



Beoordeling Voorlopig Ontwerp watersysteem Crescentplas

Gemeente Harderwijk

Nelen & Schuurmans



5-2-2018



Beoordeling Voorlopig Ontwerp watersysteem Crescentplas

Adviesrapport

Voor
Gemeente Harderwijk
Havendam 56
3841 AA Harderwijk

Nelen & Schuurmans
Zakkendragershof 34-44
3511 AE Utrecht

www.nelen-schuurmans.nl

Projectgegevens

Dossier : S0257
Datum : 5-2-2018

Niets uit deze rapportage mag worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de opdrachtgever. Noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.



Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Doel	3
1.3	Werkwijze.....	3
1.4	Leeswijzer	4
2	Inventarisatie	5
2.1	Voorgaande studies	5
2.2	Belangrijke wijzigingen ontwerp sinds vorige studies	5
2.3	Visie en doelen.....	5
2.3.1	Ontwerp.....	5
2.3.2	Relevant beleid	6
3	Beoordeling	7
3.1	Overzicht.....	7
3.1.1	Klimaatscenario's	7
3.1.2	Beoordeling per functie.....	8
3.2	Voorkomen wateroverlast	9
3.2.1	Criteria.....	9
3.2.2	Werkwijze.....	9
3.2.3	Resultaat.....	9
3.3	Faciliteren recreatie	10
3.3.1	Criteria.....	10
3.3.2	Werkwijze.....	11
3.3.3	Resultaat.....	11
3.4	Realisatie ecologische waarden.....	13
3.4.1	Criteria.....	13
3.4.2	Werkwijze.....	13
3.4.3	Resultaten basiskwaliteit	13
3.4.4	Verwachte waterkwaliteitsbeeld	14
3.5	Beoordeling aanleg en beheer	16
3.5.1	Criteria en werkwijze.....	16
3.5.2	Resultaat.....	16
4	Conclusies en aanbevelingen	17
4.1	Conclusies.....	17
4.1.1	Algemeen	17
4.1.2	Hydrologie.....	17
4.1.3	Recreatie.....	17
4.1.4	Ecologie.....	17
4.1.5	Aanleg en beheer.....	18
4.2	Aanbevelingen	18
I.	Resultaten werksessie specialisten.....	20
II.	Verblijftijden en kritische belasting.....	24
III.	Achtergronden ESF.....	26



IV. Kostenraming.....	30
-----------------------	----



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De woonwijk Drielanden in Harderwijk is al jaren in ontwikkeling en het watersysteem is grotendeels gerealiseerd. Een laatste onderdeel betreft de nieuw aan te leggen regenwaterberging Crescentplas en verlegging van de Beek van de Hoge Geest. In 2015 is een gedegen Waterhuishoudkundig Plan opgesteld, waarin de Crescentplas een waterbergingsfunctie heeft. De laatste maanden is echter de recreatieve functie ter sprake gekomen, dit vormt een nieuw element. Gemeente Harderwijk en Waterschap Vallei en Veluwe willen daarom het voorlopig ontwerp van de wateren nog eenmaal laten beoordelen aan alle gestelde criteria voor gebruik en beheer.

1.2 Doel

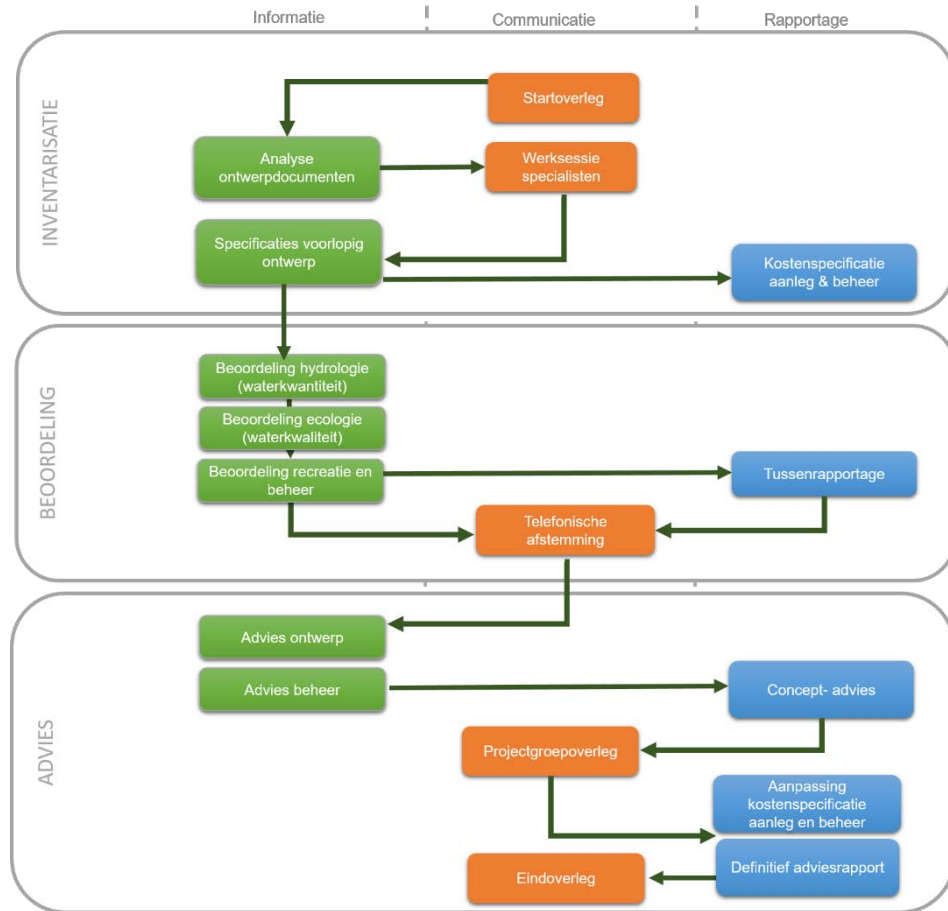
Doel van de opdracht is om:

- › de beoogde functies (waterberging, recreatie en ecologie) en de bijbehorende functiecriteria naast het voorlopig ontwerp te leggen en te beoordelen of het ontwerp hieraan voldoet;
- › parallel het ontwerp te beoordelen vanuit het perspectief van aanleg en beheer, en een kostenspecificatie op te stellen;
- › Aanbevelingen te doen voor verbetering van het ontwerp vanuit oogpunt van doelmatigheid, kosten of de mate waarin de gewenste situatie wordt bereikt.

1.3 Werkwijze

In Figuur 1-1 is de werkwijze voor de opdracht gevisualiseerd. In de beoordeling hebben we drie fasen doorlopen:

- › Inventarisatie
In deze fase hebben we alle relevante informatie verzameld, zoals rapporten, ontwerptekeningen, metingen en praktijkkennis. We hebben een werksessie gehouden met specialisten van gemeente en waterschap om alle kenmerken van het voorlopig ontwerp vast te stellen. Dit vormde het startpunt van de beoordeling.
- › Beoordeling
Onze experts op het gebied van hydrologie, ecologie en realisatie (aanleg en beheer) hebben het voorlopig ontwerp beoordeeld voor zes verschillende klimaatscenario's. Het ontwerp dient, gezien de toenemende klimaatverandering, te voldoen bij uiteenlopend klimaat.
- › Advies
Uit de beoordeling volgden voor hydrologie, ecologie en realisatie conclusies, waaruit aanbevelingen zijn gedaan voor vervolg.



Figuur 1-1. Visualisatie werkwijze voor beoordeling watersysteem Crescentplas

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de belangrijkste uitkomsten van de inventarisatiefase beschreven. In hoofdstuk 3 is een samenvattende tabel weergegeven met de beoordeling per functie, gevolgd door de onderbouwingen daarvan. Hoofdstuk 4 sluit af met conclusies en aanbevelingen.



2 Inventarisatie

2.1 Voorgaande studies

De belangrijkste voorgaande studies zijn het Integraal Waterhuishoudingsplan Drielanden (AnteaGroup, 2015) en Actualisering Watertoets Drielanden West te Harderwijk (Tauw, 2015).

We hanteren in de beoordeling van de hydrologie opnieuw de toetsingseisen uit deze studies:

- › Maatgevende afvoer: richtlijnen van het waterschap.
- › T10: geen verslechtering t.o.v. huidig.
- › T100: geen verslechtering t.o.v. huidig.
- › Geen toename van kwelflux als gevolg van ruimtelijke ontwikkeling.

Daarnaast vormen de volgende stukken belangrijke input voor de beoordeling:

- › Stedenbouwkundig Plan Drielanden-West (gemeente Harderwijk, 2015).
- › Voorlopig Ontwerp Harderweide (gemeente Harderwijk, 2017).
- › Bestemmingsplan Drielanden-West (gemeente Harderwijk, 2015).
- › Waterplan Harderwijk 2013-2018 (gemeente Harderwijk, 2013).
- › Waterbeheerprogramma Vallei en Veluwe 2016-2021 (Waterschap Vallei en Veluwe, 2015).

2.2 Belangrijke wijzigingen ontwerp sinds vorige studies

De voor deze beoordeling belangrijkste nieuwe informatie en/of wijzigingen zijn:

- › Oppervlak open water in peilvak NAP+0,5m (Crescentplas plus "slinger") is 5.5 hectare.
- › Bodem Crescentplas is NAP-1.0m. Waterdiepte is dus 1.5 meter.
- › Afvoer Crescentplas via stuw naar waterloop, die in verbinding staat met de Beek van de Hoge Geest.
- › Mogelijkheid tot realisatie 'noodstuw' vanuit Crescentplas naar Beek van de Hoge Geest (vlakbij westelijke duiker).
- › Verdeling afvoer Drielanden bij droogte (vanuit de sprengkoppen): minimaal 3 m³/minuut richting Stadswelden, minimaal 0.5 m³/minuut via oostelijke duiker om geringe doorstroming te houden, overige deel richting Crescentplas.

2.3 Visie en doelen

2.3.1 Ontwerp

Visie van het ontwerp van Harderweiden is om aan te sluiten op de landschappelijke karakteristieken van de rand van de Veluwe. De wijk dient dus Veluws aan te doen, door inzet van o.a. houtwallen, slingerende wegen, vennetjes, grote bomen.

Dit uit zich o.a. in de volgende water-doelen voor het ontwerp.

- › De Crescentplas wordt een recreatieplas met primair een waterbergende functie voor extreme neerslaggebeurtenissen.
- › De beoogde recreatiefuncties van de Crescentplas zijn varen, pootje baden, spelen (op het speel-eiland), sporten (op het fitness-eiland), hond uitlaten (op het honden-eiland) en wandelen (rondom de plas).



- › De Beek van de Hoge Geest krijgt een slingerend verloop, aantrekkelijk om langs te recreëren.
- › De ecologie 'volgt' de doelen voor recreatie. Oevers worden waar mogelijk natuurlijk ingericht, met behoud van beoogde recreatiefunctie.

2.3.2 Relevant beleid

De wettelijk vastgelegde taken en verantwoordelijkheden van gemeente en waterschap vormen de brede basis voor beoordeling van het voorlopig ontwerp.

Het waterschap is verantwoordelijk voor de berging en afvoer van water door watergangen bij hevige neerslag en voor de toevoer van water bij langdurige droogte. Ook is het waterschap verantwoordelijk voor behoud van een goede waterkwaliteit bij droogte. Het waterschap adviseert over water bij ruimtelijke ontwikkelingen met de watertoets.

De gemeente heeft een inspanningsverplichting voor de afvoer van regenwater en voor het oplossen van grondwaterproblemen. Daarnaast is de gemeente verantwoordelijk voor de kwaliteit van de openbare ruimte. De gemeente heeft de ruimte om lokale afwegingen te maken hoe deze inspanningsverplichting en verantwoordelijkheden worden ingevuld.

Gemeente en waterschap hebben gezamenlijk ambities en doelen gesteld voor het watersysteem in het Waterplan Harderwijk 2013-2018. De gezamenlijke visie luidt:

Streven naar een gezond, veerkrachtig, kwalitatief goed, aantrekkelijk en op de toekomst berekend watersysteem en waterketen die aansluiten bij de natuurlijke omstandigheden op en om het Harderwijks grondgebied.

De volgende doelen zijn relevant voor Harderweiden:

- › Verbeteren van de ecologische en chemische waterkwaliteit in stedelijk gebied.
- › Nieuwbouwprojecten waterneutraal uitvoeren.
- › Water zo veel mogelijk combineren met groen.
- › Benutten bergingscapaciteit bestaand stedelijk water.
- › Anticiperen op stijgende grondwaterstand.
- › Tegengaan van stagnerend water om waterkwaliteit te verbeteren.
- › Natuurlijk inrichten van oevers.
- › Afkoppelen riolering bij herontwikkeling.
- › Kind veilige watergangen.
- › Betrekken bewoners bij water in de wijk.

We nemen deze als kader mee in de beoordeling.



3 Beoordeling

3.1 Overzicht

3.1.1 *Klimaatscenario's*

Het klimaat verandert en de verwachting is dat in de zomer langere droge perioden zullen optreden, naast kortdurende hevige neerslag. De winters zullen gemiddeld natter worden. In voorgaande studies (AnteaGroup en Tauw) is uitgegaan van gemiddelde tot natte klimaatscenario's. In onze beoordeling nemen we ook de droge tot zeer droge en zeer natte scenario's mee. We onderscheiden zes meteorologische scenario's:

- › Gemiddelde winter, gebaseerd op de berekende waterbalans door AnteaGroup, 2015 (Variant 5a, gemiddelde wintersituatie, Tabel 3-6, Deel B, p25).
- › Gemiddelde zomer, gebaseerd op de berekende waterbalans door AnteaGroup, 2015 (Variant 5c, Tabel 3-6, Deel B, p25).
- › Droog, ingeschat (geen berekening beschikbaar) uitgaande van afname aanvoer door kwel en toename open-water verdamping in de Crescentplas. Aanname is hierin dat het debiet richting de Crescentplas ca. 0,5 m³/minuut is.
- › Extreem droog, ingeschat (geen berekening beschikbaar) uitgaande van verdere afname aanvoer door kwel en verdere toename open-water verdamping in de Crescentplas.
- › Nat, neerslag T100, gebaseerd op berekeningen AnteaGroup, 2015 (Rekenronde 3a, o.a. Overzicht 13, Deel A, p34).
- › Extreem nat, neerslag >>T100, ingeschat (geen berekening beschikbaar).

Uitgaande van deze 6 scenario's is een ordegruotte waterbalans opgesteld voor de Crescentplas (Tabel 3-1). De balans is gebaseerd op de rekenresultaten uit voorgaande studies. Deze resultaten zijn vanuit expert judgement geëxtrapoleerd naar drogere scenario's en een extreem nat scenario. Deze balans vormt de basis voor de beoordeling van het ontwerp van het watersysteem.



Tabel 3-1. Ordegrootte waterbalans Crescentplas voor zes klimaatscenario's

Volume Crescentplas: 82 500 m3	Gem. winter (berekend)	Gem. zomer (berekend)	Droog (ingeschat)	Extreem droog (ingeschat)	Nat (T100, berekend)	Extreem nat (>>T100 ingeschat)
IN						
Aanvoerdebiet (m3/d)	3400	2000	700	300	-	-
Aanvoer kwel (m3/d)	60	35	20	0	-	-
Neerslag- overschot (m3/d)	100	0	0	0	-	-
UIT						
Verdampings- overschot (m3/d)	0	100	200	400	-	-
Afvoer via stuw (m3/d)	3560	1935	520	-100	-	-
Verblijftijd (d)	23	43	>150*	>200*	-	-
Peilverandering (cm)	0	0	0	< -0,5 cm/dag	+50	>+50

* Theoretische waarden; de droge perioden duren in de praktijk minder lang dan de geschatte verblijftijden.

3.1.2 Beoordeling per functie

In Tabel 3-2 is de beoordeling voor de verschillende functies van de Crescentplas samengevat.

Hieruit volgt dat de Crescentplas voldoet in de functie om wateroverlast te voorkomen. Daarnaast voldoet de Crescentplas onder gemiddelde omstandigheden voor recreatie en voor realisatie van ecologische waarden, al worden in de zomer wel risico's gezien op verslechtering van de waterkwaliteit.

De Crescentplas voldoet bij extremer klimaat (droger of natter) onvoldoende voor de functies recreatie en ecologie. In de volgende paragrafen wordt per functie een onderbouwing gegeven voor de beoordeling.

Tabel 3-2. Samenvattende tabel beoordeling watersysteem Crescentplas

Functie Crescentplas	Gemiddelde winter	Gemiddelde zomer	Droog	Extreem droog	Nat	Extreem nat
Voorkomen wateroverlast	Goed	Goed	n.v.t.	n.v.t.	Goed	Voldoende (afh. van doelen)
Faciliteren recreatie	Voldoende	Voldoende, met risico's	Onvoldoende	Ruim onvoldoende	Onvoldoende	Onvoldoende
Realisatie ecologische waarden	Voldoende (afh. van doelen)	Voldoende (afh. van doelen)	Onvoldoende	Ruim onvoldoende	Voldoende (afh. van doelen)	Onvoldoende



3.2 Voorkomen wateroverlast

3.2.1 Criteria

We hanteren de volgende criteria (uit voorgaande studies):

1. Geen grondwateroverlast in Harderweiden.
2. T10-T100: geen wateroverlast in Harderweiden vanuit het oppervlaktewater.
3. Hydraulisch functioneren watersysteem Crescentplas volgens richtlijnen waterschap.

Daarnaast kijken we naar zogenaamde boven-normatieve neerslaggebeurtenissen met herhalingstijd >>T100. Vanuit het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie wordt gesteld dat gemeenten, samen met waterschappen en overige betrokken partijen, aan zet zijn om ambitie en doelen op te stellen voor ruimtelijke adaptatie. De eerste stap is het inzichtelijk krijgen van de effecten en vervolgens doelen en maatregelen te stellen. In de realisatie van Harderweiden kunnen deze maatregelen nog relatief eenvoudig worden meegenomen.

3.2.2 Werkwijze

De resultaten van het grondwatermodel (Anteagroup, 2015) en metingen van grondwaterstanden zijn de belangrijkste basis voor beoordeling van het risico op grondwateroverlast (criterium 1).

Studies van Tauw (2015) en AnteaGroup (2015) zijn de basis voor beoordeling van criteria 2 en 3. In het rapport van AnteaGroup is een tabel opgenomen met arealen per peilvak, van waaruit de robuustheid van het systeem is ingeschat.

Overzicht 8: Verdeling van oppervlakten per "bakje"

"bakje"	totaal, incl. open water (ha)	verhard op vuilwaterriool (ha)	verhard op hemelwaterafvoer (ha)	onverhard (ha)	open water (ha)
Hoog pand	77		38,0 ^[1]	38,0	1,0
Midden pand	82,7+4,3	27	4,6+4,3 ^[2]	46,3	4,8
Laag pand	57,4		18,5	31,9	7,0 ^[4]
Totaal	217+4,3	27 ^[3]	61,1 + 4,3	116,2	12,8

^[1]: Bestaat uit 33,6 ha verhard en 4,6 ha wadi. Dit verhard oppervlak watert via de wadi naar het oppervlaktewater.

^[2]: gedeelte Drielanden - West verder in Drielanden – Noord: 4,3 ha verhard oppervlak welke via hemelwaterafvoerleiding direct op open water is aangesloten.

^[3]: Kleine afwijking in het oppervlak (1 ha) tov de globale berekening waterbalans (Toekomst Hybride Norm)

^[4]: inclusief bergingsvijver

Figuur 3-1. Overzicht uit het rapport van AnteaGroup, als basis voor inschatting van robuustheid van het systeem

In de hele wijk Drielanden is ongeveer 6% aan areaal open water beschikbaar voor berging en afvoer. In het Laag pand (watersysteem Crescentplas) is dit 10% (5,5 hectare van totale areaal 57,4 hectare). Op deze 5,5 hectare voert 18,5 hectare verhard en 116,2 ha onverhard oppervlak af.

3.2.3 Resultaat

Maatgevende afvoer

AnteaGroup heeft gerekend met een strengenmodel, waarin dus ook de stroming in de waterlopen is berekend. Dit biedt een goede inschatting van het mogelijk optreden van hydraulische knelpunten bij maatgevende afvoer. Vooral de hydraulica van de Beek van de Hoge Geest is hierin relevant. De Crescentplas dient als tijdelijke buffering om de beek te ontlasten. Uit de berekeningen is gevolgd dat toch op sommige locaties (o.a. bij de westelijke duiker en in de waterloop daar achter) maximale stroomsnelheden worden overschreden; hiervoor zijn maatregelen voorgesteld (o.a. verruimen van het waterprofiel en het aanbrengen van voorzieningen om erosie tegen te gaan). Deze maatregelen worden **voldoende** geacht om het ontwerp aan de richtlijnen van het waterschap te laten voldoen.



Lange natte perioden

In de studies van AnteaGroup en Tauw is uitgebreid gekeken naar de risico's op grondwateroverlast. Uit de berekende GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand) is de benodigde ophoging bepaald, uitgaande van een minimale ontwateringsdiepte van 70 centimeter bij GHG. Met een ontwerp-maaiveldhoogte van minimaal NAP+1.6m en een berekende GHG van ca. NAP+0.75m (variant 5) wordt **ruimschoots voldaan** aan deze ontwateringsdiepte. De risico's op grondwateroverlast zijn dus in de laag gelegen gebieden van Harderweiden klein.

