaterleidingen afgevoerd naar een regenwatergemaal. Het hemelwater van daken van percelen die grenzen aan oppervlaktewater worden middels aparte schoonwaterleidingen direct afgevoerd op het open water. De vuilwaterriolering en first flush worden door middel van een persleiding afgevoerd naar het gemengde rioolstelsel van de kern Werkendam en door het eindgemaal van het waterschap vervolgens verpompt naar de rioolwaterzuivering.
- De maatgevende bui voor de oppervlaktewaterberging is: 52,3 mm in 960 min, Herhalingsfrequentie is: 1x per 10 jaar, het opslagpercentage is: 10%. De maximale afvoer naar het landelijk gebied bedraagt 1,50 l/sec/ha.
- Binnen het peilbesluit is een maximale peilstijging van 30 centimeter toegestaan bij bui die eens in de 10 jaar (+10%) voorkomt, boven het zomerpeil. Bij een regenbui (T=100+10% volgens Buishand en Velds) mag er geen inundatie optreden.
- Realisatie circa 50% waterberging op het RBT als open water en circa 50% waterberging als kreekherstel op de beide percelen van Staatbosbeheer langs de Bruine Kil.
- Minimale ontwatering voor wegen en bedrijven bedraagt 1,0 m (verschil tussen hoogste grondwaterstand en maaiveld). Benodigde ontwatering bereiken door watgangen en ophoging.
- Aanleg bodemhoogte watgangen op het bedrijventerrein op -1,50 m - NAP. Bij een waterpeil van 0,35 m-NAP is er dan een waterdiepte van 1,15 meter aanwezig.

- Toetsing watergangen bedrijventerrein en Bruine Kil op waterbergingscapaciteit en hydraulische capaciteit middels SOBEK-model.
- Toetsen kweltoename met formule van Mazure, tijdens hoogwatersituatie Merwede/Steurgat. Hierbij rekening houden met aanleg watergangen waterberging en kreekherstel. Mogelijke kweltoename compenseren in oppervlakte open water en kreekherstel.
- Profielen en ontwerp conform Stedenbouwkundig plan, versie 22 oktober 2013.

#### *Ecologische opgave Kreekherstel*

- Open water met diepe en ondiepe delen, afwisselende oevers met schuilmogelijkheden (Leefgebied: grote Modderkruiper en andere vissoorten).
- Een aaneengesloten oeverlengte bestaat uit opgaande natuurlijke beplanting direct langs het water, het overig deel bestaat uit riet- en biezenoevers en ruigte (leefgebied waterspitsmuis en grote modderkruiper).
- Lintvorming moerasgebied met overjarig riet (leefgebied waterspitsmuis, grote modderkruiper).
- Het riet dient een minimale waterdiepte van circa 10 cm tot maximaal 50 cm te hebben bij winterpeil.
- Beschoeiing dient verwijderd te worden. Hierbij geldt dat de oever een aangepast talud krijgt, afhankelijk van het bodemtype.
- Afwaterings- en aanvoerfunctie van landbouwwater dient behouden te blijven.
- Gemiddelde waterdiepte in de geul is >1 m.
- Zomerpeil betreft -0,8 m NAP, winterpeil is -1,1 m NAP, ter plaatse van de kreek.
- Minimaal percentage asymmetrische oevers is >50% van de oever. Dit betekent meer steile oevers in de buitenbochten en flauwe oevers in de binnenbochten.
- Inrichting kreekherstel conform Optimum variant - fase 1, rapport "kreekherstel en waterberging".

### **3.4 OVERIGE UITGANGSPUNTEN**

- Behoud of compensatie van aanwezige wandelpaden.
- De af te graven grond van Bosgedeelte oostzijde Draepkilweg (westelijke helft tot watergang) is sterk verontreinigd en dient op het perceel te worden verwerkt. De overige grond is toepasbaar.
- Behoud van bestaande drooglegging, af- en aanvoercapaciteit voor de landbouw.
- Aansluiten van het ontwerp bij de historische situatie en de cultuurhistorische elementen.
- Onderhoud van het watersysteem op het RBT en de Bruine Kil is kosteneffectief en uitvoerbaar. Varend onderhoud entree waterpartij RBT. Deels varend onderhoud en deels vanaf oever voor Bruine Kil. Overige watergangen onderhoud vanaf oever.



# 4

## Toekomstig watersysteem

Dit hoofdstuk gaat in de op de toekomstige situatie van het RBT in relatie tot het watersysteem en de bodemopbouw. Aspecten die hierin aan bod komen zijn: kwel, ontwatering, opbarstrisico's, peilbeheer, waterberging, watergangen en waterkeringen. Een deel van de informatie komt voort uit de opgestelde milieueffectrapportage, het rioleringsplan (*H. Scheepers, gemeente Werkendam, 4-12-2013*) en het rapport waterberging en kreekherstel (*ARCADIS, 7-1-2013*). Aanvullend is ook een SOBEK-modellering uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn ook verwerkt in deze rapportage.

### 4.1 VERANDERINGEN TEN OPZICHTE VAN DE BESTAANDE SITUATIE

De locatie voor het RBT ligt ten zuiden van het bestaande bedrijventerrein 'Bruine Kilhaven' (fase I tot en met V) en de kern Werkendam in de gemeente Werkendam en beslaat in totaal ongeveer 45 hectare bruto. Het terrein zal gefaseerd worden ontwikkeld. In de eerste fase wordt 20 hectare (bruto) bedrijventerrein ontwikkeld.

Voor het bedrijventerrein is een stedenbouwkundig plan opgesteld (*Mensen maken de stad, 22-10-2013*). Dit stedenbouwkundig plan vormt de ondergrond voor de uitwerking van het waterhuishoudkundig systeem. Het regionale bedrijventerrein wordt via de Grote Waardweg ontsloten op de Dijkgraaf den Dekkerweg. Om de ontsluiting mogelijk te maken dient de Grote Waardweg gereconstrueerd te worden. Daarnaast zal via het RBT een verkeersverbinding worden gemaakt met het bestaande bedrijventerrein de Bruine Kilhaven. De Grote Waardweg kruist de Bakkerskil en de aanwezige waterkering. De Grote Waardweg wordt over de waterkering heen gelegd, zodat de waterkerende functie niet wordt aangetast.

Het creëren van open water op het bedrijventerrein is nodig voor ontwatering, afvoer van het bestaande bedrijventerrein, afvoer van toekomstig dakwater, bluswatervoorziening en afscherming. In het stedenbouwkundig ontwerp van het RBT zijn de bestaande watergangen onderdeel geworden van het watersysteem van het bedrijventerrein. Hiertoe zijn de bestaande watergangen verbreed, verdiept en gecombineerd met de groenstructuur. Het water omzoomt het bedrijventerrein en vormt een natuurlijke barrière. Het bedrijventerrein wordt doorsneden door één bestaande watergang die tevens de grens vormt tussen de twee fases van het bedrijventerrein. Bij de entree van het bedrijventerrein worden twee grotere waterpartijen ontwikkeld.

Voor het realiseren van de waterbergingsopgave is gekozen voor het combineren van kreekherstel en waterberging op het bedrijventerrein. Dit resulteert in deels waterberging op het RBT en deels waterberging als kreekherstel. Langs de Bruine Kil wordt kreekherstel gerealiseerd in combinatie met waterberging. De diepere kreek krijgt een licht slingerend karakter binnen een bredere moeraszone. De kreek volgt waar mogelijk het oorspronkelijke tracé zoals rond 1900.

## 4.2 RIOLERING OP HOOFDLIJNEN

### Uitgangspunten

Voor het rioleringsplan zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Straatpeil 1,15 m+NAP.
- Hanteren bestaand polderpeil; Zomerpeil 0,35 m-NAP, Winterpeil 0,45 m-NAP.
- Vier overstorten vgs (nummers 1 tot en met 4 in onderstaande figuur).
- Hoogte overstortdrempel 0,20 m+NAP.
- Locatie gemaal op grens fase 1 en 2 naast de westelijke straat (zie rode stip in onderstaande figuur).
- Ontwerpbui bui 08 Leidraad Riolering (herhalingsstijd twee jaar), waking 0,20 meter.
- Minimale dekking 1,20 meter.
- Bodemverhang vuilwaterriool 1 op 500, regenwaterriool waar mogelijk 1 op 500, eventueel flauwer.
- Verticale afstand tussen twee riolen bij kruising minimaal 0,25 meter.



Figuur 2: Locatie profielen en overstorten

### 4.2.1 VERHARD OPPERVLAK

Het verhard oppervlak voor het RBT is bepaald op basis van het stedenbouwkundig ontwerp. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- 50% perceelsoppervlak wordt dakoppervlak.
- 50% perceelsoppervlak wordt verhard terreinoppervlak.
- Oppervlak openbare wegen is berekend op basis van 8 meter wegbreedte, vermeerderd met 25% voor aan te leggen inritten.

In het bestemmingsplan is vastgelegd dat het dakoppervlak minimaal 50% van het perceel moet bedragen. Als worst-case voor de het rioolontwerp is uitgegaan van een verhardingspercentage van 100%, waarvan 50% dak- en 50% verhard terrein.

Het dakoppervlak van percelen die grenzen aan oppervlaktewater worden direct op het aangrenzend oppervlaktewater afgekoppeld. Bij percelen die grenzen aan een natuurvriendelijke oever is er voor het rioolontwerp vanuit gegaan dat het dakoppervlak van deze percelen wel op het VGS-riool aangesloten wordt. Dit vanwege de lastige realisatie van een uitstroombak in een natuurvriendelijke oever. Het betreft de percelen aan de zuid- en oostzijde van fase 2.

Fasering	Verhard oppervlak via VGS	Dakoppervlak direct op water
Fase 1	11,8 ha	5,2 ha
Fase 2	17,2 ha	1,1 ha
<b>Totaal</b>	<b>29,0 ha</b>	<b>6,3 ha</b>

Tabel 4: Verhard oppervlakken.

De bepaling van het verhard oppervlak is opgenomen in het rioleringsplan (zie bijlage 2).

#### 4.2.2 REGENWATERRIOLERING

Het rioelstelsel is voor fase 1 doorgerekend met behulp van Excel en opgenomen in bijlage 4. Het rioelstelsel is daarbij opgedeeld in vier subgebieden, voor elke overstort één berekening. Voor de berekeningen is uitgegaan van de maximum neerslagintensiteit bij bui 08, 110 l/s/ha. De riolen zijn uiteindelijk bepaald op 300 tot maximaal 800 mm in doorsnede. Dit ontwerp kan zelfs de maximale intensiteit van een bui eens per 5 jaar aan, namelijk 160 l/s/ha, zonder dat water op straat komt. Ook zouden alle daken aangesloten kunnen worden zonder dat bij bui 08 water op straat komt, de waking is dan nog minimaal 0,15 meter. Het rioelontwerp is aansluitend ook doorgerekend met Infoworks. De resultaten hiervan zijn eveneens in bijlage 2 opgenomen.

#### 4.2.3 VUILWATERRIOLERING

Het afvalwater wordt ingeschat op 1 m<sup>3</sup>/u per bruto hectare plangebied. Voor het gehele RBT komt dat neer op 45 m<sup>3</sup>/u afvalwater. Voor fase 1 betreft dit ongeveer de helft. Een vuilwaterriool met een diameter van 300 mm en een vulling van 50% kan bij een verhang van 1 op 500 ongeveer 70 m<sup>3</sup>/uur verwerken. Een diameter van 300 mm is op zich dus voldoende voor het gehele bedrijventerrein. De afvalwaterafvoer is echter maar een inschatting en is afhankelijk van de bedrijven die zich vestigen. Voor de veiligheid wordt het deel tussen fase 1 en fase 2 ter hoogte van het gemaal daarom uitgevoerd met een diameter van 400 mm, over een lengte van circa 110 meter. In zowel fase 1 als fase 2 splitst het riool zich daarna bovenstrooms in twee richtingen, waardoor het debiet per streng dus alweer gehalveerd wordt.

##### *Regenwaterpompen*

Bij een verbeterd gescheiden stelsel wordt altijd nog een bepaalde hoeveelheid regenwater naar de zuivering verpompt. Voor verschillende varianten is in beeld gebracht hoeveel regenwater naar de zuivering verpompt wordt. Deze berekeningen zijn opgenomen in het rioleringsplan in bijlage 2. Het onverhard oppervlak en het wateroppervlak zijn daarbij niet meegerekend. Uiteindelijk is gekozen voor 3,5 mm berging met twee pompen. Eén pomp pompt naar de zuivering vanaf begin bui totdat 1 mm berging gevuld is met 0,15 mm/u, de tweede pomp neemt het daarna over en pompt de rest naar het oppervlaktewater met 0,15 mm/u. Deze pompt door totdat de berging weer geleegd is tot 1 mm en dan neemt de eerste pomp het weer over.

***Afvoer naar de rioolwaterzuivering***

Het afvalwater en de first flush van het regenwater worden afgevoerd naar de zuivering. Het afvalwater wordt ingeschat op 1 m<sup>3</sup>/u per bruto hectare plangebied. Voor het gehele RBT komt dat neer op 45 m<sup>3</sup>/u afvalwater. Voor fase 1 betreft dit ongeveer de helft.

Zoals aangegeven worden voor het regenwater twee pompen geïnstalleerd. Eén pomp pompt maar naar de zuivering, met een capaciteit van 0,15 mm/u over het aangesloten verhard oppervlak. Voor geheel fase 1 komt dit neer op 18 m<sup>3</sup>/u. De tweede pomp pompt bij meer dan 1 mm stelselvulling met 0,15 mm/u, ofwel 18m<sup>3</sup>/u. De afvoer naar de zuivering bedraagt na realisatie fase 1 totaal circa 40 m<sup>3</sup>/u. Dit bestaat dus uit 22 m<sup>3</sup>/u afvalwater en 18 m<sup>3</sup>/u regenwater. Na realisatie fase 2 bedraagt de totale afvoer naar de zuivering 90 m<sup>3</sup>/uur, bestaande uit 45 m<sup>3</sup>/u afvalwater en 45 m<sup>3</sup>/u regenwater.

Bij aanleg van fase 2 moeten de pompen vergroot worden qua capaciteit. Met het ontwerp van de persleiding moet al wel rekening gehouden worden met de toekomstige totale capaciteit. Er is geen rekening gehouden met mogelijke afvoer van regenwater van zwaar verontreinigde oppervlakken via het vuilwaterriool. In de praktijk zal hiervoor dan de berging in het afvalwaterriool benut worden plus de overcapaciteit van de afvalwaterpomp.

Het afvalwater wordt uiteindelijk met behulp van een nieuwe persleiding afgevoerd naar het eindgemaal van het waterschap aan de Sportlaan in Werkendam Tijdens een eerdere studie (variantenstudie Bruinekilhaven van 28 augustus 2013) bleek dit de beste variant. Het gemaal van het waterschap in de Sportlaan in Werkendam kan de extra afvoer aan, zo blijkt eveneens uit de eerder uitgevoerde studie. Voor het tracé van de nieuwe persleiding heeft een tracé via Bruinekilhaven naar het gemaal Sportlaan de voorkeur.

***Diepteligging riolering***

De diepteligging van de riolering is ontworpen voor fase 1 en 2 gezamenlijk conform de aan het begin van dit hoofdstuk genoemde uitgangspunten. De diepste b.o.b.'s zijn gelegen bij het eindgemaal, 2,60 m-NAP, ofwel 3,75 meter onder maaiveld.

Het regenwaterriool komt dieper aan bij het gemaal dan het vuilwaterriool in fase 1. Eventueel kan het regenwaterriool iets flauwer aangelegd worden om dat ook op een diepte van 2,35 m-NAP uit te laten komen. Een tweede optie is om het gemaal te plaatsen nabij de entree van het bedrijventerrein op de grens van fase 1 en 2, in het oosten dus. Voor de diepteligging in fase 1 maakt dit niet uit.

Plaatsen van het gemaal aan de westzijde heeft de volgende voordelen ten opzichte van het plaatsen aan de oostzijde:

- De hoogteligging van de b.o.b. van het riool bij het gemaal is 0,85 meter minder diep. Indien het gewenst is om in fase 2 het regenwaterriool 1 op 500 te leggen, komt het riool 0,40 meter dieper uit. De diepere hoogteligging bij een gemaal aan de oostzijde is overigens wel volledig afhankelijk van het uitgangspunt of het gewenst is in de verre toekomst een uitbreiding aan de westzijde van het RBT onder vrijverval aan te kunnen sluiten op het RBT.
- Er is geen heel diepe streng benodigd langs de noordzijde van fase 2 om een eventuele latere uitbreiding aan de westzijde van het RBT onder vrijverval aan te kunnen sluiten.
- Er is een minder lange persleiding benodigd richting Bruinekilhaven.



### 4.3 WATERBERGING EN RETENTIE

Bij de aanleg van een bedrijventerrein wordt het oppervlak verhard en kan hemelwater niet meer direct in de bodem wegzakken. Om wateroverlast in de omgeving of op de weg te voorkomen is het van belang dat voor de opvang, berging en/of transport van het regenwater voldoende ruimte aanwezig is. De wateropgave van het Regionale Bedrijventerrein (RBT) in Werkendam is geen opgave die wordt veroorzaakt door een achterstand van waterberging in bestaand stedelijk gebied. Dat betekent dat voor de ontwikkeling van het RBT rekening gehouden moet worden met de normen voor nieuw stedelijk gebied.

Op basis van de uitgangspunten in hoofdstuk 3 is de totale waterbergingsbehoefte bepaald. Er is met behulp van de rekensheet van het waterschap Rivierenland een nieuwe berekening gemaakt. Met de volgende uitgangspunten:

- De maatgevende bui is: 52,3 mm in 960 min, Herhalingsfrequentie is: 1x per 10 jaar, met opslagpercentage is: 10% en een maximale afvoer naar het landelijk gebied van 1,50 l/sec/ha.
- Binnen het peilbesluit is een maximale peilstijging van 30 centimeter toegestaan bij bui die eens in de 10 jaar (+10%) voorkomt, boven het zomerpeil.
- 27,7 ha verhard oppervlak via het VGS en 6,3 ha dakoppervlak dat direct is afgekoppeld op de watergangen.
- Berging 1 mm in het VGS en een POC van 0 mm/u.

Bij de rioleringsberekeningen is worst-case benadering uitgegaan van 100% verhard oppervlak. Het verhard oppervlak bedraagt dan 29 ha. Voor de bepaling van de benodigde waterberging is een verhardingspercentage gehanteerd van 90% voor de percelen, wat uitkomt op 27,7 ha. Voor de bepaling van de waterberging is dit een realistische aanname.

De waterberging op het bedrijventerrein bestaat uit watergangen rondom het bedrijventerrein en één centrale watergang die fase 1 en 2 van elkaar scheid. Bij de entree van het bedrijventerrein worden twee grotere waterpartijen ontwikkeld. De totale oppervlakte van water op het bedrijventerrein bedraagt circa 3,3 ha. Alle watergangen worden aangelegd met een bodemhoogte van -1,5 m NAP. Bij een waterpeil van -0,35 m NAP is de waterdiepte 1,15 m. De taluds van de watergangen bedraagt 1:2. Langs twee watergangen wordt een natuurvriendelijke oever aangelegd met een talud van 1:6. De profielen en locatie van de watergangen zijn opgenomen in bijlage 5.

In onderstaande tabel is de waterbergingsopgave opgenomen. De berekeningen zijn opgenomen in bijlage 3.

Waterberging RBT voor T=10+10%	Fase 1	Fase 1+2
Bruto oppervlak	20 ha	45 ha
Maximale afvoer bij 1,5 l/s/ha)	108 m <sup>3</sup> /u	243 m <sup>3</sup> /u
Verhard oppervlak via VGS	11,1 ha	27,7 ha
Berging VGS	1 mm	1 mm
Pompoevercapaciteit VGS	0 mm/u	0 mm/o
Afgekoppeld dak	5,2 ha	6,3 ha
Kweltoename (totaal m <sup>3</sup> /6 dagen)	87 m <sup>3</sup>	138 m <sup>3</sup>
Benodigde nieuwe waterberging	7.087 m <sup>3</sup>	14.698 m <sup>3</sup>
Benodigde nieuw wateroppervlak	23.623 m <sup>2</sup>	48.993 m <sup>2</sup>
Bestaand wateroppervlak	5.400 m <sup>2</sup>	6.600 m <sup>2</sup>
Benodigd wateroppervlak totaal	29.023 m <sup>2</sup>	55.593 m <sup>2</sup>
Beschikbaar wateroppervlak RBT**	21.970 m <sup>2</sup>	33.320 m <sup>2</sup>
Beschikbaar wateropp. Bruine Kil (toename t.o.v. bestaand wateropp.)	24.100 m <sup>2</sup>	24.100 m <sup>2</sup>
Totaal beschikbaar wateroppervlak	46.070 m <sup>2</sup>	57.420 m <sup>2</sup>
Beschikbare waterberging (bij 0,3 m peilstijging)	13.821 m <sup>3</sup>	17.226 m <sup>3</sup>
Overschot aan wateroppervlak	17.047 m <sup>2</sup>	1.827 m <sup>2</sup>

Tabel 5: Overzicht waterbergingsopgave

\* pompoevercapaciteit vgs is op 0 gezet, omdat de regenwaterpomp naar de zuivering na 1 mm vulling stopt. Daarna schakelt een pomp naar het oppervlaktewater in.

