



Afstudeeronderzoek *Klimaatadaptatie Sterrenkwartier*

Toekomstbestendigheid tussen de sterren



GEMEENTE

NISSEWAARD

Afstudeeronderzoek

Klimaatadaptatie Sterrenkwartier

Toekomstbestendigheid tussen de sterren

Student: Quin Mooijman

Studentnummer: 0909850

E-mail:

Mobiel nummer:

Organisatie: Arcadis Nederland

Begeleider: Huib Eckhardt

Instantie: Hogeschool Rotterdam

Opleiding: Watermanagement

Docentbegeleider: Emiel Arends

Stageperiode: 2 september 2019 – 16 januari 2020

Plaats en datum: Naaldwijk, 16 januari 2020

Versie: 1.0

Bron afbeelding titelblad: (Maasdelta, 2018)

Voorwoord

Voor u ligt de scriptie 'Klimaatadaptatie Sterrenkwartier' welke is geschreven in het kader van het afstuderen van de studie Watermanagement aan de Hogeschool Rotterdam.

Ik wil iedereen bedanken die mij heeft geholpen deze scriptie te voltooien. Ten eerste is dit Huib Eckhardt die mij afgelopen half jaar heeft begeleid en voorzien van zeer treffende feedback en Emiel Arends voor de creatieve inspiratie en de lekkere koffie. Daarnaast wil ik Desiree Barten en Jon van Hout bedanken voor de tijd die zij voor mij hebben vrijgemaakt en de aandacht die zij mij hebben gegeven. Ook alle personen binnen Arcadis, gemeente Nissewaard en waterschap Hollandse Delta die mij ondersteund hebben in dit onderzoek wil ik danken.

Tot slot wil ik mijn ouders, vriendin en vrienden bedanken voor de ondersteuning tijdens mijn afstudeerperiode.

Quin Mooijman,
Naaldwijk, 15 januari 2020

Samenvatting

Klimaatverandering zorgt voor extremere buien en langere periodes van droogte. De doelstelling van dit onderzoek is om het watersysteem in de wijk Sterrenkwartier te Spijkenisse bestand te maken tegen deze omstandigheden. Het huidige watersysteem kent meerdere knelpunten, maar grootschalige ruimtelijke ontwikkelingen in de wijk bieden kansen om deze problemen op te lossen en hierbij het gebied voor te bereiden op de klimaatverandering. De watergangen in het gebied hebben een slechte doorstroming, er is sprake van grondwateroverlast en tijdens extreme neerslag is er een bergingstekort. De doelstelling is om een robuust en toekomstig watersysteem te realiseren. De hoofdvraag van dit onderzoek luidt: *“Welke integrale ingrepen kunnen het beste voor het Sterrenkwartier worden genomen om een veerkrachtig watersysteem te realiseren en meerwaarde te geven aan het gebied?”*

Om antwoord te geven op de hoofdvraag is een literatuurstudie gedaan, veldonderzoek gedaan en zijn interviews met experts gehouden om de huidige problemen in kaart te brengen. De gegevens hiervan zijn verwerkt in een modelstudie waarin de problematiek wordt gekwantificeerd zodat als laatste een vergelijkend onderzoek kon worden gedaan naar mogelijke oplossingen.

De huidige doorstromingsproblematiek kan worden opgelost door zoveel mogelijk open waterverbindingen aan te leggen. De grondwaterproblematiek moet worden aangepakt door aanvullende drainage te realiseren, maar dit is alleen haalbaar in de ruimtelijke ontwikkeling. De strategie om het bergingstekort op te lossen is oppervlakkige afstroming mogelijk te maken naar verlaagd onverharde gebieden. Hiernaast kunnen aanvullende maatregelen worden genomen welke samen zijn gevoegd in een maatregelenpakket. Hiermee is het gebied bestand tegen een bui die eens in de 100 jaar valt. Door het uitvoeren van de maatregelen wordt er een veerkrachtig watersysteem gerealiseerd en wordt er meerwaarde gecreëerd aan het gebied.

Op basis van de conclusies wordt aanbevolen om de grondwaterproblematiek aan te pakken wanneer een gebied volledig herstructureerd wordt. Daarnaast wordt aanbevolen de groene ruimte in het gebied niet verder aan te tasten omdat er al veel openbaar groen verloren gaat. De groene ruimte dient behouden en versterkt te worden zodat er meerwaarde wordt gecreëerd in het gebied. Verder wordt sterk aanbevolen de ‘must do’ maatregelen uit te voeren omdat de ruimtelijke ontwikkelingen een unieke kans bieden om de systematische problemen op te lossen.

Inhoudsopgave

Voorwoord	I
Samenvatting	II
Hoofdstuk 1 Inleiding	7
1.1 Beleidscontext	7
1.1.1 Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie	7
1.1.2 Regionale aanpak Voorne-Putten	7
1.2 Aanleiding	8
1.2.1 Gemeente Nissewaard	8
1.2.2 Arcadis	8
1.2.3 Ruimtelijke Plannen	9
1.3 Probleemstelling	10
1.4 Doelstelling	12
1.5 Hoofd- en deelvragen	13
Hoofdstuk 2 Methodiek	14
2.1 Conceptueel model	14
2.2 Onderzoeksmethoden	16
2.2.1 Gebiedsanalyse: Literatuuronderzoek, veldonderzoek en interviews met experts	16
2.2.2 Modelstudie	17
2.2.3 Variantenstudie, vergelijkend onderzoek	17
Hoofdstuk 3 Gebiedsanalyse	18
3.1 Ruimtelijke situatie	18
3.1.1 Situering	18
3.1.2 Buurten	18
3.1.3 Afbakening gebied	20
3.1.4 Oppervlakteverdeling plangebied	20
3.1.2 Bodem	21
3.1.4 SWOT-analyse ruimtelijk	28
3.2 Stakeholders	29
3.2.1 Betrokken partijen	29
3.2.2 SWOT-analyse stakeholders	30
3.3 Watersysteem	31
3.3.1 Historisch	31
3.3.2 Huidige situatie watersysteem	35
<i>Het Plangebied</i>	37
Waterketen	39

3.3.3 SWOT- Watersysteem.....	42
Hoofdstuk 4 Modelstudie	44
4.1 Dimensionering huidige problematiek	44
4.1.1 Grondwatermodel.....	44
4.1.2 Droogtemodel.....	46
4.2 Neerslag model	48
4.2.1 Uitleg model.....	48
4.2.2 Input model.....	48
4.2.3 Output model.....	50
4.2.4 Uitkomsten Sterrenkwartier-Hoog	51
4.2.5 Uitkomsten Sterrenkwartier-Centraal	52
4.2.6 Ruimtelijke plannen	53
4.3 Uitgangspunten.....	54
5. Variantenstudie.....	55
5.1 Probleemlocaties	55
5.1.1 Uitleg kaart.....	55
5.1.2 Kwetsbaarheden	55
5.1.3 Analyse overlastkaart.....	56
5.2 Strategie, Randvoorwaarde en Eisen.....	57
5.2.1 Strategie	57
5.2.2 Randvoorwaarden, Eisen en Wensen	57
5.3 Must do maatregelen.....	58
5.3.1 Aanleg open waterverbinding singel.	58
5.3.2 Herstellen doorstroming watergang Hydrapad	58
5.3.3 Verlagen onverhard gebied	59
5.3.4 Oppervlakkige afstroming.....	59
5.4 Varianten.....	60
5.4.1 Groenblauwe verbinding	60
5.4.2 Huidige situatie versmallen.....	62
5.4.3 Functiewijziging: Groen.....	63
5.4.4 Multicriteria Analyse (MCA).....	64
5.5 Aanvullende maatregelen: Building Blocks.....	65
5.5.1 Groenblauw Speelplein.....	65
5.5.5 Dak Sterrenhof.....	66
Vertraagde afvoer Garageboxen.....	66
5.5.3 Versterken centraal groengebied	67

5.5.3 Promoten watersensitieve maatregelen particulieren.....	67
5.5.4 Maatregelen corporatiewoningen.....	67
5.5.6 Inlichten eigenaren risicopanden.....	67
5.5.7 Groene omgeving stichting Beter leven.....	68
5.5.7 Zelfeigenaarschap groen.....	68
5.5.8 Toevoegen fontein	68
5.6 Toepassing	69
5.6.1 Voorkomen waterschade 79mm bui	69
5.6.2 Oplossen bergingstekort.....	71
Hoofdstuk 6 Onderzoeksresultaten	72
6.1 Antwoord deelvragen	72
6.2 Conclusie	75
6.3 Discussie en aanbevelingen	76
6.3.1 Discussie op onderzoekskwaliteit	76
6.3.2 Discussie op resultaten	76
6.3.3 Reflectie beroepsproduct	76
6.3.4 Aanbevelingen	77
Bibliografie	78
Bijlage 1 - Interview Maarten Venstra	85
Bijlage 2 Brainstormsessie peilbeheer	87
Bijlage 3 Kostenberekening.....	90
Bijlage 4 Gebiedsanalyse.....	93
Bijlage 5 – Historische analyse	158
Bijlage 6 – Modelstudie.....	169
Bijlage 7 - Variantenstudie	205
Bijlage 8 – Spreadsheet grondwatermodel.....	228
Bijlage 9 - Spreadsheet Droogtemodel	229
Bijlage 10 – Spreadsheet neerslagmodel Sterrenkwartier-Centraal	230
Bijlage 11 – Spreadsheet neerslagmodel Sterrenkwartier-Hoog.....	233

Tabel 1 Oppervlakteverdeling Sterrenkwartier	20
Tabel 2 Maaiveldhoogten Sterrenkwartier (AHN, s.d.).....	21
Tabel 3 nieuwe ruimtelijke verdeling fase 1 (Gemeente Nissewaard, 2019).....	24
Tabel 4 Ruimtelijke ontwikkelingen Spijkenisse (Kadaster, s.d.).	33
Tabel 5 Hoogste en laagste grondwaterstand per peilbuis (van Hout & van Trent, 2019).	40
Tabel 6 Onvolledige potentiële verdamping.....	47
Tabel 7 Basisstatistiek en tabel met onzekerheidsrange.....	48
Tabel 8 overstromingsnormen volgens de waterverordening (Provincie Zuid-Holland, 2009).	49

Hoofdstuk 1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de context, de aanleiding, de probleemstelling en de doelstelling van dit onderzoek.

1.1 Beleidscontext

De gevolgen van klimaatverandering worden steeds beter merkbaar. Het Nederlandse zachte gematigde klimaat is langzaam aan het verschuiven naar een klimaat waarin het warmer wordt en extremen vaker voorkomen. Dit brengt een wereldwijde maatschappelijke verandering met zich mee met als doel de leefomgeving voor te bereiden op de verwachte veranderingen. Het KNMI heeft verschillende klimaatveranderingsscenario's opgesteld waarin voorspeld wordt dat de hoeveelheid neerslag weliswaar gelijk blijft, maar de neerslagintensiteit zal toenemen (KNMI, 2014). Hiernaast is de verwachting dat droge perioden vaker zullen voorkomen en daarbij langer zullen duren.

1.1.1 Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie

Naar aanleiding van de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie moeten gemeenten een adaptatiestrategie opstellen over hoe het betreffende beheersgebied klimaatadaptief en waterrobuust kan worden ingericht. Het Deltaplan schrijft voor klimaatadaptatie uiterlijk voor 2020 opgenomen moet worden het beleid en handelen van de betrokken partijen (Rijkswaterstaat, 2014). Hierbij is de volgende werkwijze afgesproken. Eerst dienen alle betrokken partijen de klimaatbestendigheid en waterrobuustheid van hun eigen beheersgebied te analyseren. Dit wordt voornamelijk gedaan middels een stresstest waarbij de nadelige effecten van wateroverlast, hittestress, droogte en overstromingen wordt onderzocht. De resultaten van dit onderzoek worden vervolgens verwerkt in een adaptatiestrategie met concrete doelen zodat deze ambities uiteindelijk kunnen worden uitgevoerd (Rijkswaterstaat, 2014).

1.1.2 Regionale aanpak Voorne-Putten

Gemeente Nissewaard heeft in 2018 de klimaatstresstest laten uitvoeren en heeft hierdoor inzicht in gekregen in de klimaatgerichte uitdagingen binnen het beheersgebied. Gemeente Nissewaard heeft samen met de andere gemeente op Voorne-Putten een globale adaptatiestrategie opgesteld waarin richtlijnen stellen voor de toekomstige ontwikkeling van het gebied. Hierin staat onder andere het volgende aangegeven.

“Wij willen dat alle ruimtelijke ontwikkelingen in nieuw en bestaand gebied op het eiland een bijdrage leveren aan klimaatbestendige woon-, werk- en verblijfsmilieus op Voorne-Putten. Dit betekent dat wij specifieke kaders en randvoorwaarden gaan stellen aan ruimtelijke plannen (Samenwerking Voorne-Putten, 2018).”

Adaptatiestrategie Voorne-Putten

1.2 Aanleiding

Dit onderzoek is namens Arcadis uitgevoerd voor de gemeente Nissewaard. Hier volgt een korte beschrijving van beide organisaties

1.2.1 Gemeente Nissewaard

De gemeente Nissewaard zet de laatste jaren steeds meer in op duurzaamheid en klimaat. Naar aanleiding van het Deltaplan ruimtelijke adaptatie heeft de gemeente in 2018 een klimaatstresstest laten uitvoeren. Aan de hand van de uitkomsten van deze test wil de gemeente zijn beheersgebied klimaatadaptief gaan inrichten.

In het beheersgebied van de gemeente Nissewaard staan een aantal herstructureringsplannen op de agenda. Dit wil zegen dat de bestaande bebouwing wordt gesloopt zodat er plaats wordt gemaakt voor grootschalige nieuwbouw. Deze grootschalige plannen bieden een goed aanknopingspunt om de gebieden duurzaam en klimaatadaptief in te richten. In de huidige adaptatiestrategie zijn nog geen kaders of randvoorwaarden vastgesteld voor een klimaatadaptieve inrichting. Om deze reden zou de gemeente graag een onderzoek laten uitvoeren waarin een goed onderbouwd advies wordt gegeven hoe klimaatadaptiviteit geïmplementeerd kan worden in binnen de ruimtelijke ontwikkelingen.

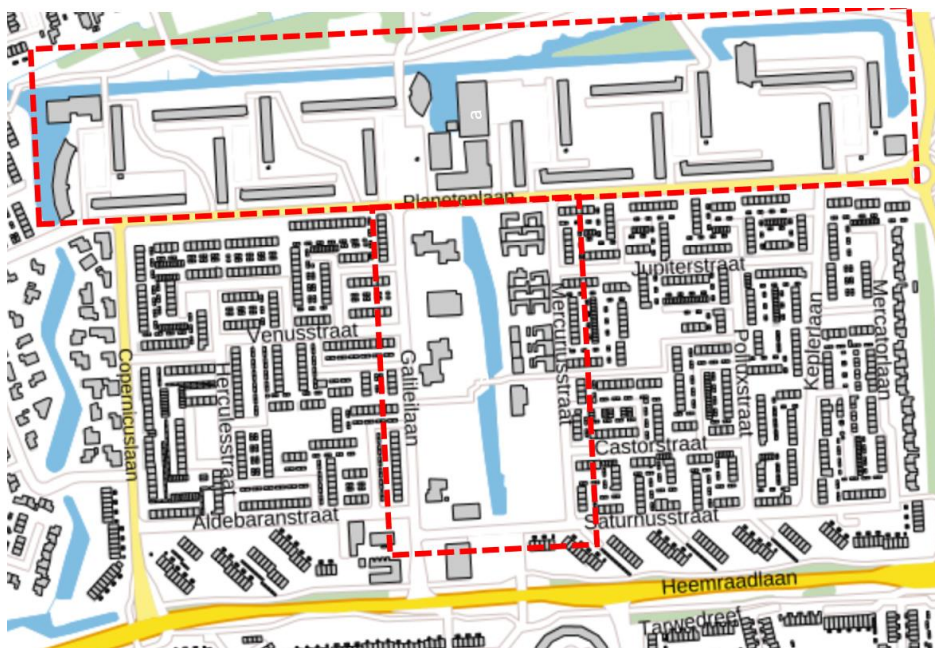
1.2.2 Arcadis

Arcadis is een ontwerp- en adviesbureau en een van de marktleiders is op het gebied van duurzame ontwikkeling en klimaatadaptief bouwen. Arcadis probeert continu in te spelen op de wensen van hun opdrachtgevers. Doordat de vraag van klimaatadaptief bouwen toeneemt proberen zij met hun opgedane kennis en ervaring zowel private als publieke organisaties zo doeltreffend mogelijk te adviseren.

Arcadis heeft de afgelopen jaren verschillende herbestravingswerkzaamheden voor de gemeente Nissewaard uitgevoerd. Hierbij vroeg Arcadis zich af of de deze werkzaamheden niet breder konden worde aangepakt. Hierbij zouden de herbestravingswerkzaamheden het aanknopingspunt zijn om het omliggende gebied klimaatadaptief in te richten. Omdat dit vanwege de korte termijn niet meer haalbaar was, is besloten om samen het vizier te richten op andere ruimtelijke ontwikkelingen binnen de gemeente.

1.2.3 Ruimtelijke Plannen

In Spijkenisse ligt de in de jaren '60 gebouwde wijk Sterrenkwartier. In deze wijk staan een tweetal herstructureringen op de agenda. De twee gebieden zijn aangegeven op onderstaande afbeelding.



Figuur 1 Plangebied Sterrenkwartier-Hoog en focusgebied Sterrenkwartier-Centraal (Kadaster, 2019)

Sterrenkwartier-Hoog

Het noordelijke gebied is de vernieuwing van Sterrenkwartier-Hoog. Op dit moment bestaat het gebied voornamelijk uit flatappartementen in beheer van wooncorporatie Maasdelta. De wooncorporatie heeft samen met gemeente Nissewaard plannen gemaakt om alle corporatiewoningen te slopen en een nieuw gevarieerd woongebied terug te bouwen.

Focusgebied Sterrenkwartier-Centraal

Het onderliggende gebied is focusgebied Sterrenkwartier-Centraal. Dit focusgebied is het centrale groengebied van de wijk en er bevindend zich verschillende maatschappelijke voorzieningen. Er liggen plannen om dit gebied in de nabije toekomst grotendeels te herinrichten. Hier zijn nog geen vergevorderde plannen voor.

De ruimtelijke ontwikkelingen bieden een goed handvat om andere knelpunten in de wijk aan te pakken. De gemeente heeft aangegeven dat er een aantal knelpunten zitten in het watersysteem van het Sterrenkwartier die zij graag opgelost zien worden.

Voornamelijk tijdens extreme weersomstandigheden, extreem natte en extreem droge perioden, ontstaan er op verschillende plekken problemen in het watersysteem. Met de verwachte verandering van het klimaat dreigen deze problemen toe te nemen. Deze problemen kunnen verholpen worden door adaptief bouwen te implementeren binnen de geplande gebiedsontwikkelingen.

1.3 Probleemstelling

Op dit moment vertoont het watersysteem in het Sterrenkwartier op meerdere punten problemen en is het met het oog op klimaatverandering niet toekomstbestendig. Gemeente Nissewaard wil weten op welke manier het watersysteem robuuster en klimaatadaptief kan worden ingericht. Dit betekent dat het systeem tegen een stootje moet kunnen zonder dat hier extra beheer(kosten) ingestoken hoeven worden. Voordat er verbeteringen kunnen worden doorgevoerd om het watersysteem toekomstbestendig te maken moeten de huidige knelpunten worden onderzocht. De belangrijkste huidige knelpunten zijn:

Slechte doorstroming oppervlaktewater

De secundaire watergangen in het gebied hebben geen gezonde doorstroming. Uit bevindingen van de gemeente blijkt dat na hevige buien overstortwater veel te lang blijft hangen in het gebied wat leidt tot een slechte waterkwaliteit en stankoverlast. Tijdens de droge zomer van 2018 ontstonden er problemen met vissterfte in de singel door zuurstofgebrek in het water. Hierdoor moest de gemeente de singel machinaal te beluchten om de vissen te redden. Aan de hand van deze situaties heeft de gemeente geconcludeerd dat de circulatie in het watersysteem onvoldoende is.

Hoge grondwaterstanden

Grote delen van het jaar heeft het plangebied te maken met hoge grondwaterstanden. Dit heeft op sommige plekken tot gevolg dat er water in de kruipruimtes van woningen komt te staan waardoor overlast wordt ervaren. Wateroverlast op particulier terrein is de verantwoordelijkheid van de eigenaar, maar omdat de overlast door meerdere mensen wordt ervaren kan worden onderzocht of het grondwaterprobleem op grote schaal kan worden aangepakt. In de buitenruimte zorgen hoge grondwaterstanden voor drassige grasmatten en speelvoorzieningen.

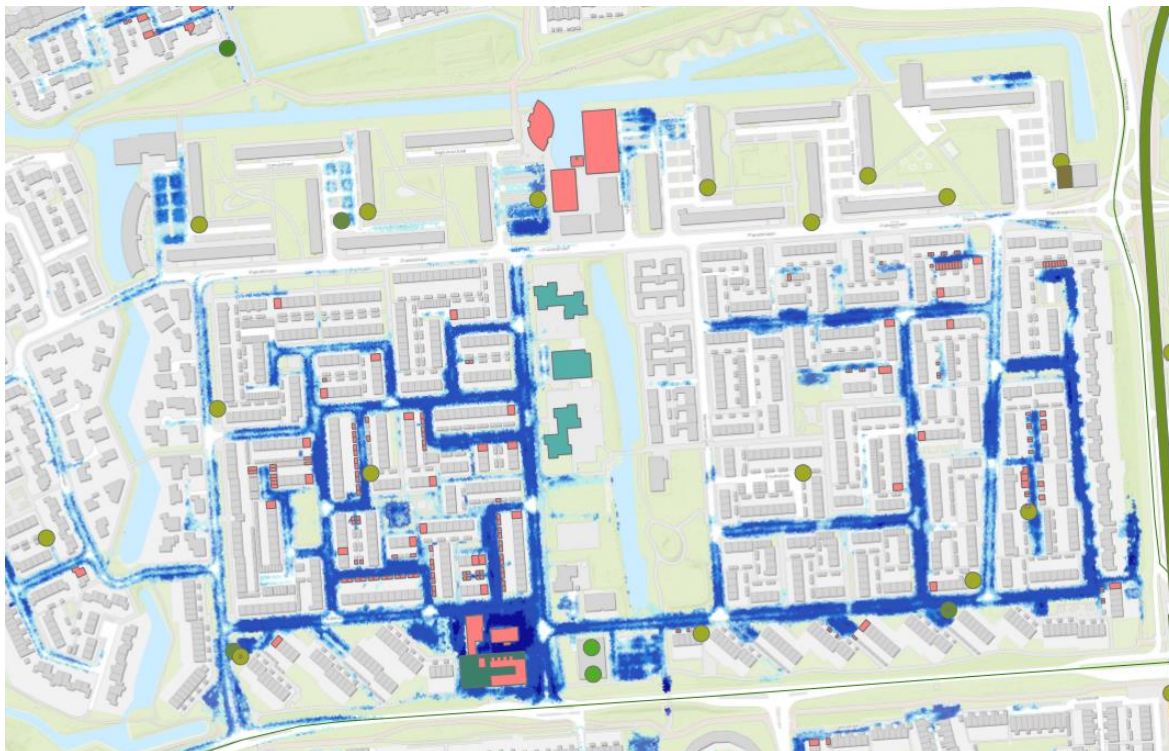
Wateroverlast tijdens hevige neerslag

In tijden van hevige neerslag blijkt dat de riolering de grote hoeveelheid water niet kan verwerken waardoor vuilwater wordt overgestort op de singel. Dit gebeurt nu ongeveer eens in het jaar tot twee keer in het jaar. Volgens het Gemeentelijk Rioleringsplan (2017) van de gemeente Nissewaard is de huidige norm van het rioleringsstelsel dat eens in de twee jaar water op straat staat.

Toekomstige knelpunten

Door klimaatverandering zal de neerslag intensiteit toenemen waardoor de kans op extreme buien toeneemt. Ook zullen extreme droogten vaker voorkomen en langer aanhouden. Deze veranderingen hebben gevolgen op het waterbeheer.

Uit de hemelwaterstresstest is gebleken dat er flinke wateroverlast en schade ontstaat bij de maatgevende bui van 79mm in één uur. Op de volgende afbeelding zijn de effecten hiervan te zien. In deze scriptie worden de problemen nader onderzocht.



Figuur 2 Hemelwaterstresstest (Nissewaard, Hemelwaterstresstest, 2018)

1.4 Doelstelling

De doelstelling van gemeente Nissewaard is om een robuust en veerkrachtig watersysteem te realiseren welke bestand is tegen de nadelige effecten van de verwachte klimaatsverandering. De huidige knelpunten worden opgelost, het systeem is beter bestand tegen extreme omstandigheden en is onderhoudsvriendelijk. De maatregelen die worden toegepast dienen zo veel mogelijk van integrale aard zijn zodat het oplossen van de waterproblemen bij kan dragen aan het algeheel verbeteren van de leefomgeving.

Omdat dit onderzoek zich zal afspelen van de initiatiefase tot de ontwerpfase van het ontwikkelingsproject, zal de uitkomst van het afstudeeronderzoek moeten leiden tot een uitgebreid advies over de te nemen ingrepen voor het realiseren van een veerkrachtig watersysteem. Om deze doelstelling te behalen zal:

1. Een gebiedsanalyse moeten worden uitgevoerd waarin de huidige problematiek, kansen en knelpunten worden uitgewerkt.
2. Een modelstudie worden gedaan waarin de huidige en toekomstige problemen verder worden onderzocht.
3. Een variantenstudie worden uitgevoerd met als doel invulling te geven aan de huidige én toekomstige problematiek.

Eindresultaat

Gemeente Nissewaard wil het advies gebruiken ter ondersteuning van de besluitvorming over de ruimtelijke inrichting van het plangebied. Een belangrijk aspect van besluitvorming is het maken van afwegingen en vaak moeten er compromissen worden gesloten. De hoge mate van onzekerheid in de toekomstige ruimtelijke indeling maakt dat een flexibel advies veel doeltreffender kan zijn dan een traditioneel ruimtelijk plan. Het eindproduct zal functioneren mogelijke maatregelenkaart waarop: Effectiviteit, aanlegkosten, toepasbaarheid en beheer & onderhoud. Deze menukaart zal ook dienen als het uiteindelijke **beroepsproduct** voor de opdrachtgever.

Om te zorgen dat de watergerichte belangen van de gemeente zo goed mogelijk behartigd kunnen worden, moet de gemeente er voor zorgen dat maatregelen om het watersysteem robuuster te maken worden opgenomen in de ruimtelijke plannen van de projectontwikkelaars. Met een maatregelenkaart als breed inzetbaar instrument heeft de gemeente een sterkere positie in het verbeteren en onderhouden van een sterk watersysteem.

1.5 Hoofd- en deelvragen

Aan de hand van de probleemstelling en doelstelling is hoofdvraag van dit onderzoek als volgt geformuleerd:

“Welke integrale ingrepen kunnen het beste voor het Sterrenkwartier worden genomen om een veerkrachtig watersysteem te realiseren en meerwaarde te geven aan het gebied?”

Om antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag zal deze moeten worden onderverdeeld in behapbare deelvragen. De deelvragen zijn afgeleid vanuit het conceptueel model. In het conceptueel model zijn bepaalde factoren aangegeven als ‘hypothese’. Door deze hypothesen te onderzoeken kan worden geconcludeerd of deze bijdragen aan de probleemstelling. Door antwoord te verkrijgen op deelvragen kan de hoofdvraag worden beantwoord.

Hierbij zijn de volgende deelvragen opgesteld:

- Wat is de huidige inrichting van het plangebied en wat zijn de kansen en knelpunten?
- Welke plannen en doelstellingen zijn er voor het plangebied?
- Welke grondwaterproblematiek speelt er in het plangebied?
- Hoe groot is het bergingstekort tijdens een bui van 79mm in één uur?
- Hoe groot is de watervraag van de groen/blauwe buitenruimte tijdens extreme droogte?
- Welke maatregelen kunnen het beste worden toegepast om een robuust watersysteem te realiseren?
- Waar kunnen de verschillende maatregelen het beste worden ingepast?

Hoofdstuk 2 Methodiek

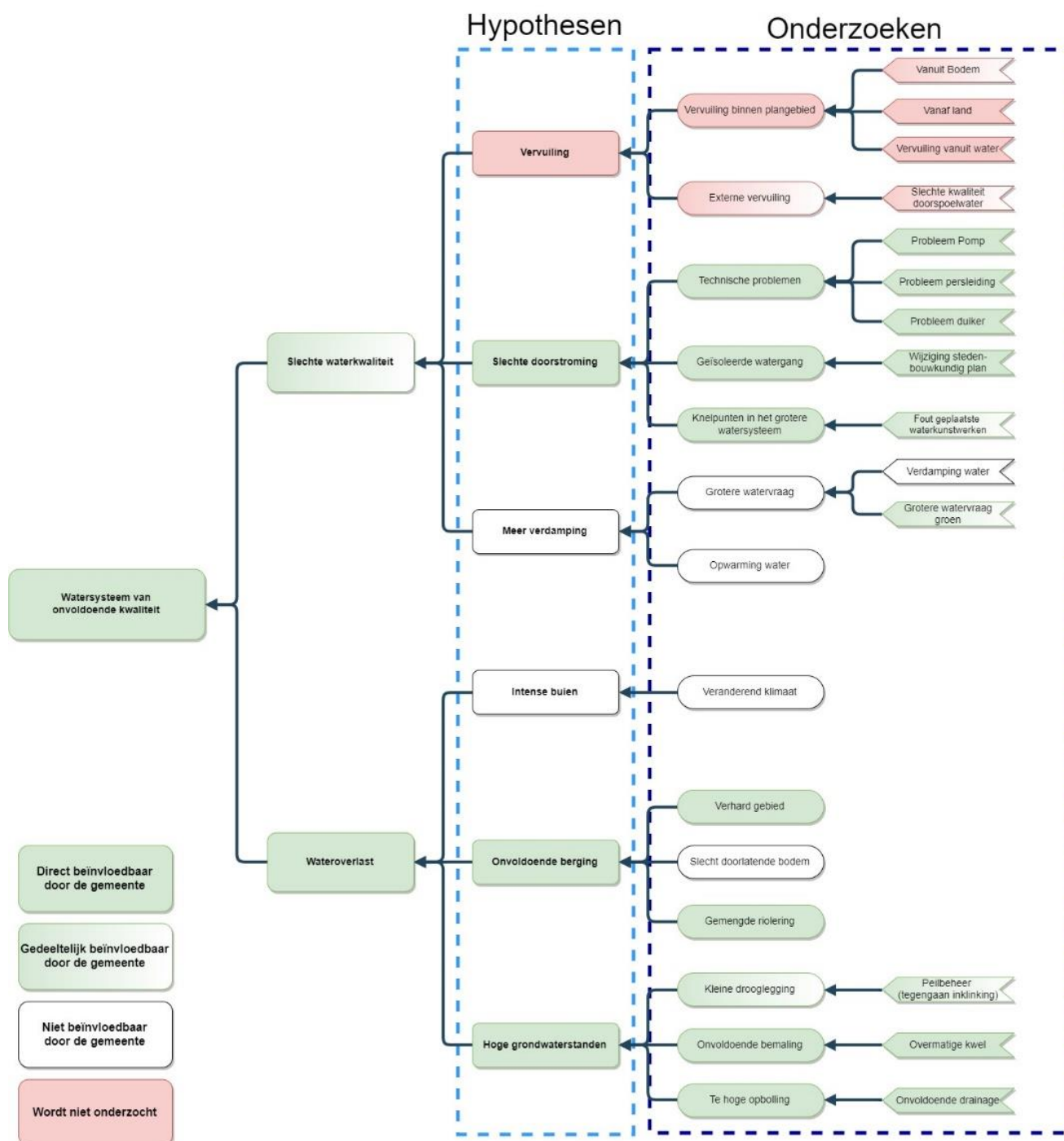
In dit hoofdstuk worden de toegepaste onderzoeksmethoden beschreven. De onderzoeksmethoden helpen de hoofd- en deelvragen te beantwoorden.

2.1 Conceptueel model

Aan de hand van de probleemstelling is een conceptueel model opgesteld in de vorm van een probleemboom. Hierin worden oorzaak-gevolg verbanden gelegd tussen het hoofdprobleem en de achterliggende oorzaken.

Om deze problemen op te lossen zijn de verschillende oorzaken ofwel de hypothesen genoemd. In het conceptueel model staan enkele bekende oorzaken en mogelijke oorzaken waar aanvullend onderzoek naar gedaan moet worden. Hierin is gesteld dat de slechte doorstroming leidt tot een slechte waterkwaliteit en zijn zowel de hemel- als grondwateroverlast onder het probleem wateroverlast gezet.

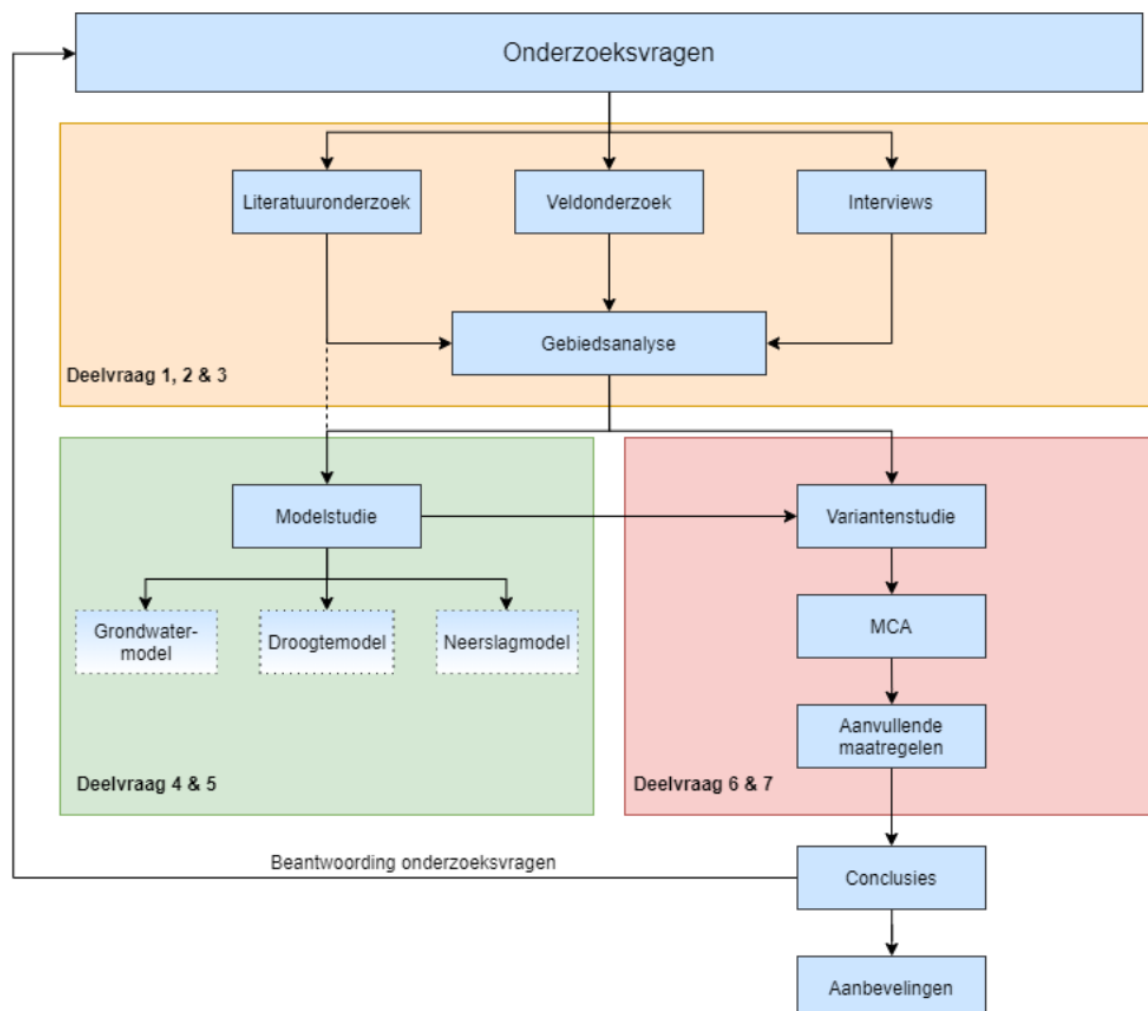
In het groen aangegeven welke factoren de gemeente direct invloed kan uitoefenen. Deze mogelijke oorzaken worden in de deelvragen onderzocht om zo uiteindelijk de hoofdvraag te beantwoorden. Er is geen verdiepend onderzoek gedaan naar de vervuiling.



Figuur 3 Probleemboom onderzoek

2.2 Onderzoeksmethoden

Om de oorzaak-gevolg relaties uit het conceptueel model gestructureerd te onderzoeken zijn verschillende onderzoeksmethoden toegepast. Deze onderzoeksmethoden zijn in drie verschillende producten geclusterd: De gebiedsanalyse, De modelstudie en de variantenstudie. In onderstaande afbeelding staan de onderzoeksmethoden schematisch weergegeven.



Figuur 4 Schematische onderzoeksopzet

2.2.1 Gebiedsanalyse: Literatuuronderzoek, veldonderzoek en interviews met experts

De gebiedsanalyse is uitgevoerd om antwoord te krijgen op deelvraag 1, 2 en 3. De gebiedsanalyse is hiermee een verdieping op de context, de aanleiding en de probleemstelling van het onderzoek. De toegepaste onderzoeksmethoden in de gebiedsanalyse zijn kwalitatief van aard. Het onderzoek begint met het in kaart brengen van huidige situatie en hoe het gebied zich verhoudt ten opzichte van het omliggende gebied. Dit is gedaan door een watersysteemanalyse, een stakeholderanalyse en een ruimtelijke analyse uit te voeren.

De voornaamste onderzoeksmethode in dit hoofdstuk is literatuuronderzoek. De geraadpleegde literatuur is deels door gemeente Nissewaard aangeleverd waarna dit aangevuld is met de beschikbare literatuur op het internet.

De onderzoeksmethode veldonderzoek enerzijds ingezet om door middel van observatie meer te weten te komen over het plangebied en anderzijds om nader onderzoek te doen naar bevindingen uit het literatuuronderzoek. Er is op vier verschillende momenten onder verschillende omstandigheden een observatieonderzoek gedaan in het gebied. In twee gevallen van het veldonderzoek is een aanzienlijk groter gebied dan het plangebied onderzocht om de werking en samenhang van het watersysteem te onderzoeken.

Voor alle ontbrekende kennis zijn experts geraadpleegd door middel van interviews. Deze interviews waren ongestructureerd en hadden over het algemeen een exploratief karakter. Aan de hand van een topiclijst vragen werden gesteld over de ontbrekende kennis of opvallende bevindingen. Door gebruik te maken van een topiclijst kon de grootste hoeveelheid kennis worden verkregen van de experts.

2.2.2 Modelstudie

In de modelstudie zijn de huidige en toekomstige problemen kwantitatief in kaart gebracht. Hiermee worden deelvraag 4 en 5 onderzocht. De input van deze modellen volgt uit de gebiedsanalyse.

In het grondwatermodel is onderzocht welke drainafstand benodigd is om de grondwaterproblematiek in het plangebied aan te pakken. Dit is gedaan door de formule van Hooghoudt en het nomogram van Bouwmans te gebruiken. De input komt de gebiedsanalyse en het Cultuurtechnisch Vademecum (Cultuurtechnische vereniging, 1988).

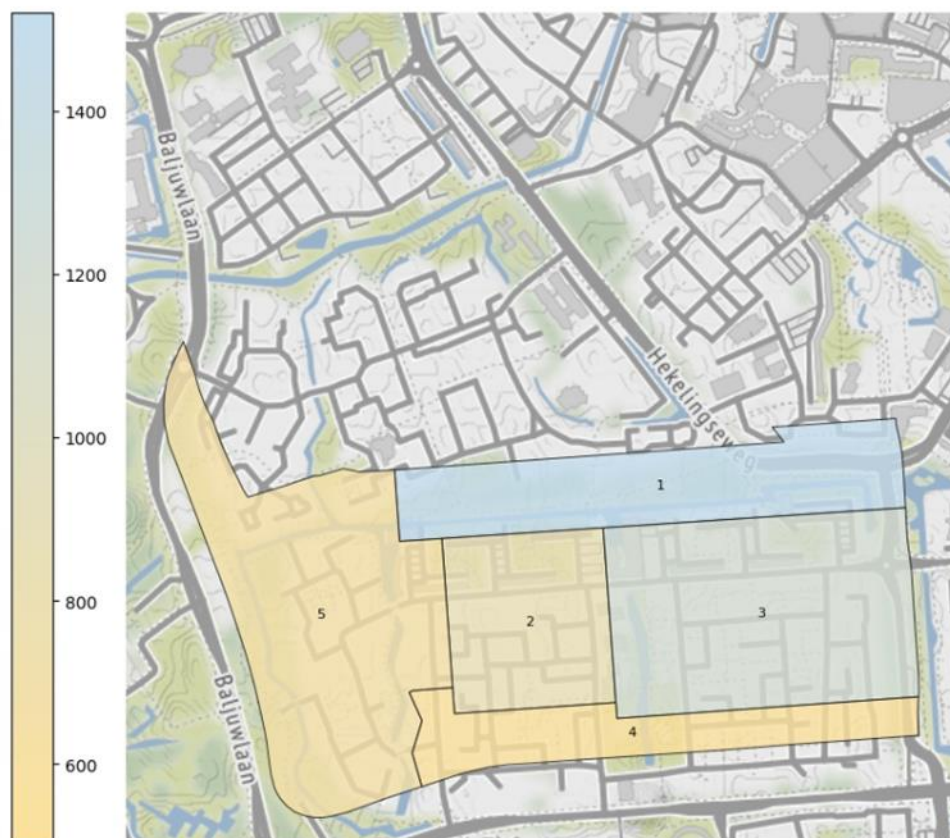
In het droogtemodel wordt berekend hoe groot de potentiële verdamping en de watervraag is tijdens een extreme droogte. In het neerslagmodel wordt aan de hand van de berekende oppervlakten een waterbalans gemaakt die het bergingstekort berekend per deelgebied. Na het plangebied gemodelleerd te hebben konden verschillende casestudies worden gedaan om de toekomstige problematiek in kaart te brengen. Voor het verkrijgen van enkele variabelen is aanvullende literatuur geraadpleegd.

2.2.3 Variantenstudie, vergelijkend onderzoek

In de variantenstudie worden deelvraag 6 en 7 onderzocht. Aan de hand van de gebiedsanalyse en modelstudie zijn randvoorwaarden en eisen opgesteld waaraan de inrichting van het gebied moet voldoen om de huidige en toekomstige problemen op te lossen.

Deze eisen zijn verwerkt in drie verschillende ontwerpvarianten voor de nieuwe inrichting van het plangebied. Deze varianten zijn met de onderzoeksmethode vergelijkend onderzoek aan elkaar getoetst middels een multicriteria-analyse (MCA). Deze multicriteria-analyse is deels kwalitatief en deels kwantitatief, omdat kwalitatieve eisen aan elkaar worden gescoord door hier een kwantitatieve waarde aan te geven. Door wegingscriteria te geven aan de scores wegen sommige waarden zwaarder dan andere. Hierbij hebben de criteria die het meest bijdragen aan het verhelpen van de problemen de zwaarste weging gekregen.

Hierna is een studie gedaan naar aanvullende maatregelen om de resterende problematiek op te lossen. Aan de hand van de hemelwaterstresstest zijn de meest kwetsbare locaties voor wateroverlast vastgesteld. In de laatste paragraaf worden de effecten van de maatregelen onderzocht.



Figuur 6 Verdeling buurten. Let op! De kaart is verschoven ten opzichte van de ondergrond (AlleCijfers.nl, 2019).

3.1.3 Afbakening gebied



Figuur 7 Afbakening plangebied

3.1.4 Oppervlakteverdeling plangebied

Tabel 1 Oppervlakteverdeling Sterrenkwartier

Totale oppervlakten plangebied				
Reservoir		Waterstroom	Waarde	Eenheid
Verhard	Totaaloppervlak	Oppervlak	528325	m²
	Gebouwen	Totaal	105683	m²
		Oppervlak schuin dak	56348	m²
		Oppervlak plat dak	49335	m²
	Particuliere gronden	Totaal particulier	54579,6	m²
		Verhard oppervlak rijtjeswoning (75%)	46263	m²
		Verhard oppervlak vrijstaande woning (50%)	4776	m²
		Verhard oppervlak overig particulier (90%)	3540,6	m²
	Publieke ruimte	Verhard oppervlak	172092	m²
	Onverhard	Particuliere gronden	Totaal particulier	55743,4
Onverhard oppervlak rijtjeswoning (25%)			46263	m²
Onverhard oppervlak vrijstaande woning (50%)			9087	m²
Onverhard oppervlak overige bebouwing (10%)			393,4	m²
Publieke ruimte		Onverhard oppervlak	106867	m²
		Berging	10	mm
Water	Oppervlaktewater	Oppervlak	33360	m²
		Lenkte watergangen	1981	m

3.1.2 Bodem

Eigenschappen

- De bodem bestaat uit veen met een toplaag van (siltige) klei. (DINOloket, s.d.).
- Doorlatendheid: Tussen 0,001 en 0,01 m/dag (Biron, 2004).
- De maaiveldhoogte varieert tussen de -1,30m en -1,80m NAP.
- De onverharde groengebieden liggen hoger in het maaiveld dan omringende verharding. Hierdoor kan overtollig hemelwater niet afstromen en blijft het op straat staan.

Tabel 2 Maaiveldhoogten Sterrenkwartier (AHN, s.d.)

Gebied	Ruimte	Hoogte
Sterrenkwartier-Noord	Groene buitenruimte	- 1,30 - -1,40m NAP
	Wegen & parkeerplaatsen	- 1,55 - -1,65m NAP
Sterrenkwartier centraal	Woonwijk West	- 1,70 - -1,80m NAP
	Park Sterrenkwartier	- 1,60 - -1,70m NAP
	Woonwijk Oost	- 1,70 - -1,80m NAP
Watergangen	Bodemhoogte hoofdwatgang	- 3,85m NAP
	Bodemhoogte singel	- 3,80m NAP

Bodeminfrastructuur

- Door de aanwezigheid van een hoogspanningsstation in het zuiden van het plangebied zijn er veel hoogspanningskabels (25kv) aanwezig in de ondergrond.
- Het riool is een verbeterd gemengd stelsel. Volgens het gemeentelijk rioleringsplan mag eens per 2 jaar water op straat staan (Gemeente Nissewaard, 2016).
- De riolering wordt in de periode 2030-2045 vervangen voor een gescheiden stelsel (Gemeente Nissewaard, 2016)

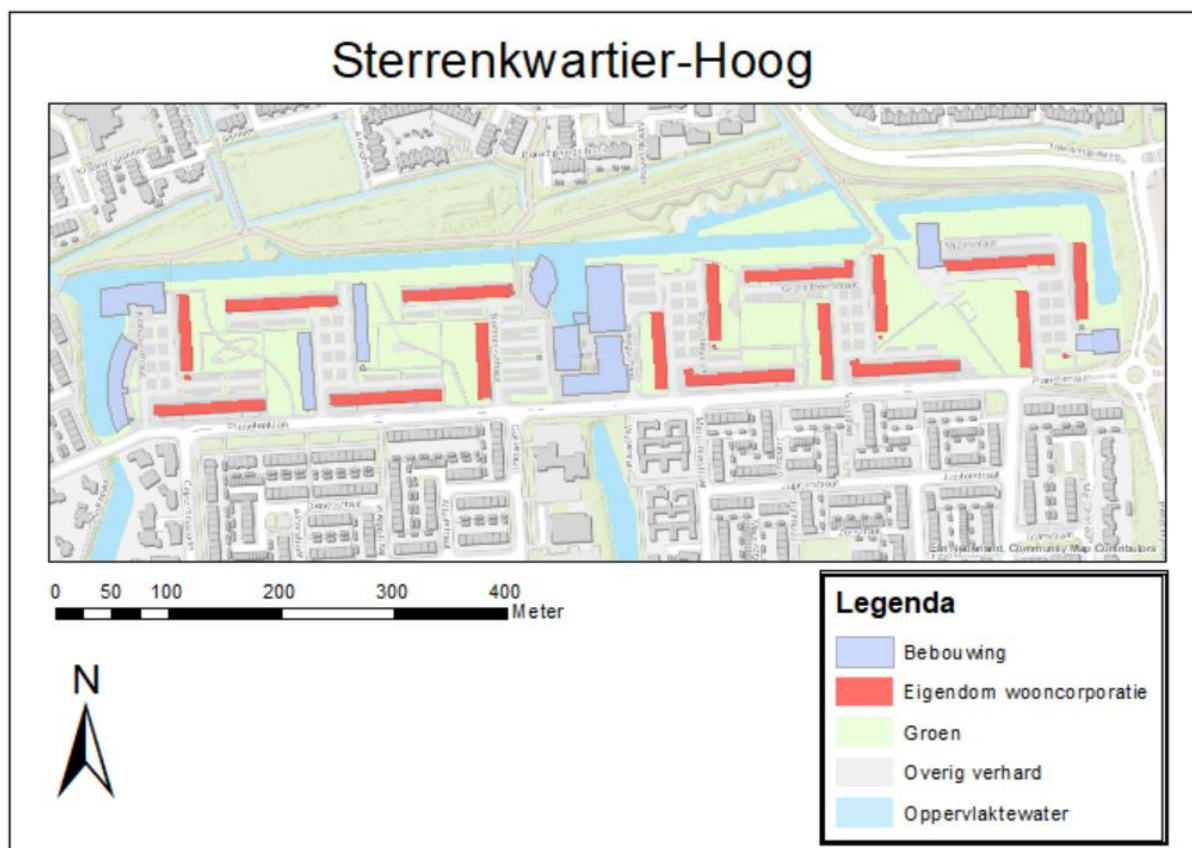
Archeologie

- Het plangebied heeft een hoge tot zeer hoge archeologische waarde (Gemeente Spijkenisse, 2009)
- Het aantreffen van archeologische waarden kan invloed hebben bouwplannen.

3.1.3 Focusgebieden

Sterrenkwartier-Hoog

Sterrenkwartier-Hoog is meest noordelijke gelegen deel van de wijk. Alle woningen in dit gebied zijn gestapeld waarvan wooncorporatie Maasdelta een zeer groot deel beheert. Centraal in Sterrenkwartier-Hoog bevindt zich het buurtwinkelcentrum 'het Sterrenhof'. Het wordt aan de oost-, west- en noordzijde door water begrensd en aan de zuidzijde door een belangrijke ontsluitingsweg voor de wijk, de Planetenlaan. Door de gestapelde woningbouw heeft het gebied een redelijk open karakter met veel openbare ruimte.

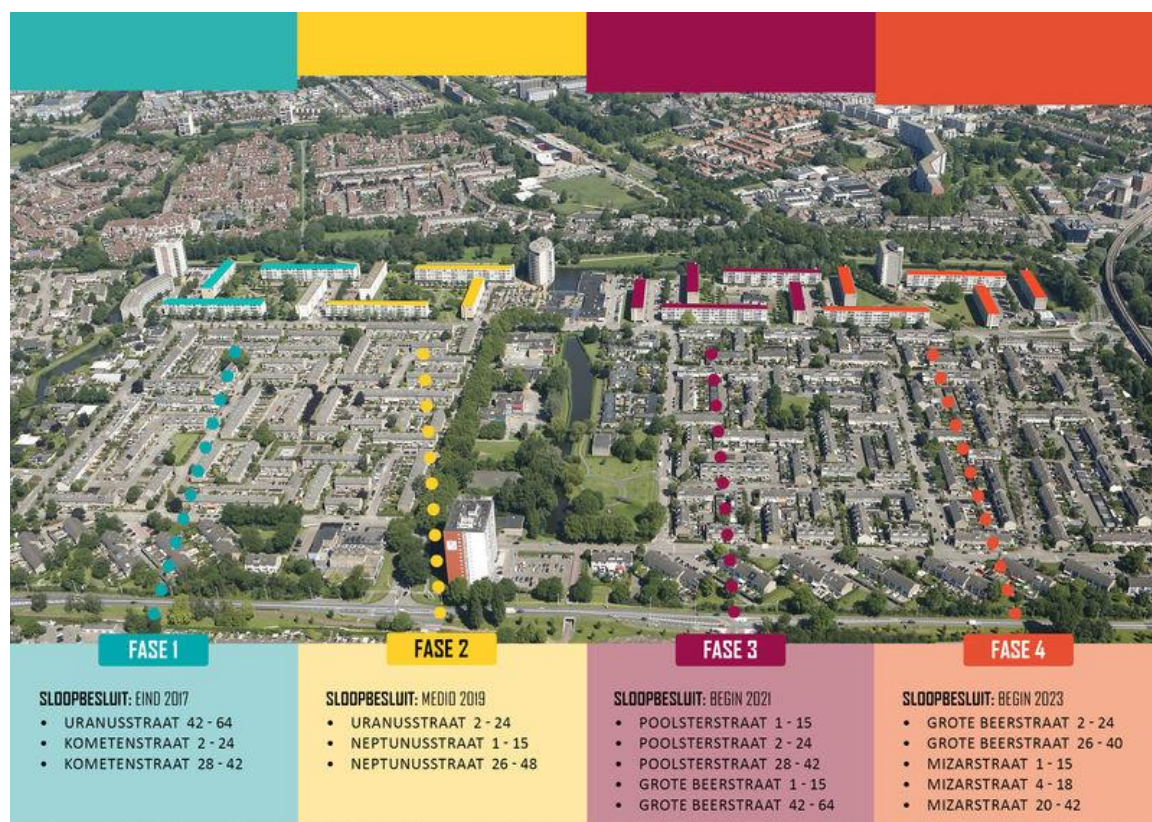


Figuur 8 Kaart Sterrenkwartier-Hoog.

Ruimtelijke plannen

Ondertussen 50 jaar na het aanleggen van de wijk blijkt dat veel van de woningen verouderd zijn en niet meer aan de kwaliteitseisen van de 21^e eeuw voldoen. Hierdoor is een homogene bevolkingssamenstelling van sociaaleconomisch kwetsbare mensen ontstaan (Maasdelta, 2018). Om de wijk nieuw leven in te blazen hebben de gemeente en Maasdelta besloten bijna heel Sterrenkwartier-Hoog te slopen en te herinrichten. Hierbij zullen 688 verouderde flatwoningen plaatsmaken voor circa 425 nieuwbouwwoningen (Rijnmond, 2017). Het doel is om een veelzijdig woongebied te realiseren, door een gevarieerd woningaanbod aan te bouwen.

Het gebied wordt in 4 fases geherstructureerd. De gemeente en wooncorporatie hebben een mantelovereenkomst, maar sluiten per fase een nieuwe overeenkomst. Maasdelta is hierbij verantwoordelijk voor de woningbouw en de gemeente voor de publieke buitenruimte. De nieuwbouw zal gasloos en energieneutraal worden opgeleverd.



Figuur 9 Vernieuwing Sterrenkwartier-Hoog (Maasdelta, s.d.)



Figuur 10 Ontwikkeling fase 1: Stella Nova (ABB Bouwgroep, s.d.)

Eind augustus 2019 is begonnen met de sloop van fase 1. De nieuwbouw zal op basis van de huidige structuren worden gerealiseerd, maar ook zullen aanzienlijke delen van de openbare groene ruimte worden volgebouwd. Deze toename aan verharding zal voor 10% gecompenseerd moeten worden met oppervlaktewater. In onderstaande tabel is de nieuwe ruimtelijke verdeling beschreven.

Tabel 3 nieuwe ruimtelijke verdeling fase 1 (Gemeente Nissewaard, 2019)

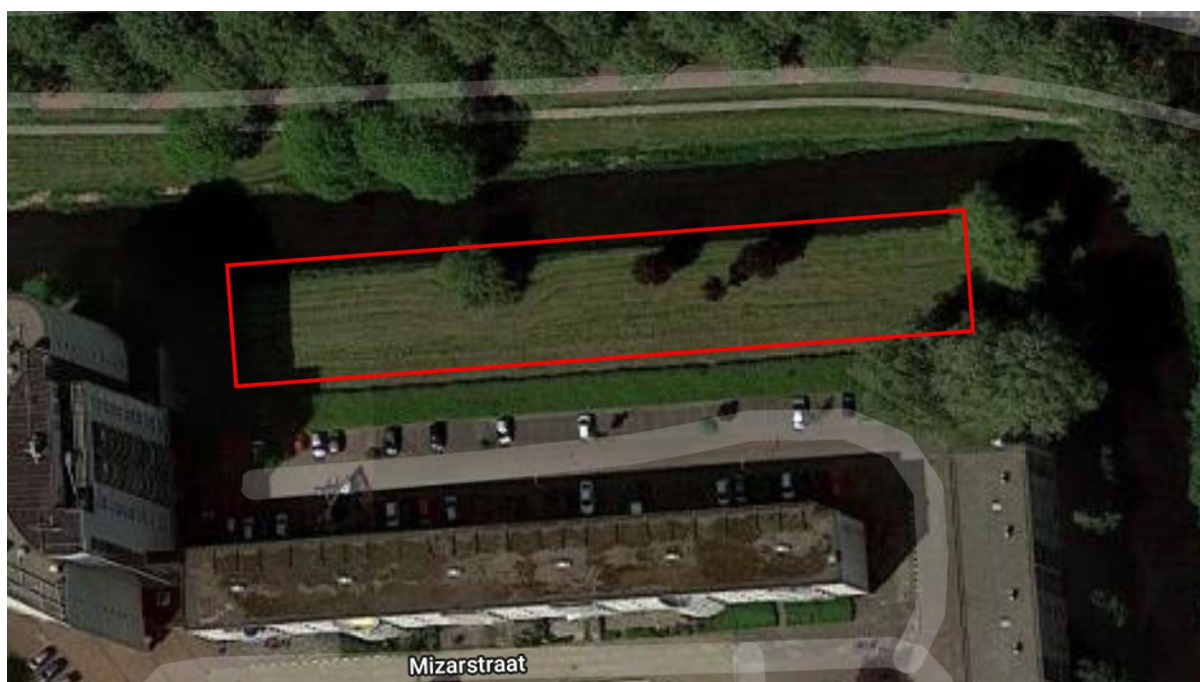
	Bestaande situatie (m ²)	Toekomstige situatie (m ²)
Water (geen verharding)	0	0
Groen (geen verharding)	7.297	2.527
Dakoppervlak	2.688	3.944
Overige verharding	4.571	3.893
Parkeergelegenheid/oprit/vastgereden klei	1.362	1.486
Tuin (= halfverhard 50%)	0	4.067
Totaal oppervlak	15.918	15.918
Waarvan verhard	8.621	11.357

In de nieuwe wijk zal een gescheiden rioleringsstelsel worden aangelegd met aanvullende drainage. Deze drainage zal in direct contact komen te staan met het oppervlaktewater zodat zowel in natte perioden als in droge perioden het grondwaterpeil op goed niveau blijft.

Compensatie oppervlaktewater

De toename aan verhard oppervlak is in fase 1 al 2.736 m². Als er bij de volgende 3 fasen net zo veel bebouwing bij komt als in de eerste fase moet er in totaal 1105,2 m² extra oppervlaktewater worden gegraven. Uit een gesprek met de senior beheerder van de gemeente blijkt dat deze watercompensatie in het meest noordoostelijke puntje van Sterrenkwartier-Hoog, ter hoogte van de Mizarstraat, op de planning staat. De watergang op deze plek is al 10 meter breed en een groot deel van de aangrenzende groene ruimte zou op deze manier verdwijnen. Het risico hiervan is dat er een brede 'karakterloze' waterpartij ontstaat welke geen bijdrage levert aan de uitstraling van de wijk.

Zo kan er ook worden gekeken of de watercompensatie kan worden meegenomen in het stedenbouwkundig ontwerp van de bouwfasen. Als dit op de juiste manier gebeurt, kan er veel meer ruimtelijke waarde worden gecreëerd en aan de watercompensatie worden voldaan. Hiernaast blijft de ruimte ten hoogte van de Mizarstraat intact of kan de ruimte gebruikt worden als vervangende ontwikkellocatie voor woningen aan het water.

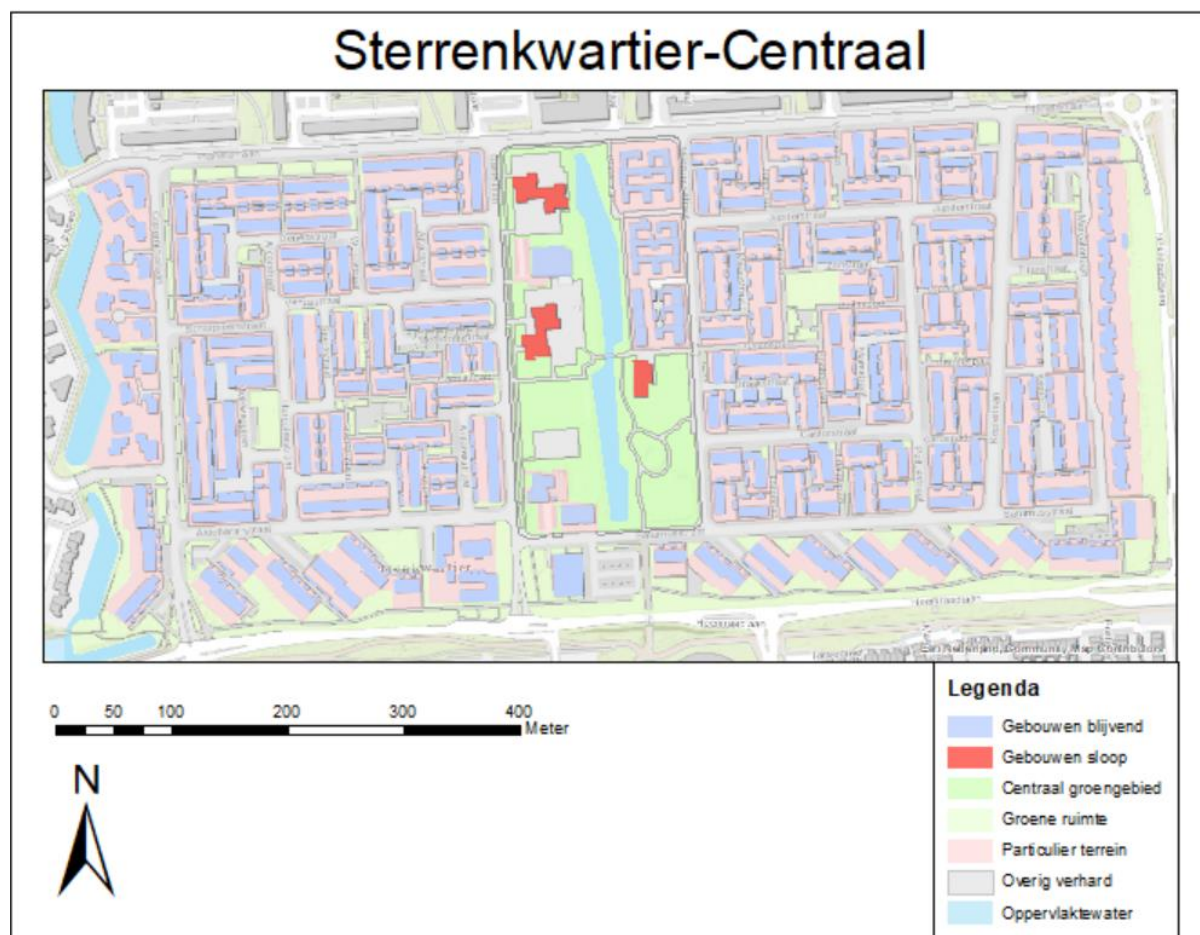


Figuur 11 Indicatie van de watercompensatie Mizarstraat (Google, s.d.).

Sterrenkwartier-Centraal

Ten zuiden van de Planetenlaan ligt Sterrenkwartier-Centraal. Dit gebied wordt aan de westzijde begrensd door een watergang, aan de oostzijde door de Hekelingseweg en aan de zuidzijde door de Heemraadlaan. In dit onderzoek zijn de officiële buurten Sterrenkwartier Oost, Midden en Zuid samengevoegd tot één nieuw deelgebied gebied genaamd Sterrenkwartier-Centraal. Dit is besloten omdat deze buurten ruimtelijk erg overeen komen en een samenhang hebben om het centrale groengebied. Het totale gebied is ongeveer 39 hectare groot waarvan 1,3 hectare water.

In het midden van dit gebied bevindt zich het focusgebied binnen dit onderzoek. Het focusgebied is een openbare groenzone met een singel en verschillende maatschappelijke functies. Het parkachtige gebied met zijn hoge rij platanen aan de westzijde vormen een belangrijk aanzicht binnen de wijk. Op de westelijke oever bevindt zich een voorzieningenstrook met: 2 basisschoolgebouwen, 2 sportvelden, een fitnesszaal, een fysio en een koninkrijkszaal voor Jehova's getuigen. Op de oostelijke oever bevinden zich 18 bungalowwoningen, een gymzaal voor de basisscholen en een speeltuin. Het gebied wordt door heel de wijk gebruikt om kortstondig te ontspannen. Het meest zuidoostelijke punt van het gebied grenst aan metrostation Heemraadlaan.

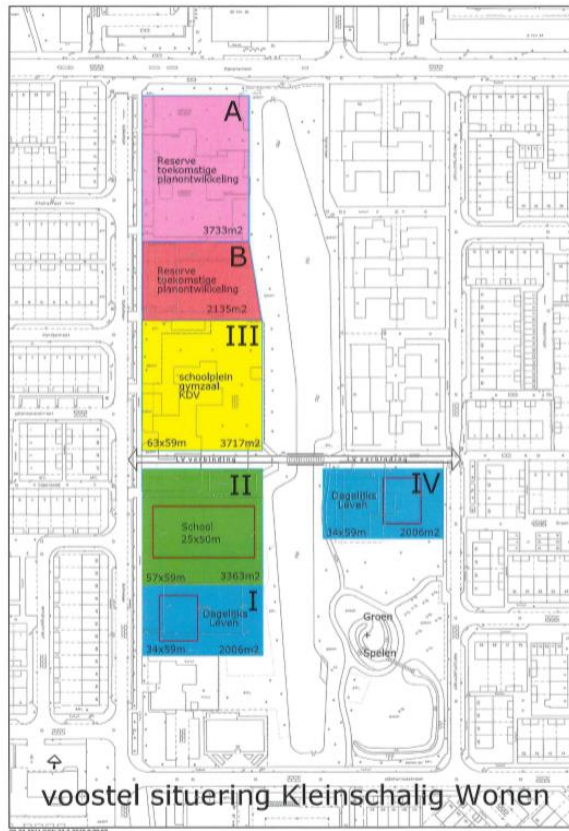


Figuur 12 Sterrenkwartier-Centraal met in het midden het focusgebied.

Ruimtelijke plannen

Het focusgebied gaat op relatief korte termijn op de schop. Hierbij wordt bijna de gehele voorzieningenstrook op de westelijke oever (Galileilaan) heringericht, waarbij alle huidige

voorzieningen worden gesloopt op het fitnesscentrum na. De gemeente was ooit beheerder van de gehele voorzieningsstrook, maar ooi een deel van de grond te verkopen aan het fitnesscentrum. Ook zullen de fysiotherapeut en de koninkrijkszaal ongewijzigd blijven. In onderstaande figuur is de geplande nieuwe indeling van de voorziening strook te zien. Bij de afbeelding hoort de volgende toelichting:



Figuur 13 Voorstel verkaveling voorzieningenstrook Galileilaan (Nissewaard, Voorstel situering Kleinschalig wonen, 2019)

Een risico van deze ontwikkelingen is dat het groengebied nog verder zal ingeperkt worden door mogelijke woningbouw op kavel A en B. Hierdoor neemt de groene waarde van het gebied af neemt de verharding toe. Omdat het groengebied de centrale groenvoorziening is voor heel de wijk en er veel openbaar groen verdwijnt in Sterrenkwartier-Hoog zou dit betekenen zou dit betekenen dat de bewoners weinig plekken meer zullen hebben om te ontspannen.

Overige ruimtelijke ontwikkeling

- Graafwerkzaamheden door het aanleggen van glasvezelkabels
- Nadat de werkzaamheden rondom Sterrenkwartier-Hoog zijn afgerond zal de Planetenlaan worden vervangen.

3.1.4 SWOT-analyse ruimtelijk

SWOT Ruimtelijke analyse	
Strong	• Duidelijk gedefinieerde ontwikkellocaties. • De huidige gebiedsontwikkeling (Stella Nova) is toekomstbestendig en klimaatadaptief gepland.
Opportunity	• Beide plangebieden worden grotendeels gesloopt. Dit biedt kansen voor herontwikkeling • Het nieuwe speelplein kan worden ingezet om de waterhuishouding te verbeteren.
Weak	• Particulier bezit in de plangebieden. • Een slecht doorlatende bodem • De groenvoorzieningen liggen hoger dan de omliggende verharding.
Threat	• Hoge dichtheid van kabels en leidingen door het hoogspanningsstation. • Sommige plannen en afspraken in Sterrenkwartier-Hoog zijn in een ver gevorderd stadium. • De geplande compensatie van het oppervlakte water wordt buiten het (stedenbouwkundig) plan gelaten • Het aantreffen van hoogwaardige archeologische objecten kan bouwplannen wijzigen • Door mogelijke woningbouw dreigt het groengebied in Sterrenkwartier-Centraal verder ingeperkt te worden.

Figuur 14 SWOT-Ruimtelijk

3.2 Stakeholders

3.2.1 Betrokken partijen

Gemeente Nissewaard

Betrokkenheid

De gemeente is als opdrachtgever en algemeen beheerder van de buitenruimte verantwoordelijk voor de inrichting en het beheer en onderhoud van de publieke ruimte, secundaire watergangen en de riolering.

WSHD

Waterschap Hollandse Delta draagt zorg voor de algehele waterveiligheid, aanvoer van voldoende schoon water en de zuivering van afvalwater. Hollandse Delta beheert de hoofdwaterlopen in het plangebied en is verantwoordelijk voor een het organiseren en realiseren van goed waterbeheer. Wanneer de ruimtelijke ontwikkelingen nadelige gevolgen hebben voor het watersysteem zal het waterschap om compenserende maatregelen vragen middels het watertoetsproces. In de missie van Hollandse delta staat verder nog vermeld dat zij zich richt op veilig en duurzaam wonen en zet zich in ten dienste van de omgeving (Waterschap Hollandse Delta, 2015). Dit maakt Hollandse een goede partner om te betrekken bij het klimaatadaptief inrichten van het gebied.