Neerslag met herhalingstijd T100

De doorgerekende T100-gebeurtenis van 147 millimeter in 216 uur (AnteaGroup, 2015) levert, puur door afvoer van het Lage Pand, een peilstijging van ongeveer 50 centimeter totaal. Hierbij komen nog enkele centimeters peilstijging door afwenteling vanuit de bovenstroomse peilvakken. Dit komt goed overeen met de door AnteaGroup berekende peilstijging van ruim 50 centimeter bij T100. Het watersysteem van de Crescentplas **voldoet** hiermee ruimschoots bij een neerslaggebeurtenis van T=100.

Neerslag met herhalingstijd >>T100

In voorgaande studies is nog niet gekeken naar het effect van heviger buien dan T100. Met een minimale maaiveldhoogte van NAP+1.6m op het 'schiereiland' (het laagste deel) lijkt het huidige ontwerp echter **wel robuust** voor neerslag met herhalingstijden groter dan T=100. Het peil in de Crescentplas kan vergeleken met een T100-bui nog bijna 2x zo veel stijgen (van NAP+0,5m naar NAP+1.6m), voordat eventuele wateroverlast optreedt.

Hierbij wordt opgemerkt dat de voorheen T100-buien door klimaatverandering al vaker optreden dan eens per 100 jaar. Daarom wordt aanbevolen ook de effecten van extremere buien te berekenen voor het ontwerp. Met een 2D-maaiveldmodel, bij voorkeur integraal gekoppeld aan de stroming in riolering en open water, worden de wateroverlastlocaties op stoeptegelniveau zichtbaar. Deze resultaten bieden de mogelijkheid om met kleine aanpassingen het ontwerp voor Harderweiden klimaatrobuuster te maken. Denk aan finetuning van de locaties voor tijdelijke waterberging (wadi's) of lokale aanpassing van de straatinrichting zodat meer water wordt geborgen.

3.3 Faciliteren recreatie

3.3.1 Criteria

Uit de werksessie met specialisten van gemeente en waterschap blijkt dat de Crescentplas en omgeving de mogelijkheid moet bieden om met bootjes te varen, pootje te baden, honden te laten zwemen (vanaf het hondeneiland), te spelen (op het speeleiland), te fitnessen (op het fitnessseiland) te wandelen langs het water.

Om deze functies te realiseren onderscheiden we de volgende criteria voor de Crescentplas:

1. Veilige oevers (met name voor kinderen op het speeleiland).
2. Geen groei van blauwalg (met het oog op de gezondheid van mens en dier).
3. Helder water (voor een goede beleving).
4. Geen stank (voor een goede beleving).
5. Beperkte groei van algen, waterplanten en riet (met het oog op varen).

Langs de Beek van de Hoge Geest wordt fietsen gefaciliteerd; veiligheid voor fietsers bij tijdelijke overstroming is hier het belangrijkste criterium.

Naast de functie-criteria nemen we vanuit beleid en plannen de volgende criteria mee:

- › Kind veilige watergangen (doel Waterplan).



- › Aansluiten op landschappelijke karakteristieken, 'Veluwe' uitstraling (doel stedenbouwkundig plan).

3.3.2 Werkwijze

De beoordeling van de recreatiefuncties hangt sterk samen met de verwachte waterkwaliteit van de Crescentplas. Twee factoren zijn hierin zeer bepalend:

- › Concentraties stikstof en fosfor in het aanvoerwater.
- › Verblijftijd van het water in de plas.

Deze factoren bepalen de score voor criteria 2 t/m 5 voor de functie recreatie. Combinatie van hoge nutriëntengehalten en een lange verblijftijd van het water (en opwarming van het water) levert een risico op blauwalg en stank tijdens droge perioden (criteria 2 en 4). Bij een hoog fosforgehalte bestaat het risico dat het water omslaat van 'helder' naar 'troebel' (criterium 3 en 4). Ook kunnen verhoogde concentraties stikstof en fosfor in het aanvoerwater zorgen voor het risico dat snel groeiende waterplanten de plas gaan overheersen (criterium 5).

De range aan stikstof- en fosforgehalten in het aanvoerwater zijn ingeschat vanuit waterkwaliteitsmetingen 2012 en 2013 en mededelingen experts (verzameld in specialistenoverleg d.d. 24-11-2017). Het ene meetpunt is representatief voor stadswater, het andere meetpunt bevindt zich in de Beek van de Hoge Geest. Deze brede range laat goed zien wat het verschil in gehalten is en wat de invloed ervan zou zijn op de plas. Uit de gemeten range aan N-gehalten in de zomer (0,3 tot 1,9 mg N-totaal/l) en P-gehalten (0,04-0,2 mg P-totaal/l) volgt dat de P-gehalten gezien de waterbalans van de plas, als eerste bij de kritische grens komen voor omslag van helder naar troebel (berekening met metamodel PCLake, zie bijlage II).

Tenslotte is de veiligheid van de oevers van het speeleiland ingeschat vanuit de verwachte peilstijgingen in de plas.

3.3.3 Resultaat

Gemiddelde wintersituatie

In de winter is de geschatte verblijftijd van het water ongeveer 20 dagen. Bij deze situatie ligt het omslagpunt van helder naar troebel water hoog, en de verwachting is dat deze niet wordt gehaald. De temperatuur is fors lager en planten- of algengroei treedt in de winter nauwelijks op. De kwaliteit van de plas is dus gedurende het winterhalfjaar **voldoende** voor recreatie, al zullen bewoners door slechter weer veel minder recreëren dan in het zomerhalfjaar.

Gemiddelde zomersituatie

Uit de waterbalans (tabel 3-1) volgt voor een gemiddelde zomersituatie een geschatte verblijftijd van het water in de plas van meer dan 40 dagen. Doordat de verblijftijd langer dan 21 dagen is, is de plas fosfaat gelimiteerd. Uit de berekeningen met PCLake (bijlage II) volgt een kritische P-belasting van 0,15 mg/l voor deze verblijftijd. Uit de metingen volgt dat de concentratie P in het stadswater rond de 0,04 mg/l ligt en daarmee aan veilige kant. De metingen zijn echter gedateerd en slechts op 1 locatie in de wijk genomen. De metingen genomen in de Beek van de Hoge Geest liggen, zoals mag worden verwacht van nutriëntenrijkwater uit landbouwgebied, boven de kritische grens. Het is lastig voorspellen wat de fosfaatconcentratie in de plas wordt, maar fosfaat kan zich wel ophopen (amper verversing). Het stadswater is daarnaast melkachtig troebel, wat ervoor zorgt dat waterplanten zich ondanks de lage nutriëntenconcentraties niet goed kunnen vestigen (te weinig doorzicht en licht) en er meer kansen zijn voor (blauw)algen. Tijdens een gemiddelde situatie is het mogelijk dat het ontwerp **voldoet** maar bestaat dus wel een risico



dat het water in de plas omslaat van helder naar troebel, wat nadelig is voor recreatie op en rondom de plas (lagere belevingswaarde).

Droge perioden

In droge perioden verslechtert de waterkwaliteit. Er wordt minder water afgevoerd, terwijl door kwel en aanvoer verhoudingsgewijs meer nutriëntenrijk water de plas binnenstroomt. De verblijftijd van het water loopt verder op. Het water warmt op en wordt gevoed met nutriënten, waardoor de kans toeneemt op het omslaan van een heldere naar een troebele toestand. Kroos en algen kunnen zich in deze omstandigheden beter vermenigvuldigen dan waterplanten. Het evenwicht tussen kroos en (blauw)algen enerzijds en waterplanten anderzijds wordt hiermee verstoord. De troebelheid van het water neemt dan verder toe. Is er eenmaal een krooslaag aanwezig, dan vermindert de lichtinval in het water en gaat het zuurstofgehalte omlaag. Dit hindert vervolgens het onderwaterleven: planten, vissen, macrofauna/bodemleven. Er zijn minder vissen aanwezig. Blauwalgen zijn van drie factoren afhankelijk om te kunnen groeien en te vermenigvuldigen: licht, voedingsstoffen en warmte. Deze drie factoren zijn tijdens een droge periode ruim voldoende aanwezig. Blauwalgen, maar ook bijv. E-coli (bacteriën gedijen goed in warmer water) kunnen een risico vormen voor gezondheid van mens en dier (honden). We constateren dat het huidige ontwerp van de Crescentplas tijdens droge perioden **onvoldoende** voldoet voor recreatie, omdat risico's op verslechtering van de kwaliteit van de plas groot zijn. De beleving bij recreëren neemt af, en er zijn mogelijk risico's op de gezondheid bij het in aanraking komen met het water in de plas.

Extreem droge perioden

Tijdens extreem droge perioden verslechtert de situatie ten opzichte van droge perioden. Genoemde effecten bij droge perioden nemen verder toe, waardoor het huidige ontwerp van de Crescentplas **ruim onvoldoende** voldoet voor recreatie.

Natte en extreem natte perioden

Tijdens natte perioden ($T=100$) kan het peil in de Crescentplas met 50 centimeter stijgen. Bij extreem natte perioden ($T>>100$) stijgt het peil in de Crescentplas verder. Het effect van deze peilstijgingen op de veiligheid van recreanten, met name van het speeleiland, is nog onvoldoende onderzocht. Mogelijk worden oevers instabieler, of bestaat een risico dat spelende kinderen op het eiland worden 'overvallen' door de neerslag en peilstijging, en lopen verbindende bruggen onder. Het huidige ontwerp van de Crescentplas houdt hier nog **onvoldoende** rekening mee. Ook wordt opgemerkt dat de oeverinrichting van de eilanden natuurvriendelijk oever is. Dit oeverbeeld is gericht op natuur en niet op recreatie en past mogelijk niet voldoende bij de beoogde functies van de eilanden (met name speeleiland kinderen en hondeneiland).

Daarnaast wordt opgemerkt dat oeverplanten kunnen afsterven bij langdurige overstroming in de zomer. Uit de berekening van AnteaGroup volgt een duur van de peilstijging van ongeveer 6 dagen. Voor sommige oeverplanten kan dit te lang zijn. Sterfte van oeverplanten verlaagt vervolgens weer de recreatiewaarde van de plas.

Tenslotte merken we op dat na natte en extreem natte omstandigheden het fietspad langs de Beek van de Hoge Geest onveiliger kan worden. De beek laat sediment en plantenresten achter op het fietspad, waardoor deze glad kan worden, en fietsers kunnen wegglijden.



3.4 Realisatie ecologische waarden

3.4.1 Criteria

De te realiseren ecologische waarden volgen de recreatie-doelen. Het belangrijkste criterium is dus dat de ecologie langs en in het water bijdraagt aan de recreatie op en langs de Crescentplas.

Daarnaast hebben we vanuit onze expertise gekeken welke ecologie mogelijk is bij de gekozen klimaatscenario's.

3.4.2 Werkwijze

Waterschap Vallei en Veluwe heeft gezamenlijk het 'kwaliteitsbeeldenboek stedelijk water' (2014) ontwikkeld, waarin water- en oeverbeelden zijn beschreven. Met deze beelden kunnen de huidige én gewenste situatie op watergangniveau worden vastgelegd. De kwaliteitsbeelden geven daarmee richting aan beheer, onderhoud en inrichting.

Om te voorspellen welk waterkwaliteitsbeeld realistisch is, wordt met behulp van de ecologische stuurfactoren gekeken naar de potentie van onderwatervegetatie. De eerste drie ecologische stuurfactoren (ESF 1: productiviteit water, ESF 2: lichtklimaat en ESF 3: productiviteit bodem) bepalen samen het voorkomen van ondergedoken waterplanten. De waterplanten zelf zijn voorwaarde voor het voorkomen van andere organismen zoals macrofauna, vis en vogels. Het stappenplan bij de ESF is feitelijk een systeemanalyse die bij een VO als checklist kan dienen om te voorspellen of een bepaalde kwaliteit kan worden behaald en wat hierbij mogelijke risico's zijn. In Bijlage III zijn de achtergronden van de ESF beschreven.

3.4.3 Resultaten basiskwaliteit

In alle wateren wordt een basiskwaliteit nagestreefd en vervolgens wordt per watergang gekeken naar de passende en/of gewenste oever- en waterbeelden. De basiskwaliteit dient dus eerst op orde te zijn. Conform het kwaliteitsbeeldenboek gelden dan acht criteria. In Tabel 3-3 is voor de gemiddelde zomersituatie per criterium per watersysteem aangegeven of het voorkomen ervan waarschijnlijk is. Hierbij is gewerkt met een 5 punten beoordeling: niet waarschijnlijk, beetje waarschijnlijk, mogelijk, zeer waarschijnlijk, bijna niet te voorkomen.

Tabel 3-3. Beoordeling basiskwaliteit Crescentplas en Beek van de Hoge Geest

Criteria basiswater	Crescentplas	Aanvoer watergang Crescentplas	Beek van de Hoge Geest
(Geen) zwerfvuil	Mogelijk (1)	Mogelijk (1)	Mogelijk
(Geen) stank	Niet waarschijnlijk	Niet waarschijnlijk	Niet waarschijnlijk
(Geen) dikke sliblaag*	Niet waarschijnlijk	Niet waarschijnlijk	Niet waarschijnlijk/mogelijk
(Geen) overmatige bedekking met kroos	Niet waarschijnlijk	Beetje waarschijnlijk	Beetje waarschijnlijk
(Geen) overmatige bedekking met flab	Beetje waarschijnlijk	Beetje waarschijnlijk	Beetje waarschijnlijk
(Geen) blauwalgenbloei	Mogelijk (2)	Mogelijk (2)	Mogelijk
(Geen) vissterfte	Mogelijk (3)	Beetje waarschijnlijk (3)	Beetje waarschijnlijk
(Geen) botulisme	Beetje waarschijnlijk	Beetje waarschijnlijk	Beetje waarschijnlijk



*Bij stromend water niet boven leggerprofiel, bij stilstaand water max. 1/3 van de waterkolom

(1) Zwerfvuil genoemd als risico in waterbeheerplan Harderwijk 2013-2018. Dit staat echter los van het ontwerp en is meer een algemeen risico.

(2) Blauwalgen aangetroffen in stadswater Drielanden in 2014. In Ermelo en Putten in 2016 in stadswater blauwalg aangetroffen (bron: website waterschap blauwalg meldingen).

(3) Vissen kunnen zich aanpassen aan slechte omstandigheden (andere soorten komen om). Echter bij ziektes als botulisme of zuurstofloosheid leggen ze het loodje. Dit kan snel gaan bij ondiepte, warm water en aanwezigheid van krooslaag. Gezien de grootte van de plas is het niet waarschijnlijk. In de aanvoerwatergang is de kans het kleinst omdat daar de meeste stroomsnelheid (en daarmee verversing en zuurstoftoevoer) blijft. Zuurstofgehalte gemeten in stadswater (en dus aanvoerwater) is goed (gemiddeld 8 tot 11 mg/l)

Naar alle waarschijnlijk wordt de basiskwaliteit zowel in de plas als in de Beek van de Hoge Geest gehaald in de gemiddelde zomersituatie. In droge en extreem droge zomerperiode zijn er risico's doordat het systeem kan omslaan van helder naar troebel. Voor de criteria basiswater geldt dat dan met name risico op overmatige bedekking met kroos, troebelheid (ook door kwel), stank, blauwalgen gaat toenemen.

Veel hangt echter af van de nutriëntengehaltes in het aanvoerwater. De berekeningen met kritische P-belasting (omslag naar troebel systeem) laten zien dat gehalten bij een verblijftijd van 40 dagen rond de 0,15 mg P/l liggen. Dat is hoger dan de metingen laten zien in het stadswater (metingen 2012, 2013).

3.4.4 Verwachte waterkwaliteitsbeeld

De resultaten van het doorlopen van de eerste drie ecologische stuurfactoren is in Tabel 3-4 weergegeven. Een sleutelfactor kan op 'groen' (het waterlichaam voldoet aan de eisen van de sleutelfactor), of 'rood' (het watersysteem voldoet niet aan de eisen van de sleutelfactor) staan.



Tabel 3-4 Beoordeling ESF 1 t/m3 Crescent plas

Ecologische stuurfactor	Eindscore	Opmerking
1. Productiviteit water		Door de verblijftijd > 21 dagen (40 dagen cf. waterbalans) in de gemiddelde zomerperiode is het watersysteem fosfaat gelimiteerd. Door de kritische fosfaatbelasting van de plas te vergelijken met de belasting vanuit aanvoerwater kan worden bepaald of de productiviteit van het water te hoog is en daarmee een risico vormt. Uit de berekeningen blijkt dat de kritische belasting van P laag ligt. De gegeven kentallen in het specialistenoverleg (N= 3mg N /L en P=0,2 mg P/l) en de metingen uit 2012/2013 (N=0,3-1,9 mg N/l en P=0,04-0,2 mg P/l) variëren dusdanig dat in het eerste geval de kritische belasting wordt overschreden in gemiddelde zomer situatie. In het geval van de metingen blijft het P gehalte onder de kritische grens. In de plas kan het fosfaat zich mogelijk ophopen doordat er amper verversing is. Noot: dit betreffen grove berekeningen waarin niet alle factoren zijn meegenomen. Zo is er sprake van (ijzerrijke) kwel in de plas. IJzer kan reageren met fosfaat: binden en neerslaan op bodem waardoor eutrofiering wordt tegengegaan. Gevoelsmatig is er een 50% kans op omslag van helder naar troebel in een gemiddelde zomer situatie.
2. Lichtklimaat	 	Door de diepte van de plas van 1.5 meter bereikt op de meeste plaatsen onvoldoende licht de bodem, bij de oevers (1:3) daarentegen wel. Positief voor lichtinval is dat er geen schaduwwerking is door bomen en weinig opwoeling wordt verwacht (geen scheepvaart, geringe strijklengte wind en weinig opwoeling door vis). Negatief is dat door kwel mogelijk bruinegekleurd water in de plas komt. Ook het aanvoerwater vanuit In de nabijgelegen wijk is het water melkachtig troebel.
3. Productiviteit bodem	 	Aanwezigheid nutriënten in de toekomstige waterbodem is onbekend. Dit was voorheen landbouwbodem, bij <i>ondiep</i> afgraven zijn er risico's op opgeladen bodem. Dit risico geldt met name voor de toekomstige oeverzone.

Gezien de twijfels rondom productiviteit van het water, de eenzijdige inrichting (overal in de plas dezelfde diepte, relatief stabiel peil) en de voedselrijkheid van het aanvoerwater wordt waterbeeld C verwacht. Waterbeeld C = Matig helder en voedselrijk water met 5%-10% bedekking van ondergedoken waterplanten, 5-10% drijfplad- en 5-10% moerasplanten (bijlage III).



3.5 Beoordeling aanleg en beheer

3.5.1 Criteria en werkwijze

Voor aanleg kijken we of in het voorlopig ontwerp alle onderdelen aanwezig zijn om de functies waterberging, recreatie en ecologie in de Crescentplas mogelijk te maken.

Voor beheer kijken we of een goed beheer van de Crescentplas binnen de kenmerken van het voorlopig ontwerp mogelijk is.

We gebruiken de tekeningen van het voorlopig ontwerp en de gedeelde kennis tijdens het specialistenoverleg als input voor de beoordeling.

Last but not least doen we een inschatting van de kosten voor beheer en aanleg op basis van kostenkennallen en prijspeil 2017. Dit vormt belangrijke input voor de gemeente om een kosten-baten afweging te maken voor het voorlopig ontwerp.

3.5.2 Resultaat

De volgende onderdelen **ontbreken** in het ontwerp van de Crescentplas, welke nodig zijn voor het beoogde gebruik:

- › In het ontwerp zijn geen voorzieningen opgenomen om boten te water te laten en aan te leggen.
- › Daarnaast is het onduidelijk of de bruggen tussen de eilanden passeerbaar zijn voor een (maai)boot.
- › De toegangsweg tot de plas is in het huidige ontwerp te smal voor een trekker met maaiboot.
- › Een parkeerplaats voor de hondenbezitters ontbreekt.

We zien de volgende **knelpunten** voor het uitvoeren van goed beheer:

- › De brug naar het hondeneiland is te klein gedimensioneerd om met een trekker onderhoud te plegen op het eiland (verwijderen van hondenpoep). Dit geldt ook voor de andere twee eilanden.
- › Vanwege de hoge nutriëntengehalten en lage stroomsnelheid kan extra rietgroei optreden, waardoor frequenter maaien nodig is.
- › Om de optimale potentie van riet, natuurvriendelijke oevers, zoom en hoge kruiden te behalen, dient ecologisch te worden gemaaid. Dit houdt in dat niet alles wordt weggemaaid, in de juiste periode van het jaar moet worden gemaaid etc. Dit is vaak duurder dan traditioneel maaien.
- › Als de plas een troebel watersysteem wordt met kroos en/of blauwalgen zijn extra beheersmaatregelen nodig om de waterkwaliteit weer op orde te brengen.
- › Ook de passeerbaarheid van de bruggen kan een probleem vormen voor het maaibeheer per boot.
- › Het risico bestaat dat (illegaal) vissen of waterplantexoten worden uitgezet, waardoor de beheerder minder vat heeft op de kwaliteit van de plas.