\*\* beschikbaar wateroppervlak RBT is berekend inclusief berging op taluds (wateroppervlak bij 15 cm peilstijging)

Voor het realiseren van de waterbergingsopgave is gekozen voor het combineren van kreekherstel en waterberging op het bedrijventerrein. Langs de Bruine Kil wordt kreekherstel gerealiseerd in combinatie met waterberging. De oppervlakte van moeraszone en open water gezamenlijk bedraagt in het ontwerp 24.100 m<sup>2</sup> (2,4 ha). De aanleg van het kreekherstel van de Bruine Kil wordt tijdens fase 1 van het RBT volledig gerealiseerd. In totaal wordt er 17.226 m<sup>3</sup> waterberging gerealiseerd. Hierbij is al rekening gehouden met de kweltoename en de compensatie van bestaan oppervlaktewater.

## 4.4 ONTWATERING EN PEILBEHEER

### 4.4.1 PEILBEHEER

Het gebied kent een polderpeil van 0,35 m – NAP (zomerpeil) en 0,45 m – NAP (winterpeil). Uit de berekeningen voor het opbarstrisico (paragraaf 4.8) blijkt dat een lager peil een groter risico op opbarsten van de onderliggende veenlaag tot gevolg heeft. Voor het RBT wordt dan ook een vast polderpeil voorgesteld dat gelijk is aan het bestaande zomerpeil, namelijk 0,35 m - NAP gehandhaafd. Bij dit polderpeil is dan een peilstijging van 0,3 m beschikbaar voor waterberging. Het peil wordt geregeld via een nieuwe vaste stuw in de A-watgang ten westen van het bedrijventerrein.

In fase 2 van het RBT valt het zuidelijk deel in een ander peilgebied. Bij de ontwikkeling van fase 2, wordt de zuidelijke watergang aangesloten op dit andere peilgebied en afgeknipt van de rest van het bedrijventerrein. Het peil in de zuidelijke watergang heeft een zomerpeil van -0,5 m NAP en een winterpeil van -0,9 m NAP. De zuidelijke watergang wordt van de rest van de andere watergangen afgesloten door middel van een grond dam. Hiermee wordt voorkomen dat er effecten ontstaan op de zuidelijk gelegen landbouwgebieden.

#### 4.4.2 ONTWATERING

Het is van belang om de huidige en toekomstige ontwatering goed in beeld te hebben. Daardoor kunnen de weg- en bouwpeilen zodanig bepaald worden dat in een later stadium geen problemen optreden met eventuele grondwateroverlast. De ontwateringseisen zijn afhankelijk van de gebruiksfunctie, bebouwing en belasting met verkeer. Voor bedrijventerreinen en wegen wordt een ontwatering van 1,0 m aangehouden. Dit omdat de bodem voldoende draagkrachtig moet zijn voor grote statische en dynamische belastingen door zwaar verkeer op wegen en terreinen. De ontwateringsnormen zijn afkomstig uit het Cultuurtechnisch Vademecum en het rapport 'Ontwatering in Stedelijk gebied'. De ontwatering wordt vastgesteld ten opzichte van de GHG.

De GHG is ter plaatse van het bedrijventerrein bepaald op 0,2 m-NAP. Het gebied wordt ten behoeve van de aanleg van het RBT opgehoogd en geëgaliseerd. Het toekomstig wegpeil is vastgesteld op 1,15 m+NAP. De toekomstige ontwatering bedraagt 1,35 m en is daarmee voldoende voor bedrijventerreinen. De bepaling van de GHG heeft plaatsgevonden op bestaande gegevens van het peilbesluit en eenmalige metingen van peilbuizen. Wij adviseren om extra peilbuizen te plaatsen om de GHG met meer zekerheid vast te stellen en ook zicht te krijgen in de fluctuatie van de grondwaterstand en de kwelstroom. Wij adviseren om verspreid over het RBT 5 ondiepe peilbuizen te plaatsen met filters in de aanwezige zandlaag. Daarnaast adviseren we om 2 diepere peilbuizen te plaatsen in het Pleistocene om de kweldruk nauwkeuriger te meten.

De toename van het verhard oppervlak en het verdwijnen van de landbouw heeft gevolgen voor de grondwaterhuishouding. In het gebied neemt het verhard oppervlak sterk toe. Hierdoor verdwijnt als het ware de invloed vanuit de atmosfeer bestaande uit neerslag en verdamping. In de zomer is in Nederland een verdampingsoverschot aanwezig. Er verdampt meer water dan dat er wordt aangevuld door neerslag. Doordat het gebied bijna volledig wordt verhard, wordt de (gewas)verdamping in het gebied sterk verlaagd. Door deze afname van de verdamping is het grondwaterpeil in de toekomstige situatie in de zomer hoger dan in de huidige situatie. In de winter vindt het tegenovergestelde plaats. In de winter is een neerslagoverschot aanwezig. De infiltratie van neerslag in de bovengrond neemt af door de toename van het verhard oppervlak. Hierdoor is de grondwaterstand in de winter in het plangebied lager.

Geconcludeerd kan worden dat de grondwaterfluctuatie in het gebied afneemt. In de winter liggen de grondwaterstanden lager dan in de huidige situatie, in de zomer liggen de grondwaterstanden in het gebied hoger dan in huidige situatie. Daarnaast verdwijnt in het gebied ook de drainage die nu aanwezig is in de landbouwpercelen. Het verwijderen van drainage wordt opgevangen door aanleg van extra water op het bedrijventerrein ten opzichte van de huidige situatie. Vanwege het gehanteerde polderpeil hebben de watergangen een sterk drainerende werking. De bodem van de watergangen ligt in de zandlaag, waardoor de watergangen draineren en kwel wordt afgevoerd. De aanleg van nieuwe drainage is dan ook niet noodzakelijk.

### Grondverbetering

Om de stabiliteit gedurende het gehele jaar te kunnen garanderen dient voor de aanleg van wegen en riolering de bodem voldoende draagkrachtig te zijn. Voor riolering is de bodem in het algemeen voldoende draagkrachtig bij een minimale kwaliteit van matig leemarm, humusarm zand tot een diepte van 0,30 m onder leidingen en 0,50 m onder putten. Voor wegen geldt dat dit materiaal tot minimaal 1,0 m onder de kruin van de weg aanwezig moet zijn.

In het plangebied van het RBT bestaat de bodem grotendeels uit klei, zavel en veen, deze bodemtypes zijn onvoldoende draagkrachtig. Om de draagkracht te verbeteren en zetting te voorkomen wordt de grond gedurende een half jaar voorbelast.

## 4.5 HYDROLOGISCHE EN HYDRAULISCHE BEREKENINGEN

Op het RBT worden verschillende watergangen aangelegd voor de opvang en afvoer van hemelwater. In de watergangen dient rekening te worden gehouden met stroming in de voorzieningen en de afvoercapaciteit. Een te hoge stroomsnelheid kan leiden tot bodemerosie en een te krappe watergang tot teveel opstuwung van water. Om meer inzicht te krijgen in de werking van het toekomstig watersysteem is in overleg besloten om Sobek berekeningen uit te voeren. Als basis hiervoor heeft het waterschap hun oppervlaktewatermodel ter beschikking gesteld (20140203 BM\_AB02.lit.zip). De aanpassingen aan het Sobek-model en de gehanteerde uitgangspunten zijn opgenomen in bijlage 4.

### Resultaten berekeningen

Met het aangepaste model zijn voor een drietal afvoer situatie berekeningen uitgevoerd:

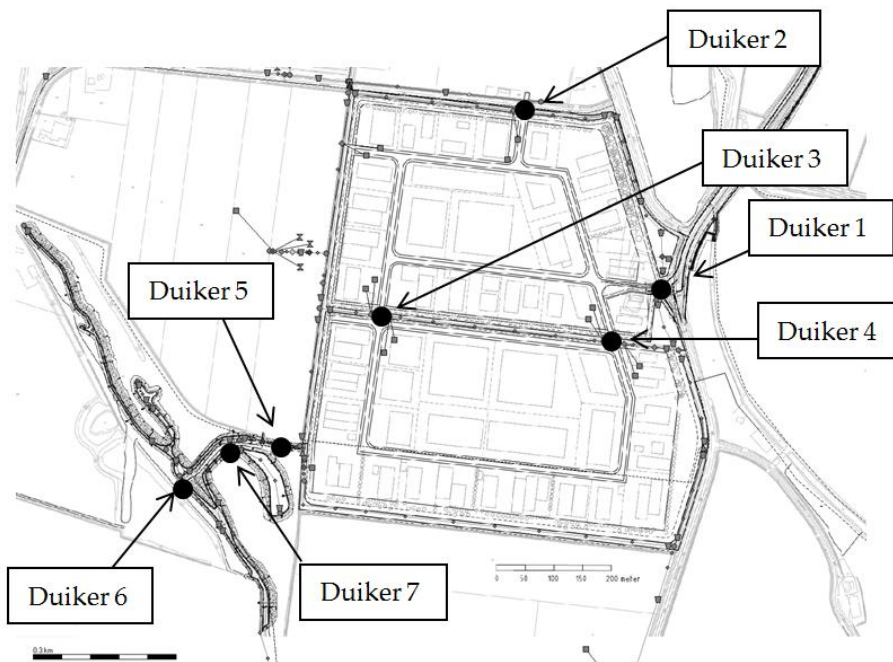
- T=1: Maatgevende afvoer 13 mm/dag stationair: opstuwung duikers maximaal 5 mm, opstuwung watergangen 5 cm/km.
- T=10+10%, Buishand en Velds: maximale peilstijging 0,3 m ten opzichte van polderpeil.
- T=100+10%, Buishand en Velds: geen inundatie.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor de huidige situatie en de toekomstige situatie. Daarnaast is een aanvullende berekening uitgevoerd met een knijpvoorziening in de Bruine Kil om de berging in de Bruine Kil beter te benutten.

#### Toetsing T=1

ID	Locatie duiker	Afmeting	Opstuwung [mm]
Duiker 1	Hoofdontsluiting oostzijde	1000 mm	< 0,10 mm
Duiker 2	Aansluiting noordzijde	1000 mm	< 0,10 mm
Duiker 3	Kruising west	1000 mm	< 0,10 mm
Duiker 4	Kruising oost	1000 mm	0,12 mm
Duiker 5	A-watergang na stuw	1,5 x 1,5 m	0,54 mm
Duiker 6	Bruine Kil	1,5 x 1,5 m	0,47 mm
Duiker 7	Zijlob Kreekherstel	800 mm	< 0,10 mm

Tabel 6: toetsingduikers



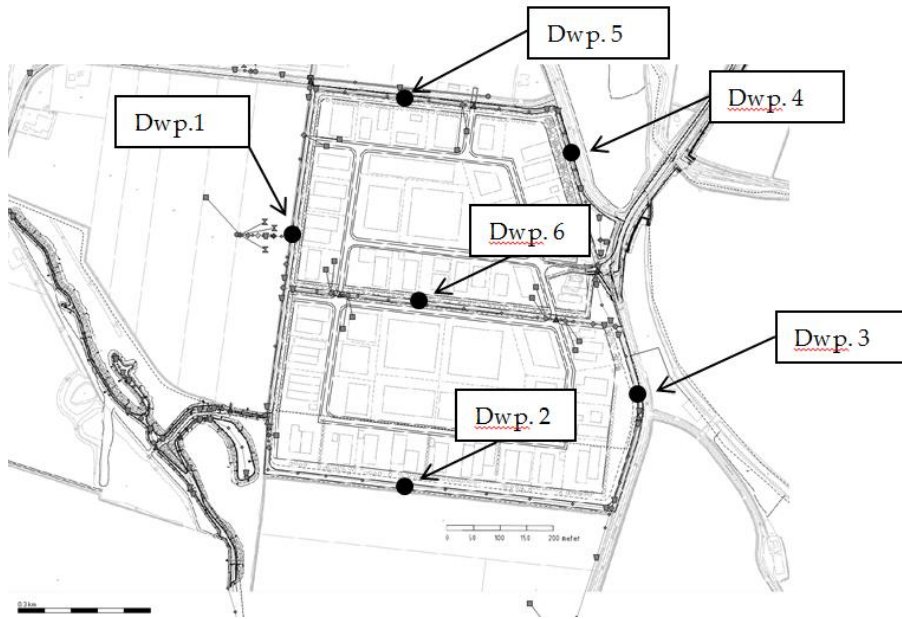
Figuur 3: Locatie duikers

De opstuwing van de duikers mag bij 13 mm/dag niet meer bedragen dan 5mm. Alle duikers op het RBT voldoen daaraan.

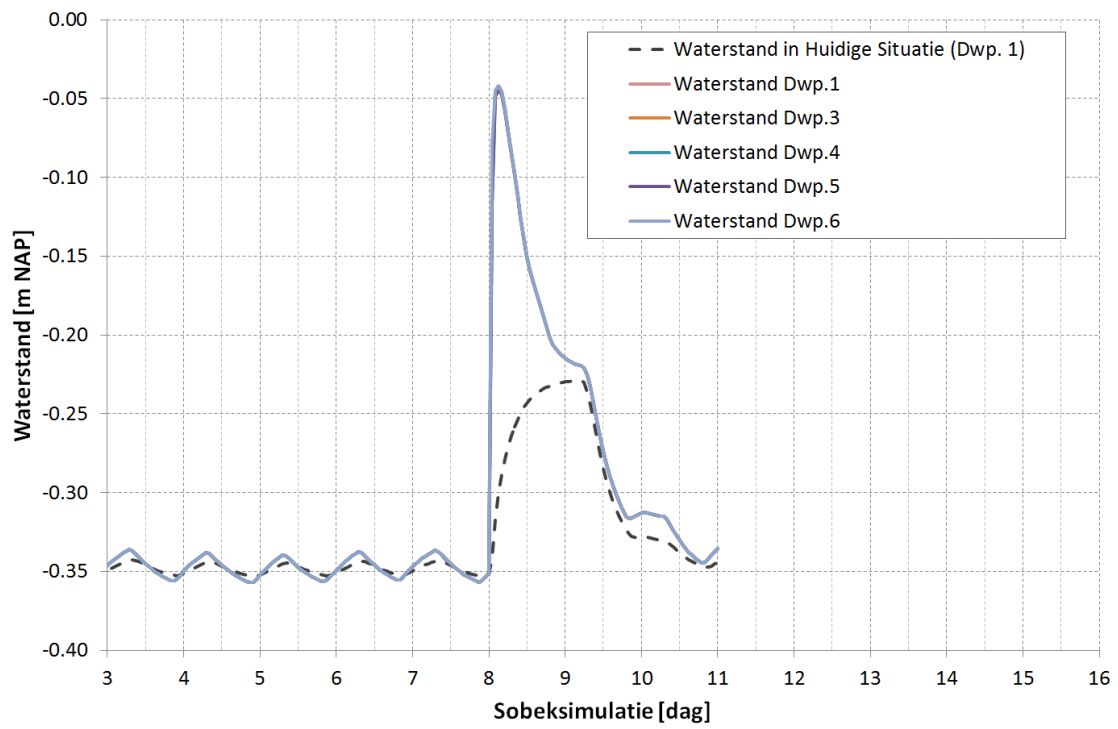
De nieuwe watergangen zijn ingevoerd conform het ontwerp dat is opgesteld. Voor de vorm van de dwarsprofielen wordt verwezen naar bijlage 5. De opstuwing over de watergangen mag niet meer bedragen dan 5 cm/km. Uit de berekening blijkt dat de opstuwing verwaarloosbaar is. De opstuwing blijft ver onder de maximaal toelaatbare opstuwing.

#### Toetsing $T=10$ en $T=100$

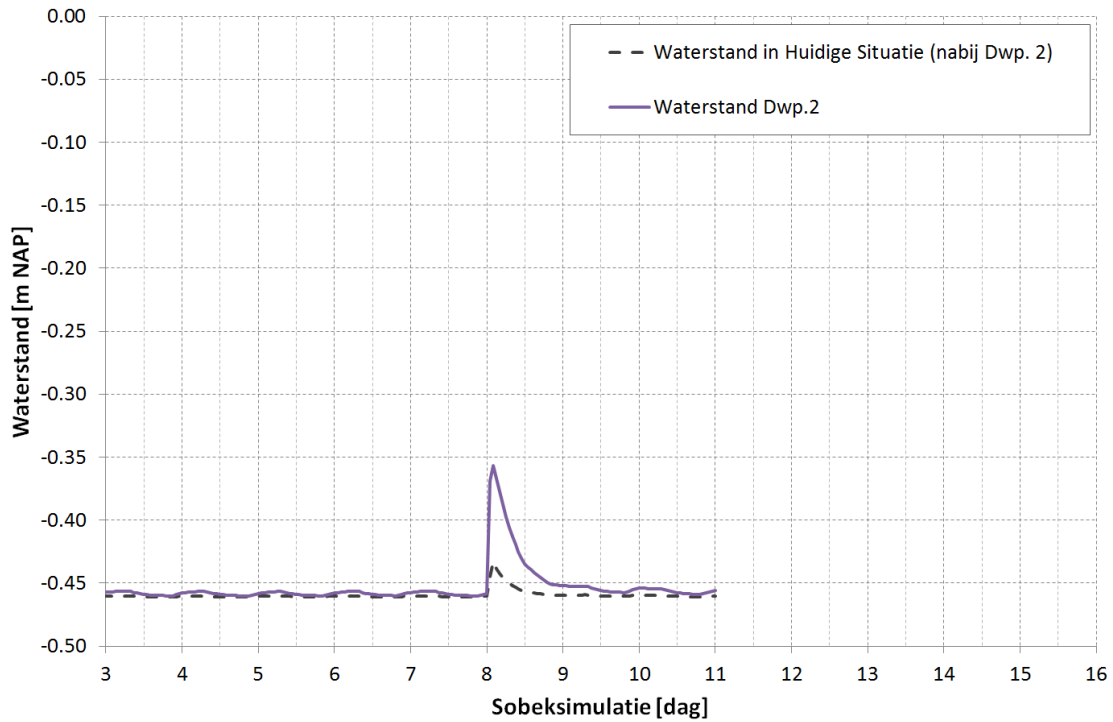
Op het RBT-terrein mag de peilstijging bij een  $T = 10+10\%$  zomer afvoersituatie niet meer bedragen dan 30 cm. Dit is getoetst op een aantal locaties, waarbij de locaties corresponderen met de locaties waar de dwarsdoorsneden genomen zijn (zie figuur hieronder). In figuur 5 en 6 is de peilstijging weergegeven. De zuidelijke watergang is aangesloten op een ander peilgebied. Hiervoor is een afzonderlijke grafiek opgesteld. Het onderscheid tussen de lijnen per dwarsprofiel is moeilijk te zien, omdat er nauwelijks peilverschil tussen de locaties op het RBT is. De lijnen liggen exact op elkaar. De peilen die optreden in de Bruine Kil zijn weergegeven in figuur 10 en 11.