Maasdelta

Betrokkenheid

Maasdelta is de betrokken wooncorporatie in het plangebied. In samenwerking met gemeente Nissewaard maken ontwikkelen zij het de herstructurering van Sterrenkwartier-Hoog. De nieuw gerealiseerde huurwoningen zullen door Maasdelta worden beheerd.

Stedin

Stedin is de netbeheerder in het plangebied en beheert het hoogspanningstation aan de Heemraadlaan. Stedin zou tijdens de ruimtelijke ontwikkelingen in het gebied betrokken kunnen worden als ontwikkelingspartner. De nieuwbouw in het plangebied zal gasloos worden opgeleverd. Hierdoor worden de gasleidingen in het plangebied niet meer gebruikt. Uit een gesprek met een accountmanager van Stedin blijkt dat zij geen vervangingsplannen hebben voor het elektriciteitsnetwerk.

Stichting Dagelijks Leven

Dagelijks Leven is een zorginstelling voor mensen met dementie of andere vormen van geheugenverlies. Dagelijks leven krijgt een nieuwe pand in het focusgebied. Het grootste belang van Dagelijks Leven is om een goede invulling te geven van hun zorgtaak. Uit onderzoek is gebleken dat dementerende ouderen veel baat kunnen hebben bij aan een goede groenvoorziening. Een groene omgeving stimuleert fysieke activiteit, vermindert het de stress en geeft een aanknopingspunt voor sociale contacten (Smerecnik & Lisette, 2013). Door de stichting te betrekken bij de planvorming kan gezocht naar een passende groeninrichting waardoor de benodigde zorg wellicht afneemt en maatschappelijke kosten worden bespaard.

Bewoners

Het Sterrenkwartier telt 4.807 bewoners. De Herstructurering van Sterrenkwartier-Hoog is er specifiek op gericht om een meer gebalanceerde bevolkingssamenstelling te creëren. Er is een leefstijlen onderzoek uitgevoerd waarin beschreven staat welke eisen de verschillende nieuwe bewoners stellen het gebied. Deze staat in de bijlagen. De bewoners in het gebied zijn zelf verantwoordelijk voor overtollig hemel- en grondwater op eigen terrein.

3.2.2 SWOT-analyse stakeholders

SWOT Stakeholders	
Strong	• Er is een duidelijke takenverdeling tussen de betrokken in de gebiedsontwikkeling. • Duurzaamheid is voor veel betrokken partijen belangrijk.
Opportunity	• Het creëren van een divers gebied
Weak	• De relatief zwak sociaal economische positie van de huidige bewoners in Sterrenkwartier-Hoog
Threat	• Het vinden voor een passende inrichting waarin verschillende mensen met verschillende leefstijlen zich thuis voelen.

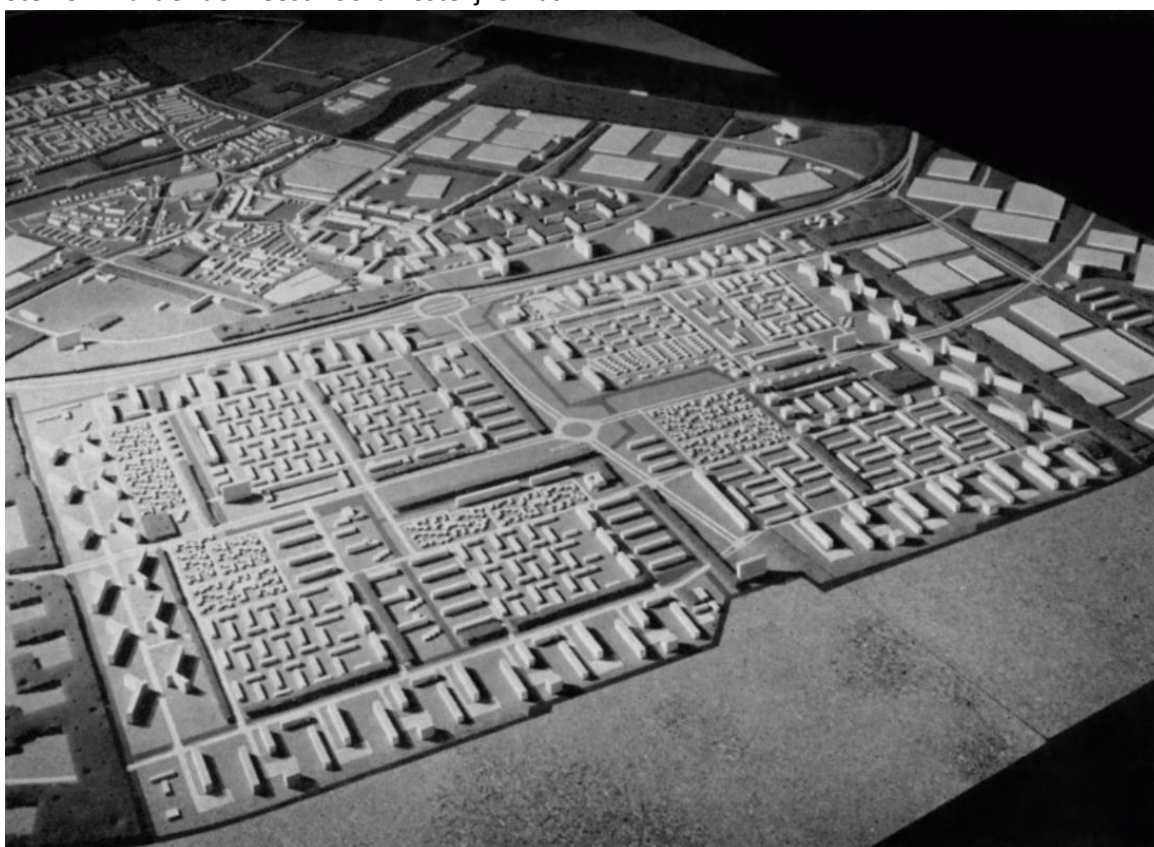
3.3 Watersysteem

In de watersysteemanalyse is eerst onderzoek gedaan naar de oorzaak van de huidige problemen door middel van een historische analyse. Vervolgens wordt de huidige situatie beschreven en hierna worden de resultaten van de hemelwaterstresstest beschreven waardoor een beeld ontstaat van de toekomstige uitdagingen.

3.3.1 Historisch

De informatie in de historische analyse is voornamelijk afkomstig van de scriptie *'Spijkenisse: van dorp tot Stad'* (Blanken, 2007). en uit eigen interpretatie van historische kaarten. De volledige historische analyse staat in de bijlagen.

Het Sterrenkwartier maakte onderdeel uit van het ontwikkelingsplan Braband, vernoemd naar de gelijknamige polder waarin de ontwikkeling zou gaan plaatsvinden. Om ervoor te zorgen dat er een samenhangend gebied werd gecreëerd is besloten het plan te verdelen in vier wijken, waarvan het Sterrenkwartier de meest noordwestelijke was.



Figuur 15 Basisontwerp plan Braband (BONAS, 1963)

Tegen het plan werden meerdere bezwaren gemaakt waaronder door het toenmalige waterschap. De bezwaren waren dat er geen overleg had plaatsgevonden en er problemen zouden ontstaan met de wateraanvoer. De precieze inhoud van de bezwaren is niet bekend, maar in het vernieuwde

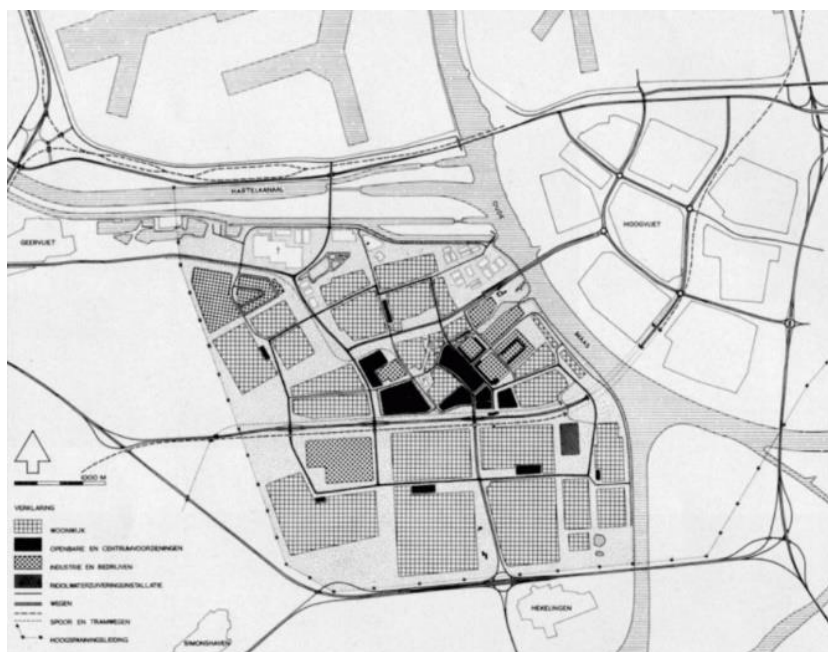
stedenbouwkundig ontwerp werd de singel toegevoegd aan het ontwerp.



Figuur 16 Eindontwerp plan Braband (Gemeente Spijkenisse, 2009)

Voordat de bouw kon beginnen moest de drassige polder bouwrijp gemaakt worden. De gemeente had nog niet eerder in zulke drassige gronden gewerkt en daarom werd een bureau ingeschakeld om grondonderzoek uit te voeren. Uit dit onderzoek bleek dat grond zo drassig was dat er extra kosten gemaakt moesten worden om de grond bouwrijp te maken. Deze kosten liepen uiteindelijk zo hoog op de gemeente in grote financiële problemen terecht kwam.

Om de financiële huishouding weer op orde te krijgen werd vanaf najaar 1964 besloten grond te verkopen aan willekeurige aannemers. Omdat het grootste gedeelte van de twee noordelijke wijken, Sterrenkwartier en Groenewoud, ondertussen al in aanbouw waren had dit vooral effect op de zuidelijke wijken. Het uitgeven van de gronden aan willekeurige bouwers in de zuidelijke wijken zorgde ervoor dat er weinig meer terecht kwam van het originele Plan Braband. Hierdoor kwam er een abrupt einde aan de geplande groen- en waterstructuren. Het geplande centrumgebied zou ten zuiden van het Sterrenkwartier gerealiseerd worden waardoor het gebied geen winkelcentrum meer zou krijgen.



Figuur 17 De geplande centrumfuncties van Spijkenisse in 1963 (BONAS, 1963)

Nadat het stedenbouwkundig plan zo goed als van tafel werd geveegd verliep de ruimtelijke ontwikkeling meer ongestructureerd. Door financiële tegenslagen, het ontbreken van een duidelijke structuren en een winkelcentrum werd het gebied steeds voller gebouwd. Hiervoor werd in nagenoeg alle gevallen de water- en groenstructuren geslactofferd.

Op de volgend pagina is de ruimtelijke ontwikkeling beschreven en staat een tijdlijn waarin de oorzaak gevolg relaties zijn te zien tussen de ruimtelijke ontwikkeling en effecten op het watersysteem.

Tabel 4 Ruimtelijke ontwikkelingen Spijkenisse (Kadaster, s.d.).



1964: Sterrenkwartier in aanbouw



1968: Grootste deel van de wijk is opgeleverd. Door de drastische wijziging van het stedenbouwkundig plan eindigen de watergangen in het zuiden abrupt.



1972: Bouw Sterrenhof, Zuid en West. Door de aanleg van het Sterrenhof wordt 60m van de noordelijke singel gedempt. De watergangen worden verbonden door de nieuwe duiker onder Sterrenhof. De westelijke watergang wordt afgesloten en in het zuiden wijzigen de waterlopen.



1973: De zuidelijke oostwestverbinding in het sterrenkwartier is volledig verdwenen. Deze is verplaatst naar de overkant van de Heemraadlaan.



1978: Aanleg van de Hoek en de Akkers. Van het originele stedenbouwkundig plan is niets terecht gekomen in de nieuwe wijk de Akkers. Alle watergangen zijn aan de zuidzijde afgesloten.

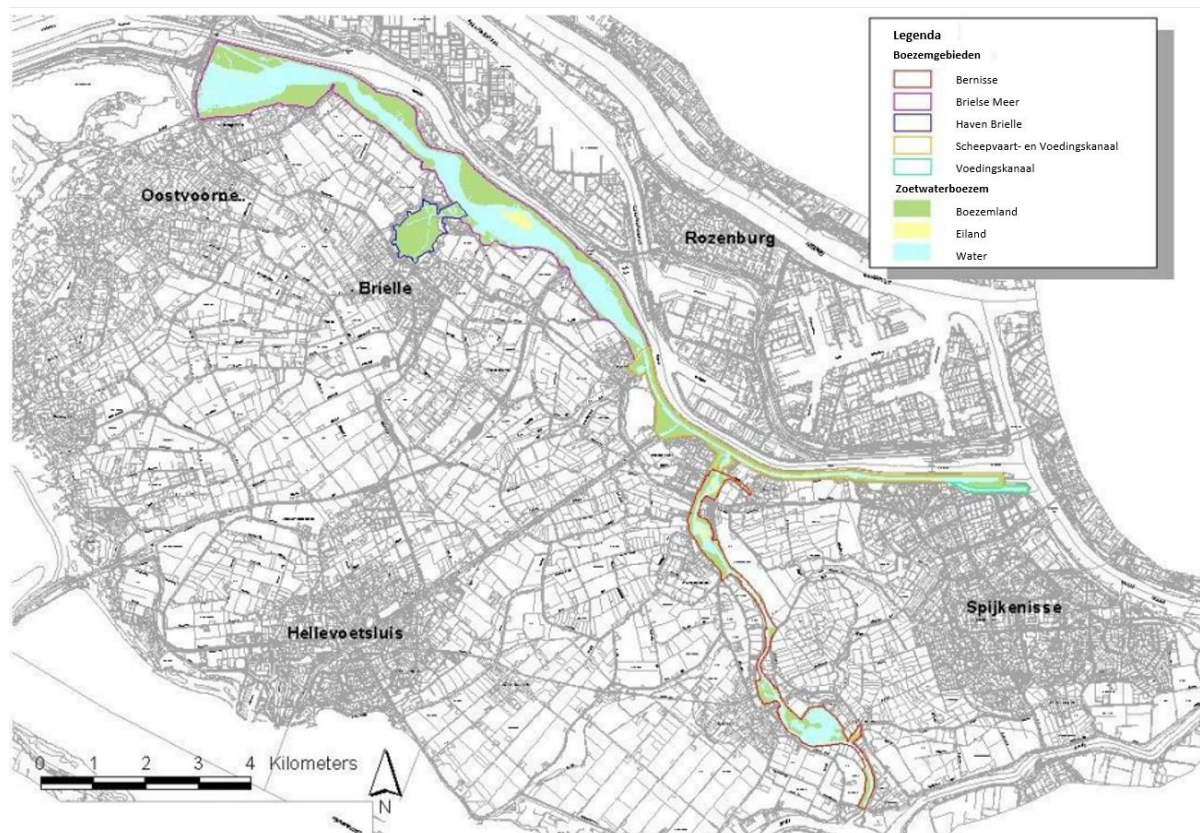


1992: Een nieuwe hoofdwatgang wordt om het sterrenkwartier heen gegraven. Aan de zuidzijde van de westelijke watergang wordt een kleine verbinding gemaakt met deze nieuwe watergang



3.3.2 Huidige situatie watersysteem

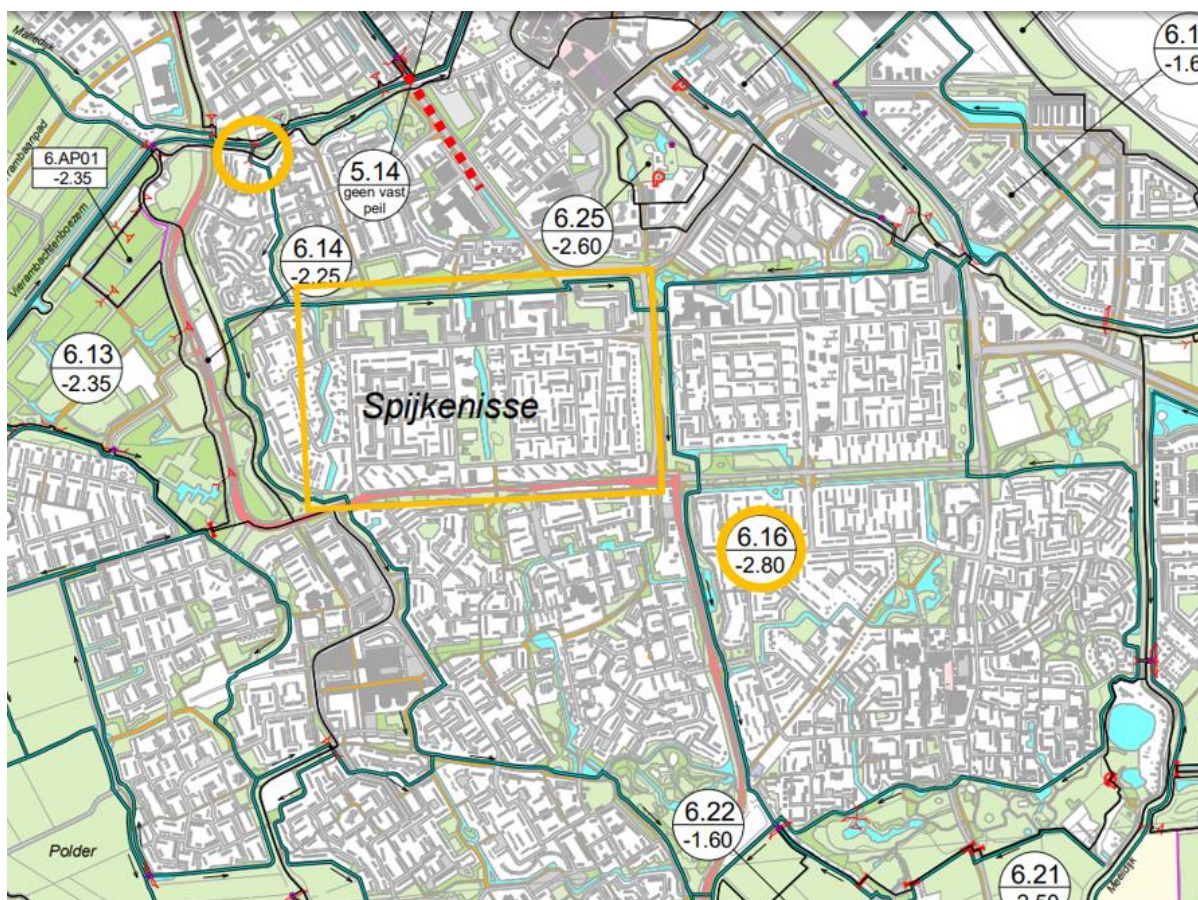
Boezemsysteem



Figuur 18 Zoetwaterboezem Voorne-Putten (Waterschap de Brielse Dijkkring, 2004)

- Putten met een zoetwaterboezem van 559 hectare voldoende water beschikbaar.
- Het water wordt Putten ingelaten vanuit de Bernisse en het Voedingskanaal.
- De afvoer verloopt via gemaal Putten. Dit nieuwe gemaal is visvriendelijk, kan water inlaten en heeft met 450m³/minuut voldoende capaciteit om heel Putten te bemalen (Rijkswaterstaat, 2018).

Peilgebied



Figuur 19 Watersysteemkaart waarin het peilgebied is te zien en de stroomingsrichting van de hoofdwaterlopen (Waterschap de Brielse Dijkkring, 2004). Het omcirkelde deel is de inlaat vanuit de Vierambachtenboezem en de stippellijn is de aanvoer vanuit het Voedingskanaal.

- Het plangebied ligt in peilgebied 6.16. Dit peilgebied omvat het grootste deel van Spijkenisse en wordt aan de noordkant begrensd door de Vierambachtenboezem (Waterschap de Brielse Dijkkring, 2004).
- Het grootste deel van het water in het plangebied wordt ingelaten vanuit de Vierambachtenboezem en wordt het peilgebied ingelaten bij de Breekade.
- Een deel van het water is afkomstig vanuit het Voedingskanaal in het uiterste noorden van Spijkenisse. Dit water wordt via een persleiding met 100m³/dag onder de Vierambachtenboezem door het peilgebied in gepompt.
- Uit locatieonderzoek blijkt dat enkele secundaire watergangen richting het plangebied zijn afgesloten. Dit is gedaan in het Stedelijk Waterplan Spijkenisse om de stroom van water te concentreren naar de hoofdwaterlopen (Waterschap Hollandse Delta, 2008). Hierdoor hebben deze hoofdwaterlopen een goede doorstroming.
- De gemeente beheert het grootste deel van de waterkunstwerken.
- Zowel de primaire als de secundaire watergangen zijn in 2016 voor het laatst gebaggerd.

Het Plangebied



Figuur 20 Watersysteemkaart met hoofdwatervangsten (blauw) en de secundaire watergangen (groen) (Waterschap Hollandse Delta, s.d.)

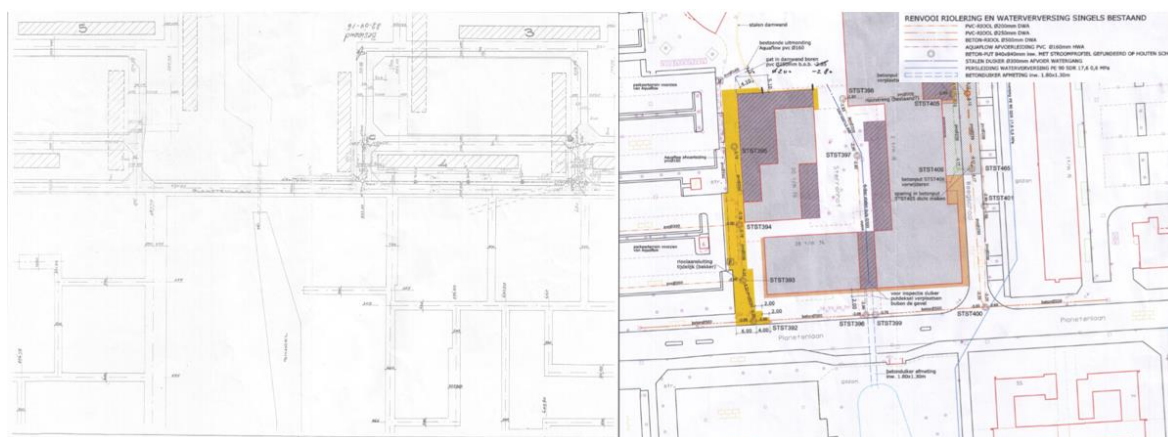
Watersysteem

Langs de westelijke, noordelijke en oostelijke randen van de wijk bevinden zich de hoofdwatervangsten en er zijn twee secundaire watergangen, de centraal gelegen singel langs de Waterman en de westelijke watergang langs het Hydrapad. De watergangen aan de randen van het Sterrenkwartier zijn hoofdwaterlopen in beheer van waterschap Hollandse Delta en kennen een relatief goede doorstroming en waterkwaliteit.

Singel

De singel in het gebied heeft een oppervlak van 5764m² en is gemiddeld ongeveer 0,7 m diep. Uit het historisch onderzoek blijkt dat de singel ooit een doorlopende (hoofd)watergang had moeten zijn, maar nu een geïsoleerde ligging kent binnen het plangebied. Hierdoor wordt de doorstroming zeer gehinderd.

De singel is verbonden met de noordelijke hoofdwatervangst door middel van een lange duiker. Het eerste deel van deze duiker is een rechthoekige betonnen duiker van 1.80m bij 1.30m en is ca. 30 meter lang. Om een verbinding te houden na de bouw van winkelcentrum Sterrenhof is een stalen duiker van 30cm in doorsnede en 60m lang aangelegd onder het winkelcentrum. Deze stalen buis is in de betonnen duiker gemetseld en komt uit onder een bakkerspaviljoen op palen.



Figuur 21 Links: oude situatie met alleen de betonnen duiker. Rechts: Situatie na aanleg winkelcentrum (van Oudheusden, 2015).

Uit een oppervlakteberekening blijkt dat het versmallen van de duiker het doorstromende oppervlak 33 keer kleiner gemaakt heeft gemaakt ten opzichte van de originele betonnen duiker. Hierdoor moet een grote watergang van 5764m^2 afwateren via een buisoppervlak van $0,071\text{m}^2$.

Uit veldonderzoek bleek dat veel (drijf)vuil zich ophoopt in het betonnen deel van de duiker. Dit is voornamelijk te wijten aan de plotselinge versmalling van de duiker waardoor het vuil, dat door het vuilrooster past, zich op kan hopen in de 30 meter lange betonnen duiker. Dit maakt de duiker ook nog eens vatbaar voor verstoppingen. De grote lengte en smalle diameter maakt dat inspectie en onderhoud lastig is uit te voeren.

Om de watergang toch te laten stromen is, in kader van het Stedelijk Waterplan, een persleiding aangelegd die deze watergang doorspoelt. Het water is afkomstig uit de noordelijke hoofdwaterloop en kent normaal gesproken een goede kwaliteit. Zoals te zien op figuur 19 is dit dezelfde watergang als waar de singel op afwatert. Deze doorspoeling (Zuid-Noord) gaat tegen de algehele stromingsrichting van het peilgebied in (Noord-Zuid). Dit kan de doorspoeling verhinderen doordat er tegengesteld waterstromingen ontstaan.

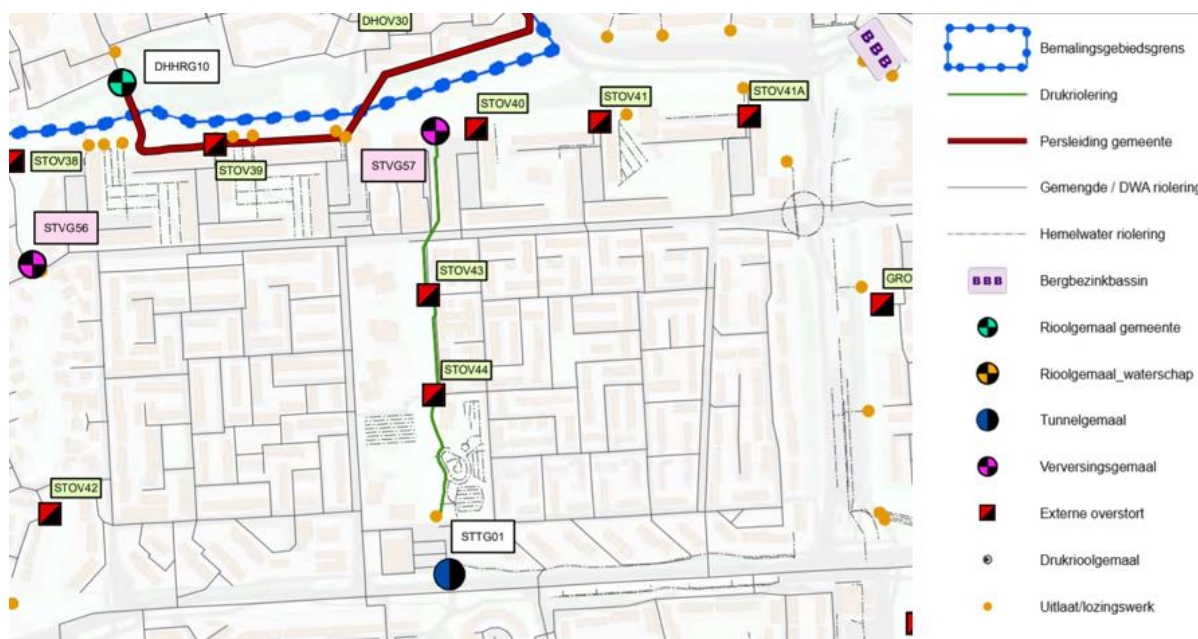
De persleiding wordt aangedreven door Waterverversingsgemaal Waterman. Dit gemaal heeft volgens berekeningen van gemeente Nissewaard een capaciteit van $17,8\text{ m}^3$ per uur (Kalkman, 2019). Hiermee wordt de watergang theoretisch gezien voor 10,6 % per dag ververs.

Westelijke watergang Hydrapad

De secundaire watergang langs het Hydrapad wordt ook doorgespoeld door een verversingsgemaal van $15\text{m}^2/\text{uur}$. De duiker naast het verversingsgemaal is afgesloten. De reden hiervan is dat de rioolbuis van het later gebouwde Sterrenkwartier-West dieper moest komen te liggen dan dat hier ruimte voor was. Hierdoor is de doorstroomcapaciteit beperkt tot de capaciteit van het verversingsgemaal. Aan de zuidzijde is een smalle open verbinding met de westelijke hoofdwatergang. Het deel van de watergang wat doorgespoeld wordt met het verversingsgemaal is 6216m^2 . Met een geschatte gemiddelde waterdiepte van $0,7\text{m}$ is de doorspoeling 12,1% per dag.

Ook in kader van duurzaamheid en robuustheid zou het verstandig zijn een natuurlijke doorstroming te realiseren. Net als het verversingsgemaal Waterman verbruikt deze jaarlijks $63,1\text{ GW}$ aan energie. Dit is gelijk aan het jaarlijks verbruik van drie 2-persoons huishoudens (Energiesite, s.d.).

Waterketen



Figuur 22 Rioleringskaart van het Sterrenkwartier (Gemeente Nissewaard, 2016).

- Er bevinden zich 4 overstorten in de noordelijke hoofdwaterloop, twee in de singel en twee in de westelijke (secundaire) watergang.
- Alle overstorten hebben dezelfde drempelwaarde van -2,50 NAP
- Een belangrijk onderdeel na een vuilwater overstort is dat het vuile water zo snel mogelijk wordt verdund. Met de berekende doorspoeling van 10,6% en 12,1% per dag blijft het vuile water minimaal 9 dagen hangen.
- De verversingsgemalen liggen naast een overstort.

Waterkwaliteit & Ecologie: Gesprek Visstandbeheer

Om een beeld te krijgen van de aquatische ecologie in het plangebied is contact opgezocht met de visstand beheerder van Hengelsportvereniging (HSV) Ons Genoegen. De informatie die hieruit voortkwam is als volgt.

- Voor de bouw van het winkelcentrum was er een zeer goede visstand
- In 2016 stond het rioolgemaal in storting waardoor onverdund rioolwater de watergangen instroomde. Hierdoor was er massale vissterfte in de singel.
- De HSV zette later nieuwe vissen uit waarvan een groot deel binnen korte tijd dood ging.
- Tijdens de zomer van 2019 kwamen weer veel vissen te overlijden door zuurstofgebrek. De gemeente heeft als maatregel de singel mechanisch belucht. Dit bleek een effectieve, maar intensieve en kostbare maatregel.
- In de rest van het gebied is een goede visstand.

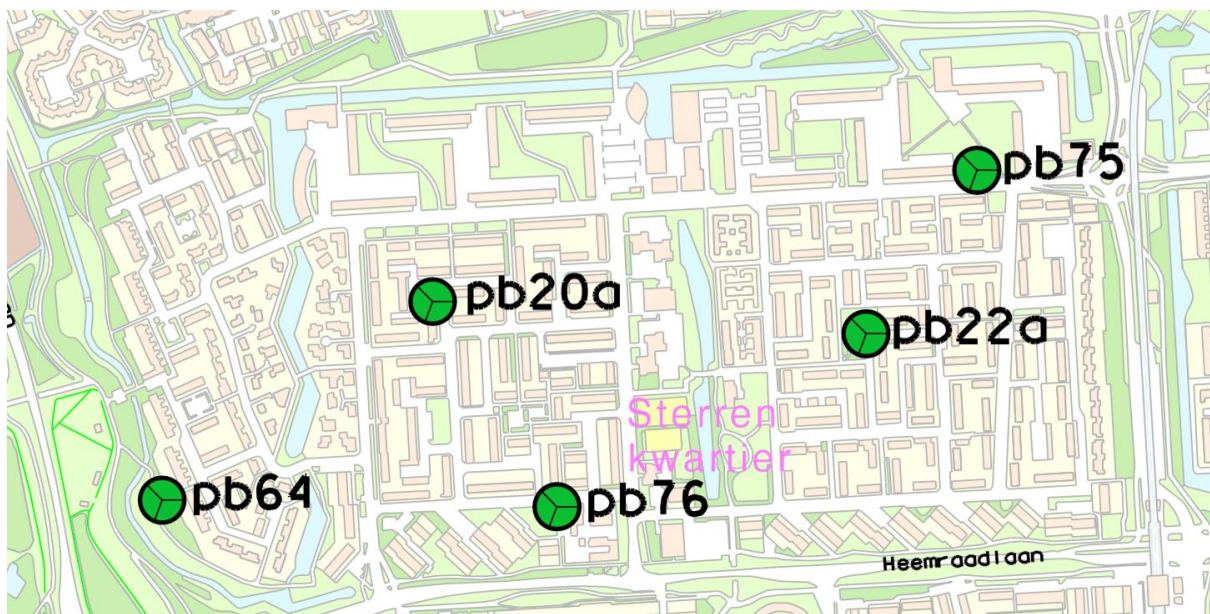
Uiteindelijk heeft dit de HSV in november 2019 doen besluiten de nog levende vissen af te vangen met sleepnetten. Het zuidelijke deel van de singel kon niet worden afgevangen omdat de sliblaag te dik was en er te veel takken en andere rommel in de watergang ligt. Volgens de visstand beheerder stinkt deze sliblaag buitengewoon. Als er aankomende zomer weer zuurstoftekort is in de singel, zal de HSV weer vissen gaan afvangen en elders uitzetten.

Aan de hand van deze bevindingen kan worden geconcludeerd dat de waterkwaliteit in veel gevallen ondermaats is en de vissen geen kant op kunnen als de waterkwaliteit in de singel verslechterd. Dit betekent dat de duiker niet vispasseerbaar is.

Beheer & Onderhoud

de hand van locatiebezoeken en gesprekken met experts kan gesteld worden dat het onderhoud aan de singel niet optimaal is. In het water, op de kades en op de waterbodem is veel organisch afval te zien en bij de duiker aan het einde van de singel hoopt allerlei drijfvuil zich op. Al dit afval in de watergang hindert niet alleen de doorstroming, maar komt ook niet ten goede van de waterkwaliteit.

Grondwater



Figuur 23 Overzicht peilbuisen *Ongeïgde bron opgegeven..*

Tabel 5 Hoogste en laagste grondwaterstand per peilbuis (van Hout & van Trent, 2019).

Peilbuis	Maaiveld	Laagste grondwaterstand	Hoogste grondwaterstand
20A	-1,72	-2,71	-2,13
22A	-1,70	-3,03	-2,09
75	-1,69	-2,80	-1,80
76	-1,85	-3,02	-2,10

Zoals beschreven in de probleemstelling heeft het gebied vaak te maken met grondwateroverlast. De gewenste ontwateringsdiepte van woningen met kruipruimte in stedelijk gebied is 0,7m onder maaiveld (Stichting Bouw Research, 2007). Met een singelpeil van -2,80m NAP en een gemiddelde maaiveldhoogte van -1,70m NAP is de drooglegging in het gebied ongeveer 1,10 meter. De gemeente heeft van januari 2017 tot oktober 2018 grondwateronderzoek gedaan. De bevindingen hiervan zijn:

- De grondwaterspiegel blijft ruim boven de houten funderingen. Hierdoor is de kans op paalrot nihil
- In de natste maanden komt het water 25 tot 40cm onder maaiveld. Dit leidt tot natter kruipruimten.

Aangezien de drooglegging varieert van 1,10m tot 0,95m is belangrijkste verklaring voor de hoge grondwaterstand een te hoge opbolling van de grondwaterspiegel. Deze hoge opbolling ontstaat doordat de doorlatendheid van de grond slecht is waardoor de ontwatering naar de watergangen te traag verloopt. De drainage in het gebied is hierdoor onvoldoende. Om grondwateroverlast te voorkomen zal de drainage in het gebied moeten worden verbeterd. Desondanks de bewoners wettelijk verantwoordelijk zijn voor het grondwater onder hun perceel, zou de gemeente een faciliterende rol kunnen spelen in het verhelpen van de grondwaterproblematiek. Dit zou gepaard kunnen gaan met de geplande graafwerkzaamheden in het gebied. De mogelijkheden tot het aanbrengen van aanvullende drainage wordt in hoofdstuk 4 onderzocht.

3.3.3 SWOT- Watersysteem

SWOT Watersysteem	
Strong	• Er is voldoende zoet water beschikbaar. • Gemaal Putten is door de grote afvoercapaciteit toekomstbestendig. • De kans op paalrot is nihil • Aanwezigheid van hoofdwatgangen in het plangebied.
Opportunity	• De gebiedsontwikkelingen bieden ruimte om het watersysteem te verbeteren. • Door de compensatieplicht moet extra oppervlaktewater gegraven worden. Als dit op de juiste manier gedaan wordt kan het watersysteem versterkt worden.
Weak	<i>Singel</i> Het grootste knelpunt in het gebied is de singel • Slechte doorstroming door geïsoleerde ligging. • Moeilijk te onderhouden duiker met twijfelachtige doorstromingscapaciteit. • Verversingsgemaal met een lage pompcapaciteit ten opzichte van de grote watergang. • Verversingsgemaal niet duurzaam en robuust. • De watergang tegen de algehele stromingsrichting in doorgespoeld. • Beheer en onderhoud is twijfelachtig door slib en (organisch) afval in de watergang. <i>Watergang Hydrapad</i> • Duiker afgesloten voor riolering. • Lage verversing ten opzichte van de grootte van de watergang. • Verversingsgemaal niet duurzaam en robuust. <i>Waterketen</i> • De situering van de overstorten in watergangen met slechte doorspoeling. • Overstorten naast de verversingsgemalen. <i>Ecologie</i> • De singel heeft ecologisch gezien een zeer lage waarde door slechte waterkwaliteit. • De duiker is niet vispasseerbaar. <i>Beheer & onderhoud</i> • Veel (organisch)afval in en rondom de singel. • Dikke sliblaag op de bodem. • Tijdens extreme weersomstandigheden worden kostbare beheersmaatregelen genomen om vissterfte tegen te gaan. <i>Grondwater</i> • Natte kruipruimtes in de natste maanden door onvoldoende drainage.
Threat	• Tijdens droogte of riooloverstorten is de kans groot dat weer vissterfte ontstaat.

Uitgangspunten Watersysteem

Boezemsysteem

- Voldoende vers water beschikbaar uit de zoetwaterboezem.
- Gemaal Putten heeft een grote capaciteit

Singel:

- De huidige duiker geeft hydrologische, ecologische en onderhoudstechnische problemen. Er moet nieuwe verbinding worden aangelegd.
- Het verversingsgemaal heeft een te lage capaciteit voor de grootte van de watergang.
- Beheer en onderhoud moet worden verbeterd. De hoeveelheid afval moet worden tegengegaan en de dikke sliblaag moet worden verwijderd.
- Het duurt lang voordat overstortwater afgevoerd

Watergang Hydrapad:

- De afgesloten duiker met het verversingsgemaal is niet duurzaam
- Het duurt lang voordat overstortwater afgevoerd

Gesprek peilbeheerders

Na de watersysteemanalyse te hebben afgerond is een adviserend gesprek aangevraagd met de peilbeheerders van Voorne-Putten. Aan de hand van de bevindingen uit de analyse en de expertise van de peilbeheerders werd gezocht naar mogelijke maatregelen in het watersysteem. Dit gesprek is uitgelopen tot brainstormsessie waarbij een aantal verschillende oplossingsrichtingen zijn bedacht:

- Het meest robuuste is om een natuurlijke doorstroom te creëren
- In de huidige situatie is de singel veel te groot om, tegen de stromingsrichting in, door te spoelen. De pompcapaciteit kan verhoogd worden, maar dit is niet duurzaam. Een robuuste oplossing zou zijn om de watergang te versmallen
- Gezien alle knelpunten omtrent de singel is het af te vragen of het realistisch is om zoveel geld en energie te steken om een gezonde watergang te realiseren. Gezien de geplande bouwwerkzaamheden in het gebied is het de overweging waard om een andere functie aan het singelgebied te geven en de watergang te dempen.

Hoofdstuk 4 Modelstudie

In dit hoofdstuk wordt het plangebied gemodelleerd zodat de huidige en toekomstige problemen kunnen worden gekwantificeerd.

4.1 Dimensionering huidige problematiek

Deze paragraaf behandelt de huidige problematiek in het plangebied. Hierin worden het grondwatermodel en het droogtemodel behandeld. In de bijlagen staat een uitgebreide uitwerking van de modellen en de verklaring van parametrische waarden.

4.1.1 Grondwatermodel

In dit model wordt berekend of de gemeente een faciliterende rol kan hebben in het verhelpen van de grondwaterproblematiek in Sterrenkwartier-Centraal door aanvullende drainage aan te leggen in de openbare ruimte. Voor het berekenen van de maximale drainafstand is de formule van Hooghoudt en het nomogram van Bouwmans (1963) gebruikt.

Onderzoek

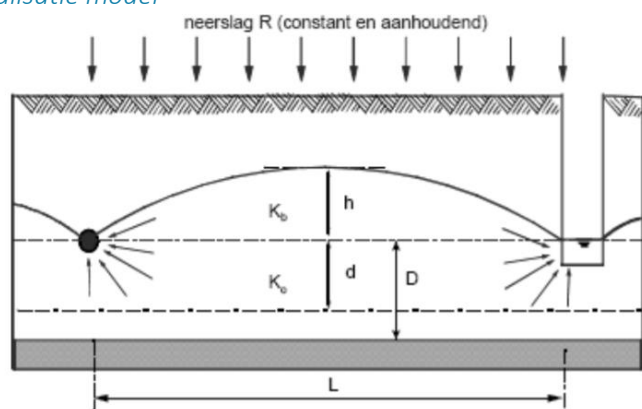
De afstand tussen openbare wegen is gemiddeld 30 tot 50 meter. Als gewenste drainafstand binnen deze marge valt zou het grondwaterprobleem opgelost kunnen worden door de gemeente. De geadviseerde ontwateringsdiepte om natte kruipruimten te voorkomen is 0,7 meter onder maaiveld.

Randvoorwaarden

Gekozen maaiveldhoogte: -1,80 NAP

Singelpeil -2,80 NAP

Visualisatie model



Figuur 24 Gemodelleerde situatie (Cultuurtechnische vereniging, 1988)

Het model berekend de geadviseerde drainafstand (L) aan de hand van de gewenste maximale opbolling (h). De overige parameters zijn:

- k_b : Bodemdoorlatendheid boven de drain [m/dag]
- k_o : Bodemdoorlatendheid onder de drain [m/dag]
- R: Dagelijkse grondwater afvoer [m]
- r_0 : Straal drain[m]
- D: Afstand tot ondoorlatende laag [m]
- Equivalente diepte [m]

		Diepte sloot	0,8	$L^2 = \frac{8k_0dh + 4k_bh^2}{R}$		
		Maaiveld	-1,8			
		Hoogte grondwater	-2,1			
		Diepte tot ondoorlatende laag	2,5			
		Totaal % verhard:	69,7			
		Drainagebuis 4cm				
Ontwerpen cultuurtechnisch vademecum	Drainafstand	L	5,16 m	Dinoloket (veen) Dinoloket (sterk siltige klei/matig zware)		
	Drainafstand*2	L*2	26,64			
	Doorlatendheid onder drain	k _o	0,1 m			
	Doorlatendheid boven drain	k _b	0,01 m			
	Equivalente diepte	d	0,54 m			
	gewenste opbolling	h	0,3 m			
		Afvoer	R	0,005 m	maaiveld - 0,7 (Cultuurtechnisch Vademecum Cultuurtechnisch Vademecum (1988) (woongebied)	
						</

Uitkomst Test 1: Normale situatie

Uit het model volgt een geadviseerde drainafstand van 5,14cm voor de 4cm buis en 6,25m voor een 10cm buis

Test 2: Meest gunstige situatie

De deze test zijn de parametrische waarde opgerekt om te onderzoeken of de geadviseerde drainafstand binnen de 30-50m marge valt. In deze test was de geadviseerde drainafstand 10,09m voor de 4cm buis en 12,29m voor de 10cm buis

4.1.2 Droogtemodel

Om te kunnen bepalen of het plangebied bestand is tegen een extreme droogte is watervraag van het groen/blauwe focusgebied berekend. De watervraag is de hoeveelheid water die nodig is om het waterpeil op niveau te houden en verwelking van vegetatie tegen te gaan. Hiervoor moet eerst de verdamping worden berekend. Een nadere toelichting op het droogtemodel staat in de bijlagen

Randvoorwaarde model

Meteorologisch

- De grondwateraanvulling is niet meegenomen.
- Het gekozen neerslag station is het meest dichtbij zijnde station Poortugaal. De gegevens van de referentieverdamping komen van meteorologisch station Rotterdam (KNMI, 2018).
- De extreem droge juli van 2018 wordt genomen als referentie. In deze maand was er een verdampingsoverschot van 131,2 mm (4,23mm/dag)

Het gebied

- Het model is gericht op het groene focusgebied in Sterrenkwartier-Centraal. Er zijn geen invloeden van buitenaf.
- Omdat de verdampingsberekening ter bevordering van het beheer is worden alleen de publieke gronden meegerekend. Particulieren beheren hun eigen groen zelf en zullen in tijden van droogte zeer waarschijnlijk hun groen besproeien.
- De verdamping wordt bepaald aan de hand van de potentiële onvolledige gewasverdamping.
- Oppervlak wordt 2-dimensionaal bekeken. Wanneer er gras in de schaduw van een boom ligt wordt dit niet meegerekend omdat dit zou leiden tot over dimensionering.

Onderzoek 1 verdamping

Hoe groot is de onvolledige verdamping van het focusgebied na 31 dagen met een referentieverdamping van 4,23mm/dag zonder wateraanvulling.

Uitwerking:

Voor de verdamping van open water is de rekenregel *referentieverdamping*1,25* toegepast.

De vegetatie in het gebied bestaat uit bomen, hagen/struiken en gras. Ieder van deze vegetatiesoorten heeft een eigen gewasfactor. Door deze gewasfactor te vermenigvuldigen wordt de (volledige) potentiële verdamping achterhaald. De potentiële verdamping gaat ervan uit dat de vegetatiesoort de volledige tijd duur genoeg water uit de bodem kan halen om aan deze verdamping te voldoen.

Omdat dit in tijde van droogt niet het geval is moeten grondparameters worden verwerkt in de formule. Als de plant minder water uit de bodem kan halen dan verdamping, gaat de plant onder stress (onvolledig) verdampen. Als de plant helemaal het water uit de bodem meer kan halen zal deze verwelken. Aan de hand van het vochtgehalte in de bodem en de worteldiepte is per vegetatiesoort opgesteld hoe de verdamping gedurende de maand verloopt.

Uitkomst

Potentiele verdamping																						
Oppervlakt [m ²]					Gewasfactor	E gem	E [mm/dag]	Gras					Haag					Loofboom				
								Berging	E [m/d]	E in %	Dag	Berging	E [m/d]	E [mm/d]	E in %	Dag	Berging	E [m/d]	E [mm/d]	E in %		
Bomen (Plataan)	9500	1,2	0,00423	48,2				1	0,0675	0,0042	4,23	100	1	0,3150	0,0042	4,23	100	1	0,9000	0,0051	5,08	100
Struiken	1000	1,05	0,00423	4,4				2	0,0633	0,0042	4,23	100	2	0,3108	0,0042	4,23	100	2	0,8949	0,0051	5,08	100
Gras	10800		0,00423	45,7				3	0,0590	0,0042	4,23	100	3	0,3065	0,0042	4,23	100	3	0,8898	0,0051	5,08	100
Opp. Water	5762		1	0,00423	24,4			4	0,0548	0,0042	4,23	100	4	0,3023	0,0042	4,23	100	4	0,8848	0,0051	5,08	100
Totaal per dag				122,7				5	0,0506	0,0042	4,23	100	5	0,2981	0,0042	4,23	100	5	0,8797	0,0051	5,08	100
E droge maand				3804,3				6	0,0463	0,0042	4,23	100	6	0,2938	0,0042	4,23	100	6	0,8746	0,0051	5,08	100
								7	0,0421	0,0042	4,23	100	7	0,2896	0,0042	4,23	100	7	0,8695	0,0051	5,08	100
								8	0,0379	0,0032	3,17	75	8	0,2854	0,0042	4,23	100	8	0,8644	0,0051	5,08	100
								9	0,0347	0,0019	1,89	45	9	0,2811	0,0042	4,23	100	9	0,8594	0,0051	5,08	100
								10	0,0328	0,0011	1,13	27	10	0,2769	0,0042	4,23	100	10	0,8543	0,0051	5,08	100
								11	0,0317	0,0007	0,68	16	11	0,2727	0,0042	4,23	101	11	0,8492	0,0051	5,08	100
								12	0,0310	0,0004	0,40	10	12	0,2684	0,0042	4,23	102	12	0,8441	0,0051	5,08	100
								13	0,0306	0,0002	0,24	6	13	0,2642	0,0042	4,23	103	13	0,8391	0,0051	5,08	100
								14	0,0304	0,0001	0,14	3	14	0,2600	0,0042	4,23	104	14	0,8340	0,0051	5,08	100
								15	0,0302	0,0001	0,09	2	15	0,2557	0,0042	4,23	105	15	0,8289	0,0051	5,08	100
								16	0,0301	0,0001	0,05	1	16	0,2515	0,0042	4,23	106	16	0,8238	0,0051	5,08	100
								17	0,0301	0,0000	0,03	1	17	0,2473	0,0042	4,23	107	17	0,8187	0,0051	5,08	100
								18	0,0300	0,0000	0,02	0	18	0,2431	0,0042	4,23	108	18	0,8137	0,0051	5,08	100
								19	0,0300	0,0000	0,01	0	19	0,2388	0,0042	4,23	109	19	0,8086	0,0051	5,08	100
								20	0,0300	0,0000	0,01	0	20	0,2346	0,0042	4,23	110	20	0,8035	0,0051	5,08	100
								21	0,0300	0,0000	0,00	0	21	0,2304	0,0042	4,23	111	21	0,7984	0,0051	5,08	100
								22	0,0300	0,0000	0,00	0	22	0,2261	0,0042	4,23	112	22	0,7933	0,0051	5,08	100
								23	0,0300	0,0000	0,00	0	23	0,2219	0,0042	4,23	113	23	0,7883	0,0051	5,08	100
								24	0,0300	0,0000	0,00	0	24	0,2177	0,0042	4,23	114	24	0,7832	0,0051	5,08	100
								25	0,0300	0,0000	0,00	0	25	0,2134	0,0042	4,23	115	25	0,7781	0,0051	5,08	100
								26	0,0300	0,0000	0,00	0	26	0,2092	0,0042	4,23	116	26	0,7730	0,0051	5,08	100
								27	0,0300	0,0000	0,00	0	27	0,2050	0,0042	4,23	117	27	0,7680	0,0051	5,08	100
								28	0,0300	0,0000	0,00	0	28	0,2007	0,0042	4,23	118	28	0,7629	0,0051	5,08	100
								29	0,0300	0,0000	0,00	0	29	0,1965	0,0042	4,23	119	29	0,7578	0,0051	5,08	100
								30	0,0300	0,0000	0,00	0	30	0,1923	0,0045	4,51	107	30	0,7527	0,0051	5,08	100
								31	0,0300	0,0000	0,00	0	31	0,1878	0,0041	4,12	97	31	0,7476	0,0051	5,08	100
								Gemiddeld:	0,0012				Gemiddeld:	0,0042			Gemiddeld:	0,0051				
soort	Gras	Haag	Boom																			
Opp	735	105	210																			
Dagen tot S stress	5	10	26																			
E tot S Stress	21,16	42,32	132,05																			
Watervraag Tot S Stress	15,55	4,44	27,73																			

Na 7 dagen begint het gras onvolledig te verdampen. De struiken/hagen gaan de laatste twee dagen pas onvolledig verdampen en de bomen verdampen zonder stress. De totale onvolledige verdamping na een maand komt hiermee uit op 2819,9m³.

Tabel 6 Onvolledige potentiele verdamping

Verdamping onder stress (zonder besproeiing)				
Bomen (Plataan)	9500	1,1	0,0051	48,2
Struiken	10800	1,05	0,0044	4,4
Gras	5762	1	0,0012	13,1
Opp. Water		1	0,00438	25,2
Totaal per dag				91,0
E droge maand				2819,9

Onderzoek 2: watervraag

Hoe groot is de watervraag van de groenblauwe ruimte na 31 dagen met een referentieverdamping van 4,23mm/dag zonder wateraanvulling.

Uitkomst

Na ongeveer 10 dagen begint het gras het verwelkingspunt te bereiken. Om de verwelking van gras tegen te gaan moet het vochtgehalte in de bodem om de 10 dagen minimaal op hetzelfde niveau als de startsituatie worden gebracht. Als dit wordt vermenigvuldigd met het grasoppervlak moet er twee keer 374,8 m³ worden aangevoerd. De watervraag van het oppervlaktewater is gelijk aan de verdamping. Dit is 781,2m³. De totale watervraag is hiermee. 1530,7m³

Validatie model

Uit het model volgt een grondwaterstandsaling van 19cm (-2,99 NAP). Dit verschilt 3 cm met de daadwerkelijk gemeten grondwaterstand tussen juli en augustus 2018.

4.2 Neerslag model

In deze paragraaf is het neerslagmodel beschreven. Met dit neerslagmodel kan het bergingstekort voor een bepaalde piekbui in het plangebied berekend worden. Er is een aparte modelstudie gedaan voor Sterrenkwartier-Hoog en voor Sterrenkwartier-Centraal. Deze modelstudies zijn voor verschillende buien toegepast.

4.2.1 Uitleg model

Het model kwantificeert het bergingstekort tijdens een extreme neerslagsituatie. In het model wordt het plangebied onderverdeeld in verschillende 'reservoirs' waar een fictieve bui op wordt losgelaten. Ieder van deze reservoirs heeft een bepaalde bergingscapaciteit en stromingsrichting (flux). Aan de hand van deze bergingscapaciteit en de stromingsrichting kan een benadering gemaakt worden van de hoeveelheid water een bepaald reservoir te verduren krijgt en hoe groot het bergingstekort is.

In het model is er alleen afstroming van de publieke verharding, via de overstort, naar het oppervlaktewater. Het doel van het model is om de waterhoogte op straat te berekenen en hoe lang het duurt voor deze weer afgevoerd is.

4.2.2 Input model

De oppervlakken zijn berekend met ArcGIS de bergingen zijn bepaald aan de afvloeiingscoëfficiënten van Amsterdam Rainproof (s.d.) De berging van het rioolstelsel is gevalideerd door een casestudy. In het Gemeentelijk Rioleringsplan (2016) staat dat in de huidige situatie wateroverlast ontstaan bij een T=2 bui. Door deze bui in te vullen in het model bleek dat de bergingscapaciteit van het riool ongeveer 7mm is.

Buien

Tabel 7 Basisstatistiek en tabel met onzekerheidsrange

Herhalingstijd (jaar)		Neerslagduur						
		10 min	30 min	1 uur	2 uur	4 uur	8 uur	12 uur
2		12	17	20	24	28	33	37
10		17-18	24-27	30-32	35-39	41-45	47-51	51-55
25		20-23	30-35	37-43	44-51	52-59	58-66	62-70
50		22-27	34-42	42-52	51-61	58-71	65-79	68-83
100		26-32	41-52	52-64	63-76	72-86	79-95	82-100
500		35-48	60-84	78-105	95-125	107-141	114-152	115-156
1000		40-57	71-104	93-104	113-155	128-174	135-187	133-191
Basisstatistiek								
Herhalingstijd (jaar)		Neerslagduur						
		0 min	10 min	30 min	1 uur	2 uur	4 uur	8 uur
2	0	12,2	16,6	20	24	28,4	33,4	36,5
10	0	17,5	25,3	31	36,8	42,8	49,1	52,9
25	0	21,3	32	39,5	46,9	54,1	61,2	65,2
50	0	24,7	38,2	47,7	56,5	64,8	72,5	76,6
100	0	28,7	45,8	57,7	68,4	78	86,2	90,2
500	0	40,8	70,4	90,7	105	112,2	117,5	119,6
1000	0	47,6	84,9	110,6	127,6	134,4	138,3	139,2

Om antwoord te geven op de deelvraag wordt een 79mm bui van één uur onderzocht. Deze 79 mm bui is de zwaarst gemeten uur neerslag die ooit is gemeten Nederland, deze bui wordt ook wel de Herwijnenbui genoemd (KNMI, s.d.). Deze bui is zo zwaar dat het een herhalingstijd van ongeveer eens in de 500 jaar heeft. De hemelwaterstresstest is ook op deze bui gebaseerd

De tweede bui volgt uit de provinciale wetgeving. Volgens de overstromingsnormen van uit de waterverordening van de provincie Zuid-Holland (2009) mag bebouwd gebied binnen de bebouwde kom maximaal één keer per honderd jaar overstromen (Provincie Zuid-Holland, 2009). Een passende bui is de minimale intensiteit bij een $T=100$ bui van één uur. Dit komt neer op een bui van 52mm.

Ter vergelijking wordt gekeken naar een iets minder zeldzame bui, maar welke nog wel erg groot is. Een $T=10$ bui past goed bij deze omschrijving en deze bui heeft een gemiddelde intensiteit van 31mm.

Tabel 8 overstromingsnormen volgens de waterverordening (Provincie Zuid-Holland, 2009).

	landgebruik	Norm (jaren)	Maaiveld criterium
Bebouwde kom	Bebouwd gebied	1/100	0%
	Overig	1/50	5%
	Glastuinbouw	1/50	1%
Buiten bebouwde kom	Hoofdinfrastructuur	1//100	0%
	Glastuinbouw en hoogwaardige tuin- en landbouw	1/50	1%
	Akkerbouw	1/25	1%
	Grasland	1/10	10%

Figuur 25 overstromingsnormen volgens de waterverordening (Provincie Zuid-Holland, 2009).

4.2.3 Output model

In de output is te zien wat het wateroverschot van de verschillende reservoirs is. Hiermee is ook het totale bergingstekort bekend. Aan de van het overschot volume en de rioolafvoer kan bepaald worden wat de waterhoogte op staat is en hoe lang het duurt voordat overschot weer afgevoerd is.

Publiek verhard

Het overstortwater kan niet in een keer overstorten waardoor het water zich ophoopt op het publiek verhard oppervlak. Als dit wordt opgeteld bij het wateroverschot wat niet kan afstromen naar de riolering is de waterhoogte op straat bekend.

Riolering

De riolering heeft een afvoercapaciteit die gelijk is aan de riolering en het overstortdebiet. Het overstortdebiet van de riolering is met de volgende formule berekend.

$$Q = \left(\frac{\text{overstortdebiet} * \text{seconden} * \text{aantal overstorten}}{\text{totaaloppervlak (ha)}} \right) * \text{oppervlak deelgebied (ha)}$$

Watergang

De maximale afvoerwaarde van de watergangen is per deelgebied berekend met de Manningformule.

Groen

$$\text{Duur overlast (dagen)} = \frac{\text{Overschot publiek groen}}{(\text{infiltratiecapaciteit} * \text{oppervlak publiek groen})}$$

4.2.5 Uitkomsten Sterrenkwartier-Centraal

T=10					T=100					T=500				
Uitvoeringsplan					Uitvoeringsplan					Uitvoeringsplan				
Rechtsruimte	Waterstroom	Waarde [m³/s]	mm	Rechtsruimte	Rechtsruimte	Waterstroom	Waarde [m³/s]	mm	Rechtsruimte	Rechtsruimte	Waterstroom	Waarde [m³/s]	mm	Rechtsruimte
Rechtsruimte	Totaal	1202,9		Rechtsruimte	Totaal	1202,9		Rechtsruimte	Totaal	1202,9		Rechtsruimte	1202,9	
Bodem	Infiltratie	49,4		Bodem	Infiltratie	49,4		Bodem	Infiltratie	49,4		Bodem	Infiltratie	49,4
Grachten	Neerslaghoeveelheid schuin	1746,8		Grachten	Neerslaghoeveelheid schuin	1746,8		Grachten	Neerslaghoeveelheid schuin	1746,8		Grachten	Neerslaghoeveelheid schuin	1746,8
	Berging schuin	112,7			Berging schuin	112,7			Berging schuin	112,7			Berging schuin	112,7
	Neerslaghoeveelheid plat	769,8			Neerslaghoeveelheid plat	769,8			Neerslaghoeveelheid plat	769,8			Neerslaghoeveelheid plat	769,8
	Berging plat	149,0			Berging plat	149,0			Berging plat	149,0			Berging plat	149,0
Particuliere gronden	Rookline op	2254,9		Particuliere gronden	Rookline op	2254,9		Particuliere gronden	Rookline op	2254,9		Particuliere gronden	Rookline op	2254,9
	Neerslaghoeveelheid	2081,0			Neerslaghoeveelheid	2081,0			Neerslaghoeveelheid	2081,0			Neerslaghoeveelheid	2081,0
	Berging	218,3			Berging	218,3			Berging	218,3			Berging	218,3
	Water op straat	294,7	5,4 mm		Water op straat	294,7	5,4 mm		Water op straat	294,7	5,4 mm		Water op straat	294,7
Verhard	Afstroming (roeding publieke ruimte)	1125,6		Verhard	Afstroming (roeding publieke ruimte)	1125,6		Verhard	Afstroming (roeding publieke ruimte)	1125,6		Verhard	Afstroming (roeding publieke ruimte)	1125,6
	Neerslaghoeveelheid	3767,6			Neerslaghoeveelheid	3767,6			Neerslaghoeveelheid	3767,6			Neerslaghoeveelheid	3767,6
	Berging openbaar	485,1			Berging openbaar	485,1			Berging openbaar	485,1			Berging openbaar	485,1
	Wateroverschot (op straat)	267,4	2,2 mm		Wateroverschot (op straat)	267,4	2,2 mm		Wateroverschot (op straat)	267,4	2,2 mm		Wateroverschot (op straat)	267,4
	Rookline op	4307,6			Rookline op	4307,6			Rookline op	4307,6			Rookline op	4307,6
	Wateroverschot	562,1			Wateroverschot	562,1			Wateroverschot	562,1			Wateroverschot	562,1
	Water op verhard oppervlak	4,8 mm			Water op verhard oppervlak	4,8 mm			Water op verhard oppervlak	4,8 mm			Water op verhard oppervlak	4,8 mm
Overstort	Gemiddeld buisoppervlak	6,139		Overstort	Gemiddeld buisoppervlak	6,139		Overstort	Gemiddeld buisoppervlak	6,139		Overstort	Gemiddeld buisoppervlak	6,139
	Berging (beschikbaar)	2722,4			Berging (beschikbaar)	2722,4			Berging (beschikbaar)	2722,4			Berging (beschikbaar)	2722,4
	RDC	3627,9			RDC	3627,9			RDC	3627,9			RDC	3627,9
Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid	1728,0		Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid	1728,0		Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid	1728,0		Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid	1728,0
	Berging	357,4			Berging	357,4			Berging	357,4			Berging	357,4
Oververhard	Neerslaghoeveelheid	1949,5		Oververhard	Neerslaghoeveelheid	1949,5		Oververhard	Neerslaghoeveelheid	1949,5		Oververhard	Neerslaghoeveelheid	1949,5
	Berging	628,9			Berging	628,9			Berging	628,9			Berging	628,9
	Infiltratie	49,4			Infiltratie	49,4			Infiltratie	49,4			Infiltratie	49,4
Openbaarwater	Neerslaghoeveelheid	2441,8	25,6 mm	Openbaarwater	Neerslaghoeveelheid	2441,8	25,6 mm	Openbaarwater	Neerslaghoeveelheid	2441,8	25,6 mm	Openbaarwater	Neerslaghoeveelheid	2441,8
	Berging	1239,5			Berging	1239,5			Berging	1239,5			Berging	1239,5
	Afstroming	944,1			Afstroming	944,1			Afstroming	944,1			Afstroming	944,1
	Wateroverschot	1807,1			Wateroverschot	1807,1			Wateroverschot	1807,1			Wateroverschot	1807,1
Totaal wateropname		4814,8 m³	22,4 mm	Totaal wateropname		4814,8 m³	22,4 mm	Totaal wateropname		4814,8 m³	22,4 mm	Totaal wateropname		4814,8 m³

Figuur 27 Neerslagmodel Sterrenkwartier-Centraal

Figuur 28 T=100 klopt niet

Uitkomsten model

- 31mm: Het totale bergingstekort is **4811m³**. Hierbij ontstaat een waterhoogte van **34,5mm** op straat waarvan het **2,1 uur** duurt voordat deze afgevoerd is door de riolering.
- 51mm: Het totale bergingstekort is **12589,4m³**. De waterhoogte op straat is **77,1mm** waarvan het **4,7 uur** duurt om afgevoerd te worden door de riolering.
- 79mm: Het totale bergingstekort is **23479,2m³**. De waterhoogte op straat is **136,1mm** waarvan het **8,4 uur** duurt om afgevoerd te worden via de riolering.

Analyse uitkomsten

- De wateroverlast is hier groter dan in Sterrenkwartier-Hoog. Dit komt voornamelijk door de afstroom van particulier naar verhard terrein.
- Het wateroverschot op het oppervlaktewater is veel groter. Dit komt door de lage afvoercapaciteit van de singel.

Sterrenkwartier-Centraal			
Waterhoogte op straat	31mm	51mm	79mm
Oppervlakte [m²]	121535	121535	121535
Wateroverschot publiek verhard [m³]	562,1	1301,8	2252,8
Overstort [m³]	3627,9	8069,3	14287,4
Waterhoogte [mm]	34,5	77,1	136,1
Rioolafvoer			
Rioolafvoer [m³/uur]	1703,3	1703,3	1703,3
Duur [uur]	2,1	4,7	8,4
Waterafvoer			
Overschot [m³]	1807,1	6508,5	13090,4
Afvoer [m³/uur]	924,1	924,1	924,1
Uren tot peilherstel	1,96	7,04	14,17
Onverhard			
Oppervlakte [m²]	118629,4	118629,4	118629,4
Overschot [m³]	2441,8	4814,4	8136
Infiltratiecapaciteit [m/-d]	0,01	0,01	0,01
Dagen	2,06	4,06	6,86

4.2.6 Ruimtelijke plannen

Sterrenkwartier Hoog

Aan de hand van het bestemmingsplan van fase 1 is de rest van het gebied ingevuld volgens dezelfde oppervlakken. In onderstaande tabel zijn de effecten te zien. Vanuit de tekeningen van fase 1 blijkt dat 25% van de woningen een schuin dak krijgt. In de dimensionering van het hele deelgebied wordt deze 25% aangehouden. De overige 75% van de bebouwing zal een plat dak hebben.

Stella Nova (Fase1)		
Oppervlakken	Fase 1 [m2]	Schatting totaal (x4) [m2]
Afname groen	4770	19080
Extra dakoppervlak	1256	5024
Afname overig verhard	554	2216
Toename particulier (50% verhard)	4067	16268

Doordat in de nieuwe situatie een hemelwaterriolering wordt aangelegd kan het water van het verhard oppervlak direct naar de watergang stromen. Hierdoor zal nauwelijks wateroverlast meer ontstaan op straat. Hierdoor zal geen verder onderzoek gedaan worden naar het bergingstekort in Sterrenkwartier-Hoog

Sterrenkwartier-Centraal

hier wordt er van uitgegaan dat er geen verandering in oppervlakteverdeling plaatsvindt. Wel neemt de rioolberging met 975,8m³ toe door het afkoppelen van Sterrenkwartier-Hoog.

4.3 Uitgangspunten

Grondwatermodel

- De benodigde drainafstand is te laag om in de huidige situatie aanvullende drainage aan te leggen

Droogtemodel

- De totale watervraag is 1530,7m³.
- Gras is kwetsbaar voor droogte en heeft om de 10 dagen minimaal 374,8 m³ water nodig.

Neerslagmodel

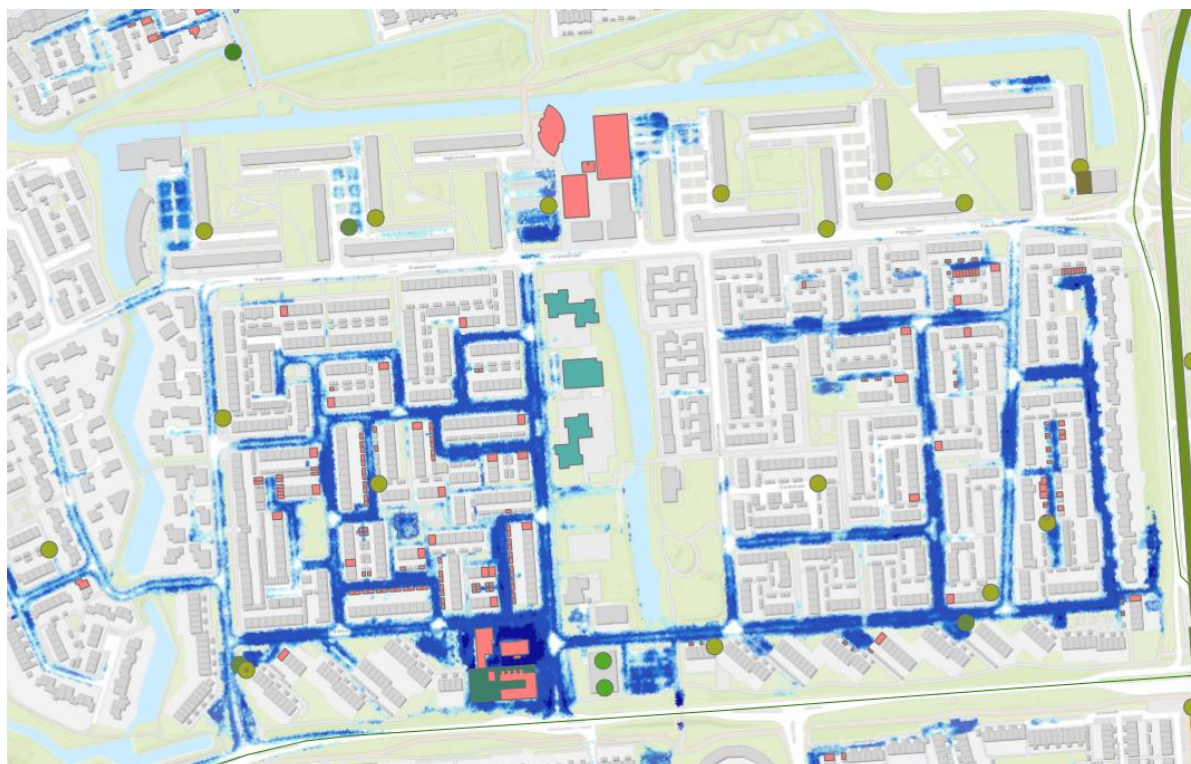
- De afvoercapaciteit van de watergang in Sterrenkwartier-Centraal is 35% kleiner dan de overstortaanvoer.
- De afvoer van de riolering is gelijk aan 14mm/uur
- Door de slechte doorlatendheid duurt het dagen voordat het water geïnfiltreerd is.
- Het uitgangspunt is om wateroverlast te voorkomen bij een T=100 bui en schade te voorkomen bij een 79mm bui
- Door de aanleg van een gescheiden stelsel in Sterrenkwartier-Hoog zal de wateroverlast op straat zeer gereduceerd worden.
- Door de afkoppeling van Sterrenkwartier-Hoog ontstaat 975,8m³ extra rioolberging.