De kostenraming is opgenomen in Bijlage IV. Samenvattend zijn de geraamde kosten voor het watersysteem van de Crescentplas als volgt:

- › Aanlegkosten: ruim **3,9 miljoen euro**.
- › Jaarlijkse kosten beheer en onderhoud: ruim **285 duizend euro**.



4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

4.1.1 Algemeen

Doel van het onderzoek was om te beoordelen of het huidige ontwerp van de Crescentplas voldoet en welke aanpassingen eventueel nodig zijn. We constateren dat het huidige ontwerp vooral is ingestoken vanuit een wateroverlast-perspectief. De Crescentplas voldoet op dat onderdeel aan de ontwerpeisen. Er is echter onvoldoende aandacht besteed aan de recreatieve en ecologische aspecten van de Crescentplas. Wij zien dan ook veel risico's, met name in de droge zomerperioden. De kans is groot dat het water in de plas troebel en vies wordt, waardoor het niet geschikt is voor recreatie en de ecologische potentie niet wordt benut. Het is niet eenvoudig om het huidige ontwerp met een aantal kleine aanpassingen geschikt te maken voor de recreatieve en ecologische functies.

4.1.2 Hydrologie

- › Het ontwerp van de Crescentplas **voldoet** voor de functies waterafvoer en waterberging bij (extreme) neerslag. Bij neerslag met herhalingsjijd tot T=100 jaar treedt naar verwachting geen wateroverlast op.
- › Bij neerslag met een herhalingsjijd van groter dan T>> 100 jaar lijkt het systeem **robuust**, maar dit is nog niet gestaafd met berekeningen. Een klein risico bestaat dat het 'schiereiland' gedeeltelijk inundeert (maaiveldhoogte NAP+1.6m) bij zeer hevige neerslag. Om hier zekerheid over te krijgen zijn aanvullende berekeningen nodig.
- › Onder langdurige natte omstandigheden **voldoet** het ontwerp. Gezien de beoogde ophoging van het maaiveld (80 cm boven GHG) zijn de risico's op grondwateroverlast klein.

4.1.3 Recreatie

- › Onder natte omstandigheden **voldoet** het ontwerp van de Crescentplas voor de functie recreatie. Onder deze omstandigheden is de verversing van de plas voldoende om de waterkwaliteit te waarborgen.
- › Onder gemiddelde, droge en extreem droge omstandigheden voldoet het ontwerp **onvoldoende**. Uit de waterbalans van de grondwaterstudie volgt dat het water in een gemiddelde zomersituatie te lang stil blijft staan (verblijftijd >40 dagen), waardoor het watersysteem kan omslaan van helder naar een troebele toestand.
- › In het nutriëntenrijke water kan stank en overmatige (blauw)algengroei optreden. Recreëren op en om het water kan risico's opleveren voor de gezondheid van mensen en dieren. Ook de belevingswaarde voor wandelaars neemt sterk af.
- › Onder natte en extreem natte omstandigheden wordt in het ontwerp van de Crescentplas een **risico** gezien voor kinderen. De oevers van het speeleiland lopen onder en kunnen na droogval instabiel worden, waardoor kinderen in het water vallen.
- › Onder extreem natte omstandigheden bestaat ook een **risico** dat het beoogde fietspad langs de beek van de Hoge Geest glad wordt doordat het is ondergelopen en dat kan ertoe leiden dat fietsers of wandelaars vallen.

4.1.4 Ecologie

- › Het ontwerp van de Crescentplas biedt **beperkte mogelijkheden** voor creëren van ecologische waarden in de plas. De verblijftijd van het water is in de zomer hoog (meer dan 40 dagen) en het nutriëntengehalte onvoldoende inzichtelijk. Door de lange



verblijftijd kan het water opwarmen. Ook is het aanvoerwater troebel, waardoor er minder licht op de bodem komt. Waterplanten kunnen zich daardoor niet goed vestigen, waardoor snelgroeende soorten de overhand nemen. Denk aan de groei van (blauw)algen, kroos en riet.

- › Ook is er een groot **risico** op afname van de helderheid van de plas, wat negatief is voor de aquatische ecologie.
- › Door aanleg en goed beheer kunnen oevers met ecologische potentie ontstaan. Hierbij is onderscheid te maken in natte en droge ecologie. Voor een goede waterkwaliteit is diversiteit in waterplanten noodzakelijk: variatie in soorten wordt bereikt door de oeverbeelden natuurvriendelijke oevers, zoom en hoge kruiden. In de plas is ca. 40% van de oever met deze oeverbeelden voorzien.
- › De rietoever aan de noordkant van de plas kan een zuiverende functie hebben, al wordt getwijfeld aan het beperkte oppervlakte riet t.o.v. het oppervlakte van de gehele plas. Riet fungeert echter weer als biotoop voor insecten, amfibieën en (moeras)vogels. Van belang is wel dat er ook meerjarig riet blijft staan (niet alles wegmaaien).
- › Het hondeneiland vormt een **risico** voor de ecologische waarden in de plas, vanwege de verspreiding van extra nutriënten en E-coli (via de hondenpoep). Ook kan het eiland watervogels aantrekken; de vogelpoep levert vervolgens extra nutriënten in het water, en verslechtering van de waterkwaliteit.
- › Uitzetten van vis (bijv. dumpen exoten uit aquaria of illegaal brasem/karper uitzetten door vissers) kan de waterkwaliteit verslechteren. Bodemwoelende vissoorten vertroebelen water en hebben negatieve invloed op plantengroei.
- › Tenslotte vormt, vanwege de recreatiefunctie, zwerfvuil en het overmatig voederen van eenden (toename nutriënten door teveel brood en uitwerpselen vogels) een **risico** voor de ecologische waarden van de plas.

4.1.5 Aanleg en beheer

Uit de resultaten volgt dat nog verschillende voorzieningen voor recreatie in het voorlopig ontwerp ontbreken. Het gaat onder andere om aanlegplaatsen voor boten, een parkeerplaats voor hondenbezitters en een brede toegangsweg voor het uitvoeren van beheer met een maaiboot.

Daarnaast voorzien we in het beheer knelpunten in het bereiken van de eilanden met voertuigen, het passeren van de bruggen met een maaiboot en het extra beheer dat nodig is als overmatige rietgroei optreedt.

Uitgaande van de kenmerken van het huidige ontwerp en de opgehaalde kennis tijdens de specialistensessie (Bijlage I) is de inschatting van de kosten als volgt:

- › Het ontwerp wordt qua aanlegkosten ingeschat op ruim **3,9 miljoen euro**.
- › Het beheer wordt qua jaarlijkse kosten ingeschat op ruim **285 duizend euro**

4.2 Aanbevelingen

We doen de volgende aanbevelingen:

- › Het maken van een aangepast ontwerp dat voldoet aan de beoogde recreatie- en ecologie-functies. We bevelen aan om 2 varianten uit te werken: een 'natte' variant gebaseerd op het huidige ontwerp (realisatie van een waterplas) en een 'droge' variant (realisatie van een overloopgebied). In beide varianten moet rekening worden gehouden met de omstandigheden in droge perioden (weinig wateraanvoer, nutriëntenrijk water). In beide varianten moet ook veiligheid voor kinderen nadrukkelijk worden meegenomen als ontwerp-uitgangspunt. We verwachten dat de



'droge' variant goedkoper zal zijn dan de 'natte' variant. Daarnaast zal een 'droge' variant beter aansluiten bij het beoogde Veluws karakter van de wijk.

- › Modelmatig toetsen van het nieuwe ontwerp voor verschillende neerslaggebeurtenissen.
- › Het hanteren van een integrale werkwijze in het verbeteren van het ontwerp, zodat hydrologie, recreatie, ecologie, aanleg, beheer én aantrekkelijkheid vanaf het begin in het ontwerp vertegenwoordigd zijn. De beoogde varianten moeten in een vroeg tijdig stadium worden voorgelegd aan bewoners voor het creëren van draagvlak.
- › Het uitvoeren van een stresstest voor het verbeterde ontwerp voor buien met een herhalingstijd >> 100 jaar. We bevelen aan deze uitvoeren met een 2D-maaiveldmodel, geïntegreerd met riolering en open water. Dit biedt gedetailleerde input voor realisatie van een klimaatrobuuste wijk, met name op het schiereiland, en positionering van wadi's op de juiste locaties.
- › Het op korte termijn monitoren van de nutriëntengehalten van het in aanvoerwater naar de Crescentplas.

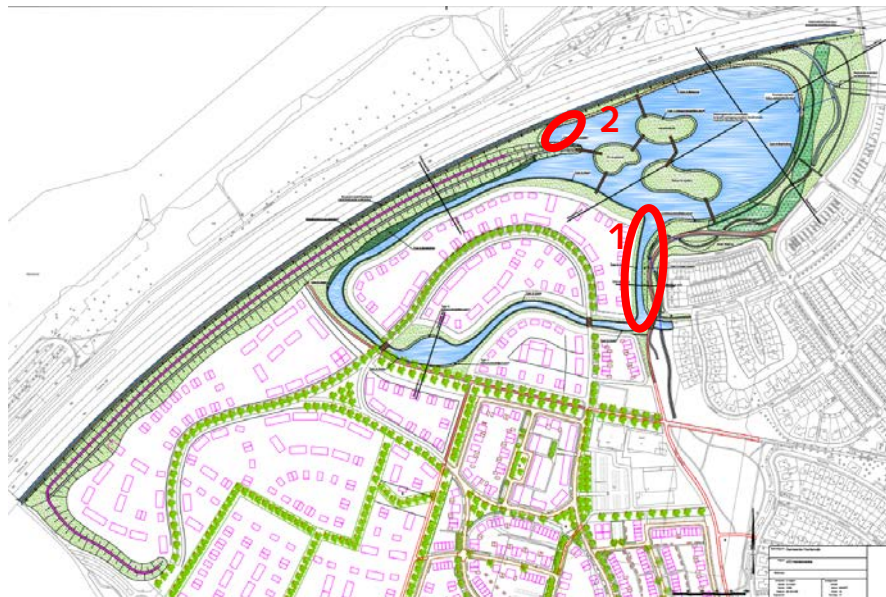


I. Resultaten werksessie specialisten

Wijzigingen tekening ontwerp

In onderstaande tekening (d.d. 23-11-2017) is het VO weergegeven. Tijdens het specialistenoverleg zijn hierop nog de volgende wijzigingen gemaakt:

1. In de tekening is een verbinding weergegeven tussen Crescentplas en bovenstroomse aanvoerrote vanuit Drielanden, waardoor een 'rondje' ontstaat. Omdat nog te veel discussie is over de beoogde randvoorwaarden (hydrologie, aanleg, beheer) van deze verbinding is tijdens het specialistenoverleg besloten **deze verbinding niet op te nemen in de beoordeling van het watersysteem.**
2. In de **noordwest hoek van de plas wordt plas-dras gerealiseerd**. Maaiveld is iets boven streefpeil (+0,5m), loopt alleen onder bij berging. Dit om stilstaand water in dit hoekje, en verslechtering van de waterkwaliteit, te voorkomen.



Hydrologie

We onderscheiden twee watersystemen; het Sprengkoppen-watersysteem (dat de Crescentplas voedt) en de Beek (komend vanuit landelijk gebied).

Voor de hydrologische beoordeling van het Sprengkoppen-watersysteem geldt:

- › Oppervlak Crescentplas én overige water op peil NAP+0,5m wordt 5,4 ha excl. eilanden.
- › Peil in de Crescentplas mag met ca. 50 centimeter stijgen om water tijdelijk te bergen.
- › Nadat weer ruimte is in de benedenstroomse afvoerrote wordt de plas weer teruggebracht op streefpeil, uitgaande van max. afvoerdebit 1,5l/s/ha, peil <1m+NAP.
- › In het watersysteem zijn 3 automatische stuwen voorzien om de afvoer via de 3 afvoeroutes te reguleren
 - Bij de Crescentplas (afvoer richting westelijke duiker onder de A28).



- Voor de oostelijke duiker onder de A28 (instelbaar, maar niet geautomatiseerd).
 - Bij de afvoertak richting centrum (motorbediend).
- › Bij hevige neerslag wordt uitgegaan van regeling van deze stuwen uit voorgaande studies.
 - › Crescentplas voert via stuw en open waterloop af op beek
 - › Bij droogte bestaat geen prioritering voor de verdeling van het water tussen de stuwen.
 - › Bij droogte wordt het debiet dat richting de Crescentplas gaat geschat op 0,5 m³/minuut. Dit water is volledig afkomstig vanuit de sprengkoppen.
 - › De diepe kwel die in het noordelijk deel (ter hoogte van Crescentplas) omhoog komt is nutriëntenarm.
 - › Bij droogte is het een optie de kwelstroom tijdelijk te laten toenemen in de plas, maar netto mag de afvoer van diep grondwater niet toenemen, zonder afstemming met de provincie.
 - › Het ondiepere grondwater dat via het Sprengkoppen-watersysteem wordt afgevoerd is rijker aan nutriënten dan het diepe kwelwater. Geschat wordt een concentratie N-totaal van 3,5 mg/l en P-Totaal van 0,2 mg/l.
 - › Het Sprengkoppen-watersysteem voedt de Crescentplas. Om blauwalg-problemen te voorkomen is het streven de verblijftijd onder de 10 dagen te houden.
 - › De verblijftijd bij droge periode is geschat op ca 30 dagen.
 - › Om foutaansluitingen aan te pakken voert het regenwater in Drielanden vanaf het verharde oppervlak en de daken eerst af in een uitstroombegoot, die overgaat in de regenwaterleiding. Foutaansluitingen worden snel zichtbaar. Ook in Harderweiden wordt deze aanpak gehanteerd.
 - › In Harderweiden wordt op de oorspronkelijk landbouwbodem gebouwd, deze wordt opgehoogd tot aan het gewenste vloerpeil.
 - › De greppels in Harderweiden liggen met de bodem boven GHG vanuit metingen; deze voeren voornamelijk regenwater af.
 - › Het BBB van Drielanden stort ongeveer eens per 2 jaar over vanuit modelberekeningen. In de afgelopen 8 jaar heeft 1x een grote overstorting plaatsgevonden.
 - › De onderwater-oeveren van Crescentplas en aanvoerend watersysteem moeten minimaal een talud van 1:2,5 krijgen; om opbarsting vanwege kweldruk te voorkomen.
 - › Voor de waterprofielen en dimensies van kunstwerken wordt uitgegaan van de beschikbare ontwerp-tekeningen en adviezen uit voorgaande studies.
 - › Noodoverlaat (naast automatische stuw) vanuit Crescentplas naar Beek moet mogelijk zijn (bv. Door nabij de westelijke duiker A28 de kruin van de waterscheidende dam over voldoende lengte te verlagen naar NAP+1m. Goede bescherming tegen erosieschade is op dit knooppunt van waterstromen noodzakelijk.

Voor de hydrologische beoordeling van de Beek geldt:

- › Beek gaat via zinker onder Sprengkoppen-systeem door, middels duikers en een soort van vistrap eroverheen.
- › Beek gaat meanderen langs de Crescentplas, door het bestaande wilgenbos heen. Wilgen mogen af en toe onder water komen.
- › Wens is om aan einde beeksysteem een helofytenfilter aan te leggen (zuiverende werking om nutriëntenlast op Wolderwijd te verminderen).



Recreatie en ecologie

Voor de recreatie en ecologische beoordeling van het Sprengkoppen-watersysteem geldt:

- › Wenselijk om met bootjes te varen in zowel waterloop-ronde als Crescentplas. I.v.m. oeverinrichting inlaatplekken bootjes faciliteren (steigers of inhammen).
- › Zuiverende waterplanten zijn niet wenselijk, omdat dit varen moeilijk maakt.
- › Kwel is wenselijk i.v.m. nutriënten, echter kwel in al aangelegde wijk is bruin gelig van kleur, met name bij de sprengkoppen, waar relatief stagnerend water optreedt. Voorkeur voor vooral regenwater gevoede plas.
- › Waterlopen moeten 'open' blijven (geen riet) zodat bewoners van het water kunnen genieten.
- › Aanleg van natuurlijke oevers, passend bij recreatie-doelen.
- › Uitzetten van vissen in de plas is onwenselijk.
- › Eilanden komen in verbinding met elkaar door (hang)bruggen.
- › Ook tijdens peilstijging moeten de eilanden nog deels begaanbaar zijn.
- › Overstroming hondeneiland aandachtspunt (veel nutriënten, oppervlakkige afstroming).
- › Honden mogen zwemmen in de plas (bij hondeneiland), mensen niet.
- › Waar honden het water in mogen, geen ecologische doelen nastreven (oevertype).
- › In bovenloop-deel (peil +3m) zijn blauwalg-problemen bekend.
- › Speeleiland moet veilig zijn voor kinderen, pootjebaden is mogelijk.
- › Wandelpad om gehele eiland, en goede toegang voor hondenbezitters met auto.
- › Waterkwaliteit van het Wolderwijd is laatste jaren sterk verbeterd: helder en veel waterplanten.
- › In de noordoost hoek van de plas wordt een helofytenzone mogelijk.
- › In de bovenlopen treedt snel en veel rietgroei op, aandachtspunt voor beheer.
- › Op de kruising van Sprengkoppen-systeem en Beek wordt de stuw als waterval met stapstenen aangelegd.

Voor de recreatie en ecologische beoordeling van de Beek geldt:

- › Fietspad langs meanderende beek.
- › Geen expliciete ecologische doelen.

Aanleg en beheer

Voor aanleg en beheer geldt:

- › Bruggen over waterlooppronde richting Crescentplas moeten Verkeersklasse 60 aankunnen (o.a. vuilnisauto's).
- › Beek voegt zich bij bermsloot A28, en vormt 1 waterloop tot aan de westelijke duiker. Voor dit deel neemt waterschap beheer over van Rijkswaterstaat. Rijkswaterstaat behoudt beheer van bermsloot A28, waar deze niet samenloopt met de Beek.
- › Te beheren waterlopen bevatten aan minimaal 1 kant beheer-paden.
- › Crescentplas is toegankelijk voor trekker met maaiboot.
- › Bruggen tussen eilanden zijn op te halen tot 1,25m doorvaarhoogte.
- › Minimale bodembreedte waterlopen is 2 meter.
- › Minimale diepte is 1,3m.
- › Hondeneiland moet toegankelijk zijn voor hondenpoepzuiger (trekkertje).

Randvoorwaarden en uitgangspunten kostenraming

Voor de kostenraming geldt:

- › Uitgangspunt VK 60 voor bruggen waar gemotoriseerd verkeer overheen kan.
- › Natuurlijke oevers, geen beschoeiing.



- › Geen aparte oversteek nodig voor de nooddiensten omdat de 'water' verbinding buiten beschouwing wordt gelaten.
- › Verlichting meenemen langs voet- en fietspaden.
- › Overstort met automatisch regelsysteem.
- › Overstort middels een open verbinding.
- › Stelpost meenemen voor inrichting van de thema eilanden.
- › Vrijkomende grond, exclusief de arseen-vervuiling, klasse AW 2000.
- › Meenemen van kunstwerken en herprofilering watergangen in kostenraming.



II. Verblijftijden en kritische belasting

Uitgangspunten

De waterbalans (Tabel 3-1) vormt de basis voor de berekening van de kritische belasting. Hieruit volgt een aanvoer van de Crescentplas tijdens een gemiddelde zomersituatie van ca. 1,39 m³ per minuut, en tijdens een droge periode ca. 0,5 m³ per minuut.

Bij minder dan 3 dagen verblijftijd is het systeem transport gestuurd en bepaalt de samenstelling van het inlaatwater of er kroos/algen in het water aanwezig zijn. Bij meer dan 3 dagen verblijftijd spelen primaire productieprocessen in het watersysteem een rol. Bij 3 tot 21 dagen dient bepaald te worden of het systeem stikstof gelimiteerd of fosfaat gelimiteerd is. In het geval van de Crescentplas ligt de geschatte verblijftijd met 40 dagen boven de 21 dagen en is de plas P-gelimiteerd.

Berekening kritische belasting

Het planbureau voor de leefomgeving heeft het metamodel PCLake ter beschikking gesteld om snel een inschatting te maken van de kritische P-belasting van meren. Door enkele invoervariabelen van het meer in te voeren, wordt de kritische belasting van de 2 omslagpunten (van helder naar troebel en van troebel naar helder) en de verblijftijden berekend. De invoervariabelen zijn diepte, strijklengte, debiet, extinctie en sedimenttype. Als debiet, concentratie P in aanvoerwater en opp. van de plas bekend is, kan worden berekend of deze kritische belasting wordt overschreden. Met deze quick and dirty methode kan een eerste uitspraak worden gedaan of het aanvoerwater te belastend is voor de plas.

Voor een betrouwbaardere inschatting kan het model PCLake worden ingezet. In tegenstelling tot het metamodel wordt hier het 'meer' grondig gemodelleerd, waarbij goede systeemkennis is vereist. Naast een sluitende waterbalans, dienen veel meer invoerparameters te worden ingevuld.