Figuur 4: Locatie dwarsprofielen

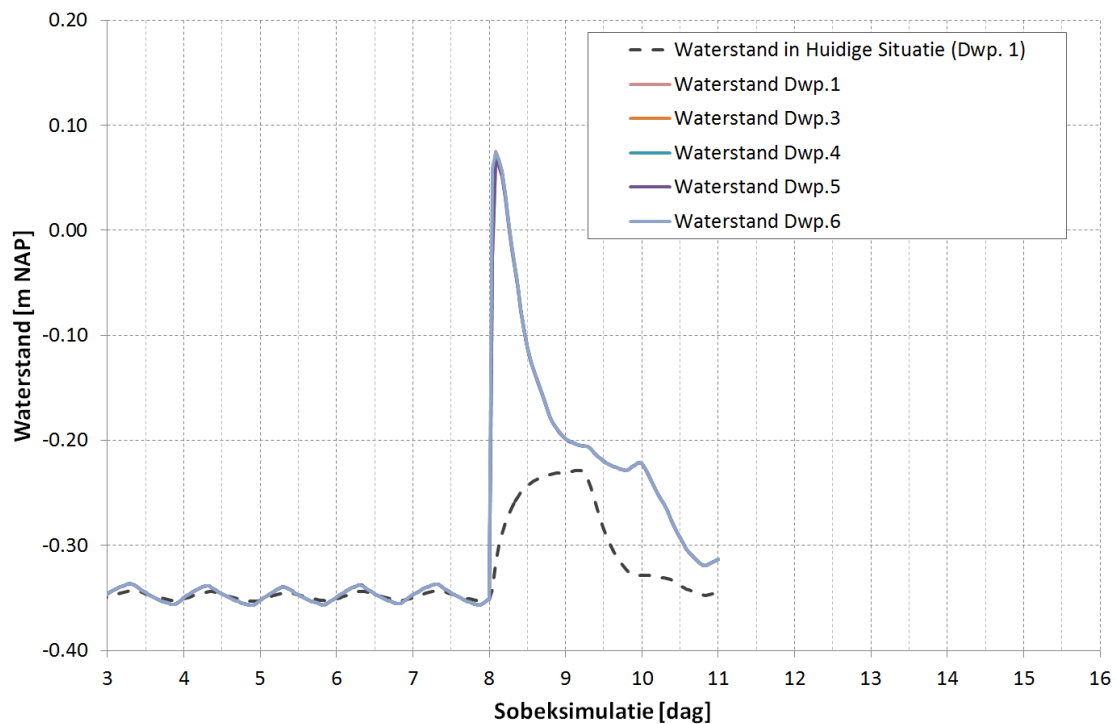


Figuur 5: Peilstijging T=10 op verschillende locaties

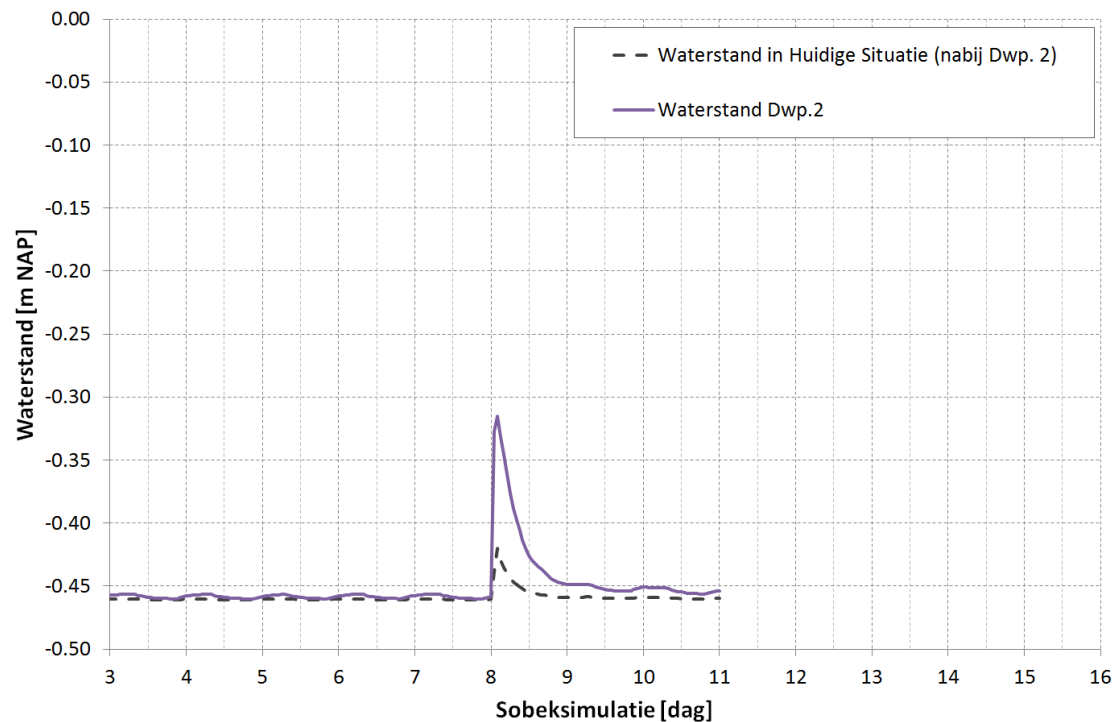


Figuur 6: Peilstijging T=10 zuidelijke watergang

In figuur 5 is te zien dat de peilstijging ten opzicht van het vaste waterpeil circa 30 cm bedraagt. De peilstijging voldoet daarmee precies aan de norm. De stuwbreedte van 1,0 m is dan ook de meest geoptimaliseerde stuwbreedte. Uit het resultaat van de T = 100 berekening blijkt dat er geen inundatie optreedt bij T=100. Dus ook hier wordt voldaan aan de norm. Zie figuur 7. Figuur 6 en 8 laten zien dat de waterstand toeneemt met minder dan 30 cm voor de zuidelijke watergang, die in een ander peilgebied ligt. Hier wordt 4 ha verhard oppervlak op afgekoppeld



Figuur 7: Peilstijging T=100 op verschillende locaties



Figuur 8: Peilstijging T=100 zuidelijke watergang

***Aanvullende toetsing met knijpvoorziening***

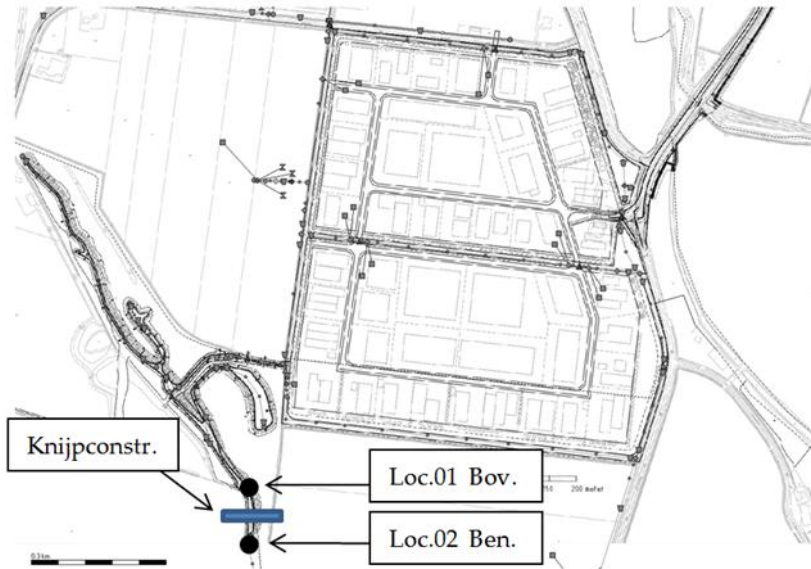
Uit de berekeningen blijkt dat het ontwerp van het RBT voldoet aan de voorwaarde van het waterschap. Daarnaast is ook gekeken naar de effectiviteit van de aanleg van het kreekherstel van de Bruine Kil. De verruiming van de Bruine Kil leidt wel tot demping van de pieken, maar de waterstand van de Bruine Kil is bij T=10 hoger dan in de huidige situatie. Om de effectiviteit van waterberging in combinatie van het kreekherstel te verhogen is een extra berekening gemaakt met een knijpvoorziening ten zuiden van het kreekherstel.

Er zijn twee varianten bekeken:

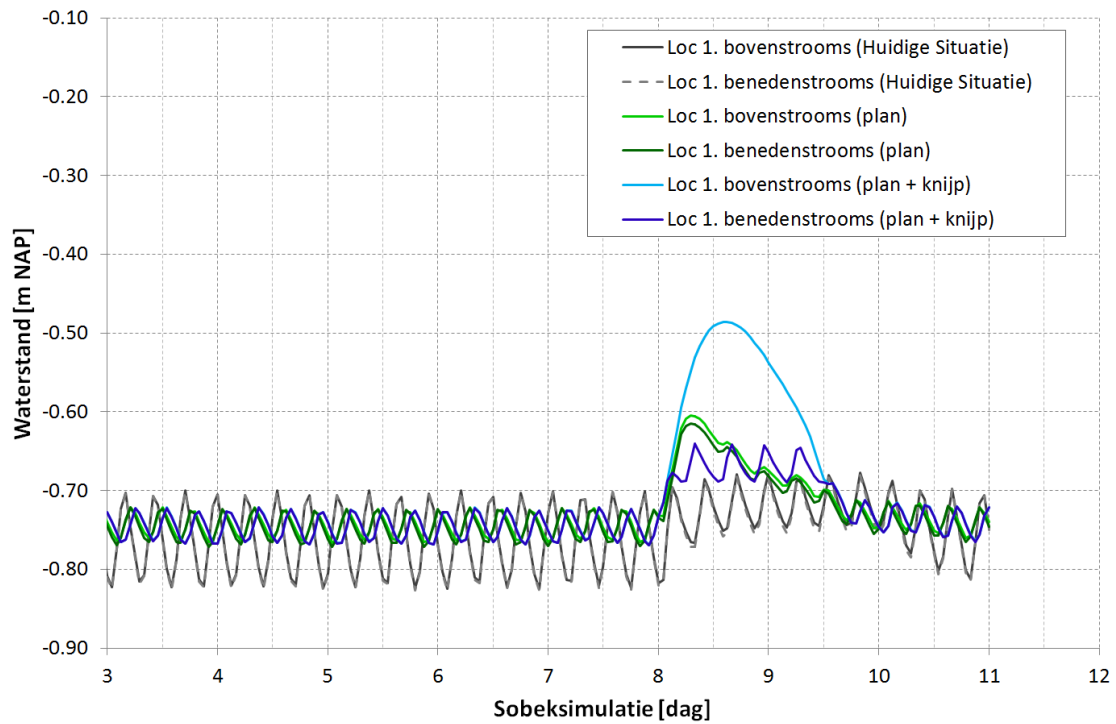
- T = 10+10%: Knijpen met 250 l/s
- T = 10+10% Knijpen met 150 l/s

Dit is bekeken op een aantal locaties, waarbij de locaties corresponderen met de locaties in de figuur hieronder.

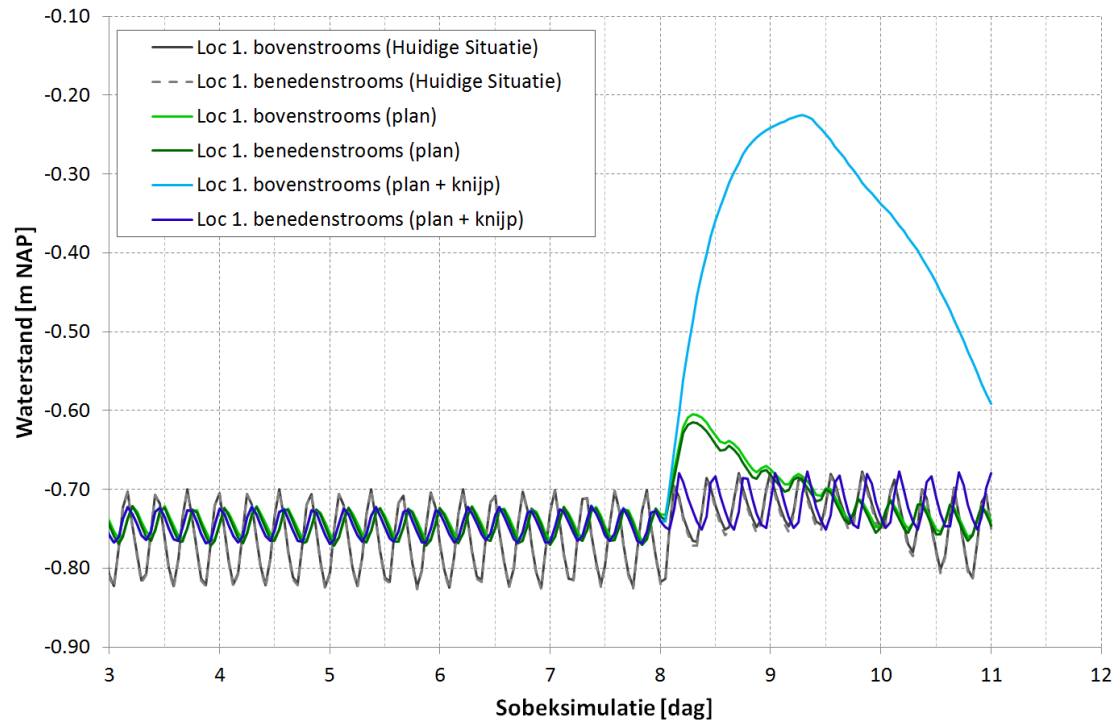




Figuur 9: Locatie knijpvoorziening



Figuur 10: Effect knijpvoorziening 250 l/s bij T=10+10%



Figuur 11: effect knijpvoorziening 150 l/s bij T=10+10%

Zonder knijpvoorziening stijgt het waterpeil op de Bruine Kil 10 cm ten opzichte de huidige situatie bij een T=10. Bij een knijpvoorziening van 250 l/s is dit nog 5 cm. Wanneer een knijpvoorziening van 150 l/s aangebracht wordt, blijft het peil benedenstroom op de Bruine kil gelijk aan de huidige situatie, maar het peil bovenstrooms stijgt te ver tot 0,2 m - NAP. Om de waterberging in de Bruine Kil optimaal te benutten is dus een knijpvoorziening van 250 l/s nodig op de aangegeven locatie. Om de berging ook bij T=100+10% optimaal te benutten, dient de knijpvoorziening te functioneren tot een hoogte van circa 0,30 m - NAP.

#### 4.6 KWELBEREKENINGEN

Vanwege de verbreding van de watergangen, wordt verwacht dat de kwel in het plangebied gaat toenemen ten gevolge van de verbreding van de watergangen in het terrein. De veranderingen in de kwelstroom zijn berekend met de formule van Mazure en gebaseerd op het uitgevoerde bodemonderzoek.

De toename van de kwel is vooral van belang tijdens een hoogwater situatie (T =10) op de Nieuwe Merwede. Het drukverschil tussen het peil op de rivier en het polderpeil is dan het hoogste. Om de verandering ten opzichte van de huidige situatie te kunnen kwantificeren, is gebruik gemaakt van beschikbare gegevens uit eerder uitgevoerde bodemonderzoeken.

##### *Gehanteerde waterpeilen en ontwerphoogtes*

Voor de maatgevende waterstand van de Nieuwe Merwede en de Maas zijn de 'waternormalen' van Rijkswaterstaat gehanteerd.

[http://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterdata\\_waterberichtgeving/statistieken\\_kengetallen/waternormalen/index.aspx](http://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterdata_waterberichtgeving/statistieken_kengetallen/waternormalen/index.aspx). De gegevens van de 'waternormalen' die voor de kwelberekening gebruikt zijn, zijn

weergegeven in bijlage 6. Uit deze gegevens wordt een referentiewaarde van 3,16 m + NAP (T=10) gelezen voor de Nieuwe Merwede en 2,35 m+NAP voor de Bergse Maas. Het gebied kent een polderpeil van 0,35/0,45 m - NAP. Het freatische grondwater zit gemiddeld op circa 0,2 m - NAP. Deze waarde is bepaald op basis van gegevens van het Peilbesluit Alm en Biesbosch en enkele metingen in te gebied.

Volgens het ontwerp is het verschil tussen de bestaande watergangen en de nieuwe watergangen als volgt:

- Breedte insteek: van 5,3 meter naar 8,3 meter.
- Breedte van bodem: van 2,4 meter naar 3,5 meter.
- Bodemdiepte: van 1,2 naar 1,5 m – NAP.

Het bestaande maaiveld bevindt zich tussen 0,9 en 0,4 m + NAP. Het gebied wordt opgehoogd tot 1,15 m+NAP. Voor de berekening van de kweltoename is de verdieping van het waterpartijen en daarmee de afname van de dikte van de deklaag in de waterpartijen van belang.

### ***Bodemopbouw***

Voor de schematisatie van de ondiepe bodemopbouw zijn de gegevens gebruikt van het geotechnisch onderzoek uitgevoerd (Geotechnisch onderzoek RBT, ADCIM, G2012047-rap-01, 5 november 2012).

Voor de deklaag is een bodemweerstand aangehouden van circa 150 dagen (c-waarde). Onder de deklaag bevindt zich het 1<sup>e</sup> WVP (1e watervoerend pakket), zie ook tabel 1. Dit pakket heeft een dikte van circa 25 meter en een gemiddelde doorlatendheid (k-waarde) van 27 m/dag.

### ***Kwelberekening***

De toename van de kwel is bepaald met behulp van een analytische berekening. Hiermee wordt een indruk verkregen van de toename van de kwel in de toekomstige situatie ten opzicht van de huidige situatie.

Met de formule van Mazure is de huidige kweldruk berekend. Voor de huidige situatie is een c-waarde (=bodemweerstand) voor de deklaag bepaald op 150 dagen. Deze inschatting is gedaan op basis van de volgende aannames:

- Dikte deklaag: 7,5 meter.
- Gemiddelde verticale doorlatendheid van de deklaag: 0,05 m/d.

De afstand van het plangebied tot de Nieuwe Merwede bedraagt circa 1.800 meter. Omdat het Steurgat in verbinding staat met de Nieuwe Merwede en de Maas wordt uitgegaan van de afstand tot het Steurgat als maatgevend voor de kwelberekening. Deze afstand bedraagt circa 1.000 meter. Omdat de waterstand bij T10 op de nieuwe Merwede hoger is dan op de Maas, wordt de waterstand van de Nieuwe Merwede als maatgevend beschouwd. Het terrein heeft een totale breedte van circa 600 meter, waarbij de kweldruk zal variëren – hoe dichterbij de rivier, hoe groter de kweldruk. Om de gemiddelde kweldruk te kunnen berekenen en een indruk te krijgen in de variaties hiervan in het terrein zelf, is de berekening uitgevoerd voor 5 verschillende afstanden: 1000, 1150, 1300, 1450 en 1600 m.

De resultaten van deze berekening zijn in de onderstaande tabel weergegeven. Uit de berekening is een gemiddelde kweldruk over het terrein van 0,827 mm/d berekend voor de huidige situatie en 0,861 mm/d voor de toekomstige situatie. Bij de toekomstige situatie is dus rekening gehouden met diepere en bredere waterpartijen voor het RBT.

Een deel van de kwel treedt uit via de bodem van de waterpartij en deels via de onder water liggende oevers. In de kwelberekening is geen rekening gehouden met het talud. In de berekening voor het oppervlak van de watergangen is uitgegaan van het oppervlak van de waterspiegel bij 0,20 m -NAP. Het totale wateroppervlak in de huidige situatie bedraagt circa 6.600 m<sup>2</sup>. Na het inrichten van het terrein, wordt het 33.320 m<sup>2</sup>.

In de volgende tabel zijn de rekenwaarden en de resultaten weergegeven.

Kwelberekening								gemiddeld
x	afstand tot de rand water	m	1000					
	afstand in het terrein	m	0	150	300	450	600	
k	Doorlatendheid 1 <sup>e</sup> wvp	m/d	27	27	27	27	27	
D of H	dikte of hoogte 1 <sup>e</sup> wvp	m	35	35	35	35	35	
c	Weerstand deklaag	d	150	150	150	150	150	
hp	Freatische grondwaterstand	m	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	
ho	peil van het buitenwater	m	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	
x	afstand totaal	m	1000	1150	1300	1450	1600	
$\lambda$	Spreidingslengte	m	376,50					
Huidige q (x)	debiet op afstand	m/d	0,001573	0,001056	0,000709	0,000476	0,000320	0,000827
	debiet op afstand	mm/d	1,573	1,056	0,709	0,476	0,320	0,827
Toekomstige q (x)	debiet op afstand	m/d	0,001639	0,001100	0,000739	0,000496	0,000333	0,000861
	debiet op afstand	mm/d	1,639	1,100	0,739	0,496	0,333	0,861

Tabel 7: Kwelberekeningen.

Op basis van deze gemiddelde waarden kweldruk, kunnen we de volgende debieten doorrekenen:

	Fase 1	Fase 1+2
Wateroppervlak huidig	5.400 m <sup>2</sup>	6.600 m <sup>2</sup>
Wateroppervlak toekomstig	21.970 m <sup>2</sup>	33.320 m <sup>2</sup>
Kwelwater huidig	4,47 m <sup>3</sup> /dag	5,46 m <sup>3</sup> /dag
Kwelwater toekomstig	18,92 m <sup>3</sup> /dag	28,69 m <sup>3</sup> /dag
Toename kwel	14,45 m <sup>3</sup> /dag	23,23 m <sup>3</sup> /dag
Toename kwel over 6 dagen	87 m <sup>3</sup>	138 m <sup>3</sup>

Tabel 8: Berekening totale kweltoename

Uit de berekening blijkt dat het volume van kwelwater met circa 23 m<sup>3</sup> per dag toeneemt over het hele bedrijfsterrein tijdens een hoogwater T=10. In normale situatie is, is het peilverschil lager en dus ook de kwelstroom. Voor de extra toestroom van 23 m<sup>3</sup>/dag is voldoende ruimte aanwezig in het watersysteem van het RBT. Voor de compensatie van de kweltoename moet rekening gehouden worden met 6 dagen kweldebiet. In totaal dient dus 138 m<sup>3</sup> extra waterberging te worden gerealiseerd.

#### 4.7 OPBARSTRISICO

Bij het verbreden en verdiepen van de waterpartijen zal een deel van de bovenste klei pakketten verwijderd worden. De zandlagen die hieronder liggen, tot een diepte van circa 2 m -mv worden ook doorgraven. Volgens het ontwerp worden de waterpartijen tot 1,5 m – NAP ontgraven. Hierdoor kan instabiliteit in de (water)bodem en risico van opbarsten ontstaan.

Om opbarstrisico te bepalen is voor de nieuwe situatie een berekening uitgevoerd. In deze berekening is onderzocht of de overblijvende bodemlagen voldoende is om weerstand te bieden tegen de grondwaterdruk in het onderliggende zandpakket (1<sup>e</sup> watervoerend pakket).

Het risico van opbarsten is bepaald aan de hand van een verticale evenwichtsbeschouwing met twee componenten: grondwaterdruk en gronddruk. Tijdens de natte maanden, wanneer de stijghoogte het hoogste is, is het risico van opbarsten het grootste. Uit de beschikbare peilbuisgegevens is geconstateerd dat de hoogste gemeten stijghoogte in het plangebied is waargenomen in peilbuis B-02 d.d. 02/07/12 en bedraagt 1,41 m + NAP. Opvallend is dat deze meting, ook al in een droge periode genomen, ruim 1 meter afwijkt van de andere metingen. Omdat we van de worst-case scenario uitgaan, beschouwen we deze meting als maatgevend voor de berekening van het opbarst gevaar.

Op basis van het verrichte bodemonderzoek door ADCIM Geotechniek (Regionaal bedrijventerrein te Werkendam, referentie G2012047-rap-01, d.d. 05/11/12) is het volgende bodemprofiel geschematiseerd. Dit bodemprofiel wordt beschouwd als maatgevend voor het RBT en is samengesteld op basis van sonderingen en laboratoriumonderzoeken. De bodemparameter zijn bepaald op basis van tabel 1 van NEN 6740.