5. Variantenstudie

In dit hoofdstuk wordt onderzocht welke maatregelen het beste kunnen worden toegepast om de problematiek te verhelpen. Toelichting op de effecten, kosten en toepassing is te vinden in de bijlagen. In het begin van het hoofdstuk worden de probleemlocaties beschreven aan de hand van de hemelwaterstresstest. Hierna zullen de randvoorwaarden en eisen waaraan de maatregelen moeten voldoen om een robuust systeem te creëren.

5.1 Probleemlocaties

De uitwerking van de probleemlocaties is te vinden in paragraaf 5.6.1



Figuur 29 Hemelwaterstresstest met kwetsbare panden (Nissewaard, Hemelwaterstresstest, 2018)

5.1.1 Uitleg kaart

De rode gebouwen op de kaart zijn de panden die waterschade kunnen ondervinden tijdens de maatgevende 79mm bui. De groene bollen zijn vitale objecten, in de meeste gevallen zijn dit gas- of elektriciteitskasten. Door lichte hoogteverschillen ontstaan op sommige plekken grote waterproblemen

5.1.2 Kwetsbaarheden

- Een groot deel van de kwetsbare panden bestaat uit schuren en garageboxen.
- Het gebied rondom het hoogspanningsstation is het meest kwetsbaar van het hele gebied. Aangezien het hoogspanningsstation vitale infrastructuur zou waterschade in dit pand kunnen leiden tot overlast van een veel groter gebied.
- De fietstunnel staat onder water.

Er zijn een aantal straten waarin veel panden risico lopen op waterschade. Deze straten zijn:

- Antaresstraat
- Betelgeuzestraat
- Keplerhof
- Keplerlaan (meest noordelijke zijstraat)
- Melkwegplein
- Mercatorlaan (meest noordelijke zijstraat)
- Meteorenstraat
- Spicastraat
- Zonstraat

5.1.3 Analyse overlastkaart

- De waterhoogte op straat neemt toe naarmate zuidelijker wordt gegaan in het plangebied.
- Veel groengebieden in het plangebied ondervinden nauwelijks wateroverlast. Dit komt overeen met de bevinding dat de groenvoorzieningen hoger in het maaiveld liggen dan de omliggende verharding.
- Het Sterrenhof staat ook aangekaart als kwetsbaar pand terwijl hier aan de hand van de waterhoogte geen aanleiding toe lijkt.
- De verhoogde kruisingen blijven droog.



Figuur 30 Verhoogde kruisingen (Gemeente Nissewaard, 2019)

De wateroverlast tijdens de 79mm bui is zo groot dat een tijdelijke waterlaag geaccepteerd moet worden. Het uitgangspunt tijdens deze bij is om schade te voorkomen. Het doel is om aan de overstromingsnorm uit de waterverordening te voldoen. Hierdoor mag geen water op straat staan na een T=100 bui.

5.2 Strategie, Randvoorwaarde en Eisen

5.2.1 Strategie

De strategie om de doorstroming te verbeteren is door de problematische knelpunten in het gebied aan te pakken. De doorstroming van de secundaire watergangen moet minstens worden verdubbeld.

De strategie om het bergingstekort op te lossen is om het water zo veel mogelijk naar gebieden te leiden waar het water geen geborgen en (vertraagd) afgevoerd kan worden. De onverharde gebieden en het oppervlaktewater lenen zich uitstekend om het water naar toe te geleiden. Hierdoor zal het water wat in deze reservoirs terecht komt niet langer als overschot worden gezien. Door de aanleg van het gescheiden stelsel in Sterrenkwartier-Hoog wordt hier geen verdiepend onderzoek gedaan naar het resterende bergingstekort. De opgestelde maatregelen kunnen echter ook in Sterrenkwartier-Hoog toegepast worden.

Wateroverlast wordt bij deze gedefinieerd als al het water na de bui (1 uur) nog op het verharde gebied overblijft. Hierdoor mag de afvoercapaciteit van 1 uur van het verharde oppervlak gehaald worden.

5.2.2 Randvoorwaarden, Eisen en Wensen

Randvoorwaarden

- Door het gescheiden stelsel in Sterrenkwartier-Hoog wordt er aangenomen dat er geen wateroverlast meer is op straat.
- Er mag geen wateroverlast plaatsvinden na een T=100 bui van één uur.
- De verversing van de singel moet minimaal worden verdubbeld.
- Het groene karakter van het gebied moet worden behouden en waar mogelijk versterkt.
- De rioolberging in Sterrenkwartier-Centraal toe.

Eisen

- Er moet een nieuwe verbinding worden gelegd aan de noordkant van de singel.
- De maatregelen leveren meerwaarde aan het gebied

Wensen

- Riooloverstorten sluiten in slecht doorstromende watergangen.
- Verbeteren ecologische waarden

Resterend wateroverschot Sterrenkwartier-Centraal

T=100; 51mm in één uur

- | | |
|---------------------------|---|
| • Wateroverschot verhard: | 1266,6m ³ ; 10,7mm |
| • Overstort (na 1 uur): | 7638 – 1431,1 = 6206,9m ³ ; 51,1mm |
| • Totaal resterend: | 7473,5m³ |

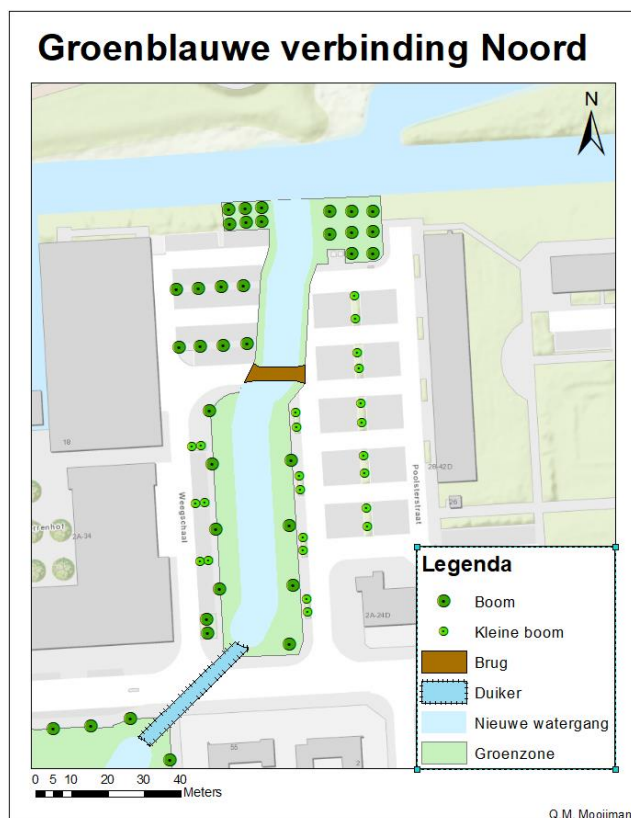
5.3 Must do maatregelen

De 'Must do' maatregelen moeten ongeacht de variant worden toegepast, omdat deze maatregelen de robuustheid van het watersysteem significant vergroten.

5.3.1 Aanleg open waterverbinding singel.

Uit de analyse is gebleken dat de duiker die de singel met de noordelijke watergang verbindt een belangrijke probleemfactor is. De vernieuwing van Sterrenkwartier-Hoog en de vervanging van de Planetenlaan maakt het ruimtelijk mogelijk om een open waterverbinding aan te leggen. Hiermee kan gelijk worden voldaan aan de compensatie eis van het waterschap. Op deze manier kan de compensatie mee worden genomen in het ruimtelijk ontwerp en kan het water extra ruimtelijke waarde geven aan het nieuwe woongebied. Als deze maatregel niet mee wordt genomen in het ontwerp zal deze op latere termijn niet meer gerealiseerd kunnen worden.

Een open verbinding zal de circulatie in de watergang bevorderen waardoor de waterkwaliteit verbeterd zal worden. Ook zal de singel ecologisch een stuk verbeterd worden doordat vissen weer ongehinderd de singel kunnen bereiken en zal het makkelijker te onderhouden zijn.



5.3.2 Herstellen doorstroming watergang Hydrapad

De duiker onder de Christiaan Huygenslaan bij het Hydrapad is afgesloten en wordt doorgespoeld met een verversingsgemaal. De duiker is afgesloten zodat de rioleringsverbinding tussen Sterrenkwartier-West en Hoog kon worden aangelegd. Als de werkzaamheden in Sterrenkwartier-Hoog zijn afgerond zal de aangrenzende Planetenlaan worden vernieuwd. Tijdens deze werkzaamheden moet de doorstroming van de watergang worden hersteld. Dit kan door een brede duiker te plaatsen waardoor het verversingsgemaal overbodig wordt.

5.3.3 Verlagen onverhard gebied

In de huidige situatie is er nauwelijks afstroming naar groen of wateroppervlak waardoor veel berging onbenut blijft. Tijdens tijden van (hevige) neerslag is het wenselijk dat het water van het verharde oppervlak richting het onverharde oppervlak kan afvloeien zodat het hier geborgen kan worden en langzaam kan infiltreren.

5.3.4 Oppervlakkige afstroming

Door oppervlakkige afstroming mogelijk te maken kan het water via het straatprofiel naar de verlaagde groengebieden stromen. Om vervuiling tegen te gaan kunnen er helofytenfilters worden ingezet die het water voorzuiveren. Tijdens het realiseren van deze maatregel moet er ook voor worden gezorgd dat het water juist niet meer kan afstromen naar de kwetsbare locaties door verhogingen aan te brengen.

5.4 Varianten

In deze paragraaf worden drie mogelijke varianten beschreven voor het verbeteren van het watersysteem.

5.4.1 Groenblauwe verbinding

In deze variant de singel zowel aan de noordkant als aan de zuidkant verbonden met andere watergangen zodat een natuurlijke doorstroming wordt gerealiseerd. Langs de watergang wordt de groenstructuur versterkt. Om een zuidelijke verbinding te maken zijn er verschillende uitdagingen met infrastructuur, kabels-en leidingen en de beschikbaarheid van ruimte. Om een horizontale verbinding te realiseren moet aan de westzijde hoogspanningsstation met een zeer hoge dichtheid aan elektriciteitskabels worden gepasseerd of het metrostation aan de oostzijde. Omdat de beschikbare ruimte hiernaast s zeer beperkt is, is het bijna onmogelijk om een horizontale waterverbinding te realiseren.

Zuidwaarts liggen er wel kansen. De watergang kan via een groengebied in wijk de Akkers worden verbonden met een secundaire watergang. Om dit te bereiken moet de Heemraadlaan worden gepasseerd, dit kan op twee manieren:

- De eerste optie is om de het traject te volgen van het huidige fietspad waarbij de huidige fietstunnel gebruikt wordt om de Heemraadlaan te passeren.
- De tweede optie is om een nieuw traject te graven parallel aan het fietspad waarbij er ook een nieuwe duiker moet worden aangelegd om de Heemraadlaan te passeren.

De eerste optie heeft als grootste nadeel dat het schadelijk is voor de mobiliteit. De fietstunnel geeft een snelle verbinding tussen het Sterrenkwartier en de Akkers. De tweede optie heeft als grootste nadeel dat er nieuwe ruimte moet worden vrijgemaakt en een nieuwe duiker onder de Heemraadlaan moet worden aangelegd.

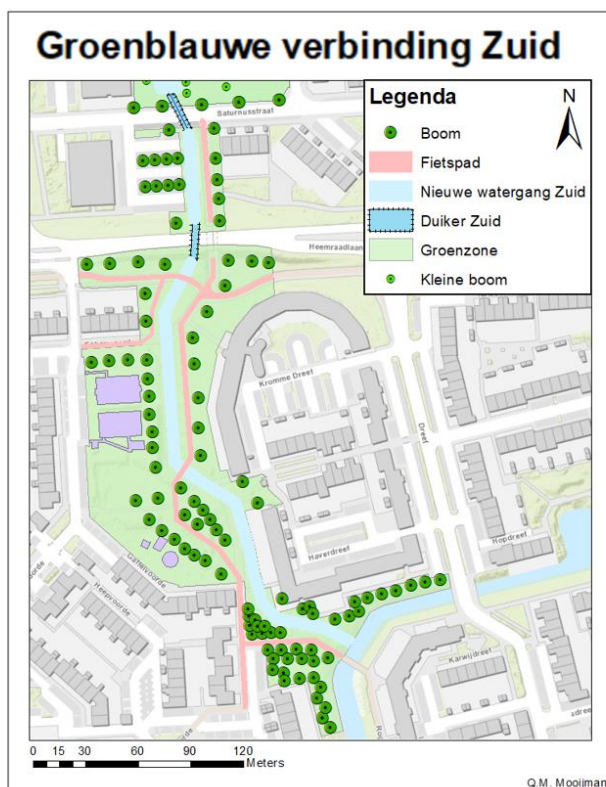
Bij het verbinden van de watergangen zal de groen/blauwe structuur tussen het Sterrenkwartier en de Akkers weer enigszins worden hersteld zoals dit ooit de bedoeling was. Deze maatregel heeft positieve effecten op de circulatie en ecologie.

Toepassing

Het tracé van het huidige fietspad is het laagste punt in de omgeving en het ligt tevens centraal in het gebied. Dit maakt dat het traject van het huidige fietspad ruimtelijk de meest ideale locatie is voor de nieuwe watergang. Hierdoor moet het fietspad worden omgelegd.

- Het oppervlak aan fietspad blijft gelijk in de nieuwe situatie.
- De toename aan oppervlaktewater is 2325 m².
- Het publiek verhard oppervlak neemt af met 377 m².
- Het groenoppervlak neemt af met 1948 m².

Bijna alle omliggende bebouwing in het nieuwe projectgebied is in corporatiebezit. Hiermee is de wooncorporatie een goede partner om te betrekken in het project.



Effecten

- + Er wordt een natuurlijke doorstroming gerealiseerd
- + Positief effect voor het watersysteem in de Akkers.
- + De groenstructuur kan worden versterkt
- + De verbinding heeft een positief effect op ecologie.

- Hindernissen Heemraadlaan
- Project is buiten het huidige plangebied.

Toename Berging:

Watergang: $232,5\text{m}^2 - 19,5\text{m}^2 = 213\text{m}^3$

Duikers: $= 16,4\text{m}^3$

Totaal: $= 229,4\text{m}^3$

Kosten:

Graven watergang ($\text{€}5,10\text{m}^{-1}$): $\text{€}10.000,-$

Duiker 1 (400x120) 19m: $\text{€}80.000,-$

Duiker 2 (400x120) 22m: $\text{€}90.000,-$

Beschoeiing ($\text{€}70,-\text{m}^{-1}$): $\text{€}64.000,-$

Fietspad ($\text{€}44,-/\text{m}^2$): $\text{€}45.000,-$

Totaal: $\text{€}289.000,-$

Beheer en onderhoud

Het gebied zal minder beheer en onderhoud nodig hebben. Doordat de doorstroming toeneemt zal er minder snel een sliblaag gevormd worden. Het verversingsgemaal wordt ook uit beheer genomen. Deze maatregel heeft ook positieve invloed op het beheer en onderhoud van het watersysteem in de Akkers.

5.4.2 Huidige situatie versmallen

De ruimtelijke situatie van In het plangebied blijft nagenoeg gelijk, maar de functionaliteit wordt wel versterkt. Op dit moment is de pompcapaciteit veel te klein voor de grote singel. Om te zorgen dat Het debiet omhoog gaat moet ofwel de pompcapaciteit worden vergroot of de watergang worden versmald.

Toepassing

Gelet op de duurzaamheid en robuustheid van het watersysteem is versmallen de betere optie. Wel zal het verloren wateroppervlak moeten worden gecompenseerd. De compensatie van het verloren wateroppervlak zou deels kunnen worden gerealiseerd door de watergang (licht) te laten meanderen en door aanvullende bergende maatregelen te nemen.

Zo zou een deel van de kade kunnen worden afgegraven zodat deze gemakkelijk overloopt (extra berging) tijdens extreme buien. Om een peilstijging mogelijk te maken zijn aanvullende maatregelen nodig. Zo moet er een beweegbare stuw worden geplaatst die alleen omhoog komt als het nodig is en er moet een grote aanvoer van hemelwater zijn vanuit het omliggende gebied.

Effecten

- + Ruimtelijke ingrepen blijven geconcentreerd binnen het gebied.
- + Bestaande voorzieningen kunnen worden hergebruikt
- + De watergang wordt onderhoudsvriendelijker
- Het moet doorgespoeld blijven worden (energiekosten).
- Versmalling moet gecompenseerd worden.
- Om aan de compensatieplicht te voldoen moeten meer ingewikkelde ingrepen worden gedaan.

Kosten:

Demping watergang (€9,60,-/m³): €31.000,-
wanneer grond uit het plangebied wordt gebruikt kost dit €28.000

Beheer en onderhoud

Door het versmallen van de watergang zal er iets minder bladafval in de watergang terecht. In combinatie met de verbeterde doorstroming zal er minder snel een sliblaag ontstaan. Door de mechanische doorspoeling van het watersysteem zal het verversingsgemaal moeten blijven beheerd.

5.4.3 Functiewijziging: Groen

Door de jaren heen is de singel steeds meer afgesloten komen te liggen met alle gevolgen van dien. Om een goede circulatie te bereiken zullen hoe dan ook ingrijpende maatregelen genomen moeten worden. Het is de overweging waard of het realistisch is om zoveel geld en energie te steken om een afgesloten watergang weer stromend te krijgen. Om deze reden zou de gemeente ook kunnen besluiten de singel in zijn geheel of grotendeels te dempen zodat het gebied een andere functie kan krijgen.

Toepassing

Het gebied kan bijvoorbeeld worden ingericht als een mooi waterbergend park waar veel meer groen kan worden aangepoot dan dat nu kan. Door grote delen van het park verlaagd aan te leggen kan het gebied worden ingezet als waterberging tijdens piekbuien. Een voorwaarde is wel dat de drainage van het gebied er niet op achteruit gaat.



Effecten

- + Er zijn geen circulatieproblemen meer
- + Er ontstaat meer ruimte voor een mooie gebiedsinrichting.
- + Het gebied kan ingezet worden als waterberging
- Grote compensatieplicht.
- Wellicht nadelige effecten op grondwater.

Kosten

Demping watergang (€9,60,-/m³): €62.000,-
wanneer grond uit het plangebied wordt gebuikt kost dit €28.000,-

Beheer en onderhoud

Er is geen watergang meer die onderhouden hoeft te worden. Wel dient de berging schoon gemaakt te worden na een aantal buien door achterblijven afval en zal de afvoercapaciteit regelmatig gecontroleerd moeten worden.

5.4.4 Multicriteria Analyse (MCA)

Per variant is gekeken wat voor impact de maatregel heeft op de opgestelde criteria ten opzichte van de huidige situatie. De score loopt uit van 1 (verslechterd zeer) tot 5 (Ruime verbetering). De variant met de hoogste score is volgens de MCA de beste optie om toe te passen. In de bijlagen staat een nadere toelichting op de score.

Categorie	Criteria	Groenblauwe verbinding	Groenblauwe verbinding fietspad	Functiewijziging: Groen	Huidige situatie versmallen
Effectiviteit	Berging	3	3	3	4
	Doorstroming	5	5	3	4
	Grondwater	3	3	2	3
	Verkoeling	4	4	5	3
Duurzaamheid	Aanleg	2	3	3	3
	Energieverbruik	4	4	4	3
	Robuustheid	5	5	3	2
Beleving	Groen	4	4	5	3
	Sociaal	3	3	4	3
	Ecologisch	4	4	4	3
	Esthetiek	4	4	4	3
	Veiligheid	3	1	3	2
	Impact omgeving	2	1	2	4
Totaal		3,54	3,38	3,46	3,08

Omdat niet iedere criteria even zwaar meeweegt in de keuze van de variant zijn wegingscriteria toegepast. Er zijn wegingscriteria toegepast op de categorieën en op de criteria. De meest belangrijke criteria van dit onderzoek hebben de zwaarste wegingen gekregen.

Weging	Categorie	Criteria	Groenblauwe verbinding	Groenblauwe verbinding fietspad	Functiewijziging: Groen	Huidige situatie versmallen
50%	Effectiviteit	30% Berging	0,9	0,9	0,9	1,2
		40% Doorstroming	2	2	1,2	1,6
		15% Grondwater	0,45	0,45	0,3	0,45
		15% Verkoeling	0,6	0,6	0,75	0,45
			3,95	3,95	3,15	3,7
20%	Duurzaamheid	30% Aanleg	0,6	0,9	0,9	0,9
		10% Energieverbruik	0,4	0,4	0,4	0,3
		60% Robuustheid	3	3	1,8	1,2
			4	4,3	3,1	2,4
30%	Beleving	20% Groen	0,8	0,8	1	0,6
		10% Sociaal	0,3	0,3	0,4	0,3
		20% Ecologisch	0,8	0,8	0,8	0,6
		20% Esthetiek	0,8	0,8	0,8	0,6
		10% Veiligheid	0,3	0,1	0,3	0,2
		20% Impact omgeving	0,4	0,2	0,4	0,8
			3,4	3	3,7	3,1
Totaal			3,80	3,74	3,31	3,26

Uit de MCA komt naar voren dat de variant Groenblauwe verbinding de beste optie is. Deze zal verder worden uitgewerkt.

5.5 Aanvullende maatregelen: Building Blocks

In deze paragraaf worden verschillende aanvullende maatregelen beschreven. Deze maatregelen zijn ongeacht de variantkeuze toe te passen in het ontwerp. Hierom worden het ook wel de Building Blocks genoemd.

Bergen en vertraagd afvoeren

5.5.1 Groenblauw Speelplein

Het nieuwe speelplein aan de Galileilaan zal een relatief groot oppervlak gaan beslaan en kan daarom ideaal ingezet worden om de waterhuishouding te verbeteren. Traditionele school- en speelpleinen zijn bijna volledig verhard. Door het speelplein een groen karakter te geven met waterbergende elementen verwerkt in het ontwerp ontstaat er een plein waar niet alleen wordt gespeeld, maar water kan bergen en vertraagd afvoeren naar de singel. Een groen/blauw plein kan ook een educatieve functie hebben doordat de kinderen in tijden van hevige neerslag kunnen zien hoeveel neerslag er valt waar dit normaal gesproken de riolering in stroomde.

Aan de hand van de ruimtelijke plannen wordt geschat dat de het plein ongeveer 2500m² zal beslaan. Uitgaande van een gemiddelde berging van 40mm ontstaat er 100m³ berging.

- +Berging
- +Groen
- +Educatie



Figuur 31 Voorbeeld groenblauw speelplein (Groen blauwe schoolpleinen, s.d.)

5.5.5 Dak Sterrenhof

Het dakoppervlak van het Sterrenhof beslaat 4509m² en zou multifunctioneel ingezet kunnen worden door bijvoorbeeld een groen dak aan te leggen. Hiernaast kunnen zonnepanelen worden geïnstalleerd.

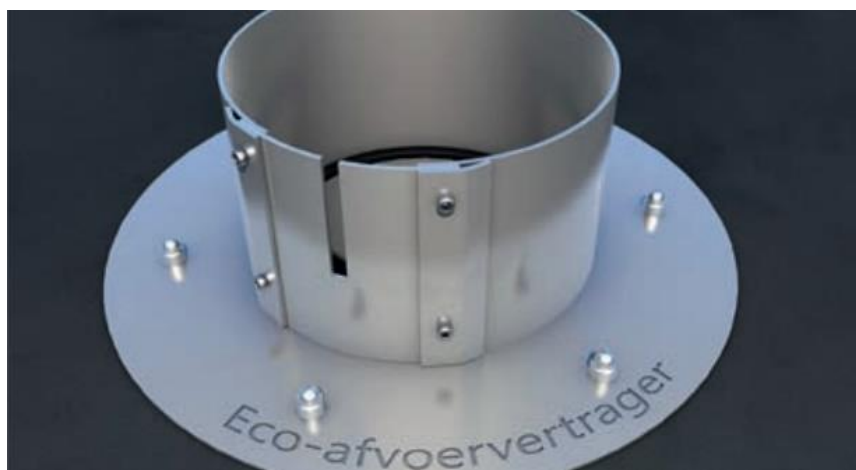
Berging (25l/m²): **112,7m³**

Vermindert Hittestress. Compenseert voor vertraagde afvoer groengebied

Vertraagde afvoer Garageboxen

Het oppervlak van Sterrenkwartier-Centraal bestaat voor 17439m² uit schuren en garageboxen. Door deze daken in te zetten voor vertraagde afvoer kan het de riolering ontlast worden. Dit kan door groene daken te realiseren of een simpele vertragende afvoer te installeren op de regenafvoer. Hierdoor wordt de maximale bergingscapaciteit van het dak gebruikt.

+Berging(20mm): **348,8m³**



Figuur 32 Voorbeeld aangepaste regenafvoer voor vertraagde afvoer (Duurzaam Gebouwd, 2018).

Beleidsmaatregelen

5.5.3 Versterken centraal groengebied

Het huidige plangebied wat gereserveerd is voor woningbouw (3733m²) wordt gebruikt om een de groenvoorziening te versterken. De afname in openbaar groen in Sterrenkwartier-Hoog kan hierdoor gecompenseerd worden. Hiermee wordt de meerwaarde van het groengebied versterkt. De misgelopen opbrengsten kunnen in de gebiedsontwikkeling van Sterrenkwartier-Hoog verhaald worden.

- + Groen
- + Berging
- + Sociaal
- + Esthetisch
- + Ecologie

5.5.3 Promoten watersensitieve maatregelen particulieren

Nieuwbouw

De nieuwbouw biedt kansen om de berging van het gebied te vergroten. Het is mooi meegenomen als op particulier wordt bijgedragen aan een veerkrachtige waterhuishouding. De gemeente zou dit kunnen doen door een adviseur in te huren die de nieuwe bewoners gratis adviseert. Deze adviseur kan bijvoorbeeld vertraagde dakafvoer, groene tuinen, grindkoffers of dieptebergingen promoten aan de eerste bewoners. De gemeente zou verder kunnen gaan door verplichte watersensitieve eisen te stellen aan de nieuwbouw.

Bestaande woningen

Ook voor bestaande woningen zou de gemeente een actie kunnen opzetten om watersensitieve maatregelen te promoten. Zo kan de gemeente een actie opzetten waarbij het ontharden van tuinen gepromoot wordt. Hierbij kunnen bijvoorbeeld tegels worden ingeruild voor een plant. Ook kunnen regentonnen worden uitgedeeld om het hergebruik van water te promoten in tijden van droogte. De gemeente zou ook verder kunnen gaan en hier een subsidie voor vrij maken.

- +Bewustwording
- +Berging

5.5.4 Maatregelen corporatiewoningen

Wooncorporatie Maasdelta kan een goede partner zijn om invulling te geven aan de watersensitieve maatregelen. Zij zullen in het vernieuwde Sterrenkwartier-Hoog nieuwe (flat)gebouwen en aaneengesloten woonblokken gaan beheren. Zij bepalen ook hoe de woningen en eventuele tuinen worden opgeleverd. Hierdoor kunnen nog watersensitieve maatregelen in het ontwerp worden opgenomen. Ook kan de wooncorporatie in het huurcontract laten vastleggen dat deze maatregelen niet gewijzigd mogen worden.

- +Berging

5.5.6 Inlichten eigenaren risicopanden

De gemeente ligt de eigenaren van de risicopanden in dat hun eigendom kans loopt op waterschade. Hierbij uit wat de eigenaren kunnen doen om schade te beperken. Dit vergroot bewustzijn en stimuleert tot actie. Hierdoor wordt het woongebied bestendiger tegen wateroverlast.

- +Bewustwording

Maatschappelijke maatregelen

5.5.7 Groene omgeving stichting Beter leven

In het toekomstige zorgcentrum zullen ouderen komen te wonen die nog wel zelfstandig kunnen wonen, maar wel aanvullende zorg nodig hebben. Een groot deel van deze ouderen heeft de diagnose dementie waardoor zij deels afhankelijk zijn van passende zorg.

Uit de gebiedsanalyse is gebleken dat dementerende ouderen veel baat kunnen hebben bij aan een goede groenvoorziening. Een groene omgeving stimuleert fysieke activiteit, vermindert het de stress en geeft het een aanknopingspunt voor sociale contacten (Smerecnik & Lisette, 2013). Deze factoren dragen bij aan het welzijn van de ouderen en dit kan zich vertalen naar een betere (mentale) gezondheid en een lastenverlichting van verzorgers. Door de stichting te betrekken bij de inrichting van het gebied kan naast groene meerwaarde ook sociale meerwaarde worden gecreëerd.

+Sociaal

5.5.7 Zelfeigenaarschap groen

Er kan meerwaarde aan het gebied worden gegeven door het beheer van stukjes groene ruimte over te dragen aan bewoners. Hierdoor hebben bewoners de mogelijkheid een stukje van de wijk eigen maken en heeft het een belangrijke sociale factor. De gemeente verzorgt de begeleiding en eventueel benodigde middelen. Het doel is dat uiteindelijk een groep bewoners zichzelf organiseren en het groenbeheer steeds serieuzer aanpakken.

+Sociaal

+Groen

5.5.8 Toevoegen fontein

Een fontein zorgt voor een constante toevoer van zuurstof in het water. Het toevoegen van een fontein heeft hierdoor een positief op de aquatische ecologie. Vooral in de droge zomermaanden kan er zuurstoftekort optreden in het water. Deze maatregel komt voort uit het gesprek met de Visstandbeheerder.

+Ecologie

5.6 Toepassing

In de toepassing worden de maatregelen samengesteld tot een mogelijke oplossing. Eerst worden locatiespecifieke maatregelen toegepast om schade tijdens de 79mm bui te voorkomen.

5.6.1 Voorkomen waterschade 79mm bui

Garageboxen

Veel van de problematische straten liggen dichtbij een groenvoorziening. Omdat deze groenvoorzieningen. Door oppervlakkige afstroming naar deze groenvoorzieningen mogelijk te kan waterschade worden voorkomen. Dit kan op twee manieren:

Centraal groengebied

Het voordeel van deze locatie is dat het regenwater afgevoerd kan worden via de singel. Deze maatregel kan voor de volgende straten oplossing bieden: de Antaresstraat, de Betelgeuzestraat en de Meteorstraat.

Nabijgelegen groenvoorziening

Voor de plaatsen die te ver van het centrale groengebied afliggen kan er oppervlakkige afstroming worden gerealiseerd naar een dichtbij zijnde groenvoorziening. Hiervoor moeten deze groenvoorzieningen wel eerst worden verlaagd zodat het bereikbaar is via oppervlakkige afstroming en er extra berging wordt gecreëerd. Deze maatregel kan voor de volgende straten oplossing bieden: De Keplerlaan, het Melkwegplein, de Spicastraat en de Zonstraat. Een nadeel van deze maatregel is dat het geborgen water door de slecht doorlatende bodem langzaam infiltreert. In de wintermaanden als de verdamping laag is en het grondwater hoog kan dit als gevolg hebben dat het water erg lang blijft staan.



Figuur 33 Groenvoorzieningen nabij kwetsbare straten

Aanvullende maatregelen

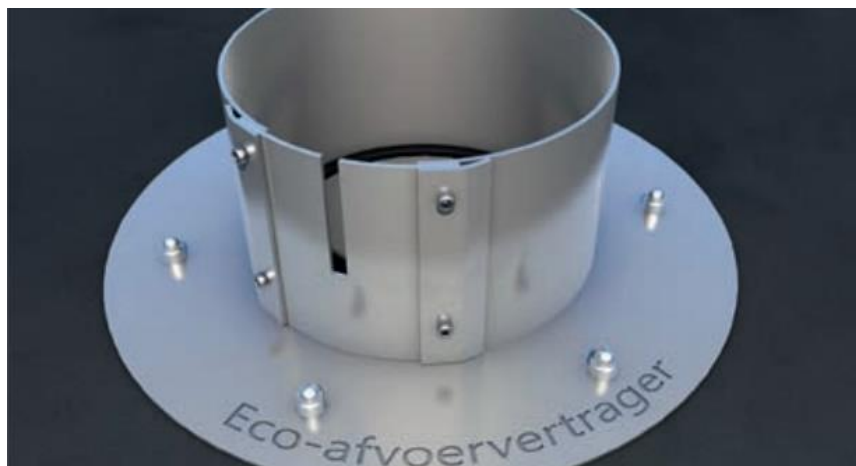
Voor sommige straten is het te lastig om oppervlakkige afstroming te realiseren naar de dichtstbijzijnde groenvoorziening. Voorbeelden van zulke straten zijn het Keplerhof en de meest noordelijke zijstraat van de Mercatorlaan. Beide straten kennen een zeer hoge mate van verharding, zijn er veel parkeerplekken aanwezig en hebben garageboxen welke op maaiveldniveau staan. Deze garageboxen zijn daarom extra kwetsbaar tijdens hevige neerslag.



Figuur 34 Kwetsbare garageboxen bij het Keplerhof en de Mercatorlaan.

Het water moet van de garageboxen afgeleid worden. Dit kan door het straatprofiel aan te passen zodat het water van de garages af stroomt. Door bijvoorbeeld de parkeerplaatsen te verlagen kan het water hier tijdelijk vastgehouden worden voordat het afgevoerd kan worden door het riool. Ook kan er extra groen aangelegd worden waarnaar het water af kan stromen.

De eigenaren van de garageboxen zullen ook voor een deel moeten bijdragen. Zij kunnen er voor zorgen dat water minder makkelijk binnenkomt door een (waterkerende) drempel aan te leggen in de box. Door vertraagde afvoeren op de daken te plaatsen wordt de berging vergroot en het rioolsysteem ontlast



Figuur 35 Voorbeeld aangepaste regenafvoer voor vertraagde afvoer (Duurzaam Gebouwd, 2018).

5.6.2 Oplossen bergingstekort

Het resterend bergingstekort na 1 uur overstort was 7473,5m³. Door het toepassen van de 'must do' maatregelen en de variant zijn wordt dit bergingstekort verder terug gedrongen.

Verbinding Noord:	141m³
Verbinding Zuid:	54,1 m³
Watergang	37,7m ³
Duiker1 19m:	7,6 m ³
Duiker2 22m:	8,8 m ³
Niet meegenomen:	175,3
Verlagen groen:	6288,2m³
Oppervlakkige afstroming:	243,1m³
<i>(Extra berging verharding)</i>	
Totaal:	6726,4 m³
Resterend:	747,1m ³ ; 6,1mm

Toepassing

Met alleen deze maatregelen wordt voor 90% aan het bergingstekort voldaan. In de praktijk zal niet elke maatregel zoals beschreven worden toegepast. Dit wateroverschot zal ongeveer een half uur na de bui zijn afgevoerd via de riolering. Om het bergingstekort verder terug te dringen. Kunnen aanvullende maatregelen worden toegepast.

Kosten

Verbinding Noord:	€347.250,-
Verbinding Zuid:	€289.000,-
Verlagen Groen:	€43.400,-

De geschatte kosten van het uitvoeren van deze maatregelen is €679.650,- exclusief BTW. In deze kosten zijn alle kosten verwerkt van ontwerp tot uitvoer.

Hoofdstuk 6 Onderzoekresultaten

6.1 Antwoord deelvragen

Wat is de huidige inrichting van het plangebied en wat zijn de kansen en knelpunten?

Sterrenkwartier-Hoog is een buurt met alleen maar gestapelde welke kwalitatief zijn verouderd. Sterrenkwartier-Hoog wordt aan de zuidkant begrensd door de Plantenlaan. Alles ten zuiden van deze laan is Sterrenkwartier-Centraal genoemd en bestaat uit laagbouw. Midden in dit gebied bevindt zich het centrale groengebied van de wijk met hierin een singel. Dit gebied wordt door de hele wijk gebruikt voor dagelijkse ontspanning of voor een van de maatschappelijke gebouwen in de voorzieningenstrook. Het plangebied wordt aan de noordkant begrensd door een hoofdwaterloop, aan de westzijde door een secundaire watergang en in het midden van het gebied ligt de singel.

De secundaire watergangen hebben verversingsproblemen welke zijn ontstaan doordat het originele stedenbouwkundige plan van de wijk slechts voor de helft is gerealiseerd. Doordat de wijk onder het Sterrenkwartier destijds niet werd gerealiseerd kwam er een abrupt einde aan de watergangen. Door financiële problemen, ruimtegebrek en het ontbreken van doorlopende groenblauwe structuren is door de jaren heen het plangebied volgebouwd ten koste van het watersysteem en de groene ruimte.

In de SWOT-Analyses is een opsomming gegeven van alle kansen en knelpunten. De belangrijkste bevindingen zijn:

- Slecht doorlatende bodem
- De groenvoorzieningen liggen hoger dan de verharding.
- Het hoofdwatersysteem is robuust.
- De doorstroming in de secundaire watergangen is onvoldoende.
- De duiker in de singel functioneert niet.
- De duiker in de westelijke watergang is afgesloten voor een rioolontsluiting.
- Het onderhoud van de singel is twijfelachtig.

Welke plannen en doelstellingen zijn er voor het plangebied?

Sterrenkwartier-Hoog

De gemeente Nissewaard en wooncorporatie Maasdelta hebben besloten alle corporatiewoningen in Sterrenkwartier-Hoog te slopen. Het doel is om een veelzijdig gebied ontwikkelen zodat een meer gebalanceerde bevolkingssamenstelling wordt bereikt. De nieuwe woningen worden op basis van de huidige bebouwingsstructuren gebouwd en hiernaast wordt naar schatting 1,9 hectare van de huidige groene ruimte volgebouwd. De verplichte watercompensatie voor de extra verharding wordt in het uiterste noordoostelijke punt van het plangebied gerealiseerd. In de vernieuwde wijk zal drainage worden aangebracht die grondwater- onderlast en overlast zal tegengaan. De gebiedsontwikkeling zal in vier fases worden opgeleverd en na het opleveren van de laatste fase wordt de hoofdontsluitingsweg de Planetenlaan vernieuwd.

Focusgebied Sterrenkwartier-Centraal

Het centrale groengebied zal op relatief korte termijn worden geherstructureerd. Hierbij zullen de verouderde basisscholen en bijbehorende voorzieningen worden gesloopt en vervangen. Om de gebiedsontwikkeling betaalbaar te houden wil de gemeente de grond in het plangebied verkopen ten behoeve van woningbouw. Hierdoor zal de waarde van het gemeenschappelijke groengebied verder afnemen. Ruimtelijke ontwikkelingen bieden een goed aanknopingspunt om de problematische singel aan te pakken. Ook zal er een zorgcentrum worden gebouwd in het gebied.

Welke grondwaterproblematiek speelt er in het plangebied?

Het grondwater komt in de natste maanden tot 40 tot 25 cm onder het maaiveld waardoor het in de kruipruimtes terecht komt (-0,5m onder maaiveld). Deze hoge grondwaterstand komt door de slechte doorlatendheid van de bodem. Doordat de huidige watergangen te ver uit elkaar liggen kan het water niet snel genoeg afgevoerd worden en een sterke opbolling ontstaat. Om de grondwateroverlast aan te pakken dient aanvullende drainage te worden aangelegd.

Hoe groot is het bergingstekort tijdens een bui van 79mm in één uur?

Het bergingstekort tijdens een bui van 79mm in één uur is berekend voor Sterrenkwartier-Hoog en Sterrenkwartier-Centraal. In Sterrenkwartier-Hoog treedt er in de huidige situatie een totaal bergingstekort op van 5493,4m³. Door de toename van het verhard oppervlak in de gebiedsontwikkeling neemt dit bergingstekort toe naar 5846,8m³. De wateroverlast op het verhard oppervlak is 89,1mm en het duurt 7,6 uur voor dit water is overgestort op de watergang en wordt afgevoerd.

Het bergingstekort van Sterrenkwartier-Centraal is 23479,2m³. De wateroverlast op het verhard oppervlak is 136,1mm en het duurt 8,4 uur voor dit water is overgestort op de watergang en wordt afgevoerd.

Hoe groot is de watervraag van de groenblauwe buitenruimte tijdens extreme droogte?

Het verdampingsoverschot tijdens extreem droge maand juli 2018 was 131,2mm (4,23mm/dag). De berekende (onvolledige) verdamping is 2819,9m³ voor de hele maand en 91m³ per dag. De bomen en struiken in het gebied ondervinden geen schade door deze droogte. Echter, het gras zal de onomkeerbare schade oplopen als er niet na elke 10 dagen 374,8 m³ wordt aangevoerd, wat uitkomt op 749,5 m³. De verdamping van het oppervlaktewater is 781,2m². Deze verdamping zal in de werkelijkheid worden aangevuld met water uit het peilgebied. De totale watervraag is hierdoor 1530,7m³

Welke maatregelen kunnen het beste worden toegepast om een robuust watersysteem te realiseren?

Om een robuust watersysteem te creëren dient de doorstroming van de secundaire watergangen te worden verbeterd en dient het bergingstekort te worden opgelost. De doorstroming kan het best worden verbeterd door open waterverbindingen aan te leggen. De grondwateroverlast kan het best worden opgelost door aanvullende drainage aan te leggen.

De strategie om het bergingstekort op te lossen is om overtollig water via oppervlakkige afvoer te laten afstromen naar groenvoorzieningen waar het geborgen en afgevoerd kan worden. Om dit mogelijk te maken zullen aanpassingen moeten worden gedaan aan het straatprofiel en zullen de groenvoorzieningen moeten worden verlaagd. Hiernaast zijn aanvullende maatregelen opgesteld welke individueel bijdragen aan veerkrachtig watersysteem.

Waar kunnen de verschillende maatregelen het beste worden ingepast?

Voor alle 'must do' maatregelen en de voorkeursvariant is in de toepassingen beargumenteerd waarom dit de beste locaties zijn om de maatregelen in te passen. Hiervoor zullen ook buiten het plangebied moeten worden genomen. Voor de aanvullende maatregelen is aangegeven welke ruimtes het meest geschikt zijn om de maatregelen toe te passen. Hierbij is in het specifiek benoemd dat de huidige probleemlocaties moeten worden beschermd tegen waterschade.

6.2 Conclusie

De hoofdvraag van dit onderzoek luidt: *"Welke integrale ingrepen kunnen het beste voor het Sterrenkwartier worden genomen om een veerkrachtig watersysteem te realiseren en meerwaarde te geven aan het gebied?"*

Aan de hand van de geplande ruimtelijke ontwikkelingen kunnen de huidige en toekomstige knelpunten in het watersysteem worden aangepakt. Om de doorstroming in het gebied te verbeteren moeten open waterverbindingen worden aangelegd. De doorstroming van de watergang bij het Hydrapad kan worden verbeterd door een duiker te plaatsen. De doorstroming in de singel kan het best worden verbeterd door zowel aan de noord- als zuidzijde een open verbinding aan te leggen. De noordelijke verbinding dient hiermee tegelijkertijd als de verplichte watercompensatie van Sterrenkwartier-Hoog. Voor de zuidelijke verbinding moet een nieuwe watergang worden aangelegd zodat wordt aangesloten op het watersysteem van de Akkers.

De grondwateroverlast in het gebied komt door de slechte doorlatendheid van de bodem, waardoor een sterke opbolling ontstaat. Het probleem kan worden opgelost door aanvullende drainage aan te leggen.

De strategie om het bergingstekort op te lossen is om het overtollige water via oppervlakkige afvoer te laten afstromen naar groengebieden waar het geborgen en rustig afgevoerd kan worden. Om dit mogelijk te maken moeten de groenvoorzieningen worden verlaagd en het straatprofiel worden aangepast. Om waterschade te voorkomen tijdens een 79mm bui in één moet het straatprofiel dusdanig worden aangepast dat het water niet meer naar de overlastgevoelige locaties kan stromen. Door aanvullende maatregelen toe te passen kan de berging verder worden vergroot en kan meerwaarde worden gecreëerd aan het gebied.

Door de verschillende maatregelen toe te passen in het plangebied wordt het groene karakter van de wijk versterkt, krijgt het gebied meer ecologische waarde en als er een goede detailuitwerking van de plannen worden gemaakt kan er sociale en esthetische meerwaarde worden gecreëerd.

De maatregelen zijn robuust omdat er weinig aan kapot kan gaan waardoor er minder onderhoud benodigd is. Door de natuurlijke doorspoeling en het verminderen van de vuilwater overstorten zal er minder snel een dikke sliblaag worden gevormd en worden de verversingsgemalen overbodig. Hierdoor neemt de duurzaamheid van het gebied toe.

6.3 Discussie en aanbevelingen

6.3.1 Discussie op onderzoekskwaliteit

In het neerslagmodel is er van uit gegaan dat er geen afstroming van het groenoppervlak plaatsvindt. In de werkelijkheid is er enige afstroming van het groengebied naar het wateroppervlak waardoor het watervolume in de singel toeneemt. Omdat de berging wordt vergroot, de wateraanvoer wordt vertraagd, de afvoer van de watergangen wordt vergroot en gemaal Putten voldoende bemalingscapaciteit heeft wordt aangenomen dat dit extra water niet tot problemen zal leiden. Om dit zeker te weten kan er een aanvullend onderzoek worden gedaan naar de neerslageffecten op een groter oppervlak.

Het advies is deels gericht buiten de grenzen van het plangebied. Omdat geen verdiepend onderzoek is gedaan naar dit nieuwe plangebied kan de haalbaarheid ter discussie worden gesteld. Om de zuidelijke open verbinding te realiseren moet eerst aanvullend onderzoek worden gedaan naar het nieuwe plangebied.

De multicriteria analyse is een erg beïnvloedbaar instrument doordat de scores en wegingscriteria ter discussie kunnen worden gesteld. Om de ingevulde waarden zo herleidbaar mogelijk te maken zijn de scores verklaard.

6.3.2 Discussie op resultaten

De aanbevolen maatregelen zijn globaal uitgewerkt. Voor een betere benadering van de effecten moeten de maatregelen worden door experts. Voor de verdere invulling van de inrichting moet een landschapsarchitect of stedenbouwkundige worden geraadpleegd.

Uit de gebiedsanalyse blijkt dat de staat van de singel niet toereikend is. Dit komt door de huidige problemen, maar ook door het vele (organische) afval. Hierdoor is af te vragen of het onderhoud van de singel wel voldoende is. Hierdoor wordt aanbevolen onderzoek te doen naar een gepaste beheer en onderhoudscyclus van de (vergelijkbare) secundaire watergangen.

De haalbaarheid van de oppervlakkige afstroom hangt erg af van het hoogtevverloop in het maaiveld. Voordat oppervlakkige afvoer mogelijk wordt gemaakt nader onderzoek gedaan worden het hoogtevverloop en de haalbaarheid van oppervlakkige afstroming.

De doorstroming verbeteren en de berging vergroten in het oppervlaktewater is tegenstrijdig. Door een watergang te versmallen wordt de doorstroming verbeterd, maar berging verloren.

Er wordt geconcludeerd dat het onderhoud afneemt. Echter, kan door het versterken van het groene karakter van de wijk het groenonderhoud toenemen. Gezien het feit dat het oppervlak publiek groen netto nog steeds afneemt wordt geen toename in groenbeheer verwacht.

6.3.3 Reflectie beroepsproduct

Het beroepsproduct presenteert de onderzochte maatregelen. Het doel van het product was om een flexibel advies te presenteren waarin de effectiviteit, aanlegkosten, toepasbaarheid en beheer & onderhoud per maatregel worden beschreven. Het beroepsproduct is een mix geworden tussen sterk aanbevolen maatregelen en aanvullende maatregelen welke vrij ingezet kunnen worden. Hiermee voldoet het aan de afgesproken eisen. Alhoewel de nadere toelichting in de scriptie staat geeft het beroepsproduct de gemeente genoeg houvast om samen met projectontwikkelaars het meest ideale maatregelen pakket voor de wijk samen te stellen.

6.3.4 Aanbevelingen

De geplande woningbouw in focusgebied Sterrenkwartier-Centraal is redelijk controversieel. Omdat er in Sterrenkwartier-Hoog al bijna 2 hectare openbaar groen verdwijnt zou het oneerlijk tegenover de wijkbewoners zijn om nog meer groene ruimte te laten verdwijnen. Het gebied heeft een groene functie en wordt door heel de wijk gebruikt om te ontspannen. Voor het welzijn van de bewoners wordt aanbevolen om de groene functie van het centrale groengebied te versterken zodat de bewoners een plek te hebben waar kunnen ontspannen. Uit de historische analyse blijkt dat het verkopen van gemeentegronnen op de korte termijn geld oplevert, maar op de lange termijn tot problemen kan leiden. Omdat de gemeente minder invloed heeft op de ruimtelijke inrichting kan dit leiden tot extra maatregelen en beheerkosten. De misgelopen opbrengsten kunnen worden opgehaald binnen de gebiedsontwikkeling van Sterrenkwartier-Hoog.

Er wordt sterk aanbevolen de 'must do' maatregelen uit te voeren als beschreven in hoofdstuk 5. Vooral voor het creëren van de open verbindingen zijn de ruimtelijke ontwikkelingen een unieke kans om systematische problemen in het gebied op te lossen. Na deze ontwikkelingen zullen de sommige maatregelen niet meer uitvoerbaar zijn.

Bij het aanleggen of aanpassen van groenvoorzieningen wordt geadviseerd nader onderzoek te doen naar de te gebruiken vegetatiesoort. Uit het onderzoek blijkt dat gras niet goed bestand is tegen langdurige droogte waardoor het misschien raadzaam meer gebruik te maken van droogtebestendige vegetatiesoorten. Aan de andere kant zullen de groenvoorzieningen ingezet worden als waterberging. Hierdoor zullen meer waterbestendige vegetatiesoorten moeten worden ingezet. Voor de helofytenfilters kan worden onderzocht welke vegetatiesoorten de grootste zuiverende capaciteit hebben.

Om grondwateroverlast in Sterrenkwartier-Centraal te voorkomen is een maximale drainafstand 6,25m bij een drainagebuis van 10cm benodigd. Omdat deze drainafstand haalbaar in het publieke terrein wordt aanbevolen geen aanvullende drainage aan te leggen. Hiermee blijven de bewoners zelf verantwoordelijk voor maatregelen tegen grondwateroverlast. Er wordt aanbevolen om drainage pas aan te leggen bij een volledige herstructurering van Sterrenkwartier-Centraal.

Om waterschade te voorkomen wordt aanbevolen locatiespecifieke maatregelen te nemen bij de probleemlocaties. Dit kan door de eigenaren van de risicopanden in te lichten zodat zij zich bewust zijn van het probleem en zelf actie kunnen ondernemen. Vooral het gebied rondom het hoogspanningsstation is erg kwetsbaar door de lage ligging. Door netbeheerder Stedin en het naastgelegen autobedrijf in te lichten en het straatprofiel aan te passen kan wellicht materiele en maatschappelijke schade worden voorkomen. Bij toekomstige wordt aanbevolen het terrein te verhogen.

Om snelle peilstijgingen in het oppervlaktewater te voorkomen in Sterrenkwartier-Hoog doet de gemeente er verstandig aan vertraagd af te voeren door gebruik te maken van de groenvoorzieningen. Hier kan het infiltreren en afgevoerd worden via de bodem. Om de afvoer in de slecht doorlatende bodem te versnellen kan gebruik gemaakt worden van verticale drainage door grind/zandschermen aan te brengen richting de drainagebuizen.

Bibliografie

- ABB Bouwgroep. (s.d.). *Over ABB*. Opgeroepen op november 5, 2019, van www.abbbouwgroep.nl/over-abb/
- ABB Bouwgroep. (s.d.). *Stella Nova, Spijkenisse*. Opgeroepen op november 5, 2019, van [www.abbbouwgroep.nl: https://www.abbbouwgroep.nl/projecten/stella-nova/](http://www.abbbouwgroep.nl/projecten/stella-nova/)
- AHN. (s.d.). AHN Viewer. Opgeroepen op oktober 31, 2019, van <https://www.ahn.nl/ahn-viewer>
- AlleCijfers.nl. (2019). *Informatie wijk Sterrenkwartier*. Opgeroepen op december 28, 2019, van [www.allecijfers.nl: https://allecijfers.nl/wijk/sterrenkwartier-nissewaard/](http://www.allecijfers.nl/https://allecijfers.nl/wijk/sterrenkwartier-nissewaard/)
- Benschop, B. (s.d.). 40 JAAR RECREATIE OP DE 1000-JARIGE BERNISSE. *Op Voorne-Putten*. Opgeroepen op oktober 22, 2019, van <https://www.opvoorneputten.nl/blogpost/40-jaar-recreatie-op-de-1000-jarige-bernisse/>
- Biron, i. D. (2004). *Beter bouw- en woonrijp maken*. Opgeroepen op november 19, 2019, van <https://d1rkab7tlqy5f1.cloudfront.net/CiTG/Over%20faculteit/Afdelingen/Watermanagemnt/Education/Completed%20MSc%20theses/2005%20-%202009/BRM2004.pdf>
- Blanken, E. (2007). *Spijkenisse: van dorp tot stad*. Opgeroepen op december 1, 2019, van [file:///C:/Users/mooijmaq2965/Downloads/Spijkenisse%20\(8\).pdf](file:///C:/Users/mooijmaq2965/Downloads/Spijkenisse%20(8).pdf)
- BONAS. (1963). *Woonwijk Brabant Spijkenisse*. Opgeroepen op december 10, 2019, van [www.Bonas.nl: https://bonas.nl/archiwijzer/archiwijzer.htm](http://www.Bonas.nl/https://bonas.nl/archiwijzer/archiwijzer.htm)
- Bouw en uitvoering. (2015). *Van groen naar groen-blauw*. Opgeroepen op januari 8, 2020, van https://bouwenuitvoering.nl/dak_en_gevel/van-groen-naar-groen-blauw/
- CBS. (2016). *Inkomen per gemeente en wijk, 2016*. Opgeroepen op oktober 30, 2019, van [www.cbs.nl: https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2019/38/inkomen-per-gemeente-en-wijk-2016](http://www.cbs.nl/https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2019/38/inkomen-per-gemeente-en-wijk-2016)
- CBS. (2019, september 6). Regionale kerncijfers Nederland. Opgeroepen op oktober 14, 2019, van <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/70072NED/table?fromstatweb>
- Centrum projecten. (s.d.). *Spijkenisse - Sterrenhof*. Opgeroepen op oktober 15, 2019, van [www.centrumprojecten.nl: http://www.centrumprojecten.nl/portfolio/spijkenisse-sterrenhof/](http://www.centrumprojecten.nl/https://www.centrumprojecten.nl/portfolio/spijkenisse-sterrenhof/)
- Cultuurtechnische vereniging. (1988). *Cultuurtechnisch Vademecum*. Opgeroepen op december 5, 2019, van <https://edepot.wur.nl/188194>
- DINOloket. (s.d.). Ondergrondgegevens. Opgeroepen op september 30, 2019, van <https://www.dinoloket.nl/https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>
- Don, P. (1992). *Voorne-Putten*. Opgeroepen op oktober 8, 2019, van https://www.dbnl.org/tekst/don_003voor01_01/don_003voor01_01_0003.php
- Duurzaam Gebouwd. (2018). *Wat is een retentiedak en welke systemen zijn er?* Opgeroepen op januari 5, 2020, van [www.duurzaamgebouwd.nl:](http://www.duurzaamgebouwd.nl/)

<https://www.duurzaamgebouwd.nl/artikel/20181211-wat-is-een-retentiedak-en-welke-systemen-zijn-er->

Energiesite. (s.d.). *Gemiddeld energieverbruik per huishouden*. Opgeroepen op november 28, 2019, van www.energiesite.nl: <https://www.energiesite.nl/veelgestelde-vragen/wat-is-een-gemiddeld-energieverbruik/>

Energiezuinighuis.nl. (2019). *Vocht in de kruipruimte*. Opgeroepen op oktober 11, 2019, van www.energiezuinighuis.nl: <https://www.energiezuinighuis.nl/kijknaardeoplossingen/vochtindekruipruimte/index.html>

Gemeente Nissewaard. (2004). *Aquaflow en drainage*. Opgeroepen op november 20, 2019, van [file:///C:/Users/mooijmaq2965/Documents/Handige%20documenten/Kaarten/Riolering,%20Kabels%20en%20leidingen/Aquaflow%20en%20drainage%20Kometenstraat%20eo%20Sterrenkwartier%20e%20fase%20%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/mooijmaq2965/Documents/Handige%20documenten/Kaarten/Riolering,%20Kabels%20en%20leidingen/Aquaflow%20en%20drainage%20Kometenstraat%20eo%20Sterrenkwartier%20e%20fase%20%20(1).pdf)

Gemeente Nissewaard. (2016). *Gemeentelijk Rioleringsplan 2017-2021*. Opgeroepen op november 5, 2019, van https://www.nissewaard.nl/afval-en-openbare-ruimte/afval-en-openbare-ruimte_to/gemeentelijk-rioleringsplan-20172021.htm

Gemeente Nissewaard. (2018). *Nissewaard naar 2040*. Opgeroepen op oktober 8, 2019, van [file:///C:/Users/mooijmaq2965/Downloads/Nissewaard%20naar%202040%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/mooijmaq2965/Downloads/Nissewaard%20naar%202040%20(2).pdf)

Gemeente Nissewaard. (2018). *Nissewaard naar 2040*. Opgeroepen op oktober 4, 2019, van [file:///C:/Users/mooijmaq2965/Downloads/Nissewaard%20naar%202040%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/mooijmaq2965/Downloads/Nissewaard%20naar%202040%20(1).pdf)

Gemeente Nissewaard. (2019). *Bestemmingsplan StellaNova, Spijkenisse*. Opgeroepen op november 27, 2019, van <http://ruimtelijkeplannen.nissewaard.nl/>

Gemeente Nissewaard. (2019). *Buurtmonitor*. Opgeroepen op oktober 30, 2019, van nissewaard.buurtmonitor.nl: <https://nissewaard.buurtmonitor.nl/dashboard/Bevolking--bevolking/>

Gemeente Spijkenisse. (2009). *Archeologische waardenkaart van de gemeente Spijkenisse*. Opgeroepen op november 27, 2019, van [file:///C:/Users/mooijmaq2965/Downloads/Archeologische%20waardenkaart%20Nissewaard%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/mooijmaq2965/Downloads/Archeologische%20waardenkaart%20Nissewaard%20(2).pdf)

Gemeenten Voorne-Putten. (2018). *Routekaart duurzaam Voorne-Putten 2040*. Opgeroepen op oktober 23, 2019

Google. (s.d.). *Maps*. Opgeroepen op januari 4, 2020, van www.google.com/maps: <https://www.google.com/maps/place/Spijkenisse/@51.8422526,4.3263899,17.27z/data=!4m5!3m4!1s0x47c449e862c78f95:0xbd2ac735bbcf13b4!8m2!3d51.8561502!4d4.2972181>

Groen blauwe schoolpleinen. (s.d.). *IKC De Kindertuin, Maassluis*. Opgeroepen op december 30, 2019, van www.groenblauweschoolpleinen.nl: <https://www.groenblauweschoolpleinen.nl/projecten/ikc-de-kindertuin/>

H2O. (2009). *Stedelijk Waterplan Spijkenisse. H2O*. Opgeroepen op september 30, 2019, van <http://edepot.wur.nl/342093>

- Innovatie Veenkoloniën. (s.d.). *Factsheet Praktijknetwerk berekening: Beregeningsadviesystemen*. Opgeroepen op januari 8, 2020, van [file:///C:/Users/mooijmaq2965/Downloads/factsheet_Beregeningsystemen-def%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/mooijmaq2965/Downloads/factsheet_Beregeningsystemen-def%20(2).pdf)
- Kadaster. (2019). Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG). Opgeroepen op oktober 15, 2019, van <https://bagviewer.kadaster.nl/lvbag/bag-viewer/index.html?geometry.x=81645.06032105&geometry.y=428509.55435791&zoomlevel=4>
- Kadaster. (s.d.). *Topotijdreis*. Opgeroepen op December 11, 2019, van www.topotijdreis.nl: <https://www.topotijdreis.nl/>
- Kalkman, L. (2019). Kenmerken gemaal en persleiding Waterman. Opgeroepen op september 30, 2019
- KNMI. (2011). Extreme neerslagsom in Herwijnen. Opgeroepen op oktober 7, 2019, van <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/extreme-neerslagsom-in-herwijnen>
- KNMI. (2014). *KNMI'14-scenario's*. Opgeroepen op september 25, 2019, van http://www.klimaatscenario's.nl/images/Brochure_KNMI14_NL.pdf
- KNMI. (2018). *Maandoverzicht neerslag en verdamping in Nederland*. Opgeroepen op december 20, 2019, van https://cdn.knmi.nl/knmi/map/page/klimatologie/gegevens/monv/monv_201807.pdf
- KNMI. (s.d.). *Extreme neerslagsom in Herwijnen*. Opgeroepen op november 22, 2019, van <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/extreme-neerslagsom-in-herwijnen>
- Liebrechts, M. (2011). *De jaren zestig wijk: stempels als stedenbouwkundige ordening*. Opgeroepen op september 25, 2019, van <http://www.bestandewijk.nl/de-jaren-zestig-wijk-5-de-stempels-als-stedenbouwkundige-ordening/>
- Maasdelta. (2015). *Ondernemingsplan Maasdeltagroep 2016-2020*. Opgeroepen op november 5, 2019, van https://www.maasdelta.nl/fileadmin/user_upload/publicaties/Ondernemingsplan_2016-2020.pdf
- Maasdelta. (2018). *Nieuwbouwplannen Sterrenkwartier Hoog fase 1*. Opgeroepen op oktober 4, 2019, van www.Sterrenkwartierhoog.nl: <https://www.sterrenkwartierhoog.nl/nieuws/nieuwsbericht/item/143/>
- Maasdelta. (s.d.). *Over ons*. Opgeroepen op november 5, 2019, van www.maasdelta.nl: <https://www.maasdelta.nl/over-maasdelta/over-ons/>
- Maasdelta. (s.d.). *Planning*. Opgeroepen op november 20, 2019, van <https://www.sterrenkwartierhoog.nl/planning/>
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2016). *Factsheets normering primaire waterkeringen*. Opgeroepen op oktober 23, 2019, van [https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/normen/](http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/normen/)

- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2016). *Technisch-inhoudelijke uitwerking van eisen aan primaire keringen*. Opgeroepen op oktober 23, 2019, van <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/normen/>
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2017). *Deltaprogramma 2018*. Opgeroepen op oktober 18, 2019, van <https://deltaprogramma2018.deltacommissaris.nl/viewer/chapter/1/2-deltaprogramma-/chapter/brief.html>
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2019). *Deltaprogramma 2020*. Opgeroepen op oktober 18, 2019, van <https://ruimtelijkeadaptatie.nl/overheden/deltaplan-ra/>
- Nationale Energieatlas. (2019). *Energieatlas voor woningen*. Opgeroepen op oktober 16, 2019, van <https://www.nationaleenergieatlas.nl/kaarten>
- Nissewaard woont. (2018, december 5). *Prestatieafspraken Nissewaard*. Opgehaald van Maasdelta.nl: <https://www.maasdelta.nl/nc/over-maasdelta/publicaties/nieuws/nieuwsbericht/prestatieafspraken-voor-2019-getekend/>
- Nissewaard, G. (2018). *Hemelwaterstresstest*. Opgeroepen op januari 2, 2020
- Nissewaard, G. (2019). *Voorstel situering Kleinschalig wonen*. Opgeroepen op oktober 29, 2019
- Onbekend. (1968). *Polder Brabant, Hekelingen en Vriesland, gemeente Spijkenisse en Geervliet*. Nationaal Archief. Opgeroepen op oktober 17, 2019, van <https://www.nationaalarchief.nl/onderzoeken/kaartencollectie/b06e1b18-d0b4-102d-bcf8-003048976d84>
- Onbekend. (s.d.). *Kabels en leidingenkaart*. Gemeente Nissewaard. Opgeroepen op oktober 30, 2019
- Provincie Zuid-Holland. (2009). *Waterverordening Zuid-Holland*. Opgeroepen op januari 6, 2020, van https://decentrale.regelgeving.overheid.nl/cvdr/xhtmlloutput/historie/Zuid-Holland/72380/72380_4.html
- Provincie Zuid-Holland. (2011). *Leefstijlatlas*. Opgeroepen op oktober 28, 2019, van <http://pzh.b3p.nl/viewer/app/Leefstijlatlas>
- Provincie Zuid-Holland. (2014). *Waterverordening Zuid-Holland*. Opgeroepen op november 5, 2019, van https://decentrale.regelgeving.overheid.nl/cvdr/xhtmlloutput/historie/Zuid-Holland/72380/72380_4.html
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (s.d.). *Algemene begrippen gebouwen*. Opgeroepen op oktober 29, 2019, van www.rvo.nl: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels/algemene-begrippen>
- Rijkswaterstaat. (2014). *Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie*. Opgeroepen op oktober 18, 2019, van <https://ruimtelijkeadaptatie.nl/deltabeslissing/deltabeslissing/>
- Rijkswaterstaat. (2018, oktober 11). *Het nieuwgebouwde gemaal Putten; ongeschonden op weg naar de polder*. Opgeroepen op oktober 22, 2019, van <https://www.rijkswaterstaat.nl/nieuws/2018/10/het-nieuwgebouwde-gemaal-putten-ongeschonden-op-weg-naar-de-polder.aspx>

- Rijkswaterstaat. (s.d.). *Gemeentelijk rioleringsplan*. Opgeroepen op oktober 17, 2019, van [www.infomil.nl: https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/wetgeving/wet-milieubeheer/gemeentelijk/inhoud-gemeentelijk/](https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/wetgeving/wet-milieubeheer/gemeentelijk/inhoud-gemeentelijk/)
- Rijnmond. (2017). Zestien flatgebouwen Spijkenisse worden gesloopt. Opgeroepen op september 25, 2019, van <https://www.rijnmond.nl/nieuws/156338/Zestien-flatgebouwen-Spijkenisse-worden-gesloopt>
- Samenwerking Voorne-Putten. (2018). *Voorne-Putten houdt het hoofd koel*. Opgeroepen op oktober 17, 2019, van https://www.climateadaptationservices.com/wp-content/uploads/2019/02/Strategie-klimaatadaptatie-Voorne_Putten-Definitief.pdf
- Samenwerking Voorne-Putten. (s.d.). *Geschiedenis*. Opgeroepen op oktober 8, 2019, van Samenwerking Voorne-Putten: http://www.samenwerkingvoorneputten.nl/home/geschiedenis_3368/
- Smerecnik, C., & Lisette, Z. (2013). *De kracht van groen*. Opgeroepen op december 16, 2019, van <https://edepot.wur.nl/319396>
- Stadsregio Rotterdam. (s.d.). Woonlastenatlas Stadsregio Rotterdam. Opgeroepen op december 28 <http://1.maps.arcgis.com/apps/OnePane/basicviewer/index.html?appid=47c54a12fa924be788580aebc3bfd5ab>, 2019
- Stichting Bouw Research. (2007). *Ontwatering in stedelijk gebied*. Opgeroepen op november 19, 2019, van <https://edepot.wur.nl/117102>
- Stichting Nederlandse Watersector. (s.d.). *RWZI Spijkenisse*. Opgeroepen op november 18, 2019, van [www.watersector.nl: https://www.watersector.nl/rwzi/19/rwzi](https://www.watersector.nl/rwzi/19/rwzi)
- STOWA. (2009). *Verbetering bepaling actuele verdamping voor het strategisch waterbeheer*. Opgeroepen op januari 8, 2020, van <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202000-2010/Publicaties%202005-2009/STOWA%202009-11.pdf>
- van Ginkel, E. (2014). *Arceologie van Zuid-Holland*. Opgeroepen op oktober 8, 2019, van www.geschiedenisvanzuidholland.nl: <https://geschiedenisvanzuidholland.nl/verhalen/arceologie-van-zuid-holland>
- van Hout, J., & van Trent, G. (2019). *Rapport grondwater*. Opgeroepen op oktober 4, 2019
- van Oudheusden, A. (2015). *REAL PLANV STERRENHOF Riolering*. Gemeente Nissewaard. Opgeroepen op november 18, 2015, van <file:///C:/Users/mooijmaq2965/Documents/Handige%20documenten/Kaarten/Riolering,%20Kabels%20en%20leidingen/Kaarten%20Leen/Nu-situatie%20Sterrenhof.pdf>
- Vogel, L. d. (2003). *Stedelijk waterprojecten*. Gemeente Spijkenisse. Opgeroepen op oktober 4 2019, van file:///C:/Users/mooijmaq2965/Documents/Handige%20documenten/Kaarten/waterstaatku ndige%20kaart_Jon.pdf
- Waterschap de Brielse Dijkring. (2004, september 24). *Besluit van de Verenigde Vergadering van het waterschap De Brielse Dijkring houdende het peil in het bemalingsgebied Putten*. Opgeroepen op oktober 21, 2019, van decentrale.regelgeving.overheid.nl:

http://decentrale.regelgeving.overheid.nl/cvdr/XHTMLoutput/Historie/Waterschap%20Hollandse%20Delta/449266/449266_1.html

Waterschap de Brielse Dijkkring. (2004). *Peilbesluit Zoetwaterboezem*. Opgeroepen op oktober 22, 2019, van <https://repository.officiële-overheidspublicaties.nl/externebijlagen/exb-2018-38752/1/bijlage/exb-2018-38752.pdf>

Waterschap Hollandse Delta. (2008). *Evaluatie Stedelijk waterplan Spijkenisse*. Opgeroepen op november 18, 2019, van [file:///C:/Users/mooijmaq2965/Documents/Handige%20documenten/Rapportages/Evaluatie%20Stedelijk%20Waterplan%20Spijkenisse%20rapport%20\(WSHD\)%20\(1\).PDF](file:///C:/Users/mooijmaq2965/Documents/Handige%20documenten/Rapportages/Evaluatie%20Stedelijk%20Waterplan%20Spijkenisse%20rapport%20(WSHD)%20(1).PDF)

Waterschap Hollandse Delta. (2014, december 2). *Legger wateren en kustwerken*. Opgeroepen op oktober 23, 2019, van <https://wshd.maps.arcgis.com/apps/Viewer/index.html?appid=6803a257663944ecbad43a1706fec47>

Waterschap Hollandse Delta. (2015). *Waterbeheerprogramma 2016-2021*. Opgeroepen op oktober 28, 2019, van <https://www.wshd.nl/mgd/files/waterbeheerprogramma-2016-2021-interactief.pdf>

Waterschap Hollandse Delta. (2018). *Projectplan aanleg natuurvriendelijke oevers langs de Vierambachtenboezem in Spijkenisse*. Opgeroepen op november 19, 2019, van <https://repository.officiële-overheidspublicaties.nl/externebijlagen/exb-2018-64927/1/bijlage/exb-2018-64927.pdf>

Waterschap Hollandse Delta. (2018). *WSHD Waterwerken 2017/2018*. Interactief rapport. Opgeroepen op oktober 23, 2019, van <https://wshd.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=02187f1cbf2347b59a0e0f23321e1e20>

Waterschap Hollandse Delta. (s.d.). *Beheerregister Watersystemen*. Opgeroepen op september 26, 2019, van <https://wshd.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=01b3f2ed5f0a426090d0d09e2b5c8fe1>

Bijlage 1 - Interview Maarten Venstra

Senior gebruiker. Verantwoordelijk voor het volledige beheer van de buitenruimte.