Resultaten

Voor deze beoordeling is uitgegaan van het metamodel, hieronder is deze ingevuld voor de Crescent plas:



Invoer modelrun	
Diepte	1.5 m
Aandeel moeras	0 (ratio)
Strijklengte	300 m
Debiet	35 mm/d
Extinctie	0.5 m
Sedimenttype	zand

Resultaat modelrun	
Helder naar troebel	5.38 mg P/m ² /d 1.96 g P/m ² /jaar
Troebel naar helder	3.03 mg P/m ² /d 1.11 g P/m ² /jaar
Verblijftijd	42.857142857143 dagen

Uitgaande van een verblijftijd van 43 dagen en een gem. diepte van 1,5m, blijkt de kritische P-belasting van de Crescentplas 5.38 mg P/m²/dag te zijn. Bij een aanvoerdebiet van 1,39 m³/minuut is de kritische P-concentratie van het aanvoerwater 0,15 mg P/l. P-gehalten die genoemd zijn tijdens het specialistenoverleg, en gehalten vanuit metingen overschrijden deze kritische waarde, zie onderstaande tabel.

Bron	gehalte P aanvoerwater	Belasting in P/m ² /dag
Specialistenoverleg	0.20	7.27
2012 ZGM. P mtp 250011	0.04	1.49
2012 ZGM. P mtp 255511	0.24	8.73

Meetpunt 250011 is gelegen in Drielanden (Koekampvijver, Drielandendreef), meetpunt 255511 betreft Beek van de Hoge Geest. Er zijn meetgegevens van 2012 en 2013. Van de meetgegevens is per meetpunt het zomerhalfjaargemiddelde P berekend. Voor wijk Drielanden is P gedurende het hele jaar <0.04 mg/L. In de Beek van de Hoge Geest wordt gevarieerde P-gehalten gemeten met een ZGM van 0.24 mg/L.



III. Achtergronden ESF

Inhoudelijk kader ESF

Tabel 1. Een opsomming van de eerste drie ecologische sleutelfactoren met een kenmerkend beeld van de toestand, de bijbehorende centrale vraag, de vergelijking die wordt gemaakt in de systeemanalyse en een aantal voorwaarden.

ESF	Naam	Centrale vraag	Beeld van de toestand	Vergelijking	Voorwaarden
ESF1	Productiviteit Water	Zijn de condities zodanig dat algen- of kroos-dominantie geen belemmering vormt voor de groei van ondergedoken waterplanten? (zo ja, dan voldoet ESF 1)	Aanwezigheid van algen of kroos (als ESF 1 niet voldoet)	Vergelijk de externe belasting met de kritische belasting en beschouw tevens de verblijftijd	• Verblijftijd • Nutriëntenbelasting • N/P-ratio van de belasting • Diepte • Strijklengte
ESF2	Lichtklimaat	Valt er voldoende licht op de bodem voor plantengroei? (zo ja, dan voldoet ESF 2)	Troebel water (als ESF 2 niet voldoet)	Vergelijk het percentage licht op de bodem met het kritische percentage licht op de bodem voor de kieming van ondergedoken planten (of als alternatief het doorzicht met het kritische doorzicht)	• Inlaat/lozing van troebel water • Interne bronnen van vertroebelende bestanddelen, zoals afkalvende oevers • Krachten op de bodem, zoals wind, vis en recreatievaart • Opwervingsgevoeligheid van de bodem
ESF 3	Productiviteit Bodem	Is de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem voldoende laag om een diverse ondergedoken vegetatieontwikkeling mogelijk te maken? (zo ja, dan voldoet ESF 3)	Dominantie van eutrafente soorten (als ESF 3 niet voldoet en ESF 2 wel voldoet)	Vergelijk het totaal-P gehalte in de bodem met het kritische totaal-P gehalte van de bodem (voor N is nog geen kritisch totaalgehalte bekend)	Totaal N- en -P gehalte in de bodem



Ecologische stuurfactor 1: productiviteit water

De centrale vraag voor ESF 1 'Productiviteit Water' is: zijn de condities zodanig dat algen- of kroosdominantie belemmerend is voor de groei van ondergedoken waterplanten? Deze vraag wordt beantwoord door te onderzoeken of de externe belasting van nutriënten lager of hoger is dan de kritische belasting. De invulling van deze vraag is sterk afhankelijk van de verblijftijd van het water. Indien uit een analyse blijkt dat de externe P- of N-belasting hoger is dan de kritische P- of N-belasting, is de productiviteit dusdanig dat algen of kroos kunnen domineren. ESF 1 staat in dat geval 'op rood'. Indien de externe P- of N-belasting lager is dan de kritische P- of N-belasting is de productiviteit van het water niet belemmerend voor het groeien van ondergedoken waterplanten. ESF 1 staat in dat geval 'op groen'. Een aandachtspunt hierbij zijn andere licht versturende deeltjes, die kunnen zorgen voor minder groei van algen of kroos dan wordt verwacht op basis van een analyse van ESF 1. Troebelheid veroorzaakt door scheepvaart, wind of bodemwoelende vis kan dus ook een belemmering vormen. Ook kan de aanwezigheid van filterende mosselen (driehoeksmosselen of quagga mosselen) zorgen voor afwezigheid van algen, terwijl ESF 1 op rood staat. De filterende mosselen



zorgen voor helder water, maar de nutriëntenbelasting blijft onverminderd hoog. Uit bijlage II komt naar voren dat de kritische belasting 0,15 mg P/l is voor de Crescent plas (bij gemiddelde zomer). Metingen op 1 meetpunt in nabij gelegen wijk blijven hieronder. Het verwachte gehalte van het aanvoerwater zoals genoemd in het overleg ligt hier echter boven (0,2 mg P/l).

Ecologische stuurfactor 2: lichtklimaat



De centrale vraag bij ESF 2 'Lichtklimaat' is: valt er voldoende licht op de bodem voor (ondergedoken) plantengroei? Deze vraag wordt beantwoord door te kijken of het percentage licht op de bodem hoger is dan een vastgesteld kritisch percentage licht op de bodem voor plantengroei, op voldoende oppervlak van het watersysteem. Het is

voor deze ESF lastig om het causale verband te leggen tussen de drukken op het systeem en de toestand en het is dus moeilijk om onafhankelijke voorwaarden te noemen. Voor de analyse van ESF 2 ligt de nadruk op andere vertroebelende bestanddelen in het water dan algen (zoals slib en chlorofyl A). Uit de analyse van ESF 1 komt al naar voren of algen al dan niet een potentieel probleem vormen voor de groei van ondergedoken waterplanten.

Het lichtklimaat is niet belemmerend voor de groei van ondergedoken waterplanten als op ten minste 70 procent van de bodem (met een minimale diepte van 50 centimeter) van een watersysteem meer dan 4 procent van het opvallende licht valt. Wortelende waterplanten hebben in dat geval voldoende licht om te groeien. Wanneer niet aan deze voorwaarde wordt voldaan, is het lichtklimaat wel een belemmerende factor voor het voorkomen van ondergedoken waterplanten. De gekozen percentages en getallen zijn eerste vuistregels voor een beoordeling op systeemniveau. Ze moeten zich nog bewijzen in de praktijk.

Bepaal ratio doorzicht diepte

Wanneer deze oppervlaktegewogen ratio groter is dan 0,6 (Hosper, 1997, Scheffer, 1998) is er sprake van bodemzicht en dit betekent in principe dat er voldoende licht op de bodem valt voor plantengroei. De ESF is groen als dit het geval is. Wanneer deze ratio kleiner is dan 0,6 valt er in principe niet voldoende licht op de bodem voor plantengroei. De ESF staat dan op rood.

Het doorzicht op mtp 250011 (Drielanden) varieert tussen de 0,4 en 0,9 meter en een gemiddeld doorzicht van 0,8 meter. Wanneer dit wordt doorgetrokken naar de **Crescentplas** betekent dit een ratio/doorzicht diepte van $(0.8/1.5=) 0.53$ waarmee er onvoldoende licht op de bodem valt en de ESF op rood staat. Bij het uitzakken van het peil met 20 cm wordt de ratio beter: $(0.8/1.3=0.6)$. Het uitzakken van het peil is echter maar in beperkte tijdsperioden het geval.

Bepaal % licht dat de bodem bereikt

Naast de ratio kan tevens de rekenmodule onderwaterlicht worden ingezet. Dit model geeft inzicht in de bijdrage die verschillende in water aanwezige stoffen (chlorofyl, organisch en anorganisch slib, absorptie door humuszuur) hebben aan de uitdoving van het licht onder water. Voor de Crescentplas zijn de meeste invoer parameters onbekend en zijn standaardwaarden ingevuld, alleen de diepte is op 1,5 meter gezet. Het model berekent 8,1% van het licht dat op de bodem komt. Voor de ontwikkeling van waterplanten wordt als ondergrens 2-10% aangehouden. De rekenmodule gaat uit van 4% als ondergrens. Vanuit de rekenmodule staat ESF2 op groen.



Ecologische stuurfactor 3: productiviteit bodem

De productiviteit van de bodem kan een belangrijke bron voor nutriënten zijn (interne eutrofiering). Dit proces is afhankelijk van de bodemkwaliteit en de fysisch chemische processen die hierbij een rol spelen. Tevens kunnen externe factoren (temperatuur water, hardheid water, omwoeling door organismen of golven) dergelijke processen versnellen.

versnellen.

Omdat bij de Crescentplas sprake is van 'nieuwe waterbodem' is er weinig bekend over de te verwachten bodemkwaliteit. Het voormalige (en deels huidige) grondgebruik was echter landbouw. Over het algemeen zijn in de diepere bodem weinig tot geen nutriënten aanwezig. Afhankelijk van de mate van afgraving kan de bodem echter nog opgeladen zijn met nutriënten vanuit het verleden.

Vertaling ESF naar waterkwaliteitsbeeld

In het waterkwaliteitsbeeldenboek worden 7 waterbeelden beschreven. In onderstaande tabel zijn de criteria per waterbeeld opgenomen.

Criteria per waterkwaliteitsbeeld (bron: waterkwaliteitsbeeldenboek)

	Bedekking ondergedoken waterplanten ¹	Bedekking drijfblad planten (exclusief kroos) ¹	Bedekking moerasplanten in het open water ¹	Overige kenmerken
Waterbeeld A	>25-75% of hoger, maar dan alleen (kritische) soorten ² , zoals kranswieren	>25-75% of hoger, maar dan alleen kritische soorten ²	>25-75% of hoger, maar dan alleen kritische soorten ²	Soortenrijk Helder (doorzicht ≥ 60 cm) Vaak voedselarm
Waterbeeld B	>10 - $\leq 25\%$	>10 - $\leq 25\%$	>10 - $\leq 25\%$	Helder (doorzicht ≥ 45 cm) Voedselarm tot matig voedselrijk
Waterbeeld C	>5 - $\leq 10\%$	>5 - $\leq 10\%$	>5 - $\leq 10\%$	Matig helder Voedselrijk
Waterbeeld D	$\leq 5\%$	$\leq 5\%$	$\leq 5\%$	Troebel water (Zeer) voedselrijk
Waterbeeld E	Dominantie van een of enkele niet-kritische soorten ($\geq 75\%$).	Dominantie van een of enkele niet-kritische soorten ($\geq 75\%$).	Dominantie van een of enkele niet-kritische soorten ($\geq 75\%$).	N.v.t. (in de praktijk vaak: zeer helder) Voedselrijk
Waterbeeld F	- Beschaduwde spreng of beek. - Stromend water met dichte oeverbegroeiing van bomen en/of struiken. - Door beschaduwing zeer weinig of geen waterplanten. - Door stroming variatie aan bodemmateriaal: plaatsjes met zand, grind, slib, bladpakketten, etc.			
Waterbeeld G	- Droogvallend. In een klimatologisch gemiddeld jaar minimaal eenmaal droogvallend.			

¹ De vegetatielaag met het hoogste bedekkingspercentage is het vertrekpunt, aan de hand van de overige aanwezige karakteristieken, wordt het waterbeeld bijgesteld.

² Kritische soorten uit EBEOSTad.

Gezien de twijfels rondom productiviteit van het water, de eenzijdige inrichting (overal in de plas dezelfde diepte, relatief stabiel peil) en de voedselrijkheid van het aanvoerwater wordt waterbeeld C verwacht: C = **Matig helder en voedselrijk water**. Door de onzekerheid van kwaliteit aanvoerwater is er een bandbreedte van waterbeeld B (optimale situatie) en waterbeeld D (omslag naar troebel systeem).

Inrichting oevers

In het ontwerp zijn zones met afwisselende oeverbeelden ingetekend. Door aanleg en goed beheer kunnen oevers met ecologische potentie ontstaan. Hierbij is onderscheid te maken



in natte en droge ecologie. Voor een goede waterkwaliteit is diversiteit in waterplanten noodzakelijk: variatie in soorten wordt bereikt door de oeverbeelden 'natuurvriendelijke oevers', 'zoom' en 'hoge kruiden'. In de plas is ca. 40% van de oever met deze oeverbeelden voorzien. De andere 60% bestaat uit 'riet' en 'beplante oevers'. Beplante oevers zijn oevers met struiken of bomen (in dit geval bestaand wilgenbos) die niet bijdragen aan variatie in waterplanten. De rietoever aan de noordkant van de plas kan een zuiverende functie hebben, al wordt getwijfeld aan het beperkte oppervlakte riet t.o.v. het oppervlakte van de gehele plas. Riet fungeert echter weer als biotoop voor insecten, amfibieën en (moeras)vogels. Van belang is wel dat er ook meerjarig riet blijft staan (niet alles wegmaaïen).



IV. Kostenraming



Hydrologisch ontwerp Stadsuiterwaarden Crescent

Gemeente Harderwijk

Nelen & Schuurmans



30-5-2018



Hydrologisch ontwerp Stadsuiterwaarden Crescent

Eindrapportage

Voor

Gemeente Harderwijk

Havendam 56

Harderwijk

Nelen & Schuurmans

Postbus 1219

3500 BE Utrecht

www.nelen-schuurmans.nl



Projectgegevens

Dossier : T0002

Datum : 30-5-2018

Niets uit deze rapportage mag worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de opdrachtgever. Noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.



Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doel	5
1.3	Werkwijze	5
1.4	Korte situatieschets	6
2	Ontwerpfase	8
2.1	Uitgangspunten	8
2.2	Impressie ontwerp	10
3	Analyse waterberging	11
3.1	Potentiële berging	11
3.2	Stuwregelingen	11
3.2.1	Robuust systeem	11
3.2.2	Oorspronkelijke stuwregelingen	12
3.2.3	Advies stuwregeling	13
3.3	Resultaten modelberekeningen	15
3.3.1	Modelaanpassingen en -berekeningen	15
3.3.2	Maatgevende afvoer	17
3.3.3	Klimaatbuien	18
3.3.4	Resultaten 1960- en 1998-bui	20
3.3.5	Ledigingstijden watersysteem	20
4	Analyse waterkwaliteit en ecologie	22
4.1	Waterkwaliteit	22
4.1.1	Aanpak	22
4.1.2	Resultaten	22
4.2	Ecologie	23
4.2.1	Aanpak	23
4.2.2	Resultaten	25
5	Analyse recreatie	26
5.1.1	Kansen en aandachtspunten	26
5.1.2	Risico arseen	26
6	Kosten aanleg en beheer	28
6.1	Aanleg	28
6.2	Beheer	28



7	Conclusies en aanbevelingen	29
7.1	Conclusies	29
7.2	Aanbevelingen	30
I.	Hydrologische uitgangspunten	31
II.	Analyse PCDitch	35
III.	Monsterlocaties bodemonderzoek	36
IV.	Kostenraming	37
V.	Achtergronden 3Di	38
VI.	Procesinformatie	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In december 2017 hebben Nelen & Schuurmans en Geofoxx het hydrologisch ontwerp van de Crescentplas (*“Rapport Integraal Waterhuishoudingsplan Drielanden”*, AnteaGroup, 2015) beoordeeld op waterberging, recreatie, ecologie, aanleg en beheer (*“Beoordeling Voorlopig Ontwerp watersysteem Crescentplas”*, Nelen&Schuurmans en Geofoxx, 2017). Bij deze integrale beoordeling waren specialisten van gemeente Harderwijk en waterschap Vallei en Veluwe betrokken.

Geconcludeerd werd dat het ontwerp voldeed voor wateroverlast-situaties, maar dat onvoldoende aandacht was besteed aan de recreatieve en ecologische aspecten. In droge zomerperioden is de kans groot dat het water van de Crescentplas troebel en voedselrijk wordt, en daarmee minder of niet geschikt voor recreatie. Ook de ecologie van de waterplas komt dan in gevaar. Tenslotte bleken ook de kosten voor beheer en onderhoud van de plas hoger dan vooraf was geraamd.

Gedurende het evaluatieproces ontstond het idee voor een aangepast ontwerp, waarbij de Crescentplas als een uiterwaarde gaat functioneren in perioden van hevige neerslag. Dit nieuwe ontwerp, de Stadsuiterwaarden Crescent, is in voorliggende studie nader onderbouwd voor waterberging, waterkwaliteit, ecologie, aanleg en beheer.

1.2 Doel

Doel van deze studie is om samen met specialisten van gemeente en waterschap tot een aangepast hydrologisch ontwerp te komen voor de Stadsuiterwaarden Crescent, onderbouwd voor de aspecten waterberging, waterkwaliteit, ecologie, aanleg en beheer.

1.3 Werkwijze

In de werkwijze hebben we de fasen Inventarisatie, Analyse en Resultaten onderscheiden. In Figuur 1-1 zijn deze schematisch weergegeven.

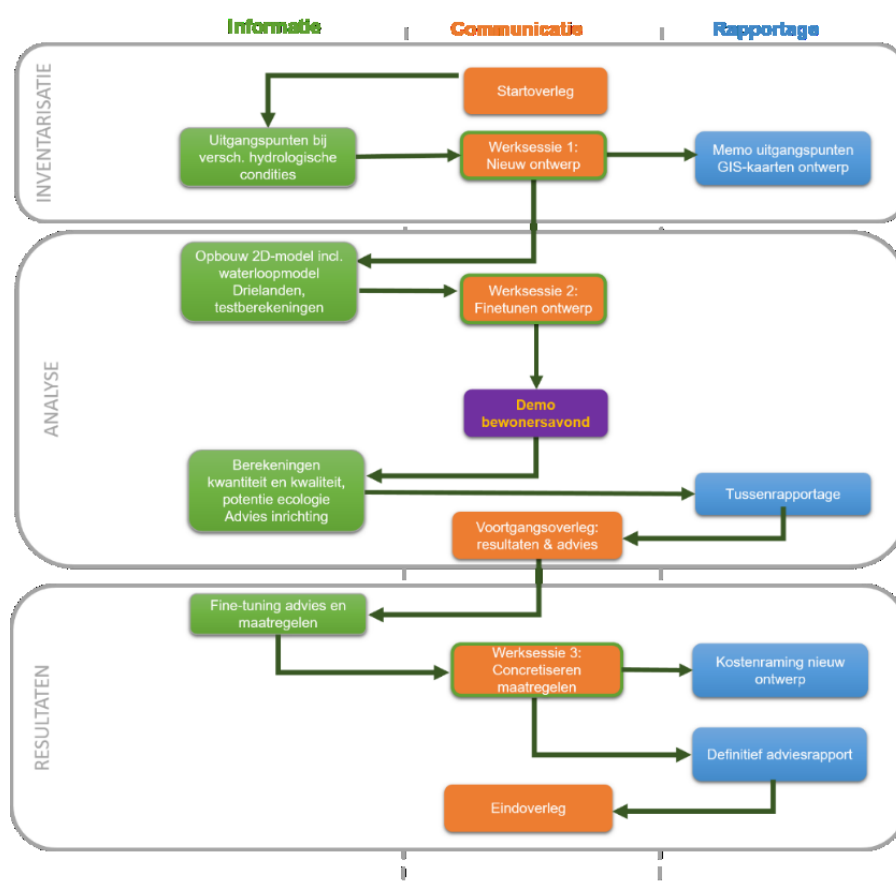
Elk van de stappen zijn ingedeeld in ‘Informatie’ (het verzamelen van bestaande informatie en het genereren van nieuwe informatie), ‘Communicatie’ (contactmomenten vanuit ons met gemeente, waterschap en/of bewoners) en



‘Rapportage’ (alle op te leveren resultaten). De werksessies vallen zowel onder Informatie als Communicatie; in de werksessies is informatie verzameld en gegenereerd en is tegelijk draagvlak gecreëerd voor het nieuwe ontwerp.

Relevante verslagen van werksessies zijn opgenomen in Bijlage VI.

In de figuur is te zien dat het zwaartepunt van deze opdracht in het onderdeel communicatie lag. In een vroeg stadium is de verbinding gezocht met de verschillende expertises van gemeente en waterschap. Dit heeft geresulteerd in een gezamenlijk gedragen ontwerp voor de Stadsuiterwaarden Crescent.