Diepte in m t.o.v. NAP	Omschrijving	Dikte (m)	Volumegewichten	
			$\gamma$ aardvochtig	$\gamma$ nat
mv tot + 0,2 m	Klei zwak siltig	0,7	15,0	15,0
+ 0,2 m a - 0,7 m	Klei zandhoudend	0,9	17,9	17,9
- 0,7 m tot - 2,5 m	Zand zwak siltig	1,8	18,0	20,0
- 2,5 m tot - 4,4 m	Veen	1,9	10,5	10,5
- 4,4 m tot - 5,3 m	Klei humeus	0,9	12,6	12,6
- 5,3 m tot - 9,0 m	Klei zwak siltig	3,7	15,0	15,0
- 9,0 m tot - 9,5 m	Veen (basis)	0,5	10,5	10,5
Vanaf - 9,5 m	Zand (Pleistoceen)	-	18,0	20,0

$\gamma$  droog : volumiek gewicht droge grond (natuurlijk vochtgehalte) [kN/m<sup>3</sup>]

$\gamma$  nat : volumiek gewicht verzadigde grond [kN/m<sup>3</sup>]

De overige uitgangspunten voor de berekening worden hieronder weergegeven:

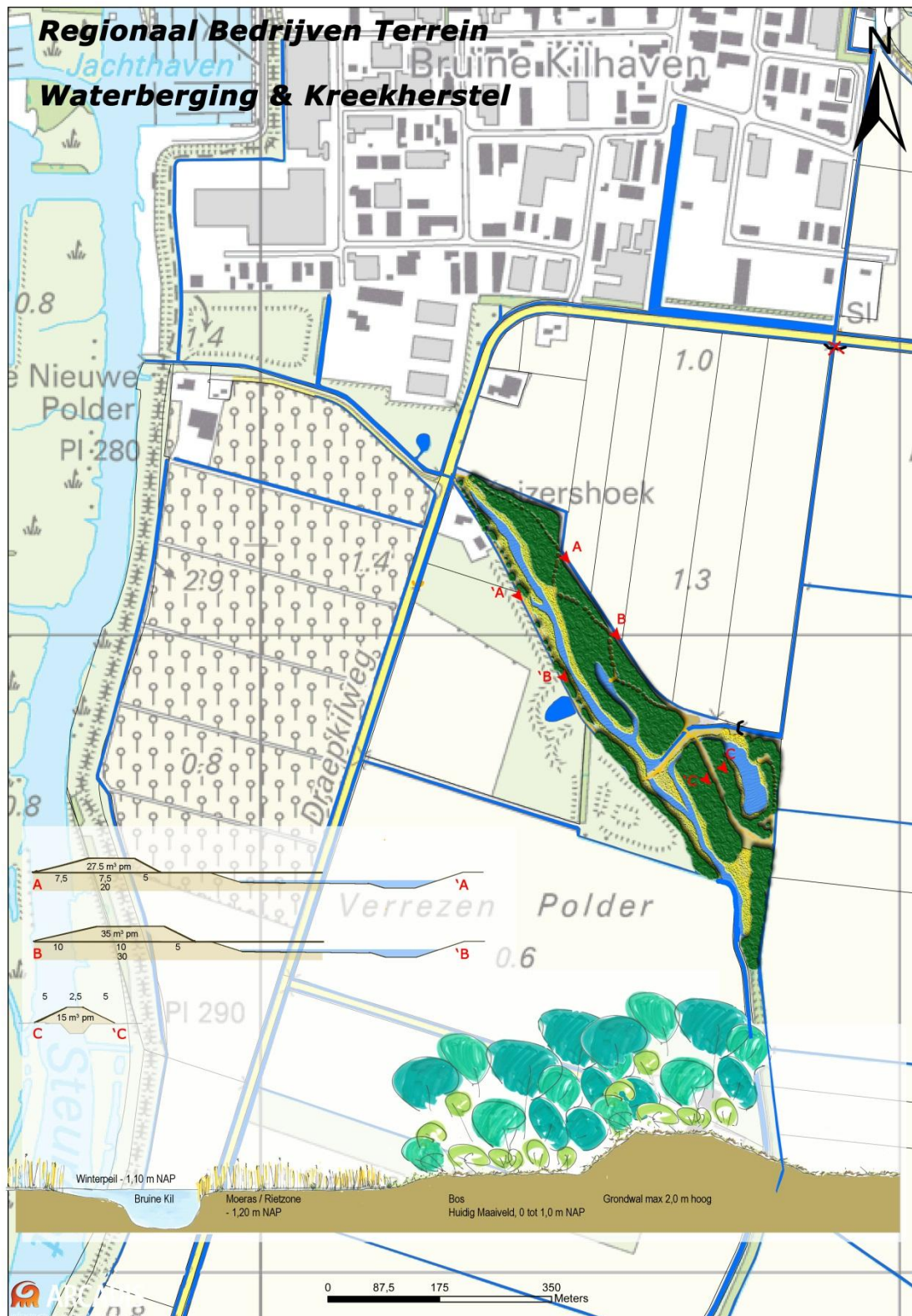
- Huidig niveau maaiveld: 0,40 m + tot 0,90 m + NAP.
- Toekomstig niveau verharding: 1,15 m + NAP.
- Freatische grondwaterstand: 0,2 m – NAP (op basis van metingen en Peilbesluit Alm en Biesbosch).
- Gemiddelde stijghoogte 1e watervoerend pakket : 0,0 m + NAP (op basis van peilbuizen).
- Maximale gemeten stijghoogte: 1,4 m + NAP.
- Maximale Ontgravingsdiepte: 1,5 m – NAP.
- Steilste talud waterpartijen: 1:2.
- Referentieniveau opbarsten 9,5 m – NAP (onderzijde deklaag).
- Waterkolom in de watergangen: 0,8 m.

Uit de berekening blijkt dat de overblijvend bodemlagen voldoende gewicht hebben om het opbarstrisico tegen te gaan. Op basis van de berekening en de toetsing volgens NEN6740 is er geen risico op het optreden van opbarsten van de klei- en veenlaag bij het verdiepen en verbreden van de waterpartijen in het bedrijventerrein. Uit de berekening blijkt wel dat de uitkomsten net binnen de veiligheidsmarges vallen. Het wordt dan ook afgeraden om de waterpartijen veel dieper te maken en/of lagere peilen te hanteren. De berekeningen zijn opgenomen in bijlage 7.

## 4.8 NATUURVRIENDELIJKE OEVERS EN KREEKHERSTEL

### 4.8.1 KREEKHERSTEL

Voor het realiseren van de waterbergingsopgave is gekozen voor het combineren van kreekherstel en waterberging op het bedrijventerrein. Langs de Bruine Kil wordt kreekherstel gerealiseerd in combinatie met waterberging. Op de ontwerpschets is uitgewerkt hoe de waterbergingsopgave wordt gerealiseerd. De diepere kreek krijgt een licht slingerend karakter binnen een bredere moeraszone. Vanuit de moeraszone gaat het gebied over in een Haagbeuken-essenbos. De kreek volgt waar mogelijk het oorspronkelijke tracé zoals rond 1900. Het diepe deel van de kreek loopt door tot de Draepkilweg. Indien gewenst kan in overleg met Staatsbosbeheer en het waterschap gekozen worden voor een grotere oppervlakte aan moeraszone voor de ecologische doelstelling, maar dit is voor de invulling van waterberging niet noodzakelijk.



Figuur 12: Inrichting Kreekherstel.

Het realiseren van de waterbergingsopgave door kreekherstel leidt op de lange termijn tot een verbetering van de Natura 2000 instandhoudingsdoelstellingen. De invulling met open water en moeraszone is een verbetering voor de habitatrichtlijnsoorten zoals bittervoorn, grote modderkruiper en kleine

modderkruiper. De invulling met moeraszones met rietvegetatie geeft daarnaast mogelijkheden voor broedvogels van rietvegetaties.

De een deel van de vrijkomende grond is verontreinigd en moet op de percelen worden hergebruikt. Hiertoe wordt aan de noordzijde een kade aangelegd van 2,0 meter hoog. Ter plaatse van de moeraszone wordt afgegraven tot 0,1 m beneden het winterpeil. Het overig deel van de vrijkomende grond kan op andere percelen worden toegepast. Bijvoorbeeld voor de ophoging van het toekomstig bedrijventerrein.

De bestaande wandelpaden blijven behouden of komen terug in de nieuwe situatie. Door gebruik van enkele bruggetjes in de nieuwe situatie kan er een interessant uitloopegebied ontstaan. Het is wel van belang dat dit niet conflicteert, vanwege verstoring, met doelstellingen die gesteld zijn in het kader van Natura 2000 of EHS.

#### 4.8.2 NATUURVRIENDELIJKE OEVERS

In het beleid van het waterschap Rivierenland is opgenomen dat bij nieuwe watergangen op 35% van de lengte natuurvriendelijke oevers moeten worden aangelegd. Bij het RBT wordt deze gerealiseerd aan de zuid- en oostzijde en door middel van kreekherstel van de Bruine Kil. Er is gekozen voor de zuid- en oostzijde omdat hierdoor een brede buffer ontstaat met de landbouwgebieden aan de zuidzijde en er een ecologische verbinding wordt gevormd tussen de Bruine Kil en Bakkerskil. De zuidzijde is de kortste verbinding en er is minder verstoring doordat de natuurvriendelijke oever niet midden op het bedrijventerrein ligt. De oever wordt op de noordzijde aangelegd, zodat deze op de zon gericht is. Naast natuurvriendelijke oevers wordt lijnvormige beplanting aangebracht voor vleermuizen.

In onderstaande tabel zijn de totale lengte van watergangen en de lengte van natuurvriendelijke oevers aangegeven:

Totale lengte watergangen	3305 m
Totale lengte oevers	6610 m
Lengte natuurvriendelijke oever RBT	1220 m
Lengte natuurvriendelijke oever Bruine Kil	1340 m
Totale lengte natuurvriendelijke oever	2560 m
Percentage natuurvriendelijke oever	38,7%

Tabel 9: Lengte natuurvriendelijke oever.

#### 4.9 BEHEER EN ONDERHOUD

Het onderhoud van de watergangen en waterpartijen op het RBT wordt door de het waterschap Rivierenland uitgevoerd. Alle watergangen krijgen een A-status. Het onderhoud van het zuidelijk deel van de Bruine Kil en de Moeraszone tot aan de instroom vanuit het RBT wordt het waterschap Rivierenland uitgevoerd. Het noordelijk deel van de Bruine Kil en de Moeraszone wordt door de gemeente Werkendam in overleg met Staatsbosbeheer uitgevoerd.



*Watergangen en waterpartijen*

- Maaifrequentie ( 1x/jr.) in eind september – begin oktober.
- Onderhoud vanaf de kant met de kraan met tractor voorzien van giek.

*Natuurvriendelijke oever*

- Maaifrequentie ( 1x/jr.), waarbij steeds 1/3 wordt gemaaid.
- Te sparen blokken zijn minimaal 200 m<sup>2</sup>.
- Max. 20 % struweel aanwezig.
- Geen slotmaaisel of bagger op oever deponeren.
- Geen begrazing door vee.
- Soms rigoureuze uitkrabben omdat oever teveel omhoog komt.
- Onderhoud met tractor voorzien van giek.

*Moeraszone Bruine Kil*

In de kreken is overal een onnatuurlijk peil aanwezig, met een hoog zomerpeil en laag winterpeil. Hierdoor is aanplant van riet noodzakelijk. Dit vindt plaats door aanwezig riet op andere locaties af te pluggen en deze (plaatselijk) in de afgegraven delen te plaatsen. Voordeel hiervan is dat vraat door ganzen beperkt blijft en er gelijk volwassen rietplanten wordt geplaatst.

Het maximaal beheer en onderhoud bestaat uit het tegengaan van de verlanding en het creëren van meer variatie in jong en overjarig riet. Het beheer en onderhoud bestaat uit cyclisch beheer van 5 jaar. Dit betekent dat ieder jaar 20% van de rietzones wordt gemaaid. Het maaien wordt uitgevoerd in stroken, het maaisel wordt vervolgens afgevoerd. Het maaien van de rietzones kan op de volgende wijze worden uitgevoerd:

- Smalle zones (0-7 meter) kunnen worden gemaaid van de maaiboot of vanaf de oever. In overleg met Staatsbosbeheer en het waterschap, kan bij de rietzones rekening worden gehouden met een onderhoudspad op de oever.
- Brede zones kunnen met de hand worden gemaaid. Hierdoor kan het werk selectiever worden uitgevoerd, maar is wel zeer arbeidsintensief.
- Tijdelijk verlagen van het waterpeil. Door het waterpeil in de kreken tijdelijk te verlagen middels het gemaal komen de rietzones droog te staan. Het maaien kan dan eenvoudiger machinaal worden uitgevoerd. Het materieel dient wel aangepast te zijn op de drassige omstandigheden.

*Tijdsperiode*

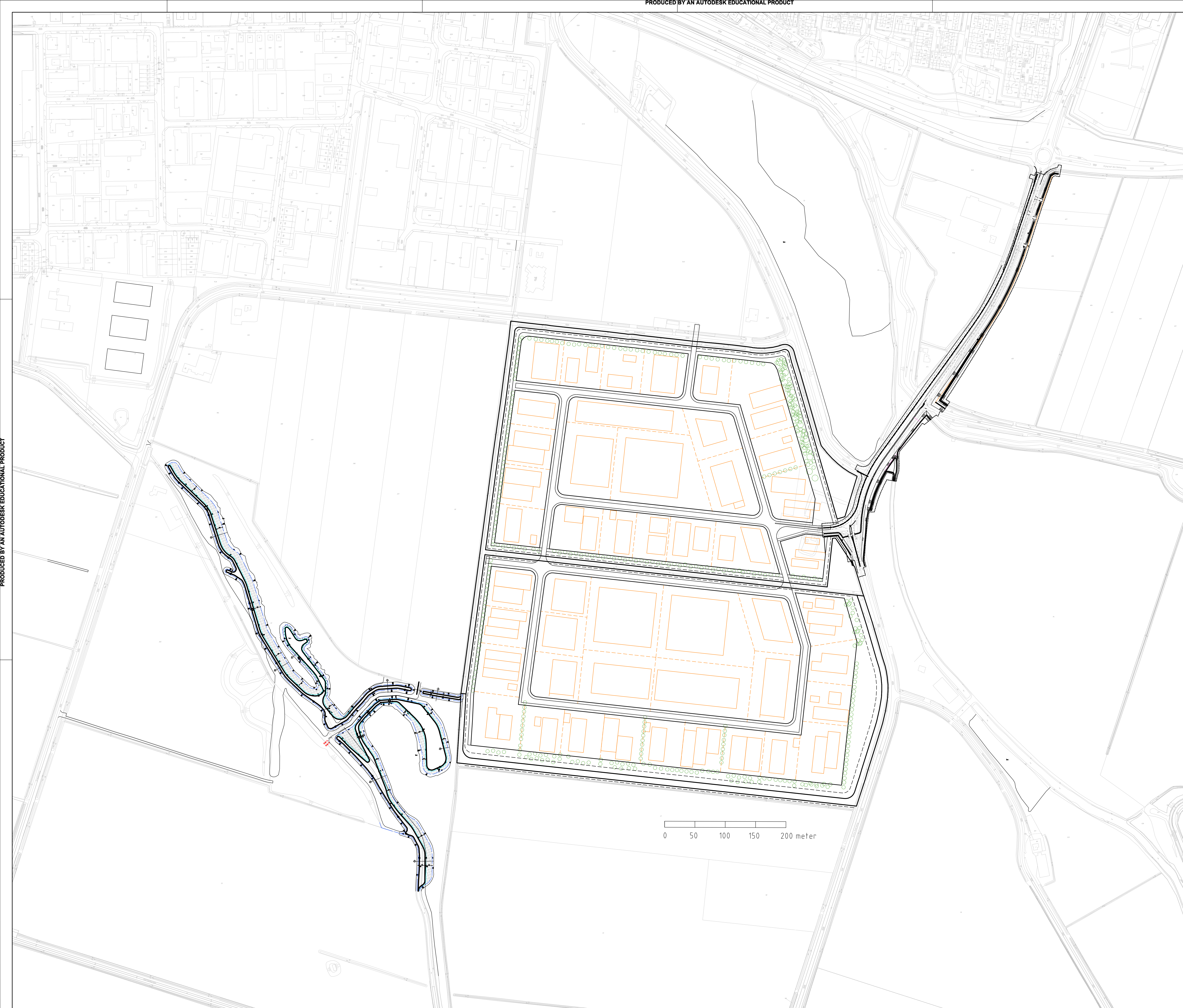
De waterrietvegetatie kan het beste in het voorjaar worden aangelegd. In deze periode is de ontwikkeling van het riet het grootst. Het maaien dient in de winter plaats te vinden, wanneer riet in rust is. Voor het broedseizoen (maart) dient het maaisel afgevoerd te worden. Het waterpeil kan in de winter eenvoudiger worden verlaagd zonder nadelige effecten voor de landbouw en het broedseizoen voorbij is.



## Bijlage 1

# Ontwerp tekening RBT Werkendam en Kreekherstel





0 50 100 150 200 meter

Gecoördineerd	Vrijgegeven	
<b>ARCADIS</b> Infrastructuur - Water - Milieu - Gebouwen	Stationsplein 18d Postbus 1632 6201 BP Maastricht Tel 043 3823 311 Fax 043 3839 981 info@arcadis.nl www.arcadis.nl	
Opdrachtgever :		
Ontwerp :		
Project :		
Onderwerp :		
Fase :	Divisie :	
Schaal :	Status :	
Contractnummer :	Projectleider :	
Projectnummer :	Tekeningnummer :	Versie :



## Bijlage 2

# Rioleringsplan







**Gemeente  
Werkendam**

## **Memo**

---

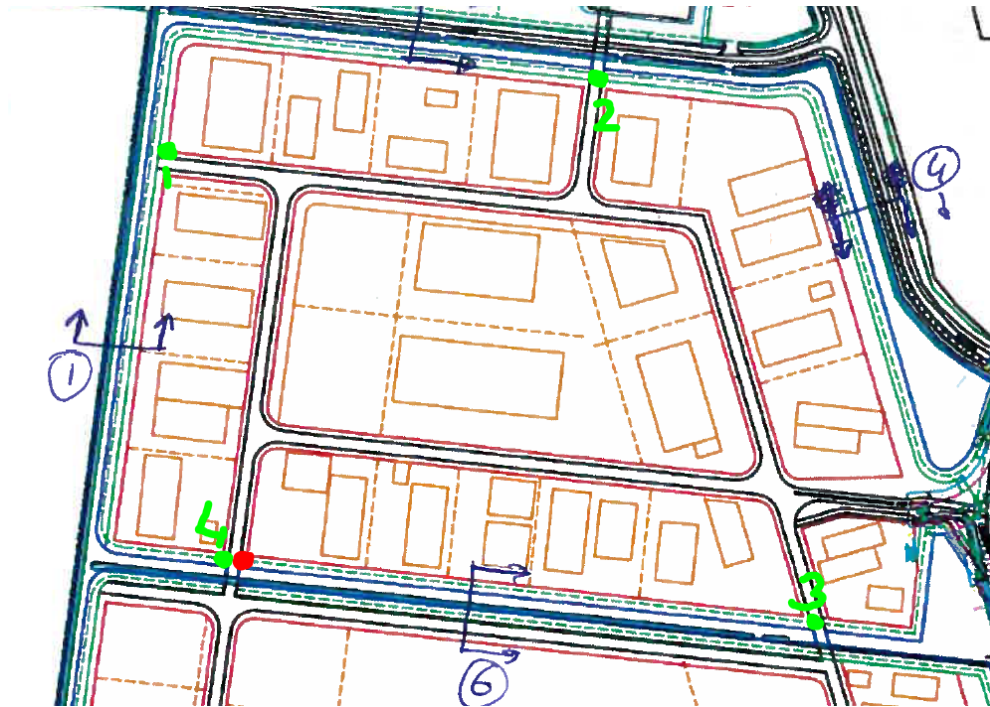
Datum	15 april 2014	zaaknummer:
Aan	Engel van der Stelt	
C.c.		
Van	Harold Scheepers	
Onderwerp	rioolplan RBT	

---

### **Uitgangspunten**

Voor het rioleringsplan zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Straatpeil 1,15 m+NAP;
- Zomerpeil oppervlaktewater 0,35 m-NAP;
- Regenwater van terreinen, wegen en daken van percelen die niet aan water grenzen wordt afgevoerd naar het verbeterd gescheiden stelsel (vgs);
- Regenwater van daken van percelen die grenzen aan het water wordt afgevoerd naar het oppervlaktewater, behalve bij daken die grenzen aan een natuurvriendelijke oever (in verband met lastig realiseren van de uitstroom, afgesproken tijdens spreekuur op 3 december met het waterschap);
- Vier overstorten vgs (nummers 1 tot en met 4 in onderstaande figuur);
- Hoogte overstortdrempel 0,20 m+NAP;
- Locatie gemaal op grens fase 1 en 2 naast de westelijke straat (zie rode stip in onderstaande figuur);
- Ontwerpbui bui 08 Leidraad Riolering (herhalingstijd twee jaar), waking 0,20 meter;
- Minimale dekking 1,20 meter;
- Bodemverhang vuilwaterriool 1 op 500, regenwaterriool waar mogelijk 1 op 500, eventueel flauwer;
- Verticale afstand tussen twee riolen bij kruising minimaal 0,25 meter.



### Verhard oppervlak

Het verhard oppervlak voor fase 1 is bepaald op basis van het stedenbouwkundig ontwerp. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- 50% perceelsoppervlak wordt dakoppervlak;
- 50% perceelsoppervlak wordt verhard terreinoppervlak;
- Oppervlak openbare wegen is berekend op basis van 8 meter wegbreedte, vermeerderd met 25% voor aan te leggen inritten.

Het verhard oppervlak is verdeeld over de putten van het regenwaterriool volgens onderstaande tabel. In totaal is 11,8 ha aangesloten. 5,2 ha wordt direct op het oppervlaktewater aangesloten. In fase 1 grenzen de percelen niet aan een natuurvriendelijke oever, derhalve worden alle daken afgekoppeld van percelen die grenzen aan het water.