De beoogde plannen en doelstellingen van het gebied

- Welke ontwikkelingen staan er op de planning voor het Sterrenkwartier?

Gecombineerd schoolgebouw, openbaar schoolplein (ook voor kinderen uit de buurt), zorgcentrum voor dementerende ouderen die nog wel zelfstandig zijn

- Vanuit welk beleid (of regelgeving) vloeien deze plannen voort?

De gebouwen zijn simpelweg verouderd

- Wat is het doel van de Projecten?

Een nieuw gevarieerder woonaanbod. En vernieuwingen op de 'voorziening strook'.

- Wat voor functies krijgt het multifunctionele gebouw aan de Waterman?

Basisschool + kinderopvang

Algemeen waterbeleid binnen ontwikkelprojecten

- Wat zijn de huidige (gebruikers)eisen die gesteld worden tijdens ontwikkelingsprojecten met betrekking tot klimaatadaptatie.

Duurzaamheid in de breedste zin van het woord is erg belangrijk voor ontwikkelprojecten binnen de gemeente. Na oplevering moet het gebied namelijk ook onderhouden worden en dit kost geld. Systemen moeten met zo min mogelijk extra maatregelen kunnen functioneren.

- In hoeverre wordt klimaatadaptatie verwerkt in ontwikkelprojecten

De gemeente zet ook erg in op de vergroening van het plangebied. De gemeente eist van de aannemer dat de drainage goed wordt opgeleverd zodat er geen problemen zijn met natte kruipruimtes. De huizen worden energieneutraal opgeleverd. Er zijn in het verleden infiltratievoorzieningen aangelegd, maar dit blijkt niet te werken

- Staan er ingrepen gepland op het watersysteem?

De compensatie van de verharding

- Hoe is de samenwerking met het waterschap? **(Gezien de vele gemalen en stuwen in eigen beheer)**

Wanneer de gemeente ontwikkelplannen heeft waarbij ingrepen moeten worden gedaan in het watersysteem moeten zij dit, met goedkeuring van het waterschap, zelf aanleggen. Dit betekent dat zij dit vervolgens ook zelf moeten onderhouden.

Locatiespecifieke uitdagingen

- In hoeverre bent u bekend met gebiedsspecifieke knelpunten? (op het gebied van: ruimtelijke inrichting, ondergrond, watersysteem en waterkwaliteit)

De slecht infiltrerende bodem. De sportschool in de voorzieningenstrook particulier gebied.

- Bent u bekend of (en op welke manier) bewoners van het Sterrenkwartier wateroverlast ervaren?

De gemeente krijgt wel eens klachten dat er water bij mensen in de tuin staat. Vaak zijn deze tuinen helemaal verhard en hebben de bewoners zelf niet door dat ze verantwoordelijk zijn voor de waterhuishouding op hun grondgebied. Bewustzijn ontbreekt

- Zijn er belangrijke belemmeringen in de ondergrond bij het uitvoeren van projecten/maatregelen?

Maarten moedigt het juist aan om boringen en dergelijke te doen in het gebied.

- Wat zijn de grootste valkuilen binnen adaptief bouwen?

Wie betaald de kosten

- Hoe zit het met de effecten van wateroverlast op het Hoogspanningsstation

Geen idee

- Hoe zit het met de infiltratiekrachten die verwijderd worden?

Het functioneerde niet naar behoren. De infiltrerende capaciteit was te laag.

Belangrijke gebruikerseisen vanuit de gemeente binnen projecten

- Wat zijn volgens u passende gebruikerseisen bij het toekomstbestendig maken van de ruimtelijke inrichting en het watersysteem?

Het moet lang mee kunnen, het moet goed te onderhouden zijn, het moet vooral heel groen zijn.

- Hoe zijn de rollen verdeeld tussen de gemeente en projectontwikkelaar?

De gemeente maakt in samenwerking met de wooncorporatie de plannen en de aannemer voorziet de ontwerpen van de huizen. De gemeente onderhoudt het groen

- Hoe kan de gemeente invloed uitoefenen op de projectontwikkelaar aannemer?

Het is van groot belang dat de gemeente in vroegtijdig de eisen aan de aannemer doorgeeft zodat deze eisen in het ontwerp kunnen worden meegenomen. Als de gemeente te laat met nieuwe eisen komt heeft de ontwikkelaar al plannen gemaakt en kan er conflict ontstaan.

- Zijn er wensen vanuit bewoners? En hoe wordt dit meegenomen

Als de eerste bewoners zich ingeschreven hebben wordt aandachtig naar de bevolkingssamenstelling gekeken. De openbare ruimte wordt vervolgens aangepast aan de demografische samenstelling van het gebied.

Bijlage 2 Brainstormsessie peilbeheer

Corné Landman

Eli Stoutjesdijk

14-11-2019

Vragen peilbeheer

- Wat is er voor nodig om de doorstroming in een bepaald gebied te verbeteren?
- Wat is de afstemming tussen waterschap en gemeente?
- Waarom zijn de peilbesluiten zo oud?
- Wordt er in het peilbeheer ook rekening gehouden met het verschil tussen brakke en zoetwatergebieden op Voorne-Putten.
- Wat zijn de locatiespecifieke uitdagingen?
- Wat voor effect heeft klimaatverandering op het peilbeheer?
- Kan het peil in een specifiek gebied verlaagd worden om grondwaterproblematiek tegen te gaan
- Hoe nauwlettend wordt het peil gemonitord?

Watersysteem

- Welke projecten zijn er afgelopen jaren uitgevoerd in en om Spijkenisse/Putten?
- In hoeverre is het bekend of de waterkwaliteit verslechterd gaandeweg het door een gebied stroomt?
- Wat zijn de ontwikkelingen van de Vierambachtenboezem (chloride/nutriëntenbelasting).
- hoe kan de doorstroming worden vergroot en wat is de wenselijke situatie?
- In hoeverre is er sprake van verzilting tijdens droge perioden?

Bevindingen

- Bijna al het water komt uit de Vierambachtenboezem.
- Aanpassingen aan het peil zijn niet wenselijk alleen als niets anders mogelijk is.
- De capaciteit van het verversingsgemaal is veel te klein om een goede doorspoelmogelijkheid te realiseren. (Doorspoeling nauwelijks merkbaar)
- Waarschijnlijk zit er een defect in het verversingsgemaal
- Het onderhoud van de watergang achterstallig.
- De duikers lijken te zijn verzakt en aan het water te zien leek er vuilwater uit te stromen.
- Door veel visvriendelijke inlaten op Putten is bijna door heel het gebied vismigratie mogelijk.
- De doorstroming wordt zeer gehinderd door grote hoeveelheden drijfvuil voor de duiker.

Mogelijke oplossingen

Meer water inlaten in het plangebied

Er zou meer water kunnen worden ingelaten vanuit de Boezem om een grotere doorspoeling te realiseren. Het grootste nadeel hiervan is dat al het extra water wat er ingelaten wordt er ook weer uitgepompt moet worden. Dit is niet duurzaam en niet toekomstbestendig.

Afwijkend peil instellen

Een afwijkend peil instellen is technisch mogelijk, maar wordt sterk afgeraden. De doorspoeling kan door vrij verval weliswaar worden vergroot, maar dit leidt tot het versnipperen van het peilgebied wat het meer complex maakt (niet robuust). Ook niet duurzaam + slecht voor vissen

Adequate onderhoudscyclus handhaven

Het onderhoud in de singel is achterstallig en laat te wensen over. Er liggen veel bladeren, takken en ander afval in en langs de singel. Om een goede waterkwaliteit in de singel te bereiken dient er regelmatig gebaggerd te worden en moet er voorkomen worden dat (organisch) afval in de watergang terecht komt. Ook kan worden afgevraagd of de pomp goed functioneert.

Pomp vergroten

Een oplossing zou kunnen zijn om de pompcapaciteit te vergroten. Dit is niet duurzaam en niet robuust. Waarschijnlijk wel goedkoop, mits de persleiding een grotere capaciteit aankan.

Watergang versmallen

Zoals het er nu naar uit ziet is de watergang te breed om een goede doorspoeling te realiseren. Wanneer de watergang versmald en de natte oppervlakte afneemt zal het debiet doornemen. Een nadeel is dat de verloren waterberging gecompenseerd moet worden.

Nieuwe (open) verbinding aanleggen

De duiker in de singel is in meerdere opzichten een knelpunt. Het eerste deel is een grote vierkanten betonnen duiker en het tweede deel is een lange stalen duiker van 30cm. In het betonnen deel verzamelt zich veel afval waardoor de doorstroming gehinderd wordt. De lange stalen duiker is nagenoeg onbereikbaar omdat deze onder het winkelcentrum doorloopt. Een nieuwe bredere verbinding zal de doorstroming doen verbeteren.

De singel ombouwen tot bergingsvoorziening

Gezien alle knelpunten omtrent de singel is het af te vragen of het realistisch is om zoveel geld en energie te steken om een gezonde watergang te realiseren. Gezien de geplande bouwwerkzaamheden in het gebied is het de overweging waard om een andere functie aan de singel te geven.

Het singelgebied kan worden ingericht als (droge) waterberging. Hierdoor blijft de bergingscapaciteit beschikbaar tijdens piekbuien, ontstaat ruimte voor recreatie en hoeven er geen verdere maatregelen om de waterkwaliteit te verbeteren.

Dit is een erg ingrijpende maatregel die het gebied zal doen veranderen. Belangrijk is om te kijken wat de invloed op de drainage zal zijn en of er nog verdere compensatie moet plaatsvinden a.d.h.v. de watertoets. Ook is belangrijk in hoeverre de recreatieve functie van het gebied hierdoor versterkt kan worden.

Overstorten sluiten

Er zijn 2 overstorten die ten tijde van hevige neerslag rioolwater lozen in de centrale singel. Het is van dit vuile water na de overstort zo snel mogelijk weg spoelt om een verslechtering van de waterkwaliteit te voorkomen. Omdat de doorstroming al problematisch is in deze singel is het niet verstandig om hier rioolwater in te laten overstorten. Hiernaast is het onduidelijk of de overstorten nog goed functioneren. Tijdens een droge dag leek er in kleine mate vuilwater uit de overstorten te komen. De vraag is wel of de riolering hierna nog wel voldoende ontlast kan worden.

Het gebied inrichten tot vispaaiplaats

Bijlage 3 Kostenberekening

Situatie 1

Demping van een watergang met de volgende afmetingen:

- Oppervlak: 5762m²
- Lengte: 320m
- Gemiddelde breedte: 18,0m
- Bodemdiepte: 1m
- Bodembreedte: 12,01m
- Talud: 1: 3

Schatting volume: 4803,2 m³

Ik ga uit van demping met grond (geen zand), de grond moet geleverd worden (is niet op de werklocatie beschikbaar)

Leveren, aanvoeren, verwerken en verdichten van aanvulgrond totaal directe kosten 9,60 per vaste m3 in profiel

Totaal incl. staartkosten en VAT (voorbereiding, administratie en toezicht) EUR 62.500, - EXCL. BTW

(wanneer wel grond beschikbaar is, herbruikbaar, mag je EUR 28.000, - van het bedrag af halen)

Situatie 2

Graven van een nieuwe watergang met de volgende afmetingen:

- Oppervlak: 2325m²
- Lengte: 321m
- Breedte: 7m
- Bodemdiepte: 1m
- Bodembreedte: 2m
- Talud: 1: 2,5

Schatting volume: 1444,5 m3

Ontgraven, laden, vervoeren, de grond wordt binnen 5 km in depot gezet zonder stort-, en/of

verwerkingskosten, per vaste meter in profiel

Totaal incl. staartkosten en VAT, EUR 10.000, - EXCL. BTW

Bijzonderheden:

- Inclusief beschoeiing, totaal ca. 656 m1, a 70,-/m1 directe kosten (paal-schothoogte 80cm) EUR 64.000, - incl. Staart en VAT, excl. BTW
- Duiker 1 (rechthoekig):
 - 400cm x 120cm
 - Lengte: 19m
 Duiker op staal, prefab gespannen duiker, totaal ca. 80.000, - incl. Staartkosten & VAT, excl. BTW

- Duiker 2 (rechthoekig):
 - 400cm x 120cm
 - Lengte: 22m

Idem, totaal ca. 90.000, - incl. Staartkosten en VAT, excl. BTW

Situatie 3

Graven van een nieuwe watergang met de volgende afmetingen:

- Oppervlak: 1262m²
- Lengte: 122m
- Gemiddelde breedte: 10m
- Bodemdiepte: 1m
- Bodembreedte: 5m
- Talud: 1: 2,5

Schatting volume: 915 m³

Idem, directe kosten 5,10/vaste m3, totaal EUR, - incl. Staart en VAT, excl. BTW

Bijzonderheden:

- Inclusief beschoeiing
Idem, totaal EUR 25.750, - incl. Staartkosten en VAT, excl. BTW
- Duiker (rechthoekig)
 - 400cm x 120cm
 - Lengte: 37m
 Idem totaal EUR 150.000, - incl. Staartkosten en VAT, excl. BTW
- Brug (lichtverkeer)
 - Breedte: 3m
 - Lengte: 13m
 Beton prefab, voorgespannen liggers, EUR 165.000, - incl. Staart & VAT, excl. BTW

Situatie 4

Aanleg fietspad:

- Oppervlakte: 760m
- Lengte: 253,3m
- Breedte: 3m
- Huidige situatie: Onbebouwd
- Ondergrond: Klei

Asfalt 2-laags dik 90mm, op 500mm zandfundering met 250mm menggranulaat

Directe kosten 44,-/m2 totaal incl. Staart&VAT, EUR 45.000, - excl. BTW

Bijzonderheden: Brug (lichtverkeer)

Breedte: 3m

Lengte: 13m **ZIE HIERBOVEN**

Staartkosten zijn;

Eenmalige-, bouwplaat kosten

Uitvoeringskosten

Algemene kosten

Winst & Risico

VAT kosten zijn;

Voorbereiding, engineering

Administratie

Toezicht

Bijlage 4 Gebiedsanalyse



[TITEL VAN DOCUMENT]



Inhoud

Ruimtelijke analyse	100
Bebouwing	100
Bodem	103
<i>Archeologie</i>	106
Ruimtelijke plannen	23
Stakeholderanalyse	114
Betrokken partijen	29
Bewoners	118
Bewoners toekomstig	Error! Bookmark not defined.
Watersysteemanalyse	123
Context: Stedelijk waterplan	123
Regionaal watersysteem	126
Aanvoer	127
Lokaal Watersysteem	129
Het Plangebied	37
Waterketen	39
Knelpunten	136
Bibliografie	139
Bijlagen	143
Bijlage 1 - Kabels en leidingen (Gemeente Nissewaard, s.d.)	143
Bijlage 2 – Archeologische waardenkaart Spijkenisse (Gemeente Spijkenisse, 2009)	144
Bijlage 3 – Aquaflowsysteem (Gemeente Nissewaard, 2004)	145
Bijlagen 4 – Boormonsterprofielen (DINOloket, s.d.)	146
Bijlage 5 - Faseplan Sterrenkwartier-Noord (Maasdelta, Planning, s.d.)	147
Bijlage 6 - Energielabelkaart (Nationale Energieatlas, 2019)	148
Bijlage 7 - Duurzame woningen Stella Nova (ABB Bouwgroep, s.d.)	149
Bijlage 8 - Beschrijving leefstijlen (Provincie Zuid-Holland, 2011)	150
Bijlage 9 - Beschrijving leefstijl: Gezellig Lime (Provincie Zuid-Holland, 2011)	152
Bijlage 10 - Waterveiligheid Voorne-Putten (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016)	154
Bijlage 11 – Kwelkaart (Waterschap Hollandse Delta, 2015)	155
Bijlage 12 - Ontwerpeisen watersysteem	157

Conclusies/samenvatting

Ruimtelijk

Ruimtelijke knelpunten in het gebied zijn de slecht doorlatende bodem, de hoge dichtheid van kabels en leidingen in de ondergrond en de hoogteligging van de groenvoorzieningen ten opzichte van de omliggende verharding. Verder is het twijfelachtig of het (verbeterd) gemengde stelsel echt robuust is zoals in het GRP wordt beweerd.

Uit de ruimtelijke analyse blijkt dat binnen het plangebied twee duidelijke focusgebieden zijn aan te wijzen. Sterrenkwartier-Hoog en het groene middengebied 'Sterrenkwartier Centraal' zijn twee gebieden die grotendeels zullen worden heringericht. Deze ruimtelijke ontwikkelingen bieden goede mogelijkheden om een robuust watersysteem en toekomstbestendige omgeving te creëren.

In Sterrenkwartier-Hoog zal de eerste ontwikkelingsfase met veel oog voor duurzaamheid worden opgeleverd. Op het gebied van waterhuishouding zou er meer aandacht besteed kunnen worden aan compenserende maatregelen voor de toenemende verharding. Omdat de ontwikkelingen in Sterrenkwartier-Hoog al aan de gang zijn zal hier in het advies rekening mee moeten worden gehouden. Voor fase 1 staat de ruimtelijke inrichting al zo goed als vast en voor fase 2 worden nu de plannen gemaakt. Het aantreffen van hoogwaardige archeologische objecten is een bedreiging zijn voor de bouwplannen.

In Sterrenkwartier-centraal zal in de nabije toekomst een herstructurering plaatsvinden. Deze ontwikkelingen zijn nog minder concreet en hier is ruimtelijk veel mogelijk. Hier moet gekeken worden of aan de hand van de ruimtelijke ontwikkelingen de doorstromingsproblematiek van de geïsoleerde singel op te lossen.

SWOT Ruimtelijke situatie	
Strong	- Duidelijk gedefinieerde plangebieden. - De huidige gebiedsontwikkeling (Stella Nova) is toekomstbestendig en klimaatadaptief gepland.
Opportunity	- Beide plangebieden worden grotendeels gesloopt. Dit biedt kansen voor herontwikkeling - Het nieuwe speelplein kan worden ingezet om de waterhuishouding te verbeteren.
Weak	- Particulier bezit in de plangebieden. - Er moet 273,6 m² oppervlakte water worden gecompenseerd. - Een slecht infiltrerende bodem - De groenvoorzieningen liggen hoger dan de omliggende verharding.
Threat	- Hoge dichtheid van kabels en leidingen door het hoogspanningsstation. - Sommige plannen en afspraken in Sterrenkwartier-Hoog zijn in een ver gevorderd stadium. - Uitstelling van rioolvervanging kan leiden tot het nemen van onnodige aanvullende maatregelen. - Het aantreffen van hoogwaardige archeologische objecten kan bouwplannen wijzigen

Stakeholders

Er is een duidelijke verdeling tussen de betrokken partijen in het plangebied met betrekking tot de gebiedsontwikkeling. Maasdelta en gemeente Nissewaard ontwikkelen zelf de plannen over de gebiedsontwikkeling en waarna dit plan wordt gerealiseerd door een projectontwikkelaar. Na de oplevering zal Maasdelta de huurwoningen in beheer nemen en de gemeente de openbare ruimte. Op dit moment moet nog gekeken worden of de netbeheerder en het ouderenzorgcentrum betrokken kunnen worden bij de ontwikkelingen. Bijna alle partijen hebben belang bij duurzaamheid.

De nieuwe gevarieerde woningen zullen als resultaat hebben dat de bevolkingssamenstelling gevarieerder wordt. De concentratie bewoners met een laag sociaaleconomische positie zal minder significant worden en een meer gebalanceerde bevolkingssamenstelling zal worden bereikt.

Waar in de huidige situatie de groen/gele levensstijl overheerst zal de ontwikkeling leiden tot een gelijkmatigere verdeling aan levensstijlen. De verwachting is dat vooral het aandeel blauwe bewoners toe zal nemen. De uitdaging is om in de openbare ruimte dusdanig in te richten dat alle leefstijlen zich er thuis kunnen voelen.

SWOT Stakeholders	
Strong	• Er is een duidelijke takenverdeling tussen de betrokken in de gebiedsontwikkeling. • Duurzaamheid is voor veel betrokkenen belangrijk.
Opportunity	• Het creëren van een divers gebied. • Een manier bedenken om zowel de netbeheerder als het zorgcentrum bij het project te betrekken.
Weak	• De relatief zwak sociaal economische positie van de huidige bewoners in Sterrenkwartier-Hoog.
Threat	• Het vinden voor een passende inrichting waarin verschillende mensen met verschillende leefstijlen zich thuis voelen.

Watersysteem

Context 'Stedelijk waterplan'

In de periode 1996-2007 zijn de gemeente en het waterschap bezig geweest met het Stedelijk Waterplan Spijkenisse. Het doel van dit project was het verbeteren van de algehele waterkwaliteit. De oorzaken van de slechte waterkwaliteit waren:

- Riiooloverstorten tijdens hevige neerslag;
- Minimale verversing van het oppervlaktewater;
- De inmenging van zout grondwater met vers inlaatwater;
- Onderhoudsachterstanden met baggerwerkzaamheden.

Tijdens het project is de rioolcapaciteit flink vergroot en konden overstorten gesloten worden. De doorstroming is verbeterd door waterkunstwerken te plaatsen en de waterstroom te concentreren naar de hoofdwaterlopen. Op deze manier worden concentraties van ongewenst water snel verdund en aangevuld met vers water. In de meer geïsoleerde gebieden zijn verversingsgemalen geplaatst. Ook is het watersysteem onder invloed van zoute kwel gescheiden van het zoete systeem. Hierdoor kon er enerzijds een brak en anderzijds een zoet ecosysteem worden ontwikkeld waarbij er geen inmenging meer plaatsvond tussen beide. Ook zouden zowel gemeente als waterschap strakker inzetten op de baggercyclus.

Het Stedelijk waterplan heeft flinke verbeteringen gebracht in de algehele waterkwaliteit van Spijkenisse. Op lokaal niveau kan dit echter nog beter ingevuld worden. Wel hebben de initiatiefnemers verdere verbeterpunten aangegeven. Zo is het doel gesteld om vuilemissies door overstorten nog verder terug te dringen. Ook staat aangegeven meer maatregelen wil gaan treffen om het watersysteem beter robuust te maken gelet op de verwachte klimaatsverandering. Dit onderzoek gaat daarmee verder op de geformuleerde doelstellingen uit het Stedelijk Waterplan.

Boezemsysteem

Putten heeft wordt van zoet water voorzien door een zoetwaterboezem van 559 hectare. Het water kan worden ingelaten vanuit de Oude Maas of het Spui afhankelijk het tij en de chloridegehalten in deze rijkswateren. Overtollig water uit het boezemsysteem kan onder vrij verval worden afgevoerd via spuisluis Rozenburg, de Voornse schutsluizen en inlaatsluis Spijkenisse. Bij de Voornse schutsluizen kan ook worden gepompt. Het stedelijk gebied van Spijkenisse laat vanuit deze boezem vers water in het gebied. De belangrijkste inlaten zijn te vinden in de Bernisse en het Voedingskanaal.

Plangebied

Het overgrote deel van het water in het plangebied is afkomstig de Bernisse waarna het in de via de Vierambachtenboezem het peilgebied wordt ingelaten middels een (natuurvriendelijke) inlaat. Dit water komt via een hoofdwaterloop in het Noordoostelijke deel van het gebied binnen en stroomt zo via het plangebied naar gemaal Putten. Dit gemaal is in 2018 opgeleverd en heeft voldoende capaciteit om het gehele eiland te bemalen. Het gemaal kan ook gebruikt worden om water vanuit rivier het Spui in te laten en het is visvriendelijk. Deze eigenschappen maken het gemaal toekomstbestendig.

Waterschap Hollandse Delta is onderhoudsplichtig voor de hoofdwatergangen en gemeente Nissewaard voor de secundaire watergangen en het grootste deel van de waterkunstwerken. Wanneer ingrepen worden genomen in het watersysteem is het van belang dat er goed gecommuniceerd wordt tussen gemeente en waterschap om een ingreep het gewenste effect te laten hebben.

Singel

Het grootste knelpunt in het gebied is de singel. Doordat de singel aan de zuidkant is afgesloten vindt er van nature geen doorspoeling. De watergang wordt nu van Zuid naar Noord doorgespoeld terwijl de algehele stromingsrichting in het plangebied van Noord naar Zuid is. Er kan afgevraagd worden of het debiet van het verversingsgemaal voldoende is om de watergang voldoende door te spoelen.

Uit een locatiebezoek bleek dat veel (drijf)vuil zich ophoopt in het betonnen deel van de duiker. Dit is voornamelijk te wijten aan de plotselinge versmalling van de duiker waardoor het vuil, dat door het rooster past, zich op kan hopen in de 30 meter lange betonnen duiker. De lange stalen duiker is relatief smal en lastig te onderhouden hierdoor is het onduidelijk of de doorstroming in dit deel gehinderd wordt.

Hiernaast is het beheer en onderhoud van de watergang en de waterkant niet optimaal waardoor vrij veel (organisch) afval in de waterkant terecht komt. In de probleemstelling is gesteld dat de waterkwaliteit verbeterd kan worden door de doorstroming te verbeteren, maar gezien de staat van het onderhoud aan de singel doet de gemeente er verstandig aan doen om het beheer en onderhoudsbeleid onder de loep te leggen.

De situering van de overstorten in de singel in combinatie met de slechte doorstroming is ook ongelukkig. Om nadelige effecten van een riooloverstort te beperken is het belangrijk dat de concentratie vuilwater zo snel mogelijk verdunt en afgevoerd wordt. Dit kan alleen wanneer er een goede doorspoeling aanwezig is in de betreffende watergang.

Watergang Hydrapad

Bij de secundaire watergang langs het Hydrapad is het opvallend dat een duiker is afgesloten en een verversingsgemaal de watergang doorspoeld. In het kader van duurzaamheid zou het verstandig zijn om de duiker weer te laten functioneren, mits er dan een goede doorstroming gehandhaafd blijft in de watergangen.

Grondwater

Door de slecht doorlatende bodem, kwel en hoge grondwaterstand kan er nauwelijks infiltratie plaatsvinden in het gebied.

Aan de hand van grondwateronderzoek kan geconcludeerd worden dat de kans op funderingsproblemen tijdens extreme droogte nihil is. De ontwateringsdiepte tijdens natte perioden is daarentegen wel te klein dit komt door onvoldoende drainage waardoor een te hoge opbolling ontstaat. Dit heeft als gevolg dat er klachten ontstaan over natte kruipruimten.

De drainage in Sterrenkwartier-Hoog wordt tijdens de herstructurering sterk verbeterd. Voor de woningen in Sterrenkwartier-Laag zou extra drainage kunnen worden aangelegd tijdens andere geplande graafwerkzaamheden.

SWOT Watersysteem	
Strong	• Er is voldoende zoet water beschikbaar. • Gemaal Putten is toekomstbestendig. • Er is geen kans op paalrot.
Opportunity	• De gebiedsontwikkelingen bieden ruimte om het watersysteem te verbeteren. • Door de compensatieplicht moet extra oppervlaktewater gegraven worden. Als dit op de juiste manier gedaan wordt kan het watersysteem versterkt worden.
Weak	• Te hoge grondwaterstanden.

	• Slechte doorspoeling in het plangebied. • De capaciteit van de verversingsgemalen zijn twijfelachtig. • Mechanisch doorspoelen is niet duurzaam. • De singel wordt van Zuid naar Noord doorgespoeld (tegen de stroming in). • Veel (organisch) afval in de singel. • Riooloverstorten in de langzaam stromende singel.
Threat	• Door de geïsoleerde ligging van de singel zal het lastig worden een natuurlijke doorstroming te realiseren.

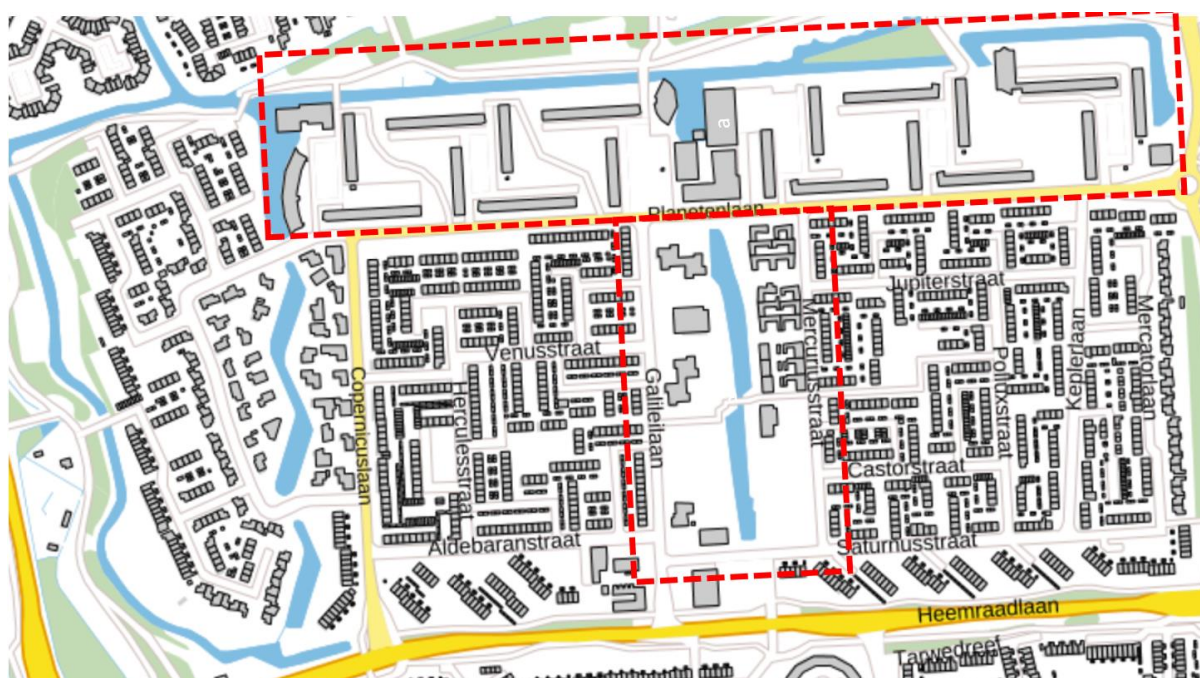
Ruimtelijke analyse

In deze paragraaf zal de ruimtelijke situatie van het plangebied worden beschreven. Hierbij zal worden ingegaan op de ruimtelijke situatie, de huidige bebouwing, de ondergrond en de infrastructuur in en om het plangebied.

Bebouwing

Sterrenkwartier-Hoog. (GIS kaart)

Het huidige plangebied is in twee gebieden te verdelen. Het gebied ten Noorden van de Planetenlaan wordt aangeduid als Sterrenkwartier Hoog. Alle woningen in dit gebied zijn gestapeld. Op dit moment bevinden zich er 19 portiekflats met 4 etages en 3 woontorens met 11 etages in Sterrenkwartier hoog. Centraal in Sterrenkwartier hoog bevindt zich het buurtwinkelcentrum 'het Sterrenhof'. In het Sterrenhof zijn ongeveer 10 winkels gevestigd waaronder twee supermarkten gevestigd, een drogist en een bakker. In de periode 2015 tot 2017 is het Sterrenhof compleet gerevitaliseerd en uitgebreid, hierbij is de bakker verplaatst naar een nieuw paviljoen op palen boven het oppervlaktewater (Centrum projecten, s.d.). Onder dit winkelcentrum loop de duiker die de singel verbindt met de noordelijke hoofdwatergang. In het meest oostelijke deel van dit gebied bevindt zich nog een autodealer met een tankstation. Omdat er groter herstructureringsplannen plaatsvinden binnen Sterrenkwartier-Hoog is dit een focusgebied binnen dit project.



Figuur 36 Focusgebieden binnen Sterrenhof (Kadaster, 2019)

Sterrenkwartier-Centraal (GIS Kaart)

Het grootste gedeelte van het plangebied is benoemd als Sterrenkwartier-Laag. Dit gebied bevindt zich tussen de Planetenlaan, Hekelingseweg, Heemraadlaan en de westelijke secundaire watergang. Het stedenbouwkundig ontwerp van de wijk kenmerkt zich door de herhaalbare stempelstructuur wat typisch is voor woonwijken gebouwd in de jaren '60 (Liebregts, 2011). De bebouwing bevindt zich aan de weerszijden van een groener middengebied. Deze gebieden bestaan bijna volledig uit

grondgebonden eengezinswoningen, vandaar het gebied Sterrenkwartier-Laaq wordt genoemd. In het zuiden van dit gebied zijn de enige uitzonderingen op deze bebouwing te vinden. Ten zuiden van de singel bevindt zich een woontoren en op het terrein ten westen van deze woontoren bevinden zich een garagebedrijf en een hoogspanningsstation van netbeheerder Stedin.

In het midden van dit gebied bevindt zich een focusgebied binnen dit onderzoek. Het gebied bestaat uit een gemeenschappelijke groenzone met een singel en wordt omringd door een hoge bomenrij. Het parkachtige gebied met zijn bomenrij vormen een belangrijk aanzicht binnen de wijk. De ruimte langs de singel vervullen verschillende functies binnen het gebied. Op de westelijke oever bevindt zich een voorzieningenstrook met: 2 basisschoolgebouwen, 2 sportvelden, een fitnesszaal en een koninkrijkszaal voor Jehova's getuigen. Op de oostelijke oever bevinden zich 18 bungalowwoningen, een gymzaal voor de basisscholen en een buitenspeeltuin. Ook wordt het gebied door buurtbewoners gebruikt om een rondje te wandelen.

De huidige bebouwing kan tijdens warme perioden voor een matige temperatuurstijging zorgen. Op de afbeelding is te zien dat winkelcentrum Sterrenhof een duidelijke hotspot binnen het plangebied. De groenvoorzieningen in het gebied zijn zichtbaar koeler dan de omgeving. Over het algemeen is de hittestress in het gebied weinig problematisch.



Figuur 37 Hittestress huidige situatie (Provincie Zuid-Holland, s.d.)

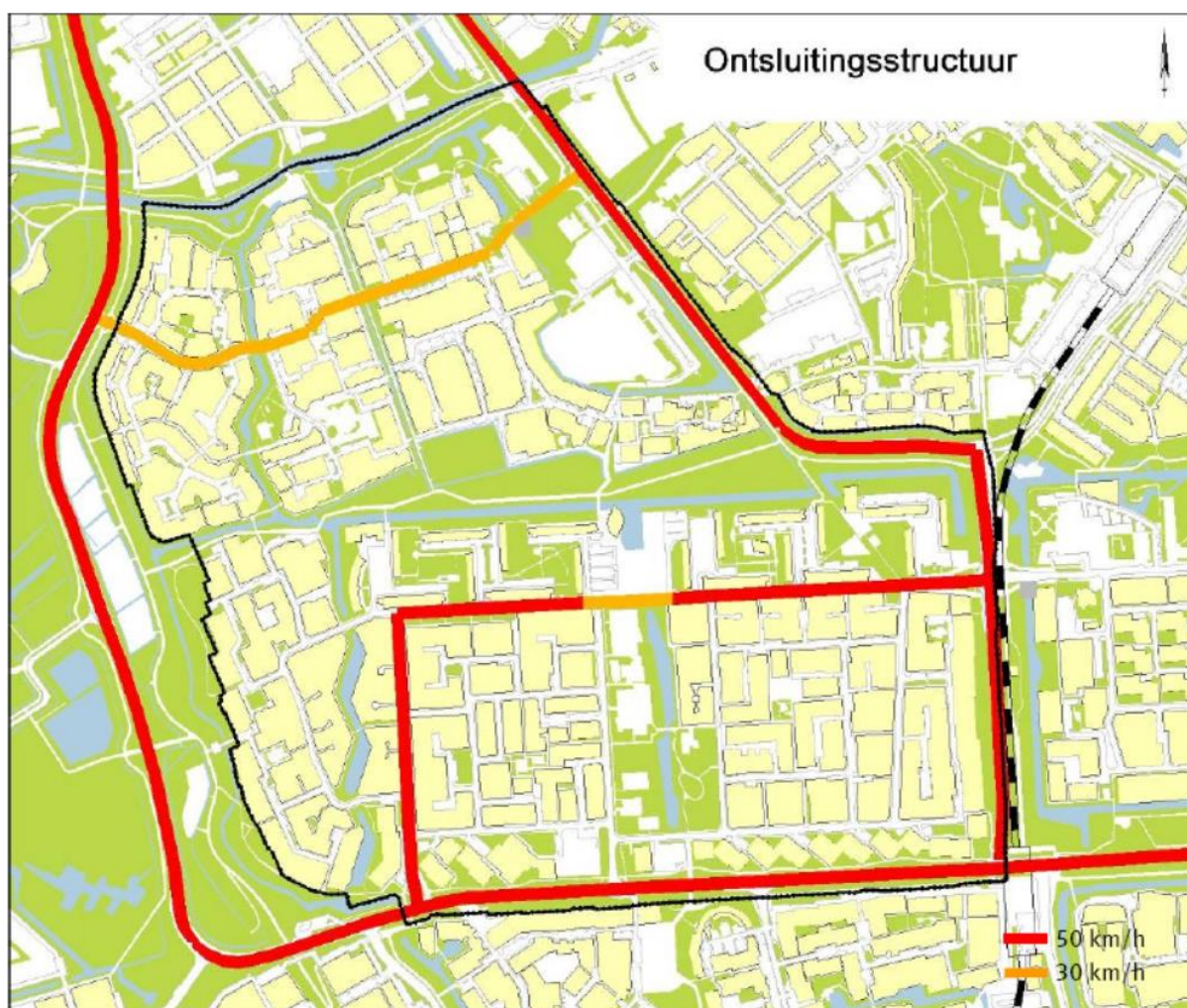
Mobiliteit

Over bereikbaarheid van de stad Spijkenisse zijn over het algemeen veel klachten. De verbinding met het 'vaste land' verloopt via Hartelbrug, welke uitkomt op de A15, en de Spijkenisserbrug richting naar Hoogvliet. Doordat beide bruggen regelmatig open moeten om de drukke vaarweg bevaarbaar te houden en het de grote verkeersbeweging kan het soms lastig zijn om Spijkenisse te bereiken.

Op het stedelijk schaalniveau is het plangebied wel erg goed bereikbaar. Het grenst aan de zuidzijde aan de Heemraadlaan welke onderdeel is van de ringweg van Spijkenisse. De Hekelingseweg aan de oostzijde is ook een belangrijke verbindingsweg die de ringweg verbindt met het stadscentrum. Binnen het gebied zijn de belangrijkste ontsluitingswegen de Planetenlaan en de Copernicuslaan welke de wijk verbinden met de Heemraadlaan en de Hekelingseweg.

Het gebied is ook goed bereikbaar met het openbaar vervoer. In het zuidoostelijke puntje bevindt zich metrostation Heemraadlaan waarmee een snelle verbinding naar Rotterdam mogelijk is. Dit station beschikt over een P&R en een fietsverhuur. Ook heeft buslijn 81 verschillende haltes op de ontsluitingswegen binnen het gebied en rijden er nog andere buslijnen langs de randen van het gebied.

Verder zijn er nog enkele lichtverkeersverbindingen met de omliggende gebieden. Zo zijn er 3 bruggen over de noordelijke watergang, één brug over de centrale singel en in het Zuiden ligt een fietstunnel welke onder de Heemraadlaan door gaat.



Figuur 38 Ontsluitingsstructuur van de het plangebied *Ongeldige bron opgegeven..*

Bodem



Figuur 39 Boormonsterprofiel Pallaspad, centraal in het plangebied (DINOloket, s.d.).

De bodem is over het hele gebied in ongeveer gelijke mate opgebouwd. De bodem bestaat van het maaiveld af uit een kleilaag van gemiddeld 0,5m gevolgd door een dikke veenlaag van zeker 2m (DINOloket, s.d.). Volgens de ondergrondmodellen wisselen hierna veen- en kleilagen zich af tot het eerste watervoerende pakket op -5,9m NAP, dit is ongeveer 4m onder het maaiveld. In de **bijlage** zijn afbeeldingen te zien van de bodemopbouw. Aan de hand van de boormonsterprofielen is te zien dat de toplaag van klei in dikte afneemt naarmate zuidelijker wordt gegaan. Op veel plaatsen is de klei sterk siltig. De doorlatendheid van deze bovenste kleilaag wordt geschat op een k-waarde tussen de 0,001 en 0,01 m/dag, wat overeenkomt met sterk siltige klei (Biron, 2004).

De maaiveldhoogte in het plangebied varieert tussen de -1,30m en -1,80m NAP in het gebied. Wat opvalt is dat de groene onbebouwde ruimten wat hoger in het landschap liggen dan de omliggende bebouwing en verharding. Dit kan komen door inklinking en zetting van de bebouwde grond door de jaren heen of omdat het destijds zo is aangelegd. Een nadeel van de huidige situatie is in tijden van hevige neerslag water niet naar de groene gebieden kan stromen waardoor het op straat blijft staan.

Tabel 9 Maaiveldhoogten Sterrenkwartier (AHN, s.d.)

Gebied	Ruimte	Hoogte
Sterrenkwartier-Noord	Groene buitenruimte	- 1,30 - -1,40m NAP
	Wegen & parkeerplaatsen	- 1,55 - -1,65m NAP
Sterrenkwartier centraal	Woonwijk West	- 1,70 - -1,80m NAP
	Park Sterrenkwartier	- 1,60 - -1,70m NAP
	Woonwijk Oost	- 1,70 - -1,80m NAP
Watergangen	Bodemhoogte hoofdwatergang	- 3,85m NAP
	Bodemhoogte singel	-

Kabels en leidingen

Aan de Heemraadlaan in het zuiden van het plangebied bevindt zich een hoogspanningsstation. Hierdoor zijn er erg veel 25kV hoogspanningskabels in het gebied aanwezig. Dit heeft als gevolg dat in het geval van graafwerkzaamheden zeer goed opgepast moet worden. In de Bijlagen staat een vergrote versie van de kabels en leidingenkaart.

De riolering in het plangebied bestaat voor het grootste deel uit een verbeterd gemengd stelsel met betonnen buizen. In het Gemeentelijk Rioleringsplan concludeert de gemeente dat het rioolstelsel robuust is en aan de huidige emissie-eisen voldoet (Gemeente Nissewaard, 2016). Echter kan wel de vraag gesteld worden of het systeem klimaat- en toekomstbestendig is. Tijdens hevige regenbuien stort afvalwater namelijk over in de oppervlaktewateren in het gebied wat zeer negatieve gevolgen kan hebben op de waterkwaliteit. Er bevinden zich 6 overstorten in het plangebied waarvan 2 in de singel en 4 in de noordelijke waterloop.

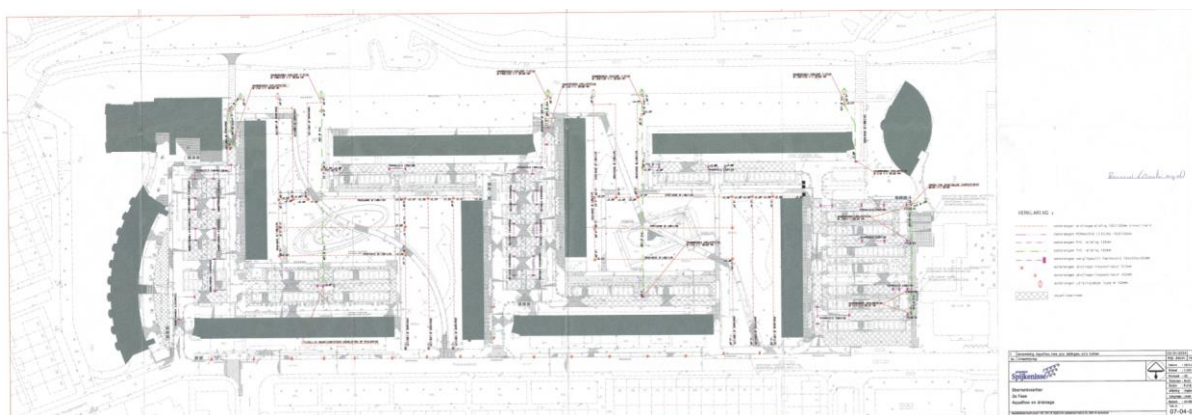
Om een echt robuust en toekomstbestendig stelsel te realiseren dient de riolering geen nadelige effecten te hebben op het oppervlaktewater. Om dit te bereiken zou er een gescheiden stelsel moeten worden aangelegd zodat alleen het relatief schone hemelwater in het oppervlaktewater terecht komt. De gemeente Nissewaard heeft echter aangegeven de riolering pas in de periode 2030 tot 2045 te willen vervangen (Gemeente Nissewaard, 2016). Tot deze tijd zal het huidige stelsel gehandhaafd blijven.



Figuur 40 Kabels en leidingen (Gemeente Nissewaard, s.d.)

Aquaflow

In Sterrenkwartier Noord is een Aquaflowsysteem aanwezig welke bestaat uit een hemelwaterriool met infiltratiekratten. De kratten zijn onder de straten en parkeerplaatsen ten westen van he Sterrenhof te vinden (fase 1 & 2). De gemeente heeft geconstateerd dat het systeem niet werkt omdat het water in de kratten niet kan infiltreren in de bodem en daardoor nauwelijks bijdraagt aan het vergroten van de berging. Om deze reden wordt het systeem verwijderd tijdens de herstructurering en vervangen voor een eenvoudiger HWA Riool en aanvullende drainage. Een vergroting van onderstaande afbeelding staat in de **bijlagen**



Figuur 41 Aquaflow fase 1 & 2 (Gemeente Nissewaard, 2004).

Archeologie

De archeologische waardenkaart Spijkenisse is een indicatieve kaart waarop ruimtelijke ontwikkelaars vroegtijdig inzicht krijgen in de archeologische verwachting van een gebied. Op de archeologische waardenkaart van Nissewaard staat vermeld dat het plangebied een gebied is met een redelijk hoge archeologische verwachting waarbij de archeologische waarden lager dan 50cm in de bodem zijn te verwachten (Gemeente Spijkenisse, 2009). Voor dit soort gebieden gelden speciale eisen tijdens de bouw. Grondwerkzaamheden (incl. heien) die een oppervlak van 200m² of meer beslaan en dieper gaan dan 50cm beneden maaiveld moeten worden getoetst op de noodzaak van een archeologisch onderzoek. Deze toetsing moet worden bijgevoegd bij de vergunningsaanvraag (Gemeente Nissewaard, 2019). De volledige archeologische waardenkaart is te vinden in de **Bijlagen**

De groengebieden tussen de flats in Sterrenkwartier-Hoog hebben volgens het geldende bestemmingsplan een dubbelbestemming 'archeologische waarde' (Gemeente Spijkenisse, 2009). Omdat in de nieuwe plannen woningen gerealiseerd gaan worden op dit gebied welke waarbij de werkzaamheden aan de eerder genoemde eisen voldoen is er een archeologisch vooronderzoek uitgevoerd. Tijdens dit onderzoek is onder andere verbrand bot gevonden. Hieruit is gebleken dat het huidige groengebied een hoge tot zeer hoge archeologische verwachting heeft en een vervolgonderzoek noodzakelijk is (Nales, 2019).

Als naar aanleiding van het onderzoek wordt bepaald dat er hoge archeologische waarden aanwezig zijn, dient de grond boven deze locatie(s) vrijgehouden te worden. Eventueel geplande hei of grondwerkzaamheden mogen niet meer uitgevoerd worden om verstoringen van de archeologische plek te voorkomen. Deze locaties zullen in het bestemmingsplan officieel moeten worden opgenomen als bestemming archeologie (Gemeente Nissewaard, 2019). In dit geval zouden er geen woningen of andere bouwwerken in de eerste 50cm van de ondergrond aangelegd mogen worden.



Figuur 42 Verwachtingskaart archeologische waarden

Ruimtelijke plannen

Ondertussen 50 jaar na het aanleggen van de wijk blijkt dat veel van de woningen en gebouwen niet meer aan de kwaliteitseisen van de 21^e eeuw voldoen. Om de wijk nieuw leven in te blazen heeft de gemeente een paar ruimtelijke ontwikkelingen gepland staan voor het Sterrenkwartier.

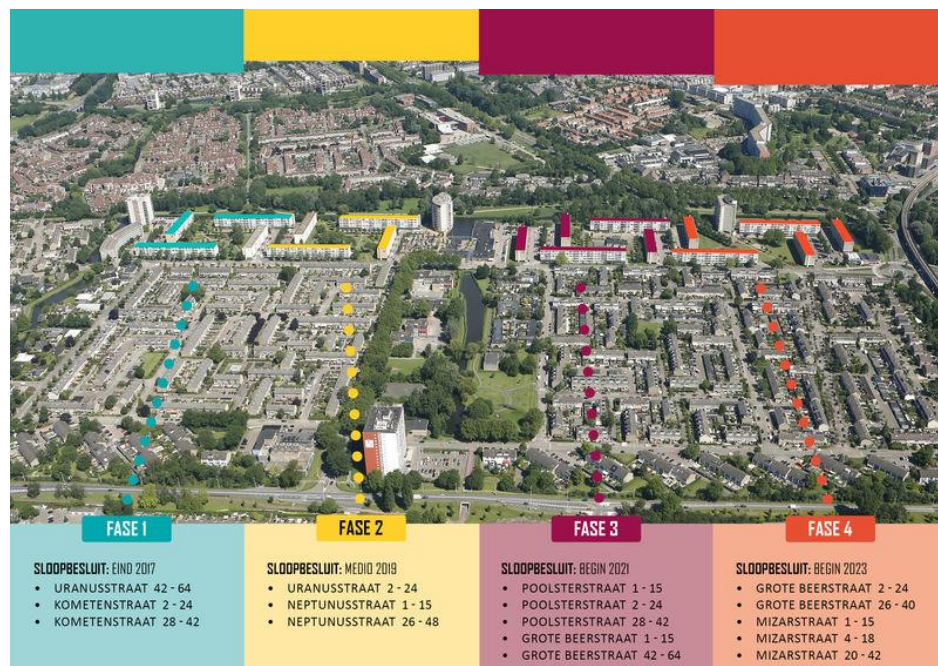
Sterrenkwartier-Hoog

De beheerder van de gebouwen in dit gebied is wooncorporatie Maasdelta. Zij hebben in overeenstemming met de gemeente besloten om bijna het gehele noordelijke deel van de wijk te slopen en te herinrichten. Hierbij zullen 688 verouderde flatwoningen plaatsmaken voor circa 425 nieuwbouwwoningen (Rijnmond, 2017). Omdat veel appartementen worden vervangen door grondgebonden eengezinswoningen betekent dit dat er ongeveer 38% minder woningen gerealiseerd worden in Sterrenkwartier-Hoog.

Het doel van zowel de gemeente Nissewaard en Maasdelta is om veelzijdig woongebied te realiseren. Naast de bouwtechnische veroudering heeft de huidige homogeniteit in woningen heeft als gevolg dat veel mensen met dezelfde sociaaleconomische positie in de buurt wonen. Wanneer dit wordt gekoppeld met een toenemende veroudering van de woningen blijkt dat het percentage kansarme huishoudens rap is toegenomen in de buurt.

Het gebied wordt in 4 fases geherstructureerd. De gemeente en wooncorporatie hebben een mantelovereenkomst gesloten waarbij de onderlinge afspraken staan beschreven, maar er wel per nieuwe fase een deelovereenkomst moet worden gesloten tussen beide partijen. Maasdelta is hierbij verantwoordelijk voor de woningbouw en de gemeente neemt de publieke buitenruimte in beheer. Beide partijen stellen de te realiseren eisen aan de ontwikkelaar.

Op het gebied van energie en duurzaamheid valt flinke winst te behalen in het gebied. De meeste woningen in Sterrenkwartier-Hoog zitten met hun energielabel tussen E en F in (Bijlage). De gemeente heeft in visiedocument 'Routekaart duurzaam Voorne-Putten 2040' het doel gesteld om de bestaande bebouwing voor 2020 aan energielabel B te laten voldoen (Gemeenten Voorne-Putten, 2018).



Figuur 43 Vernieuwing Sterrenkwartier-Hoog (Maasdelta, Planning, s.d.)

Stella Nova

Eind augustus 2019 is begonnen met de sloop van fase 1. Projectontwikkelaar ABB Bouwgroep heeft het ontwikkelproject fase 1 van Sterrenkwartier-Hoog omgedoopt tot Stella Nova. De portiekflats zullen plaatsmaken voor 36 grondgebonden woningen, 21 beneden bovenwoningen en 22 huurappartementen (ABB Bouwgroep, s.d.). Hierbij blijven veel van de oude structuren intact, maar zal het woningaanbod sterk veranderen.

Duurzaamheid

De nieuwe woningen zullen volgens de site van de projectontwikkelaar gasloos en energieneutraal (EPC-0) worden opgeleverd. Dit houdt in dat alle gebouwgebonden energie wordt opgewekt binnen de perceelgrenzen van de woning. Het gebouwgebonden energieverbruik is alle energie die nodig is voor ruimteverwarming, ruimtekoeling, ventilatie, warmtapwater en (standaard) kamerverlichting (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, s.d.). Het enige energieverbruik is afkomstig van 'huishoudelijke apparaten'. De huizen worden opgeleverd met:

- Vloerverwarming & vloerkoeling
- Bodemwarmtepomp
- Zeer goede isolatie
- Zonnepanelen
- Gebalanceerde ventilatie
- Warmteterugwinning uit douchewater

De projectontwikkelaar heeft in dit geval gelijk dat de huizen energieneutraal worden opgeleverd, maar door gebruik van elektrische apparaten, ook wel gebruikersgebonden energieverbruik genoemd, verbruiken de woningen meer energie dan dat zij kunnen opwekken. Het architectenbureau Steenhuis-Bukman heeft per type woning verschillende groene tuinontwerpen laten maken door een gespecialiseerd tuinarchitecten bedrijf. Hiermee worden de toekomstige bewoners gestimuleerd groene en duurzame tuinen aan te leggen.

Buiten de duurzame ontwikkelingen binnen het plan heeft de gebiedsontwikkeling van Stella Nova een negatieve impact op de waterhuishouding in het gebied. De toename aan verhard oppervlak is alleen in dit project al 2.736 m². Dit zal volgens de waterparagraaf van het waterschap voor 10% gecompenseerd moeten worden aan oppervlaktewater. Dit komt neer op 273,6 m². Deze compensatie is niet binnen het plan opgenomen en wordt ter hoogte van de Mizarstraat (fase 4) gerealiseerd (Gemeente Nissewaard, 2019). Voor de volgende fasen kan overwogen worden om een deel van het te compenseren oppervlaktewater te realiseren binnen de faseontwikkeling.

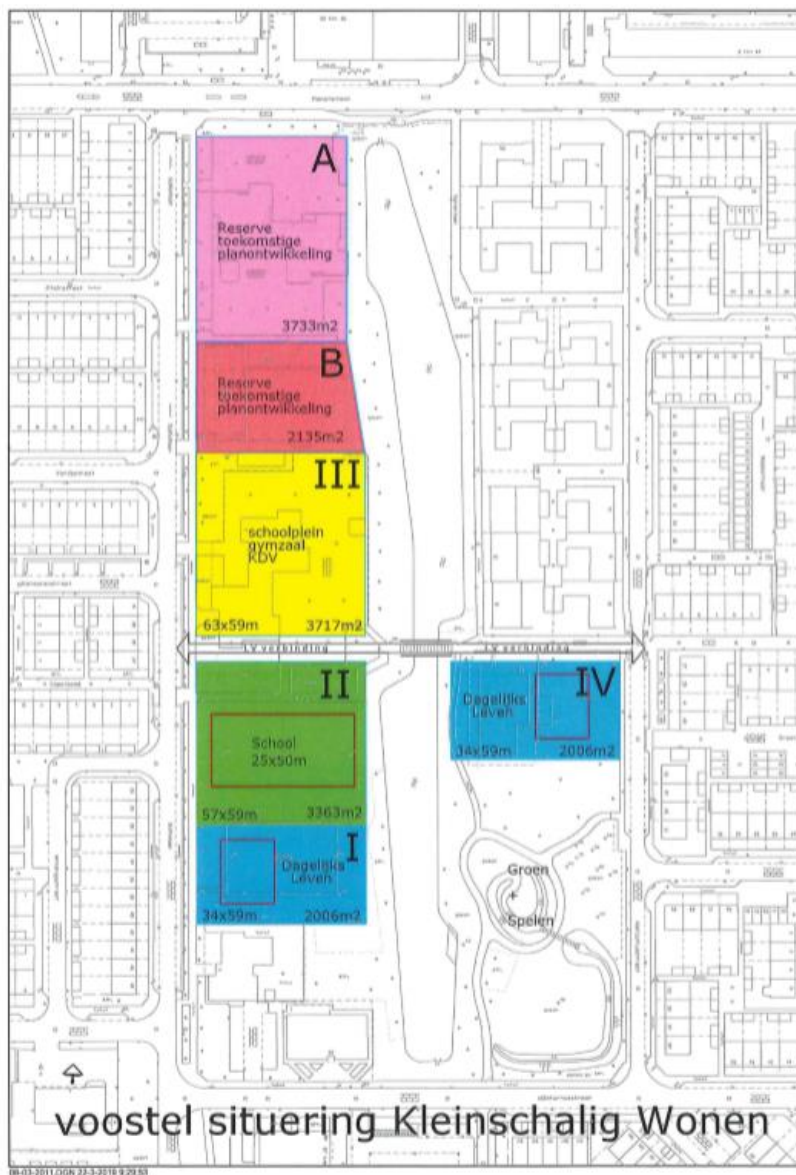
	Bestaande situatie (m ²)	Toekomstige situatie (m ²)
Water (geen verharding)	0	0
Groen (geen verharding)	7.297	2.527
Dakoppervlak	2.688	3.944
Overige verharding	4.571	3.893
Parkeergelegenheid/oprit/vastgereden klei	1.362	1.486
Tuin (= halfverhard 50%)	0	4.067
Totaal oppervlak	15.918	15.918
Waarvan verhard	8.621	11.357

Figuur 44 De toename aan verharding na de realisatie van Stella Nova (Gemeente Nissewaard, 2019).

MOOIJMAN, QUIN

Sterrenkwartier-Centraal.

Het centraal gelegen park Sterrenkwartier gaat op relatief korte termijn op de schop. Hierbij wordt bijna de gehele voorzieningenstrook op de westelijke oever (Galileilaan) heringericht, waarbij alle huidige voorzieningen worden gesloopt op het fitnesscentrum na. De gemeente was ooit beheerder van de gehele voorzieningsstrook, maar heeft in het verleden besloten een deel van de grond te verkopen aan het fitnesscentrum. Ook zullen de fysiotherapeut en de koninkrijkszaal ongewijzigd blijven. In onderstaande figuur is de geplande nieuwe indeling van de voorziening strook te zien. Bij de afbeelding hoort de volgende toelichting:



Figuur 46 Voorstel verkaveling voorzieningenstrook Galileilaan **Ongeldige bron opgegeven.**

I: Op dit moment is hier een betonnen basketbal/voetbalveld. Mogelijk wordt dit de nieuwe locatie van het zorgcentrum.

II: Op dit moment is hier een voetbalveld van gras. Op dit kavel zal een nieuwe basisschool gebouwd worden waar ook een kinderdagverblijf zich in zal huisvesten.

III: Op dit moment bevindt basisschool de Marimba zich hier. Op dit kavel zal de gymzaal van de nieuwe basisschool gebouwd worden. Ook komt hier een speelplein waar de school gebruik van mag maken, maar ook openbaar is voor de omwonende kinderen.

IV: Op dit moment staat hier de oude gymzaal van de basisscholen in het gebied, deze wordt gesloopt. Mogelijk wordt dit de locatie voor het nieuw zorgcentrum.

A: Op dit moment bevindt zich de Paus Johannesschool hier welke zal worden gesloopt. Gemeentebeheer heeft de doelstelling om de grond te verpachten of verkopen om de rest van de ontwikkelingen te kunnen financieren.

B: Hier is het fitnesscentrum gevestigd en is daarmee particuliere grond. De gemeente heeft ambitie om deze grond weer in bezit te krijgen.

Tijdens een gesprek met de senior beheerder van gemeente Nissewaard kwam naar voren dat het nieuw te realiseren speelplein niet alleen gebruikt zal gaan worden door de nieuwe basisschool, maar het juist ook een plein moet zijn waar kinderen uit de buurt heen kunnen komen om te spelen. Dit betekent ook dat niet de school maar de gemeente het plein zal gaan beheren en deze ruimte ingezet zou kunnen worden voor het verbeteren van de waterhuishouding.

Graafwerkzaamheden

In het GRP geeft de gemeente aan dat de riolering pas in de periode 2030-2045 op zijn vroegs vervangen wordt. Ondanks dat de riolering voorlopig nog niet vervangen wordt gaat er binnenkort wel gegraven worden in het plangebied. Dit zal gebeuren omdat alle huishoudens in het Sterrenkwartier voorzien zullen worden van een glasvezelaansluiting. Als de straat dan toch opengebroken wordt biedt dit een mooie meekoppelkans om de waterhuishouding in het gebied te verbeteren.

Vernieuwen Platenetenlaan

Nadat de werkzaamheden rondom Sterrenkwartier-Hoog zijn afgerond is de kans groot dat de Planetenlaan beschadigd is geraakt door het zware bouwverkeer. Hierom heeft de gemeente besloten om de weg te vervangen na het opleveren van de laatste fase. Dit biedt kansen om aanpassingen door te voeren op het wegoppervlak of in de ondergrond.

Compensatie oppervlaktewater

Omdat in Sterrenkwartier-Hoog extra verharding gerealiseerd wordt ten opzichte van de huidige situatie moet volgens de watertoets 10% van de extra verharde oppervlak worden gecompenseerd met extra oppervlaktewater (BRON). De planning is om dit in de noordoostelijke hoek van het plangebied te doen in de noordelijke hoofdwaterloop. Volgens de reglementen van het waterschap moet dit binnen 3 jaar na realisatie van het plan gebeuren.

Conclusie

Uit de ruimtelijke analyse blijkt dat het plangebied in duidelijke sub-gebieden te verdelen is. Sterrenkwartier-Hoog wordt gekenmerkt door de vele gestapelde woningen en winkelcentrum het Sterrenhof. Sterrenkwartier-Laag bestaat uit twee grote woonoppervlakken welke worden gescheiden door een groen gebied waarin verschillende voorzieningsgebouwen zijn gevestigd. Sterrenkwartier-Hoog en het groene middengebied 'Sterrenkwartier Centraal' zijn de twee focusgebieden binnen dit onderzoek omdat deze gebieden zullen worden heringericht. Ruimtelijke knelpunten in het gebied zijn de slecht doorlatende bodem, de hoge dichtheid van kabels en leidingen in de ondergrond en de hoogteligging van de groenvoorzieningen ten opzichte van de omliggende verharding. Verder is het twijfelachtig of het (verbeterd) gemengde stelsel echt robuust is.

De ruimtelijke ontwikkelingen in het gebied bieden goede mogelijkheden om een robuust watersysteem en toekomstbestendige omgeving te creëren. Stella Nova zal worden opgeleverd met veel oog voor duurzaamheid. Op het gebied van waterhuishouding zou er meer aandacht besteed kunnen worden aan compenserende maatregelen voor het aanleggen van extra verharding. Omdat de ontwikkelingen in Sterrenkwartier-Hoog al aan de gang zijn zal hier in het advies rekening mee moeten worden gehouden. Voor fase 1 staat de ruimtelijke inrichting al zo goed als vast en voor fase 2 worden nu de plannen gemaakt. Het aantreffen van hoogwaardige archeologische objecten is een bedreiging zijn voor de bouwplannen.

In Sterrenkwartier-centraal zal in de nabije toekomst een herstructurering plaatsvinden. Ook dit biedt een goede kans om het watersysteem te verbeteren en de doorstromingsproblematiek van de geïsoleerde singel op te lossen.

SWOT Ruimtelijke situatie	
Strong	- Duidelijk gedefinieerde plangebieden. - De huidige gebiedsontwikkeling (Stella Nova) is toekomstbestendig en klimaatadaptief gepland.
Opportunity	- Beide plangebieden worden bijna volledig gesloopt. Dit biedt kansen voor herontwikkeling - Het nieuwe speelplein kan worden ingezet om de waterhuishouding te verbeteren.
Weak	- Particulier bezit in de plangebieden. - Er moet 273,6 m² oppervlakte water worden gecompenseerd. - Extra oppervlaktewater wordt nagenoeg buiten het plangebied gerealiseerd. - Een slecht infiltrerende bodem - De groenvoorzieningen liggen hoger dan de omliggende verharding.
Threat	- Hoge dichtheid van kabels en leidingen door het Hoogspanningsstation. - Sommige plannen en afspraken in Sterrenkwartier-Hoog zijn in een ver gevorderd stadium. - Uitstelling van rioolvervanging kan leiden tot het nemen van onnodige aanvullende maatregelen. - Het aantreffen van hoogwaardige archeologische

Stakeholders

Stakeholderanalyse

Betrokken partijen

Gemeente Nissewaard

Betrokkenheid

De gemeente is als opdrachtgever en algemeen beheerder van de buitenruimte verantwoordelijk voor de inrichting van de publieke ruimte. Verder is de gemeente beheerder van de riolering en verantwoordelijk voor de huisvesting van de basisschool. Hiermee is de gemeente sturend in de geplande ontwikkelingen binnen het plangebied.

Belang

Gemeente Nissewaard heeft meerdere belangen die spelen binnen het gebied. Naast het uitvoeren van eigen en nationaal beleid dragen zij zorg voor het welzijn van bewoners, leefbaarheid van de omgeving, woningbouw, huisvesting van scholen en maken zij de bestemmingsplannen.

Ook heeft de gemeente Nissewaard zorgplichten voor stedelijk afvalwater, hemelwater en grondwater. Deze wettelijk verplichte zorgtaken staan beschreven in de **onderstaande afbeelding** en volgen uit het Gemeentelijk Rioleringsplan. Gezien de wettelijke watertaken die de gemeente draagt is de gemeente hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het realiseren van een klimaatadaptief en robuust watersysteem binnen het plangebied. Om dit te bereiken zal de gemeente ruimtelijke plannen moeten maken en nauwlettend samen moeten werken met het waterschap en andere betrokken partijen zodat integrale samenwerking tot stand kan komen.

Artikel 10.33 Wetmilieubeheer	
Stedelijk afvalwater	1. De gemeenteraad of burgemeester en wethouders dragen zorg voor de inzameling en het transport van stedelijk afvalwater dat vrijkomt bij de binnen het grondgebied van de gemeente gelegen percelen, door middel van een openbaar vuilwaterriool naar een inrichting als bedoeld in artikel 3.4 van de Waterwet.
	2. In plaats van een openbaar vuilwaterriool en een inrichting als bedoeld in het eerste lid kunnen afzonderlijke systemen of andere passende systemen in beheer bij een gemeente, waterschap of een rechtspersoon die door een gemeente of waterschap met het beheer is belast, worden toegepast, indien met die systemen blijkens het gemeentelijk rioleringsplan eenzelfde graad van bescherming van het milieu wordt bereikt.
Artikel 3.5. Waterwet	
Hemelwater	1. De gemeenteraad en het college van burgemeester en wethouders dragen zorg voor een doelmatige inzameling van het afvloeiend hemelwater, voor zover van degene die zich daarvan ontdoet, voornemens is zich te ontdoen of zich moet ontdoen, redelijkerwijs niet kan worden geleverd het afvloeiend hemelwater op of in de bodem of in het oppervlaktewater te brengen.
	2. De gemeenteraad en het college van burgemeester en wethouders dragen tevens zorg voor een doelmatige verwerking van het ingezamelde hemelwater. Onder het verwerken van hemelwater kunnen in ieder geval de volgende maatregelen worden begrepen: de berging, het transport, de nuttige toepassing, het, al dan niet na zuivering, terugbrengen op of in de bodem of in het oppervlaktewater van ingezameld hemelwater, en het afvoeren naar een zuiveringstechnisch werk.
Artikel 3.6. Waterwet	
Grondwater	1. De gemeenteraad en het college van burgemeester en wethouders dragen zorg voor het in het openbaar gemeentelijke gebied treffen van maatregelen teneinde structureel nadelige gevolgen van de grondwaterstand voor de aan de grond gegeven bestemming zoveel mogelijk te voorkomen of te beperken, voor zover het treffen van die maatregelen doelmatig is en niet tot de zorg van de beheerder of de provincie behoort.
	2. De maatregelen, bedoeld in het eerste lid, omvatten mede de verwerking van het ingezameld grondwater, waaronder in ieder geval worden begrepen de berging, het transport, de nuttige toepassing en het, al dan niet na zuivering, op of in de bodem of in het oppervlaktewater brengen van ingezameld grondwater, en het afvoeren naar een zuiveringstechnisch werk.

Figuur 47 Gemeentelijke zorgplichten waterbeheer (Gemeente Nissewaard, 2016).