Figuur 1-1. Visualisatie gevolgde werkwijze

1.4 Korte situatieschets

In Figuur 1-2 is een situatieschets gegeven van het gebied en het watersysteem. De woonwijk Drielanden bevindt zich ten zuiden van de A28. Het grootste deel van de wijk is gerealiseerd; alleen het westelijk deel ‘Harderweide’ ontbreekt nog. Het ontwerp-watersysteem is met stippellijnen aangegeven. Dit deel van het watersysteem, Singel en Stadsuiterwaarden Crescent, vormen de focus van deze studie.

Het gebied is verder onder te verdelen in twee watersystemen:



- › Het voedselarme watersysteem van Drielanden, gevoed door sprengkoppen (Veluws grondwater dat aan de oppervlakte komt).
- › Het voedselrijke watersysteem van de Beek van de Hoge Geest, dat drainagewater vanuit de zuidelijk gelegen landbouwgronden afvoert. De Beek kan incidenteel droogvallen.

Het watersysteem van Drielanden voert via de Stadsuiterwaarden af op de Beek. Andersom is er geen interactie vanuit de Beek naar het watersysteem van Drielanden om verslechtering van waterkwaliteit met ‘landbouw–water’ te voorkomen.

Voor verdere achtergronden en kenmerken van het gebied verwijzen we naar het rapport ‘Integraal Waterhuishoudingsplan Drielanden’ (AnteaGroup, 2015).



Figuur 1–2. Situatieschets Drielanden en bestaande en toekomstige watersystemen



2 Ontwerpfase

2.1 Uitgangspunten

Vanuit alle beschikbare gegevens en in nauw overleg met specialisten van gemeente en waterschap zijn in Werksessie 1 basisuitgangspunten voor het nieuwe ontwerp opgesteld.

- › **Klimaatadaptatie en waterberging:** In aanvulling op de 2.5 hectare open water het realiseren van minimaal 2.5 hectare *extra* berging in de vorm van een overloopgebied. Het overloopgebied dient overal goed af te wateren richting de waterloop, zodat er geen water achterblijft bij droogvallen van de uiterwaarde;
- › **Waterkwaliteit en ecologie:** Realiseren van ca. 2.5 hectare open water in totaal in peilvak NAP+0.5m, met ongeveer gelijke verdeling over het gebied. Dit areaal wordt geadviseerd vanuit oogpunt van verblijftijden, in combinatie met relatief hoge aanvoerconcentraties fosfor (vooral in droge perioden). In H2.2 is dit nader toegelicht.
- › **Recreatie:** Geen zwemwater, maar wel pootje baden of varen. Helder water vanuit oogpunt beleving, geen stank, veilig voor kinderen;
- › **Beheer en onderhoud:** Het water dient varend (voldoende diepte) of vanaf de kant bereikbaar te zijn voor onderhoud.

Deze basisuitgangspunten werden voldoende geacht om de landschapsarchitect een eerste ontwerp te laten maken van de Stadsuiterwaarden Crescent.

Vervolgens is vanuit dit ontwerp een 3Di-model opgesteld (zie voor achtergronden 3Di Bijlage V). Naast het ontwerp is hierin ook het overige watersysteem van Drielanden en de Beek van de Hoge Geest opgenomen.

Het ontwerp voor het overloopgebied is in 3D 'uitgesneden' uit de hoogtekaart en vervolgens zijn de waterstromen over maaiveld en in de waterlopen gemodelleerd in 2D. Hiermee wordt ruimtelijk gevisualiseerd hoe de Stadsuiterwaarden onderlopen.

Het overloopgebied omvat drie "zones": de Nevengeul met een bodemhoogte van +0.5mNAP (deze gaat bij enige peilstijging meestromen), Overloopgebied 1 met een maaiveldhoogte van +0.7 mNAP en Overloopgebied 2 met een maaiveldhoogte van +1.2 mNAP.

Alle uitgangspunten voor modellering zijn opgenomen in Bijlage I.





2.2 Impressie ontwerp

Vanuit de hydrologische uitgangspunten heeft de landschapsarchitect van de gemeente een aantrekkelijk ontwerp opgesteld. Deze is weergegeven in Figuur 2-1.



Figuur 2-1. Impressie van het ontwerp Stadsuiterwaarden Crescent



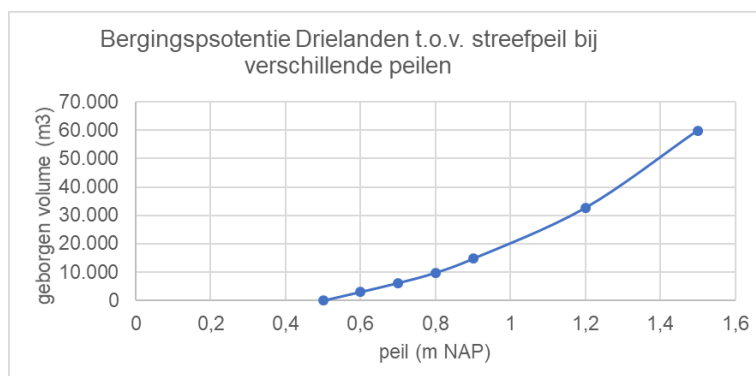
3 Analyse waterberging

3.1 Potentiële berging

De dimensies van het overloopgebied en de arealen open water in de drie peilvakken geven inzicht in de potentiële (maximale) berging. Hoe verder het peil stijgt, hoe meer ook de bovenstroomse waterlopen mee gaan bergen.

Bij een peilstijging tot +1.5 m NAP (de grenswaarde waar nog geen wateroverlast optreedt) kan binnen de waterlopen in het gehele gebied zo'n 60.000 m³ water worden geborgen. Figuur 3-1 geeft weer wat de potentie aan waterberging is binnen het gehele gebied bij de verschillende waterpeilen vanaf het streefpeil in het Laagpand (+0.5 m NAP).

Ter vergelijking: in de voorgaande studie van AnteaGroup werd bij T100 een peilstijging van ongeveer 60 centimeter berekend; met deze peilstijging werd ca. 33000 m³ water tijdelijk geborgen in Laag- en Middenpand. Dit is dus ongeveer de helft van de bergingspotentie van het nieuwe ontwerp van de Crescent. Het ontwerp lijkt hiermee voldoende ruim gedimensioneerd om ook extreme klimaatbuien te bufferen.



Figuur 3-1 Bergingspotentie in open water en Stadsuiterwaarden in geheel Drielanden.

3.2 Stuwregelingen

3.2.1 Robuust systeem

Uit de voorbeeldberekening bleek dat binnen het overloopgebied voldoende berging aanwezig is om hevige en langdurige neerslag op te vangen. Dit gegeven biedt flexibiliteit voor de stuwregelingen, omdat zelfs bij een sterk geknepen afvoer het water in de uiterwaarden kan worden opgevangen.

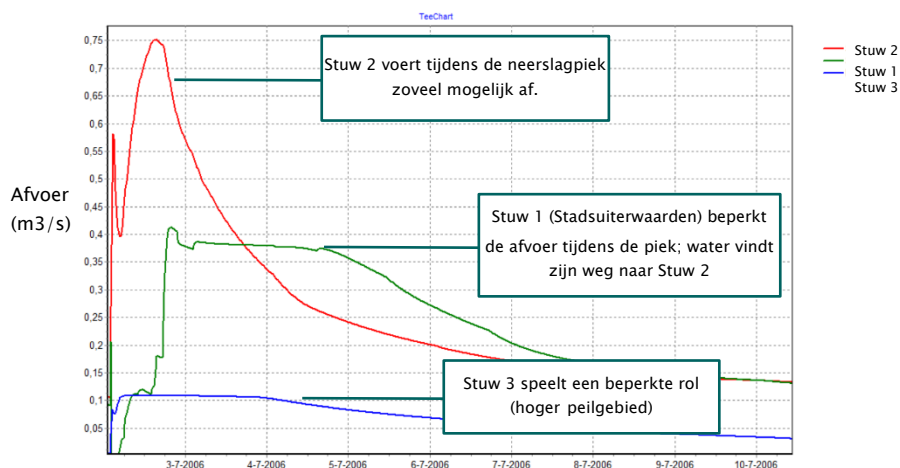


elke 10cm stijging met 5 centimeter tot aan een minimale kruinhoogte van +0.5 mNAP.

- › **Stuw 3:** geen regeling, dus constante kruinhoogte van +1.25 mNAP en breedte 2 meter.
- › **Stuw 4:** geen regeling, dus constante kruinhoogte van +0,80 mNAP en breedte 2 meter.

Samenvattend: Stuw 1 houdt bij neerslag zoveel mogelijk water vast, terwijl Stuw 2 zoveel mogelijk water laat schieten. Resultaat is dat meer water richting Stuw 2 stroomt (het water gaat de andere kant op stromen) en bij peilen $> +1.25$ mNAP ook richting Stuw 3.

Figuur 3-3 (uit het Sobek-model) illustreert het gedrag van de 3 stuwen bij de oorspronkelijke stuwingregeling; het betreft de afvoer via de stuwen bij de T100-bui (piek van 48 mm in een uur).



Figuur 3-3. Ingestelde stuwingregelingen in vorige modelstudie (AnteaGroup, 2015)

3.2.3 Advies stuwingregeling

Tijdens het voortgangsoverleg met gemeente en waterschap is uitgebreid gesproken over mogelijke nieuwe stuwingregelingen en de effecten op waterstanden en herhalingstijden. Tijdens dit overleg werden de volgende (nieuwe) kanttekeningen geplaatst:

- › Een belangrijk punt dat ter sprake kwam zijn de vlonders langs de waterkant in het Middenpand (+0.8 mNAP). Deze liggen ongeveer 20 centimeter boven streefpeil. Omdat dit deel van de wijk al een tijdlang bewoond is zijn bewoners gewend aan nauwelijks of geen peilstijgingen. Om onrust bij bewoners te voorkomen is de wens vanuit waterschap en gemeente om de waterstand in het Middenpand niet meer dan 20 centimeter te laten stijgen.



- › Dit betekent dus dat in Laagpand de peilstijging niet meer dan 50 centimeter bedraagt, incidenten uitgezonderd.
- › Vóór Stuw 2 ligt een krappe duiker die tot nu toe niet in de studie en modellering was meegenomen. De duiker heeft een diameter van 500mm in plaats van de aangenomen 1200mm. Dit heeft flinke impact op het maximum debiet via Stuw 2.
- › De krappe duiker zorgt er in de praktijk voor dat meer water richting het overloopgebied zal gaan. De verwachting is dat met alleen een stuwregeling voor Stuw 1 het water voldoende richting overloopgebied wordt gestuurd, en het niet noodzakelijk is om Stuw 2 te automatiseren.
- › Gemeente en waterschap willen de Beek optimaal ontlasten door Stuw 1 bij peilstijgingen in de Beek boven +0.6 m NAP al volledig dicht te zetten. Zodra de Beek weer onder +0.6 mNAP is gaat Stuw 1 weer afvoeren. De maximale afvoer is 2 maal de ontwerpnorm van 1.5 l/s/ha (=3 l/s/ha) om stroomsnelheden beperkt te houden.
- › Omdat kleinere peilstijgingen zullen optreden in het overloopgebied dan vooraf voorgesteld, stellen gemeente en waterschap voor het 1^e overloopgebied dieper uit te graven tot +0.7 m NAP. Bij peilstijgingen boven 20 centimeter in het Laagpand gaat dit gebied al meebergen. De dynamiek in de Stadsuiterwaarden blijft gewaarborgd. Wel zal overloopgebied 2 vrijwel nooit 'onder' gaan.

Vanuit deze wensen en randvoorwaarden adviseren we de volgende stuwregeling, waarbij alleen Stuw 1 regelbaar is:

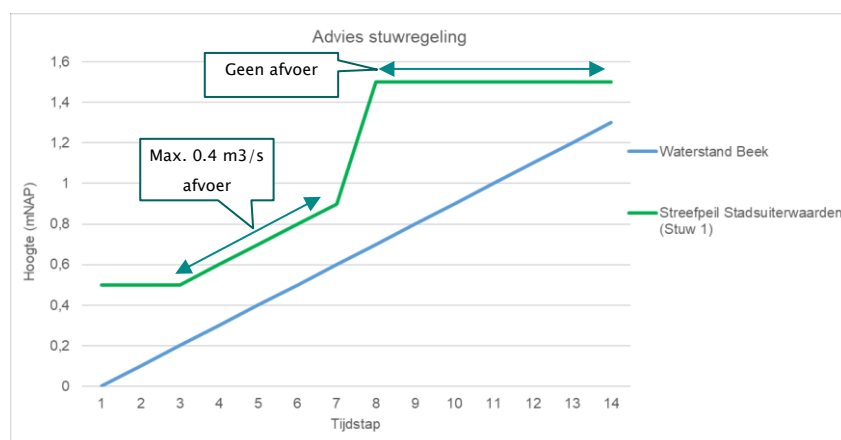
- › Stuw 1 handhaaft peil +0.5 mNAP totdat het peil in de Beek boven de +0.2 mNAP stijgt.
- › Boven +0.2 mNAP beweegt Stuw 1 evenredig mee met de peilstijging in de Beek. Dit geeft een aantrekkelijke dynamiek in het overloopgebied.
- › Zodra het peil in de Beek boven +0.6 mNAP stijgt, gaat Stuw 1 dicht (hoogte +1.5 mNAP).
- › Zakt het peil in de Beek weer onder de +0.6 mNAP, dan gaat Stuw 1 over op een debietregelaar, waarbij het bovenstrooms geborgen water met een maximaal debiet van 0.4 m³/s wordt afgevoerd via de Beek.

De regeling is samengevat in Figuur 3-4. Met deze advies stuwregeling is de modellering uitgevoerd.

Opmerking: om de regeling straks goed te laten functioneren adviseren we om de waterstandsmeting in de Beek *in 3-voud* uit te voeren, en om de meetlocatie *direct achter de Stuw 1* in de Beek te positioneren (vlakbij de BBB die voor



piekafvoer zorgt). Ook de waterstandsmeting in de Crescent kan het beste in 3-voud worden uitgevoerd; bij uitval van één van de meters zijn er dan nog 2 metingen over die hetzelfde waterstandsbeeld behoren te geven.



Figuur 3-4. Visualisatie advies stuwregeling voor Stuw 1

3.3 Resultaten modelberekeningen

3.3.1 Modelaanpassingen en -berekeningen

Na het voortgangsoverleg zijn eerst de volgende modelaanpassingen gedaan:

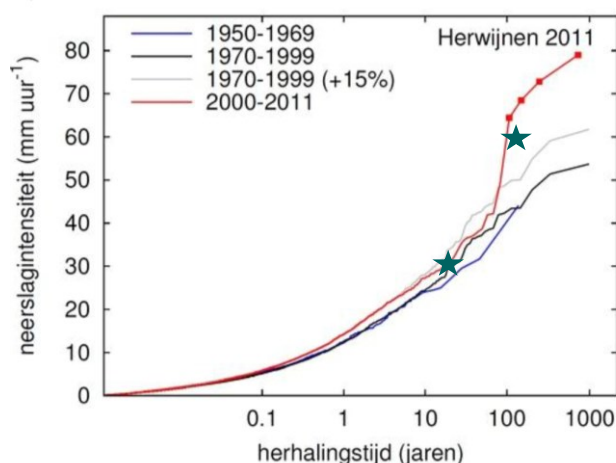
- › Verdiepen van overloopgebied 1 naar +0.7m NAP.
- › Duiker voor stuw 2 van 1200mm naar 500mm.
- › Rekenen vanuit advies-stuwregeling Stuw 1.

Met het aangepaste model zijn 3 typen neerslag (zie ook Figuur 3-5 en Figuur 3-6) doorgerekend en geanalyseerd, weergegeven in Tabel 3-2. De resultaten zijn in de volgende paragraaf toegelicht.

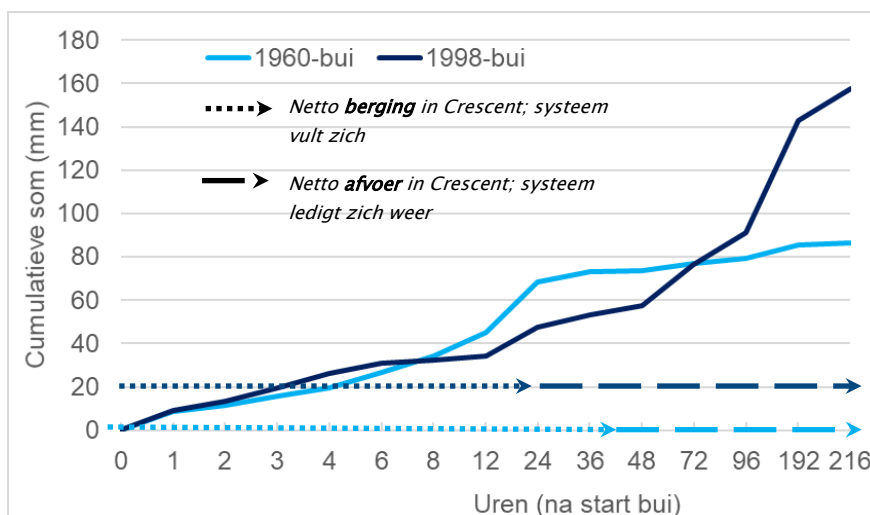


Tabel 3-1. Typen neerslag en analyse modelresultaten

Type neerslag	Kenmerken	Analyse
Maatgevende afvoer	1.5 l/s/ha, wat neerkomt op maximaal 0.2 m ³ /s richting Stadsuiterwaarden	Controle stroomsnelheid in ontwerp-waterloop < 0.3 m/s, in de 2 ontwerp-bruggen <0.6 m/s
Klimaatbuien	30 millimeter in 1 uur (ongeveer T10 uitgaande van regenduurlijn ontwerp-buien riolering, toekomstig klimaat) 60 millimeter in 1 uur (ongeveer T100 toekomstig klimaat) <i>Zie Figuur 3-5</i>	Analyse peilstijgingen in Laagpand, en zijdelings in Middenpand Analyse ledigingstijd Stadsuiterwaarden
Langdurige neerslag	1960-bui (ongeveer T10 klimaat WL2050) 1998-bui (ongeveer T100 klimaat WL2050) <i>Zie Figuur 3-6</i>	Analyse peilstijgingen in Laagpand, en zijdelings in Middenpand Analyse ledigingstijd Stadsuiterwaarden



Figuur 3-5. Neerslagintensiteit versus herhalingstijd voor verschillende tijdvakken. (Bron: RIONED Kennisbank, 2018). De sterren geven de locaties van de twee blokbuien (T10 en T100) weer



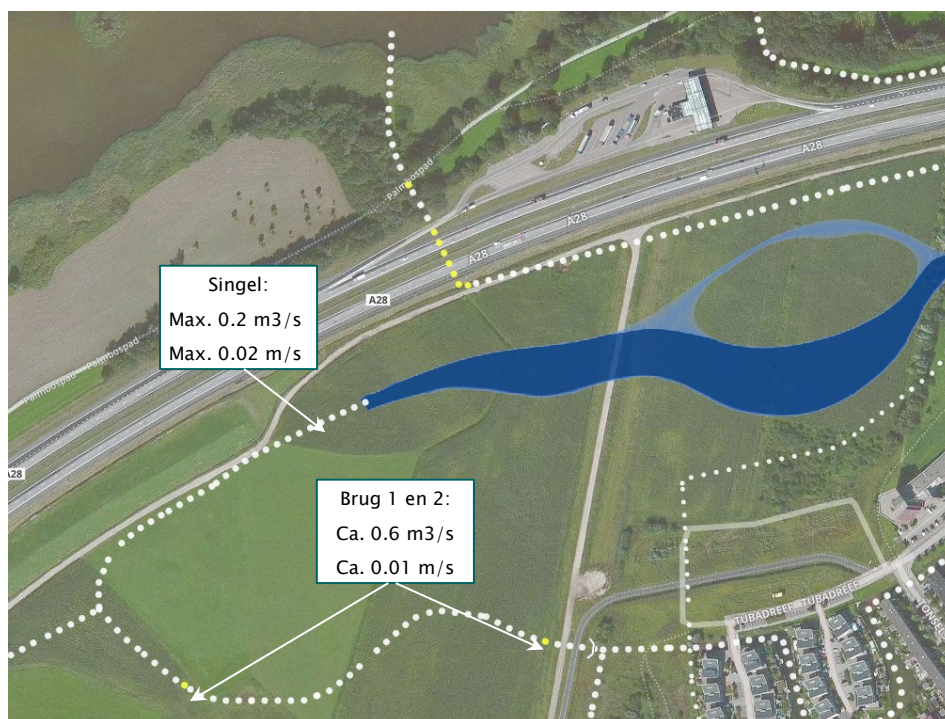
Figuur 3-6. Verloop van de 1960-bui en de 1998-bui, klimaat WL2050 (Bron: meteobase waterschap Vallei en Veluwe). In de figuur is aangegeven hoe het watersysteem van de Stadsuiterwaarden Crescent (inclusief afvoer via Stuw 1) reageert op beide buien, zie H3.3.4.

3.3.2 Maatgevende afvoer

Om te controleren of waterlopen en kunstwerken voldoende ruim zijn ontworpen wordt vaak gekozen voor een theoretische belasting van het systeem; de maatgevende afvoer. Evenals in de voorgaande studie (AnteaGroup) is als maatgevende afvoer 1.5 l/s/ha gekozen, exclusief kwel. AnteaGroup berekende een maximale afvoer van 0.2 m³/s in het Laagpand, waarvoor een minimaal nat oppervlak van 0.6 m² nodig zou zijn om geen opstuwing te krijgen (handberekening).