<b>BEREKENING VERHARD OPPERVLAK OP RIOLERING FASE 1 RBT</b>								
Uitgangspunten (aanpassen in overzichtsblad!)								
percentage verhard wegen	125% (extra verharding voor inritten in berm, 8 m wegbreedte aangehouden)							
percentage dakoppervlak perceel	50% (moet 50% tot 80% zijn, mag evt minder zijn onderbouwd, maar gemiddeld uitgaan van 50%)							
percentage terreinverharding perceel	50% (uitgegaan van 100% verharding per perceel, evt dit verminderen bij minder dan 100%)							
aansluitpercentage daken aan water	0% (percentage van het dakoppervlak grenzend aan water dat op het riool aangesloten wordt)							
putnummer	opgemeten oppervlak			aangesloten verhard oppervlak			totaal	
	openbaar wegen	percelen aan water	percelen niet aan water	op basis van uitgangspunten			aangesloten m2	afgekoppeld m2
	wegen			wegen	terrein	dak		
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	640	4.800	0	800	2.400	0	3.200	2.400
3	570	5.000	0	713	2.500	0	3.213	2.500
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1.160	5.000	5.220	1.450	5.110	2.610	9.170	2.500
6	0	4.200	0	0	2.100	0	2.100	2.100
7	570	0	0	713	0	0	713	0
8	500	5.325	0	625	2.663	0	3.288	2.663
9	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	4.950	0	0	2.475	0	2.475	2.475
11	0	4.950	4.192	0	4.571	2.096	6.667	2.475
12	1.320	0	4.193	1.650	2.097	2.097	5.843	0
13	0	5.300	0	0	2.650	0	2.650	2.650
14	570	0	0	713	0	0	713	0
15	650	0	0	813	0	0	813	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0
17	520	4.425	0	650	2.213	0	2.863	2.213
18	0	13.315	5.775	0	9.545	2.888	12.433	6.658
19	0	4.950	0	0	2.475	0	2.475	2.475
20	1.320	0	3.850	1.650	1.925	1.925	5.500	0
21	0	10.125	0	0	5.063	0	5.063	5.063
22	1.580	0	0	1.975	0	0	1.975	0
23	500	0	0	625	0	0	625	0
24	600	4.500	0	750	2.250	0	3.000	2.250
25	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	7.275	0	0	3.638	0	3.638	3.638
27	0	0	3.850	0	1.925	1.925	3.850	0
28	1.200	5.600	0	1.500	2.800	0	4.300	2.800
29	0	0	8.700	0	4.350	4.350	8.700	0
30	1.320	8.400	8.700	1.650	8.550	4.350	14.550	4.200
31	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	6.000	5.220	0	5.610	2.610	8.220	3.000
<b>totaal</b>	<b>13.020</b>	<b>104.115</b>	<b>49.700</b>	<b>16.275</b>	<b>76.908</b>	<b>24.850</b>	<b>118.033</b>	<b>52.058</b>

## Regenwaterriolering

Het rioolstelsel is voor fase 1 doorgerekend met behulp van excel. Het rioolstelsel is daarbij opgedeeld in vier subgebieden, voor elke overstort één. Elk gebiedje heeft daarbij twee eindputten (die het verst van de overstort vandaan gelegen zijn). Voor de berekening is uitgegaan van de maximum neerslagintensiteit bij bui 08, 110 l/s.ha. In eerste instantie is een minimaal ontwerp berekend. In onderstaande tabel is dit samengevat.

De riolen zijn bij deze variant maximaal 700 mm in doorsnede.

**Tabel 1. Overzicht minimale variant**

<b>putten met minimale waking (eindput per subgebied)</b>		
putnummer	waking [m]	
4	0,55	
30	0,24	
5	0,22	
11	0,39	
12	0,39	
19	0,27	
20	0,24	
29	0,23	
<b>overstortbreedtes en overstortstralen</b>		
subgebied	breedte [m]	straal [m]
1	2	0,21
2	2	0,18
3	2	0,20
4	2	0,24
<b>verharding op riool</b>		[ha]
totaal		11,8
<b>berging</b>		[mm]
totaal		2,6

Bij de minimale variant zijn de marges vrij gering. De waking is op meerdere plekken nipt meer dan 0,20 meter. De opstuwung in sommige riolen is vrij fors, tot zelfs 1 op 225 (een vuistregel is 1 op 500 opstuwung maximaal). Door de relatief korte afstanden tot de overstorten is dit bij deze bui nog geen probleem, maar het gevolg is dat bij nog zwaardere buien de opstuwung zeer fors toeneemt. Daarnaast is er door de geringe waking weinig marge indien bijvoorbeeld meer terreinverharding gerealiseerd wordt in plaats van dakoppervlak of indien bedrijven toch dakoppervlak aansluiten op de terreinriolering.

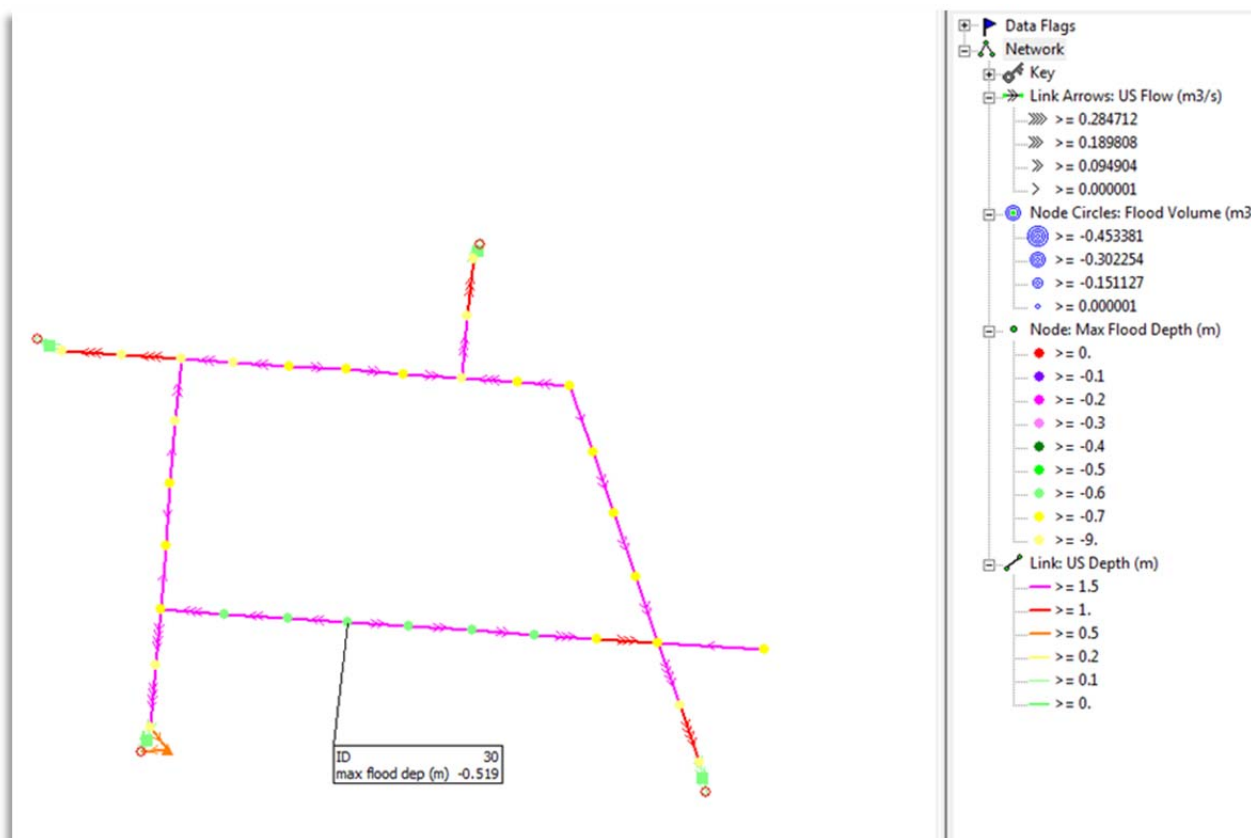
Daarom is een variant berekend waarbij de marges vergroot zijn. Daarbij komt de opstuwung per rioolstreng niet boven de 1 op 500 uit. Dit is te bereiken door veel riolen net één maat groter aan te leggen. De maximale diameter bedraagt daarbij 800 mm. Dit ontwerp kan zelfs de maximale intensiteit van een bui eens per 5 jaar aan, namelijk 160 l/s.ha, zonder dat water op straat komt. Ook zouden alle daken aangesloten kunnen worden zonder dat bij bui 08 water op straat komt, de waking is dan nog minimaal 0,15 meter.

Met relatief kleine rioolvergrotingen (1 maat groter) is dus veel meer veiligheidsmarge te bereiken. Daarom is voor het vervolg van het ontwerp van dit ontwerp uitgegaan.

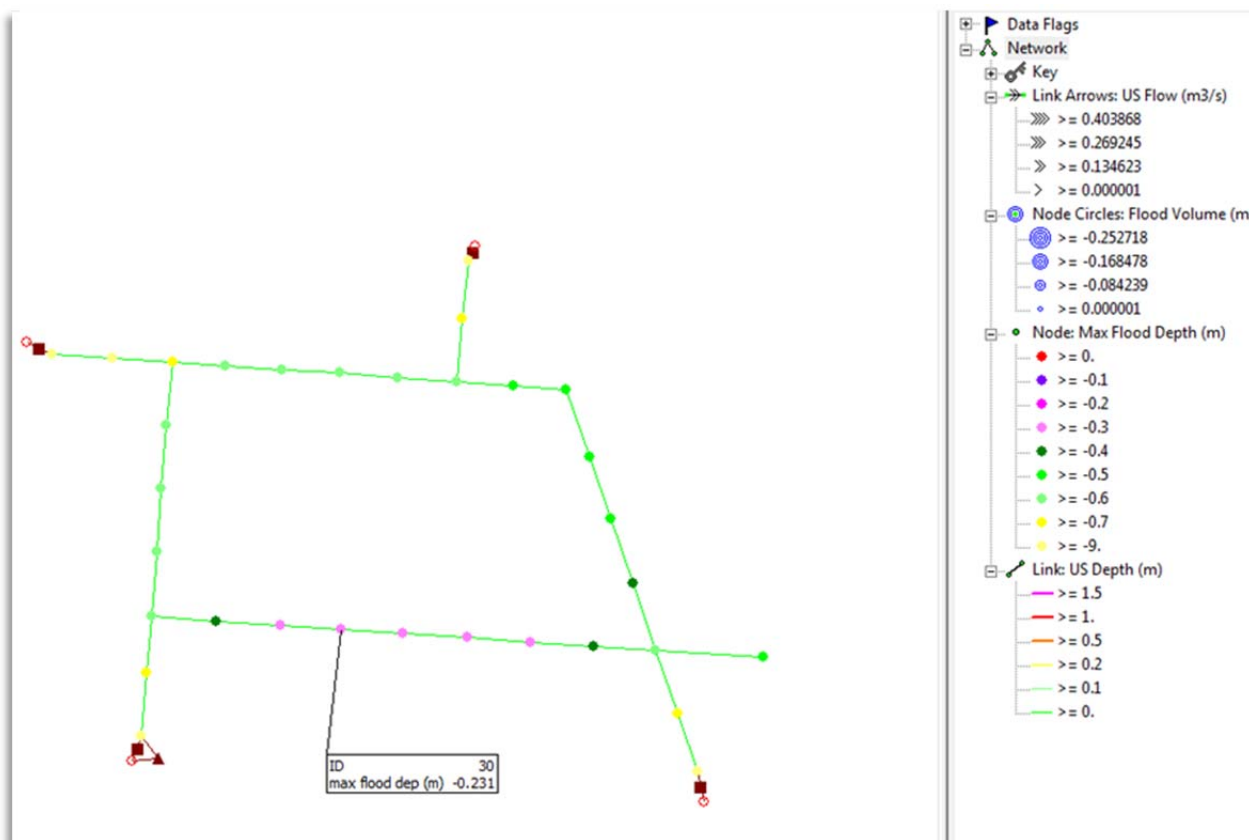
**Tabel 2. Overzicht variant met marge**

<b>putten met minimale waking (eindput per subgebied)</b>		
putnummer	waking [m]	
4	0,62	
30	0,44	
5	0,57	
11	0,63	
12	0,58	
19	0,54	
20	0,53	
29	0,42	
<b>overstortbreedtes en overstortstralen</b>		
subgebied	breedte [m]	straal [m]
1	2	0,21
2	2	0,18
3	2	0,20
4	2	0,24
<b>verharding op riool</b>		
	[ha]	
totaal	11,8	
<b>berging</b>		
	[mm]	
totaal	3,5	

Het rioolontwerp is vervolgens ook nog gecontroleerd (door gemeente Breda) met behulp van Infoworks.



Afbeelding 1. Controle riolering met bui 08



**Afbeelding 2. Controle riolering met bui 09**

Uit de berekeningen met Infoworks blijkt ook dat het ontworpen rioelstelsel voor fase 1 bui 09 (eens per vijf jaar) kan verwerken zonder water op straat.

### Vuilwaterriolering

Het afvalwater wordt ingeschat op 1 m<sup>3</sup>/u per bruto hectare plangebied. Voor het gehele RBT komt dat neer op 45 m<sup>3</sup>/u afvalwater. Voor fase 1 betreft dit ongeveer de helft. Een vuilwaterriool met een diameter van 300 mm en een vulling van 50% kan bij een verhang van 1 op 500 ongeveer 70 m<sup>3</sup>/uur verwerken. Een diameter van 300 mm is op zich dus voldoende voor het gehele bedrijventerrein. De afvalwaterafvoer is echter maar een inschatting en is afhankelijk van de bedrijven die zich vestigen. Voor de veiligheid wordt het deel tussen fase 1 en fase 2 ter

hoogte van het gemaal daarom uitgevoerd met een diameter van 400 mm, over een lengte van ca 110 meter. In zowel fase 1 als fase 2 splitst het riool zich daarna bovenstrooms in twee richtingen, waardoor het debiet per streng dus alweer gehalveerd wordt.

### **Regenwaterpompen**

Bij een verbeterd gescheiden stelsel wordt altijd nog een bepaalde hoeveelheid regenwater naar de zuivering verpompt. Het standaard uitgangspunt is een pompcapaciteit voor de regenwaterpomp van 0,2 mm/uur. Deze pompt vanaf het begin van de bui totdat het riool weer leeg is. Hoe meer berging, hoe meer regenwater verpompt wordt dus.

Voor verschillende varianten is in beeld gebracht hoeveel regenwater naar de zuivering verpompt wordt. Het percentage is de hoeveelheid regenwater die op jaarbasis (neerslag 2012 als basis gebruikt) naar de zuivering verpompt wordt gedeeld door de totale hoeveelheid neerslag die valt op alle verharding binnen fase 1 van het plangebied. Het onverhard oppervlak en het wateroppervlak zijn daarbij niet meegerekend. Als die wel meegerekend worden, valt het percentage dus lager uit. Bij de inloop is rekening gehouden met 10% inloopverlies.

De volgende varianten zijn berekend:

1. 2,6 mm berging en 0,2 mm/u pompcapaciteit (minimale rioolontwerp)
2. 3,5 mm berging en 0,2 mm/u pompcapaciteit (rioolontwerp met marge)
3. 2,6 mm berging en 0,1 mm/u pompcapaciteit (ledigingstijd ca 1 dag)
4. 3,5 mm berging en 0,15 mm/u pompcapaciteit (ledigingstijd ca 1 dag)
5. Bovenstaande vier varianten met aanleg regenwaterriool daken voor de binnenring (2,5 ha extra afgekoppeld)
6. Bovenstaande vier varianten zonder afkoppelen daken (alle daken op het regenwaterriool);
7. 3,5 mm berging met twee pompen. Eén pomp pompt naar de zuivering vanaf begin bui totdat 1 mm berging gevuld is met 0,1 mm/u, de tweede pomp neemt het daarna over en pompt de rest naar het oppervlaktewater met 0,2 mm/u. Deze pompt door totdat de berging weer geleegd is tot 1 mm en dan neemt de eerste pomp het weer over.
8. Bovenstaande variant met afkoppelen binnenring
9. Bovenstaande variant zonder afkoppelen daken (alle daken op het regenwaterriool)



**Tabel 3. afvoerpercentage regenwater naar zuivering**

Variant	omschrijving	% naar rwzi
1	2,6 mm plus 0,2 mm/u	39%
2	3,5 mm plus 0,2 mm/u	42%
3	2,6 mm plus 0,1 mm/u	31%
4	3,5 mm plus 0,15 mm/u	39%
5a	2,6 mm plus 0,2 mm/u plus binnenring	31%
5b	3,5 mm plus 0,2 mm/u plus binnenring	33%
5c	2,6 mm plus 0,1 mm/u plus binnenring	24%
5d	3,5 mm plus 0,15 mm/u plus binnenring	31%
6a	2,6 mm plus 0,2 mm/u, alle daken op riool	56%
6b	3,5 mm plus 0,2 mm/u, alle daken op riool	61%
6c	2,6 mm plus 0,1 mm/u, alle daken op riool	44%
6d	3,5 mm plus 0,15 mm/u, alle daken op riool	56%
7	Extra pomp naar het oppervlaktewater	13%
8	Extra pomp naar het oppervlaktewater met binnenring	10%
9	Extra pomp naar het oppervlaktewater, alle daken op riool	19%

Het aanleggen van een extra regenwaterriool voor de daken die niet grenzen aan het oppervlaktewater verlaagt het percentage regenwater dat naar de zuivering wordt vervoerd dus met ongeveer 8% absoluut. Het effect van het verlagen van de pompcapaciteit naar 0,1 of 0,15 mm/uur is ongeveer even groot. Andersom beredeneerd kan het effect van het aanleggen van een extra riool om dakwater af te koppelen en de zuivering te ontlasten dus weer geheel teniet gedaan worden door een iets te hoge pompcapaciteit. Besloten is daarom geen extra regenwaterriool aan te leggen voor de daken in de binnenring.

Het aansluiten van alle daken op het riool leidt tot circa 17% meer regenwater naar de zuivering. Ook wordt de waking in het riool dan vrij klein en moet het riool dus eigenlijk nog wat vergroot worden. Besloten is als uitgangspunt te hanteren dat de daken die grenzen aan het water afgekoppeld worden. Alleen bij natuurvriendelijke oevers worden mogelijk alsnog de daken op het riool aangesloten, omdat het realiseren van een uitstroombak in een natuurvriendelijke oever lastig/niet fraai is. Voor fase 1 is dit echter nog niet van toepassing, de natuurvriendelijke oevers zijn pas in fase 2 gepland.

Het installeren van een extra pomp heeft verreweg het grootste positieve effect. De afvoer naar de zuivering neemt met bijna 30% af van 42% naar 13%. Een binnenring heeft dan ook weinig effect, het percentage wordt dan 10% in plaats van 13%.

Uiteindelijk wordt gekozen voor variant 7, waarbij de pompcapaciteit naar oppervlaktewater en de pompcapaciteit naar zuivering beiden op 0,15 mm/uur worden ingesteld. De afvoer naar de zuivering bedraagt dan 14%, bijna gelijk aan variant 7 uit tabel 3 dus.

### **Invloed op de oppervlaktewaterkwaliteit**

Door een tweede pomp te installeren die water naar het oppervlaktewater pompt, wordt alleen de first flush verpompt naar de zuivering. Tijdens droog weer wordt alles verpompt naar de zuivering, dus ook het water van eventuele verkeerde aansluitingen. Tijdens regen wordt in eerste instantie ook alles naar de zuivering verpompt met 0,15 mm/u. Echter na het bereiken van een bepaald peil (voorstel bij ongeveer 1 mm berging gevuld), schakelt de pomp naar de zuivering uit en neemt de pomp naar het oppervlaktewater het over. Op welk moment dit is, is afhankelijk van de neerslagintensiteit. Wanneer het 2 mm/uur regent, duurt dit ongeveer een half uur (in praktijk nog langer in verband met instroomverliezen), wanneer het begint te stortregenen kan dit na een minuut al het geval zijn (hoewel er wel instroomvertraging zal zijn).

Bij een verbeterd gescheiden stelsel met een poc van 0,2 mm/u en een berging van 3,5 mm wordt ca 68% (536 mm) van het water dat het riool instroomt, afgevoerd naar de zuivering. Dit is minder dan in tabel 3 staat, omdat in tabel 3 meegerekend is dat regen die op afgekoppelde daken valt, niet afgevoerd wordt naar de zuivering en omdat in tabel 3 inloopverliezen het percentage ook nog wat verlagen. Bij het toepassen van de tweede pomp neemt dit percentage af naar 22% (172 mm). De tweede pomp pompt ongeveer 2100 uur (deze verpompt 316 mm met 0,15 mm/uur). De overstortduur is ongeveer 315 uur. Bij een normaal vgs is dit ongeveer 250 uur. Er komt in circa 2200 uur tijd 360 mm meer regenwater in het oppervlaktewater terecht. Voor fase 1 komt dat neer op 42.500 m<sup>3</sup> over 11,8 hectare. Stel dat er sprake is van 5% verkeerde aansluitingen. In fase 1 is de hoeveelheid afvalwater maximaal 22 m<sup>3</sup>/uur. Gemiddeld is dat ongeveer 11 m<sup>3</sup>/uur. 5% verkeerde aansluitingen komt dan neer op ca 0,5 m<sup>3</sup>/uur. In 2200 uur komt dan 1100 m<sup>3</sup> afvalwater in het oppervlaktewater terecht. Dit is 2,5% ten opzichte van de hoeveelheid regenwater van 42.500 m<sup>3</sup> die in diezelfde tijd geloosd wordt. Er is dus sprake van een grote verdunning. Uiteraard wordt getracht het aantal verkeerde aansluitingen zoveel mogelijk tegen te gaan.