WSHD

Waterschap Hollandse Delta draagt zorg voor het regionale waterbeheer. Zij zijn verantwoordelijk voor de algehele waterveiligheid, schoon water, aanvoer van voldoende water en de zuiveringen van afvalwater. Hollandse Delta beheert de hoofdwaterlopen in het plangebied en is verantwoordelijk voor een het organiseren en realiseren van goed waterbeheer. Wanneer de ruimtelijke ontwikkelingen nadelige gevolgen hebben voor het watersysteem zal het waterschap om compenserende maatregelen vragen middels het watertoetsproces.

De waterverordening Zuid-Holland stelt dat het waterschap actuele peilbesluiten moet hanteren, wat inhoudt dat het peilbeheer aansluit op de huidige gebruikersfuncties en belangen (Provincie Zuid-Holland, 2014). Het vigerende peilbesluit voor plangebied dateert uit 2004 en is opgesteld door een voorganger van het huidige waterschap. Gezien in de tussentijd er veranderingen aan zowel het watersysteem als de ruimtelijke indeling zijn uitgevoerd en gepland staan kan afgevraagd worden of dit peilbesluit daadwerkelijk nog actueel is en of een algehele herziening van het peilbesluit benodigd is.

Ook heeft het waterschap raakvlakken met de gemeente op het gebied van oppervlaktewaterbeheer en de waterketen. Beheert de gemeente alle waterkunstwerken en verversingsgemalen in het plangebied. Op het gebied van waterketen is het waterschap verantwoordelijk voor de zuivering van het afvalwater, maar is de gemeente verantwoordelijk voor het transport naar de zuivering.

In de missie Hollandse delta staat verder nog vermeld dat zij zich richt op veilig en duurzaam wonen, streeft naar de beste verhouding van maatschappelijke kosten en baten en zet zich in ten dienste van de omgeving. Dit maakt Hollandse een goede partner om te betrekken bij het klimaatadaptief inrichten van het gebied.

“Waterschap Hollandse Delta beschermt de Zuid-Hollandse Eilanden tegen wateroverlast, beheert het oppervlaktewater, zuivert het afvalwater, beheert de (vaar)wegen en levert een actieve bijdrage aan de ruimtelijke invulling van zijn gebied. Het richt zich daarbij, samen met anderen op veilig en duurzaam wonen, werken en recreëren voor burgers, bedrijven en andere gebruikers. Hollandse Delta is vooruitstrevend, open en transparant in de uitvoering van zijn taken, streeft naar de beste verhouding tussen maatschappelijke kosten en baten, stelt zich ten dienste van zijn omgeving en is een goede en aantrekkelijke werkgever.”

Missie Hollandse Delta (Waterschap Hollandse Delta, 2015)

Aannemer: ABB Bouwgroep

Betrokkenheid

ABB Bouwgroep is verantwoordelijk voor het realiseren van de nieuwe woningen in fase 1 van Sterrenkwartier-Noord. De 28 koopwoningen en 51 huurwoningen zullen zij energieneutraal en gasloos opleveren. Omdat het gehele ontwikkelingsproject is verdeeld in 4 verschillende fases zal per fase een aparte aanbestedingsprocedure worden gestart. Toch is de kans groot dat dit bedrijf ook de ontwikkeling van fase 2 zal gaan realiseren omdat zij tijdens fase 1 kennis over het gebied en de organisaties opdoet wat kan leiden tot een aanbestedingsvoordeel.

Belang

Het voornaamste belang van de aannemer is om goede woningen en een prettige leefomgeving te creëren. Hierbij realiseren zij de plannen die de gemeente samen met de wooncorporatie hebben opgesteld. ABB Bouwgroep geeft op hun website aan dat veel belang hechten aan duurzame ontwikkeling en het bedenken van creatieve oplossingen (ABB Bouwgroep, s.d.). Hierbij durven zij risico's aan te gaan en nemen de verantwoordelijkheid van de ontwikkeling op zich.

Maasdelta

Betrokkenheid

Maasdelta is de betrokken wooncorporatie in het plangebied. De organisatie is actief in Maasluis, Hellevoetsluis en Spijkenisse, waarin zij circa 16.000 woningen beheren, waaronder 688 woningen in Sterrenkwartier-Hoog. (Maasdelta, s.d.). In samenwerking met gemeente Nissewaard ontwikkelen zij herstructureringsplannen van Sterrenkwartier-Hoog. De nieuw gerealiseerde huurwoningen zullen door Maasdelta worden beheerd.

Belang

Wooncorporatie Maasdelta zet zich in voor een ruim en gevarieerd aanbod aan duurzame en betaalbare woningen. In het ondernemingsplan 2016-2020 heeft de wooncorporatie als speerpunt opgenomen dat zij zorgen voor gevarieerd en kwalitatief goed woningaanbod (Maasdelta, 2015). Om dit speerpunt te bereiken staat verderop vernoemd dat het de verouderde en eenzijdige woningvoorraad in Sterrenkwartier-Hoog zal worden vervangen omdat hier sprake is van een eenvormig woonmilieu, een relatief hoge mutatiegraad en een eentonige bevolkingsopbouw met relatief veel sociale problemen (Maasdelta, 2015).

"Maasdelta zorgt samen met huurders en gemeenten voor voldoende duurzame en betaalbare woningen voor in het bijzonder de laagste inkomensgroepen in onze vestigingsgemeenten. Wij richten ons daarbij op het verbeteren en beheren van met name de (bestaande) woningvoorraad. Hierbij hebben we niet alleen aandacht voor de woningen, maar ook oog voor de thema's schoon, heel en veilig van de directe woonomgeving."

Missie Maasdelta (Maasdelta, s.d.)

Stedin

Betrokkenheid

Stedin is de netbeheerder in het plangebied. Stedin is opgenomen als stakeholder omdat de nieuwbouw nieuwe eisen stelt aan het huidige energienet en zij het hoogspanningsstation aan de Heemraadlaan beheren. Stedin zou tijdens de ontwikkelingen in het gebied betrokken kunnen worden als ontwikkelingspartner.

De energietransitie die plaatsvindt in het plangebied heeft gevolgen voor de netbeheerder. Energie was traditioneel eenrichtingsverkeer van leverancier naar de consument. Tegenwoordig kunnen consumenten door middel van duurzame energiebronnen energie opwekken en terug leveren aan het net, zo ook in de nieuwe situatie binnen het plangebied. Doordat dit tweerichtingsverkeer andere eisen stelt aan het elektriciteitsnetwerk staat voor de uitdaging om het net te verzwaren. Aan de andere kant zullen de woningen in Stella Nova niet meer worden aangesloten op het gasnetwerk.

Tijdens een locatiebezoek was een derde partij de hoogspanningskabels aan het inspecteren naast het hoogspanningsstation. De uitvoerder was de huidige staat van de kabels en verbindingsmoffen aan het controleren, maar wist niet van wat de achterliggende gedachte van het onderzoek was. Het zou goed mogelijk zijn dat Stedin al plannen heeft voor het verzwaren van het netwerk.

Wat ook zou kunnen is dat de oliegekoelde hoogspanningskabels (50kV) in de grond aan het einde van hun levensduur zijn of zijn gaan lekken. Ook dit zou een goed reden zijn dat Stedin deze op relatief korte termijn wil vervangen. Dit biedt mogelijkheden om meerdere maatregelen door te voeren in de ondergrond.

Stichting Dagelijks Leven

Betrokkenheid

Dagelijks Leven is een zorginstelling die kleinschalige woonzorglocaties met gespecialiseerde zorg aanbiedt op verschillende plekken in Nederland. De zorginstelling zet zich in om mensen met dementie of andere vormen van geheugenverlies een prettige woning te bieden met passende zorg (Dagelijks Leven, s.d.). Dagelijks leven krijgt een nieuwe locatie midden in het Sterrenkwartier. Het pand zal worden gerealiseerd binnen de ontwikkelingen van Sterrenkwartier-Centraal.

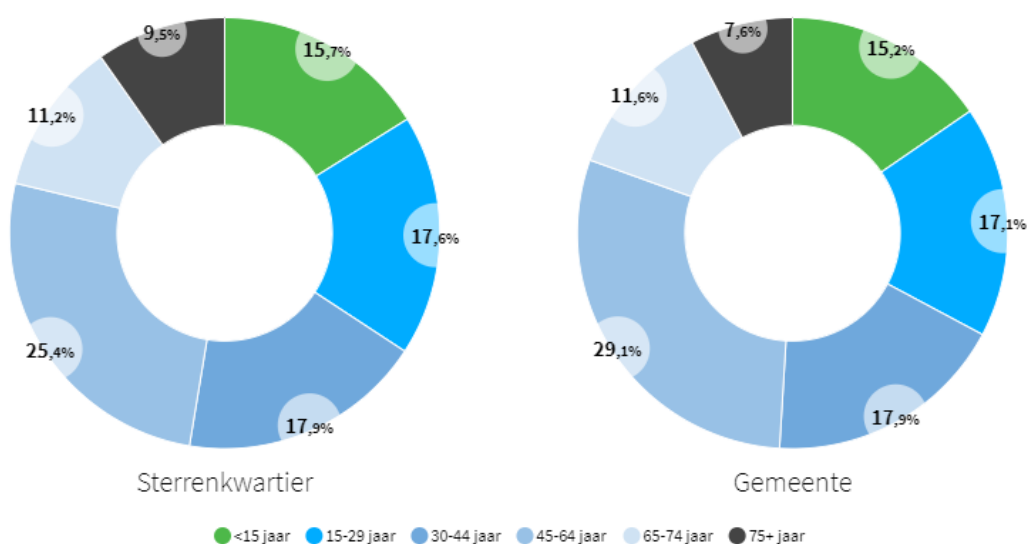
Belang

Het grootste belang van Dagelijks Leven is om een goede invulling te geven van hun zorgtaak. Het is onduidelijk of deze partij belang heeft bij het klimaatadaptief inrichten van het plangebied, maar eventuele wensen van de stichting zouden in de gebiedsinrichting kunnen worden verwerkt.

Bewoners

Huidige bewoners

Het Sterrenkwartier telde begin 2019 totaal 4.807 inwoner (Gemeente Nissewaard, 2019) s. De bevolkingssamenstelling ligt dicht in de buurt bij de gemiddelde bevolkinssamenstelling van gemeente Nissewaard, alleentelt het Sterrenkwartier relatief iets minder 45-64 jarige en iets meer 75 plussers. De grijze druk in het gebied is relatief met 37,2% relatief hoog, dit is 13,4% meer dan het gemeentelijk gemiddelde (Gemeente Nissewaard, 2019). Volgens de buurtmonitor was in 2019 71,2% van de bewoners autochtoon en had 28,8% van de bewoners een immigratieachtergrond.



Figuur 48 Verdeling bewoners naar leeftijd (Gemeente Nissewaard, 2019)

Sociaal economisch

Het Sterrenkwartier kent 236 mensen met een bijstandsuitkering en neemt hiermee 9,5% van het totale aantal bijstandsgerechtigden voor zijn rekening (Gemeente Nissewaard, 2019). Het gemiddeld besteedbaar inkomen in het Sterrenkwartier is €23.300 per jaar ten opzichte van het Nederlands gemiddelde van €25.000,-. Hierbij hebben de 20% huishoudens met de hoogste besteedbare inkomen jaarlijks een bedrag van €44.700 tot hun beschikking en de 40% laagste huishoudens €14.700 (CBS, 2016). De gemiddelde WOZ-waarde van de woningen is €148.000,- hiervan is 43% koop en 57% huur. Met een woningvoorraad van 2.321 is het gemiddeld aantal bewoners per woning is 2,07.

Aan de hand van de grote inkomensverschillen en het lage gemiddelde inkomen kan geconcludeerd worden dat de gemiddelde sociaaleconomische positie van de bewoners redelijk kwetsbaar is. Kijkend naar de woningen is de verwachting dat een groot deel van deze kwetsbare bewoners woonachtig zijn in Sterrenkwartier-Hoog.

Op de site van 'Vernieuwing Sterrenkwartier Hoog' staat ook beschreven dat de homogene samenstelling van sociaaleconomisch kwetsbare personen niet ten goede komt van de leefbaarheid. Hiermee is het een belangrijk aanknopingspunt om het gebied aan te pakken (Maasdelta, s.d.).

. Hier wordt in de volgende sub paragraaf verder op ingegaan.

Leefstijlenonderzoek

In 2011 heeft de provincie Zuid-Holland een leefstijlenonderzoek laten uitvoeren. Dit heeft de Provincie voor elke gemeente in Zuid-Holland laten uitvoeren en heeft de onderzoeksresultaten gebundeld in de Leefstijlatlas. Het doel van dit onderzoek was om ondernemers en beleidsmakers te ondersteunen hun recreatie-aanbod meer klantgericht te kunnen inspelen op de wensen van verschillende doelgroepen. Hierbij zocht de Provincie Zuid-Holland antwoord op de volgende hoofdvraag (2011): “Wie zijn de inwoners van de gemeenten in de provincie Zuid-Holland, wat zijn hun wensen en behoeften met betrekking tot dagrecreatie (p. 3)?” De resultaten uit dit onderzoek kunnen worden gebruikt in onder andere de productontwikkeling, gebiedsontwikkeling, marketing en promotie (Provincie Zuid-Holland, 2011).

De leefstijlen zijn bepaald aan de hand van twee verschillende factoren, een sociologische factor en een psychologische factor. De sociologische factor geeft aan of een persoon meer op zichzelf is gericht of op de omgeving. Mensen aan de individuele kant stellen eigen ambities en doelen centraal. Mensen aan de omgevingskant sluiten zich sneller aan bij hun sociale omgeving en zetten het gezamenlijke doel voorop. Bij de psychologische factor wordt gekeken in welke mate een persoon een introverte of extraverte houding heeft richting de samenleving. Wanneer deze twee factoren in een model worden gezet, met de sociologische en psychologische factoren als X-as en Y-as, ontstaat een 2-D model met vier kwadranten. Zo ontstaan er vier belevingswerelden waarin bewoners kunnen worden ingedeeld.



Figuur 49 De kwadranten van het leefstijlenonderzoek (Provincie Zuid-Holland, 2011).

Omdat dagrecreatie een breed domein is en sommige mensen tussen twee van de kwadranten inzitten is besloten om op de grensgebieden extra belevingswerelden in te voegen. Hierdoor zijn herkenbare 7 leefstijlen opgesteld. De betrokken leefstijlen zullen verder kort worden toegelicht. De volledige beschrijvingen van de verschillende leefstijlen staan in de **bijlagen**.

Een model met zeven leefstijlen dagrecreatie in de vier belevingswerelden



Figuur 50 De zeven leefstijlen (Provincie Zuid-Holland, 2011).

Huidige leefstijl

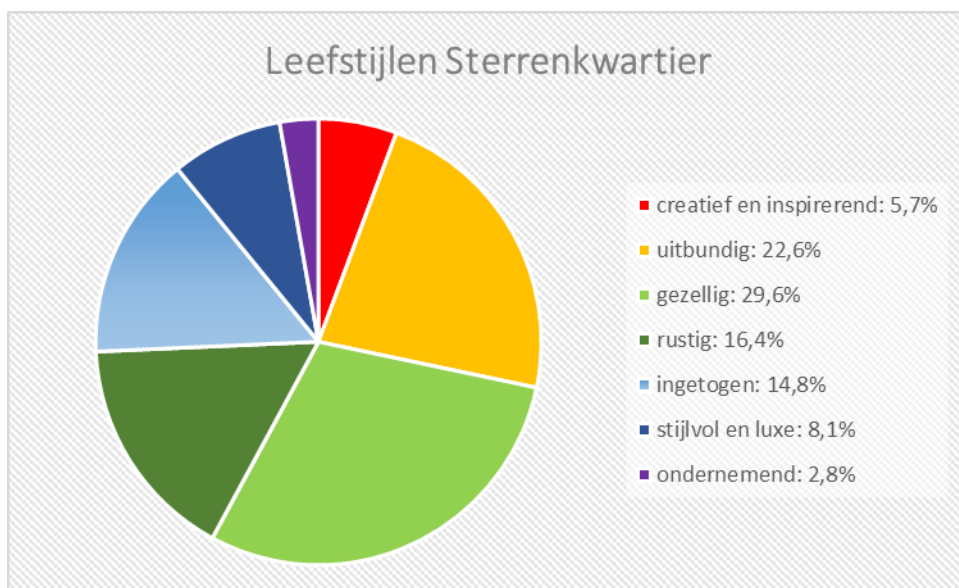
De overheersende leefstijl in het gebied is de gezellige lime leefstijl. Zoals de kleur al doet vermoeden zit deze leefstijl zit tussen de groene en gele levensstijl in. Kenmerkend aan mensen binnen de gezellige leefstijl is dat hetgeen wat zij gaan doen doorgaans niet zo belangrijk vinden.

De gezelligheid, vrijheid, samen zijn en (sportief) ontspannen staan centraal (Provincie Zuid-Holland, 2011). Mensen binnen deze leefstijl stellen doorgaans weinig eisen aan de soort activiteit, maar letten wel op de kosten. Volgens de Leefstijlatlas zijn voorbeeldactiviteiten: het bezoeken van een braderie of markt, wandelen, fietsen en er op uit gaan naar een park of bos.

Mensen met deze levensstijl komen vaak uit een gezin met al oudere kinderen of oudere 1 en 2 persoons huishoudens, zijn vaak lager opgeleid en heeft vaak een laag tot en met modaal inkomen (Provincie Zuid-Holland, 2011).

Ook de uitbundig gele levensstijl is goed vertegenwoordigd in de wijk. Mensen uit deze leefstijl zijn volgens de Leefstijlatlas echte levensgenieters en doen graag samen met anderen actieve en sportieve activiteiten. Uitbundig gele mensen zijn op zoek naar gezelligheid, vermaak, (muziek) evenementen en gaan graag met een groep vrienden op pad.

Mensen in de uitbundige leefstijl zijn veelal startende families, zijn vaak middelbaar opgeleid en heeft een inkomen van modaal tot 2 keer modaal.



Figuur 51 Huidige verdeling leefstijlen (Provincie Zuid-Holland, 2011)

Toekomstige leefstijlen

Tijdens de geplande gebiedsontwikkeling in Sterrenkwartier-Noord zullen veel kleine sociale huurwoningen plaatsmaken voor grotere duurdere gezinswoningen. Dit zal als bijkomend gevolg hebben dat de bevolkingssamenstelling van het gebied verandert. De huidige bewoners hebben over het algemene een kwetsbare sociaaleconomische positie. Het gemiddeld inkomen is laag en er zijn veel alleenstaande ouders en relatief veel ouderen (Gemeente Nissewaard, 2019). Volgens de leefstijlatlas kan gesteld worden dat deze kenmerken het beste te plaatsen zijn bij de Gezellige lime leefstijl.

Een deel van deze bewoners zal terugkeren naar het plangebied, maar deze zullen aangevuld worden door bewoners die sociaal economisch stuk sterker staan. De koopwoningen in het gebied zullen volgens de website van Stella Nova €350.000 tot €500.000 gaan kosten. De prijs en de grootte van de huizen maakt dat de kans groot dat hier (jonge) gezinnen zullen gaan wonen, waarbij per huishouden 1,5 tot meer dan 2x modaal wordt verdiend.

Het is hierdoor aannemelijk dat er vooral een toename zal plaatsvinden bij de blauwe leefstijl. Mensen in de blauwe leefstijl worden gekenmerkt doordat zij gemiddeld hoog opgeleid zijn, een aanzienlijk deel meer dan 2x modaal verdient en tot de jonge huishoudens behoort. Waarschijnlijk zal ook de gele leefstijl wat toenemen. Het grootste deel van deze leefstijl bestaat uit startende gezinnen, is middelbaar opgeleid en verdient gemiddeld modaal tot 2x modaal. De toename aan de voornamelijk blauwe en in mindere mate gele levensstijl zal waarschijnlijk ten kosten gaan van de 'Gezellig lime' groep.

Eisen aan de inrichting

Aan de hand van de leefstijlen kunnen voorkeurseisen worden gesteld aan de inrichting van de buitenruimte. De toename aan zowel blauwe als gele mensen lijkt tegenstrijdig omdat deze leefstijlen bijna tegengestelde eisen stellen aan de omgeving, maar gezien de doelstelling van de herstructurering is dit goed verklaarbaar. De doelstelling voor de ontwikkelingen is om een nieuw gevarieerd woongebied te creëren, waarbij verschillende typen woningen in een gebied worden gerealiseerd. Hierdoor in een gebied veel verschillende leefstijlen samenwonen die verschillende eisen stellen aan de inrichting van het gebied.

Tabel 10 Ontwerpeisen buitenruimte per leefstijl (Waterpas civiel adviseursbureau, s.d.).

Leefstijl	Ontwerp	Uitstraling	Materiaal
Rood	Creatief, eigenzinnig	Eigenzinnig	Bijzonder
Geel	Functioneel, harmonieus	Gezamenlijk, sociaal	Eenvoudig
Groen	Functioneel, veilig	Degelijk	Eenvoudig
Blauw	Bijzonder, luxe	Luxe	Hoogwaardig

Doordat de procentuele verdeling van de leefstijlen gelijkmatiger verdeeld zal worden zal er een goede afweging gemaakt moeten worden in de openbare inrichting van het gebied. Hierdoor zal ook de ruimte divers moeten worden ingericht. Om de inrichting zoveel mogelijk te laten aansluiten bij de leefstijlen van de bewoners zal een juiste balans gevonden worden in het ontwerp en gebruik van de materialen.

Conclusie

Er is een duidelijke verdeling tussen de betrokken partijen in het plangebied met betrekking tot de gebiedsontwikkeling. Maasdelta en gemeente Nissewaard ontwikkelen zelf de plannen over de gebiedsontwikkeling en waarna dit plan wordt gerealiseerd door een projectontwikkelaar. Na de oplevering zal Maasdelta de huurwoningen in beheer nemen en de gemeente de openbare ruimte. Alle partijen hebben belang bij duurzaamheid en veel bij het creëren van een robuust watersysteem.

De nieuwe gevarieerde woningen zullen als resultaat hebben dat de bevolkingssamenstelling gevarieerder wordt. De concentratie bewoners met een laag sociaaleconomische positie zal minder significant worden en een meer gebalanceerde bevolkingssamenstelling zal worden bereikt.

Waar in de huidige situatie de groen/gele levensstijl overheerst zal de ontwikkeling leiden tot een gelijkmatigere verdeling aan levensstijlen. De verwachting is dat vooral het aandeel blauwe bewoners toe zal nemen. De uitdaging is om in de openbare ruimte dusdanig in te richten dat alle leefstijlen zich er thuis kunnen voelen.

SWOT Stakeholders	
Strong	- Er is een duidelijke takenverdeling tussen de betrokken in de gebiedsontwikkeling. - Duurzaamheid is voor veel betrokkenen belangrijk.
Opportunity	Het creëren van een divers gebied
Weak	De relatief zwak sociaal economische positie van de huidige bewoners in Sterrenkwartier-Hoog
Threat	Het vinden voor een passende inrichting waarin verschillende mensen met verschillende leefstijlen zich thuis voelen.

Watersysteemanalyse

In deze watersysteemanalyse zal het watersysteem in het plangebied uitgebreid onderzocht worden. Ten eerste wordt het Stedelijk Waterplan aangehaald. Dit project biedt een stuk context over de water gerelateerde problemen in het verleden en wat voor maatregelen hiertegen zijn genomen. Hierna zullen de knelpunten van het lokale watersysteem kort worden behandeld. Om inzicht te krijgen in de problemen van het plangebied zal vervolgens een analyse van het grootschalige watersysteem worden uitgevoerd. Hierbij zullen de lokale problemen in de context van het grotere watersysteem worden onderzocht.

Context: Stedelijk waterplan

In de periode 1996 – 2007 hebben de toenmalige waterbeheerders in Spijkenisse gewerkt aan het ‘Stedelijk Waterplan Spijkenisse’. In dit plan werden vele maatregelen genomen met als doel het verbeteren van de algehele waterkwaliteit in Spijkenisse. Dat er destijds actie ondernomen moest worden was duidelijk. De algehele waterkwaliteit in het gebied was matig tot slecht en slechts enkele water voldeden aan de kwaliteitsnormen. Het toenmalige zuiveringsschap sloeg de handen ineen met het waterschap en de gemeente om samen te werken aan betere waterkwaliteit. De slechte waterkwaliteit was voornamelijk te wijten aan (Waterschap Hollandse Delta, 2008):

- Riiooloverstorten tijdens hevige neerslag;
- Minimale verversing van het oppervlaktewater;
- De inmenging van zout grondwater met vers inlaatwater;
- Onderhoudsachterstanden met baggerwerkzaamheden.

Om deze problemen aan te pakken was een grootschalige aanpak nodig waarbij er twee maatregelsporen werden uitgezet, het verminderen van riooloverstorten en het verbeteren van de algehele waterhuishouding. De genomen maatregelen en resultaten staan beschreven in de ‘Evaluatie Stedelijk Waterplan Spijkenisse’ (2008).

Maatregelen

Om de riooloverstorten te verminderen werden in totaal 15 bergbezinkbassins aangelegd. Deze voorzieningen werden verspreid over de stad aangelegd, waarbij bijna elk bemaalingsgebied één of meerdere bergingen kreeg. Met de bergbezinkbassins werd extra berging in het rioolstelsel gecreëerd waardoor de kans op overstorten verkleind werd waardoor 20 overstorten gesloten konden worden. Ook zorgen de bezinkbassins ervoor dat, in geval van een overstort, de uitworp schoner is doordat een deel van het vuil bezinkt in de voorziening en daarmee niet in het oppervlaktewater terecht komt. De investeringskosten van deze maatregelen was 8,5 miljoen euro.

Het verbeteren van de waterhuishouding was een complexer probleem waarbij meerdere maatregelen genomen moesten worden. De eerste stap was om het watersysteem onder invloed van zoute kwel te scheiden van het zoete systeem. Hierdoor kon er enerzijds een brak en anderzijds een zoet ecosysteem ontwikkeld worden waarbij er weinig inmenging meer plaatsvond tussen beide. Als aanvullende maatregel werden ook zoveel mogelijk riooloverstorten in het brakke systeem verwijderd om de inmenging van regenwater te minimaliseren.

Toen het watersysteem opnieuw was ingedeeld kon gekeken worden hoe de doorstroming kon worden verbeterd in het gebied. Een betere doorstroming zou nadelige effecten van zoute kwel en een riooloverstort kunnen minimaliseren omdat dan de concentratie sneller verspreid en verdund wordt. Een betere doorstroming verbeterd de zuurstofhuishouding en verminderd de kans op (extensieve) algenbloei. Om een beter doorstroming te bereiken zijn er verschillende duikers afgesloten en stuwen geplaatst om de waterstroom te concentreren naar hoofdwatgangen. Als

aanvulling zijn er diverse verversinggemalen geplaatst die de afgesloten watergangen doorspoelen. Zo ook de gemalen in het plangebied. De investeringskosten van deze maatregelen was 1,7 miljoen euro.

De doelstelling van het plan was het creëren van een goede biologische waterkwaliteit. Om dit te bereiken zijn er aanpassing gedaan aan de inrichting van het watersysteem. Er zijn onder andere natuurvriendelijke oevers, helofytenfilters en ecologische zones aangelegd. Om de groei van waterplanten te bevorderen is er strakker ingezet op een regelmatige baggercyclus zodat de achterstanden werden weggewerkt. Door te baggeren kunnen waterplanten makkelijker wortelen op de bodem en bovendien worden zo nutriënten uit het systeem verwijderd.

Onderzoeksresultaten

De effecten van het Stedelijk Waterplan zijn getoetst met behulp van het 'ecologisch beoordelingssysteem stadswateren' van STOWA en aan de fysisch-chemische parameters. Hierbij was de waterkwaliteit ingedeeld in klassen variërend van zeer goed tot zeer slecht en zijn verschillende normen opgesteld voor grote wateren en kleine wateren. Hierna werden 281 watergangen onderzocht en beoordeeld. Als nulmeting werd het jaar 1996 aangehouden, vervolgens werd er in 2001 een tussenmeting gedaan en in 2007 werd een afsluitend onderzoek gedaan.

Tabel 11 Procentuele verdeling van watergangen (n=281) per kwaliteitsklasse (H2O, 2009).

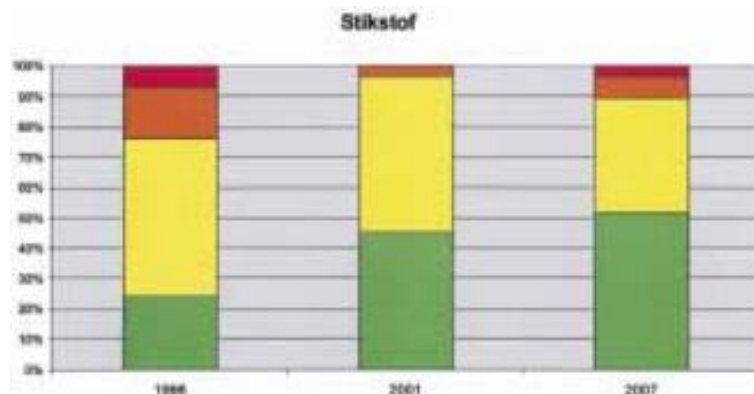
Kwaliteitsklasse	1996	2001	2007
Zeer goed	0	0	0
Goed	8	19	20
Matig	18	42	56
Slecht	54	32	21
Zeer slecht	20	7	3

Het aantal slechte watergangen was afgenomen van 74% naar 24%. De toename van goede watergangen was echter iets geringer, maar was door de maatregelen opgenomen tot 20%. De gemiddelde waterkwaliteit is nog matig.

Uit het biologisch onderzoek is gebleken dat de meeste winst is behaald in de hoofdwatergangen. Hier had ongeveer 75% van het water een matige of goede kwaliteit. Dit komt overeen met het

algehele onderzoek, alleen het verschil is dat het aandeel goed tot zeer goed ruim 40% bedroeg tegenover 20% van het algehele onderzoek.

Uit het chemisch onderzoek is gebleken dat de helft van de wateren aan de gestelde MTR-normen voldoet. Vooral op het gebied van stikstof is flinke winst behaald met ruim een verdubbeling van wateren die aan de norm voldoen.



Figuur 52 Chemische klassenverdeling van watergangen (H2O, 2009)

Ook is uit de chloridemetingen in de verschillende gebieden gebleken dat de scheiding van de systemen heeft geholpen. De zoete gebieden werden aanzienlijk zoeter en de brakke systemen zouter. Na flinken buien in het brakke systeem was het chloride gehalte nog hoog genoeg. Hieruit is gebleken dat het brakke systeem stabiel is.

Conclusie

Aangezien de maatregelen ter bevordering van de doorstroming in de hoofdwatgangen kan geconcludeerd worden dat een goede doorstroming zeer belangrijk is om een goede waterkwaliteit te realiseren. Aan de hand van de stikstofwaarden zo gesteld kunnen worden dat het aanleggen van de bergbezinkbassins en het verbeteren van de doorstroming een zeer positief effect heeft gehad op de chemische waterkwaliteit. Ook is uit de chloridemetingen in de verschillende gebieden gebleken dat de scheiding van de systemen heeft geholpen. De zoete gebieden werden aanzienlijk zoeter en de brakke systemen blijven op een stabiel brak niveau. Na flinken buien in het brakke systeem was het chloride gehalte nog hoog genoeg. Hieruit is gebleken dat het brakke systeem stabiel is.

Alhoewel er flinke winst is behaald tijdens met het Stedelijk Waterplan hebben de initiatiefnemers verdere verbeterpunten aangegeven. Zo is het doel gesteld om de waterkwaliteit verder te verbeteren door vuilemissies door overstorten nog verder terug te dringen. Ook staat aangegeven meer maatregelen wil gaan treffen om het watersysteem beter robuust te maken gelet op de verwachte klimaatsverandering. Een belangrijk onderdeel hiervan is om grote hoeveelheden hemelwater tijdelijk te kunnen opvangen en om in perioden van droogte genoeg water van de juiste beschikbaar te hebben. Dit onderzoek gaat daarmee verder op de geformuleerde doelstellingen uit het Stedelijk Waterplan.

Regionaal watersysteem

Waterveiligheid

Waterschap Hollandse Delta is verantwoordelijk voor de waterveiligheid van het plangebied zij beheren zowel de primaire als de secundaire keringen op Putten. Het waterschap zet in het beheersplan sterk in op het belang meerlaagse waterveiligheid. Hiermee wordt bedoeld dat het waterschap naast het voorkomen van overstromingen (laag 1) ook de gevolgen van overstromingen wil beperken door maatregelen te nemen in de ruimtelijke inrichting (laag 2) en een doeltreffend calamiteitenplan heeft (laag 3) (Waterschap Hollandse Delta, 2015). In het beheerprogramma heeft Hollandse Delta aangegeven om de huidige planperiode voornamelijk in te zetten op de eerste veiligheidslaag. Deze beslissing volgt voornamelijk door een wijziging van veiligheidsnormen in de Waterwet. Hieronder wordt per veiligheidslaag meer verteld over het huidige waterveiligheidsbeleid.

Laag 1 Preventie

In 2017 is het waterschap begonnen met onderzoek naar de veiligheid van de primaire waterkeringen. Dit gebeurde naar aanleiding van nieuwe veiligheidsnormen die per januari 2017 zijn opgenomen in de Waterwet. Uit dit onderzoek bleek dat primair dijktraject 20-2, die bijna heel Putten tot de Bernisse beschermd, ruim niet voldoet aan de gestelde ondergrens (Waterschap Hollandse Delta, 2018).

De zware onvoldoende komt voornamelijk doordat dit dijktraject in de nieuwe normeringen is opgenomen als 'Hotspottraject'. Op deze hotspottrajecten zijn zowel de economische als maatschappelijke verwachte gevolgen van een dijkdoorbraak erg groot en daarom wordt het beschermingsniveau één klasse hoger gesteld dan het beoordeelde beschermingsniveau. Op deze manier worden deze gebieden (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016).

De nieuwe normering stelt dat het gewenste beschermingsniveau (signaleringswaarde) een waterstand die eens in de 30.000 jaar voorkomt moet kunnen keren en moet minimaal een waterstand moet kunnen keren die eens in de 10.000 jaar voorkomt (ondergrenswaarde) (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016). In de **bijlagen** is een factsheet te vinden over de waterveiligheid.

De dijkversterking van de primaire kering is opgenomen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma. In het Deltaprogramma 2019 staat aangegeven dat de verkenningsfase van dijktraject 20-3 in 2019 van start is gegaan en in de periode 2014-2017 gerealiseerd zal worden. De regionale keringen in het gebied voldoen volgens het waterschap aan de gestelde normen.

Laag 2 Ruimtelijke inrichting

In het beheerprogramma geeft het waterschap aan prioriteit te geven aan overstromingspreventie. Hierbij geven ze aan lange termijn doel van de 2^e laags veiligheid aan dat *de ruimtelijke inrichting bijdraagt aan het beperken van de gevolgen van een overstroming*. Een goede ruimtelijke inrichting kan bijdragen aan het beperken van: Overstromingsschade, slachtoffers en maatschappelijke ontwrichting. Het waterschap heeft beperkte bevoegdheden om directe invloed uit te oefenen op de ruimtelijke inrichting, maar kan door middel van het watertoetsproces oordelen of ruimtelijke plannen de belangen van het waterschap borgen en deze plannen geen nadelige effecten op het watersysteem heeft.

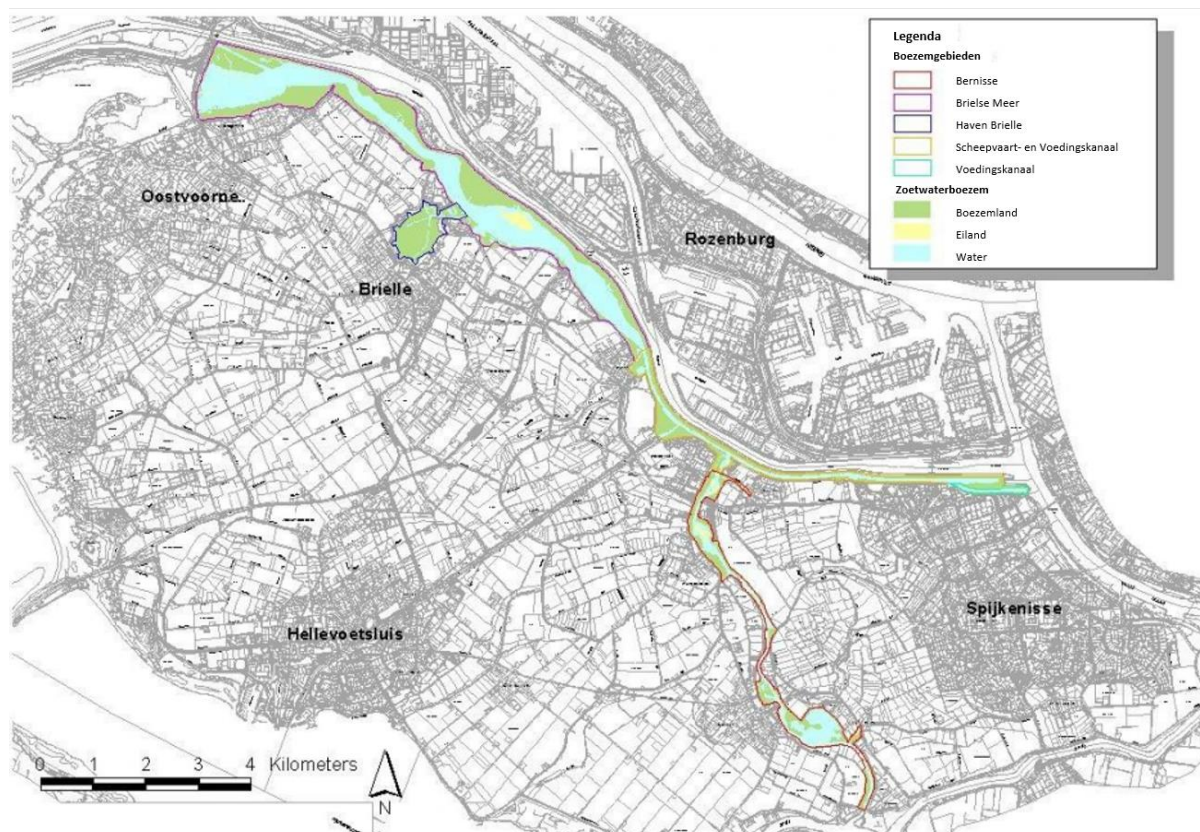
Laag 3 Crisisbeheersing

De derde laag van de meerlaagse veiligheid gaat in op het beheersen van crisissituaties. Het lange-termijndoel van het waterschap is het om een overstroming te beperken of de gevolgen hiervan te beperken.

Het waterschap is volgens de Waterwet verplicht een calamiteitenplan op te stellen in samenwerking met de veiligheidsregio en gemeenten. Hiernaast moet het waterschap een geschikte calamiteitenorganisatie beschikbaar hebben die dit calamiteitenplan in werking kunnen zetten tijdens nijpende situaties. Deze organisatie is tijdens extreem hoogwater of extreme droogte verantwoordelijk voor de inspectie aan waterkeringen en waterkunstwerken om voorbodes van faalmechanismen te detecteren.

Om de gevolgen van een eventuele overstroming te voorkomen adviseert het waterschap de veiligheidsregio's en gemeente over evacuatiestrategieën (Waterschap Hollandse Delta, 2015).

Aanvoer



Figuur 53 Zoetwaterboezem Voorne-Putten (Waterschap de Brielse Dijkkring, 2004)

Putten wordt van zoet water voorzien door een grote zoetwaterboezem van met een oppervlakte van circa 559 hectare (Waterschap de Brielse Dijkkring, 2004). Tot dit aaneengesloten boezemsysteem behoren: Het Brielse Meer, het Scheepvaart- en Voedingskanaal en de Bernisse. Hiernaast zijn ook nog enkele andere wateren en haventjes aangesloten op de zoetwaterboezem. Het gehele boezempeil is ingesteld op 0,00m NAP

De Zoetwaterboezem heeft een aantal functies. Een van de hoofdfuncties is de af- en aanvoer van water in Voorne-Putten, maar er wordt ook water geleverd aan het Hoogheemraadschap van Delfland ten behoeve van de glastuinbouw in het Westland en dient het ook als koelwater voor verschillende bedrijven in de Rotterdamse haven (Waterschap de Brielse Dijkkring, 2004). Verder vindt er veel recreatie plaats in de vorm van pleziervaart en bevindt zich een gelijknamig natuurgebied in de Bernisse.

Het water kan op twee plaatsen worden ingelaten vanuit de Rijkswateren. Het water kan vanuit de Oude Maas het Voedingskanaal ingelaten worden via inlaatsluis Spijkenisse. Dit kan alleen als de waterstanden op de Oude Maas boven NAP zijn. Het nadeel hiervan is dat deze inlaat maar kort

ingezet kan worden omdat de zoutindringing vanuit de Nieuwe Waterweg tijdens hoogwater te groot wordt (Waterschap de Brielse Dijkkring, 2004). Omdat de inlaat maar kort ingezet kan worden heeft inlaatsluis Spijkenisse een relatief grote inlaagcapaciteit.

Onder normale omstandigheden wordt het meeste water vanaf het Spui binnengelaten bij inlaatsluis Bernisse. Dit is echter afhankelijk van de waterstanden op het Haringvliet. Bij hoge Rijnafoeren worden de Haringvlietsluizen ver opengezet waardoor het Spui grote verschillen krijgt in hoog- en laagwater door de getijdenwerking van de Noordzee. Onder normale omstandigheden is de invloed van de getijden op het Spui gunstiger dan op de Oude Maas. Ondanks dat deze inlaat een kleinere capaciteit heeft kan een langere periode water ingelaten worden. Een ander voordeel is dat de zoutindringing van het Spui vaak minder is dan van de Oude Maas.

Afvoer

De afwatering van de Zoetwaterboezem verloopt via spuisluis Rozenburg aan het uiteinde van het Brielse Meer. Het water wordt onder vrij verval op het Hartelkanaal gespuid welke onder invloed staat van de getijden. Er kan alleen gespuid worden als het laagwater is en de waterstand in het Hartelkanaal lager is dan in het Brielse Meer. Inlaatsluis Spijkenisse kan ook worden ingezet als spuisluis. Hiermee wordt het Scheepvaart- en Voedingskanaal tussen de Bernisse en de inlaatsluis doorgespoeld. Dit kan worden gebruikt wanneer dit deel van de boezem te zout wordt. Als laatste kan nog water worden uitgelaten via de Voornse schutsluizen. Dit kan hier onder vrij verval, maar ook via pompen (Waterschap de Brielse Dijkkring, 2004).

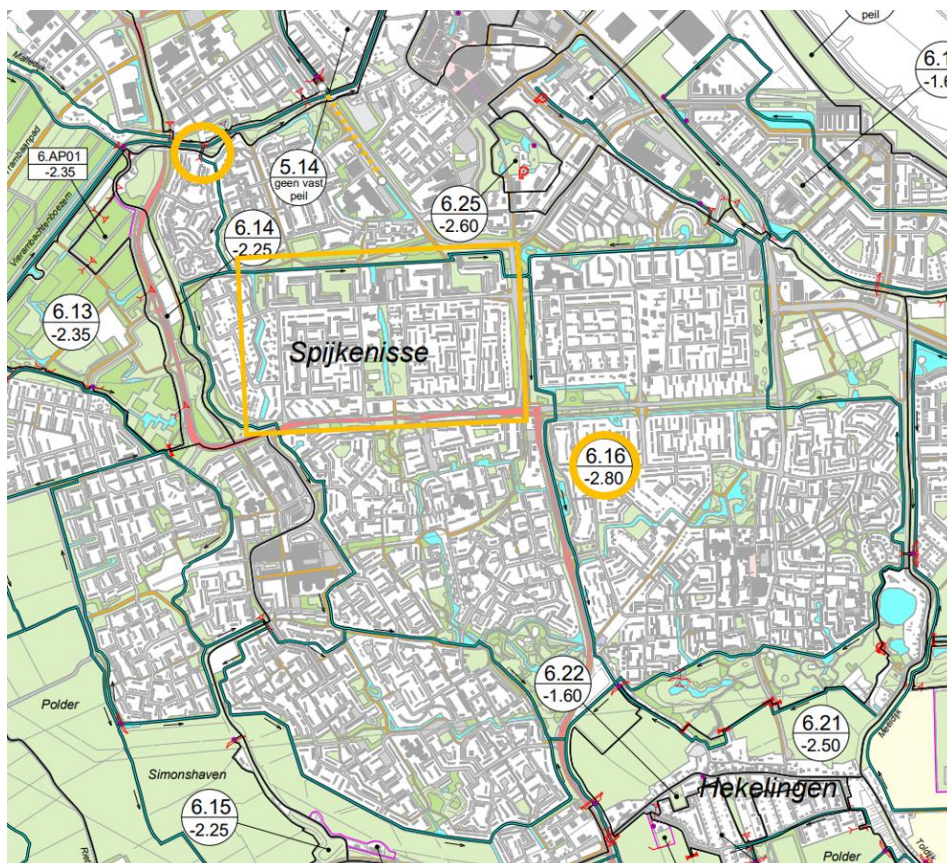
Conclusie

Putten heeft wordt van zoet water voorzien door een zoetwaterboezem van 559 hectare. Het water kan worden ingelaten vanuit de Oude Maas of het Spui afhankelijk het tij en de chloridegehalten in deze rijkswateren. Overtollig water uit het boezemsysteem kan onder vrij verval worden afgevoerd via spuisluis Rozenburg, de Voornse schutsluizen en inlaatsluis Spijkenisse. Bij de Voornse schutsluizen kan ook worden gepompt.

Lokaal Watersysteem

Peilgebied

Het vigerende peilbesluit stamt uit 2004 en is opgesteld door waterschap de Brielse Dijkkring. Toen dit waterschap meegenomen werd in de fusie tot waterschap Hollandse Delta is dit peilbesluit overgenomen en geldt dit peilbesluit nog steeds. Het Sterrenkwartier is gelegen in een peilgebied 6.16. Dit peilgebied beslaat een groot deel van het stedelijk gebied in Spijkenisse en het streefpeil is vastgesteld op -2,80m NAP. Het is hiermee het op één na laagste peilgebied in het peilbesluit van Putten (Waterschap de Brielse Dijkkring, 2004). Alleen het aangrenzende peilgebied 6.12, ten zuiden van 6.16, heeft een lager peil van -3,00m NAP.



Figuur 54 Watersysteemkaart waarin het peilgebied is te zien en de stromingsrichting van de hoofdwaterlopen (Waterschap de Brielse Dijkkring, 2004).

Aanvoer

De watergangen in het plangebied maken deel uit van het stedelijke zoetwatersysteem. Om een gezonde waterkwaliteit te creëren binnen systeem is voldoende aanvoer van zoet water essentieel. Hiermee wordt een goede doorspoeling bereikt wat positief is voor de waterkwaliteit. Water wordt vanuit twee routes aangevoerd naar het plangebied.

Vierambachtenboezem

Het meeste water wordt vanuit de Vierambachtenboezem via een helofytenfilter het peilgebied (6.16) ingelaten bij de Breekade. In 2018 zijn aan de andere zijde van de inlaat nog eens 4 natuurvriendelijke overs aangelegd met een totale lengte van 280m (Waterschap Hollandse Delta, 2018). Het ingelaten water komt direct in de hoofdwaterloop terecht en stroomt vervolgens via wijk de Hoek zuidwaarts naar het plangebied. Het water komt in de noordelijke hoofdwaterloop van het plangebied terecht waarna het zich verder langs de randen verplaatst. Tijdens een locatiebezoek viel op dat er een aantal andere waterlopen in verbinding stonden met deze noordelijke waterloop, maar waren de verbindende duikers permanent afgesloten. Na navraag te hebben gedaan bij de beleidsmedewerkers water van de gemeente is dit gedaan om de doorstroming van de hoofdwaterloop te bevorderen.

Voedingskanaal

Er is ook nog een andere lange route waarmee vers water het gebied ingelaten wordt. Bij deze route wordt het water via het voedingskanaal ingelaten. Dit is helemaal aan de noordgrens van Spijkenisse. Het ingelaten water stroomt via de wijk Hoogwerf (5.12, -1,85) naar de wijk Schiekamp (5.11-2,20) waarna de (hoofd)watergang vlak voor de Vierambachtenboezem (5.08, -2.25) stopt. Vanaf hier wordt het water via een 100m³/uur persleiding onder de boezem door gepompt naar het oostelijke deel van wijk de Hoek (Waterschap Hollandse Delta, 2008). Het water stroomt nu via een secundaire watergang verder en komt uiteindelijk in het oostelijke deel van de noordelijke watergang terecht. Gezien de oostwaartse stroming in de Noordelijke watergang passeert dit water zeer snel weer het plangebied. De aanname is dat dit water nauwelijks effect heeft op de verversing van het plangebied.

Afvoer

In 2018 is het nieuwe gemaal Putten opgeleverd. Gemaal Putten is het primaire uitlaatpunt van het bemalingsgebied waarin het plangebied ligt. Het gemaal heeft een maximale capaciteit van 450m³ per minuut, maar verwerkt in een normale situatie 50m³ per minuut. De capaciteit van het gemaal is groot genoeg om heel Putten te bemalen. Hiermee vervangt het de gemalen Biersum en Volharding die beide aan het einde van hun levensduur waren. Het gemaal kan ook worden ingezet om water in te laten. Deze eigenschappen maken dat gemaal Putten goed voorbereid is op extremer wordende buien en droogten.

Om de ecologische doelstellingen van de KRW te halen heeft het waterschap besloten om het gemaal visvriendelijk aan te leggen. De pompgemalen zijn visvriendelijk en er is een speciale vishevel aangelegd zodat vissen ook van de rivier naar de polder kunnen trekken (Rijkswaterstaat, 2018).

Onderhoud

Het waterschap is verantwoordelijk voor het beheer van de hoofdwatgangen. In 2017/2018 heeft het waterschap baggerbeleid onderzocht en aangepast. Hierbij is besloten de cyclus te wijzigen van eens in de 7 jaar naar eens in de 8 jaar baggeren, er komen meer mogelijkheden om maatwerkgericht te baggeren en onderzoekt het waterschap de mogelijkheden om bagger in te zetten als bouwstof (Waterschap Hollandse Delta, 2018). De hoofdwatgangen in het plangebied zijn in 2016 voor het laatst gebaggerd (Waterschap Hollandse Delta, 2014).

De gemeente Nissewaard is verantwoordelijk voor het beheer van de secundaire watergangen en een groot deel van de bruggen en waterkunstwerken in het gebied (Waterschap Hollandse Delta, 2014). De gemeente heeft deze waterkunstwerken voornamelijk in beheer zodat het watersysteem kunnen laten aansluiten bij de gebruiksfunctie van een bepaald gebied

In een gesprek met peilbeheerders van het waterschap kwam naar voren dat het verschil in beheer soms lastig is omdat het waterschap primair verantwoordelijk is voor het waterbeheer, maar de gemeente het overgrote deel van de (stedelijke) waterkunstwerken beheert. Het is dus van belang dat er goed gecommuniceerd wordt tussen beide partijen wanneer een ingreep wordt gedaan in het watersysteem.

Conclusie

Het overgrote deel van het water is afkomstig uit de Vierambachtenboezem en wordt het peilgebied ingelaten via de (natuurvriendelijke) inlaat. Dit water komt via een hoofdwatloop in het Noordoostelijke deel van het gebied binnen. Gemaal Putten zorgt voor de afwatering in het gebied. Dit gemaal is in 2018 opgeleverd en heeft voldoende capaciteit om het gehele eiland te bemalen. Het gemaal kan ook gebruikt worden om water vanuit het Spui in te laten en het is visvriendelijk. Deze eigenschappen maken het gemaal toekomstbestendig. Waterschap Hollandse Delta is onderhoudsplichtig voor de hoofdwatgangen en gemeente Nissewaard voor de secundaire watergangen en een groot deel van de waterkunstwerken. Wanneer ingrepen worden genomen in het watersysteem is het van belang dat er goed gecommuniceerd wordt tussen gemeente en waterschap om een ingreep het gewenste effect te laten hebben.

Het Plangebied



Figuur 55 Watersysteemkaart met hoofdwatervanngen (blauw) en de secundaire watervanngen (groen) (Waterschap Hollandse Delta, s.d.)

Watersysteem

Langs de westelijke, noordelijke en oostelijke randen van de wijk bevinden zich de hoofdwatervanngen en er zijn twee secundaire watervanngen, de centraal gelegen singel langs de Waterman en de watervanng langs het Hydrapad. De watervanngen aan de randen van het Sterrenkwartier zijn hoofdwatervanngen in beheer van waterschap Hollandse Delta en kennen een relatief goede doorstroming.

De singel in het gebied heeft een oppervlak van 5764m² en is gemiddeld 0,7 m diep. De singel staat slechts met één andere watervanng in verbinding door middel van een lange duiker. Het eerste deel van deze duiker is een rechthoekige betonnen duiker van 1.80m bij 1.30m en is ca. 30 meter lang. Vroeger verbond deze duiker de singel met de noordelijke hoofdwatervanng, maar dit veranderde toen een groot deel van het wateroppervlak gedempt werd zodat het winkelcentrum hierop gebouwd kon worden. Om een verbinding te houden tussen de watervanngen is besloten een stalen duiker van 30cm in doorsnede en 60m lang aan te leggen onder het winkelcentrum. Deze stalen buis is in de betonnen duiker gemetseld en komt uit onder een bakkerspaviljoen op palen. Het verlengen en versmallen van de duiker heeft er toe geleid dat de singel zeer geïsoleerd is komen te liggen. De doorstroming in de duiker is ook twijfelachtig want deze is eigenlijk veel te smal voor zo'n grote waterpartij. Uit een locatiebezoek bleek dat veel (drijf)vuil zich ophoopt in het betonnen deel van de duiker. Dit is voornamelijk te wijten aan de plotselinge versmalling van de duiker waardoor het vuil, dat door het rooster past, zich op kan hopen in de 30 meter lange betonnen duiker. De lange duiker is lastig te onderhouden hierdoor is het onduidelijk of de doorstroming ongehinderd is.

Volgens afdeling waterbeheer van de gemeente moest de singel in het originele stedenbouwkundig plan aan de zuidzijde worden verbonden met de watervanng rechtsonder op figuur 16. Deze open verbinding is echter nooit gerealiseerd. Om de watervanng toch te laten stromen is, in kader van het Stedelijk Waterplan, in 1999 een persleiding aangelegd die deze watervanng doorspoelt met water afkomstig uit de noordelijke hoofdwatervanng. Zoals te zien op figuur 16 is dit dezelfde watervanng als waar de singel op afwatert. De persleiding wordt aangedreven door Waterverversingsgemaal Waterman. Dit gemaal heeft volgens berekeningen van gemeente Nissewaard een capaciteit van 17,8 m³ per uur (Kalkman, 2019). Hiermee wordt de watervanng theoretisch voor 10,6 % per dag

doorgespoeld. Deze doorspoeling (Zuid-Noord) gaat ook nog eens tegen de algehele stromingsrichting van het peilgebied in (Noord-Zuid), ook dit verhindert de doorspoeling. De secundaire watergang langs het Hydrapad wordt ook doorgespoeld door een verversingsgemaal. Dit komt doordat de duiker naast het verversingsgemaal is afgesloten. De reden hiervan is waarschijnlijk dat de rioolbuis dieper moest komen te liggen dan dat hier ruimte voor was.

Onderhoud

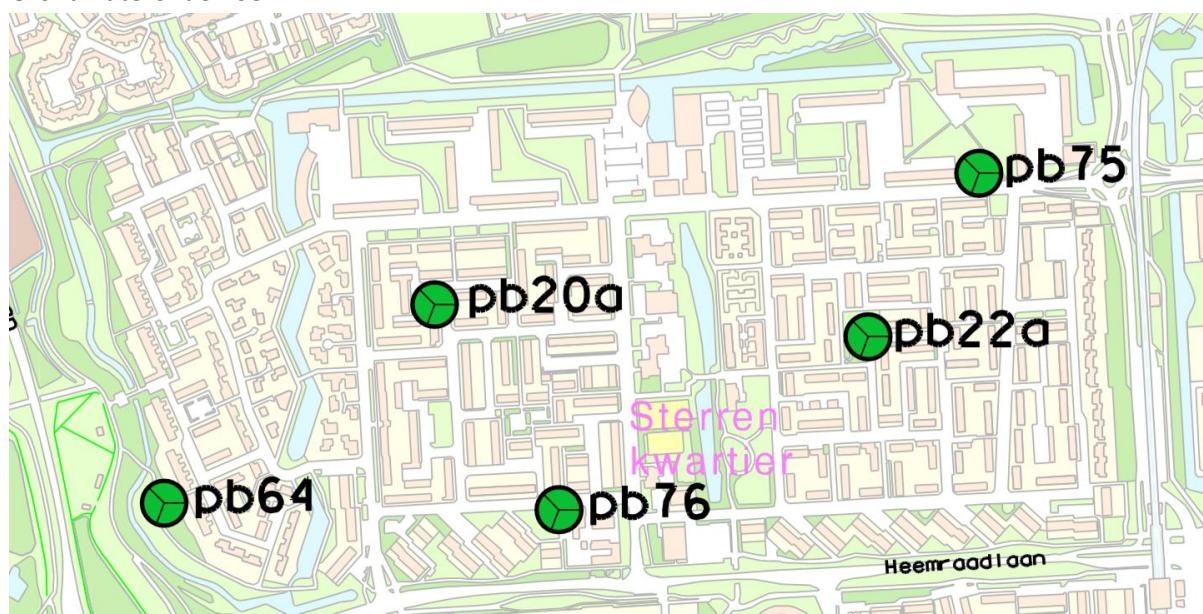
De secundaire watergangen in het plangebied staan onder beheer van de gemeente. Aan de hand van locatiebezoeken kan gesteld worden dat het onderhoud aan de singel niet optimaal is. In het water, op de kades en op de waterbodem is veel organisch afval te zien en bij de duiker aan het einde van de singel hoopt zich allerlei drijfvuil op. Al dit afval in de watergang hindert niet alleen de doorstroming, maar komt ook niet ten goede van de waterkwaliteit. Het verversingsgemaal met bijbehorende randvoorzieningen zijn ook in beheer van de gemeente (resultaten pomponderhoud).

Grondwater (stukje wettelijke verantwoordelijkheid?)

Er is geen duidelijk beeld over de grondwaterstromen op Putten. Dit komt door de grillige bodemopbouw in het gebied met veel oude kreekbeddingen en geulen in combinatie met alle veen- en kleiafzettingen, ontbreken vaak de afsluitende grondlagen (Waterschap de Brielse Dijkkring, 2004). Dit heeft als bijkomend gevolg dat op sommige plekken zoute kwel is waar dat normaal gesproken niet verwacht zou worden.

Aan de hand van de Kwelkaart (Bijlage) uit het Waterbeheerprogramma van het waterschap, wordt de gemiddelde kwel in het gebied geschat op 0,6mm tot 1mm/dag (Waterschap Hollandse Delta, 2015). De doorlatendheid van de toplaag in het plangebied heeft waarschijnlijk een k-waarde van 0,001 tot 0,01 m/dag, wat komt overeen met sterk siltige klei (Biron, 2004).

Grondwateronderzoek



Figuur 56 Overzicht peilbuizen *Ongeldige bron opgegeven..*

De gemeente heeft februari 2019 onderzoek gedaan naar de grondwaterstanden binnen het beheersgebied. Hierbij zijn de grondwaterstanden van 4 januari 2017 tot 24 oktober 2018 onderzocht. Het verloop van de grondwaterstanden en de funderingskaart is te vinden in de **BIJLAGEN**. Bijna alle woningen in Sterrenkwartier-Centraal hebben een houten fundering het hier bovenop een betonnen oplegger Vanaf -3,40m NAP gaan de funderingen over van een beton naar hout. Het doel van dit onderzoek was om te onderzoeken of de grondwaterstands daling zorgde voor een drooglegging van de houten delen van de fundering. De conclusie van het onderzoek was dat de houten funderingen niet droog kwamen te staan tijdens de extreem droge zomer van 2018.

De hoogste en de laagste grondwaterstand is aan de hand van 4 meetpunten bepaald. De gemiddeld laagste grondwaterstand is -2,89 NAP en de gemiddeld hoogste grondwaterstand is -2,03 NAP. De gemiddelde maaiveldhoogte van de meetpunten is -1,74m NAP. Grofweg kan worden gezegd dat tijdens extreem natte perioden de grondwaterstand zich ongeveer 0,3 meter onder maaiveld bevindt en tijdens extreem droge perioden 1,15 meter. Hiermee komt het grondwaterpeil enkele centimeters onder het slootpeil te staan. Aan de hand van de verzamelde meetgegevens kan geconcludeerd worden dat in de natste maanden een hoog risico is op water in de kruipruimtes. Over het algemeen kan gesteld worden dat er geen bijzondere onderlinge afwijkingen zijn in grondwaterstanden.

Tabel 12 Hoogste en laagste grondwaterstand per peilbuis (van Hout & van Trent, 2019).

Peilbuis	Maaiveld	Laagste grondwaterstand	Hoogste grondwaterstand
20A	-1,72	-2,71	-2,13
22A	-1,70	-3,03	-2,09
75	-1,69	-2,80	-1,80
76	-1,85	-3,02	-2,10

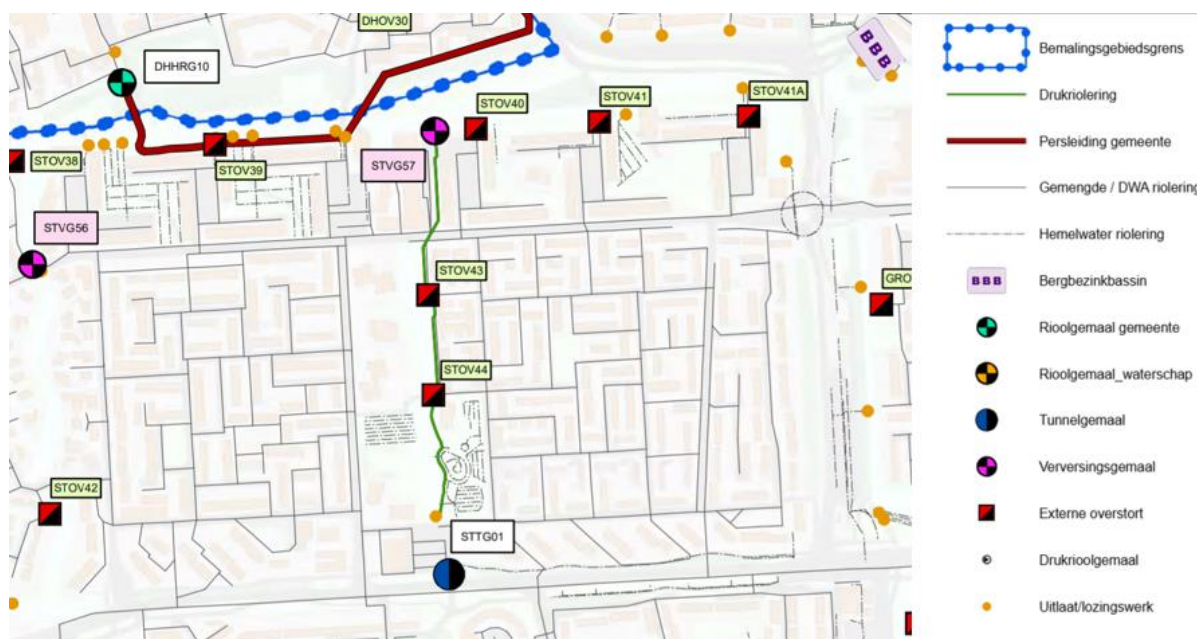
De gewenste ontwateringsdiepte van woningen met kruipruimte in stedelijk gebied is 0,7m onder maaiveld (Stichting Bouw Research, 2007). Met een singelpeil van -2,80m NAP en een gemiddelde maaiveldhoogte van -1,70m NAP is de drooglegging in het gebied ongeveer 1,10 meter. Aangezien deze drooglegging relatief krap is, kunnen grondwaterproblemen snel optreden. Het valt het op dat de ontwateringsdiepte van 0,3m in de natste maanden erg klein is. De belangrijkste verklaring hiervoor is dat de opbolling in het plangebied erg groot is. Deze hoge opbolling ontstaat doordat er onvoldoende drainage aanwezig is in het gebied waardoor grote onderlinge afstand van drains, het grondwater op sommige plekken erg dicht onder het maaiveld komt te staan. Met andere woorden liggen veel woningen te ver van het oppervlaktewater af.

Bij de senior beheerder van gemeente Nissewaard is navraag gedaan over het staat van de drainage in het gebied en gaf aan dat buiten de watergangen in het gebied geen aanvullende drainage is. Om grondwateroverlast te voorkomen zal de drainage in het gebied moeten worden verbeterd.

Oplossing

De huidige HWA riolering met infiltratiekratten in Sterrenkwartier-Hoog zal worden verwijderd. Hiervoor in de plaats zullen drainagebuizen en een hemelwaterriool zonder infiltratiekratten worden aangelegd. Door een goede drainage aan te leggen worden grondwaterproblemen in de nieuwe buurt voorkomen en het hemelwaterriool draagt bij aan het voorkomen van wateroverlast op straat. In de woongebieden van Sterrenkwartier-Laag staan geen grootschalige herstructureringen op de planning. Om toch een betere drainage te bereiken zouden deze kunnen worden aangelegd in combinatie met andere graafwerkzaamheden zoals het vervangen van de riolering of de aanleg van het glasvezelnetwerk.

Waterketen



Figuur 57 Rioleringskaart van het Sterrenkwartier (Gemeente Nissewaard, 2016).

De riolering in het peilgebied bestaat voor het overgrote deel uit een gemengd stelsel. In het peilgebied bevinden zich 72 overstorten en 3 bergbezinkbassins waarvan de drempelhoogten op 30-35 cm boven het streefpeil liggen (Waterschap de Brielse Dijkkring, 2004). In het plangebied zelf zijn geen bergbezinkbassins aanwezig, maar wel een aantal overstorten waaronder twee in de singel. De drempelhoogte van alle overstorten in het plangebied is -2.40m NAP. Het afvalwater wordt naar RWZI Spijkenisse getransporteerd waarna het gezuiverd wordt en geloosd wordt op de Oude Maas. De zuivering heeft een hydraulische DWA capaciteit van 1.285m³/uur en maximale RWA capaciteit van 4.000m³/uur (Stichting Nederlandse Watersector, s.d.).

Visstand(beheer)

Om een beeld te krijgen van de aquatische ecologie in het plangebied is contact opgezocht met de visstand beheerder van Hengelsportvereniging (HSV) Ons Genoegen. De informatie die hieruit voortkwam is als volgt. Rond 2016 is alle vis in de singel dood gegaan door een storing van het rioolgemaal. Hierdoor liep geconcentreerd rioolwater over in de watergangen. In de singel had dit als gevolg dat nagenoeg iedere vis dood ging. Jaren later heeft de HSV weer nieuwe vissen uitgezet waarvan een deel weer dood ging door slechte waterkwaliteit. Tijdens een hete periode afgelopen zomer zijn er door zuurstofgebrek weer veel vissen te komen overlijden. De gemeente greep wel in door het water te beluchten met pompen. Deze maatregel bleek effectief, maar erg kostbaar.

Door deze incidenten kan de conclusie worden getrokken dat de vissen geen kant op kunnen als de waterkwaliteit in de singel verslechterd. Uiteindelijk heeft dit de HSV in november 2019 doen besluiten de nog levende vissen af te vangen met sleepnetten. Dit is alleen gelukt in de noordelijke helft van de watergang. Het zuidelijke deel kon niet worden afgevangen omdat volgens de visstand beheerder de sliblaag te dik was en er te veel takken en andere rommel in de watergang ligt. Als er aankomende zomer weer zuurstoftekort is in de singel, zal de HSV weer vissen gaan afvangen.

Om de singel weer ecologische waarde geven is volgens de visstand beheerder ten eerste een verbinding nodig met de noordelijke watergang en mogelijk via de zuidkant. Ten tweede moet de singel worden uitgebaggerd zodat de dikke rottende sliblaag geen zuurstof meer aan het water kan

onttrekken. Aanvullend hierop kunnen maatregelen genomen worden als natuurvriendelijke oevers en het plaatsen van een fontein zodat de vissen een goed leefklimaat hebben.

Knelpunten

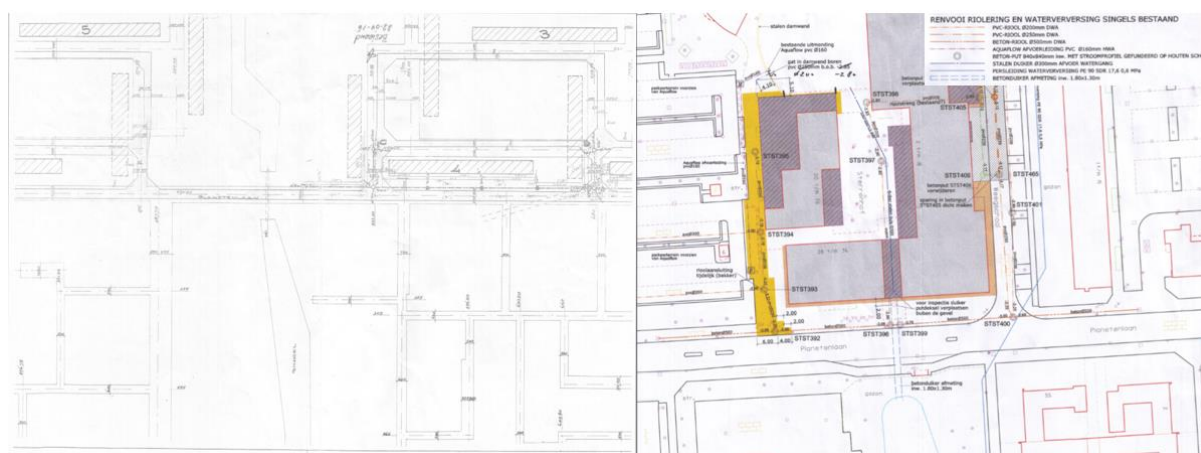
Singel

Het grootste knelpunt in het gebied is de singel. Doordat de singel aan de zuidkant is afgesloten vindt er van nature geen doorspoeling. De watergang wordt nu van Zuid naar Noord doorspoeld terwijl de algehele stromingsrichting in het plangebied van Noord naar Zuid is. Er kan afgevraagd worden of het debiet van het verversingsgemaal voldoende is om de watergang voldoende door te spoelen.