Concreet controleren we de twee aanwezige kunstwerken in het hoofdwatersysteem (de 2 bruggen) en het profiel van de singel. We hanteren de richtlijn van het waterschap van 0.3 m/s maximale stroomsnelheid in de waterlopen en 0.6 m/s maximale stroomsnelheid in kunstwerken.

In het ontwerp zijn de bruggen de smalste trajecten in de afvoerroute. Deze zijn echter nog steeds ruim ontworpen met een breedte van 4.5 meter, lengte 9 meter en hoogte +2 mNAP. Dit levert een nat oppervlak bij streefpeil (waterdiepte 1.25) van 5.6 m²; fors ruimer dan de benodigde 0.6 m². De modelresultaten bij maatgevende afvoer in Figuur 3-7 illustreren dat de stroomsnelheden fors lager zijn dan de richtlijnen van het waterschap, en dat het ontwerp-watersysteem voldoende afvoercapaciteit heeft.



Figuur 3-7. Resultaten maatgevende afvoer voor het ontwerp-watersysteem van Laagpand

3.3.3 Klimaatbuien

Twee buien met hoge intensiteit zijn doorgerekend om het effect van hevige zomerse klimaatbuien op Stadsuiterwaarden te analyseren. Zijdelings is ook het overig watersysteem geanalyseerd. De buien hebben intensiteiten van resp. 30 en 60 millimeter per uur en hiermee een geschatte herhalingstijd van eens in de 10 en 100 jaar (zie ook Figuur 3-5). De sterke toename van dergelijke buien in de afgelopen jaren door klimaatverandering is hierin meegenomen.

Tabel 3-3 laat de resultaten zien van de T10- en de T100-bui. Figuren 3-8 en 3-9 geven het overstromingsbeeld van de Stadsuiterwaarden vanuit 3Di.

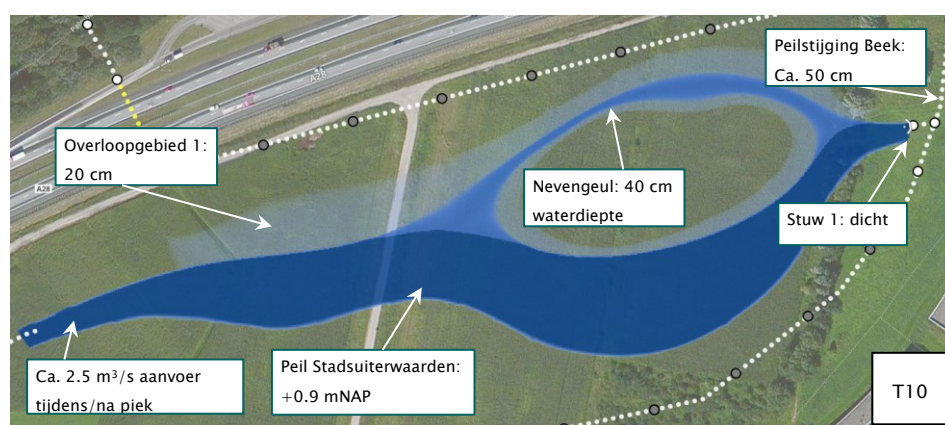
De resultaten van de T10-bui laten zien dat het peil in de Beek gering stijgt met 20 centimeter. Volgens de advies regeling zal Stuw 1 dan met maximaal 0.4 m³/s blijven afvoeren. Het peil in het Laagpand stijgt met ca. 35 centimeter, wat leidt tot gedeeltelijke vulling van de Stadsuiterwaarden. In het Middenpand stijgt het peil met ca. 20 centimeter; de aanwezige vlonders lopen net niet onder.

Bij de T100-bui stijgt het peil in de Beek van de Hoge geest wel flink. Stuw 1 zal volgens de advies regeling vrijwel direct omhoog gaan, waardoor Laagpand en Middenpand zich vullen tot ongeveer +1.1 mNAP. Dit betekent dus een peilstijging van ca. 60 centimeter in het Laagpand.

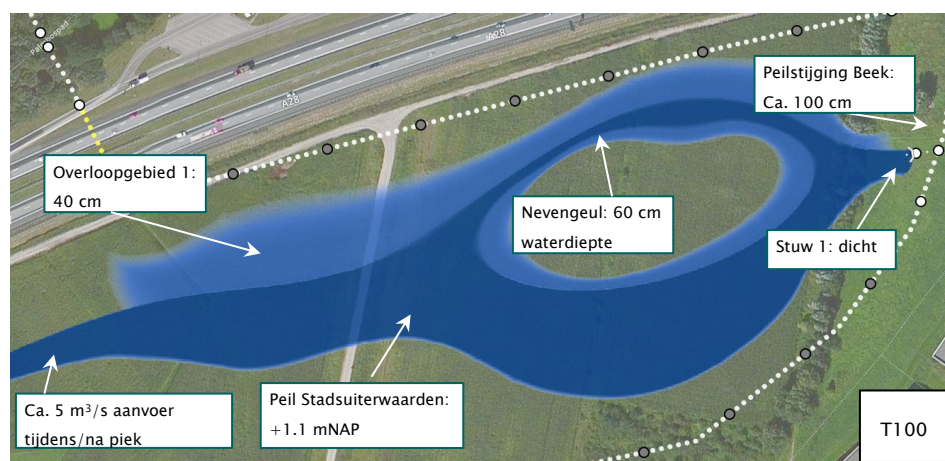


Tabel 3-2 Resultaten Klimaatbuien T10 en T100

Resultaten	T10 (30 mm/uur)	T100 (60 mm/uur)
Peilstijging Beek (m)	Ca. 0.5	Ca. 1
Maximale waterstand Laagpand (mNAP)	+ 0.9	+ 1.1
Peilstijging Laagpand (m)	0.4	0.6
Maximale waterstand Middenpand (mNAP)	+ 1.0	+ 1.1
Peilstijging Middenpand (m)	0.2	0.3
Ledigingstijd Stadsuiterwaarden (uitgaande van max. 0.4 m ³ /s via Stuw 1)	Ca. 8 uur	Ca. 13 uur



Figuur 3-8. Resultaten T10 voor het ontwerp-watersysteem van Laagpand



Figuur 3-9. Resultaten T100 voor het ontwerp-watersysteem van Laagpand



3.3.4 Resultaten 1960- en 1998-bui

Om het effect van langdurige neerslag mee te nemen zijn twee buien uit de langjarige neerslagreeks van het KNMI doorgerekend (klimaatscenario WL2050). De 1960-bui zou ongeveer een T10 bui zijn en de 1998-bui een T100.

Bij de 1960-bui (Figuur 3-6) valt in de eerste 24 uur fors meer neerslag dan bij de 1998-bui (68 versus 47 millimeter). Daardoor vult het systeem zich in de eerste 24 uur meer. In de eerste 40 uur is de aanvoer richting Stadsuiterwaarden Crescent als gevolg van deze bui groter dan de afvoer via Stuw 1; netto vult het systeem zich. Ook de maximale waterstand in de Crescent treedt na deze 40 uur op. Daarna begint het systeem weer netto af te voeren, als gevolg van een lagere neerslagintensiteit.

De 1998-bui komt uiteindelijk op een grotere neerslagsom uit, maar deze valt in een langere tijdsperiode. Deze lage intensiteiten zijn door het systeem goed te verwerken. De maximale waterstand in de Crescent treedt na 24 uur op. Daarna begint het systeem weer netto af te voeren, als gevolg van een lagere neerslagintensiteit.

In Tabel 3-4 is te zien dat dus juist de 1960-bui tot hogere peilstijgingen in het gebied leidt dan de 1998-bui.

Het overstromingsbeeld van Stadsuiterwaarden bij de 1998-bui is vergelijkbaar met de T10-Klimaatbui (Figuur 3-8). Het overstromingsbeeld van de 1960-bui is vergelijkbaar met de T100-Klimaatbui (Figuur 3-9).

Tabel 3-3. Resultaten 1960- en 1998-bui

Resultaten	1960-bui (ca. T10)	1998-bui (ca. T100)
Peilstijging Beek (m)	0.6	0.5
Maximale waterstand Laagpand (mNAP)	+ 1.1	+0.8
Peilstijging Laagpand (m)	0.6	0.3
Maximale waterstand Middenpand (mNAP)	+1.1	+0.9
Peilstijging Middenpand (m)	0.3	0.1
Ledigingstijd Stadsuiterwaarden, nadat de maximale waterstand is opgetreden (uitgaande van max. 0.4 m ³ /s via Stuw 1)	Ca. 13 uur	Ca. 6 uur

3.3.5 Ledigingstijden watersysteem

Bij bovenstaande buien vult het watersysteem van Drielanden zich in meer of mindere mate, waarna het weer vertraagd wordt afgevoerd richting het Wolderwijd en in geringe mate richting Stadsweiden. Stuw 1 is het meest



bepalend voor de ledigingstijd van het systeem; deze stuw voert het laagste peilvak af met daarin de grootste hoeveelheid waterberging (in de Stadsuiterwaarden).

Voor het 'leegloopregime' adviseren we, conform de advies regeling (Figuur 3-3), pas te gaan afvoeren met Stuw 1 bij peilen in de Beek onder de +0.6 mNAP. Vervolgens kan beperkt worden afgevoerd met maximaal ca. 0.4 m³/s (tweemaal maatgevende afvoer) om de Beek te ontlasten tot het peil in de Beek is gedaald tot ca. +0.2 mNAP. De genoemde ledigingstijden in Tabel 3-2 en Tabel 3-3 gaan uit van deze maximale afvoercapaciteit om de Stadsuiterwaarden te legen tot aan streefpeil.

Dit zijn dus redelijk conservatieve ledigingstijden; het is goed mogelijk om bij peilen in de Beek onder de +0.2 mNAP Stuw 1 volledig omlaag te trekken tot aan streefpeil (+0.5 mNAP). In dat geval zal de laatste 'schijf' water in Stadsuiterwaarden sneller afgevoerd kunnen worden via de Beek.



4 Analyse waterkwaliteit en ecologie

4.1 Waterkwaliteit

4.1.1 Aanpak

Om de optimale randvoorwaarden voor een robuust watersysteem van Stadsuiterwaarden voor waterkwaliteit te bepalen is het model PCDitch¹ gebruikt. Met dit metamodel kan het effect van eutrofiëring op het ecosysteem van sloten worden gesimuleerd, aan de hand van de bepaling van kritische fosforbelasting.

In de modelinvoer is het bodemtype 'zand' geselecteerd (de bodem is te karakteriseren als zandig met leem) en zijn de volgende aanvoerdebieten voor Stadsuiterwaarden gebruikt:

- › 2000 m³/dag (Gemiddeld zomer).
- › 700 m³/dag (Droog).
- › 300 m³/dag (Extreem droog).

Met een iteratieve analyse waarin waterdiepte en wateroppervlak variëren is de kritische fosfaatbelasting per situatie bepaald. Bij de kritische fosfaatbelasting bestaat een risico dat het water omslaat naar troebel en dat (blauw)algengroei toeneemt.

4.1.2 Resultaten

Hoge nutriëntenconcentraties in het water leveren een risico op voor blauwalg, draadalg, stank, troebel water en kroos. Het risico is hoog als de werkelijke P-concentratie hoger is dan de kritische P-concentratie. Dit houdt in dat de hoeveelheid beschikbare voedingsstoffen hoger is dan nodig voor algen- en kroosgroei.

Uit de aangeleverde waterkwaliteitsmetingen in het watersysteem van Drielanden van 2012 en 2013 op locatie Koekampvijver, Harderwijk, Drielandendreef (Meetpunt 250011) blijkt dat in die jaren de maximale

¹ Metamodel PCDitch, Planbureau voor de leefomgeving,
<http://themasites.pbl.nl/modellen/pcditch/index.php>



concentratie van fosfor 0.06 mg/l was in het aanvoerwater. Er zijn geen recentere meetgegevens beschikbaar. In Bijlage II staan de berekende kritische P-concentraties die uit de analyse met PCDitch analyse komen.

Waterdiepte is een zeer bepalende factor. Deze moet niet te groot zijn vanwege voldoende lichtinval, zodat waterplanten kunnen groeien. Door conservatief te gaan zitten met waterdiepte, heeft het watersysteem enige ruimte om hoge fosforpieken in het aanvoerwater tijdens zeer droge perioden op te vangen. Aanvankelijk is daarom een waterdiepte van 0.75m geadviseerd. In verband met noodzakelijk beheer en onderhoud van de waterpartij en het tegengaan van zuurstofloosheid na maaien is echter gekozen voor een waterdiepte van 1.25 meter. Dit betekent dat de kritische belasting omlaag gaat; voor een gemiddelde zomer van 0.15 naar 0.06 mg P/l (zie ook Bijlage II). Deze waarde ligt rond de maximaal gemeten zomerwaarde.

Wateroppervlak is de andere bepalende factor. Als het wateroppervlak te klein is, dan wordt het aanvoerwater (met fosfor) te weinig verdund. Als het wateroppervlak te groot is, dan is de verblijftijd te groot.

Om een robuust watersysteem qua waterkwaliteit te hebben bij gemiddelde tot zeer droge omstandigheden is als uitgangspunt in de ontwerpfase zo'n 12.500 m² aan structureel wateroppervlak gekozen in het overloopgebied, en een vergelijkbaar oppervlak in de bovenstroomse singel. Dit komt op een totaal wateroppervlak van 25.000 m².

Het risico op het omslaan van het systeem van helder naar troebel wordt onder gemiddelde omstandigheden klein geacht. Bij langdurige droogte neemt het risico wat toe; tegelijk is dan ook de aanvoer van nutriëntenrijk water kleiner. Het risico is in ieder geval fors lager dan in het oorspronkelijk ontwerp door de sterke afname van oppervlak open water van 5.5 hectare naar 2.5 hectare. Natuurlijke inrichting van de oevers met zuiverende waterplanten kan het risico op vertroebeling van het water verder verkleinen.

4.2 Ecologie

4.2.1 Aanpak

Waterschap Vallei en Veluwe heeft gezamenlijk het 'kwaliteitsbeeldenboek stedelijk water' (2014) ontwikkeld, waarin water- en oeverbeelden zijn beschreven (Figuur 4-1 en Figuur 4-2). Met deze beelden kunnen de huidige én gewenste situatie op watergangsniveau worden vastgelegd. De kwaliteitsbeelden geven daarmee richting aan beheer, onderhoud en inrichting.



	Bedekking ondergedoken waterplanten ¹	Bedekking drijfblad planten (exclusief kroos) ¹	Bedekking moerasplanten in het open water ¹	Overige kenmerken
Waterbeeld A	>25-75% of hoger, maar dan alleen (kritische) soorten ² , zoals kranswieren	>25-75% of hoger, maar dan alleen kritische soorten ²	>25-75% of hoger, maar dan alleen kritische soorten ²	Soortenrijk Helder (doorzicht ≥60 cm) Vaak voedselarm
Waterbeeld B	>10 - ≤25%	>10 - ≤25%	>10 - ≤25%	Helder (doorzicht ≥45 cm) Voedselarm tot matig voedselrijk
Waterbeeld C	>5 - ≤10%	>5 - ≤10%	>5 - ≤10%	Matig helder Voedselrijk
Waterbeeld D	≤5%	≤5%	≤5%	Troebel water (Zeer) voedselrijk
Waterbeeld E	Dominantie van een of enkele niet-kritische soorten (≥75%).	Dominantie van een of enkele niet-kritische soorten (≥75%).	Dominantie van een of enkele niet-kritische soorten (≥75%).	N.v.t. (in de praktijk vaak: zeer helder) Voedselrijk

Figuur 4-1. Lijst met waterbeelden en bijbehorende criteria (Waterschap Vallei en Veluwe, 2014)

	A	B	C	D	E
1. Natuurvriendelijke oever	+	+	0	-	-
2. Rietoever	0	0	+	+	+
3. Zoom	+	+	+	+	+
4. Hoge kruiden	+	+	+	+	+
5. Gazon	-	-	0	0	0
6. Beplanting	-	-	0	0	0
7. Kademuur	-	-	0	0	0
8. Eigendom derden	-	-	0	0	0

- Gewenste combinatie: de combinatie draagt bij aan de waterecologie en heeft kans van slagen.
 Minder gewenste combinatie: de combinatie draagt weinig bij aan de waterecologie en/of heeft weinig kans van slagen.
 Niet gewenst (uitzonderingssituaties): de combinatie draagt niet bij aan de waterecologie en/of heeft geen kans van slagen.

Figuur 4-2. Gewenste en minder gewenste combinaties van water- en oeverbeelden vanuit ecologie (Waterschap Vallei en Veluwe, 2014)

Voor het ontwerp-watersysteem streven we naar de volgende criteria

- › Geen zwerfvuil.
- › Geen stank.
- › Geen dikke sliblaag (maximaal 1/3 van de waterkolom).
- › Geen overmatige bedekking met kroos.
- › Geen overmatige bedekking met flab (drijvende draadwieren).
- › Geen blauwalgenbloei.
- › Geen vissterfte.
- › Geen botulisme.



4.2.2 Resultaten

Op basis van de voedselrijkheid van het aanvoerwater en de draagkracht van het ontvangende watersysteem worden waterbeelden B, C en D verwacht, mits ondergedoken watervegetatie goed op gang komt in het systeem.

Op basis van de verwachte waterbeelden in combinatie met functie worden de volgende oeverbeelden geadviseerd:

- › Rietoever (natuur, als zichtbaarheid water niet belangrijk is).
- › Zoom (natuur, overheen te kijken).
- › Hoge kruiden (natuur, als zichtbaarheid van water niet belangrijk is).
- › Gazon (recreatie, water is zichtbaar).
- › Beplanting (natuur, als zichtbaarheid en bereikbaarheid water niet belangrijk is).
- › Kademuur (recreatie, pleziervaart).

Plas- drasbermen zijn door het flauwe oevertalud op meerdere locaties mogelijk. Dit soort oeverinrichting is wenselijk op de plekken waar de Stadsuiterwaarden komen te liggen. Ze bieden ruimte om water te bergen, zijn stabiel en bieden een diversiteit aan habitats voor planten en dieren. Hier passen plantengemeenschappen² zoals het verbond van riet (8Bb) en scherpe zegge (8Bc) bij.

Op basis van de eerdergenoemde berekeningen in PCDitch (kroos, flab, blauwalg, vissterfte, botulisme) en uitgaande van goed toekomstige gebiedsbeheer (adequaat beheersen van zwerfvuil en hondenpoep) kan de basiskwaliteit gehaald worden.

Echter in droge situaties is de fosforconcentratie van het aanvoerwater hoger dan de kritische concentratie. Dit kan resulteren in een verslechtering van de waterkwaliteit waardoor kroos, flab, blauwalg, vissterfte door zuurstofloosheid en botulisme zich kan voordoen. Het is van belang dat ook flauwe oevers aanwezig zijn in het systeem met waterplanten die tot op de bodem groeien en nutriënten 'afvangen'.

Op de uiterwaarden zullen plantengemeenschappen ontstaan van het tandraadverbond (29Aa), het zilverschoonverbond (12Ba) en verbond van de wilgenvloedbossen –en struwelen (38Aa), elzenbroekbossen (39Aa) of berkenbroekbossen (40Aa).

² Schaminée et al. 2010 Veldgids plantengemeenschappen van Nederland. KNNV Uitgeverij.



5 Analyse recreatie

5.1.1 Kansen en aandachtspunten

Het ontwerp van de Stadsuiterwaarden Crescent biedt veel kansen voor recreatie, met uitzondering van zwemmen:

- › Wandelen langs Singel en Beek.
- › Wandelen door de uiterwaarden over de vlonderpaden en over het eiland.
- › Kinderen kunnen spelen in de ruigte van overloopgebied 2, dat zelden zal overstromen.
- › Op het eiland en aan de zuidzijde komen speelfaciliteiten voor kinderen (o.a. klimtoren, waterpompen, speelboot).
- › Ook de nevengeul vormt een leuke attractie voor kinderen om in de zomer te spelen.
- › Langs het eiland komt een hondenstrand waar mensen met hun hond kunnen spelen en elkaar ontmoeten.

Tijdens de bewonersavond werd meestal enthousiast gereageerd op het ontwerp. Enkele aandachtspunten kwamen naar voren:

- › De bomen langs de Beek kunnen ervoor zorgen dat het zicht op het water voor bewoners ontnomen wordt.
- › De aantrekkelijkheid van het gebied voor recreatie kan ook (geluids)overlast veroorzaken.