Regenwater is niet schoon. Van een echte first flush (wat de gedachte is achter een vgs) is echter vaak geen sprake. Wanneer het zacht begint te regenen, kan het zijn dat vuil op het oppervlak blijft liggen en niet afstroomt en dat slib in het riool op de bodem blijft liggen. Als het na een poos hard gaat regenen, komt het vuil en slib dan los en neemt de concentratie afvalstoffen in het regenwater toe. Bij het systeem met twee pompen gaat meer regenwater naar het oppervlaktewater en is de kans dus groter dat er meer afvalstoffen geloosd worden. Bij een normaal vgs kan de piek in de bui en de verhoogde concentratie afvalstoffen echter ook optreden als de overstorten al in werking zijn.

Het voorstel van de gemeente is om een extra regenwaterpomp te installeren. Eén pomp pompt naar de zuivering vanaf begin bui totdat ca 1 mm berging gevuld is met 0,15 mm/u, de tweede pomp neemt het daarna over en pompt de rest naar het oppervlaktewater met 0,15 mm/u. Deze pompt door totdat de berging weer geleegd is tot 1 mm en dan neemt de eerste pomp het weer over. De tweede pomp kan ook nog zo aangestuurd worden dat deze niet pompt als het stelsel zich nog aan het vullen is, zodat deze alleen de berging leeg pompt. Het is niet erg zinvol dat de tweede pomp water naar het oppervlaktewater pompt, als de overstorten ook overstorten.

Rioned is momenteel bezig met onderzoek naar de waterkwaliteit van verbeterd gescheiden stelsels. Een stelsel als hierboven beschreven, met een pomp naar het oppervlaktewater, wordt binnen dat onderzoek ook meegenomen. Dit betreft een stelsel in Eindhoven. De resultaten van dat onderzoek zullen te zijner tijd bekeken worden. Mogelijk kan dat leiden tot een aanpassing in het ontwerp van bovenstaand stelsel. In het meest ongunstige geval kan dat er toe leiden dat er alleen een pomp ingesteld wordt die naar de zuivering pompt en geen pomp die naar het oppervlaktewater pompt. De pompcapaciteit naar de zuivering kan dan echter gelijk blijven aan de capaciteit zoals hierboven beschreven, ofwel 0,15 mm regenwater per uur. Op de piekafvoer naar de zuivering en de diameter van de persleiding heeft dat dan geen invloed, er wordt dan alleen gedurende langere tijd regenwater naar de zuivering verpompt. Het onderzoek in Eindhoven zou ook kunnen leiden tot nader onderzoek naar het stelsel van het RBT wanneer het gerealiseerd is.

### **Afvoer naar de rioolwaterzuivering**

Het afvalwater en de first flush van het regenwater worden afgevoerd naar de zuivering. Het afvalwater wordt ingeschat op 1 m<sup>3</sup>/u per bruto hectare plangebied. Voor het gehele RBT komt dat neer op 45 m<sup>3</sup>/u afvalwater. Voor fase 1 betreft dit ongeveer de helft.

Zoals aangegeven worden voor het regenwater twee pompen geïnstalleerd. Eén pomp pompt naar de zuivering, met een capaciteit van 0,15 mm/uur over het aangesloten verhard oppervlak. Voor geheel fase 1 komt dit neer op 18 m<sup>3</sup>/uur. De tweede pomp pompt bij meer dan 1 mm stelselvulling met 0,15 mm/uur, ofwel 18 m<sup>3</sup>/u, naar het oppervlaktewater.

De afvoer naar de zuivering bedraagt na realisatie fase 1 totaal ca 40 m<sup>3</sup>/uur. Na realisatie fase 2 bedraagt de afvoer 90 m<sup>3</sup>/uur.

Met het ontwerp van de persleiding moet al wel rekening gehouden worden met de toekomstige totale capaciteit.

Er is geen rekening gehouden met mogelijke afvoer van regenwater van zwaar verontreinigde oppervlakken via het vuilwaterriool. Soms wordt het door het waterschap verplicht om een verhard oppervlak aan te sluiten op het vuilwaterriool, bijvoorbeeld een onoverdekte afsputplaats. Bij 20 mm regen in een uur leidt 100 m<sup>2</sup> verhard oppervlak al tot 2 m<sup>3</sup>/uur extra afvoer op het vuilwaterriool. Bij aansluiting van meerdere en/of flinke verharde oppervlakken op het vuilwaterriool, kan dit al snel dus leiden tot een grote extra afvoer op het vuilwaterriool. Het vuilwaterriool heeft ook enige berging (circa 100 m<sup>3</sup>), dus de pompcapaciteit hoeft daar niet direct voor vergroot te worden. Bij het ontwerp van het vuilwaterriool is geen rekening gehouden met extra aansluitingen van verhard oppervlak. Enige marge is er dus echter wel. Wel is het zaak deze extra aansluitingen zoveel mogelijk te beperken.

Voor de persleiding zijn enkele opties bekeken, zie onderstaande figuur.



onderzoek is ook gebleken dat aansluiting op de bestaande persleiding van Bruinekilhaven niet kan zonder aanpassing van enkele gemalen op het bedrijventerrein Bruinekilhaven. Een eigen persleiding vanaf het RBT heeft daarom de voorkeur. Het gemaal van het waterschap in de Sportlaan in Werkendam kan de extra afvoer aan, zo blijkt eveneens uit die studie.

Het persleidingstracé via Bruinekilhaven naar het gemaal van het waterschap aan de Sportlaan heeft de volgende voor- en nadelen:

- Ca 600 meter kortere persleiding;
- Ontwikkeling recreatiepoort kan aansluiten op deze persleiding ter hoogte van het bedrijventerrein Bruinekilhaven;
- Gemaal RBT kan in beheer blijven bij de gemeente;
- Geen mogelijkheid om een eventuele nieuwbouwwijk ten oosten van Werkendam op aan te sluiten.

Het tracé via de oostzijde van Werkendam naar de persleiding van het waterschap heeft de volgende voor- en nadelen:

- Buiten om het dorp, dus minder door bebouwd gebied;
- Een eventuele nieuwbouwwijk aan de oostzijde van Werkendam kan mogelijk aansluiten op deze persleiding;
- Recreatiepoort kan niet aansluiten op deze persleiding en aansluiting op het bestaande persleidingsstelsel van Bruinekilhaven is niet gewenst;
- Gemaal RBT moet in beheer komen bij het waterschap, omdat het een eindgemaal is (sluit direct op persleiding waterschap aan);
- Nog niet onderzocht wat de eventuele technische beperkingen zijn om direct op de persleiding van het waterschap aan te sluiten.

Op basis van bovenstaande heeft het tracé via Bruinekilhaven naar het gemaal Sportlaan de voorkeur.

### **Diepteligging riolering**

De diepteligging van de riolering is ontworpen voor fase 1 en 2 gezamenlijk conform de aan het begin van deze memo genoemde uitgangspunten.

Het riool kruist op 1 locatie het oppervlaktewater, bij het gemaal. Hier zal vanwege de openbare weg een dam met duiker aangelegd worden. Het riool kruist de duiker onderlangs met een marge van 25 centimeter tussen de buitenkanten van de buizen.

In fase 2 is rekening gehouden met diep gelegen riolen in de doodlopende straat richting het westen in verband met een mogelijke uitbreiding van het bedrijventerrein aan die zijde in de verre toekomst. Een deel van de regenwaterriolering in fase 2 ligt onder verhang 1 op 720.

De diepste b.o.b.'s zijn gelegen bij het eindgemaal, 2,60 m-NAP, ofwel 3,75 meter onder maaiveld.





- Indien fase 2 ooit gestart wordt, kan gestart worden met bouw aan zowel de oostzijde van fase 2, als aan de noordzijde van fase 2. Indien het gemaal aan de westzijde staat, kan in fase 2 niet aan de oostzijde gestart worden zonder de bouw van een (tijdelijk) nieuw gemaal;
- In fase 2 kan het regenwaterriool 1 op 500 aangelegd worden.

Plaatsen van het gemaal aan de westzijde heeft de volgende voordelen:

- De hoogteligging van de b.o.b. van het riool bij het gemaal is 0,85 meter minder diep. Indien het gewenst is om in fase 2 het regenwaterriool 1 op 500 te leggen, komt het riool 0,40 meter dieper uit. De diepere hoogteligging bij een gemaal aan de oostzijde is overigens wel volledig afhankelijk van het uitgangspunt of het gewenst is in de verre toekomst een uitbreiding aan de westzijde van het RBT onder vrijverval aan te kunnen sluiten op het RBT;
- Er is geen heel diepe streng benodigd langs de noordzijde van fase 2 om een eventuele latere uitbreiding aan de westzijde van het RBT onder vrijverval aan te kunnen sluiten;
- Er is een minder lange persleiding benodigd richting Bruinekilhaven.

Besloten is om het gemaal aan de westzijde te plaatsen, vanwege de minder diepe ligging van de riolen en het gemaal en vanwege de minder lange persleiding.

### **Samenvatting**

De riolering op het RBT wordt uitgevoerd als een verbeterd gescheiden stelsel. Regenwater van daken van percelen die grenzen aan het oppervlaktewater wordt direct op het oppervlaktewater aangesloten.

In fase 1 wordt maximaal 11,8 hectare aangesloten op het regenwaterriool en 5,2 ha daken direct afgekoppeld. Het rioolstelsel krijgt vier overstorten. De drempelhoogtes worden 0,20 m+NAP (0,55 meter boven zomerpeil oppervlaktewater) en de drempellengte van elke overstort bedraagt 2 meter. De diameters variëren van 300 mm tot 800 mm. De berging bedraagt bij 11,8 ha aangesloten verhard oppervlak 3,5 mm. De waking bij bui 08 bedraagt minimaal 0,52 meter.

Het regenwaterriool krijgt twee pompen. Eén pomp pompt maar naar de zuivering, met een capaciteit van 0,15 mm/uur over het aangesloten verhard oppervlak. Voor geheel fase 1 komt dit neer op 18 m<sup>3</sup>/uur. De tweede pomp pompt bij meer dan 1 mm stelselvulling met 0,15 mm/uur, ofwel 18 m<sup>3</sup>/u, naar het oppervlaktewater. Ten gevolge van deze tweede pomp wordt op jaarbasis maar 14% van het regenwater (dat valt op 17 ha verhard oppervlak) naar de zuivering verpompt.

De afvoer naar de zuivering bedraagt na realisatie fase 1 totaal ca 40 m<sup>3</sup>/uur (18 m<sup>3</sup>/uur regenwater en ca 21 m<sup>3</sup>/uur afvalwater). Na realisatie fase 2 bedraagt de afvoer 90 m<sup>3</sup>/uur. Het afvalwater wordt met behulp van een nieuwe persleiding afgevoerd naar het eindgemaal van het waterschap aan de Sportlaan in Werkendam.

Het vuilwaterriool krijgt een diameter van 300 mm, alleen bij het gemaal wordt het laatste stuk uitgevoerd met een diameter van 400 mm.



Het bodemverhang van het vuilwaterriool is 1 op 500. Het bodemverhang van het regenwaterriool is op de meeste delen ook 1 op 500, alleen sommige delen zijn iets flauwer aangelegd, ca 1 op 700, in verband met kruisingen van riolen onderling. De diepst gelegen rioolbuis heeft een b.o.b. van 2,60 m-NAP, ofwel 3,75 m onder maaiveld. Dit is ter plaatse van het gemaal. De bodem van het gemaal wordt nog circa 75 cm dieper. Bij de besteksvoorbereiding van het RBT wordt meer gedetailleerd gekeken naar het ontwerp van het rioolstelsel qua hoogteligging, mogelijk leidt dat nog tot verschillen qua hoogteligging met het hier beschreven plan.



## Bijlage 3

# Berekening waterberging rekensheet waterschap Rivierenland





algemeen				berekening peilstijging in "stedelijk gebied"	
naam of initiaal opsteller	jac			print	versie:
gemeente	werkendam			27-05-14 11:02	FLEX 1 juni 2006
project	RBT				
deelgebied	werkendam				
<b>kengetallen regensituatie</b>				<b>dimensie</b>	<b>keuze</b>
seizoen	Z			Z,W,H	
herhalingsstijd	T=10			1,2,..	
WB21 opslag	10		%	0,1,2,..	
<b>kengetallen v/d te importeren bergingsopgave</b>					
bruto bergingsopgave					
toeleverend verhard oppervlak	0		m <sup>2</sup>		> normlast: 0,0 m3
(indien bekend) toeleverend onverhard oppervlak	0		m <sup>2</sup>		
deel v/d opgave naar de extra bergingsvoorziening	0		m <sup>2</sup>	>=0	> normlast: 0,0 m3
> deel v/d opgave rechtstreeks naar de nieuwe waterpartij	0		m <sup>2</sup>		> normlast: 0,0 m3
<b>kengetallen plangebied (PGB)</b>					
bruto oppervlak PGB	450.000		m <sup>2</sup>	>0	
<b>kengetallen verhard oppervlak en vuilwater-riolerings situatie PGB</b>					
verhard opp. afgekoppeld op 't extra bergingsstelsel	0		m <sup>2</sup>	0,1,2,..	
hierop max. achterblijvende mm regenval	0		mm	0-2	
verhard opp. afgekoppeld op de nieuwe waterpartij	63.000		m <sup>2</sup>	0,1,2,..	
hierop max. achterblijvende mm regenval	0		mm	0-2	
stort 't riool binnen PGB over binnen PGB?	ja			ja/nee	
bijhorend verhard oppervlak	277.000		m <sup>2</sup>	0,1,2,..	
bijhorende berging in het rioolstelsel *	1,00		mm	>=0	
bijhorende POC *	0,00		mm/uur	>=0	
stort 't riool buiten PGB over binnen PGB?	nee			ja/nee	
bijhorend verhard oppervlak buiten PGB	0		m <sup>2</sup>	0,1,2,..	
bijhorende berging in het rioolstelsel *	0,00		mm	>=0	
bijhorende POC buiten PGB *	0,00		mm/uur	>=0	
* hier ingevulde subwaarden hebben geen effect als het bijhorend oppervlak niet meetelt ;					
<b>kengetallen onverhard en semi-verhard oppervlak (excl. extra bergingsvoorziening)</b>					
oppervlakte semi-verhard	0		m <sup>2</sup>	0,1,2,..	
dit werkt hoe als verhard/onverhard ?	0,00			0-1	
oppervlakte zgn. overig onverhard	64.000		m <sup>2</sup>	0,1,2,..	
alle opp. onverhard bergingstechnisch meetellen?	nee			ja/nee	
> nulbelasting op watergang vanuit onverhard opp.			l.sec <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup>	>=0	
<b>kengetallen extra bergingsvoorziening</b>					
hulptabel nodig ?	nee			ja/nee	
oppervlakte op maaiveldnivo (bovenzijde)			m <sup>2</sup>	0,1,2,..	
oppervlakte op bodemnivo (onderkant)	0		m <sup>2</sup>	0,1,2,..	
drooglegging v/d voorziening	0,00		m	>=0	
toegestane peilstijging in de bergingsvoorziening	0,00		m	>=0	
extra bergingsvolume onder de bodem v/d voorziening			m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> bodemopp.		
porositeit van dit bergingsvolume				0-1	
doorlatend representatief horizontaal infiltratievlak	0		m <sup>2</sup>	>=0	
> geen infiltratie			m/dag		
toegestane toerekening voor de bergingsopgave	0			0,1,2,..	
> rekenvolume berging	0,0		m <sup>3</sup>		
gerealiseerde peilstijging	0,000		m		
<b>kengetallen afvoersituatie in PGB</b>					
gebiedsafvoer naar (waterschaps)stelsel	1,50		l.sec <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup>	>=0	
> equivalent	0,54		mm/hr		
<b>kengetallen (nieuwe/uitbreiding) watergang op 't poldersysteem bij start v/d regenbui</b>					
oppervlakte op maaiveldnivo	33.000		m <sup>2</sup>	0,1,2,..	
oppervlakte op waternivo			m <sup>2</sup>	0,1,2,..	
drooglegging (afstand maaiveld--waternivo)	1,45		m	>=0	
WSRL toetsnivo: <b>ondergrens</b>				ambitie/ondergrens	
<b>Berekeningsresultaat in plangebied PGB</b>					
	437.000		m <sup>2</sup>		
<b>oppervlak PGB + rekenkundige importopgave</b>					
	43,700		ha		
opp. buiten PGB met riooloverstort op PGB	0,000		ha		
> totaal afvoerend oppervlak	43,700		ha		
<b>in de (nieuwe/uitbreiding v/d) watergang :</b>					
peilstijging	1,406		m		
geborgen	14.556,7		m <sup>3</sup>		
<b>Extra invulaanwijzingen:</b>					
Z=zomerhalfjaar W=winterhalfjaar H=hele jaar ;					
kans ééns in de T jaar ! ; Bij Z , T=10+10% en watergangafvoer op 1.50 l/sec.ha					
<b>LET OP: opslag staat nu op 10% ;</b> moet per ha verharding 436,3 m3 geborgen worden.					
dit is de binnenkomende bergingsopgave ;					
voorsnog wordt hier niet mee gerekend ;					
Het plangebied (PGB) dient waterhuishoudkundig te worden gezien !					
De functionele begrenzing kan daardoor afwijken van de juridische plangrens.					
dus: 45.0000 ha ;					
dus: 0.0000 ha ; opp. suggestie : 13.000 m2 ?					> normlast: 0,0 m3
standaard: 0 mm ;					
dus: 6.3000 ha ; opp. suggestie : 76.000 m2 ?					> normlast: 2.748,7 m3
standaard: 0 mm ;					
riooloverstort wordt geacht plaats te vinden op de (waterschaps)watergang ;					
zie de standaardwaarden ;					
zie de standaardwaarden;					
er komt dus geen (extra) riooloverstort van buiten bij ;					
standaard:	gemengd stelsel	verbeterd gemengd	verbeterd gescheiden	nieuw gemengd	
berging	7	9	4	20	
POC	0,7	0,7	0,3	0,7	
extra bergingsvoorziening b.v.: ' wadi ', kratvoorziening, bassin, ..... watert af op watergang ;					
dus: 0.0000 ha ;					
1= als verhard ; 0= als onverhard ;					> normlast: 0,0 m3
dus: 6.4000 ha ; opp. suggestie : 77.000 m2 ?					
dus: 3.3000 ha ;					> normlast: 0,0 m3
<b>LET OP: er is 13000 m2 TE WEINIG opgegeven t.o.v. 't bruto opp. In PGB !</b>					
De bergingscapaciteit v/h onverharde opp. PGB is niet meegerekend !					