De doorstroming in de duiker is ook twijfelachtig. Uit een locatiebezoek bleek dat veel (drijf)vuil zich ophoopt in het betonnen deel van de duiker. Dit is voornamelijk te wijten aan de plotselinge versmalling van de duiker waardoor het vuil, dat door het rooster past, zich op kan hopen in de 30 meter lange betonnen duiker. De lange stalen duiker is relatief smal en lastig te onderhouden hierdoor is het onduidelijk of de doorstroming in dit deel gehinderd wordt.

Hiernaast is het beheer en onderhoud van de watergang en de waterkant niet optimaal waardoor vrij veel (organisch) afval in de waterkant terecht komt. In de probleemstelling is gesteld dat de waterkwaliteit verbeterd kan worden door de doorstroming te verbeteren, maar gezien de staat van het onderhoud aan de singel doet de gemeente er verstandig aan doen om het beheer en onderhoudsbeleid onder de loep te leggen.

De situering van de overstorten in de singel in combinatie met de slechte doorstroming is ook ongelukkig. Om nadelige effecten van een riooloverstort te beperken is het belangrijk dat de concentratie vuilwater zo snel mogelijk verdunt en afgevoerd wordt. Dit kan alleen wanneer er een goede doorspoeling aanwezig is in de betreffende watergang.



Figuur 58 Links: oude situatie met alleen de betonnen duiker. Rechts: Situatie na aanleg winkelcentrum (van Oudheusden, 2015).

Watergang Hydrapad

Bij de secundaire watergang langs het Hydrapad is het opvallend dat een duiker is afgesloten en een verversingsgemaal de watergang doorspoeld. In het kader van duurzaamheid zou het verstandig zijn om de duiker weer te laten functioneren, mits er dan een goede doorstroming gehandhaafd blijft in de watergangen.

Grondwater

Door de slecht doorlatende bodem, kwel en hoge grondwaterstand kan er nauwelijks infiltratie plaatsvinden in het gebied.

Aan de hand van grondwateronderzoek kan geconcludeerd worden dat de kans op funderingsproblemen tijdens extreme droogte nihil is. De ontwateringsdiepte tijdens natte perioden

is daarentegen wel te klein dit komt door onvoldoende drainage waardoor een te hoge opbolling ontstaat. Dit heeft als gevolg dat er klachten ontstaan over natte kruipruimten.

De drainage in Sterrenkwartier-Hoog wordt tijdens de herstructurering sterk verbeterd. Voor de woningen in Sterrenkwartier-Laag zou extra drainage kunnen worden aangelegd tijdens andere geplande graafwerkzaamheden.

Gesprek peilbeheer

Na de watersysteemanalyse te hebben afgerond is een adviserend gesprek aangevraagd met de peilbeheerders van Voorne-Putten. Dit is een brainstormsessie geworden waarbij aan de hand van de huidige knelpunten gezocht werd naar passende oplossingen. Dit gesprek is uitgelopen tot brainstormsessie waarbij een aantal verschillende oplossingsrichtingen zijn bedacht. Uit het gesprek kwamen de volgende bevindingen:

Meer water inlaten in het plangebied

Er zou meer water kunnen worden ingelaten vanuit de boezem om een grotere doorspoeling te realiseren. Het grootste nadeel hiervan is dat al het extra water wat er ingelaten wordt er ook weer uitgedompt moet worden. Dit is niet duurzaam en niet toekomstbestendig.

Afwijkend peil instellen

Een afwijkend peil instellen is technisch mogelijk, maar wordt sterk afgeraden. De doorspoeling kan door vrij verval weliswaar worden vergroot, maar dit leidt tot het versnipperen van het peilgebied wat het beheer meer complex maakt (niet robuust) en hinderlijk is voor de ecologie.

Adequate onderhoudscyclus handhaven

Het onderhoud in de singel is achterstallig en laat te wensen over. Er liggen veel bladeren, takken en ander afval in en langs de singel. Om een goede waterkwaliteit in de singel te bereiken dient er regelmatig gebaggerd te worden en moet er voorkomen worden dat (organisch) afval in de watergang terecht komt. Ook kan worden gevraagd of de pomp goed functioneert.

Pomp vergroten

Een oplossing zou kunnen zijn om de pompcapaciteit te vergroten. Dit is niet duurzaam en niet robuust. Waarschijnlijk wel goedkoop, mits de persleiding een grotere capaciteit aankan.

Watergang versmallen

Zoals het er nu naar uit ziet is de watergang te breed om een goede doorspoeling te realiseren. Wanneer de watergang versmald en de natte oppervlakte afneemt zal het debiet doornemen. Een nadeel is dat de verloren waterberging gecompenseerd moet worden.

Nieuwe (open) verbinding aanleggen

De duiker in de singel is in meerdere opzichten een knelpunt. Het eerste deel is een grote vierkanten betonnen duiker en het tweede deel is een lange stalen duiker van 30cm. In het betonnen deel verzamelt zich veel afval waardoor de doorstroming gehinderd wordt. De lange stalen duiker is nagenoeg onbereikbaar omdat deze onder het winkelcentrum doorloopt. Een nieuwe bredere verbinding zal de doorstroming doen verbeteren.

De singel ombouwen tot bergingsvoorziening

Gezien alle knelpunten omtrent de singel is het af te vragen of het realistisch is om zoveel geld en energie te steken om een gezonde watergang te realiseren. Gezien de geplande bouwwerkzaamheden in het gebied is het de overweging waard om een andere functie aan de singel te geven.

Het singelgebied kan worden ingericht als (droge) waterberging. Hierdoor blijft de bergingscapaciteit beschikbaar tijdens piekbuien, ontstaat ruimte voor recreatie en hoeven er geen verdere maatregelen om de waterkwaliteit te verbeteren.

Dit is een erg ingrijpende maatregel die het gebied zal doen veranderen. Belangrijk is om te kijken wat de invloed op de drainage zal zijn en of er nog verdere compensatie moet plaatsvinden a.d.h.v. de watertoets. Ook is belangrijk in hoeverre de recreatieve functie van het gebied hierdoor versterkt kan worden.

Overstorten sluiten

Er zijn 2 overstorten die ten tijde van hevige neerslag rioolwater lozen in de centrale singel. Het is van dit vuile water na de overstort zo snel mogelijk weg spoelt om een verslechtering van de waterkwaliteit te voorkomen. Omdat de doorstroming al problematisch is in deze singel is het niet verstandig om hier rioolwater in te laten overstorten. Hiernaast is het onduidelijk of de overstorten nog goed functioneren. Tijdens een droge dag leek er in kleine mate vuilwater uit de overstorten te komen. De vraag is wel of de riolering hierna nog wel voldoende ontlast kan worden.

SWOT Watersysteem	
Strong	• Er is voldoende zoet water beschikbaar. • Gemaal Putten is toekomstbestendig. • Er is geen kans op paalrot.
Opportunity	• De gebiedsontwikkelingen bieden ruimte om het watersysteem te verbeteren. • Door de compensatieplicht moet extra oppervlaktewater gegraven worden. Als dit op de juiste manier gedaan wordt kan het watersysteem versterkt worden. • Twee hoofdwatergangen langs het gebied.
Weak	• Te hoge grondwaterstanden. • Slechte doorspoeling in het plangebied. • De capaciteit van de verversingsgemalen zijn twijfelachtig. • Mechanisch doorspoelen is niet duurzaam. • De singel wordt van Zuid naar Noord doorgespoeld (tegen de stroming in). • Veel (organisch) afval in de singel. • Riooloverstorten in de langzaam stromende singel.
Threat	• Door de geïsoleerde ligging van de singel zal het lastig worden een natuurlijke doorstroming te realiseren.

- ABB Bouwgroep. (s.d.). *Over ABB*. Opgeroepen op november 5, 2019, van [www.abbbouwgroep.nl: https://www.abbbouwgroep.nl/over-abb/](https://www.abbbouwgroep.nl/over-abb/)
- ABB Bouwgroep. (s.d.). *Stella Nova, Spijkenisse*. Opgeroepen op november 5, 2019, van [www.abbbouwgroep.nl: https://www.abbbouwgroep.nl/projecten/stella-nova/](https://www.abbbouwgroep.nl/projecten/stella-nova/)
- AHN. (s.d.). AHN Viewer. Opgeroepen op oktober 31, 2019
- Biron, i. D. (2004). *Beter bouw- en woonrijp maken*. Opgeroepen op november 19, 2019, van <https://d1rkab7tlqy5f1.cloudfront.net/CiTG/Over%20faculteit/Afdelingen/Watermanagemnt/Education/Completed%20MSc%20theses/2005%20-%202009/BRM2004.pdf>
- CBS. (2016). *Inkomen per gemeente en wijk, 2016*. Opgeroepen op oktober 30, 2019, van www.cbs.nl: https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2019/38/inkomen-per-gemeente-en-wijk-2016
- Centrum projecten. (s.d.). *Spijkenisse - Sterrenhof*. Opgeroepen op oktober 15, 2019, van [www.centrumprojecten.nl: http://www.centrumprojecten.nl/portfolio/spijkenisse-sterrenhof/](http://www.centrumprojecten.nl/portfolio/spijkenisse-sterrenhof/)
- Dagelijks Leven. (s.d.). *Over ons*. Opgeroepen op november 6, 2019, van [www.dagelijks-leven.nl: https://dagelijks-leven.nl/over-ons/](https://dagelijks-leven.nl/over-ons/)
- DINOloket. (s.d.). Ondergrondgegevens. Opgeroepen op september 30, 2019, van <https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>
- Energiezuinighuis.nl. (2019). *Vocht in de kruipruimte*. Opgeroepen op oktober 11, 2019, van www.energiezuinighuis.nl: https://www.energiezuinighuis.nl/kijknaardeoplossingen/vochtindekruipruimte/index.html
- Gemeente Nissewaard. (2004). *Aquaflow en drainage*. Opgeroepen op november 20, 2019, van [file:///C:/Users/mooijmaq2965/Documents/Handige%20documenten/Kaarten/Riolering,%20Kabels%20en%20leidingen/Aquaflow%20en%20drainage%20Kometenstraat%20eo%20Sterrenkwartier%20e%20fase%20%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/mooijmaq2965/Documents/Handige%20documenten/Kaarten/Riolering,%20Kabels%20en%20leidingen/Aquaflow%20en%20drainage%20Kometenstraat%20eo%20Sterrenkwartier%20e%20fase%20%20(1).pdf)
- Gemeente Nissewaard. (2016). *Gemeentelijk Rioleringsplan 2017-2021*. Opgeroepen op november 5, 2019, van https://www.nissewaard.nl/afval-en-openbare-ruimte/afval-en-openbare-ruimte_to/gemeentelijk-rioleringsplan-20172021.htm
- Gemeente Nissewaard. (2018). *Nissewaard naar 2040*. Opgeroepen op oktober 4, 2019, van [file:///C:/Users/mooijmaq2965/Downloads/Nissewaard%20naar%202040%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/mooijmaq2965/Downloads/Nissewaard%20naar%202040%20(1).pdf)
- Gemeente Nissewaard. (2019). *Bestemmingsplan StellaNova, Spijkenisse*. Opgeroepen op november 27, 2019, van <http://ruimtelijkeplannen.nissewaard.nl/>
- Gemeente Nissewaard. (2019). *Buurtmonitor*. Opgeroepen op oktober 30, 2019, van nissewaard.buurtmonitor.nl: https://nissewaard.buurtmonitor.nl/dashboard/Bevolking--bevolking/
- Gemeente Nissewaard. (s.d.). *Kabels en leidingenkaart*. Opgeroepen op september 30, 2019, van <file:///C:/Users/mooijmaq2965/Documents/Handige%20documenten/Kaarten/Riolering,%20Kabels%20en%20leidingen/Sterrenkwartier%20Kabels%20&%20Leidingen.pdf>

- Gemeente Spijkenisse. (2009). *Archeologische waardenkaart van de gemeente Spijkenisse*. Opgeroepen op november 27, 2019, van [file:///C:/Users/mooijmaq2965/Downloads/Archeologische%20waardenkaart%20Nissewaard%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/mooijmaq2965/Downloads/Archeologische%20waardenkaart%20Nissewaard%20(2).pdf)
- Gemeente Spijkenisse. (2009). *Betemmingsplan De Hoek-Sterrenkwartier*. Opgeroepen op november 27, 2019, van <http://ruimtelijkeplannen.nissewaard.nl/>
- Gemeenten Voorne-Putten. (2018). *Routekaart duurzaam Voorne-Putten 2040*. Opgeroepen op oktober 23, 2019
- H2O. (2009). Stedelijk Waterplan Spijkenisse. *H2O*. Opgeroepen op september 30, 2019, van <http://edepot.wur.nl/342093>
- Hoogheemraadschap van Rijnland. (s.d.). Wat is de betekenis van Watersysteem? Opgeroepen op oktober 1, 2019, van <https://www.ensie.nl/betekenis/watersysteem>
- Kadaster. (2019). Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG). Opgeroepen op oktober 15, 2019, van <https://bagviewer.kadaster.nl/lvbag/bag-viewer/index.html?#?geometry.x=81645.06032105&geometry.y=428509.55435791&zoomlevel=4>
- Kalkman, L. (2019). Kenmerken gemaal en persleiding Waterman. Opgeroepen op september 30, 2019
- KNMI. (2011). Extreme neerlagsom in Herwijnen. Opgeroepen op oktober 7, 2019, van <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/extreme-neerslagsom-in-herwijnen>
- Liebrechts, M. (2011). *De jaren zestig wijk: stempels als stedenbouwkundige ordening*. Opgeroepen op september 25, 2019, van <http://www.bestaandewijk.nl/de-jaren-zestig-wijk-5-de-stempels-als-stedenbouwkundige-ordening/>
- Maasdelta. (2015). *Ondernemingsplan Maasdeltagroep 2016-2020*. Opgeroepen op november 5, 2019, van https://www.maasdelta.nl/fileadmin/user_upload/publicaties/Ondernemingsplan_2016-2020.pdf
- Maasdelta. (2018). *Nieuwbouwplannen Sterrenkwartier Hoog fase 1*. Opgeroepen op oktober 4, 2019, van <https://www.sterrenkwartierhoog.nl/nieuws/nieuwsbericht/item/143/>
- Maasdelta. (s.d.). *Over ons*. Opgeroepen op november 5, 2019, van www.maasdelta.nl: <https://www.maasdelta.nl/over-maasdelta/over-ons/>
- Maasdelta. (s.d.). *Planning*. Opgeroepen op november 20, 2019, van <https://www.sterrenkwartierhoog.nl/planning/>
- Maasdelta. (s.d.). *Vernieuwing Sterrenkwartier Hoog*. Opgeroepen op november 15, 2019, van www.sterrenkwartierhoog.nl: <https://www.sterrenkwartierhoog.nl/sterrenkwartier/>
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2016). *Factsheets normering primaire waterkeringen*. Opgeroepen op oktober 23, 2019, van <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/normen/>

- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2016). *Technisch-inhoudelijke uitwerking van eisen aan primaire keringen*. Opgeroepen op oktober 23, 2019, van <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/normen/>
- Nales, T. (2019). *Spijkenisse, Sterrenkwartier Gemeente Nissewaard (ZH)*. Transect. Opgeroepen op november 27, 2019, van http://ruimtelijkeplannen.nissewaard.nl/data/1930/rodata/151A677C-2073-4AA5-88A0-638828C77E44/b_NL.IMRO.1930.BPStellaNova-3001_18110043R..indversie.pdf
- Nationale Energieatlas. (2019). *Energieatlas voor woningen*. Opgeroepen op oktober 16, 2019, van <https://www.nationaleenergieatlas.nl/kaarten>
- Nissewaard, G. (s.d.). *Kabels en leidingenkaart*. Opgeroepen op september 30, 2019, van <file:///C:/Users/mooijmaq2965/Documents/Handige%20documenten/Kaarten/Riolering,%20Kabels%20en%20leidingen/Sterrenkwartier%20Kabels%20&%20Leidingen.pdf>
- Provincie Zuid-Holland. (2011). *Leefstijlatlas*. Opgeroepen op oktober 28, 2019, van <http://pzh.b3p.nl/viewer/app/Leefstijlatlas>
- Provincie Zuid-Holland. (2014). *Waterverordening Zuid-Holland*. Opgeroepen op november 5, 2019, van https://decentrale.regelgeving.overheid.nl/cvdr/xhtmloutput/historie/Zuid-Holland/72380/72380_4.html
- Provincie Zuid-Holland. (s.d.). *Klimaatatlas provincie Zuid-Holland*. Opgeroepen op november 15, 2019, van www.zuid-holland.klimaatatlas.net: <https://zuid-holland.klimaatatlas.net/>
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (s.d.). *Algemene begrippen gebouwen*. Opgeroepen op oktober 29, 2019, van www.rvo.nl: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels/algemene-begrippen>
- Rijkswaterstaat. (2018, oktober 11). *Het nieuwgebouwde gemaal Putten; ongeschonden op weg naar de polder*. Opgeroepen op oktober 22, 2019, van <https://www.rijkswaterstaat.nl/nieuws/2018/10/het-nieuwgebouwde-gemaal-putten-ongeschonden-op-weg-naar-de-polder.aspx>
- Rijnmond. (2017). *Zestien flatgebouwen Spijkenisse worden gesloopt*. Opgeroepen op september 25, 2019, van <https://www.rijnmond.nl/nieuws/156338/Zestien-flatgebouwen-Spijkenisse-worden-gesloopt>
- Stichting Bouw Research. (2007). *Ontwatering in stedelijk gebied*. Opgeroepen op november 19, 2019, van <https://edepot.wur.nl/117102>
- Stichting Nederlandse Watersector. (s.d.). *RWZI Spijkenisse*. Opgeroepen op november 18, 2019, van www.watersector.nl: <https://www.watersector.nl/rwzi/19/rwzi>
- van Hout, J., & van Trent, G. (2019). *Rapport grondwater*. Opgeroepen op oktober 4, 2019
- van Oudheusden, A. (2015). *REAL PLANV STERRENHOF Riolering*. Gemeente Nissewaard. Opgeroepen op november 18, 2015, van <file:///C:/Users/mooijmaq2965/Documents/Handige%20documenten/Kaarten/Riolering,%20Kabels%20en%20leidingen/Kaarten%20Leen/Nu-situatie%20Sterrenhof.pdf>
- Vogel, L. d. (2003). *Stedelijk waterprojecten*. Gemeente Spijkenisse. Opgeroepen op oktober 4 2019, van

file:///C:/Users/mooijmaq2965/Documents/Handige%20documenten/Kaarten/waterstaatku
ndige%20kaart_Jon.pdf

Waterschap civiel adviseursbureau. (s.d.). *Leefstijlgericht inrichten*. Opgeroepen op november 15, 2019, van beterbuitenmetwaterpas.nl:
<http://beterbuitenmetwaterpas.nl/bb/leefstijlgericht-inrichten/>

Waterschap de Brielse Dijkkring. (2004, september 24). *Besluit van de Verenigde Vergadering van het waterschap De Brielse Dijkkring houdende het peil in het bemalingsgebied Putten*. Opgeroepen op oktober 21, 2019, van decentrale.regelgeving.overheid.nl:
http://decentrale.regelgeving.overheid.nl/cvdr/XHTMLoutput/Historie/Waterschap%20Hollandse%20Delta/449266/449266_1.html

Waterschap de Brielse Dijkkring. (2004). *Peilbesluit Zoetwaterboezem*. Opgeroepen op oktober 22, 2019, van <https://repository.officiële-overheidspublicaties.nl/externebijlagen/exb-2018-38752/1/bijlage/exb-2018-38752.pdf>

Waterschap Hollandse Delta. (2008). *Evaluatie Stedelijk waterplan Spijkenisse*. Opgeroepen op november 18, 2019, van
[file:///C:/Users/mooijmaq2965/Documents/Handige%20documenten/Rapportages/Evaluatie%20Stedelijk%20Waterplan%20Spijkenisse%20rapport%20\(WSHD\)%20\(1\).PDF](file:///C:/Users/mooijmaq2965/Documents/Handige%20documenten/Rapportages/Evaluatie%20Stedelijk%20Waterplan%20Spijkenisse%20rapport%20(WSHD)%20(1).PDF)

Waterschap Hollandse Delta. (2014, december 2). *Legger wateren en kustwerken*. Opgeroepen op oktober 23, 2019, van
<https://wshd.maps.arcgis.com/apps/Viewer/index.html?appid=6803a257663944ecbad43a1706fec47>

Waterschap Hollandse Delta. (2015). *Waterbeheerprogramma 2016-2021*. Opgeroepen op oktober 28, 2019, van <https://www.wshd.nl/mgd/files/waterbeheerprogramma-2016-2021-interactief.pdf>

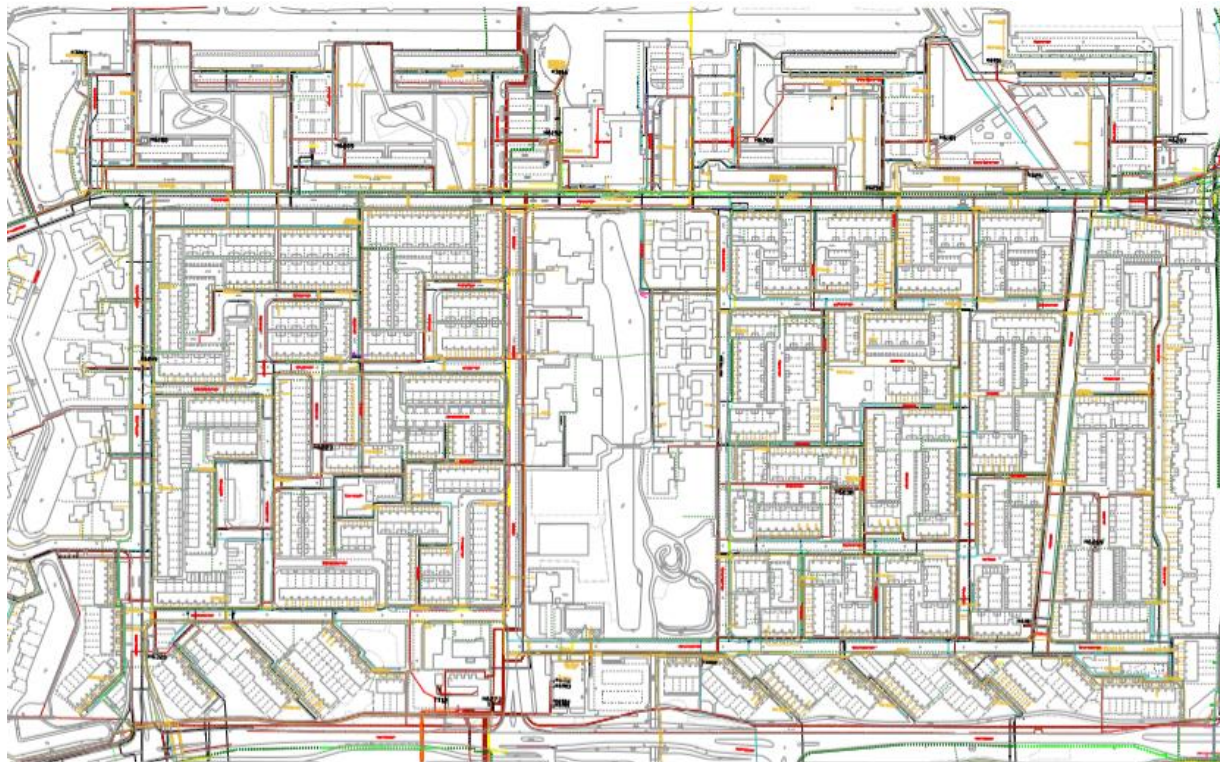
Waterschap Hollandse Delta. (2018). *Projectplan aanleg natuurvriendelijke oevers langs de Vierambachtenboezem in Spijkenisse*. Opgeroepen op november 19, 2019, van
<https://repository.officiële-overheidspublicaties.nl/externebijlagen/exb-2018-64927/1/bijlage/exb-2018-64927.pdf>

Waterschap Hollandse Delta. (2018). *WSHD Waterwerken 2017/2018*. Interactief rapport. Opgeroepen op oktober 23, 2019, van
<https://wshd.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=02187f1cbf2347b59a0e0f23321e1e20>

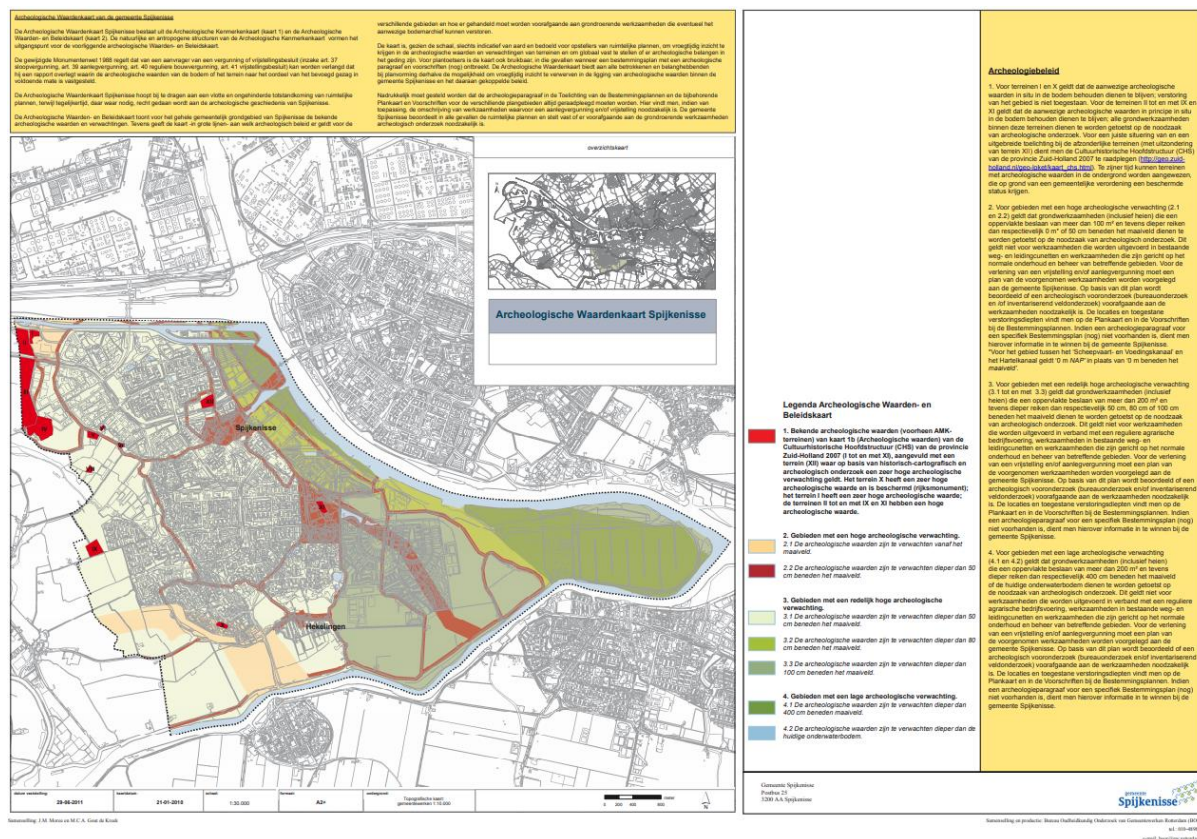
Waterschap Hollandse Delta. (s.d.). *Beheerregister Watersystemen*. Opgeroepen op september 26, 2019, van
<https://wshd.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=01b3f2ed5f0a426090d0d09e2b5c8fe1>

Bijlagen

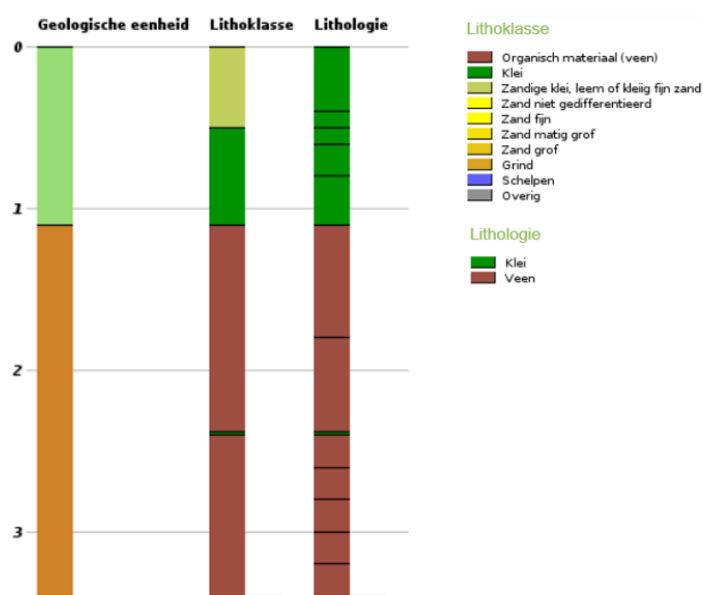
Bijlage 1 - Kabels en leidingen (Gemeente Nissewaard, s.d.)



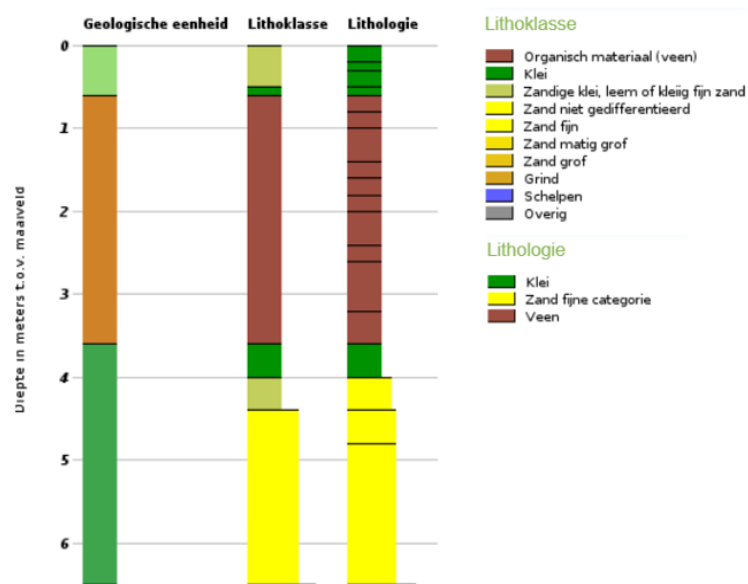
Bijlage 2 – Archeologische waardenkaart Spijkenisse (Gemeente Spijkenisse, 2009)



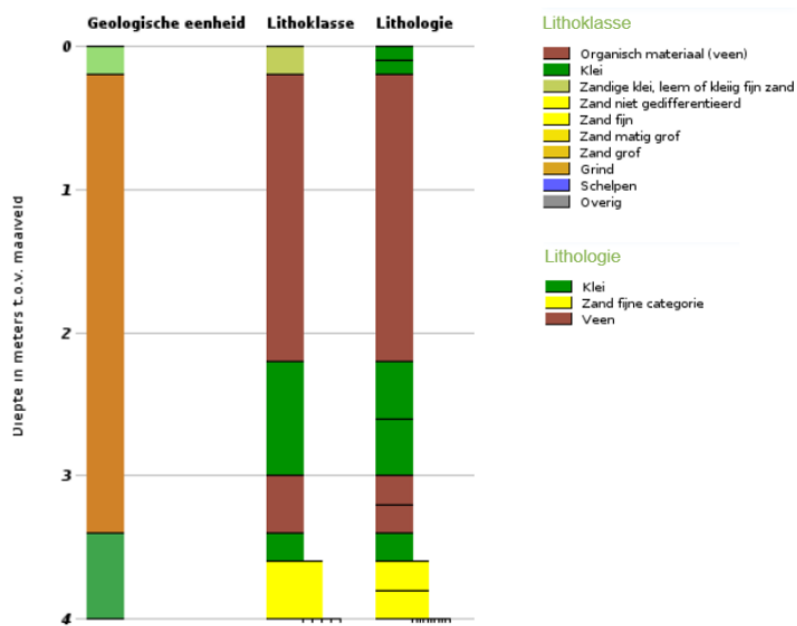
Bijlagen 4 – Boormonsterprofielen (DINOloket, s.d.)



Figuur 59 Neptunusstraat (Noord)

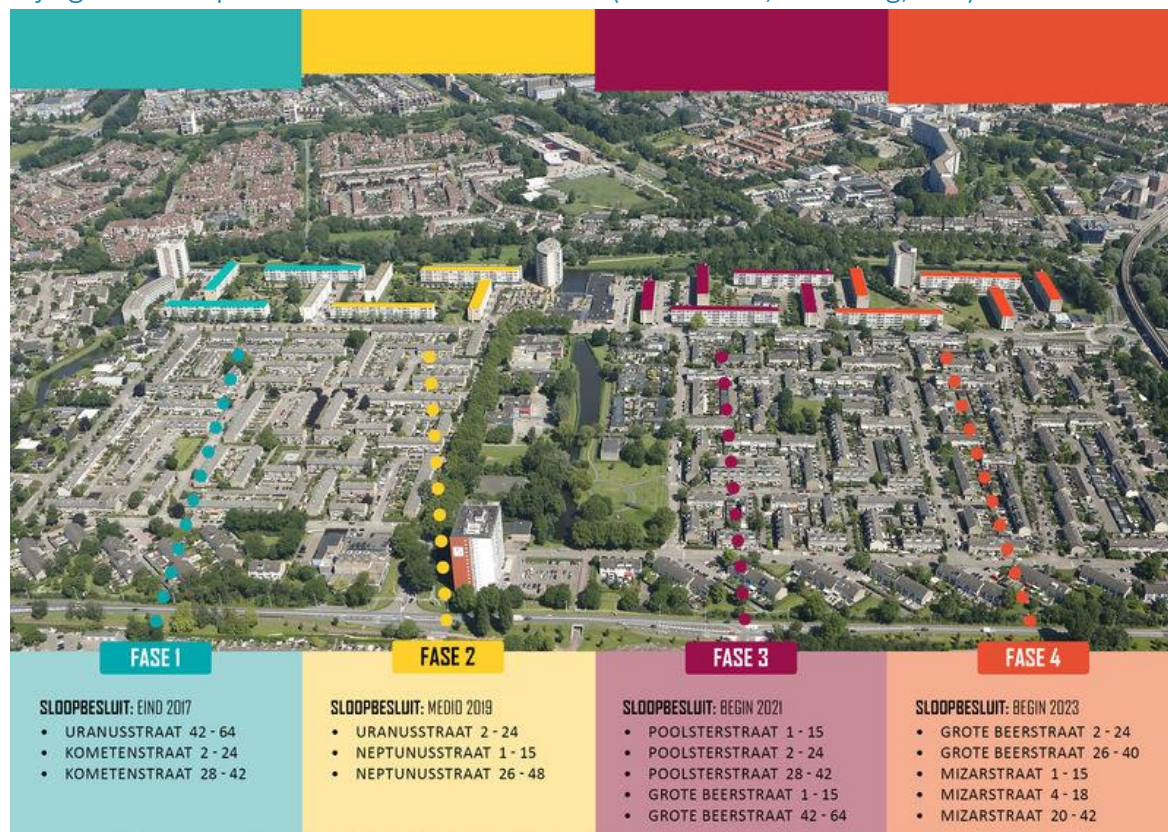


Figuur 61 Pallaspad (Midden)

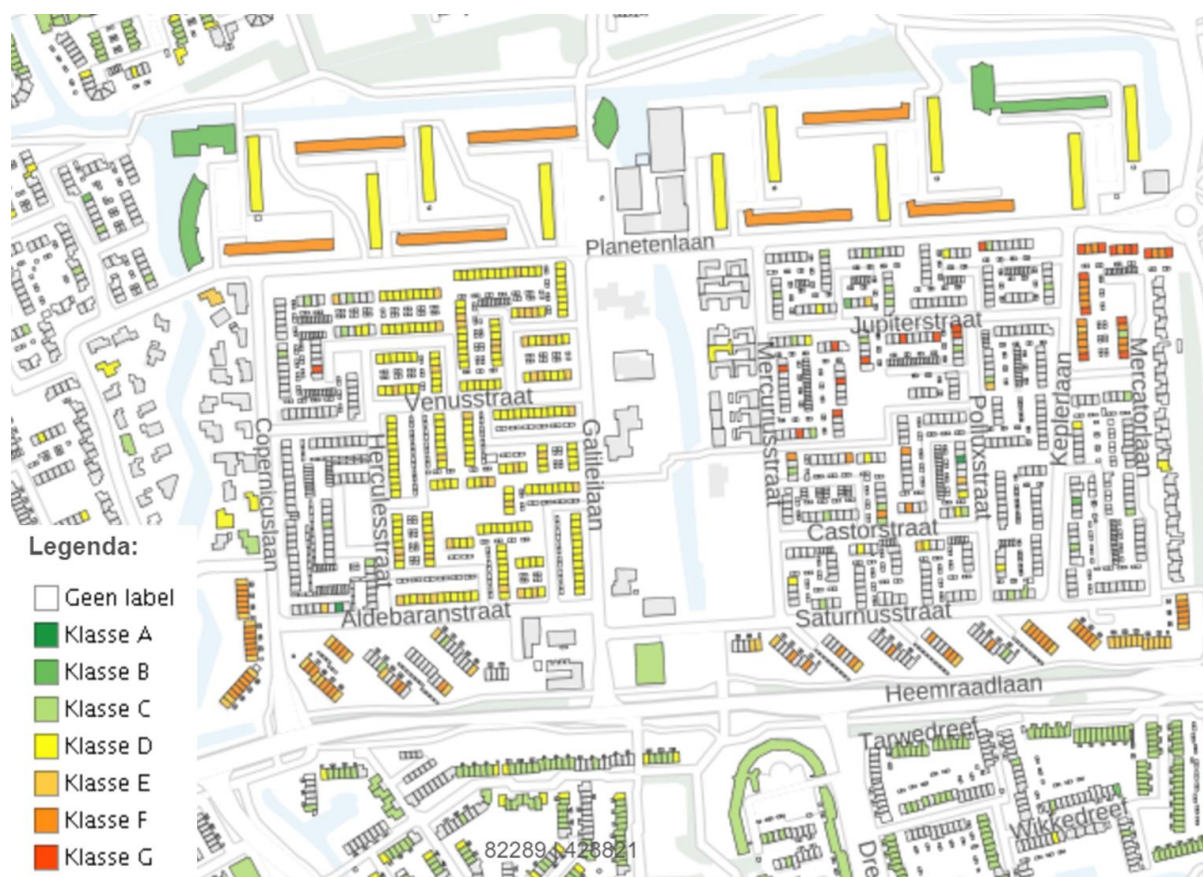


Figuur 60 Heemraadlaan (Zuid)

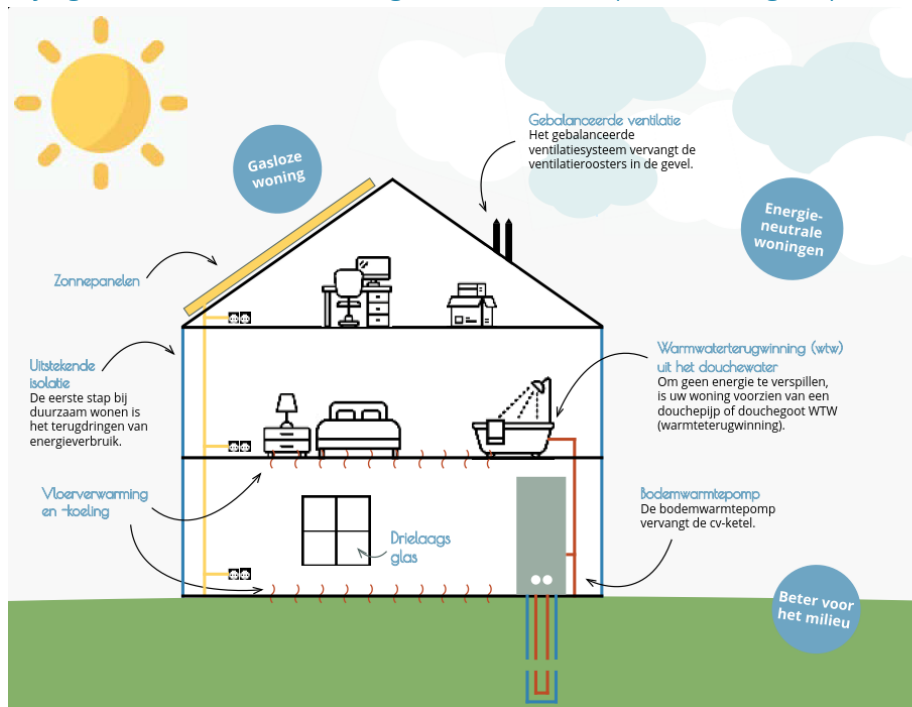
Bijlage 5 - Faseplan Sterrenkwartier-Noord (Maasdelta, Planning, s.d.)



Bijlage 6 - Energielabelkaart (Nationale Energieatlas, 2019)



Bijlage 7 - Duurzame woningen Stella Nova (ABB Bouwgroep, s.d.)



Gasloze woning

Zonnepanelen

Uitstekende isolatie
De eerste stap bij duurzaam wonen is het terugdringen van energieverbruik.

Vloerverwarming en -koeling

Drielaags glas

Gebalanceerde ventilatie
Het gebalanceerde ventilatiesysteem vervangt de ventilatieroosters in de gevel.

Warmwaterterugwinning (wtw) uit het douchewater
Om geen energie te verspillen, is uw woning voorzien van een douchebuis of douchegoot WTW (warmteterugwinning).

Bodemwarmtepomp
De bodemwarmtepomp vervangt de cv-ketel.

Energie-neutrale woningen

Beter voor het milieu

StellaNova
2 weken geleden

ENERGIENEUTRALE WONINGEN (EPC 0)!

De woningen van Stella Nova zijn ontzettend duurzaam, ze worden namelijk energieneutraal opgeleverd. Zo heeft u onder andere:

- Vloerverwarming & vloerkoeling
- Bodemwarmtepomp
- Uitstekende isolatie
- Zonnepanelen
- Gebalanceerde ventilatie
- Warmteterugwinning uit douchewater

Ontwikkeling en realisatie **ABB Bouwgroep**
Verkoop **Q Makelaars**

Comment on Facebook

Willem van Tilburg Toch maar een keer het systeem van geohita er naast leggen Jan Dekker. Biedt vele voordelen. Zowel voor de kopers als voor de ontwikkelaar.
1 week geleden

Korte beschrijving van de zeven leefstijlen dagrecreatie

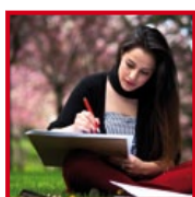


Ondernemend Paars

'Cultuur, historie, verrassing en inspiratie'

Recreanten uit de paarse belevingswereld laten zich graag verrassen en inspireren, met name door cultuur. Nieuwe dingen zien, ontdekken en beleven. Het gewone is vaak niet goed genoeg voor ondernemend paars ingestelde recreanten. Zij zijn op zoek naar een bijzondere ervaring. Centraal staat

cultuur, daarnaast sportiviteit en activiteit. Toch zien we dat deze recreanten, na een drukke (werk) periode, ook erg kunnen genieten van een sauna of wellness arrangement. Tot de ondernemend paarse recreanten behoren relatief veel jonge één- of tweepersoonshuishoudens.



Creatief en Inspirerend Rood

'Creatieve, uitdagende en inspirerende ervaringen'

Recreanten uit de rode belevingswereld zijn in het algemeen creatief en op zoek naar uitdagingen en inspirerende ervaringen. Ze gaan graag buiten de gebaande paden. Karakter kenmerken als onafhankelijk, intelligent, zelfbewust, artistiek en

ruimdenkend passen goed bij deze recreanten. Het onbekende is juist spannend en prikkelend. Recreatie betekent, naast sport en ontspanning, ook het zoeken naar vernieuwende stromingen, moderne kunst en andere culturen.



Uitbundig Geel

'Samen actief bezig zijn, uitgaan en genieten'

Recreanten in de gele belevingswereld zijn levensgenieters die graag samen met anderen actief en sportief recreëren. Recreatie is voor deze groep genieten, uitgaan en lekker eten. Actief, sportief, gezellig en verrassend zijn de kernwoorden bij de vormen van recreatie die zij kiezen. Contact met anderen – familie, vrienden of kennissen – is be-

langrijk. Zij gaan regelmatig met een grotere groep dan alleen het eigen gezin op pad. Ze zijn energiek en enthousiast en letten er bij het uitkiezen van een activiteit op dat iedereen het naar zijn zin kan hebben. Recreatief winkelen behoort tot hun favoriete bezigheden. Deze recreanten beschikken vaak over iets meer budget dan gemiddeld.



Gezellig Lime

'Even lekker weg met elkaar'

Gezellig lime recreanten zijn gewone, gezellige mensen die recreëren om even weg te zijn van de dagelijkse besommeringen. Recreëren is "even lekker weg met elkaar". Daarbij staat samen zijn, gezelligheid en (sportieve) ontspanning centraal. De lime recreanten stellen daarbij geen bijzondere eisen. Een braderie of rommelmarkt is heel gezellig, je komt er altijd wel iemand tegen! Lekker vrij zijn, rust en doen waar je op dat moment zin in hebt, dat telt voor de recreanten uit de lime belevingswereld. Daarbij wordt wel een beetje op de kosten gelet, je kunt tenslotte je geld maar één keer uitgeven.

lig, je komt er altijd wel iemand tegen! Lekker vrij zijn, rust en doen waar je op dat moment zin in hebt, dat telt voor de recreanten uit de lime belevingswereld. Daarbij wordt wel een beetje op de kosten gelet, je kunt tenslotte je geld maar één keer uitgeven.



Rustig Groen

'Even rust nemen in eigen omgeving'

Recreanten uit de groene belevingswereld zijn over het algemeen rustig, nuchter en serieus. Recreëren is voor hen niets anders dan uitrusten, ontspannen en tijd hebben voor je hobby's. Even rust nemen in eigen omgeving en niets aan je hoofd hebben. Daar is genoeg moois te zien en te ontdekken en je hoeft er niet ver voor te reizen. Groene recreanten omschrijven zichzelf relatief

vaker als gewoon, bedachtzaam en kalm. Zij gaan graag hun eigen gang en vinden dat de maatschappij van vandaag wel erg aan het veranderen is. Hun gevoel is dat het "vroeger vaak beter was". De dagrecreatieactiviteiten die zij kiezen, passen vaak goed bij deze beleving. Eén- en tweepersoonshuishoudens in de oudere leeftijdsklassen zijn in deze groep relatief oververtegenwoordigd.



Ingetogen Aqua

'Brede interesse, ruimdenkend en engagement'

Recreanten uit de aqua belevingswereld zijn bedachtzaam, breed geïnteresseerd in cultuur en denken na over wat zij kunnen betekenen voor de maatschappij. Ze beschrijven zichzelf als ruimdenkend, rustig, geïnteresseerd in anderen en serieus. In deze groep vinden we relatief vaker 'empty nesters', die weer tijd hebben voor hun eigen inte-

resses. Inspirerende maar ook vaak rustige activiteiten horen daar bij. Ze verdiepen zich graag in kunst en cultuur, willen nog volop meedoen met de maatschappij van vandaag en alle veranderingen die zij daarin zien. Deze recreanten houden ook van sportieve activiteiten. Wandelen, fietsen, nordic walking: dat houdt je fit!



Stijlvol en Luxe Blauw

'Luxe, stijlvol ontspannen, sport en 'social network'

Recreanten uit de blauwe belevingswereld zijn zelfverzekerd en leiden vaak een druk en dynamisch leven. Daarom vinden ze dat ze in hun vrije tijd wat luxe en stijlvol ontspannen verdienen. Daar werken zij immers hard genoeg voor. Ze zijn zakelijk en intelligent. Ze houden van stijl en klasse en zijn wat meer gericht op de exclusievere vormen van recreatie. Recreëren betekent voor hen zich even ont-

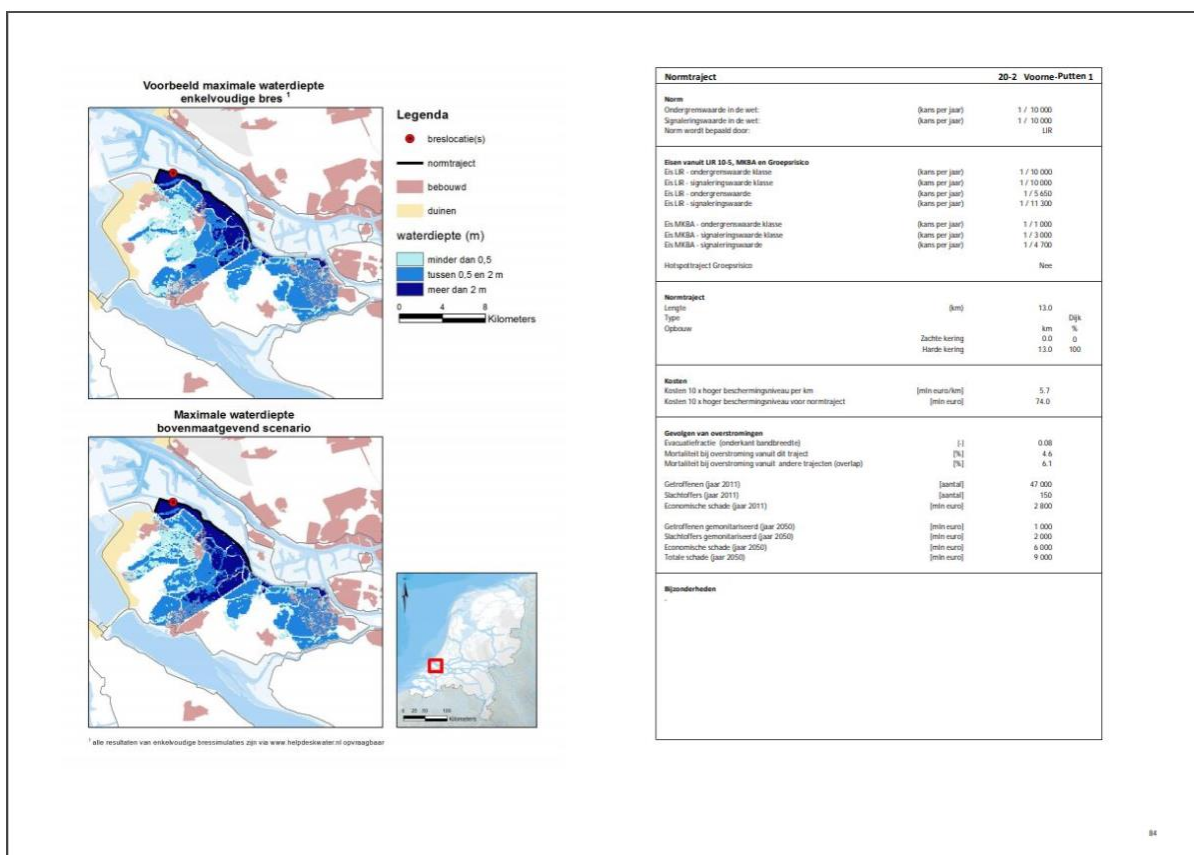
spannen en afstand nemen van de dynamiek van alledag. Dit doen zij door actief te sporten maar ook door aandacht te besteden aan het 'social network'. In hun vrije tijd zoeken zij graag "ons soort mensen". Meer exclusieve vrijetijdsbestedingen, zoals wellness en bijeenkomsten met VIP arrangementen, zijn populair bij deze belevingswereld.

Bijlage 9 - Beschrijving leefstijl: Gezellig Lime (Provincie Zuid-Holland, 2011)

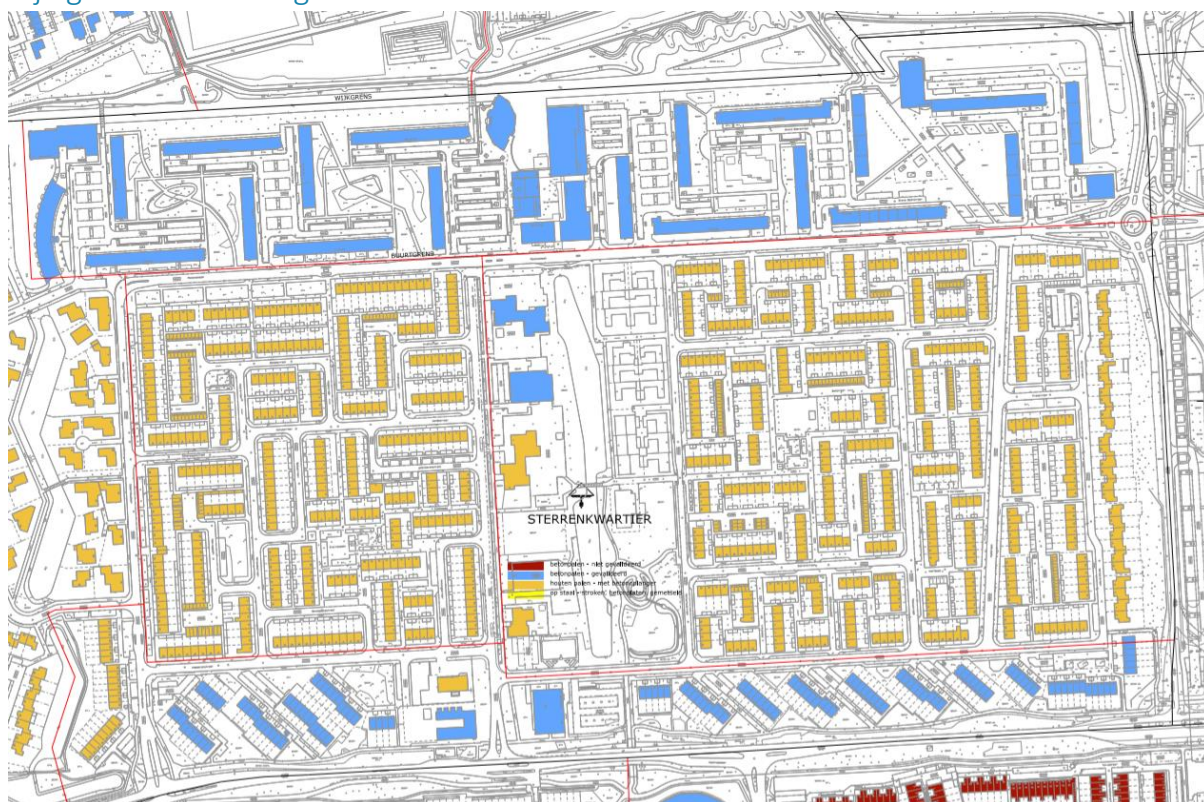




Bijlage 10 - Waterveiligheid Voorne-Putten (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016)



Bijlage 12 - Fundering kaart



Bijlage 13 - Ontwerpeisen watersysteem (Waterschap Hollandse Delta, 2015)

Bijlage 4 - Ontwerpeisen watersysteem

Hollandse Delta streeft naar een robuuste inrichting van het watersysteem, waardoor een goed peilbeheer mogelijk is en de berging en de aan- en afvoer van water in het gebied niet leiden tot knelpunten. Tevens versterkt een robuust watersysteem de ecologische waarden.

Bij het ruimtelijk ontwerpen van het watersysteem en het ontwerpen van nieuwe kunstwerken wordt waar mogelijk gestreefd naar vergroting. Uitgangspunten daarbij zijn de aan- en afvoernormen, de maximale stroomsnelheid en het verhang in de watergang bij maximale afvoer. Deze normen dienen tevens ter ontwerp van een projectplan of ter toetsing en beoordeling van aanvragen voor een watervergunning.

ONDERWERP	BESTAANDE OBJECTEN	NIEUWE OBJECTEN
Afvoer	Min. 1,5 l/s/ha	Min. 2 l/s/ha
Aanvoer	Min. 0,4 l/s/ha	Min. 0,5 l/s/ha
Stroomsnelheid watergangen bij wateraanvoer	Max. 0,2 m/s	Max. 0,2 m/s
Stroomsnelheid kunstwerken bij wateraanvoer	Max 0,1 m/s	Max. 0,1 m/s

Voor waterdiepte gelden de volgende eisen:

- Voor primaire watergangen minimaal 1 m waterdiepte
- Voor secundaire watergangen breder dan 4 m minimaal 1 m waterdiepte
- Voor de overige secundaire watergangen minimaal 0,5 m waterdiepte

Voor (stabiele) taluds gelden de volgende richtlijnen:

- Voor primaire watergangen is minimaal 1:2 gewenst
- Voor bestaande secundaire watergangen geldt 1:1
- Voor nieuwe secundaire watergangen geldt 2:3 als uitgangspunt

Oevers dienen voorts voldoende bereikbaar te zijn voor inspectie, beheer- en onderhoudswerkzaamheden.

Specifiek voor boezemwateren wordt bij het peilbeheer rekening gehouden met de stabiliteit van de boezemwaterkeringen.

Naast bovengenoemde normen geldt ten aanzien van ruimtelijke ontwikkelingen een compensatieplicht van 10% open water voor nieuw aan te leggen verhard oppervlak.

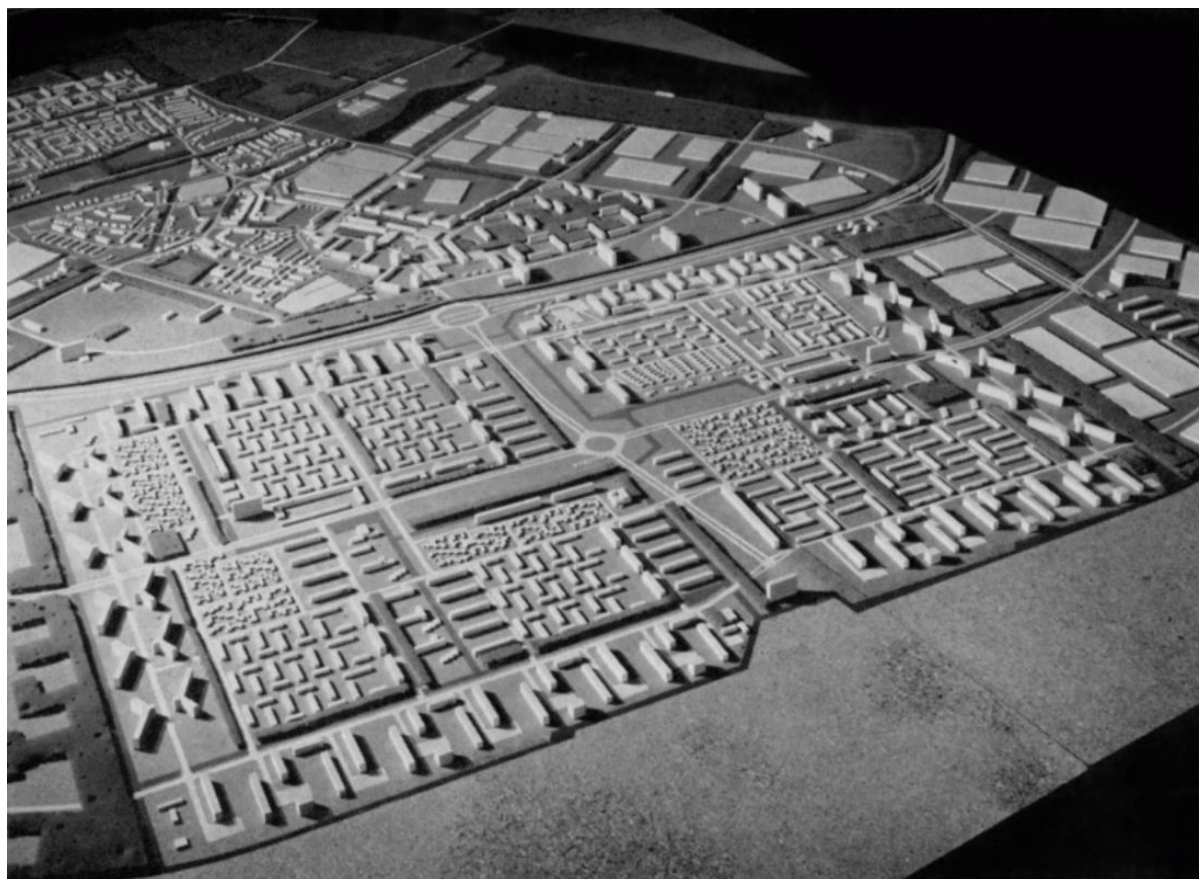
Bijlage 5 – Historische analyse

Historische analyse

Gebaseerd op de scriptie 'Spijkenisse: van dorp tot stad' (Blanken, 2007).

Het Sterrenkwartier maakte onderdeel uit van het ontwikkelingsplan Braband, vernoemd naar de gelijknamige polder waarin de ontwikkeling zou gaan plaatsvinden. Om ervoor te zorgen dat er een samenhangend gebied werd gecreëerd is besloten het plan te verdelen in vier wijken, waarvan het Sterrenkwartier de meest noordwestelijke was.

Op 3 maart 1959 worden de architecten aangesteld die vorm moeten gaan geven aan het ambitieuze ontwikkelingsplan Braband. Voor het ontwerp van de wijk werden E.F. Groosman en R.H. Fledderus aangesteld. Op aandringen van het college van B&W moest er nog specifiek een tuin- en landschapsarchitect worden aangesteld. De aangestelde architect werd W.C.J. Boer en hij was hiermee verantwoordelijk voor de groene inrichting van plan Braband. De keuze van B&W voor een tuin- en landschapsarchitect geeft aan dat zij de groene ruimte minstens zo belangrijk vonden als architectuur en stedenbouw.



Figuur 62 Basisontwerp plan Braband (BONAS, 1963)

Ondanks de financiële risico's presenteerde werd het basisplan Braband goedgekeurd door de gemeenteraad en werd het 6 januari 1959 gepresenteerd. Tegen het plan werden meerdere bezwaren gemaakt door onteigende landbouwers, de kerk en door waterschap Braband, Hekelingen en Vriesland. Het waterschap had als bezwaren dat er geen overleg had plaatsgevonden en nog belangrijker dat er problemen zouden ontstaan met de wateraanvoer. Alle bezwaren werden 5

maart 1959 ongegrond verklaard door het gemeentebestuur, echter werd het waterschap toegezegd dat er bij verdere uitwerking van het plan een oplossing wordt gezocht voor de waterstaatkundige problemen. Totdat alle bezwaren afgehandeld werden werd uiteindelijk 4 januari 1960 toestemming gegeven voor het plan door de Gedeputeerde Staten.

Ondanks niet bekend is wat de precieze bezwaren waren van het toenmalige waterschap is wel een belangrijk verschil te zien tussen het basisplan en het eindontwerp. Op het eindontwerp is de singel toegevoegd welke hier aan de noord- en zuidkant verbonden is met de andere watergangen in het gebied. Op de luchtfoto is ook goed te zien dat de singel een normale verbinding had met de noordelijke waterloop boven het Sterrenkwartier. In het ontwerp is ook te zien het gebied rondom de singel nooit geheel groen is ingericht, maar dat de functies van de bebouwing en het groen samengaan in een ruimte. Dit komt erg overeen met de algemene visie van tuin- en landschapsarchitect Wim Boer die vond dat groen voornamelijk functioneel moest zijn en een gebied verschillende functies moet vervullen. In een goed woonlandschap zijn wonen en (natuurlijk) recreëren één. Het stedelijk landschap moet zo zijn dat de bewoner niet de stad wil ontvluchten.



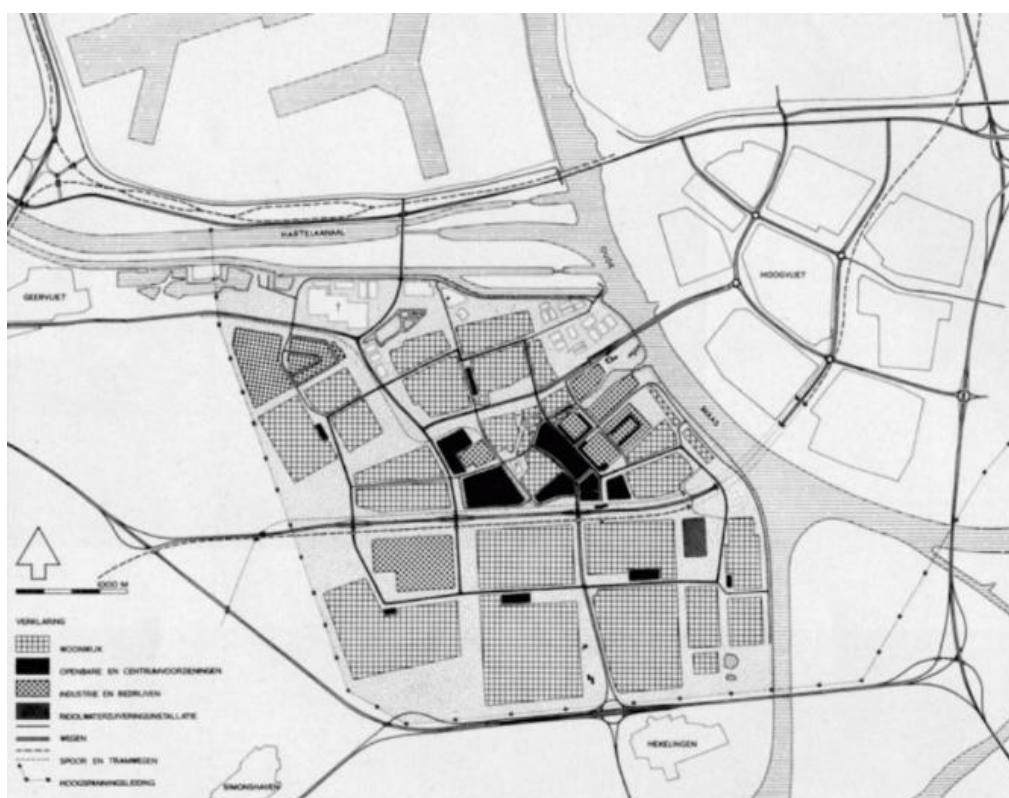
Figuur 63 Eindontwerp plan Brabant (Gemeente Spijkenisse, 2009)

Voordat de bouw kon beginnen moest de polder bouwrijp gemaakt worden. Omdat polder Brabant erg drassig was moest de polder goed droog gepompt worden. De gemeente had nog niet eerder in zulke drassige gronden gewerkt en daarom werd een bureau ingeschakeld om grondonderzoek uit te voeren. Uit dit onderzoek bleek dat grond zo drassig was dat er extra kosten gemaakt moesten worden om de grond bouwrijp te maken. Deze kosten liepen uiteindelijk zo hoog op de gemeente in grote financiële problemen terecht kwam.

Om de financiële huishouding weer op orde te krijgen werd vanaf najaar 1964 besloten de grond die bedoeld was voor de vrije sector en woningwetwoningen te verkopen aan willekeurige aannemers. Omdat het grootste gedeelte van de twee noordelijke wijken, Sterrenkwartier en Groenewoud, al in aanbouw was gold dit vooral voor de zuidelijke wijken. Het uitgeven van de gronden aan willekeurige bouwers in de zuidelijke wijken zorgde ervoor dat er weinig meer terecht kwam van het originele plan Brabant. De financiële problemen en het schorsen van de overkoepelende structuurvisie heeft verschillende gevolgen gehad voor het watersysteem in het plangebied.

Gedeputeerde Staten beslissen op 4 december 1961 dat de extra gemaakte kosten geboekt moeten worden op de algemene middelen van de gemeente. Tegelijkertijd viel ook de woningwetsubsidie weg, welke bedoeld was voor de wederopbouw van Nederland na de 2^e Wereldoorlog, omdat er grote economische vooruitgang werd geboekt in Nederland. Omdat deze extra kosten op de algemene middelen van de gemeente geboekt moeten worden ontstaat hier een structureel tekort.

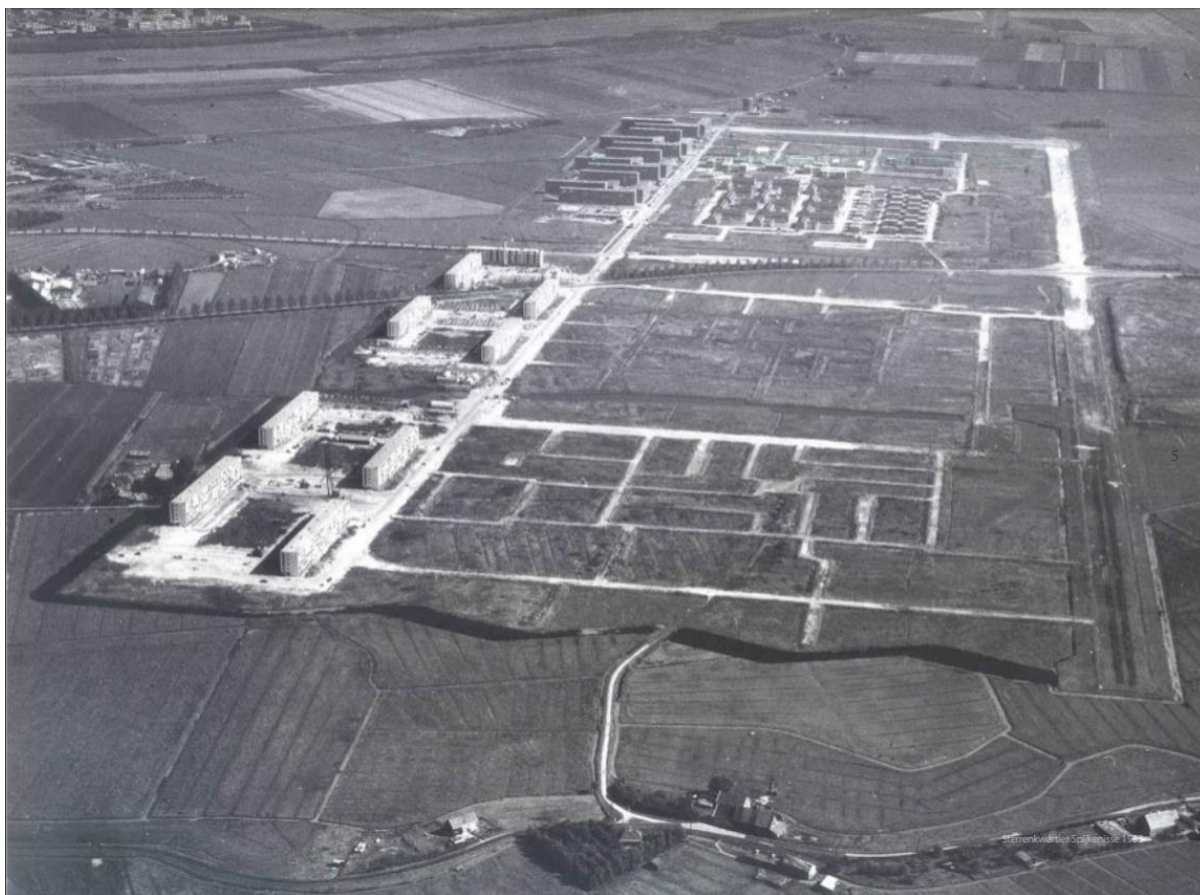
Omdat het budget van de grondexploitatie flink wordt overschreden verklaarde de Gedeputeerde Staten vervolgens dat er hierop geen extra kosten gemaakt konden worden. Dit was een onhaalbare situatie omdat slechts een deel bouwrijp was en er nog flinke kosten gemaakt moesten worden om de rest van de polder bouwrijp te maken. Gedeputeerde Staten schakelden de Minister om plan Braband van tafel te vegen. Dit was echter niet mogelijk omdat het plan niet in strijd was met de wet of het algemeen belang. Omdat de gemeente Spijkenisse de kosten nauwelijks meer kon dekken moest een gedeelte van de grondexploitatie worden betaald uit de algemene rijksmiddelen. Het structurele tekort op de algemene middelen leidde er uiteindelijk in 1992 toe dat de gemeente onder financiële curatele gesteld werd door het Rijk.