5.1.2 Risico arseen

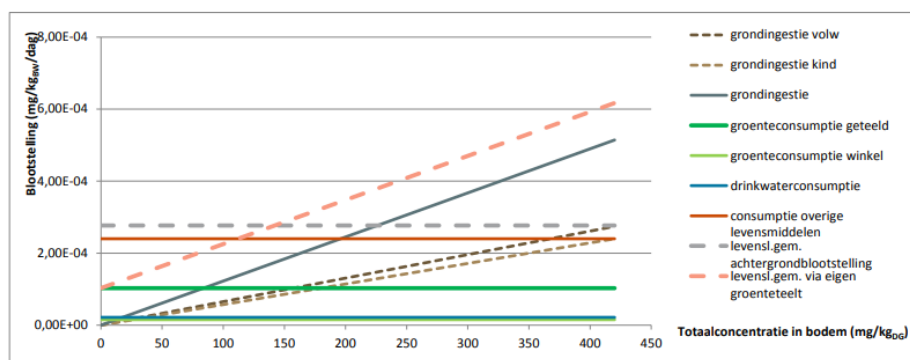
Een uitgevoerd bodemonderzoek wijst op de aanwezigheid van hoge concentraties arseen in de bodem van Drielanden-West; dus ook het gebied van Stadsuiterwaarden Crescent (PJ Milieu BV, 2015). In het onderzoek zijn boormonsters en grondwatermonsters per locatie geanalyseerd voor o.a. arseen. In Bijlage III zijn de monsterlocaties weergegeven.

In Figuur 5-1 zijn richtlijnen voor blootstelling (dat wil zeggen door inname) aan arseen weergegeven (RIVM, 2017). De meetwaarden van de bovengrond in de Stadsuiterwaarden variëren van detectiegrens/rapportagegrens van de analyseapparatuur tot 310 mg/kg bij meetlocatie 143. Omgerekend is de blootstelling voor kinderen bij dit meetpunt ongeveer 0.00019 mg/kg lichaamsgewicht per dag en dit is 0.19 ug/kg.



Het RIVM schat in dat de toelaatbare blootstelling (MTR humaan) tussen de 0,06 en 0,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ lichaamsgewicht/dag zou liggen. De hoogst gemeten waarde binnen het gebied (meetlocatie 143) valt dus in het RIVM-grensgebied voor toelaatbare blootstelling. Een harde uitspraak is dus niet te doen over de daadwerkelijke risico's.

Risico's voor de gezondheid worden klein geacht omdat inname (bijvoorbeeld via groenteteelt) in de Crescent niet van toepassing is. Om risico's te minimaliseren wordt wel aanbevolen om op alle speelplekken extra schoon zand op te brengen, en om bij de waterpomp duidelijk aan te geven dat dit geen drinkwater is.



Figuur 8. Blootstellingen ($\text{mg}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$; levenslang-gemiddeld) als functie van het bodemgehalte voor het bodemgebruik 'Kleine moestuin'. De blootstelling via consumptie van zelf geteelde groenten (donkergroene lijn) betreft de maximale blootstelling via consumptie van zelf geteelde groenten. (zowel kinderen als volwassenen aanwezig).

Figuur 5-1. Figuur over blootstellingen arseen (Handreiking voor de beoordeling van arseen in de bodem voor de particuliere groenteteelt, RIVM, 2017)



6 Kosten aanleg en beheer

6.1 Aanleg

Tijdens de derde werksessie met specialisten zijn uitvoeringsmaatregelen voor aanleg van de Stadsuiterwaarden concreet gemaakt. Vanuit deze specificaties is een kostenraming gemaakt voor aanleg van het watersysteem, inclusief alle recreatievoorzieningen. Ook is het 1^e jaar groenonderhoud hierin opgenomen.

De totale kosten zijn geraamd op **2.8 miljoen euro**. Hiermee komen de aanlegkosten ruim 1.1 miljoen lager uit dan het oorspronkelijk ontwerp van de Crescent als volledige waterplas.

De kostenraming is inclusief overzichtskaart opgenomen in Bijlage IV.

6.2 Beheer

Gemeente Harderwijk en waterschap Vallei en Veluwe maken gezamenlijk afspraken over beheertaken. De gemeente zal verantwoordelijk zijn voor het 'droge' beheer; het niet permanent watervoerende gebied (begrensd door het streefpeil). Het waterschap is verantwoordelijk voor het beheer van alle permanent watervoerende waterlopen, en alle kunstwerken in de waterlopen (duikers, stuwen).

Het jaarlijks beheer zal bij beide partijen worden ingedeeld binnen het reguliere beheer, en ook hierbinnen bekostigd worden.



7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Doel van deze studie was om een aangepast hydrologisch ontwerp te maken voor de Stadsuiterwaarden Crescent. Daarbij is aandacht besteed aan de aspecten waterberging, waterkwaliteit, ecologie, recreatie, aanleg en beheer. Het nieuwe ontwerp is in nauwe samenwerking met de gemeente en het waterschap tot stand gekomen in drie opeenvolgende werksessies. Op de bewonersavond is met ontwerptekening en TouchTable een goede onderbouwing gegeven van het nieuwe ontwerp. Het ontwerp voldoet aan de eisen met betrekking tot hydrologie, ecologie, waterkwaliteit, recreatie, aanleg en beheer.

Meer specifiek zijn de conclusies als volgt:

- › Het betrekken van veel verschillende expertises binnen gemeente en waterschap heeft een duidelijke meerwaarde gegeven aan het ontwerp; alle aspecten van ontwerp tot uitvoering en kosten zijn in een vroeg stadium meegenomen.
- › De Stadsuiterwaarden is voldoende ruim ontworpen, zowel in het overloopgebied als in het bovenstroomse watersysteem is ruim voldoende berging aanwezig om zowel korte hevige (klimaat)buien als langdurige neerslag op te vangen.
- › Gemeente en waterschap streven naar maximale peilstijgingen van 50 centimeter in de stadsuiterwaarden (het Laagpand). De bergingspotentie van het overloopgebied wordt hiermee ongeveer voor de helft benut, want peilstijgingen tot 1 meter zijn mogelijk zonder wateroverlast in de wijk.
- › Pas bij een T100-bui wordt de maximale peilstijging van 50cm overschreden. De vlonders in Middenpand zullen (zeer) incidenteel onderlopen.
- › Alleen Stuw 1 (benedenstrooms van de Stadsuiterwaarden) moet automatisch worden geregeld. Het is voorlopig niet nodig ook Stuw 2 te automatiseren.
- › Bij droge tot zeer droge perioden bestaat een risico op omslaan van het water van helder naar troebel. Met vaste waterplanten langs de oevers kan dit risico worden verkleind. Monitoring van de actuele waterkwaliteit na realisatie is wenselijk.



- › Het ontwerp biedt voldoende mogelijkheden voor gevarieerde ecologie, zowel langs de waterlopen als in het overloopgebied. Realisatie van trajecten met flauwe oevers zijn hierbij wel een voorwaarde.
- › Het ontwerp biedt veel mogelijkheden voor recreatie voor zowel volwassenen als kinderen. Aandachtspunt is het opbrengen van extra zand bij de speelplekken in verband met aanwezige arseen in de bodem.

7.2 Aanbevelingen

Met realisatie van de Stadsuiterwaarden Crescent wordt een unieke invulling gegeven aan klimaatadaptatie rekening houdend met perioden van extra neerslag en perioden van extra droogte. De 'lessons learned' kunnen relevant zijn voor andere regio's met vergelijkbare opgaven. De studie vormt een Best Practice voor een sterk ontwerpende aanpak van de klimaatopgave, met een door bewoners gedragen resultaat.

Aanbevolen wordt om een monitoringsplan op te stellen en uit te voeren voor het functioneren van de Stadsuiterwaarden in droge en natte perioden. De resultaten van deze monitoring geven meer inzicht in het daadwerkelijk functioneren en kunnen worden gebruikt voor het optimaliseren van het stuwbeheer en beheer en onderhoud van het watersysteem.

De aanwezigheid van de ruim gedimensioneerde Stadsuiterwaarden betekent niet dat er nooit wateroverlast in de wijk Drielanden zal optreden. In deze studie is de afstroming via maaiveld in Drielanden versimpeld meegenomen. Laagten in het maaiveld of beperkte afvoercapaciteiten van riolering kunnen alsnog tot watervoerlast leiden bij hevige neerslag. Daarom wordt aanbevolen om een stresstest voor de wijk en/of geheel Harderwijk uit te voeren met een integraal maaiveldmodel, om de klimaatbestendigheid goed in kaart te brengen.



I. Hydrologische uitgangspunten

Stadsuiterwaarden en Singel

In Figuur 1 is het hydrologisch ontwerp van de Stadsuiterwaarden en aanvoerende Singel gevisualiseerd. In Figuur 2 is een dwarsdoorsnede weergegeven voor de Stadsuiterwaarden (A–B).

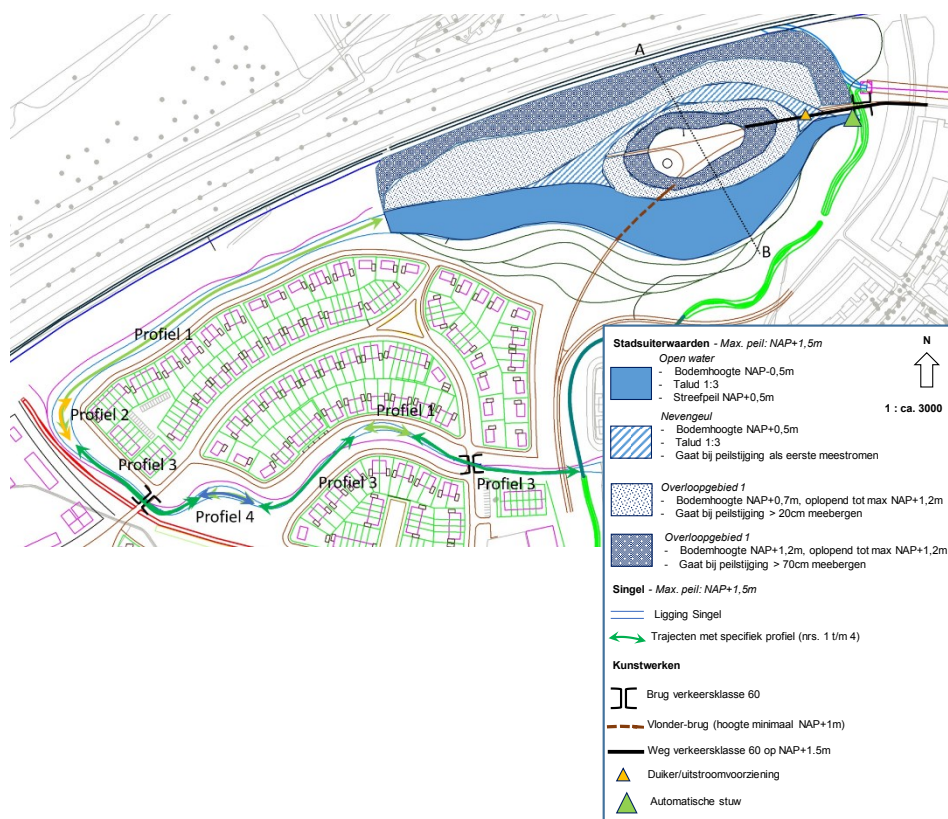
Voor modellering van de Stadsuiterwaarden golden de volgende uitgangspunten (input vanuit de werksessies met specialisten):

- › De Stadsuiterwaarden wordt in een 2-dimensionaal maaiveldmodel gemodelleerd (als onderdeel van het model 3Di).
- › Het maaiveldmodel takt bovenstrooms aan op het strengenmodel van de Singel; benedenstrooms via de automatische stuw op het strengenmodel van de Beek van de Hoge Geest.
- › In de Stadsuiterwaarden kan een peilstijging tot 1 meter worden geborgen: tot NAP+1,5m.
- › Alle paden en voorzieningen die niet mogen onderlopen liggen dus hoger dan deze NAP+1,5m.
- › Open water heeft een minimale waterdiepte van 1,25 meter en op kaart weergegeven breedten op streefpeil (NAP+0,5m).
- › Talud 1:3 en insteek waterloop op 1,5 meter boven streefpeil (NAP+1,5m).
- › 3 gebieden die gefaseerd overlopen, beginnend bij de nevengeul (bij elke peilstijging boven streefpeil), vervolgens overloopgebied 1 (bij peilstijging van meer dan 20 centimeter) en ten slotte overloopgebied 2 (bij een peilstijging van meer dan 70 centimeter).
- › Verdeling arealen: ca. 1,2 ha open water en ca. 2,5 ha overloopgebied.
- › Doorlatendheid Stadsuiterwaarden op basis van kenmerken aanwezig bodemtype.
- › Breedte automatische stuw: 1,5 meter, regeling nog in te stellen.
- › Kwelflux vanuit Antea-studie (Sobek-model).

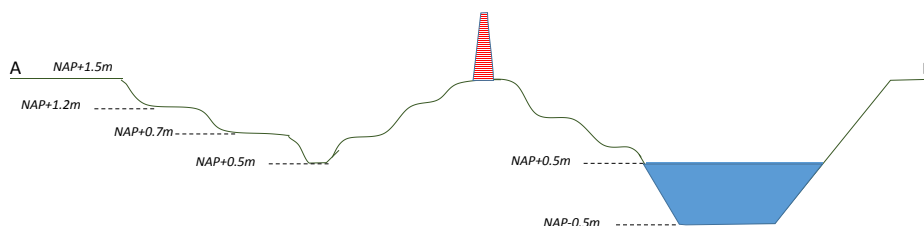


Voor modellering van de Singel kiezen we de volgende uitgangspunten:

- › Singel biedt ruimte (evenals Stadsuiterwaarden) voor een peilstijging van 1 meter, dus tot NAP+1,5m.
- › Alle paden en voorzieningen die niet mogen onderlopen liggen dus hoger dan deze NAP+1,5m.
- › Diepte Singel is 1,25 meter bij streefpeil (evenals waterloop Stadsuiterwaarden).
- › Wisselende breedten op streefpeil, profielnummers weergegeven in Figuur I-I.
- › Ca. 1,25 ha open water.
- › Realisatie van bruggen op de kruising van waterloop en weg (2 maal). Deze leveren geen extra opstuwing bij peilstijging.
- › Kwelflux vanuit Antea-studie (Sobek-model).
- › Afvoerend oppervlak op de Singel: 25.2 hectare verhard, 25.1 hectare onverhard.
- › 2 bruggen over singel met breedte 4,5m, lengte 9m, hoogte NAP+2m.



Figuur I-I. Tekening hydrologisch ontwerp Stadsuiterwaarden en Singel



Figuur I-II. Doorsnede A-B

Voor alle profielen van de Singel (Profielen 1 t/m 4) geldt:

- › Minimaal talud 1:2,5.
- › Diepte 1,25m.
- › Insteek waterloop op NAP+1,5m.

De profielen verschillen in breedten op streefpeil:

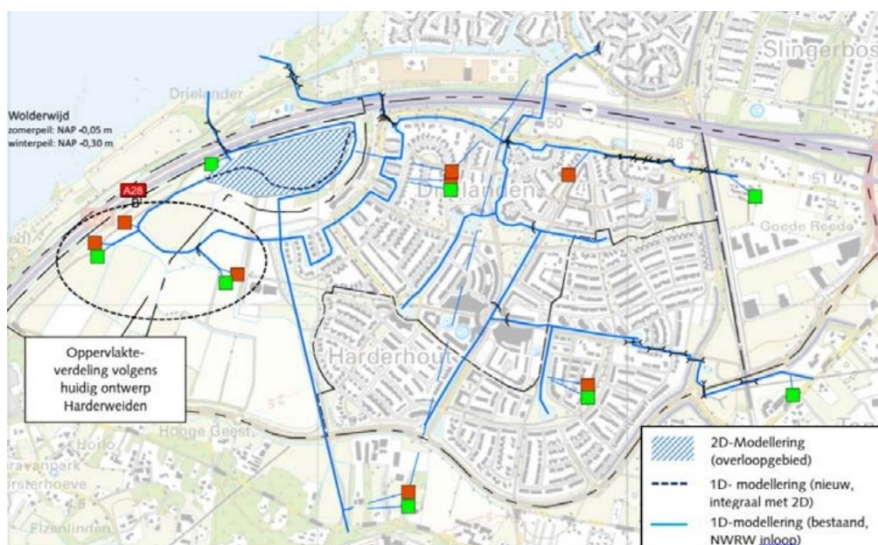
- › Profiel 1: 10 meter
- › Profiel 2: 15 meter
- › Profiel 3: 6,75 meter
- › Profiel 4: 25 meter (inclusief plasberm)

Bestaande watersystemen Drielanden

De bestaande watersystemen in Drielanden zijn de bovenstrooms peilvakken, die afwateren op Singel en Stadsuiterwaarden én de Beek van de Hoge Geest.

We hanteren voor beide bestaande watersystemen de hydrologische uitgangspunten uit de Antea-studie van 2015. Dit betreft de invoerparameters (aanvoer via kwel) dimensies van waterlopen en kunstwerken en afvoerende oppervlakken (verhard, onverhard, open water). Ook de piek die via de BBB op de Beek van de Hoge Geest terecht komt modelleren we mee.

De modelgrenzen zijn in figuur I-III weergegeven.



Figuur I-III. Modelgrenzen

In onderstaande tabel zijn de afvoerende oppervlakken van Laag-, Midden- en Hoogpand weergegeven, welke direct de Stadsuiterwaarden Crescent beïnvloeden.

Afvoerende oppervlakken in de modellering van Drielanden (gebaseerd op studie AnteaGroup, 2015).

Peilgebied	Totaal	Verhard op hemelwater- riool	Verhard op wadi	Verhard op vuilwater- riool	Onverhard (incl. wadi's en overloop- gebied)	Open water
Laagpand (+0.5 mNAP)	52.8	25.2*	0	0	25.1*	2.5
Middenpand (+0.8 mNAP)	31.8	0	0	12.2	17.9	1.7
Hoogpand (>+1.25 mNAP)	139.6	4.3	47.2	15.6	68.4	4.1
Totaal	224.2	29.5	47.2	27.8	106.1	8.3

* Nieuwe waarde vanuit huidige stedenbouwkundig plan Harderweide

Het watersysteem in Drielanden voert af via drie stuwen. De breedte, hoogte en regeling van deze stuwen is bepalend voor de waterverdeling en peilstijging in het watersysteem.



II. Analyse PCDitch

In onderstaande tabel staat de samenvatting van de iteratieve PCDitch analyses voor de verschillende aanvoerdebieten, wateroppervlakken en waterdieptes.