algemeen				berekening peilstijging in "stedelijk gebied"																																																			
naam of initiaal opsteller	jac			print	versie:																																																		
gemeente	werkendam			27-05-14 11:03	FLEX 1 juni 2006																																																		
project	RBT																																																						
deelgebied	werkendam																																																						
<b>kengetallen regensituatie</b>				<b>Extra invulaanwijzingen:</b>																																																			
seizoen	Z	dimensie	keuze	Z=zomerhalfjaar W=winterhalfjaar H=hele jaar ;																																																			
herhalingsstijd	T=10		Z,W,H	kans ééns in de T jaar ! ; Bij Z , T=10+10% en watergangafvoer op 1.50 l/sec.ha																																																			
WB21 opslag	10	%	0,1,2,..	<b>LET OP: opslag staat nu op 10% ;</b> moet per ha verharding 436,3 m3 geborgen worden.																																																			
<b>kengetallen v/d te importeren bergingsopgave</b>				dit is de binnenkomende bergingsopgave ;																																																			
bruto bergingsopgave				> normlast: 0,0 m3																																																			
toeleverend verhard oppervlak	0	m <sup>2</sup>		voorsnog wordt hier niet mee gerekend ;																																																			
(indien bekend) toeleverend onverhard oppervlak	0	m <sup>2</sup>		> normlast: 0,0 m3																																																			
deel v/d opgave naar de extra bergingsvoorziening	0	m <sup>2</sup>	>=0	> normlast: 0,0 m3																																																			
> deel v/d opgave rechtstreeks naar de nieuwe waterpartij	0	m <sup>2</sup>		> normlast: 0,0 m3																																																			
<b>kengetallen plangebied (PGB)</b>				Het plangebied (PGB) dient waterhuishoudkundig te worden gezien !																																																			
bruto oppervlak PGB	200.000	m <sup>2</sup>	>0	De functionele begrenzing kan daardoor afwijken van de juridische plangrenzen.																																																			
<b>kengetallen verhard oppervlak en vuilwater-riolerings situatie PGB</b>				dus: 20.0000 ha ; opp. suggestie : 37.000 m <sup>2</sup> ? > normlast: 0,0 m3 standaard: 0 mm ; dus: 0.0000 ha ; opp. suggestie : 37.000 m <sup>2</sup> ? > normlast: 0,0 m3 standaard: 0 mm ; dus: 5.2000 ha ; opp. suggestie : 89.000 m <sup>2</sup> ? > normlast: 2.268,8 m3 standaard: 0 mm ; riooloverstort wordt geacht plaats te vinden op de (waterschaps)watergang ;																																																			
verhard opp. afgekoppeld op 't extra bergingsstelsel	0	m <sup>2</sup>	0,1,2,..	zie de standaardwaarden ;																																																			
hierop max. achterblijvende mm regenval	0	mm	0-2	<b>zie de standaardwaarden;</b>																																																			
verhard opp. afgekoppeld op de nieuwe waterpartij	52.000	m <sup>2</sup>	0,1,2,..	er komt dus geen (extra) riooloverstort van buiten bij ;																																																			
hierop max. achterblijvende mm regenval	0	mm	0-2																																																				
stort 't riool binnen PGB over binnen PGB?	ja		ja/nee																																																				
bijhorend verhard oppervlak	111.000	m <sup>2</sup>	0,1,2,..	<table border="1"> <thead> <tr> <th>standaard:</th> <th>gemengd stelsel</th> <th>verbeterd gemengd</th> <th>verbeterd gescheiden</th> <th>nieuw gemengd</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>bergings</td> <td>7</td> <td>9</td> <td>4</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>POC</td> <td>0,7</td> <td>0,7</td> <td>0,3</td> <td>0,7</td> </tr> </tbody> </table>				standaard:	gemengd stelsel	verbeterd gemengd	verbeterd gescheiden	nieuw gemengd	bergings	7	9	4	20	POC	0,7	0,7	0,3	0,7																																	
standaard:	gemengd stelsel	verbeterd gemengd	verbeterd gescheiden	nieuw gemengd																																																			
bergings	7	9	4	20																																																			
POC	0,7	0,7	0,3	0,7																																																			
bijhorende berging in het rioolstelsel *	1,00	mm	>=0																																																				
bijhorende POC *	0,00	mm/uur	>=0																																																				
stort 't riool buiten PGB over binnen PGB?	nee		ja/nee																																																				
bijhorend verhard oppervlak buiten PGB	0	m <sup>2</sup>	0,1,2,..																																																				
bijhorende berging in het rioolstelsel *	0,00	mm	>=0																																																				
bijhorende POC buiten PGB *	0,00	mm/uur	>=0																																																				
* hier ingevulde subwaarden hebben geen effect als het bijhorend oppervlak niet meetelt ;																																																							
<b>kengetallen onverhard en semi-verhard oppervlak (excl. extra bergingsvoorziening)</b>				extra bergingsvoorziening b.v.: ' wadi ', kratvoorziening, bassin, ..... watert af op watergang ;																																																			
oppervlakte semi-verhard	0	m <sup>2</sup>	0,1,2,..	dus: 0.0000 ha ;																																																			
dit werkt hoe als verhard/onverhard ?	0,00		0-1	1= als verhard ; 0= als onverhard ; > normlast: 0,0 m3																																																			
oppervlakte zgn. overig onverhard		m <sup>2</sup>	0,1,2,..	dus: 0.0000 ha ; opp. suggestie : 37.000 m <sup>2</sup> ?																																																			
alle opp. onverhard bergingstechnisch meetellen?	nee		ja/nee																																																				
> nulbelasting op watergang vanuit onverhard opp.		l.sec <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup>	>=0																																																				
<b>kengetallen extra bergingsvoorziening</b>				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">HULPTABEL voor inschatting van benodigde opp. v/d waterpartij</th> </tr> <tr> <th>Btalud Links 1:</th> <th>Btalud Rechts 1:</th> <th>Ltalud Voor 1:</th> <th>Ltalud Achter 1:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td colspan="4">bij T=10+10% en behoud van 't bestaande talud</td> </tr> <tr> <td>peilstijging in m</td> <td>0,20</td> <td>0,30</td> <td>0,40</td> </tr> <tr> <td>breedte op startpeil</td> <td>2,0</td> <td colspan="2">bij toepassing van de opgegeven taluds, etc.</td> </tr> <tr> <td>&gt; breedte op mv m</td> <td>2,0</td> <td>2,0</td> <td>7,8</td> </tr> <tr> <td>&gt; lengte op startpeil</td> <td>17.501,3</td> <td>11.667,5</td> <td>6.249,6</td> </tr> <tr> <td>&gt; lengte op mv m</td> <td>17.501,3</td> <td>11.667,5</td> <td>6.255,4</td> </tr> <tr> <td>&gt; opp. op maaiveld</td> <td>35.003</td> <td>23.335</td> <td>48.792</td> </tr> <tr> <td>&gt; opp. op startpeil</td> <td>35.003</td> <td>23.335</td> <td>12.499</td> </tr> <tr> <td>init. drooglegging</td> <td>1,45</td> <td>1,45</td> <td>1,45</td> </tr> </tbody> </table>				HULPTABEL voor inschatting van benodigde opp. v/d waterpartij				Btalud Links 1:	Btalud Rechts 1:	Ltalud Voor 1:	Ltalud Achter 1:	2	2	2	2	bij T=10+10% en behoud van 't bestaande talud				peilstijging in m	0,20	0,30	0,40	breedte op startpeil	2,0	bij toepassing van de opgegeven taluds, etc.		> breedte op mv m	2,0	2,0	7,8	> lengte op startpeil	17.501,3	11.667,5	6.249,6	> lengte op mv m	17.501,3	11.667,5	6.255,4	> opp. op maaiveld	35.003	23.335	48.792	> opp. op startpeil	35.003	23.335	12.499	init. drooglegging	1,45	1,45	1,45
HULPTABEL voor inschatting van benodigde opp. v/d waterpartij																																																							
Btalud Links 1:	Btalud Rechts 1:	Ltalud Voor 1:	Ltalud Achter 1:																																																				
2	2	2	2																																																				
bij T=10+10% en behoud van 't bestaande talud																																																							
peilstijging in m	0,20	0,30	0,40																																																				
breedte op startpeil	2,0	bij toepassing van de opgegeven taluds, etc.																																																					
> breedte op mv m	2,0	2,0	7,8																																																				
> lengte op startpeil	17.501,3	11.667,5	6.249,6																																																				
> lengte op mv m	17.501,3	11.667,5	6.255,4																																																				
> opp. op maaiveld	35.003	23.335	48.792																																																				
> opp. op startpeil	35.003	23.335	12.499																																																				
init. drooglegging	1,45	1,45	1,45																																																				
hulptabel nodig ?	nee		ja/nee																																																				
oppervlakte op maaiveldnivo (bovenzijde)		m <sup>2</sup>	0,1,2,..																																																				
oppervlakte op bodemnivo (onderkant)	0	m <sup>2</sup>	0,1,2,..																																																				
drooglegging v/d voorziening	0,00	m	>=0																																																				
toegestane peilstijging in de bergingsvoorziening	0,00	m	>=0																																																				
extra bergingsvolume onder de bodem v/d voorziening		m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> bodemopp.																																																					
porositeit van dit bergingsvolume			0-1																																																				
doorlatend representatief horizontaal infiltratievlak	0	m <sup>2</sup>	>=0																																																				
> geen infiltratie		m/dag																																																					
toegestane toerekening voor de bergingsopgave	0	%	0,1,2,..																																																				
> rekenvolume berging	0,0	m <sup>3</sup>																																																					
gerealiseerde peilstijging	0,000	m																																																					
<b>kengetallen afvoersituatie in PGB</b>				alles bij Z , T=10+10% en permanente watergangafvoer op 1.50 l/sec.ha																																																			
gebiedsafvoer naar (waterschaps)stelsel	1,50	l.sec <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup>	>=0																																																				
> equivalent	0,54	mm/hr																																																					
<b>kengetallen (nieuwe/uitbreiding) watergang op 't poldersysteem bij start v/d regenbui</b>																																																							
oppervlakte op maaiveldnivo		m <sup>2</sup>	0,1,2,..																																																				
oppervlakte op waternivo		m <sup>2</sup>	0,1,2,..																																																				
drooglegging (afstand maaiveld--waternivo)	1,45	m	>=0																																																				
WSRL toetsnivo: <b>ondergrens</b>				ambitie/ondergrens																																																			
<b>Berekeningsresultaat in plangebied PGB</b>				<b>LET OP: er is 37000 m2 TE WEINIG opgegeven t.o.v. 't bruto opp. In PGB !</b>																																																			
oppervlak PGB + rekenkundige importopgave	16,300	ha		De bergingscapaciteit v/h onverharde opp. PGB is niet meegerekend !																																																			
opp. buiten PGB met riooloverstort op PGB	0,000	ha		<b>Het bruto equivalent is 160.452 m2 verhardingsoppervlak!</b>																																																			
> totaal afvoerend oppervlak	16,300	ha																																																					
<b>in de (nieuwe/uitbreiding) watergang :</b>																																																							
peilstijging	?	m																																																					
(resterende) bruto bergingsopgave	7.000,5	m <sup>3</sup>																																																					

# Bijlage 4

## Uitgangspunten en aanpassingen Sobek-model

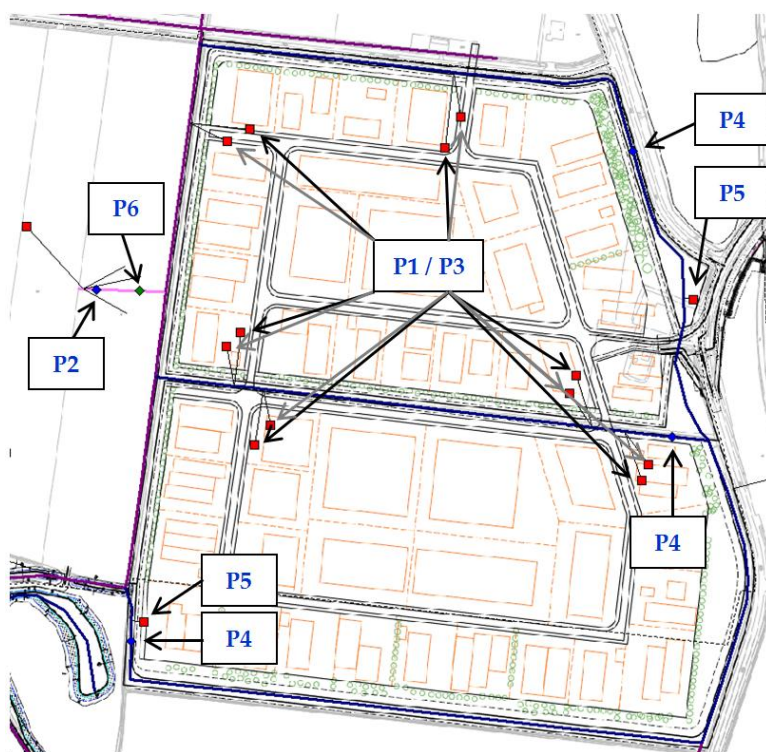
### *Aanpassingen in Sobek, huidige situatie*

- Teneinde de rekensnelheid en werkbaarheid te verhogen is het model afgeknipt. Dit is in overleg met het waterschap gebeurd. Modelwaterstanden zijn na deze actie vergeleken om deze actie te controleren. Het model is afgeknipt op de Bakkerskil. Daar bevinden zich op 3 plaatsen inlaten die in het model zijn dichtgezet. Er wordt in werkelijkheid ook geen water ingelaten zo is gecheckt bij de peilbeheerder van het gebied. De connecties met de Bakkerskil zijn dichtgezet door connection nodes te gebruiken op de uiteinden van de takken. Dit is gedaan op 3 locaties (knoop 3444, 1398 en 378).
- Teneinde het referentiemodel en het planmodel te kunnen vergelijken zijn verschillende Sobek-nodes en nieuwe dwarsprofielen toegevoegd op plaatsen waar in het later stadium in het planmodel nieuwe waterlopen werden toegevoegd. Op die manier blijft het vergelijk zuiver en worden zo min mogelijk modelmatige effecten geïntroduceerd.
- RR-nodes en lateral nodes zoals Kwel en Verdamping gaven debiet. Omdat we een andere rekenmethode (hydrologisch rationeel) hanteren zijn deze knopen 'op nul gezet' in overeenstemming met "Bijlage 3 projectplan gemeentelijk waterplan Berekeningswijze, normen en resultaten wateropgave".
- Initiële waterstanden gecontroleerd zodat geen verkeerde maximaal wordt weggeschreven.
- Knoop NEERSL\_OOW022\_1 bevatte in het oorspronkelijke model een teveel aan oppervlak. In het toegeleverde referentiemodel is er een industriegebied toegevoegd bovenop het bestaande oppervlak (groot ca. 31 ha), maar dit is niet in mindering gebracht op de landelijke knoop. Dat is verholpen door het oppervlak van de landelijke knoop te reduceren naar 44 ha.
- Bij 13 mm/dag berekeningen zijn de oppervlakken van de afwaterende eenheden in het model ingebracht op de knoop van NEERSL\_OOW waarop met rationele methode de neerslag omgezet wordt in afvoer. RR is wel ingeschakeld, omdat daar de verharde oppervlakken in zitten in het planmodel. In het referentiemodel zijn die oppervlakken relatief klein.
- Meteostation Oostwaard vervangen door Meteostation: "Station1". Op die manier valt de neerslag op het hele model.
- In overleg met het waterschap en gemeente zijn in het oppervlaktewatermodel knijpconstructies geplaatst om de doorvoer vanuit het bestaande bedrijventerrein Bruinekilhaven te knijpen. Op deze manier is de waterberging op het terrein in het Sobekmodel vereenvoudigd geschematiseerd: Bruine Kilhaven I-III is ca. 45 hectare\* 3 l/s/ha (op basis van oude normen) en IV-V is ca. 30 hectare\*1,5 l/s/ha (obv nieuwe normen). Dit levert een debiet op van 180 l/s. De verdeling is als volgt: 1/3 via west (langs de Draepkilweg) en 2/3 oost (langs RBT). Deze verdeling heeft het waterschap doorgegeven op basis van ervaring van hun peilbeheerder. Dit komt neer op: Aan de westzijde begrenzen op 60 l/s en aan de oostzijde begrenzen op 120 l/s.

### *Uitgangspunten voor RBT*

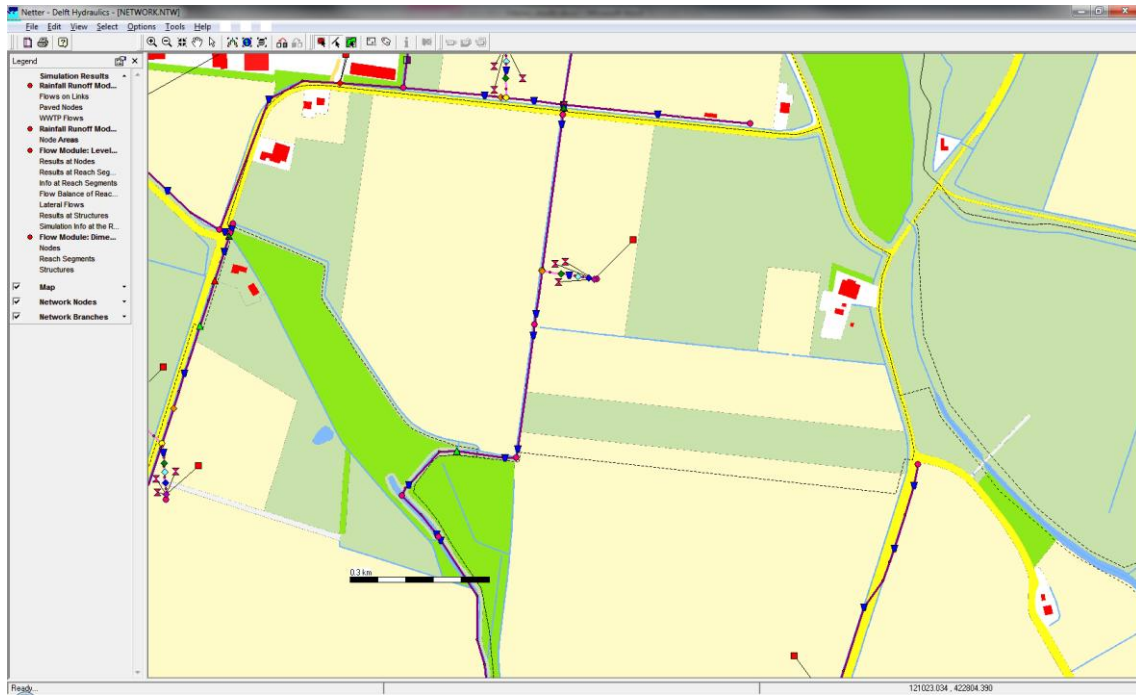
- Om de doorvoer goed te waarborgen is een nieuwe stuw in het model gezet voor de afvoer van het RBT te regelen. Er is gekozen voor een Stalen kantel stuw met een zomerpeil van 0,35 m-NAP en een winterpeil van 0,45 m-NAP. De stuwbreedte is geoptimaliseerd naar 1,0 m.
- VGS oppervlak toegevoegd totaal 27,7 ha. VGS\_RBT ([zie P1](#)). Let op: In het planmodel is het verhard oppervlak dat toegevoegd is van knoop NEERSL\_OOW021\_1 afgehaald om geen dubbelingen te krijgen ([zie P2](#)).
- Oppervlak aan water toegevoegd in het model met lateral nodes middels rationele methode. NEERSL\_OOW\_RBT\_ ([zie P4](#)).

- DWP\_PROF\_1260 beïnvloedt het peil terwijl de stuw dit moet doen. Daarom dwarsprofiel omlaag gezet middels benedenstrooms profiel.
- Oppervlak aan daken toegevoegd 1,1 en 5,2 ha. Later is 1.1 verhoogd naar 4 ha en op de zuidelijke watergang Aangesloten. Dit is in mindering gebracht op de VGS-oppervlakken. Namelijk: 8,6 + 8,6, gereduceerd naar 7,15 + 7,15 ha. (zie P5)
- Bij T = 10 en 100 berekeningen is de afvoer uit onverhard gebied in het model ingebracht op de knoop van DRN\_ 0.75l/s/ha. Let op andere volgorde in lateral.dat. (zie P6)
- Duikers toegevoegd met Manning 0.0133. Uitgangspunt: 200mm lucht bij zomerpeil. Vier duikers op het RBT: bij de hoofdontsluiting aan de oostzijde, bij de aansluiting op het bestaande bedrijventerrein aan de noordzijde en 2x bij de kruising van de interne ringstructuur met de watergang tussen fase 1 en fase 2. Alle rond 1000 mm. 2 duikers in A watergang stroomafwaarts van de stuw, 16 en 20 m lang, 1,5 x 1,5 m. 1 duiker rond 800 mm in zijlob kreek.