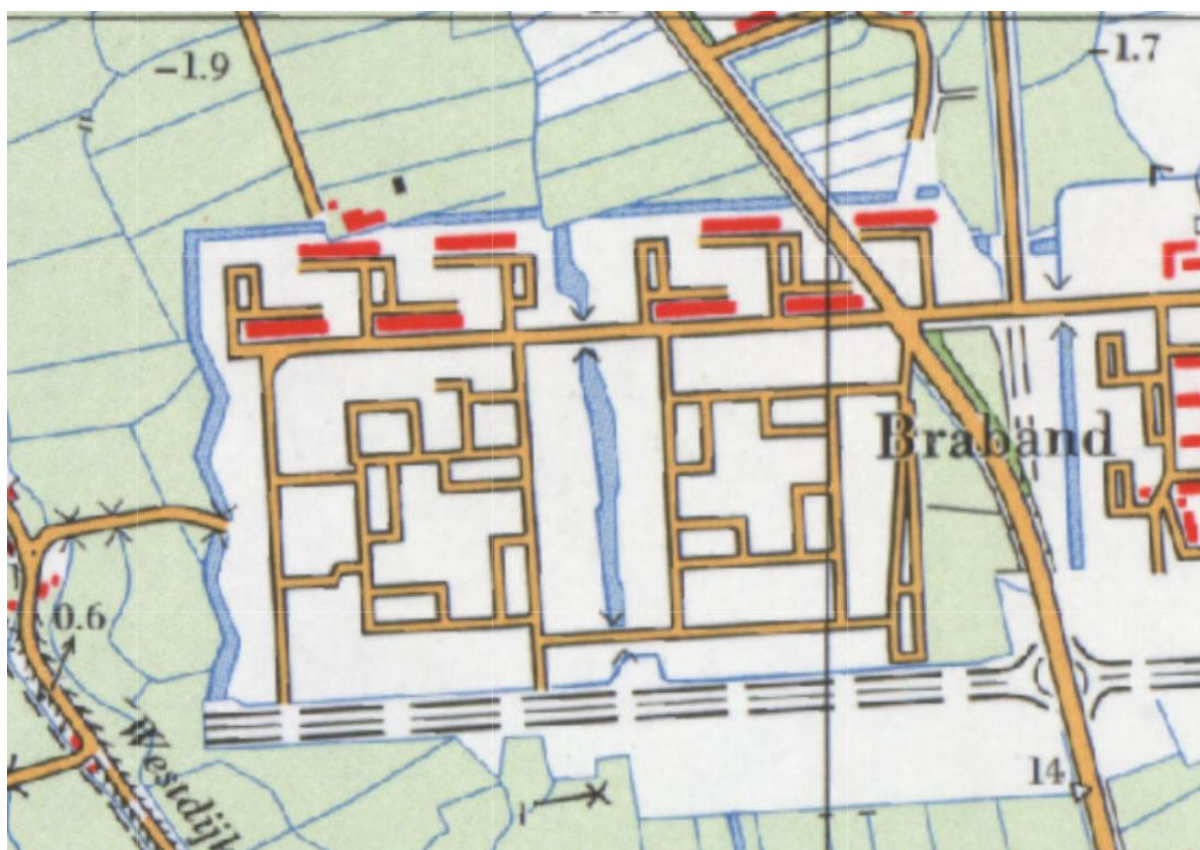
Figuur 64 De geplande centrumfuncties van Spijkenisse in 1963 (BONAS, 1963)

Doordat het plan onvolledig werd uitgevoerd ontbraken een aantal belangrijke functies. Zo ontbrak er een lokaal winkelcentrum omdat deze in de zuidelijke wijk gebouwd zou worden. In de periode na oplevering van het Sterrenkwartier worden door de jaren heen steeds meer lege plekken volgebouwd.

Ruimtelijke ontwikkeling



Figuur 65 (Zandbelt & van den Berg, 2013)



Figuur 66 1964: Sterrenkwartier in aanbouw (Kadaster, s.d.)

Tijdens de aanleg moeten sommige delen van de omliggende watergangen nog gegraven worden. Zoals te zien op bovenstaande afbeelding was een verbindingssloot tussen de westelijke watergang, de singel en de Oostelijk gelegen wijk Groenewoud.

Rond 1968 is het grootste deel van de wijk opgeleverd. Hoewel het zuidelijke verbindingsslootje niet meer te zien is op de kaart zijn de grote watergangen uitgegraven en met elkaar verbonden. Op onderstaande afbeelding is ook te zien dat de singel in de tussentijd is doorgetrokken tot de Heemraadlaan welke nog aangelegd moet worden.

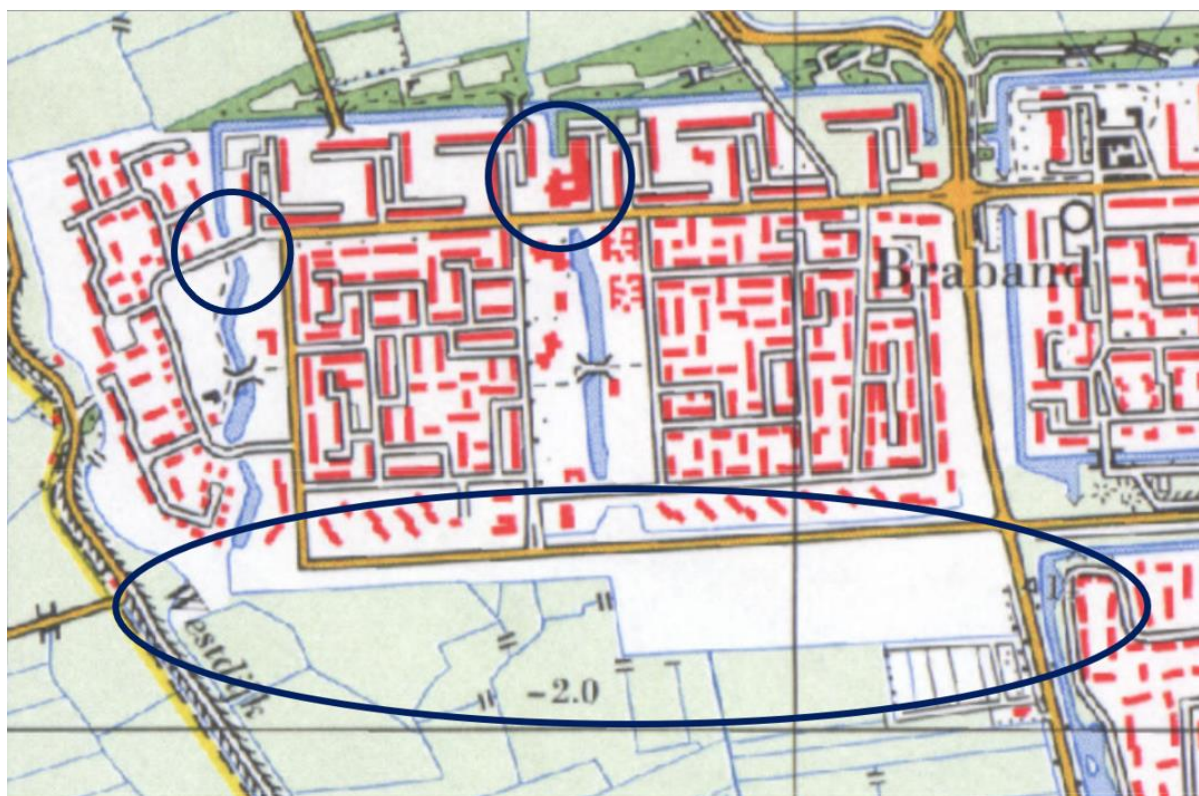


Figuur 67 1968: Het zuidelijk deel van de singel onder de Saturnuslaan is gegraven (Kadaster, s.d.)

In 1968 wordt Heidemij aangesteld om bodemonderzoek te doen voor het bouwrijp maken in Braband-Zuid. Wat de verder rol van Heidemij in dit project is geweest is onbekend, maar het is wel interessant dat de voorganger van Arcadis betrokken is geweest bij de ontwikkeling van het gebied. Doordat de grond ten zuiden van het Sterrenkwartier rond deze tijd verkocht werd aan verschillende ontwikkelaars, zou steeds minder van het stedenbouwkundig plan gerealiseerd worden.

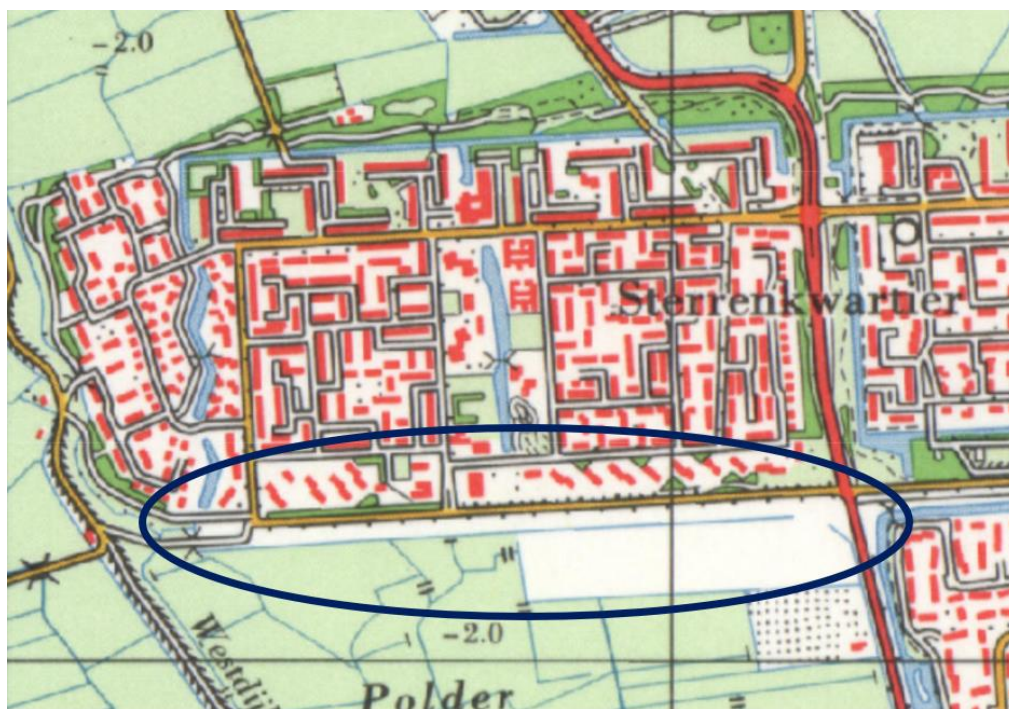
In 1971 wordt winkelcentrum het Sterrenhof gebouwd. Omdat er in het stedenbouwkundig plan geen ruimte was gereserveerd voor een winkelcentrum in het Sterrenkwartier moest hier ruimte voor worden gemaakt. Daarom is besloten een groot deel van de singel te dempen. Om de verbinding te houden met de noordelijke waterloop wordt een 30cm stalen duiker van ongeveer 60 meter lang in de betonnen duiker van 180x120 en 30m lang gemetseld. Hiermee neemt de doorstroom van de singel af.

Op onderstaande afbeelding is het zuidelijk deel van de singel weer gedempt. De zuidelijke verbindingssloot staat wel weer op de kaart, maar wordt rond 1972 aan zowel westzijde als aan de oostzijde gedempt door de bouw van woningen in Sterrenkwartier-Zuid en het verleggen van de Hekelingse weg. Hierdoor is de singel aan de zuidzijde afgesloten van de andere watergangen en komt zeer geïsoleerd te liggen. De westelijke watergang wordt door de bouw van Sterrenkwartier-West aan de noordkant afgesloten door aanleg van de verbindingsweg. Deze watergang wordt wel via een nieuwe watergang aan de zuidzijde verbonden met de nieuwe wijk Waterland. De groenstrook in Sterrenkwartier centraal wordt in de tussentijd volgebouwd.



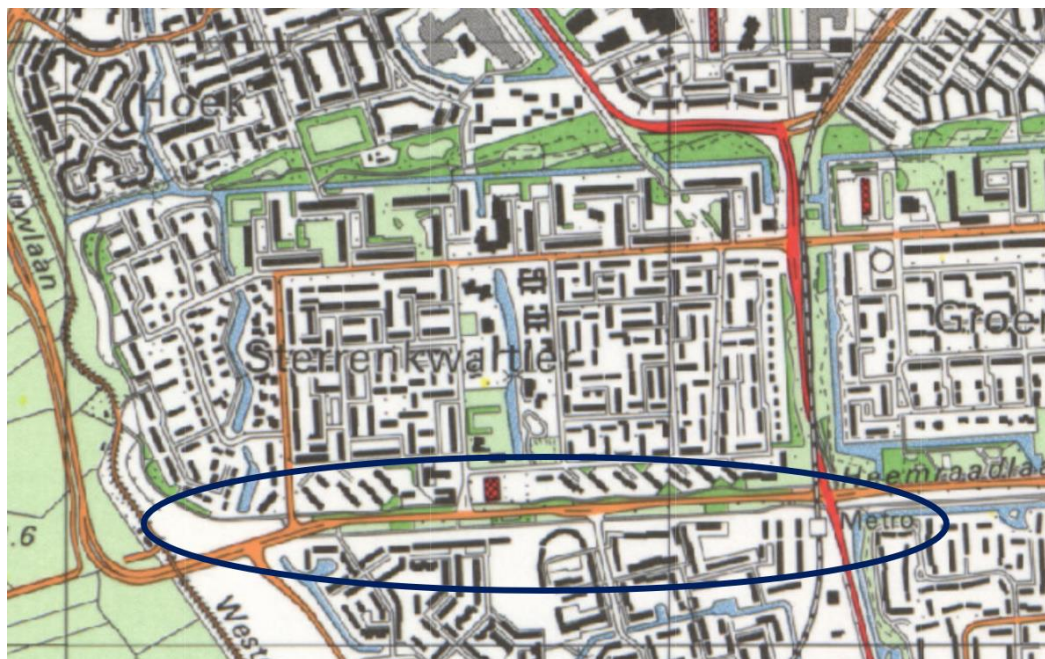
Figuur 68 1972: Bouw winkelcentrum Sterrenhof (1971), wijzigingen van watergangen in het zuiden en het afsluiten van de westelijke watergang.

Ongeveer een jaar later (1973) de volledige oost-westelijke watergang in het Sterrenkwartier volledig gedempt. De oost-westelijke watergang wordt verplaatst naar de andere kant van de Heemraadlaan. De zuidzijde van de westelijke watergang wordt afgesloten.



Figuur 69 1973: Oost-westelijke watergang wordt naar de andere kant van de Heemraadlaan verplaatst (Kadaster, s.d.).

Vanaf 1978 wordt in het noorden woonwijk de Hoek en in het zuiden de Akkers gebouwd. Waar enerzijds de wateraanvoer vanuit het noorden verbeterd wordt door een hoofdwatgang aan te leggen, wordt tijdens aanleg van de Akkers de oost-westelijke watgang gedempt. Hiermee zijn alle watgangen in het Sterrenkwartier afgesloten van nieuwe wijk de Akkers. In tegenstelling tot de ruime groenstrook die in plan Braband was opgenomen worden de woningen bijna tot de Heemraadlaan gebouwd. In de Sterrenkwartier-centraal worden meer bungalows gebouwd.



Figuur 70 Watgang wordt gedempt tijdens bouw van de Akkers (Kadaster, s.d.).

Rond 1993 wordt een greppel aan de meest westelijke rand van het Sterrenkwartier uitgegraven en wordt hiermee hoofdwatloop. Hiermee wordt al het water om het Sterrenkwartier heen geleid. Deze watloop wordt verbonden met de watgang in de Akkers en er wordt een kleine verbinding gemaakt met de westelijke watgang



Figuur 71 1993: De nieuwe hoofdwatloop wordt om het Sterrenkwartier heen gegraven (Kadaster, s.d.).

Vanaf 1997 treedt het Stedelijk Waterplan Spijkenisse in werking. Hierdoor worden de verversingsgemaal aan het Hydrapad en de Waterman geïnstalleerd die de watergangen kunstmatig doorspoelen. De singel wordt met de komst van de pomp van Zuid naar-Noord doorgespoeld.

In de periode 2003-2004 worden 3 nieuwe woontorens gebouwd in Sterrenkwartier-Hoog. Hierbij wordt het resterende stukje singel aan de noordkant van het winkelcentrum flink verbreed. In deze periode wordt ook het Aquaflow systeem onder het straatprofiel en de parkeervakken aangelegd.

In 2017 vindt er een grote verbouwing plaats in winkelcentrum het Sterrenhof. Bij deze verbouwing wordt het winkelcentrum uitgebreid met een paviljoen op palen welke in het water staat. Dit paviljoen is boven de monding van de duiker geplaatst.

De stedelijke ontwikkeling van het Sterrenkwartier heeft een grote impact gehad op het watersysteem in het Sterrenkwartier. Het grootste gedeelte van het plangebied is ooit volgens het stedenbouwkundig ontwerp van plan Braband gerealiseerd. De singel stond niet in de originele structuurvisie, maar is later wel aan het definitieve ontwerp toegevoegd. Dit komt waarschijnlijk door een bezwaar van het waterschap over de wateraanvoer.

Nadat de twee noordelijke wijken van plan Braband waren gerealiseerd kwam er door financiële problemen weinig meer van het plan terecht. Doordat de gemeente de grond aan verschillende aannemers verkocht verliep de ontwikkeling minder gestructureerd en hier heeft het watersysteem de problemen van ondervonden. De aansluiting die het Sterrenkwartier ooit had moeten krijgen met de andere wijken is er aan de zuidkant niet van gekomen waardoor de watergangen in het Sterrenkwartier erg geïsoleerd zijn komen te liggen. Na oplevering van de wijk zijn de onbebouwde plekken in het plangebied steeds verder volgebouwd ten koste van de groene ruimte en het watersysteem. Vervolgens is besloten een watergang om het Sterrenkwartier heen te graven om een goede doorstroming in de Akkers te creëren in plaats van gebruik te maken van de bestaande watergangen. Tijdens het Stedelijk Waterplan zijn verversingsgemalen geplaatst die de geïsoleerde watergangen kunstmatig doorspoelen. De singel wordt sindsdien van Zuid naar Noord doorgespoeld.

Door ongelukkige omstandigheden en ondoordachte ruimtelijke ontwikkelingen is het watersysteem geslactofferd waardoor het disfunctionerend en onlogisch is geworden. Met behulp van de verversingsgemalen is geprobeerd de doorstroming te verbeteren, maar ook dit blijkt geen volledige oplossing te zijn.

Om het watersysteem daadwerkelijk te verbeteren zullen er goede verbindingen worden gerealiseerd tussen de watergangen zoals dit ook ooit de bedoeling was. Door de hoge bebouwingsgraad in het gebied is dit flinke uitdaging. Alhoewel er veel fout is gegaan in de ontwikkeling van het plangebied is nog niet alles verloren. Zowel Sterrenkwartier-Hoog als Sterrenkwartier-centraal zullen herstructureerd worden. Dit biedt goede kansen om de doorstroming van de watergangen te verbeteren.

Het huidige vooruitzicht is wel dat het verhard oppervlak zal toenemen in Sterrenkwartier-hoog. Deze extra verharding zal moeten worden gecompenseerd. In Sterrenkwartier-centraal zullen de twee basisscholen samengevoegd worden in één nieuw gebouw, daarbij zullen een gymzaal en een speelplein gerealiseerd worden. Ook zal er een ouderenzorgcentrum worden gerealiseerd. Om deze ontwikkelingen te bewerkstelligen is er een reële kans dat de bomen langs de Galileilaan worden gekapt. Ook is de gemeente van plan de vrij gekomen grond van de sloop van de schoolgebouwen te verpachten of verkopen. Om deze reden zal er ook goed gekeken moeten worden naar de

toekomstige groenvoorziening om te zorgen dat het groene karakter van het gebied niet verloren gaat.

Naast de hedendaagse knelpunten moet het gebied ook toekomstbestendig worden ingericht. Het veranderende klimaat zorgt ervoor dat het gebied intensere regenbuien en langere droge perioden krijgt te verduren. Omdat de problemen uit het verleden en de problemen van de toekomst opgelost worden is het belangrijk dat er doeltreffende maatregelen worden genomen om de wijk klimaatbestendig te maken en meerwaarde te geven aan het gebied.

Schematische weergave tijdlijn

1959: Presentatie plan Braband

Jaar	Ruimtelijk	Watersysteem
1959	Presentatie plan Braband	Bezwaar waterschap over watertoevoer
1960	Definitieve goedkeuring plan Braband	
1961	Problemen grond bouwrijp maken	
1964	Start bouw Sterrenkwartier	
1968	Demping singel zuid	Aanleg verbindingssloot
1971	Aanleg Sterrenhof	Demping singel en plaatsing duiker
1972	Aanleg Sterrenkwartier-West	Afsluiten noordzijde westelijke watergang
1973	Verlenging Heemraadlaan	Afsluiten zuidzijde westelijke watergang
1973?	Aanleg Sterrenkwartier Zuid	Singel wordt zuidelijk afgesloten Verplaatsing oost-westelijke watergang
1972- 1978	Volbouwen groenzone	Toename verhard oppervlak
1979	Aanleg de Hoek	Betere wateraanvoer
1979	Aanleg de Akkers	Demping oost-westelijke watergang
1993		Aanleg nieuwe hoofdwatgang
1997	Start Stedelijk Waterplan	Plaatsing verversingsgemalen
2004	Bouw Woontorens Sterrenkwartier-Hoog	Verbreiding noordelijke deel singel
2017	Verbouwing Sterrenhof	Plaatsing paviljoen boven duiker
2019	Herstructurering Sterrenkwartier-Hoog	
2024	Herstructurering Sterrenkwartier-Centraal	

Bijlage 6 – Modelstudie

In dit hoofdstuk wordt het plangebied gemodelleerd zodat de huidige en toekomstige problemen kunnen worden gekwantificeerd. In dit hoofdstuk worden de volgende deelvragen beantwoord:

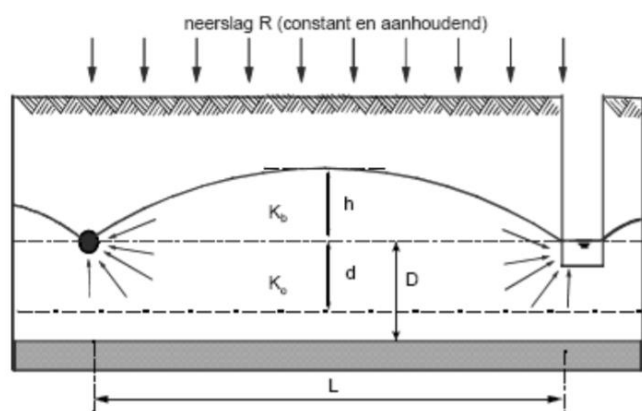
- Welke grondwaterproblematiek speelt er in het plangebied?
- Hoe groot is de watervraag van de groen/blauwe buitenruimte tijdens extreme droogte?
- Hoe groot is het bergingstekort tijdens een bui van 79mm in één uur?

4.1 Dimensionering huidige problematiek

Deze paragraaf behandelt de huidige problematiek in het plangebied. Als eerste wordt een grondwatermodel gemaakt waarbij de benodigde drainafstand wordt berekend om grondwateroverlast te voorkomen. Hierna wordt een droogtemodel gemaakt van focusgebied Sterrenkwartier-Centraal. In het model wordt de verdamping berekend van de maatgevende extreme droogte van juli 2018.

4.1.1 Grondwatermodel

In het vernieuwde Sterrenkwartier-Hoog zal aanvullende drainage worden aangelegd waardoor grondwateroverlast zal worden verholpen. De huidige grondwateroverlast wordt ervaren in de laagbouwoningen van Sterrenkwartier centraal. In dit model wordt berekend of de gemeente een faciliterende rol kan spelen in het verhelpen van de grondwaterproblematiek. Dit kan de gemeente doen door drainage aan te leggen in de openbare ruimte. Hiervoor is de formule van Hooghoudt gebruikt.



Figuur 72 Gemodelleerde situatie (Cultuurtechnische vereniging, 1988)

Het model berekend de geadviseerde drainafstand (L) aan de hand van de gewenste maximale opbolling (h). De overige parameters zijn:

- k_b : Bodemdoorlatendheid boven de drain [m/dag]
- k_o : Bodemdoorlatendheid onder de drain [m/dag]
- R : Dagelijkse grondwater afvoer [m]
- r_0 : Straal drain [m]
- D : Afstand tot ondoorlatende laag [m]
- Equivalente diepte [m]

Maak een apart kopje waarin waarde en bron van de parameters wordt uitgelegd

Test 2 optimale situatie

Voor een tweede berekening is er meer variatie in waarden aangebracht. De normen uit het cultuurtechnische vademecum komen uit 1988 en gaan uit van de meest ideale waterhuishouding en een bebouwingsgraad van 50%. Voor een meer realistische berekening wordt er van uit gegaan dat de kruipruimtes 0,5-0,6 meter diep zijn. Hierdoor kan de opbolling op 0,4 worden gezet. De gestelde afvoer van 5mm is gebaseerd op een bebouwingsgraad van 50% ten opzichte van onbebouwd grasland (7mm). Als dit door wordt vertaald naar het plangebied kan met een andere afvoer worden gerekend. Aangezien het Sterrenkwartier-middengebied voor 77,2% uit verharding bestaat is het logischer om de volgende afvoer te hanteren:

$$Afvoernorm = \left(1 - \frac{\text{nieuw}-\text{oud}}{\text{oud}}\right) * \text{oud} = \left(1 - \frac{0,778-0,5}{0,5}\right) * 0.5 = 0.286$$

De uitkomst van deze meest gunstige omstandigheden is een drainafstand van 10,09 m bij een buisdiameter van 4cm en 12,29. Dit komt niet overeen met het nomogram waarin de waarden lager uitvallen.

Conclusie

Omdat de opgave in een bestaande wijk plaatsvindt kunnen niet overal drains worden neergelegd. Zelfs met de meest gunstige parameters wordt een maximale drainafstand van 12,29m bereikt. Deze drainafstand kan niet overal worden aangehouden. De openbare wegen liggen gemiddeld 40 meter uit elkaar en hiertussen bevinden zich veel particuliere gronden. Het advies is dan ook om geen drainage aan te leggen in de huidige situatie. Bewoners met overlast zullen zelf maatregelen moeten treffen om overlast tegen te gaan.

4.1.2 Droogtemodel

Hoe groot is de watervraag van de groen/blauwe buitenruimte tijdens extreme droogte.

Het watersysteem moet niet alleen bestand zijn tegen hevige neerslag, maar ook tegen lange droge perioden. Tijdens zulke extreme droogten zorgt het overwegende verdampingsoverschot voor een daling van de grondwaterspiegel en mogelijk het waterpeil als hiertegen geen maatregelen genomen worden. Het zakken van het grond- en oppervlaktewaterpeil heeft op zijn beurt weer effect op de groenvoorzieningen. Om te kunnen bepalen of het plangebied bestand is tegen een extreme droogte is de watervraag van de groen/blauwe ruimte Sterrenkwartier-Centraal berekend. Dit gebied is gekozen omdat het overwegend bestaat uit groenvoorzieningen en oppervlaktewater in beheer van de gemeente. Wanneer de watervraag van het gebied tijdens extreme droogte bekend is kan besloten worden of de huidige inrichting voldoet of dat er maatregelen genomen moeten worden om het gebied weerbaarder tegen droogte te maken.

Randvoorwaarde model

Meteorologisch

- De grondwateraanvulling is niet meegenomen.
- Het gekozen neerslag station is het meest dichtbij zijnde station Poortugaal. De gegevens van de referentieverdamping komen van meteorologisch station Rotterdam (KNMI, 2018).
- De extreem droge juli van 2018 wordt genomen als referentie. In deze maand was er een verdampingsoverschot van 131,2 mm (4,23mm/dag)

Het gebied

- Het model is gericht op het groengebied in Sterrenkwartier-Centraal. Er zijn geen invloeden van buitenaf.
- Omdat de verdampingsberekening ter bevordering van het beheer is worden alleen de publieke gronden meegerekend. Particulieren beheren hun eigen groen zelf en zullen in tijden van droogte zeer waarschijnlijk hun groen besproeien.
- De onvolledige gewasverdamping wordt ook meegenomen.
- Oppervlak wordt 2-dimensionaal bekeken. Wanneer er gras in de schaduw van een boom ligt wordt dit niet meegerekend omdat dit zou leiden tot over dimensionering.
- Oppervlakken zijn berekend met ArcGIS.

Potentiële verdamping				Gras				Haag				Loofboom							
Oppervlakt [m2]	Gewasfactor	E gem	E [m3/dag]	Dag	Berging	E [m/d]	E [mm/d]	E in %	Dag	Berging	E [m/d]	E [mm/d]	E in %	Dag	Berging	E [m/d]	E [mm/d]	E in %	
Bomen (Plataan)	9500	1,2	0,00423	48,2	1	0,0675	0,0042	4,23	100	1	0,3150	0,0042	4,23	100	1	0,9000	0,0051	5,08	100
Struiken	1000	1,05	0,00423	4,4	2	0,0633	0,0042	4,23	100	2	0,3108	0,0042	4,23	100	2	0,8949	0,0051	5,08	100
Gras	10800	1	0,00423	45,7	3	0,0590	0,0042	4,23	100	3	0,3065	0,0042	4,23	100	3	0,8898	0,0051	5,08	100
Opp. Water	5762	1	0,00423	24,4	4	0,0548	0,0042	4,23	100	4	0,3023	0,0042	4,23	100	4	0,8848	0,0051	5,08	100
Totaal per dag			122,7		5	0,0506	0,0042	4,23	100	5	0,2981	0,0042	4,23	100	5	0,8797	0,0051	5,08	100
E droge maand			3804,3		6	0,0463	0,0042	4,23	100	6	0,2938	0,0042	4,23	100	6	0,8746	0,0051	5,08	100
Verdamping onder stress (zonder besproeiing)				7	0,0421	0,0042	4,23	100	7	0,2896	0,0042	4,23	100	7	0,8695	0,0051	5,08	100	100
Bomen (Plataan)	9500	1,2	0,0051	48,2	8	0,0379	0,0032	3,17	75	8	0,2854	0,0042	4,23	100	8	0,8644	0,0051	5,08	100
Struiken	1000	1,05	0,0042	4,2	9	0,0347	0,0019	1,89	45	9	0,2811	0,0042	4,23	100	9	0,8594	0,0051	5,08	100
Gras	10800	1	0,0012	13,1	10	0,0328	0,0011	1,13	27	10	0,2769	0,0042	4,23	100	10	0,8543	0,0051	5,08	100
Opp. Water	5762	1	0,00438	25,2	11	0,0317	0,0007	0,68	16	11	0,2727	0,0042	4,23	101	11	0,8492	0,0051	5,08	100
Totaal per dag			90,8		12	0,0310	0,0004	0,40	10	12	0,2684	0,0042	4,23	102	12	0,8441	0,0051	5,08	100
E droge maand			2814,4		13	0,0306	0,0002	0,24	6	13	0,2642	0,0042	4,23	103	13	0,8391	0,0051	5,08	100
Veldcapaciteit	0,45 m3/m-3	Factsheet Praktijknetwerk berekening: Beregeningsadviesysteem																	
verwerkingspunt	0,20 m3/m-3	Factsheet fm																	
Stresspunt	0,40	40% van S beschikbaar																	
Gewascoëfficiënt gras	1	mm/dag																	
Wortelzone	0,15 m	m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	
		m																	

Toelichting droogtemodel

De volledige en uitgebreide toelichting is te vinden in de **bijlagen**.

Verdamping

Er zijn verschillende vormen van verdamping. De actuele verdamping is de werkelijke verdamping die over een gegeven periode plaatsvindt. Om een beeld te krijgen van de actuele verdamping moet deze worden benaderd door deze te berekenen. De referentieverdamping is gelijk aan de verdamping volgens het KNMI en wordt bepaald met de formule van Makkink (STOWA, 2009). Deze referentieverdamping gelijk aan de verdamping van gras en geeft een goed beeld over de gemiddelde verdamping in Nederland. Omdat niet heel Nederland uit gras bestaat kan de verdamping van een bepaald gebied nauwkeuriger worden bepaald door de potentiële verdamping te berekenen. Hierbij wordt een gewasfactor gegeven aan elk ruimtelijk verschillend oppervlak in het gebied.

Referentieverdamping

Wanneer de totale neerslag af wordt getrokken van de totale verdamping in juli 2018 komt er een waarde uit van 131,2mm verdampingsoverschot. Door dit getal te delen door het aantal dagen is de gemiddelde verdamping van 4,23mm/dag bekend.

Potentiële verdamping (volledig)

Met de beschikbare gegevens kan de potentiële verdamping worden berekend. In deze berekening wordt ervan uitgegaan dat alle gewassen volledig kunnen verdampen. Met andere woorden hebben ze de volledige periode genoeg water om volgens de potentiële verdamping te verdampen. De verklaring van de gewasfactoren staat in de **bijlagen**

Soort	Oppervlak [m ²]	Gewasfactor	E gem	E [m ³ /dag]
<i>Bomen (Plataan)</i>	9500	1,1	0,00423	44,2
<i>Struiken</i>	1000	1,05	0,00423	4,4
<i>Gras</i>	10800	1	0,00423	45,7
<i>Opp. Water</i>	5762	1,25	0,00423	30,5
<i>Totaal per dag</i>				124,8
<i>E droge maand</i>				3868,7

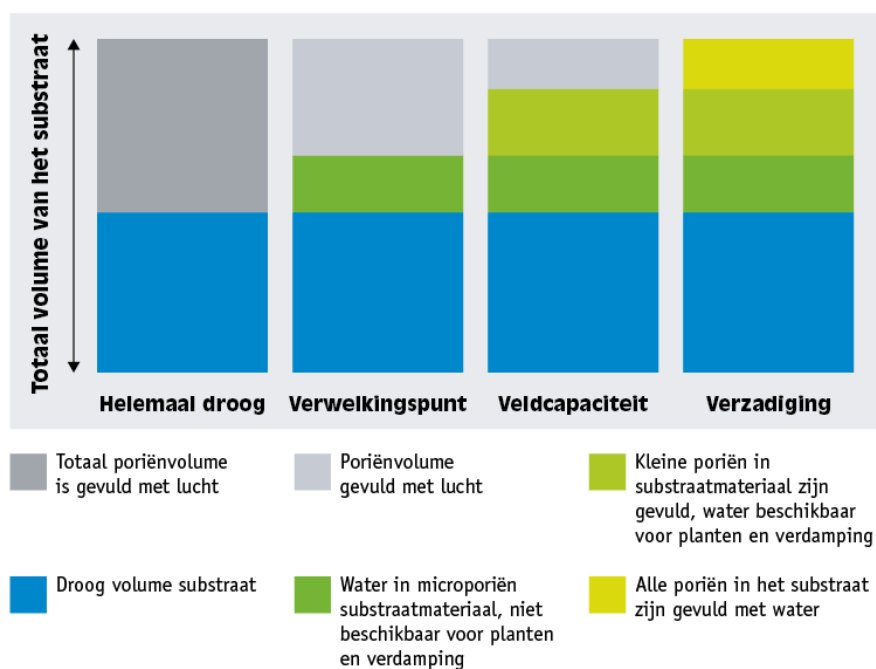
Potentielle verdamping (onvolledig)

Het is niet realistisch dat tijdens een extreem droge maand de volledige tijd genoeg water beschikbaar is voor de planten om te verdampen. Wanneer planten niet genoeg water meer uit de bodem kunnen halen zullen zij stress ervaren en zullen in toenemende mate minder gaan verdampen. Wanneer een plant helemaal geen vocht meer uit de bodem kan halen zal deze gaan verwelken. Om een beter benadering van de actuele verdamping te krijgen zal de onvolledige verdamping worden meegenomen in het droogtemodel.

Parameters

De verdamping is afhankelijk van de hoeveelheid vocht een plant uit de bodem kan halen. Dit kan berekend worden aan de hand van enkele (grond)parameters. In onderstaande afbeelding worden de verschillen tussen een aantal verschillende parameters beschreven. De volledige uitleg van de

parameters staat in de **bijlagen**.



Figuur 73 Verschillende hydrologische fasen in de ondergrond (Bouw en uitvoering, 2015).

Tabel 13 Watergehalten in verschillende grondsoorten (Innovatie Veenkoloniën, s.d.).

Watergehalte (vol %)	pF	zand	leem	klei
Maximaal watergehalte	0	39	50	55
Veldcapaciteit	2-2,5	10	38	49
Verwelkingspunt	4,2	4	9	29
Beschikbaar water		6	29	20
Onbeschikbaar water		4	9	29

Aan de hand van de Factsheet: Beregeningsadviessystemen (Innovatie Veenkoloniën, s.d.) is gezocht naar passende waarden bij siltige kleigrond. Hiervoor zijn waarden gezocht die tussen leem en klei inzitten. De aangenomen waarden zijn te zien in onderstaande tabel.

Tabel 14 Aannames parametrische waarden.

Parameters	Waarde	Eenheid
Veldcapaciteit	0,45	m ³ /m ³
Verwelkingspunt	0,20	m ³ /m ³
S Beschikbaar	0,25	m ³ /m ³
Stresspunt	0,27	m ³ /m ³
Wortelzone	0,15	m

Worteldiepte

De uiteindelijke beschikbare hoeveelheid water is afhankelijk van de worteldiepte. Deze worteldiepte verschilt per vegetatiesoort. De vastgestelde worteldieptes zijn: 0,15m voor gras, 0,7m voor hagen/struiken en 2,0m voor bomen.

Uitkomsten

	Gras	Haag	Loofboom	
S start (=veldcap.)	0,068	0,315	0,900	m
Gewasfactor	1	1,05	1,2	
Verdamping	4,23	4,23	4,23	mm/dag
Worteldiepte	0,150	0,700	2,00	m
Veldcapaciteit	0,068	0,315	0,90	m
Stresspunt	0,041	0,189	0,540	m
Verwelkingspunt	0,030	0,140	0,40	m
S beschikbaar	0,038	0,175	0,500	m

In de tabel is te zien wat voor parametrische waarden van toepassing zijn per vegetatiesoort. Aan de hand van deze waarde is per vegetatiesoort onderzocht hoe de (onvolledige) verdamping verloopt tijdens de maatgevende verdamping van 4,23mm/dag voor 31 dagen lang.

Gras					Haag					Loofboom				
Dag	S beschikbaar	E [m/d]	E [mm/d]	E in %	Dag	S beschikbaar	E [m/d]	E [mm/d]	E in %	Dag	S beschikbaar	E [m/d]	E [mm/d]	E in %
1	0,0675	0,0042	4,23	100	1	0,3150	0,0044	4,44	100	1	0,9000	0,0051	5,08	100
2	0,0633	0,0042	4,23	100	2	0,3106	0,0044	4,44	100	2	0,8949	0,0051	5,08	100
3	0,0590	0,0042	4,23	100	3	0,3061	0,0044	4,44	100	3	0,8898	0,0051	5,08	100
4	0,0548	0,0042	4,23	100	4	0,3017	0,0044	4,44	100	4	0,8848	0,0051	5,08	100
5	0,0506	0,0042	4,23	100	5	0,2972	0,0044	4,44	100	5	0,8797	0,0051	5,08	100
6	0,0463	0,0042	4,23	100	6	0,2928	0,0044	4,44	100	6	0,8746	0,0051	5,08	100
7	0,0421	0,0042	4,23	100	7	0,2883	0,0044	4,44	100	7	0,8695	0,0051	5,08	100
8	0,0379	0,0032	3,17	75	8	0,2839	0,0044	4,44	100	8	0,8644	0,0051	5,08	100
9	0,0347	0,0019	1,89	45	9	0,2794	0,0044	4,44	100	9	0,8594	0,0051	5,08	100
10	0,0328	0,0011	1,13	27	10	0,2750	0,0044	4,44	100	10	0,8543	0,0051	5,08	100
11	0,0317	0,0007	0,68	16	11	0,2706	0,0044	4,44	100	11	0,8492	0,0051	5,08	100
12	0,0310	0,0004	0,40	10	12	0,2661	0,0044	4,44	100	12	0,8441	0,0051	5,08	100
13	0,0306	0,0002	0,24	6	13	0,2617	0,0044	4,44	100	13	0,8391	0,0051	5,08	100
14	0,0304	0,0001	0,14	3	14	0,2572	0,0044	4,44	100	14	0,8340	0,0051	5,08	100
15	0,0302	0,0001	0,09	2	15	0,2528	0,0044	4,44	100	15	0,8289	0,0051	5,08	100
16	0,0301	0,0001	0,05	1	16	0,2483	0,0044	4,44	100	16	0,8238	0,0051	5,08	100
17	0,0301	0,0000	0,03	1	17	0,2439	0,0044	4,44	100	17	0,8187	0,0051	5,08	100
18	0,0300	0,0000	0,02	0	18	0,2395	0,0044	4,44	100	18	0,8137	0,0051	5,08	100
19	0,0300	0,0000	0,01	0	19	0,2350	0,0044	4,44	100	19	0,8086	0,0051	5,08	100
20	0,0300	0,0000	0,01	0	20	0,2306	0,0044	4,44	100	20	0,8035	0,0051	5,08	100
21	0,0300	0,0000	0,00	0	21	0,2261	0,0044	4,44	100	21	0,7984	0,0051	5,08	100
22	0,0300	0,0000	0,00	0	22	0,2217	0,0044	4,44	100	22	0,7933	0,0051	5,08	100
23	0,0300	0,0000	0,00	0	23	0,2172	0,0044	4,44	100	23	0,7883	0,0051	5,08	100
24	0,0300	0,0000	0,00	0	24	0,2128	0,0044	4,44	100	24	0,7832	0,0051	5,08	100
25	0,0300	0,0000	0,00	0	25	0,2083	0,0044	4,44	100	25	0,7781	0,0051	5,08	100
26	0,0300	0,0000	0,00	0	26	0,2039	0,0044	4,44	100	26	0,7730	0,0051	5,08	100
27	0,0300	0,0000	0,00	0	27	0,1995	0,0044	4,44	100	27	0,7680	0,0051	5,08	100
28	0,0300	0,0000	0,00	0	28	0,1950	0,0044	4,44	100	28	0,7629	0,0051	5,08	100
29	0,0300	0,0000	0,00	0	29	0,1906	0,0044	4,44	100	29	0,7578	0,0051	5,08	100
30	0,0300	0,0000	0,00	0	30	0,1861	0,0042	4,18	94	30	0,7527	0,0051	5,08	100
31	0,0300	0,0000	0,00	0	31	0,1819	0,0038	3,80	86	31	0,7476	0,0051	5,08	100
Gemiddeld: 0,0012					Gemiddeld: 0,0044					Gemiddeld: 0,0051				

In de beginsituatie wordt ervan uitgegaan dat de bodem op veldcapaciteit is. Vervolgens wordt hier net zo lang de potentiële verdamping vanaf gehaald tot het stresspunt wordt bereikt. Na het bereiken van het stresspunt zal het gewas onvolledig gaan verdampen. In de tabel is de onvolledige verdamping in het rood weergegeven. Deze onvolledige verdamping wordt berekend met de volgende formule:

$$E = \left(\frac{S_{\text{beschikbaar}} - S_{\text{verwelk}}}{S_{\text{stress}} - S_{\text{verwelk}}} \right) * E_{\text{potentieel}}$$

Aan de tabel te zien zullen de bomen geen last ondervinden van de droogte en zullen de hagen/struiken slechts de laatste twee dagen onder stress gaan verdampen. Het gras heeft echter meer te lijden onder de droogte. Na 7 dagen zal het gras onvolledig gaan verdampen waarna het na

14 tot 17 dagen het verwelkingspunt zal bereiken. Wanneer het verwelkingspunt wordt bereikt en er geen extra aanvoer van water is zal de begroeiing onomkeerbare schade oplopen.

Totale onvolledige verdamping

Verdamping onder stress (zonder besproeiing)				
Bomen (Plataan)	9500	1,1	0,0051	48,2
Struiken	1000	1,05	0,0044	4,4
Gras	10800	1	0,0012	13,1
Opp. Water	5762	1	0,00438	25,2
Totaal per dag				91,0
E droge maand				2819,9

Na een maand van extreme droogte zal volgens het model 2819,9 m³ water zijn verdampt. Om de effecten van de droogte aan te tonen is de daling van de grondwaterspiegel en het waterpeil berekend.

Grondwater		
Verdamping groen	2924,2	m ³
Oppervlak - opp.water	47581	m ²
Verzadigingscapaciteit	0,525	m ³ /m ³
Verwelkingspunt	0,2	m ³ /m ³
Daling grondwater	0,189	m
Oppervlak opp.water	5762	m ²
Verdamping water	782,4	m ³
Daling waterpeil	0,136	m

De verdamping van de groene ruimte wordt gedeeld door de het totaal verharde en onverharde oppervlak. Van het verharde oppervlak is aangenomen dat niets verdampt en van het privaat onverhard is aangenomen dat de verdamping gelijk is aan de grondwateraanvulling doordat de eigenaren hun groeivoorzieningen volledig besproeien.

$$\text{Verdamping publiek groen} / (\text{totaaloppervlak-oppervlaktewater}) = 2924,2 / 47581 = 0,063\text{m}$$

De verdamping in meters is niet gelijk aan de daling van grondwaterspiegel. Er moet namelijk rekening gehouden worden met het percentage water dat de vegetatie uit de bodem kan halen. Dit komt neer op de capaciteit van volledig verzadigde grond min het verwelkingspunt, omdat planten vanaf het verwelkingspunt geen water meer uit de bodem kunnen onttrekken. De gemaakte aanname voor het maximale watervolume is 0,525 m³/m³. Dit is bepaald aan de hand van **tabel/figuur 2**.

$$\text{Verdamping in meters} / (\text{maximale capaciteit-verwelkingspunt}) = \text{Grondwaterstand daling} \\ 0,063\text{m} / 0,325 = 0,189\text{m}$$

Wanneer er geen invloeden zijn van buitenaf daalt het oppervlaktewaterpeil met (782,4/5762=) 0,136m.

Watervraag

Uit de vorige berekeningen volgt dat de hagen/struiken en bomen geen extra water nodig hebben om de droge periode te doorstaan. Het gras en het oppervlaktewater hebben echter wel een wateraanvulling nodig. Het gras heeft water nodig om niet te verwelken en het oppervlaktewater heeft water nodig om op singelpeil (-2,80 NAP) te blijven.

Gras

Gras				
Dag	S beschikbaar	E [m/d]	E [mm/d]	E in %
1	0,0675	0,0042	4,23	100
2	0,0633	0,0042	4,23	100
3	0,0590	0,0042	4,23	100
4	0,0548	0,0042	4,23	100
5	0,0506	0,0042	4,23	100
6	0,0463	0,0042	4,23	100
7	0,0421	0,0042	4,23	100
8	0,0379	0,0032	3,17	75
9	0,0347	0,0019	1,89	45
10	0,0328	0,0011	1,13	27
11	0,0317	0,0007	0,68	16
12	0,0310	0,0004	0,40	10
13	0,0306	0,0002	0,24	6
14	0,0304	0,0001	0,14	3
15	0,0302	0,0001	0,09	2
16	0,0301	0,0001	0,05	1

Het gras heeft na ongeveer 10 dagen water nodig. Als na 10 dagen de bodem weer op veldcapaciteit wordt gebracht is daar de volgende hoeveelheid water voor nodig:

$$\text{Watervraag gras} = (S \text{ Veldcapaciteit} - S \text{ beschikbaar}) * \text{Oppervlak gras}$$

$$\text{Watervraag gras} = (0,0675 - 0,0328) * 10800 = 0,0347 * 10800 = 374,8 \text{ m}^3$$

Vervolgens moet deze hoeveelheid na 10 dagen (dag 20) weer worden aangevoerd om verwelking tegen te gaan. Hiermee komt de totale watervraag van gras neer op 749,5 m³. De laatste 11 dagen wordt het verwelkingspunt niet bereikt.

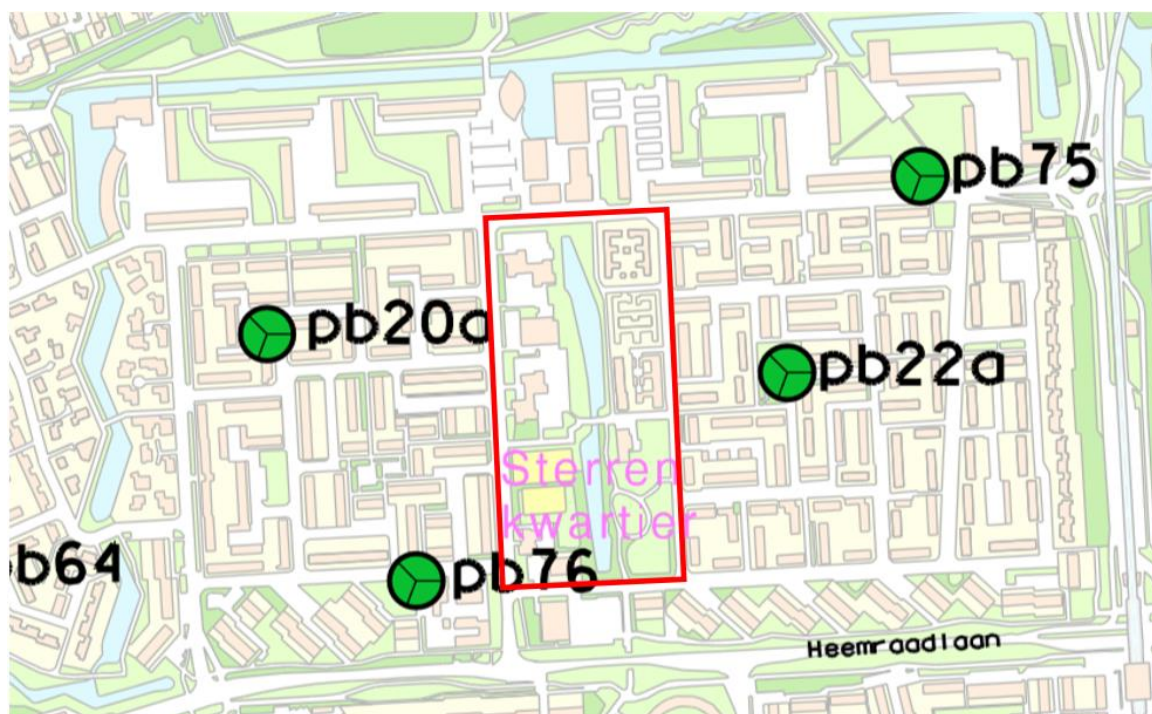
Oppervlaktewater

De watervraag van water is gelijk aan de verdamping en komt daarmee neer op (25,2*31=) 781,2 m³

Totaal

In totaal is de watervraag 749,5 + 781,2 = **1530,7 m³**

Validatie model

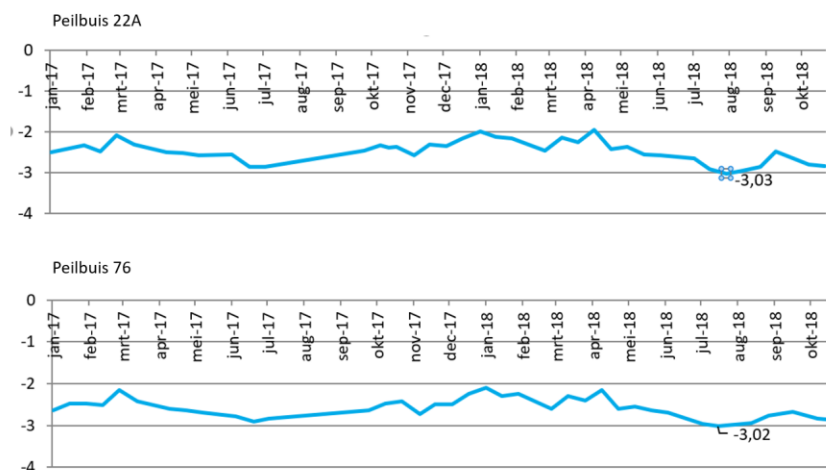


Figuur 74 Peilbuizen in het Sterrenkwartier (Bron: Gemeente Nissewaard)

De dichtstbijzijnde peilbuizen bij het groengebied van Sterrenkwartier-centraal zijn 22A en 76. De grondwaterstand tussen juli en augustus 2018 was met -3,02 en -3,03m NAP op het laagste niveau van de meetreeks. Tussen juli en augustus 2018 was de grondwaterspiegel bij beide metingen ruim 0,2m onder het singelpeil van -2,80 NAP. Uit het model volgt een grondwaterdaling van 0,19m. Deze grondwaterstands daling komt dicht in de buurt van de werkelijke situatie.

Omdat de grondwaterstands daling afgeleid is vanuit de onvolledige verdamping van de groenvoorziening zou gesteld kunnen worden dat de berekende verdamping dicht bij de actuele verdamping zit.

De waterstands daling in de singel zou in de werkelijkheid niet snel voorkomen omdat de singel in verbinding met andere watergangen staat en het peil gereguleerd wordt.



Figuur 75 Laagste grondwaterstand tussen juli en augustus 2018

4.2 Neerslag model

In deze paragraaf is het neerslagmodel beschreven. Met dit neerslagmodel kan het bergingstekort voor een bepaalde piekbui in het plangebied berekend worden. Er is een aparte modelstudie gedaan voor Sterrenkwartier-Hoog en voor Sterrenkwartier-Centraal. Deze modelstudies zijn voor verschillende situaties toegepast.

4.2.1 Uitleg model (Bakkenmodel)

Het doel van dit model is om de waterstromen en het bergingstekort te kwantificeren tijdens een extreme neerslagsituatie. In het model wordt het plangebied onderverdeeld in verschillende 'reservoirs' waar een fictieve bui op wordt losgelaten. Ieder van deze reservoirs heeft een bepaalde bergingscapaciteit en stromingsrichting (flux). Aan de hand van deze bergingscapaciteit en de stromingsrichting kan een benadering gemaakt worden van de hoeveelheid water een bepaald reservoir te verduren krijgt en hoe groot het bergingstekort is.

Input

Naast de atmosfeer en de bodem zijn er drie reservoirs die onderverdeeld zijn in kleinere reservoirs. Deze categorisering is aangebracht omdat verschillende verharde oppervlakken ook verschillende eigenschappen hebben. Hiernaast is er een verdeling gemaakt tussen particulier terrein en het door de gemeente te beheren publieke ruimte. De oppervlakten zijn berekend met ArcGIS. De berging van het verhard oppervlak is bepaald met de afvloeiingscoëfficiënten zoals beschreven door Amsterdam Rainproof (s.d.). Dit is de 'acceptabele' berging in kleine plassen en tussen de voegen van het straatprofiel. Voor het onverharde gebied is een berging van 10mm aangenomen. Voor het oppervlaktewater is de berging bepaald aan de hand van een aanvaardbare peilstijging en is de maximale afvoer per deelgebied berekend. Omdat de gemodelleerde korte piekbuien statistisch gezien alleen in de zomer voorkomen is de infiltratie ook meegenomen in het model. De gedetailleerde beschrijving van de inputwaarden staat in de **bijlagen**.

Output

In de output is te zien welke volumes hemelwater de verschillende reservoirs krijgen te verwerken. Het wateroverschot op verhard terrein is gelijk aan neerslaghoeveelheid minus de berging en de (flux) rioolinloop. Het waterschot op onverhard is gelijk aan de neerslaghoeveelheid min de berging en de infiltratie. Het wateroverschot in het oppervlaktewater is gelijk aan de neerslaghoeveelheid plus de (flux) riooloverstort minus de berging en afwatering.

Wateroverlast

Aan de hand van het neerslagmodel kan berekend worden hoe lang duurt voordat het wateroverschot weer is afgevoerd. Dit is berekend voor de publieke reservoirs berekend zodat de gemeente weet hoe groot de wateroverlast is in de door de gemeente beheerde ruimte. De nadere uitwerking van de afvoercapaciteiten staat in de **bijlagen**.

Publiek verhard

Het overstortwater kan niet in een keer overstorten waardoor het water zich ophoopt op het publiek verhard oppervlak. Als dit wordt opgeteld bij het wateroverschot wat niet kan afstromen naar de riolering is de waterhoogte op straat bekend.

$$\text{Waterhoogte op straat} = \left(\frac{\text{Wateroverschot publiek verhard} + \text{Overstort}}{\text{Oppervlakte publiek verhard}} \right)$$

Riolering

De riolering heeft een afvoercapaciteit die gelijk is aan de riolering en het overstortdebiet. Het overstortdebiet van de riolering is met de volgende formule berekend.

$$Q = \left(\frac{\text{overstortdebiet} * \text{seconden} * \text{aantal overstorten}}{\text{totaaloppervlak (ha)}} \right) * \text{oppervlak deelgebied(ha)}$$

Watergang

De maximale afvoerwaarde van de watergangen is per deelgebied berekend met de Manningformule.

Groen

$$\text{Duur overlast (dagen)} = \frac{\text{Overschot publiek groen}}{(\text{infiltratiecapaciteit} * \text{oppervlak publiek groen})}$$

Validatie

Om het model te valideren moet in de huidige situatie volgens het GRP wateroverlast ontstaan bij een T=2 bui (Gemeente Nissewaard, 2017). Een T=2 bui staat gelijk aan een bui van 20mm in één uur tijd. Bij deze bui zou volgens het GRP water op straat staan en zou het rioolsysteem moeten gaan overstorten op het oppervlaktewater.

Hieruit is de bergingscapaciteit van het riool vastgesteld op 7mm. Een verbeterd gemengd stelsel heeft ongeveer 9mm totale bergingscapaciteit. Dit zou betekenen dat er de droogweerafvoer van het stelsel ongeveer 2mm is.

Schematische Watersysteem Sterrenkwartier - Centraal				
Invoer gegevens				
Reservoir	Waterstroom	Waarde	Eenheid	Bron
Totaal oppervlak	Oppervlak	388920	m ²	
	Neerslag intensiteit	16	mm/uur	
Atmosfeer	Neerslagduur	1	uur	
	Doorlatendheid	0,01	m/dag	
Bodem	Oppervlak schuin dak	56348	m ²	Pannendak (Rainproof Amsterdam)
	Berging schuin	2	mm	
Gebouwen	Oppervlak plat dak	24833	m ²	Platdak (Rainproof Amsterdam)
	Berging plat	6	mm	
Particuliere gronden	Verhard oppervlak rijswoning	46263	m ²	
	Verhard oppervlak vrijstaande woning	4776	m ²	
Verhard	Verhard oppervlak overig particulier	35406	m ²	
	Berging	4	mm	Tegelplad (Rainproof Amsterdam)
Publieke ruimte	Afvoeringscoëfficiënt	0,8	C	Tegelplad (Rainproof Amsterdam)
	Verhard oppervlak	121535	m ²	
Berging	Berging	4	mm	Tegelplad (Rainproof Amsterdam)
	Afvoeringscoëfficiënt	0,8	C	
Riolering	POC	0,7	mm/uur	
	Berging (beschikbaar)	7	mm	Gevalideerd
Gemiddelde buisdiameter	Gemiddelde buisdiameter	0,45	m	
	Langte stelsel	9970	m	grove schatting
Particuliere gronden	Onverhard oppervlak rijswoning	46263	m ²	
	Onverhard oppervlak vrijstaande woning	9037	m ²	
Onverhard	Onverhard oppervlak overig particulier	39314	m ²	
	Berging	10	mm	
Publieke ruimte	Onverhard oppervlak	62886	m ²	
	Berging	10	mm	
Oppervlaktewater	Oppervlak	12995	m ²	
	Langte watergangen	815	m	
Water	Gemiddeld talud	2,5	m	
	Toegestane peilstijging	0,1	m	
Afwatting	Afwatting	6,6	l/s/ha	max doorstroming duiker

Uitvoergegevens				
Reservoir	Waterstroom	Waarde (m ³ /s)	Eenheid	Bron
Totaal	Totaal heveveelheid	6222,7		
	Infiltratie	49,4		
Gebouwen	Neerslaghoeveelheid schuin	901,6		
	Berging schuin	112,7		
Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid plat	297,3		
	Berging plat	149,0		
Riolering	Rioolloop	1037,2		
	Neerslaghoeveelheid	873,3		
Verhard	Berging	218,3		
	Water op straat	131,0		2,4 mm
Publieke ruimte	Afstroming (richting publieke ruimte)	698,6		
	Neerslaghoeveelheid	1944,6		
Berging	Berging toegestaan	486,1		
	Wateroverschot (op straat)	0,0		0,0 mm
Riolering	Rioolloop	2157,0		
	Wateroverschot	1,1	mm	Water op verhard oppervlak
Gemiddeld buisoppervlak	Gemiddeld buisoppervlak	2722,4		0,159
	Berging (beschikbaar)	222,9		
POC	POC	199,6		
Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid	819,9		
	Berging	557,4		
Onverhard	Neerslaghoeveelheid	1006,2		
	Berging	628,9		
Infiltratie	Infiltratie	49,4		
	Wateroverschot	662,3		5,6 mm
Oppervlaktewater	Neerslaghoeveelheid	207,9		
	Berging	1299,5		
Water	Afwatting	924,1		
	Wateroverschot	0,0		
Totaal wateropgave	Totaal wateropgave	799,3	m ³	
		2,0	mm	

Schematische Watersysteem Sterrenkwartier - Hoog				
Invoer gegevens				
Reservoir	Waterstroom	Waarde	Eenheid	Bron
Totaal oppervlak	Oppervlak	139405	m ²	
	Neerslag intensiteit	20	mm/uur	
Atmosfeer	Neerslagduur	1	uur	
	Doorlatendheid	0,01	m/dag	
Bodem	Oppervlak schuin dak	0	m ²	
	Berging (schuin)	2	mm	Pannendak (Rainproof Amsterdam)
Gebouwen	Oppervlak plat dak	24302	m ²	
	Berging (plat)	6	mm	Platdak (Rainproof Amsterdam)
Particuliere gronden	Verhard oppervlak rijswoning	0	m ²	
	Verhard oppervlak vrijstaande woning	0	m ²	
Verhard	Verhard oppervlak overig particulier	0	m ²	
	Berging	0,8	C	Tegelplad (Rainproof Amsterdam)
Publieke ruimte	Afvoeringscoëfficiënt	0,8	C	Tegelplad (Rainproof Amsterdam)
	Verhard oppervlak	50537	m ²	
Berging	Berging	4	mm	
	Afvoeringscoëfficiënt	0,8	C	Tegelplad (Rainproof Amsterdam)
Riolering	POC	0,7	mm/uur	
	Berging (beschikbaar)	7	mm	Gevalideerd
Gemiddelde buisdiameter	Gemiddelde buisdiameter	0,5	m	
	Langte stelsel	3090	m	grove schatting
Particuliere gronden	Onverhard oppervlak rijswoning	0	m ²	
	Onverhard oppervlak vrijstaande woning	0	m ²	
Onverhard	Onverhard oppervlak overig particulier	0	m ²	
	Berging	10	mm	
Publieke ruimte	Onverhard oppervlak	43981	m ²	
	Berging	10	mm	
Oppervlaktewater	Oppervlak	20865	m ²	
	Langte watergangen	1166	m	
Water	Gemiddeld talud	2,68	m	
	Toegestane peilstijging	0,1	m	
Afwatting	Afwatting	25,7	l/s/ha	

Uitvoergegevens				
Reservoir	Waterstroom	Waarde (m ³ /s)	Eenheid	Bron
Totaal	Totaal heveveelheid	2788,1		
	Infiltratie	18,3		
Gebouwen	Neerslaghoeveelheid schuin	0,0		
	Berging schuin	0,0		
Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid plat	489,0		
	Berging plat	147,0		
Riolering	Rioolloop	343,0		
	Neerslaghoeveelheid	0,0		
Verhard	Berging	0,0		
	Wateroverschot (op straat)	0,0		
Publieke ruimte	Afstroming (richting publieke ruimte)	0,0		
	Neerslaghoeveelheid	1011,1		
Berging	Berging toegestaan	202,2		
	Water op straat	202,2		4,0 mm
Riolering	Rioolloop	808,9		
	Wateroverschot	0,0		Water op verhard oppervlak
Gemiddeld buisoppervlak	Gemiddeld buisoppervlak	0,0		0,196
	Berging (beschikbaar)	975,8		
POC	POC	97,6		
Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid	0,0		
	Berging	0,0		
Onverhard	Neerslaghoeveelheid	879,9		
	Berging	439,9		
Infiltratie	Infiltratie	18,3		
	Wateroverschot	421,5		9,6 mm
Oppervlaktewater	Neerslaghoeveelheid	407,3		
	Berging door talud	2086,5		
Water	Afwatting	312,5		
	Wateroverschot	1289,8		
Totaal wateropgave	Totaal wateropgave	3152,9	m ³	
		421,5	mm	

Sterrenkwartier-Hoog heeft een overstort van 72,5m³ bij een bui van 20mm. In Sterrenkwartier-Centraal treedt bij een bui van 16mm al wateroverlast op met een rioolberging van 7mm. Na navraag te hebben gedaan bij de afdeling Water van de Gemeente Nissewaard werd bevestigd dat hier eerder sprake is van wateroverlast dan in Sterrenkwartier-Hoog.

4.2.2 Buien

Herhalingstijd (jaar)		Neerslagduur						
		10 min	30 min	1 uur	2 uur	4 uur	8 uur	12 uur
2		12	17	20	24	28	33	37
10		17-18	24-27	30-32	35-39	41-45	47-51	51-55
25		20-23	30-35	37-43	44-51	52-59	58-66	62-70
50		22-27	34-42	42-52	51-61	58-71	65-79	68-83
100		26-32	41-52	52-64	63-76	72-86	79-95	82-100
500		35-48	60-84	78-105	95-125	107-141	114-152	115-156
1000		40-57	71-104	93-104	113-155	128-174	135-187	133-191
Basisstatistiek								
Herhalingstijd (jaar)		Neerslagduur						
		0 min	10 min	30 min	1 uur	2 uur	4 uur	8 uur
2	0	12,2	16,6	20	24	28,4	33,4	36,5
10	0	17,5	25,3	31	36,8	42,8	49,1	52,9
25	0	21,3	32	39,5	46,9	54,1	61,2	65,2
50	0	24,7	38,2	47,7	56,5	64,8	72,5	76,6
100	0	28,7	45,8	57,7	68,4	78	86,2	90,2
500	0	40,8	70,4	90,7	105	112,2	117,5	119,6
1000	0	47,6	84,9	110,6	127,6	134,4	138,3	139,2

In de modelstudie wordt het bergingstekort bij drie verschillende piekbuien berekend. Om antwoord te geven op de deelvraag wordt een 79mm onderzocht. Deze 79 mm bui is de zwaarste bui die ooit in een uur is gevallen in Nederland, deze bui wordt ook wel de Herwijnenbui genoemd. Deze bui is zo zwaar dat het een herhalingstijd van ongeveer eens in de 500 jaar heeft. Omdat deze bui dus al wel eens gevallen is in Nederland wordt onderzocht wat gevolgen zijn als deze bui op het plangebied valt.

De tweede bui volgt uit de provinciale wetgeving. Volgens de overstromingsnormen uit de waterverordening van de provincie Zuid-Holland (2009) mag bebouwd gebied binnen de bebouwde kom maximaal één keer per honderd jaar overstromen (Provincie Zuid-Holland, 2009). Een passende bui is de minimale intensiteit bij een T=100 bui van één uur. Dit komt neer op een bui van 52mm.

Ter vergelijking wordt gekeken naar een iets minder zeldzame bui, maar welke nog wel erg groot is. Een T=10 bui past goed bij deze omschrijving en deze bui heeft een gemiddelde intensiteit van 31mm.

	landgebruik	Norm (jaren)	Maaiveld criterium
Bebouwde kom	Bebouwd gebied	1/100	0%
	Overig	1/50	5%
	Glastuinbouw	1/50	1%
Buiten bebouwde kom	Hoofdinfrastructuur	1//100	0%
	Glastuinbouw en hoogwaardige tuin- en landbouw	1/50	1%
	Akkerbouw	1/25	1%
	Grasland	1/10	10%

Figuur 76 overstromingsnormen volgens de waterverordening (Provincie Zuid-Holland, 2009).