De waarden in de tabel zijn de berekende kritische totaal fosfor concentraties (dus géén belasting). De *schuingedrukte* waarden zijn de waarden die hoger zijn dan de gemeten fosforconcentraties.

kP concentratie (mg P/ l)	Wateroppervlak (m2)		
	20.000	25.000	30.000
Waterdiepte 1,50 m			
Gem. Zomer	0,04	0,04	0,04
Droog	0,04	0,04	0,04
Extreem droog	0,05	0,05	0,06
Waterdiepte 1,25 m			
Gem. Zomer	0,07	0,06	0,06
Droog	0,05	0,05	0,05
Extreem droog	0,06	0,07	0,08
Waterdiepte 1,00 m			
Gem. Zomer	0,12	0,11	0,10
Droog	0,08	0,08	0,08
Extreem droog	0,09	0,10	0,11
Waterdiepte 0,75 m			
Gem. Zomer	0,11	0,15	0,20
Droog	0,20	0,19	0,19
Extreem droog	0,20	0,22	0,23



III. Monsterlocaties bodemonderzoek





IV.Kostenraming



PROJECTRAMING: STADSUITERWAARDEN CRESENT

VERSIE: 4.0
30 MEI 2018

Definitief, d.d. 30 mei 2018

Raming: Aanleg en onderhoud Stadsuiterwaarden Crescent

Datum: 30 mei 2018

Versie : 04

omschrijving	eenheid	Prijs	tot.bedrag
Opruimen bestaande situatie	eur 1,00	€ 13.950,00	€ 13.950,00
Grondwerk	eur 1,00	€ 354.579,20	€ 354.579,20
Verharding	eur 1,00	€ 89.337,80	€ 89.337,80
Kunstwerken	eur 1,00	€ 1.733.995,00	€ 1.733.995,00
Groenvoorzieningen	eur 1,00	€ 67.630,00	€ 67.630,00
Onderhoud	eur 1,00	€ 24.000,00	€ 24.000,00
Totaal (excl. onvoorzien)			€ 2.283.492,00
Planonzekerheid(van uitvoering zonder stelpost)	15,00%	€ 342.523,80	€ 342.523,80
Vorbereidingskosten (uitvoerings klaar maken)	7,00%	€ 183.821,11	€ 183.821,11
Totale investering aanleg			€ 2.809.836,90

Uitgangspunten:

- Prijspeil 2017
- Staartkosten totaal 20%

Opruimen bestaande situatie

Datum: 30 mei 2018

Ver	omschrijving	eh	hoev.heid	eh.prijs	bedrag	tot.bedrag
1	<u>Groenwerkzaamheden</u>					€ 11.626,00
	Opschonen sloten	m	800,00	€ 3,00	€ 2.400,00	
	Opnemen en afvoeren groen	are	10,00	€ 250,00	€ 2.500,00	
	Rooien bomen	st	25,00	€ 150,00	€ 3.750,00	
	Frezen graszoden	are	1.488,00	€ 2,00	€ 2.976,00	
	Sub.totaal					€ 11.626,00
	Eenmalige kosten	%	4,00	€	465,04	€ 465,04
	Uitvoeringskosten	%	6,00	€	697,56	€ 697,56
	Algemene kosten	%	7,00	€	813,82	€ 813,82
	Winst	%	3,00	€	348,78	€ 348,78
	Afronding totaal bedrag	eur	1,00	€ 1,20-	€ 1,20-	€ 1,20-
	Totaal bedrag exclusief de BTW				EUR	€ 13.950,00

Verharding

Datum: 30 mei 2018

Ver	omschrijving	eh	hoev.heid	eh.prijs	bedrag	tot.bedrag
1	<u>Voet- fietspad (in WRM-fase)</u>					
2	<u>Voetpad (t.h.v. geluidswal)</u>					€ 14.255,28
	Grond ontgraven uit cunet, diepte 37 cm	m3	346,32	€ 2,50	€ 865,80	
	Grond vervoeren binnen werfterrein	m3	346,32	€ 1,50	€ 519,48	
	Lev. en aanbr. Menggranulaat, dik 25 cm	m2	936,00	€ 7,50	€ 7.020,00	
	Lev. en aanbr. Halfverharding, gralux o.g.	m2	936,00	€ 6,25	€ 5.850,00	
3	<u>Bypass voorzien van granietkeien</u>					€ 60.192,00
	Grond ontgraven uit cunet, diepte 40 cm	m2	720,00	€ 1,00	€ 720,00	
	Grond vervoeren binnen werfterrein	m2	720,00	€ 0,60	€ 432,00	
	Lev. en aanbr. Menggranulaat, dik 20 cm	m2	720,00	€ 7,00	€ 5.040,00	
	Lev. En aanbr. Granietkeien in specie/beton	m2	720,00	€ 55,00	€ 39.600,00	
	Voegen granietkeien met rompox D1	m2	720,00	€ 20,00	€ 14.400,00	
	Sub.totaal					€ 74.447,28
	Eenmalige kosten	%	4,00	€	2.977,89	€ 2.977,89
	Uitvoeringskosten	%	6,00	€	4.466,84	€ 4.466,84
	Algemene kosten	%	7,00	€	5.211,31	€ 5.211,31
	Winst	%	3,00	€	2.233,42	€ 2.233,42
	Afronding totaal bedrag	eur	1,00	€ 1,06	€ 1,06	€ 1,06
	Totaal bedrag exclusief de BTW				EUR	€ 89.337,80

Kunstwerken

Datum: 30 mei 2018

Ver	omschrijving	eh	hoev.heid	eh.prijs	bedrag	tot.bedrag
1	<u>Onderduikering beekloop, stuw sprengkoppensysteem (punt A)</u>					€ 31.625,00
	Lev. en aanbr. Onderduikering, PE Ø315 mm	m	45,00	€ 175,00	€ 7.875,00	
	Lev. En aanbr. In- en uitstroomvoorziening	m2	20,00	€ 125,00	€ 2.500,00	
	Vaste stuw, 2 mtr breed (stuw 4 in rapportage)	st	1,00	€ 20.000,00	€ 20.000,00	
	Lev. En aanbr. Taludbekleding van stortstenen	m2	10,00	€ 125,00	€ 1.250,00	
2	<u>Brug naar nieuwbouwplan</u>					€ 330.000,00
	Brug, verkeersklasse 60, naar nieuwbouwpl, 4,5 x 8 mtr toogbrug metselwerk	st	2,00	€ 90.000,00	€ 180.000,00	
	Voet- fietsbrug	st	1,00	€ 90.000,00	€ 90.000,00	
	Steigerbrug over singel	st	2,00	€ 30.000,00	€ 60.000,00	
3	<u>Houten loopbrug naar eilanden</u>					€ 486.000,00
	Brug, naar eilanden, 3 mtr breed	m1	105,00	€ 2.000,00	€ 210.000,00	
	Houten vlonders t.b.v. voetpad eiland	m1	452,00	€ 500,00	€ 226.000,00	
	Houten vlonder zuidzijde gebied langs de singel	m1	100,00	€ 500,00	€ 50.000,00	
4	<u>Overstortvoorziening Crescentplas (punt F) (stuw 1 in rapportage)</u>					€ 186.620,00
	Overstort met automatische stuw, 1,5 mtr breed incl besturing e.d.	st	1,00	€ 70.000,00	€ 70.000,00	
	Grond ontgraven t.b.v. overstort	m1	60,00	€ 12,00	€ 720,00	
	Grond afvoeren binnen werkerrein	m1	60,00	€ 15,00	€ 900,00	
	Lev. En aanbr. Taludbekleding van stortstenen, 4 m2/m1	m1	60,00	€ 500,00	€ 30.000,00	
	Brug, verkeersklasse 30, over de uitstroomvoorziening, 3 mtr breed	m1	17,00	€ 2.500,00	€ 42.500,00	
	Brug, verkeersklasse 30, over de beek, 3 mtr breed	m1	17,00	€ 2.500,00	€ 42.500,00	
5	<u>Inrichting speellocaties</u>					€ 289.000,00
	Stelpost: vuurtoren	eur	1,00	€ 100.000,00	€ 100.000,00	
	Stelpost: Schip	eur	1,00	€ 120.000,00	€ 120.000,00	
	Stelpost: trekpondje	eur	1,00	€ 35.000,00	€ 35.000,00	
	Stelpost: overige zaken	eur	1,00	€ 25.000,00	€ 25.000,00	
	Waterpompen op speellocatie	st	3,00	€ 3.000,00	€ 9.000,00	
6	<u>Erosiebestendige constructies (punt C, D en E)</u>					€ 31.250,00
	C: Erosiebestendige taluds t.h.v. onderdoorgang A28	m2	100,00	€ 125,00	€ 12.500,00	
	D: Erosiebestendige overgang beek => bermsloot, stortstenen	m2	50,00	€ 125,00	€ 6.250,00	
	E: Erosiebestendige instroomconstructie BBB => beek, stortstenen	m2	100,00	€ 125,00	€ 12.500,00	
7	<u>Ombouw stuw handmatig => op afstand bedienbaar (punt G)</u>					€ 90.500,00
	G: Ombouw bestaande stuw (stuw 2 in rapportage)	eur	1,00	€ 50.000,00	€ 50.000,00	
	Vergroten bestaande duiker, ca. 1,75x1,75	m1	30,00	€ 1.350,00	€ 40.500,00	
	Sub.totaal					€ 1.444.995,00
	Eenmalige kosten	%	4,00		€ 57.799,80	€ 57.799,80
	Uitvoeringskosten	%	6,00		€ 86.699,70	€ 86.699,70
	Algemene kosten	%	7,00		€ 101.149,65	€ 101.149,65
	Winst	%	3,00		€ 43.349,85	€ 43.349,85
	Afronding totaal bedrag	eur	1,00	€ 1,00	€ 1,00	€ 1,00
	Totaal bedrag exclusief de BTW				EUR	€ 1.733.995,00

Groenvoorzieningen

Datum: 30 mei 2018

Ver	omschrijving	eh	hoev.heid	eh.prijs	bedrag	tot.bedrag
1	<u>Inplanten Singel</u>					€ 3.600,00
	Inplanten oever van de singel, deel inzaaien/deel inplanten met oeverplanten	are	90,00	€ 40,00	€ 3.600,00	
2	<u>Inplanten Cresentplas</u>					€ 27.920,00
	Inplanten oever van de Cresentplas, deel inzaaien/deel inplanten met oeverplanten	are	73,00	€ 40,00	€ 2.920,00	
	Stelpost: Planten n.t.b.	eur	1,00	€ 25.000,00	€ 25.000,00	
3	<u>Inplanten geluidswal</u>					€ 14.280,00
	Inzaaien geluidwal met bermmengsel	are	357,00	€ 40,00	€ 14.280,00	
4	<u>Inplanten overig gebied</u>					€ 10.560,00
	Inzaaien overig gebied met bermmengsel	are	264,00	€ 40,00	€ 10.560,00	
Sub.totaal						€ 56.360,00
	Eenmalige kosten	%	4,00		€ 2.254,40	€ 2.254,40
	Uitvoeringskosten	%	6,00		€ 3.381,60	€ 3.381,60
	Algemene kosten	%	7,00		€ 3.945,20	€ 3.945,20
	Winst	%	3,00		€ 1.690,80	€ 1.690,80
	Afronding totaal bedrag	eur	1,00	€ 2,00-	€ 2,00-	€ 2,00-
Totaal bedrag exclusief de BTW					EUR	€ 67.630,00

Onderhoud

Datum: 30 mei 2018

Ver	omschrijving	eh	hoev.heid	eh.prijs	bedrag	tot.bedrag
1	<u>Groenonderhoud</u>					€ 20.000,00
	Stelpost: onderhoud op A-niveau (1e jaar)	jaar	1,00	€ 10.000,00	€ 10.000,00	
	Stelpost: onderhoud natte gebied (1e jaar)	jaar	1,00	€ 10.000,00	€ 10.000,00	
	Sub.totaal					€ 20.000,00
	Eenmalige kosten	%	4,00	€	800,00	€ 800,00
	Uitvoeringskosten	%	6,00	€	1.200,00	€ 1.200,00
	Algemene kosten	%	7,00	€	1.400,00	€ 1.400,00
	Winst	%	3,00	€	600,00	€ 600,00
	Afronding totaal bedrag	eur	1,00	€	-	€ -
	Totaal bedrag exclusief de BTW				EUR	€ 24.000,00



LEGENDA

Singel
Oppervlak: 4.140 m2
Gem. ontgravingsdiepte: 2,05 m1
Ontgraving: 8.487 m3

Taluds singel
Oppervlak: 12.145 m2
Gem. ongravingsdiepte:0,92 m1
Ontgraving:11.173 m3

Plas
Oppervlak: 11.502 m2
Gem. ongravingsdiepte:1,86 m1
Ontgraving:21.394 m3

Bypass
Oppervlak: 2.430 m2
Gem. ongravingsdiepte:0,80 m1
Ontgraving:1.944 m3

Taluds plas
Oppervlak: 3.817 m2
Gem. ongravingsdiepte:0,75 m1
Ontgraving:2.863 m3

Taluds bypass
Oppervlak: 383 m2
Gem. ongravingsdiepte:0,65 m1
Ontgraving: 249 m3

1e overloopgebied
Oppervlak: 7.047 m2
Gem. ongravingsdiepte:0,45 m1
Ontgraving:3.171 m3

2e overloopgebied (noordzijde)
Oppervlak: 12.447 m2
Gem. ongravingsdiepte:0,00 m1
Ontgraving: 0 m3 (wel profileren)

2e overloopgebied (zuidzijde)
Oppervlak: 16.618 m2
Gem. ongravingsdiepte:-0,08 m1 (aanvullen)
Ontgraving:-1329 m3

Eiland
Oppervlak: 10.931 m2
Gem. ongravingsdiepte:0,00 m1
Ontgraving:0 m3 (wel profileren)

Beek/sloot incl. onderhoudspad
Lengte: 350 m1
Gem. ongravingsprofiel:13,50 m3/m1
Ontgraving:4.725 m3

Uitstroomgebied
Lengte: 125 m1
Gem. ongravingsprofiel:13,50 m3/m1
Ontgraving:1.687 m3

Verbreiding bermsloot
Lengte: 374 m1
Gem. ongravingsprofiel: 8,40 m3/m1
Ontgraving:3.142 m3

Houten vlonder incl steiger over het water

Wandelpad bestaande uit een halfverharding

Opdrachtgever

Gemeente Harderwijk

Project

Planontwikkeling Drielanden-west

Onderdeel

Hoeveelheidsbepalingen

Schaal

1:2000

Datum

18-04-2018

Getekend

Datum

Wijz.

A

Getek.

RN

Gec.

IM

Status

Informatief

Besteknummer

SIP-170920

Tekeningnummer

SIP-170920-01

Formaat

A2

Stegginkinfra

www.stegginkinfra.nl

Hoeveelheidsbepaling Versie 3.dwg

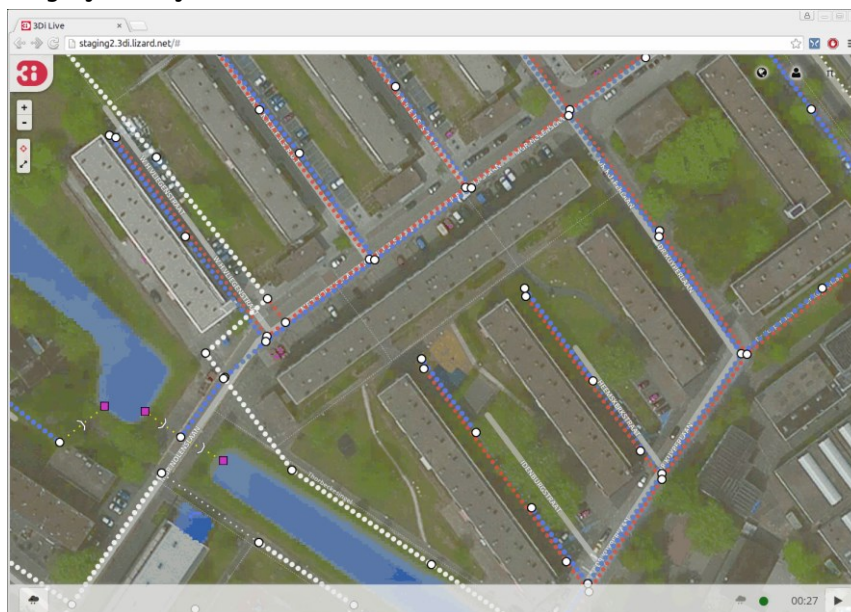




V.Achtergronden 3Di

Snel en inzichtelijk

De rekentijden in 3Di zijn, ook bij grootschalige detail schematisaties, teruggebracht van orde uren tot orde minuten. Dit betekent voor een klein systeem als de Crescentplas naar verwachting seconden. Dit maakt het goed mogelijk om tijdens de bewonersavond meerdere runs live te demonstreren.



Stroming in de riolering, het oppervlaktewater en het maaiveld kan volledig worden geïntegreerd en wordt op kaart gevisualiseerd

De resultaten van 3Di worden tijdens de berekening op kaart gevisualiseerd. Hiermee ontstaat veel inzicht in het afstromingsproces. De visualisatie is dynamisch en kaart-georiënteerd. Natuurlijk kunnen ook grafieken en tabellen worden getoond. De ervaring is dat specialisten goed met grafieken kunnen omgaan, maar bestuurders vooral visueel zijn ingesteld. 3Di versnelt niet alleen het ontwerp- en besluitvormingsproces, maar creëert ook draagvlak en vertrouwen en maakt het mogelijk om tijdens werksessies interactief te werken. Suggesties voor maatregelen kunnen dan direct worden getoetst en hiermee ontstaat een ongekennde betrokkenheid en inzicht in het functioneren van het systeem.

Integraal en grootschalig

Het modelinstrument dat we gebruiken voor het overloopgebied Crescentplas is 3Di. We hebben inmiddels veel ervaring met 3Di in realisatie van quickscan



resultaten én integrale modellering met maaiveld, riolering en oppervlaktewater. We hebben de modellering verzorgd van de drie grote gemeenten (Amsterdam, Den Haag en Rotterdam), en verschillende zuiveringskringen. Het systeem kan omgaan met extreem grote schematisaties tot meer dan 1 miljard pixels. Alle beschikbare informatie kan daarmee 1 op 1 worden gebruikt om gedetailleerd beeld te krijgen. Dit betekent dat de resolutie van het model zeer hoog is (0.25m^2). Nauwkeurigheid is van groot belang, omdat het de basis vormt voor het vertrouwen, de besluiten en de investeringen. Het onderschatten of het overschatten van de opgaves leidt tot onnodige risico's of onnodige kosten.

Nauwkeurig

In tegenstelling tot ander rekensoftware (waaronder Infoworks en Sobek), garandeert 3Di strikt volumebehoud (zie ook wetenschappelijke publicaties en lezingen op www.3di.nu). In 3Di is de volumeberekening nauwkeurig tot op machine precisie en er worden geen 'trucs' uit gehaald, zoals Preissmann-slots. 3Di houdt bovendien rekening met het niet-lineaire volume verloop, zoals optreedt bij water op straat situaties (waarbij het bergend oppervlak ineens veel groter wordt).

Neerslag-afvoer

We gebruiken in dit project een vlakdekkend terreinmodel. Met het 2D terreinmodel stroomt de neerslag via het maaiveld af naar de laagste plekken in het terrein. Zowel onverharde als eventueel onverharde delen worden gemodelleerd.

Praktijkervaring

3Di is volledig nieuw ontwikkeld in de periode 2010 tot 2014, maar is al tijdens de ontwikkeling ook in de praktijk getoetst. Voor de riolering hebben de gemeenten Amsterdam, Rotterdam en Den Haag, maar ook de omliggende gemeenten gekozen voor 3Di, omdat de bestaande software minder nauwkeurig of te traag was om extreme wateroverlast te berekenen.

Momenteel worden de grootste zuiveringskringen en rioolstelsels van Nederland (met meer dan 60.000 leidingen) met 3Di doorgerekend. Ook voor extreme neerslag en overstromingen kiezen steeds meer waterschappen voor 3Di als het meest betrouwbare instrument. In Rotterdam, OAS de Grootte Lucht, Almere, Castricum, Zuid-Limburg en Rhenen werken gemeenten, waterschappen en waterschapsbedrijven samen aan een integraal model, vergelijkbaar met het model dat hier wordt gevraagd.



VI. Procesinformatie

Deelnemers projectgroep

Waterschap Vallei en Veluwe

Richard van Hoorn

Jaap Petersen

Jasper Timmer

Gemeente Harderwijk

Martijn den Braven

Corinne Daemen

Erik Hamelink

Niek Heijboer

Mahatma Geerdink

Adviesbureau Nelen en Schuurmans

Ria Löschner-Wolleswinkel

Leendert van Wolfswinkel

Jordie Netten

Steggink Infra

Roy Nieuwe Weme

Agenda Werksessie 1

Mail projectleider N&S 25 januari 2018

Beste Corinne,

Qua agenda voor de werksessie: het lijkt me goed om de verschillende aspecten van het ontwerp langs te lopen: waterberging, recreatie, ecologie, b&o, en gewenste wijzigingen af te spreken.

We leggen printen van het ontwerp op tafel, en schrijven/tekenen erbij.

Dit verwerken wij dan verder tot shapes/rasters, als basis voor het model.

Ik heb de schets van Niek ontvangen, en wil naar aanleiding daarvan al een paar voorstellen doen voor wijzigingen. Die hoop ik morgen door te mailen in de vorm van kaartjes.



Agenda Werksessie 2

Mail projectleider N&S 19 februari 2018

Beste projectgroepleden,

Wij zijn aan de slag gegaan om de Stadsuiterwaarden te modelleren, en gaan jullie a.s. donderdag een online demo geven hoe het gebied bij hevige neerslag gaat functioneren (cq onderlopen).

In de bijlage vinden jullie de hydrologische uitgangspunten die we als basis hebben genomen; deze zijn al met o.a. Corinne en Jaap afgestemd, maar bij deze nog samengevat in een memo.

Donderdag kom ik samen met mijn collega Leendert van Wolfswinkel; hij zal het model demonstreren, waarna we in overleg tot een finetuning van het ontwerp gaan komen.

Qua agenda stel ik voor:

- › Intro, toelichting 3di en modellering ontwerp
- › Demo bij enkele neerslagevents
- › Discussie over ontwerp
- › Invulling bewonersavond
- › Afspraken vervolg

Agenda Werksessie 3

Mail projectleider gemeente 28 maart 2018

Beste mensen,

Hierbij agendavoorstel voor morgen:

- › Opening
- › Terugkoppeling overleg stuwinrichting
- › Modelresultaten
- › Input voor kostenraming
- › Afspraken voor vervolg
- › Aanlevering gisfiles
- › planning kostenraming, rapportage, eindoverleg
- › Sluiting



Bewonersavonden

De data van de bewonersavonden waren dinsdag 4 juli 2017 en maandag 5 maart 2018.

In totaal hebben tijdens de eerste avond 42 bezoekers een reactieformulier ingevuld. Een groot aantal bezoekers heeft een voorkeur voor een variant aangegeven. Natuur & spelen wordt het meest genoemd, op de voet gevolgd door Plan X. Een combinatie van natuur & spelen en fit & gezond wordt ook genoemd.

De variant eten & verblijven is niet erg populair. Veel mensen maken zich zorgen over de aanwezigheid van horeca op deze locatie i.v.m. mogelijke geluidsoverlast. Als er aan horeca wordt gedacht, dan het liefst kleinschalige horeca die alleen overdag geopend is, bijv. theetuin, ijs en fris etc. Ook ziet men een camping niet echt zitten. Andere zorgpunten zijn: overlast door hangjongeren, waterpeil en waterkwaliteit, muggenoverlast en parkeren bezoekers recreatieve voorziening.

Wel: groenafscherming van de geluidswal, rust, natuur, spelen, natuurlijke materialen, bomen, wandel- en vaarmogelijkheden, picknickbankjes, trekpont etc.

Van de tweede bewonersavond is geen verslag. Ook zijn er geen reacties op papier gevraagd. Algemene indruk was positief. Men was tevreden over het ontwerp.