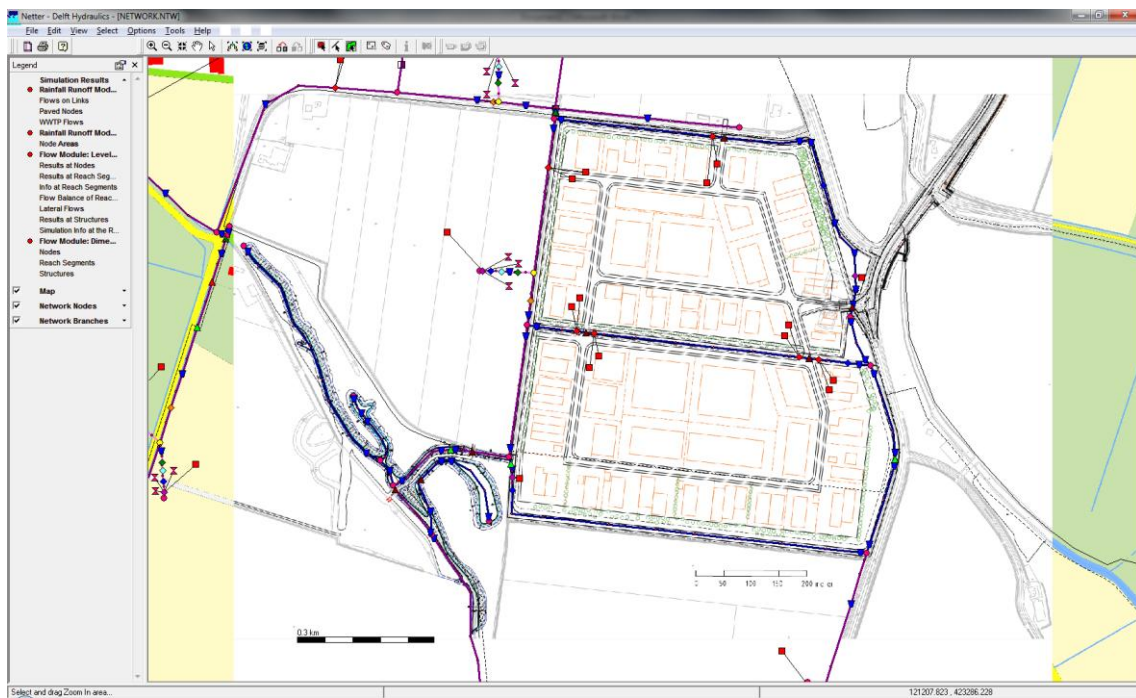


Figuur 13: aangesloten oppervlakten





Figuur 14: Uitsnede Sobek-model bestaande situatie

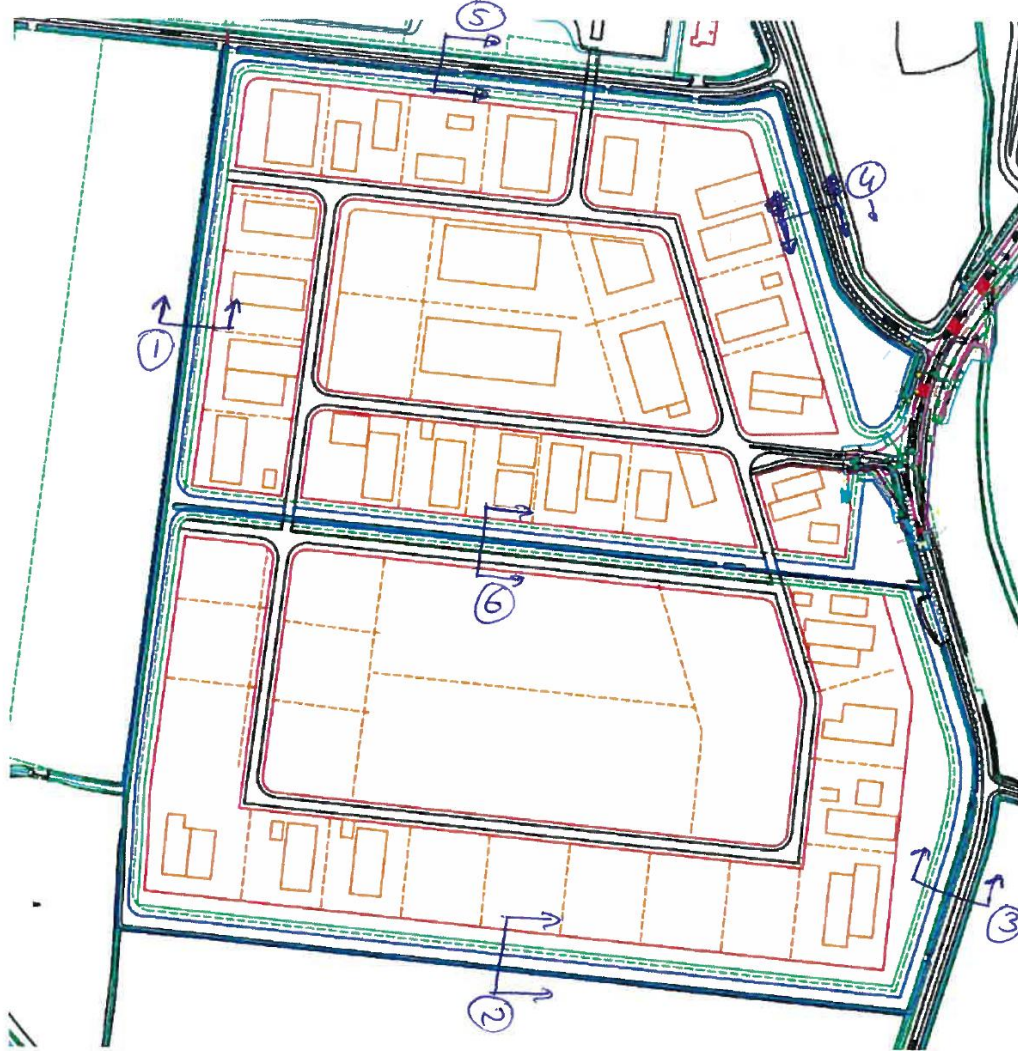


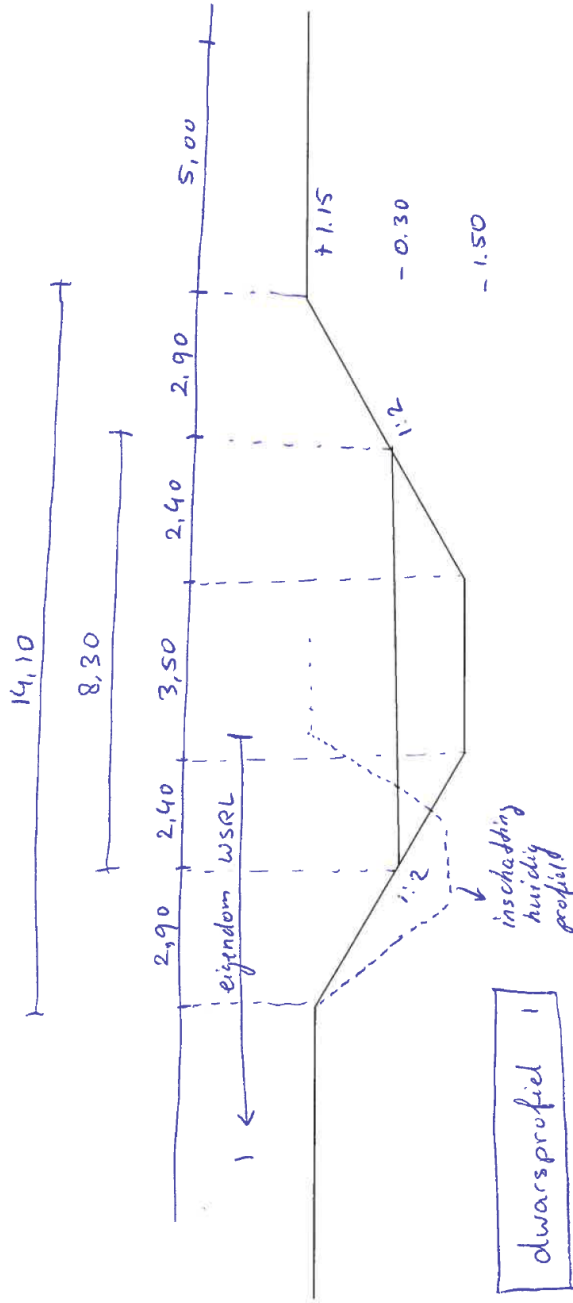
Figuur 15: Uitsnede Sobekmodel, toekomstige situatie



# Bijlage 5

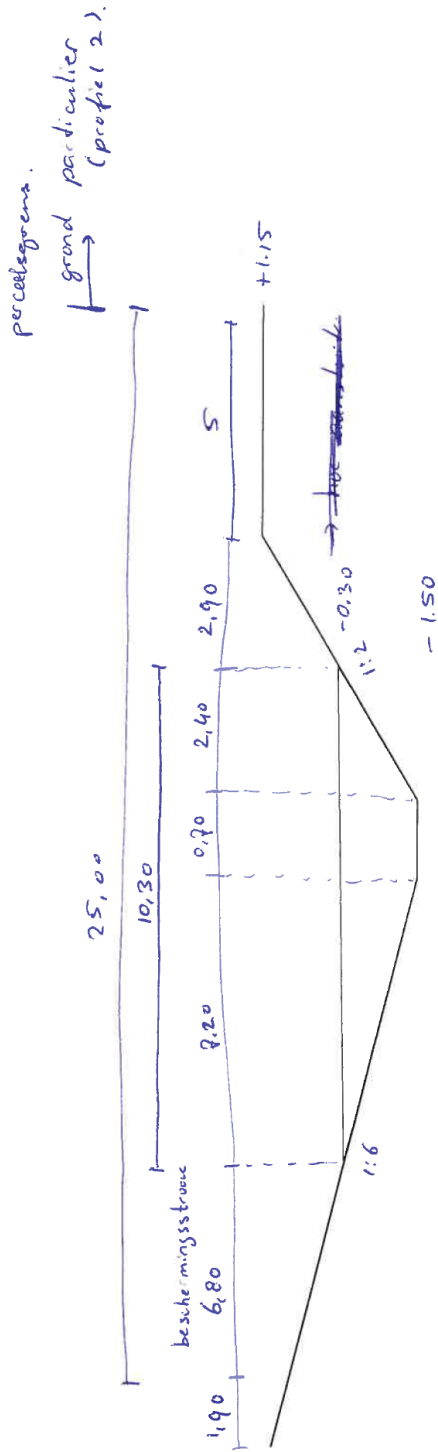
# Profielen watergangen





bestaande watergang is A-watergang en eigendom waterschap. Perceelgrens heb ik slechts indicatief aangegeven. Maar de nieuwe watergang valt dus deels buiten de voor het RBT aangevraagde grond. (positief voor wijzigingspercentage?)

$$7.35 \times 8.30 \text{ m} = 6100 \text{ m}^2$$

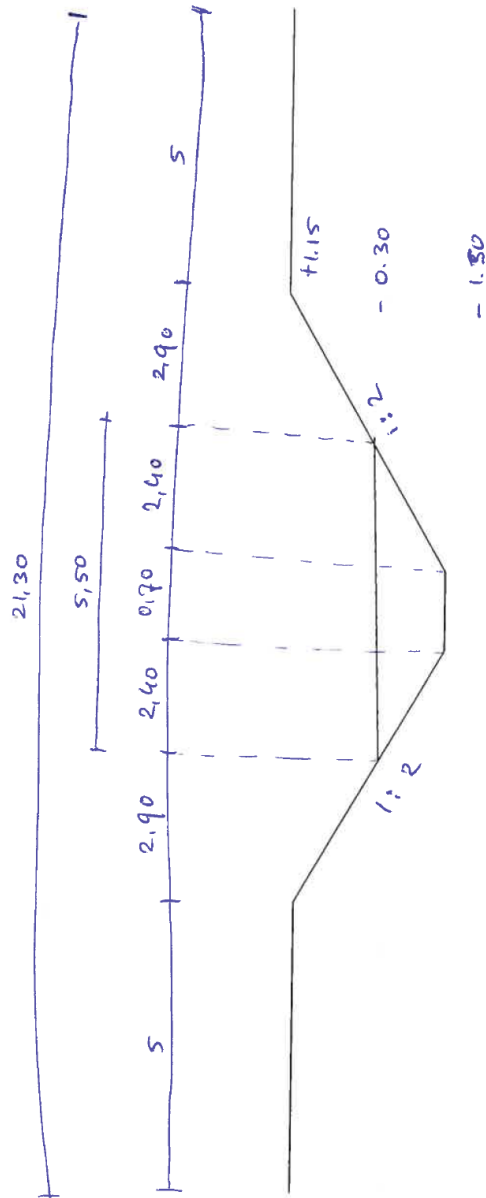


dwarsprofiel 3 hetzelfde, alleen kan 5 m strook rechthoekig doen eventueel deels de weg zijn.

Moet bij ontwerp 3 aansluiten op bestaande watergang?

$$650 + 370 + 200 \text{ m} = 1220 \text{ m} \times 10,30 = 12566 \text{ m}^2.$$

Bodemprofiel 3 vrij minimaal. Eventueel nog beslissen om deze 2 m te maken en minder groen te hebben naast profiel 2 en 3.



dwarsprofiel 4 + 5.

Linier beschermingsstrook eventueel diep wegverharding.

- aansluiting op bestaand profiel wegzijde?

$$700 \text{ m} \times 5,50 = 3850 \text{ m}^2.$$

dwarsprofiel 6

hetzelfde, alleen dan bodembreedte 3,20 m  $\Rightarrow$  bovenbreedte waterspiegel 8,00 m. Zuidzijde dwarsprofiel 6 kan de beschermingsstrook diep wegverharding zijn.

## Bijlage 6

Gebruikte waternormalen  
Werkendam

Onderstaande gegevens zijn afkomstig van: [www.rijkswaterstaat.nl](http://www.rijkswaterstaat.nl).

## Werkendam buiten (Nieuwe Merwede)

### Slotgemiddelden 1991.0

#### Algemene gegevens

1817	Aanvang waarnemingen
1933	Peilschrijver geplaatst
9 sept 1987	DNM geplaatst

#### Gemiddelde waterstanden bij gemiddelde afvoer ( 2200 m<sup>3</sup>/s)

type tij	HW-stand in cm + NAP	LW-stand in cm + NAP	tijverschil in cm
gemiddeld tij	89	57	32
springtij	98	62	36
doodtij	87	60	27
gemiddelde waterstand		73	

#### Gemiddelde havengetallen bij gemiddelde afvoer ( 2200 m<sup>3</sup>/s)

type tij cq grootheid	HW-tijd u:min	tijd u:min	LW-tijd u:min
gemiddeld tij	5:37		14:12
springtij	5:20		14:10
doodtij	5:05		13:18
duur rijzing		3:50	
duur daling		8:35	

#### Gemiddelde waterstanden per afvoer

	gemiddeld tij		springtij		doodtij	
	HW-stand in cm	LW-stand in cm + NAP	HW-stand in cm + NAP	LW-stand in cm + NAP	HW-stand in cm + NAP	LW-stand in cm + NAP
afvoer Lobith						
700 m <sup>3</sup> /s	50	15	58	21	52	21
984 m <sup>3</sup> /s	61	25	69	31	61	30
1400 m <sup>3</sup> /s	70	35	79	41	70	39
2200 m <sup>3</sup> /s	89	57	98	62	87	60
3500 m <sup>3</sup> /s	108	73	113	76	109	77
5000 m <sup>3</sup> /s	146	112	150	114	147	116
6800 m <sup>3</sup> /s	198	170	202	171	199	173
10000 m <sup>3</sup> /s	274	251	276	252	274	252

**Gemiddelde havengetallen per afvoer**

	gemiddeld tij		springtij		doodtij	
	HW-tijd u:min	LW-tijd u:min	HW-tijd u:min	LW-tijd u:min	HW-tijd u:min	LW-tijd u:min
afvoer Lobith						
700 m <sup>3</sup> /s	05:57	14:02	05:55	13:59	05:10	13:13
984 m <sup>3</sup> /s	05:42	14:07	05:40	14:00	05:00	13:13
1400 m <sup>3</sup> /s	05:42	14:12	05:35	14:05	04:55	13:18
2200 m <sup>3</sup> /s	05:37	14:12	05:20	14:10	05:05	13:18
3500 m <sup>3</sup> /s	06:42	14:17	06:05	14:09	05:50	13:23
5000 m <sup>3</sup> /s	06:47	14:26	06:40	14:15	06:05	13:32
6800 m <sup>3</sup> /s	06:47	14:27	06:40	14:20	06:05	13:38
10000 m <sup>3</sup> /s	06:52	14:27	06:26	14:25	06:00	13:48

**Gemiddelde over- en onderschrijdings frequentie per jaar**

overschrijding hoogwaterstanden		overschrijding laagwaterstanden	
frequentie	stand in cm + NAP	frequentie	stand in cm + NAP
1x per 2.000 jaar	430	1x per 10 jaar	-30
1x per 1.000 jaar	420	1 x per jaar	-10
1x per 100 jaar	369		
1x per 10 jaar	316	OLW 1991.0	30
1x per 2 jaar (grenspeil)	275		
1x per jaar	260		
Maatgevende waarde	430		

(Biesbosch en Eiland van Dordrecht, 1x per 2.000 jaar)

**Bijzonderheden**

datum	stand cm + NAP	kenmerkende waarden	periode
30 mrt 1988	276	hoogst bekende waarde	(periode 1971...1990)
12 mrt 1972	-42	laagst bekende waarde	(periode 1971...1990)
2 apr 1973	96	maximale rijzing	(periode 1971...1990)
4 jan 1976	117	maximale daling	(periode 1971...1990)



# Keizersveer (Bergsche Maas)

## Slotgemiddelden 1991.0

### Algemene gegevens

1862	Aanvang waarnemingen
1874	Peilschrijver geplaatst
1 mei 1980	Waarnemingen gestaakt
26 okt 1977	Nieuwe peilschrijver geplaatst
26 jan 1988	DNM geplaatst

### Gemiddelde waterstanden bij gemiddelde afvoer ( 2200 m<sup>3</sup>/s)

type tij	HW-stand in cm + NAP	LW-stand in cm + NAP	tijverschil in cm
gemiddeld tij	69	41	28
springtij	77	48	29
doodtij	71	44	27
gemiddelde waterstand		56	

### Gemiddelde havengetallen bij gemiddelde afvoer ( 2200 m<sup>3</sup>/s)

type tij cq grootheid	HW-tijd u:min	tijd u:min	LW-tijd u:min
gemiddeld tij	7:37		14:37
springtij	7:25		14:25
doodtij	6:35		13:53
duur rijzing		5:25	
duur daling		7:00	

### Gemiddelde waterstanden per afvoer

afvoer Lobith	gemiddeld tij		springtij		doodtij	
	HW-stand in cm + NAP	LW-stand in cm + NAP	HW-stand in cm + NAP	LW-stand in cm + NAP	HW-stand in cm + NAP	LW-stand in cm + NAP
700 m <sup>3</sup> /s	42	10	49	16	45	16
984 m <sup>3</sup> /s	49	19	56	25	52	23
1400 m <sup>3</sup> /s	56	27	63	34	58	31
2200 m <sup>3</sup> /s	69	41	77	48	71	44
3500 m <sup>3</sup> /s	70	29	75	32	74	34
5000 m <sup>3</sup> /s	90	40	93	42	94	45
6800 m <sup>3</sup> /s	113	61	117	63	117	66
10000 m <sup>3</sup> /s	164	120	167	120	166	122

**Gemiddelde havengetallen per afvoer**

	gemiddeld tij		springtij		doodtij	
	HW-tijd u:min	LW-tijd u:min	HW-tijd u:min	LW-tijd u:min	HW-tijd u:min	LW-tijd u:min
afvoer Lobith						
700 m <sup>3</sup> /s	07:47	14:51	07:40	14:40	07:05	14:03
984 m <sup>3</sup> /s	07:47	14:51	07:45	14:45	07:00	14:08
1400 m <sup>3</sup> /s	07:42	14:52	07:35	14:34	06:55	14:03
2200 m <sup>3</sup> /s	07:37	14:37	07:25	14:25	06:35	13:53
3500 m <sup>3</sup> /s	07:03	14:10	06:55	14:05	06:15	13:22
5000 m <sup>3</sup> /s	06:57	14:15	06:50	14:04	06:10	13:23
6800 m <sup>3</sup> /s	06:52	14:16	06:55	14:04	06:10	13:23
10000 m <sup>3</sup> /s	06:52	14:17	06:46	14:10	06:10	13:28

**Gemiddelde over- en onderschrijdings frequentie per jaar**

overschrijding hoogwaterstanden		onderschrijding laagwaterstanden	
frequentie	stand in cm + NAP	frequentie	stand in cm + NAP
1x per 2.000 jaar	308	1x per 10 jaar	-30
1x per 1.000 jaar	293	1 x per jaar	-15
1x per 100 jaar	266		
1x per 10 jaar	235	OLW 1991.0	15
1x per 2 jaar (grenspeil)	202		
1x per jaar	189		
Maatgevende waarde	310		

(Biesbosch en West Brabant, 1 x per 2.000 jaar)

**Bijzonderheden**

datum	stand cm + NAP	kenmerkende waarden	periode
2 feb 1983	216	hoogst bekende waarde	(periode 1978...1990)
20 jan 1979	-62	laagst bekende waarde	(periode 1978...1990)
17 dec 1979	103	maximale rijzing	(periode 1978...1990)
16 dec 1979	133	maximale daling	(periode 1978...1990)

## Bijlage 7

## Opbarstberekeningen

BEREKENING STABILITEIT PUTBODEM CONFORM NEN 6740 ART. 14.3								
(met belasting door grond naast het talud)								
<b>1. Algemene Gegevens</b>								
Project Naam:	RBT Werkendam			Ontgravingsdiepte:	-1.50	m + NAP		
Project Nummer:	B02023.000117			Stijghoogte:	1.40	m + NAP		
Moot/Element:				Referentieniveau:	-9.50	m + NAP		
Sondering:	8			Breedte (sleuf):	3.2	m		
				rekenen met talud:	1	1= ja/ 0 = nee		
				Talud, 1 op	2	m		
<b>2. Berekening gronddruk (totale gewicht overliggende grond)</b>								
laagcode	diepte tov NAP [m]		Dikte onder ontgraving [m]	Diepte [m]	gamma [kN/m3]	gewicht [kN/m2]	zij belasting [kN/m2]	
	van	tot						
klei	0.90	0.20	0.00	0.70	15.0	0.0	10.5	
klei	0.20	-0.70	0.00	0.90	17.9	0.0	16.11	
zand	-0.70	-2.50	1.00	0.80	20.0	20.0	16	
veen	-2.50	-4.40	1.90	0.00	10.5	20.0	0	
klei	-4.40	-5.30	0.90	0.00	12.6	11.3	0	
klei	-5.30	-9.00	3.70	0.00	15.0	55.5	0	
veen	-9.00	-9.50	0.50	0.00	10.0	5.0	0	
waterlichaam			0.80		10.0	8.0		
Totaal gronddruk [kN/m2]						119.8	42.61	
Factor voor zijbelasting						0	0.00	
Totale gronddruk [kN/m2]						119.9		
Reductie met materiaalfactor gamma = 1,1 [kN/m2]						109.0		
5% reductie tgv ontspanning [kN/m2]						103.6		
<b>3. Berekening grondwaterdruk</b>								
volumiek gewicht water (kN/m3)		10						
grondwaterdruk (kN/m2)		109.0						
<b>4. Berekening veiligheidsfactoren tegen opbarsten</b>								
0.95 Veiligheidsfactor tegen opbarsten (5% ontlasting)				→ <b>voldoet niet</b>				
1.00 " zonder 5% ontlasting (1,05)				→ <b>voldoet</b> = toesing NEN6740				
1.10 "zonder partiele factor volumieke massa (1,1)				→ <b>voldoet</b>				
<b>5. Berekening vereiste verlaging bij spanningsbemaling</b>								
gronddruk [kN/m2]		109.0						
grondwaterdruk [kN/m2]		109.0						
Verlaging stijghoogte [m]		<b>geen spanningsbemaling nodig</b>						
toelaatbare stijghoogte (m NAP)		1.4						
						<b>BEREKENING STABILITEIT PUTBODEM</b>		Bijlage
						Project no.		



# Colofon

## WATERHUISSHOUDKUNDIGPLAN RBT WERKENDAM

### **OPDRACHTGEVER:**

Gemeente Werkendam

### **STATUS:**

Definitief

### **AUTEUR:**

Bob Delissen  
Daniela Benedicto van Dalen  
Guido van Wijk

### **GECONTROLEERD DOOR:**

Patrick Weijers

### **VRIJGEGEVEN DOOR:**

Patrick Weijers

27 mei 2014

077677631:B

ARCADIS NEDERLAND BV  
Mercatorplein 1  
Postbus 1018  
5200 BA 's-Hertogenbosch  
Tel 073 6809 211  
Fax 073 6144 606  
www.arcadis.nl  
Handelsregister 09036504

©ARCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.