4.2.3 Uitkomsten Sterrenkwartier-Hoog

T=10					T=100					T=500				
Uitvoeringsplan					Uitvoeringsplan					Uitvoeringsplan				
Rekenaar	Wateroverschot	Waterdruk p ₀ (m ³)	mm		Rekenaar	Wateroverschot	Waterdruk p ₀ (m ³)	mm		Rekenaar	Wateroverschot	Waterdruk p ₀ (m ³)	mm	
Totaal	Totaal	4322,8			Totaal	Totaal	7190,7			Totaal	Totaal	10913,9		
Bodem	Bodem	14,3			Bodem	Bodem	14,3			Bodem	Bodem	14,3		
Graswezen	Graswezen	0,0			Graswezen	Graswezen	0,0			Graswezen	Graswezen	0,0		
Neerslagoverschot schuin	Neerslagoverschot schuin	0,0			Neerslagoverschot schuin	Neerslagoverschot schuin	0,0			Neerslagoverschot schuin	Neerslagoverschot schuin	0,0		
Berging schuin	Berging schuin	0,0			Berging schuin	Berging schuin	0,0			Berging schuin	Berging schuin	0,0		
Neerslagoverschot plat	Neerslagoverschot plat	792,9			Neerslagoverschot plat	Neerslagoverschot plat	1249,6			Neerslagoverschot plat	Neerslagoverschot plat	1935,7		
Berging plat	Berging plat	147,0			Berging plat	Berging plat	147,0			Berging plat	Berging plat	147,0		
Kroonloop	Kroonloop	622,6			Kroonloop	Kroonloop	1102,6			Kroonloop	Kroonloop	1798,6		
Particuliere gronden	Particuliere gronden	Neerslagoverschot	0,0		Particuliere gronden	Neerslagoverschot	0,0			Particuliere gronden	Neerslagoverschot	0,0		
Berging	Berging	0,0			Berging	Berging	0,0			Berging	Berging	0,0		
Wateroverschot (op straat)	Wateroverschot (op straat)	0,0			Wateroverschot (op straat)	Wateroverschot (op straat)	0,0			Wateroverschot (op straat)	Wateroverschot (op straat)	0,0		
Afstromingsrichting publieke ruimte	Afstromingsrichting publieke ruimte	0,0			Afstromingsrichting publieke ruimte	Afstromingsrichting publieke ruimte	0,0			Afstromingsrichting publieke ruimte	Afstromingsrichting publieke ruimte	0,0		
Verhard	Verhard	1567,3			Verhard	Verhard	2578,4			Verhard	Verhard	3994,0		
Neerslagoverschot	Neerslagoverschot	2012,2			Neerslagoverschot	Neerslagoverschot	2012,2			Neerslagoverschot	Neerslagoverschot	2012,2		
Berging tegenbouw	Berging tegenbouw	313,5	6,2 mm		Berging tegenbouw	Berging tegenbouw	515,7	10,2 mm		Berging tegenbouw	Berging tegenbouw	798,9	15,8 mm	
Water op straat	Water op straat	1213,8			Water op straat	Water op straat	2062,7			Water op straat	Water op straat	3199,2		
Kroonloop	Kroonloop	113,2			Kroonloop	Kroonloop	313,5			Kroonloop	Kroonloop	536,6		
Wateroverschot	Wateroverschot	2,2 mm			Wateroverschot	Wateroverschot	6,2 mm			Wateroverschot	Wateroverschot	11,8 mm		
Graswezen	Graswezen	0,0			Graswezen	Graswezen	0,0			Graswezen	Graswezen	0,0		
Neerslagoverschot	Neerslagoverschot	975,8	6,2 mm		Neerslagoverschot	Neerslagoverschot	975,8	6,2 mm		Neerslagoverschot	Neerslagoverschot	975,8	6,2 mm	
Berging (beschikbaar)	Berging (beschikbaar)	97,6			Berging (beschikbaar)	Berging (beschikbaar)	97,6			Berging (beschikbaar)	Berging (beschikbaar)	97,6		
POL	POL	792,9			POL	POL	2091,9			POL	POL	3910,4		
Overstort	Overstort	0,0			Overstort	Overstort	0,0			Overstort	Overstort	0,0		
Particuliere gronden	Particuliere gronden	Neerslagoverschot	0,0		Particuliere gronden	Neerslagoverschot	0,0			Particuliere gronden	Neerslagoverschot	0,0		
Berging	Berging	0,0			Berging	Berging	0,0			Berging	Berging	0,0		
Verhard	Verhard	1567,3			Verhard	Verhard	2578,4			Verhard	Verhard	3994,0		
Neerslagoverschot	Neerslagoverschot	499,6			Neerslagoverschot	Neerslagoverschot	499,6			Neerslagoverschot	Neerslagoverschot	499,6		
Berging	Berging	38,3			Berging	Berging	38,3			Berging	Berging	38,3		
Infiltratie	Infiltratie	608,8			Infiltratie	Infiltratie	1784,9			Infiltratie	Infiltratie	3016,4		
Wateroverschot	Wateroverschot	20,6 mm			Wateroverschot	Wateroverschot	40,6 mm			Wateroverschot	Wateroverschot	62,6 mm		
Opgevoerde water	Opgevoerde water	Neerslagoverschot	0,0		Opgevoerde water	Neerslagoverschot	0,0			Opgevoerde water	Neerslagoverschot	0,0		
Berging	Berging	2012,2			Berging	Berging	2012,2			Berging	Berging	2012,2		
Neerslagoverschot	Neerslagoverschot	313,5			Neerslagoverschot	Neerslagoverschot	313,5			Neerslagoverschot	Neerslagoverschot	313,5		
Berging doorvald	Berging doorvald	1213,8			Berging doorvald	Berging doorvald	1213,8			Berging doorvald	Berging doorvald	1213,8		
Afstroming	Afstroming	0,0			Afstroming	Afstroming	0,0			Afstroming	Afstroming	0,0		
Wateroverschot	Wateroverschot	2214,5			Wateroverschot	Wateroverschot	2214,5			Wateroverschot	Wateroverschot	2214,5		
Beschikbaar bering	Beschikbaar bering	0,0			Beschikbaar bering	Beschikbaar bering	0,0			Beschikbaar bering	Beschikbaar bering	0,0		
Totaal wateropslag	Totaal wateropslag	1016,5 m ³			Totaal wateropslag	Totaal wateropslag	2098,3 m ³			Totaal wateropslag	Totaal wateropslag	5493,4 m ³		
		7,3 mm					15,1 mm					39,4 mm		

T=10; 31mm in één uur

- Wateroverschot verhard: 111,2m³; 2,2mm
- Overstort: 792,9m³
- Wateroverschot onverhard: 905,3m³; 20,6mm
- Wateroverschot oppervlaktewater: 0,0m³

Totaal: 1016,5m³; 7,3mm

T=100; 51mm in één uur

- Wateroverschot verhard: 313,5m³; 6,2mm
- Overstort: 2091,9m³
- Wateroverschot onverhard: 1784,9m³; 40,6mm
- Wateroverschot oppervlaktewater: 0,0m³

Totaal: 2098,3m³; 15,1mm

T=500; 79mm in één uur

- Wateroverschot verhard: 596,6m³; 11,8mm
- Overstort: 3910,4m³
- Wateroverschot onverhard: 3016,4m³; 20,6mm
- Wateroverschot oppervlaktewater: 1880,5m³; 92mm

Totaal: 5493,4m³; 39,4mm

Wateroverlast

<i>Sterrenkwartier-Hoog</i>			
Waterhoogte op straat	31mm	51mm	79mm
<i>Oppervlakte [m2]</i>	50557	50557	50557
<i>Wateroverschot publiek verhard [m3]</i>	111,2	313,5	596,6
<i>Overstort [m3]</i>	792,9	2091,9	3910,4
<i>Waterhoogte [mm]</i>	17,9	47,6	89,1
Rioolafvoer			
<i>Rioolafvoer [m3/uur]</i>	512,95	512,95	512,95
<i>Duur [uur]</i>	1,5	4,1	7,6
Waterafvoer	31mm	51mm	79mm
<i>Overschot [m3]</i>	0	0	1880,5
<i>Afvoer [m3/uur]</i>	924,1	924,1	924,1
<i>Uren tot peilherstel</i>	0,00	0,00	2,03
Onverhard	31mm	51mm	79mm
<i>Oppervlakte [m2]</i>	43981	43981	43981
<i>Overschot [m3]</i>	905,3	1784,9	3016,4
<i>Infiltratiecapaciteit [m/-d]</i>	0,01	0,01	0,01
<i>Dagen</i>	2,06	4,06	6,86

4.2.4 Uitkomsten Sterrenkwartier-Centraal

T=10					T=100					T=500				
Beoordeling	Uitslag	Uitslag	Water (m³)	mm	Beoordeling	Uitslag	Water (m³)	mm	Beoordeling	Uitslag	Water (m³)	mm	Beoordeling	Uitslag
Totaal	Totaal	Totaal	12052,5		Totaal	Totaal	20222,8		Totaal	Totaal	20222,8		Totaal	Totaal
Grasland	Grasland	Grasland	40,4		Grasland	Grasland	40,4		Grasland	Grasland	40,4		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	1746,9		Grasland	Grasland	1746,9		Grasland	Grasland	1746,9		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	112,7		Grasland	Grasland	112,7		Grasland	Grasland	112,7		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	709,8		Grasland	Grasland	709,8		Grasland	Grasland	709,8		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	140,5		Grasland	Grasland	140,5		Grasland	Grasland	140,5		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	2154,9		Grasland	Grasland	2154,9		Grasland	Grasland	2154,9		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	1022,2		Grasland	Grasland	1022,2		Grasland	Grasland	1022,2		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	118,7		Grasland	Grasland	118,7		Grasland	Grasland	118,7		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	246,7	5,4 mm	Grasland	Grasland	246,7	5,4 mm	Grasland	Grasland	246,7	5,4 mm	Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	110,6		Grasland	Grasland	110,6		Grasland	Grasland	110,6		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	270,7		Grasland	Grasland	270,7		Grasland	Grasland	270,7		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	486,1		Grasland	Grasland	486,1		Grasland	Grasland	486,1		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	20,7	2,2 mm	Grasland	Grasland	20,7	2,2 mm	Grasland	Grasland	20,7	2,2 mm	Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	4307,6		Grasland	Grasland	4307,6		Grasland	Grasland	4307,6		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	962,3	Water op verhard oppervlakte	Grasland	Grasland	962,3	Water op verhard oppervlakte	Grasland	Grasland	962,3	Water op verhard oppervlakte	Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	4,8 mm		Grasland	Grasland	4,8 mm		Grasland	Grasland	4,8 mm		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	2722,4	0,139	Grasland	Grasland	2722,4	0,139	Grasland	Grasland	2722,4	0,139	Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	272,2		Grasland	Grasland	272,2		Grasland	Grasland	272,2		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	307,9		Grasland	Grasland	307,9		Grasland	Grasland	307,9		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	1728,2		Grasland	Grasland	1728,2		Grasland	Grasland	1728,2		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	357,4		Grasland	Grasland	357,4		Grasland	Grasland	357,4		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	1049,3		Grasland	Grasland	1049,3		Grasland	Grasland	1049,3		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	128,9		Grasland	Grasland	128,9		Grasland	Grasland	128,9		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	49,4		Grasland	Grasland	49,4		Grasland	Grasland	49,4		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	2441,8	20,6 mm	Grasland	Grasland	2441,8	20,6 mm	Grasland	Grasland	2441,8	20,6 mm	Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	402,8		Grasland	Grasland	402,8		Grasland	Grasland	402,8		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	1298,5		Grasland	Grasland	1298,5		Grasland	Grasland	1298,5		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	104,1		Grasland	Grasland	104,1		Grasland	Grasland	104,1		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	1807,2		Grasland	Grasland	1807,2		Grasland	Grasland	1807,2		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	4811,8 m³		Grasland	Grasland	4811,8 m³		Grasland	Grasland	4811,8 m³		Grasland	Grasland
Grasland	Grasland	Grasland	12,4 mm		Grasland	Grasland	12,4 mm		Grasland	Grasland	12,4 mm		Grasland	Grasland

Figuur 77 T=100 klopt niet

T=10; 31mm in één uur

- Wateroverschot verhard: 562,1m³; 4,2mm
- Overstort: 3627,9m³
- Wateroverschot onverhard: 2441,8m³; 20,6mm
- Wateroverschot oppervlaktewater: 1807,1m³; 139mm

Totaal: 4811m³; 12,4mm

T=100; 51mm in één uur

- Wateroverschot verhard: 1266,6m³; 7,2mm
- Overstort: 8069,3m³
- Wateroverschot onverhard: 4814,4m³; 40,6mm
- Wateroverschot oppervlaktewater: 6508,5m³; 500,8mm

Totaal: 12589,4m³; 32,4mm

T=500; 79mm in één uur

- Wateroverschot verhard: 2252,8m³; 18,5mm
- Overstort: 14287,4m³
- Wateroverschot onverhard: 8136,0m³; 68,6mm
- Wateroverschot oppervlaktewater: 13090,4m³; 1007mm

Totaal: 23479,2m³; 60,4mm

Wateroverlast

Sterrenkwartier-Centraal			
Waterhoogte op straat	31mm	51mm	79mm
Oppervlakte [m2]	121535	121535	121535
Wateroverschot publiek verhard [m3]	562,1	1301,8	2252,8
Overstort [m3]	3627,9	8069,3	14287,4
Waterhoogte [mm]	34,5	77,1	136,1
Rioolafvoer			
Rioolafvoer [m3/uur]	1703,3	1703,3	1703,3
Duur [uur]	2,1	4,7	8,4
Waterafvoer			
Overschot [m3]	1807,1	6508,5	13090,4
Afvoer [m3/uur]	924,1	924,1	924,1
Uren tot peilherstel	1,96	7,04	14,17
Onverhard			
Oppervlakte [m2]	118629,4	118629,4	118629,4
Overschot [m3]	2441,8	4814,4	8136
Infiltratiecapaciteit [m/-d]	0,01	0,01	0,01
Dagen	2,06	4,06	6,86

Ruimtelijke plannen (laatste hoofdstuk)

Sterrenkwartier Hoog

Aan de hand van het bestemmingsplan van fase 1 is de rest van het gebied ingevuld volgens dezelfde oppervlakken. In onderstaande tabel zijn de effecten te zien. Vanuit de tekeningen van fase 1 blijkt dat 25% van de woningen een schuin dak krijgt. In de dimensionering van het hele deelgebied wordt deze 25% aangehouden. De overige 75% van de bebouwing zal een plat dak hebben.

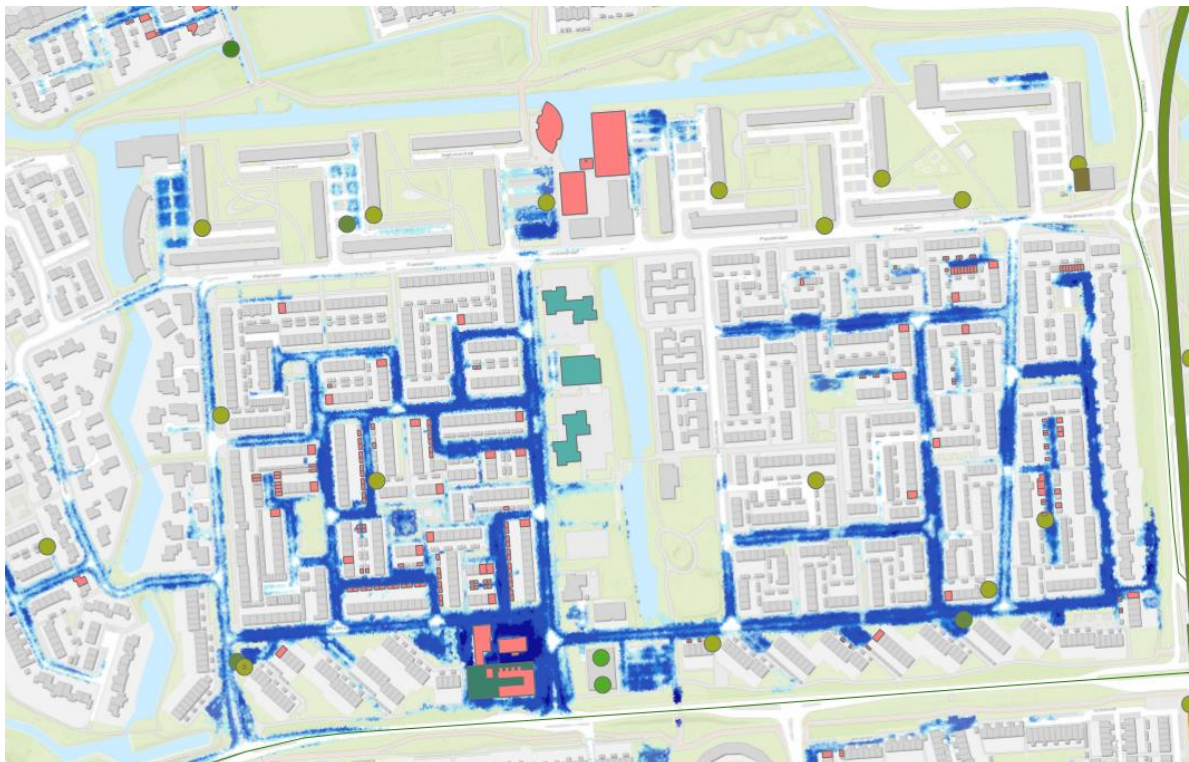
Stella Nova (Fase1)		
Oppervlakken	Fase 1 [m2]	Schatting totaal (x4) [m2]
Afname groen	4770	19080
Extra dakoppervlak	1256	5024
Afname overig verhard	554	2216
Toename particulier (50% verhard)	4067	16268

Doordat in de nieuwe situatie een hemelwaterriolering wordt aangelegd kan het water van het verhard oppervlak direct naar de watergang stromen. Hierdoor zal nauwelijks wateroverlast meer ontstaan op straat. Hierdoor zal geen verder onderzoek gedaan worden naar het bergingstekort in Sterrenkwartier-Hoog

Sterrenkwartier-Centraal

hier wordt er van uitgegaan dat er geen verandering in oppervlakteverdeling plaatsvindt. Wel neemt de rioolberging met 975,8m³ toe door het afkoppelen van Sterrenkwartier-Hoog.

4.2.5 Wateroverlastkaart 79mm bui



De waterhoogte op straat is gemiddeld al 136,1mm. Door lichte hoogteverschillen stroomt het water af naar de laagste gebieden waardoor hier grotere wateroverlast ontstaat. De panden die kwetsbaar zijn voor wateroverlast zijn in het rood aangegeven. De groene bollen zijn vitale objecten, in de meeste gevallen zijn dit gas- of elektriciteitskasten. De wateroverlast tijdens de 79mm bui is zo groot dat een tijdelijke waterlaag geaccepteerd moet worden. Het uitgangspunt is om schade te voorkomen. Het doel is om aan de overstromingsnorm uit de waterverordening te voldoen. Hierbij mag het gebied niet overstromen bij een T=100 bui

- Een groot deel van de kwetsbare panden bestaat uit schuren en garageboxen.
- Het gebied rondom het hoogspanningsstation is het meest kwetsbaar van het hele gebied. Aangezien het hoogspanningsstation vitale infrastructuur zou waterschade in dit pand kunnen leiden tot overlast van een veel groter gebied.
- De fietstunnel staat onder water.

Opvallend

- De waterhoogte op straat neemt toe naarmate zuidelijker wordt gegaan in het plangebied.
- De meest oostelijk gelegen straat, de Mercatorlaan, ondervindt een van de hoogste waterstanden, maar heeft nagenoeg geen kwetsbare panden. Alleen de garageboxen in de noordelijke aftakking van de laan ondervinden overlast.
- Veel groengebieden in het plangebied ondervinden nauwelijks wateroverlast. Dit komt overeen met de bevinding dat de groenvoorzieningen hoger in het maaiveld liggen dan de omliggende verharding.
- Het Sterrenhof staat ook aangekaart als kwetsbaar pand terwijl hier aan de hand van de waterhoogte weinig aanleiding toe lijkt.

4.3 Uitgangspunten

Neerslagmodel

- De afvoercapaciteit van de watergang in Sterrenkwartier-Centraal is 35% kleiner dan de overstortaanvoer. In de werkelijke situatie zijn er maar 2 overstorten in dit gebied hiermee zou de aanvoer uitkomen op 477m³.
- De afvoer van de riolering is gelijk aan 14mm/uur
- Door de slechte doorlatendheid duurt het dagen voordat het water geïnfiltreerd is
- Het uitgangspunt is om wateroverlast te voorkomen bij een T=100 bui en schade te voorkomen bij een 79mm bui
- Door de aanleg van een gescheiden stelsel zal de wateroverlast op straat zeer gereduceerd worden.
- Door de afkoppeling van Sterrenkwartier-Hoog ontstaat 975,8m³ rioolberging.

Bijlage 1 – Logboek neerslag

Neerslagmodel

Validatie model

Om het model te valideren moet in de huidige situatie volgens het GRP wateroverlast ontstaan bij een T=2 bui. Een T=2 bui staat gelijk aan een bui van 20mm in één uur tijd. Bij deze bui zou volgens het GRP water op straat staan en zou het rioolsysteem moeten gaan overstorten op het oppervlaktewater (Bron GRP).

Berging

De berging van de volgende oppervlakken zijn bepaald aan de hand van de afvloeingscoëfficiënt van Rainproof Amsterdam (Bron Rainproof Amsterdam)

De berging van het schuin dak is gesteld op 2mm. Dit volgt uit het afvloeingscoëfficiënt van 0,9 voor schuine daken. In dat geval blijft 10% liggen wat overeenkomt met 2mm. Het water niet afstroomt blijft in de dakgoot staan. Voor de platte daken is een berging van 6 mm gehanteerd. Dit komt overeen met een afvloeingscoëfficiënt van 0,7(=14mm) wat afgevoerd wordt naar het riool en 0,3(=6mm) wat geborgen wordt.

Het verharde oppervlak in het plangebied bestaat voornamelijk uit tegelpaden en klinkers. Hierom is de afvloeingscoëfficiënt van ‘tegelpaden’ gebruikt. Dit komt neer op een afvloeingscoëfficiënt van 0,8 en 4mm berging. Deze berging is het water wat in plassen op en tussen de verharding blijft staan en niet kan afstromen naar de riolering. Water wat bij putten blijft staan wordt hierbij dus niet meegerekend.

In het plangebied bevindt zich ook een verbeterd gemengd stelsel. De standaard gemiddelde berging van een verbeterd gemengd stelsel is 9 mm. (Bron WAMWKT). Omdat volgens het model bij een berging van 9 mm net geen wateroverlast ontstaan is de besloten de berging vast te stellen op 8mm. Op deze manier komt het model beter overeen met de beschreven dimensionering in het GRP.

De berging van de onverharde gebieden is gesteld op 10mm. Omdat er van uit gegaan wordt dat de bui in de zomer valt wordt er gerekend met een infiltratie van 5mm/dag. Al het extra water wat op het onverharde valt wordt als overlast gezien. Dit komt omdat de groenvoorzieningen in de huidige situatie bijna allemaal hoger liggen dan de omliggende verharding waardoor een teveel aan water op de onverharde oppervlakken kan leiden tot overstroming naar het verhard oppervlak. In het model is gesteld dat er geen afstroming is van verhard naar onverhard en vice versa.

Oppervlaktewater

Het oppervlaktewater mag 0,1m stijgen zonder dat hierdoor overlast wordt veroorzaakt. Naast dat de waterhoogte stijgt, worden de watergangen door de taludverhouding ook breder bij een peilstijging. Dit is berekend met behulp van het gemiddeld talud

Gemiddeld talud

Aan de hand van de legger zijn de lengte van de watergangen en het talud te bepalen. De natuurvriendelijke oevers zijn nog niet in de legger opgenomen hiervoor is een talud van 1 op 4,5 gehanteerd. Met deze gegevens is het gemiddelde talud worden bepaald.

Extra berging talud

Om een meer realistische berging van het oppervlaktewater te dimensioneren wordt het talud ook meegenomen. De extra berging die hierdoor vrijkomt is gelijk aan: $(0,5 * \text{Taludverhouding} * \text{Peilstijging} * \text{Lengte watergang}) * 2$. De 0,5 is omdat het wateroppervlak (driehoek) gelijk is aan de helft van de peilstijging maal het talud. Hierna wordt dit vermenigvuldigd met 2 omdat een watergang 2 kanten heeft. Deze som kan vereenvoudigd worden tot: $\text{Taludverhouding} * \text{Peilstijging} * \text{Lengte watergang}$.

Dimensies watergang

Om de afvoercapaciteit van de watergang te berekenen worden de gegevens uit de legger wateren en kunstwerken van het waterschap gebruikt. Bij het invullen van deze gegevens blijkt dat de breedte op de waterlijn niet overeenkomt met de werkelijkheid.

Nat oppervlak	
Bodembreedte	2,5
Diepte	1,05
Talud 1:x	2,5
Breedte talud	2,625
Lengte talud	2,827211524
Breedte waterlijn	7,75



Figuur 78 Breedte waterlijn volgens Google Maps (Google Maps, 2020).

In de werkelijkheid is de waterlijn van de watergang minstens 12m breed. Hierdoor moeten de gegevens uit de legger worden aangepast. Van de diepte wordt verwacht dat deze het meest nauwkeurig is. Om deze reden is er variatie aangebracht in de steilheid van het talud en de bodembreedte.

Nat oppervlak (aangepast)	
Bodembreedte	3,6
Diepte	1,05
Talud 1:x	4
Breedte talud	4,2
Lengte talud	4,329260907
Breedte waterlijn	12

Afvoercapaciteit noordelijke watergang

De maximale afvoercapaciteit van watergangen kan met de volgende formule worden berekend:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * s^{1/2}$$

Hierin is:

Q = Debiet [m³/s]

n = Manningcoëfficiënt [s/m^{1/3}]

A = Nat oppervlak [m²]

R = Hydraulische straal [m]

s = Verhang van de waterbodem

Manningcoëfficiënt

De Manning (ruwheid) coëfficiënt wordt gebruikt om de ruwheid van de waterbodem aan te geven. De ruwheid van de bodem is afhankelijk van het materiaal op de bodem of de begroeiing. Hoe ruwer de bodem is, des te hoger het Manningcoëfficiënt is en des te meer dit de stroomsnelheid remt. Een hogere ruwheid resulteert dus in een lager debiet. De bodem van de watergangen zijn over het algemeen licht begroeid. Voor de watergangen in het plangebied wordt een Manningcoëfficiënt van 0,03 gehanteerd. Dit is de waarde die overeen komt met de ruwheid van kort gras en representeert de lichte bodembegroeiing in de watergang het beste.

Omschrijving Chow (1959)	n-waarde (s·m ^{-1/3})		
	min	gem.	max.
Short grass	0,025	0,030	0,035
High grass	0,030	0,035	0,050
Brush (heavy weeds)	0,035	0,050	0,070
Medium to dense brush in winter	0,045	0,070	0,110

Figuur 79 Tabel met ruwheidscoëfficiënten volgens Manning (Querner & Makaske, 2012).

Nat oppervlak

Het natte oppervlak [A] of doorstroomprofiel is gelijk aan: ((Bodembreedte*diepte) + (2*0,5*Breedte talud*diepte)).

$$A = ((3,6 * 1,05) + (2 * 0,5 * 4,2 * 1,05)) = 8,19 \text{ m}^2.$$

Natte omtrek

De natte omtrek [P] is gelijk aan: Bodembreedte + Breedte waterlijn + (2*Lengte talud)

$$P = 3,6 + 12 + 8,66 = 24,26 \text{ m}$$

Hydraulische straal

De hydraulische straal [R] is gelijk aan het natte oppervlak gedeeld door de natte omtrek.

$$R = 8,19/24,26 = 0,34m$$

Verhang bodem

Volgens de legger is er geen merkbaar bodemverschil. Zowel aan het begin als einde van de watergang is de bodemhoogte -3,85m NAP. Omdat de verandering onmerkbaar klein is wordt de waarde 1:10.000 gehanteerd.

Debiet

Wanneer de formule ingevuld wordt komt daar het volgende uit:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * s^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{1}{0,33} \right) * 8,19 * 0,34^{\frac{2}{3}} * 0,0001^{\frac{1}{2}} = 1,356 m^3/s$$

Om te berekenen hoe groot het maximale afvoerdebiet is per seconde per hectare wordt de oppervlakte van het totale plangebied in hectare genomen en gedeeld door het debiet.

$$\frac{1,356}{52,8325} = 0,0257 = 25,7l/s/ha$$

Voor het afwaterend oppervlak van de noordelijke watergang is het gehele plangebied genomen ook al zit dit in de werkelijkheid anders. In de echte situatie verzorgt de noordelijke watergang (van dit plangebied) ook de afwatering van omliggende gebieden. Daartegenover staat dat niet het hele plangebied afwatert op de noordelijke watergang. Om deze reden is besloten dat de oppervlakte van het gehele plangebied een goed uitgangspunt is om de maximale afvoercapaciteit te berekenen. Tijdens een standaardsituatie wordt er uit gegaan van een afwatering van 1,5/l/s/ha.

Bevinding

Zoals te zien in de onderstaande verificatie is er bij 18mm nog geen sprake van overstort. Wanneer de intensiteit wordt verhoogd tot 20mm is er sprake van een significante overstort. Dit komt theoretisch gezien overeen met de werkelijke situatie en de dimensionering volgens het GRP waarbij er eens in de 2 jaar wateroverlast ontstaat

Schematisering Watersysteem Sterrenkwartier-Hoog				
		Invoergegevens		
Reservoir	Waterstroom	Waarde	Enheid	Bron
Totaaloppervlak	Oppervlak	139405 m ²		
Atmosfeer	Neerslag intensiteit	18 mm/uur		
	Neerslagduur	1 uur		
Bodem	Doorlatendheid	0,05 m/dag		Zomer
Gebouwen	Kwiel	0 m ²		
	Oppervlak schuin dak	2 m ²		Pannendak (Rainproof Amsterdam)
	Oppervlak plat dak	24502 m ²		
	Berging (plat)	6 mm		Platdak (Rainproof Amsterdam)
Particuliere gronden	Verhard oppervlak rijtswoning	0 m ²		
	Verhard oppervlak vrijstaande woning	0 m ²		
	Verhard oppervlak overig particulier	0 m ²		
	Berging	4 mm		
Verhard	Abtloeiingscoëfficiënt	0,8 C		Tegelpad (Rainproof Amsterdam)
	Verhard oppervlak	50557 m ²		
	Berging	4 mm		Verkeren
	Abtloeiingscoëfficiënt	0,8 C		Tegelpad (Rainproof Amsterdam)
Riolering	POC	0,7 m ³ /uur		
	Berging	8 mm		(bijgesteld)Verbetor gemengd
	Gemiddelde buisdiameter	0,5 m		
	Longe stelsel	3050 m		grote schakeling
Particuliere gronden	Onverhard oppervlak rijtswoning	0 m ²		
	Onverhard oppervlak vrijstaande woning	0 m ²		
	Onverhard oppervlak overig particulier	0 m ²		
	Berging	10 mm		
Onverhard	Verhard oppervlak	43981 m ²		
	Berging	10 mm		
Oppervlaktwater	Oppervlak	20365 m		
	Longe watergangen	1166 m		
	Gemiddeld talud	2,68 m		Verwerkt dit in de berekening
	Toegestane peilstijging	0,1 m		
Water	Ontwatering	m ³ /uur		
	Afwatering	1,5 l/s/ha		

Schematisering Watersysteem Sterrenkwartier-Hoog				
		Invoergegevens		
Reservoir	Waterstroom	Waarde	Enheid	Bron
Totaaloppervlak	Oppervlak	139405 m ²		
Atmosfeer	Neerslag intensiteit	20 mm/uur		
	Neerslagduur	1 uur		
Bodem	Doorlatendheid	0,05 m/dag		Zomer
Gebouwen	Kwiel	0 m ²		
	Oppervlak schuin dak	2 m ²		Pannendak (Rainproof Amsterdam)
	Oppervlak plat dak	24502 m ²		
	Berging (plat)	6 mm		Platdak (Rainproof Amsterdam)
Particuliere gronden	Verhard oppervlak rijtswoning	0 m ²		
	Verhard oppervlak vrijstaande woning	0 m ²		
	Verhard oppervlak overig particulier	0 m ²		
	Berging	4 mm		
Verhard	Abtloeiingscoëfficiënt	0,8 C		Tegelpad (Rainproof Amsterdam)
	Verhard oppervlak	50557 m ²		
	Berging	4 mm		Verkeren
	Abtloeiingscoëfficiënt	0,8 C		Tegelpad (Rainproof Amsterdam)
Riolering	POC	0,7 m ³ /uur		
	Berging	8 mm		(bijgesteld)Verbetor gemengd
	Gemiddelde buisdiameter	0,5 m		
	Longe stelsel	3050 m		grote schakeling
Particuliere gronden	Onverhard oppervlak rijtswoning	0 m ²		
	Onverhard oppervlak vrijstaande woning	0 m ²		
	Onverhard oppervlak overig particulier	0 m ²		
	Berging	10 mm		
Onverhard	Verhard oppervlak	43981 m ²		
	Berging	10 mm		
Oppervlaktwater	Oppervlak	20365 m		
	Longe watergangen	1166 m		
	Gemiddeld talud	2,68 m		Verwerkt dit in de berekening
	Toegestane peilstijging	0,1 m		
Water	Ontwatering	m ³ /uur		
	Afwatering	1,5 l/s/ha		

Schematisering Watersysteem Sterrenkwartier-Hoog				
		Uitvoergegevens		
Reservoir	Waterstroom	Waarde (m ³)	m ²	Bron
Totaal	Totale hoeveelheid	2509,3		
Bodem	Infiltratie	91,6		Verkeren
	Kwiel	0,0		
	Neerslaghoeveelheid schuin	0,0		
	Berging schuin	0,0		
Gebouwen	Neerslaghoeveelheid plat	441,0		
	Berging Plat	147,0		
	Rioolloop	294,0		
	Neerslaghoeveelheid	0,0		
Particuliere gronden	Berging toegestaan	0,0		
	Wateroverschot (op straat)	0,0		
	Abstroming (richting publieke ruimte)	0,0		
	Neerslaghoeveelheid	916,0		
Verhard	Berging toegestaan	202,2		
	Water op straat	182,0		
	Rioolloop	728,0		
	Wateroverschot	182,0		Water op verhard oppervlak
Riolering	Gemiddeld buisoppervlak	1115,2	0,196	Uitgegaan 8mm berging
	Berging	97,6		
	POC	97,6		
	Overstort	4,4		
Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid	0,0		
	Berging	0,0		
	Neerslaghoeveelheid	791,7		
	Berging	439,8		
Onverhard	Infiltratie	91,6		
	Wateroverschot	260,2		
	Wateroverschot	5,9 mm		
Oppervlaktwater	Neerslaghoeveelheid	366,6		
	Berging	2036,5		
	Ontwatering	312,5		
	Berging door talud	75,3		
Water	Afwatering	75,3		
	Wateroverschot	1740,8		
Totale wateropgave		442,2 m ³		Oppervlaktwater niet meegenomen
		9,2 mm		

Schematisering Watersysteem Sterrenkwartier-Hoog				
		Uitvoergegevens		
Reservoir	Waterstroom	Waarde (m ³)	m ²	Bron
Totaal	Totale hoeveelheid	2781,1		
Bodem	Infiltratie	91,6		Verkeren
	Kwiel	0,0		
	Neerslaghoeveelheid schuin	0,0		
	Berging schuin	0,0		
Gebouwen	Neerslaghoeveelheid plat	490,0		
	Berging Plat	147,0		
	Rioolloop	343,0		
	Neerslaghoeveelheid	0,0		
Particuliere gronden	Berging toegestaan	0,0		
	Wateroverschot (op straat)	0,0		
	Abstroming (richting publieke ruimte)	0,0		
	Neerslaghoeveelheid	1011,1		
Verhard	Berging toegestaan	202,2		
	Water op straat	202,2		
	Rioolloop	808,9		
	Wateroverschot	202,2		Water op verhard oppervlak
Riolering	Gemiddeld buisoppervlak	1115,2	0,196	Uitgegaan 8mm berging
	Berging	97,6		
	POC	97,6		
	Overstort	134,1		
Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid	0,0		
	Berging	0,0		
	Neerslaghoeveelheid	879,6		
	Berging	439,8		
Onverhard	Infiltratie	91,6		
	Wateroverschot	348,2		
	Wateroverschot	7,9 mm		
Oppervlaktwater	Neerslaghoeveelheid	407,3		
	Berging	2036,5		
	Ontwatering	312,5		
	Berging door talud	75,3		
Water	Afwatering	75,3		
	Wateroverschot	1570,2		
Totale wateropgave		550,4 m ³		Oppervlaktwater niet meegenomen
		9,9 mm		

Validatie Sterrenkwartier-Centraal

Wanneer de eerder beschreven waarden worden toegepast op het model van Sterrenkwartier-Centraal blijkt dat in dit gebied al wateroverlast optreedt bij een 15mm bui. Dit komt redelijk overeen met de werkelijkheid omdat in dit gebied sneller wateroverlast is dan in Sterrenkwartier-Hoog. Na navraag te hebben gedaan bij de afdeling Water van de Gemeente Nissewaard werd bevestigd dat hier eerder sprake is van een keer per jaar wateroverlast dan eens in de twee jaar.

Schematisering Watersysteem Sterrenkwartier- Centraal						
Invoergegevens						
Reservoir	Waterstroom	Waarde	Eenheid	Bron		
Totaaloppervlak	Oppervlak	388920	m²			
Atmosfeer	Neerslag intensiteit	15	mm/uur			
	Neerslagduur	1	uur			
Bodem	Doorlatendheid	0,05	m/dag			
	Kwel	0,05	m/dag			
Verhard	Gebouwen	Oppervlak schuin dak	56348	m²		
		Berging schuin	2	mm		
		Oppervlak plat dak	24833	m²		
		Berging plat	6	mm		
	Particuliere gronden	Verhard oppervlak rijtjeswoning	46263	m²		
		Verhard oppervlak vrijstaande woning	4776	m²		
		Verhard oppervlak overig particulier	3540,6	m²		
		Berging	4	mm		
	Publieke ruimte	Afvloeiingscoëfficiënt	0,8	C		
		Verhard oppervlak	121535	m²		
		Berging	2	mm	Verifiëren	
		Afvloeiingscoëfficiënt	0,8	C		
		Riolering	POC	0,7	mm/uur	
	Berging		8	mm	Verbeter gemengd (WAMWKT)	
Gemiddelde buisdiameter	0,45		m			
Lengte stelsel	9970		m	grove schatting		
Onverhard	Particuliere gronden	Onverhard oppervlak rijtjeswoning	46263	m²		
		Onverhard oppervlak vrijstaande woning	9087	m²		
		Onverhard oppervlak overige particulier	393,4	m²		
		Berging	10	mm		
	Publieke ruimte	Onverhard oppervlak	62886	m²		
Water	Oppervlaktewater	Berging	10	mm		
		Oppervlak	12995	m²		
		Lengte watergangen	815	m		
		Gemiddeld talud	2,5	m		
		Toegestane peilstijging	0,1	m		
		Ontwatering	m3/uur			
		Afwatering	1,16	l/s/ha	max doorstr duiker	
Uitvoergegevens						
Reservoir	Waterstroom	Waarde [m³]	m²	Bron		
Totaal	Totale hoeveelheid	5833,8				
Bodem	Infiltratie	247,1				
	Kwel	810,3		Verifiëren		
Verhard	Gebouwen	Neerslaghoeveelheid schuin	845,2			
		Berging schuin	112,7			
		Neerslaghoeveelheid plat	372,5			
		Berging Plat	149,0			
		Rioolinloop	956,0			
	Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid	818,7			
		Berging	218,3			
		Wateroverschot (op straat)	-54,6			
		Afstroming (richting publieke ruimte)	655,0			
	Publieke ruimte	Neerslaghoeveelheid	1823,0			
		Berging toegestaan	243,1			
		Wateroverschot (op straat)	121,5			
		Rioolinloop	2113,4			
	Wateroverschot		67,0		Water op verhard oppervlak	
			0,6	mm		
	Riolering	Gemiddeld buisoppervlak		0,159		
		Berging	3111,4			
		POC	272,2			
		Overstort		230,3		
Onverhard	Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid	836,2			
		Berging	557,4			
	Publieke ruimte	Neerslaghoeveelheid	943,3			
		Berging	628,9			
		Infiltratie	247,1			
Wateroverschot		346,0	0,003			
Water	Oppervlaktewater	Neerslaghoeveelheid	194,9			
		Berging	1299,5			
		Ontwatering				
		Afwatering	162,4			
		Wateroverschot		0,0		
Beschikbare berging		1036,7				
		Totale wateropgave	413,0	m³		
			1,1	mm		

Afvoer

Zoals beschreven in de gebiedsanalyse is de circulatie in de singel niet op orde. Hierom is het van belang om een indicatie te krijgen van de huidige afvoercapaciteit.

Singel

De stalen duiker heeft een diameter van 0,3m. dit komt neer op een oppervlak van $(0,15^2 \cdot \pi) = 0,0225 \text{ m}^2$. In het meest gunstige geval stroomt tijdens een hevige bui het water met een snelheid van 1m/s door de duiker heen. Dit zou neerkomen op een debiet van $0,0225 \text{ m}^3$ per seconde.

Wanneer 50% van Sterrenkwartier-Centraal zou afstromen op de singel zou dit neerkomen op een afvoer van $((0,0225 \cdot 1000) / (38,89/2) =) 1,16 \text{ l/s/ha}$. Zelfs onder zeer gunstige afvoeromstandigheden voldoet de singel niet aan de minimale afvoernorm.

n (gietijzer):	0,0143
A=	0,0225 m ²
R=	0,024 m
s =	1:10.000

Invullen in de Manningformule geeft $Q = 0,00123 \text{ m}^3/\text{s}$. Dit is gelijk aan 1,23 l/s. Als alleen het groengebied van Sterrenkwartier-centraal van 53343 m² afwatert op de singel betekent dit een afvoer van 0,23 l/s/ha en is hiermee zwaar ondermaats.

Westelijke watergang

De westelijke watergang is aan de noordkant afgesloten en heeft een geknepen afvoer van 1,5m breed met een talud van 1:1.

Waarden Manningformule:

n (kort gras):	0,030
A:	1,5 m ²
R:	0,3
s:	1:10.000

Wanneer dit wordt ingevuld in de formule van Manning geeft dit $Q=0,0225 \text{ m}^3/\text{s}$. Als dit omgerekend wordt naar l/s/ha met een oppervlak van 50% van het plangebied geeft dit 11,6 l/s/ha.

Gemiddeld:

De singel heeft een oppervlak van 5762 m² (46%) en de westelijke watergang heeft een oppervlak van 7233 m² (56%). Het gemiddelde komt hierbij uit op 6,6 l/s/ha.

Voor de maximale afvoerwaarde wordt de aanname gemaakt dat dit 5 l/s/ha is.

Discussie

Wateroverlast

Er is een dunne scheidingslijn tussen berging op straat en wateroverlast. De berging op straat is puur het water dat niet kan afstromen naar de riolering door oneffenheden in het straatprofiel.

Wateroverlast is het water dat wel de mogelijkheid heeft om afstromen naar de riolering, maar dit niet kan omdat de riolering vol is.

Peilstijging

In werkelijkheid zal de peilstijging hoger zijn omdat veel groengebieden afstromen op de watergang. Ook is de extra berging van het talud niet overal waar omdat bij grote delen van de watergang kadebescherming is aangebracht waardoor het peil in een meer rechte lijn stijgt.

Toekomstige situatie

Om een robuust watersysteem te ontwerpen dient niet alleen een berekening gemaakt te worden van de publieke gronden, maar dienen ook de publieke terreinen te worden meegenomen omdat water kan zich niet laat tegenhouden door een perceelgrens.

Hemelwater riolering

In Sterrenkwartier zal een gescheiden stelsel worden aangelegd waardoor al het water direct naar de watergang gevoerd zal worden. Het voordeel hiervan is dat DWA niet meer kan overstorten in het oppervlaktewater. Ook zal minder snel water op straat staan omdat de HWA veel minder snel overbelast is. Het nadeel is dat er een deel (buis)berging niet meer beschikbaar is en als er geen aanvullende berging wordt gerealiseerd het oppervlaktewater dus sneller stijgt.

Verbindende watergang Noord

Discussie

Afstroming particuliere gronden

in het model is er van uit gegaan dat het teveel aan water op particuliere gronden allemaal afstroomt naar de publieke ruimte. In de echte situatie blijft vaak het water op het particuliere terrein staan

Huidig bergingstekort

Nu het huidige model is geverifieerd kunnen er modelstudies worden gedaan naar de bergingstekorten die optreden bij een gegeven bui. Een van de deelvragen van dit onderzoek is *“Hoe groot is het bergingstekort tijdens een bui van 79mm in één uur?”* Deze 79 mm bui is de zwaarste bui die ooit in een uur is gevallen in Nederland, deze bui wordt ook wel de Herwijnenbui genoemd. Deze bui is zo zwaar dat zo’n bui ongeveer eens in de 500 jaar voorkomt.

Volgens de overstromingsnormen uit de waterverordening van de provincie Zuid-Holland (2009) mag bebouwd gebied binnen de bebouwde kom maximaal één keer per honderd jaar overstromen (Provincie Zuid-Holland, 2009). Als dit voor regionale watergangen geldt is het logisch dat dit ook voor neerslag geldt. Een passende bui is de minimale intensiteit bij een T=100 bui van één uur. Dit komt neer op een bui van 52mm.

Als laatste wordt gekeken naar een iets minder zeldzame bui, maar welke nog wel erg groot is. Een T=10 bui past goed bij deze omschrijving en deze bui heeft een gemiddelde intensiteit van 31mm.

	landgebruik	Norm (jaren)	Maaiveld criterium
Bebouwde kom	Bebouwd gebied	1/100	0%
	Overig	1/50	5%
	Glastuinbouw	1/50	1%
Buiten bebouwde kom	Hoofdinfrastructuur	1//100	0%
	Glastuinbouw en hoogwaardige tuin- en landbouw	1/50	1%
	Akkerbouw	1/25	1%
	Grasland	1/10	10%

Figuur 80 overstromingsnormen volgens de waterverordening (Provincie Zuid-Holland, 2009).

79mm bui

Ter beantwoording van de deelvraag wordt de 79mm bui extra uitgelicht.

Sterrenkwartier-Centraal

Schematisering Watersysteem Sterrenkwartier- Centraal						
Invoergegevens						
Reservoir		Waterstroom	Waarde	Eenheid	Bron	
	Totaaloppervlak	Oppervlak	388920	m²		
Atmosfeer		Neerslag intensiteit	79	mm/uur		
		Neerslagduur	1	uur		
Bodem		Doorlatendheid	0,05	m/dag		
		Kwel	0,05	m/dag		
Verhard	Gebouwen	Oppervlak schuin dak	56348	m²		
		Berging schuin	2	mm		
		Oppervlak plat dak	24833	m²		
		Berging plat	6	mm		
	Particuliere gronden	Verhard oppervlak rijtjeswoning	46263	m²		
		Verhard oppervlak vrijstaande woning	4776	m²		
		Verhard oppervlak overig particulier	3540,6	m²		
		Berging	4	mm		
	Publieke ruimte	Afvloeiingscoëfficiënt	0,8	C		
		Verhard oppervlak	121535	m²		
		Berging	2	mm		Verifiëren
		Afvloeiingscoëfficiënt	0,8	C		
	Riolering	POC	0,7	mm/uur		
		Berging	8	mm		Verbeter gemengd (WAMWKT)
Gemiddelde buisdiameter		0,45	m			
Lengte stelsel		9970	m		grove schatting	
Onverhard	Particuliere gronden	Onverhard oppervlak rijtjeswoning	46263	m²		
		Onverhard oppervlak vrijstaande woning	9087	m²		
		Onverhard oppervlak overige particulier	393,4	m²		
		Berging	10	mm		
	Publieke ruimte	Onverhard oppervlak	62886	m²		
Water	Oppervlaktewater	Berging	10	mm		
		Oppervlak	12995	m²		
		Lengte watergangen	815	m		
		Gemiddeld talud	2,5	m		
		Toegestane peilstijging	0,1	m		
		Ontwatering		m³/uur		
		Afwatering	6,6	l/s/ha		max doorstroming duiker
Uitvoergegevens						
Reservoir		Waterstroom	Waarde [m³]	m²	Bron	
Verhard	Totaal	Totale hoeveelheid	30724,7			
	Bodem	Infiltratie	247,1			
		Kwel	810,3			Verifiëren
	Gebouwen	Neerslaghoeveelheid schuin	4451,5			
		Berging schuin	112,7			
		Neerslaghoeveelheid plat	1961,8			
		Berging Plat	149,0			
		Rioolinloop	6151,6			
	Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid	4311,8			
		Berging	218,3			
		Wateroverschot (op straat)	644,0		11,8	mm
		Afstroming (richting publieke ruimte)	3449,4			
	Publieke ruimte	Neerslaghoeveelheid	9601,3			
		Berging toegestaan	243,1			
		Wateroverschot (op straat)	1677,2		13,8	mm
		Rioolinloop	11130,4			
			Wateroverschot	2321,2		Water op verhard oppervlak
				13,2	mm	
	Riolering	Gemiddeld buisoppervlak			0,159	
		Berging	3111,4			
		POC	272,2			
			Overstort	13898,4		
Onverhard	Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid	4403,7			
		Berging	557,4			3846,3
	Publieke ruimte	Neerslaghoeveelheid	4968,0			
		Berging	628,9			4339,1
			Infiltratie	247,1		
			Wateroverschot	7938,3	0,067	8185,4
Water	Oppervlaktewater	Neerslaghoeveelheid	1026,6			
		Berging	1299,5			
		Ontwatering				
		Afwatering	924,1			
				Wateroverschot	12701,5	
		Totale wateropgave	22961,0	m³		
			59,0	mm		

Verhard

Als de riooloverstort niet wordt meegenomen is er 2321,2 m³ bergingstekort wat gelijk is aan 13,2mm water wat niet afgevoerd kan worden door de riolering. Van dit overschot bevindt 644m³ (11,8 mm) zich op particulier terrein en 1677,2 m³ (13,8 mm) zich op publiek terrein.

Riolering

Er is 14287,4 m³ water wat via de riolering afgevoerd moet worden. Waar dit water vandaan komt en hoeveel dit bijdraagt aan het probleem is in onderstaande tabel te zien.

<i>Sterrenkwartier-Centraal</i>		
Rioolinloop		
<i>Oppervlak</i>	<i>Volume[m3]</i>	<i>Percentage</i>
Daken	6151,6	35,6
Particulier	3449,4	20,0
Publiek	7681	44,4
Totaal	17282	100,0
Berging	2722,4	15,8
POC	272,2	1,6
Overstort	14287,4	82,7

Dit water kan niet allemaal direct overstorten omdat de rioolcapaciteit bij zulke grote buien te klein is waardoor wateroverlast ontstaat in de publiek verhard terrein. Het overschot aan water leidt tot een gemiddelde waterstand van $((14287,4/121535) * 1000 =) 117,5\text{mm}$. Als het wateroverschot wat niet kan afstromen naar het riool hierbij wordt gerekend ontstaat een waterstand van $(117,5+11,8)=129,3\text{mm}$.

De afvoer via de overstort wordt als volgt berekend:

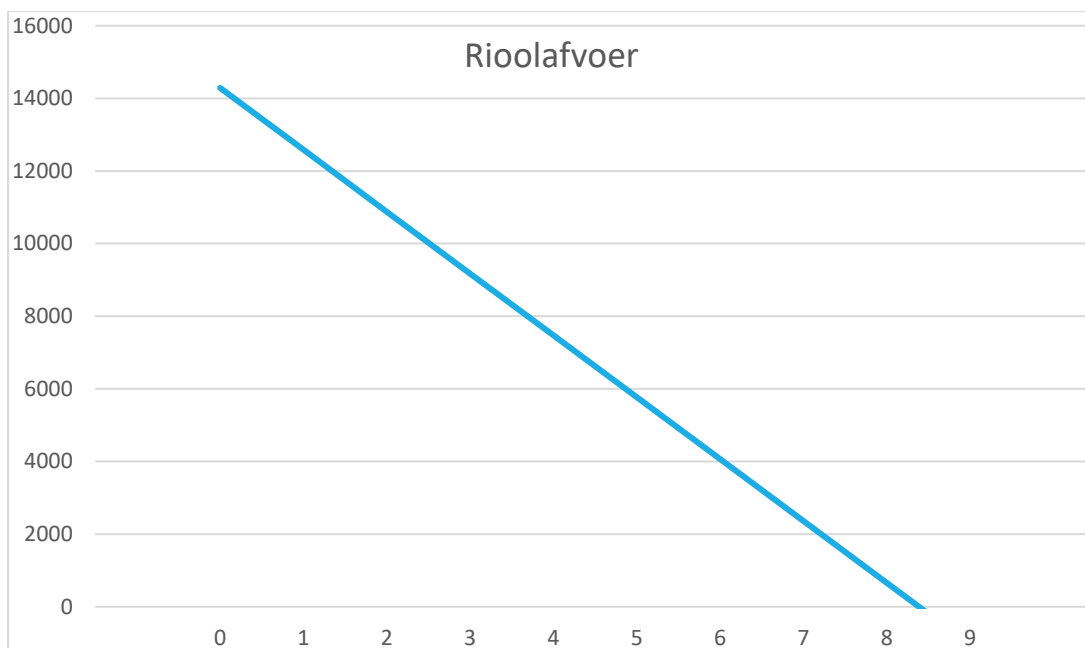
De overstortbuizen hebben een diameter van 0,6m. Het buisoppervlak wordt berekend door het kwadraat van de straal te vermenigvuldigen met Pi wat uitkomt op 0,09 m². Wanneer ervan uit wordt gegaan dat het water met 1m/s overstort is het overstortdebiet gelijk aan 0,09 m³/s. Dit betekent dat een enkele overstortbuis 324 m³ per uur overstort.

Er zijn 6 overstorten in het plangebied welke volgens het GRP allemaal op gelijke hoogte liggen (-2,50 NAP). Vier van deze overstorten bevinden zich in Sterrenkwartier-Hoog en 2 in Sterrenkwartier-Centraal. Om een goede indicatie te krijgen van het overstortdebiet moet het totale overstortdebiet van het plangebied worden gedeeld door het totaaloppervlak in hectares. Op deze manier kan het overstortdebiet per hectare worden berekend en ontstaat er een beter beeld van het totale overstortdebiet. Het overstortdebiet per hectare is:

$$Q = \left(\frac{\text{overstortdebiet} * \text{seconden} * \text{aantal overstorten}}{\text{totaaloppervlak (ha)}} \right) * \text{oppervlak deelgebied (ha)}$$

$$Q = \left(\frac{0,09 * 3600 * 6}{52,8325} \right) * 38,8920 = 1431,1 \text{ m}^3/\text{uur}$$

Als de pompovercapaciteit (POC) van 272,2 m³/uur hierbij wordt opgeteld komt dit neer op een afvoer van 1703,3 m³/uur. Met deze afvoer zou het ongeveer 8,5 uur duren om al het water van straat af te voeren.



Onverhard.

Het onverhard oppervlak kent een bergingstekort van 8136m^3 . Dit bergingstekort is de neerslaghoeveelheid min de natuurlijke berging en de infiltratie. Met een ongehinderde infiltratie van $0,01\text{m/dag}$ zou het overschot binnen pas na 6,86 dagen zijn geïnfiltreerd. Hierdoor is het verstandig om aanvullende drainage aan te leggen onder of om de groenvoorziening.

Oppervlaktewater

Het oppervlaktewater heeft een bergingstekort van $13090,4\text{ m}^3$. Het oppervlaktewater moet naast het water wat op dit oppervlak valt ook het overstortwater vanuit de riolering opvangen. In de huidige situatie is berekend dat de gemiddelde afvoer $6,6\text{ l/s/ha}$ is. De afwatering op de singel is slechts die van het centrale groengebied. De westelijke watergang heeft een aangesloten oppervlak van $0,5^*$ Sterrenkwartier-Centraal. De gemiddelde afvoer komt hiermee neer op $924,1\text{ m}^3/\text{uur}$. Deze afvoer is 64,6% van het overstortdebiet.

Conclusie

- Verhard: $117,5\text{mm}$ op publiek verhard. Het duurt ongeveer 8,5 uur voordat al het overtollige water is afgevoerd via de riolering.
- Afvoer riolering: $1703,3\text{m}^3/\text{uur}$
- Afvoer oppervlaktewater: $924,1\text{ m}^3/\text{uur}$. Hiermee is deze te klein voor de aanvoer vanuit het riool.

Sterrenkwartier-Hoog

Schematisering Watersysteem Sterrenkwartier-Hoog				
Invoergegevens				
Reservoir	Waterstroom	Waarde	Eenheid	Bron
Totaaloppervlak	Oppervlak	139405	m ²	
Atmosfeer	Neerslag intensiteit	79	mm/uur	
	Neerslagduur	1	uur	
Bodem	Doorlatendheid	0,05	m/dag	
	Kwel	0	m/dag	Zomer
Gebouwen	Oppervlak schuin dak	0	m ²	
	Berging (schuin)	2	mm	Pannendak (Rainproof Amsterdam)
	Oppervlak plat dak	24502	m ²	
	Berging (plat)	6	mm	Platdak (Rainproof Amsterdam)
Particuliere gronden	Verhard oppervlak rijtjeswoning	0	m ²	
	Verhard oppervlak vrijstaande woning	0	m ²	
	Verhard oppervlak overig particulier	0	m ²	
	Berging	4	mm	
	Afvoeiingscoëfficiënt	0,8	C	Tegelpad (Rainproof Amsterdam)
Publieke ruimte	Verhard oppervlak	50557	m ²	
	Berging	4	mm	Verifiëren
	Afvoeiingscoëfficiënt	0,8	C	Tegelpad (Rainproof Amsterdam)
Riolering	POC	0,7	mm/uur	
	Berging	8	mm	(bijgesteld)Verbeter gemengd
	Gemiddelde buisdiameter	0,5	m	
	Lengte stelsel	3050	m	grove schatting
Onverhard	Particuliere gronden	Onverhard oppervlak rijtjeswoning	0	m ²
		Onverhard oppervlak vrijstaande woning	0	m ²
		Onverhard oppervlak overige particulier	0	m ²
		Berging	10	mm
	Publieke ruimte	Onverhard oppervlak	43981	m ²
Water		Berging	10	mm
	Oppervlaktewater	Oppervlak	20365	m
		Lengte watergangen	1166	m
		Gemiddeld talud	2,68	m
		Toegestane peilstijging	0,1	m
		Ontwatering		m ³ /uur
		Afwatering	25,7	l/s/ha
Uitvoergegevens				
Reservoir	Waterstroom	Waarde [m ³]	m ²	Bron
Totaal	Totale hoeveelheid	11013,0		
Bodem	Infiltratie	91,6		
	Kwel	0,0		Verifiëren
Gebouwen	Neerslaghoeveelheid schuin	0,0		
	Berging schuin	0,0		
	Neerslaghoeveelheid plat	1935,7		
	Berging Plat	147,0		
	Rioolinloop	1788,6		
Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid	0,0		
	Berging	0,0		
	Wateroverschot (op straat)	0,0		
	Afstroming (richting publieke ruimte)	0,0		
	Publieke ruimte	Neerslaghoeveelheid	3994,0	
Verhard		Berging toegestaan	202,2	
		Water op straat	798,8	
		Rioolinloop	3195,2	
		Wateroverschot	596,6	Water op verhard oppervlak
			11,8	mm
Riolering	Gemiddeld buisoppervlak		0,196	
	Berging	1115,2		Uitgegaan 8mm berging
	POC	97,6		
Overstort		3771,0		
Onverhard	Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid	0,0	
		Berging	0,0	
	Publieke ruimte	Neerslaghoeveelheid	3474,5	
		Berging	439,8	
		Infiltratie	91,6	
Water		Wateroverschot	2943,1	
			66,9	mm
	Oppervlaktewater	Neerslaghoeveelheid	1608,8	
		Berging	2036,5	
		Ontwatering		
		Berging door talud	312,5	
		Afwatering	1289,8	
		Wateroverschot	2053,6	Max 0
		Beschikbare berging	0,0	
Totale wateropgave		5593,2	m ³	
		40,1	mm	

Verhard

Als de riooloverstort niet wordt meegenomen is er 596,6 m³ bergingstekort wat gelijk is aan 11,8mm water wat niet afgevoerd kan worden door de riolering. In de huidige situatie bevindt al dit water zich in de openbare ruimte.

Riolering

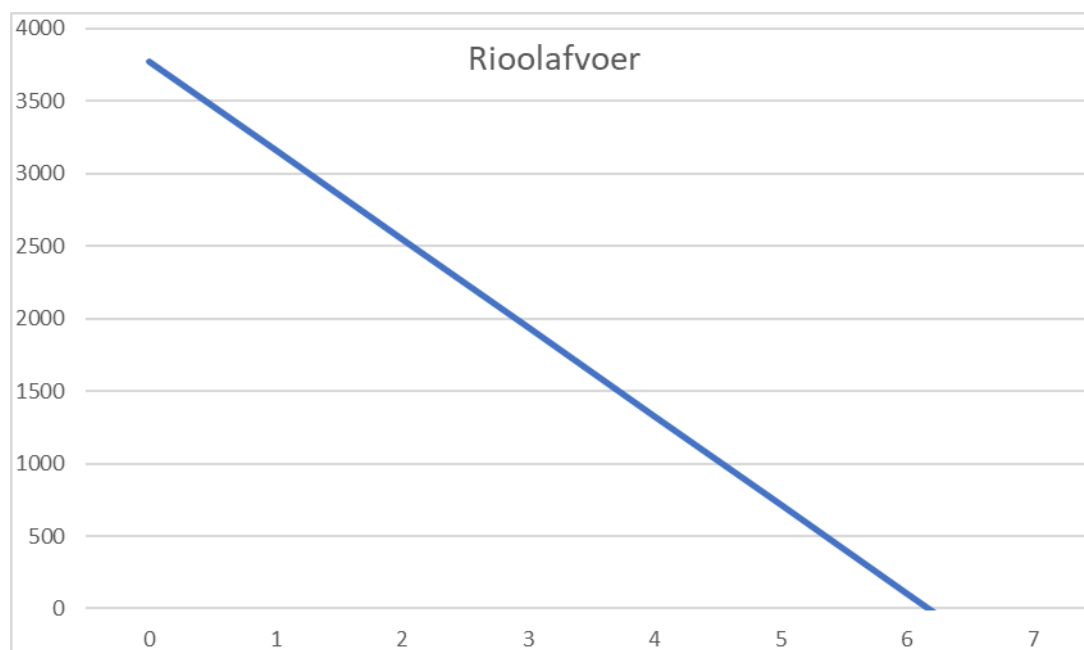
Sterrenkwartier-Hoog		
Rioolinloop		
<i>Oppervlak</i>	<i>Volume[m3]</i>	<i>Percentage</i>
Daken	1788,6	35,9
Particulier		0,0
Publiek	3195,2	64,1
Totaal	4983,8	100,0
Berging	975,8	19,6
POC	97,6	2,0
Overstort	3910,4	78,5

Het overstortvolume tijdens een 79mm bui is 3910,4 m³. Dit resulteert in een waterstand van $(3910,4/50557*1000=)$ 77,3mm op publiek verhard. Als het wateroverschot wat niet kan afstromen naar het riool hierbij wordt gerekend ontstaat een waterstand van $(77,3+11,8=)$ 89.1mm.

Afvoer

$$Q = \left(\frac{0,09*3600*6}{52,8325} \right) * 13,9405 = 512,95 \text{ m}^3/\text{uur}$$

Als de POC hierbij wordt opgeteld is er een afvoerdebiet van 610,55 m³/uur. Hiermee zou het iets langer dan 6 uur duren voordat al het water van straat is.



Onverhard

Het onverhard oppervlak kent een bergingstekort van 2943,1 m³. Dit bergingstekort is de

neerslaghoeveelheid min de natuurlijke berging en de infiltratie. Met een ongehinderde infiltratie van 0,05m/dag zou het overschot na 32,1 uur zijn geïnfiltreerd.

Oppervlaktewater

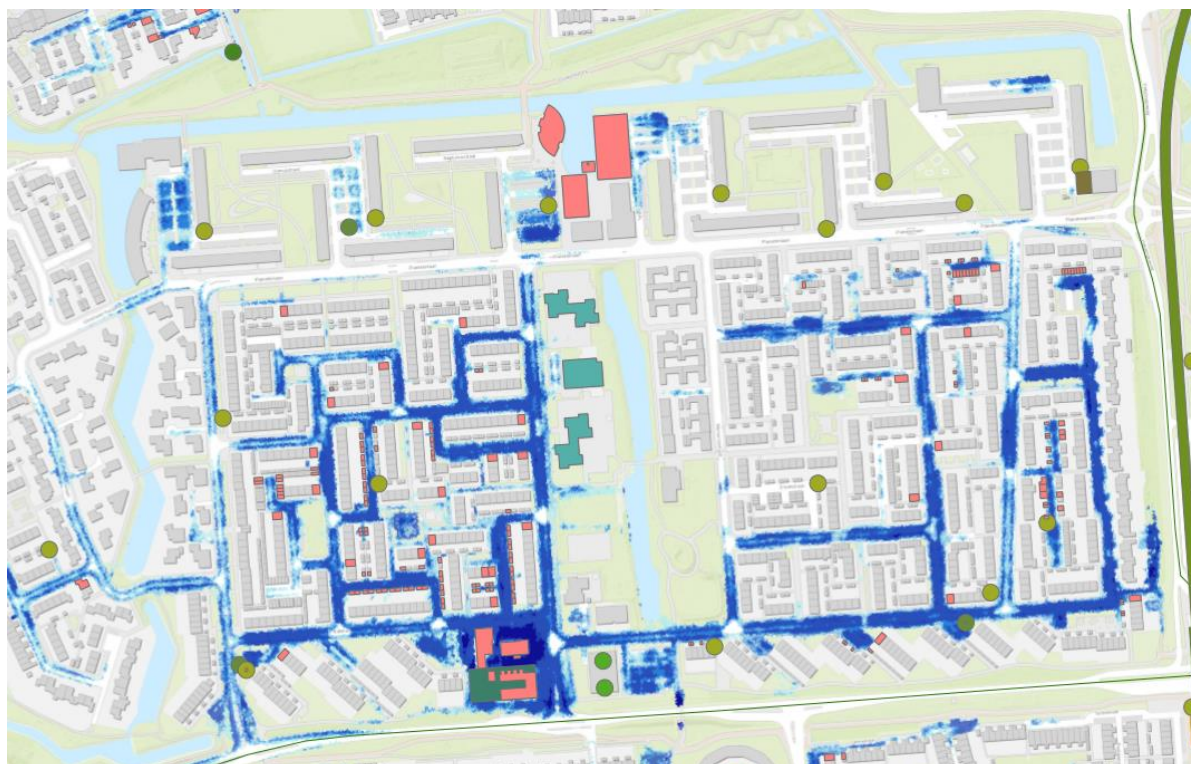
Er is een bergingstekort van 2053,6 m³. Van het inkomende water komt 1608,8 m³ direct via de neerslag in de watergang en 3771 m³ vanuit de riolering. De berging van de watergangen bedraagt 2036,5 m³ plus de extra berging in het talud van 312,5 m³. Deze berging in het talud wordt in dit model meegerekend omdat de watergang weinig harde kades heeft en er natuurvriendelijke oevers aanwezig zijn. De afvoer bedraagt 1289,8 m³/uur. De afwatering van de watergangen is 2,5 keer zo groot dan de (overstort) aanvoer vanuit de riolering.

Bijlage 7 - Variantenstudie

In het begin van het hoofdstuk worden de probleemlocaties beschreven aan de hand van de hemelwaterstresstest. Hierna zullen de randvoorwaarden en eisen waaraan de maatregelen moeten voldoen om een robuust systeem te creëren. Voor de maatregelen zal worden een globaal overzicht gegeven van de toepassing, de effecten en de kosten. De kosten zijn gebaseerd op kentallen en hierin zijn alle kosten verwerkt van planning tot aanleg.

5.1 Probleemlocaties

De uitwerking van de probleemlocaties is te vinden **in paragraaf 5.6.1**

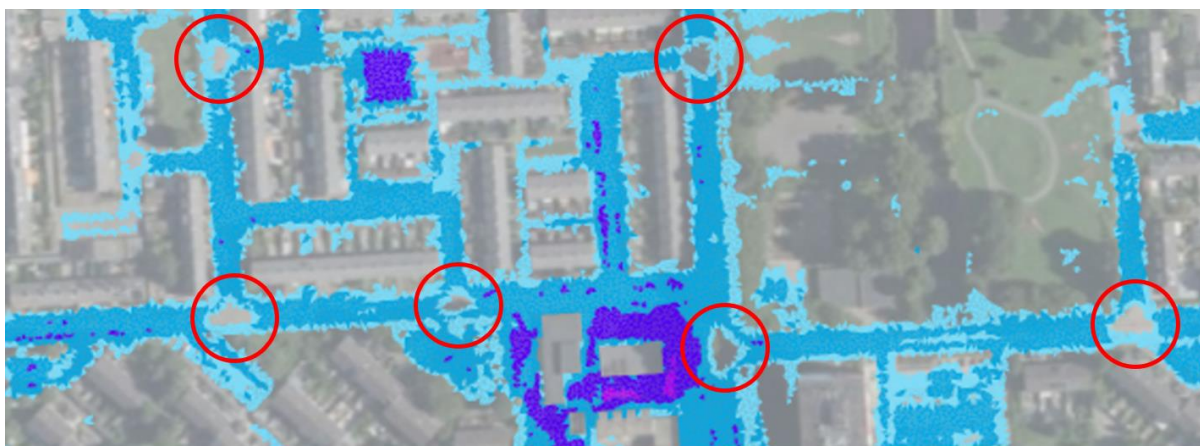


5.1.1 Uitleg kaart

De rode gebouwen op de kaart zijn de panden die waterschade kunnen ondervinden tijdens de maatgevende 79mm bui. De groene bollen zijn vitale objecten, in de meeste gevallen zijn dit gas- of elektriciteitskasten. Door lichte hoogteverschillen ontstaan op sommige plekken grote waterproblemen.

5.1.3 Analyse overlastkaart

- De waterhoogte op straat neemt toe naarmate zuidelijker wordt gegaan in het plangebied.
- Veel groengebieden in het plangebied ondervinden nauwelijks wateroverlast. Dit komt overeen met de bevinding dat de groenvoorzieningen hoger in het maaiveld liggen dan de omliggende verharding.
- Het Sterrenhof staat ook aangekaart als kwetsbaar pand terwijl hier aan de hand van de waterhoogte geen aanleiding toe lijkt.
- De verhoogde kruisingen blijven droog.



Kwetsbaarheden

- Een groot deel van de kwetsbare panden bestaat uit schuren en garageboxen.
- Het gebied rondom het hoogspanningsstation is het meest kwetsbaar van het hele gebied. Aangezien het hoogspanningsstation vitale infrastructuur zou waterschade in dit pand kunnen leiden tot overlast van een veel groter gebied.
- De fietstunnel staat onder water.

Er zijn een aantal straten waarin veel panden risico lopen op waterschade. Deze straten zijn:

- Antaresstraat
- Betelgeuzestraat
- Keplerhof
- Keplerlaan (meest noordelijke zijstraat)
- Melkwegplein
- Mercatorlaan (meest noordelijke zijstraat)
- Meteorenstraat
- Spicastraat
- Zonstraat

De wateroverlast tijdens de 79mm bui is zo groot dat een tijdelijke waterlaag geaccepteerd moet worden. Het uitgangspunt tijdens deze bij is om schade te voorkomen. Het doel is om aan de overstromingsnorm uit de waterverordening te voldoen. Hierdoor mag geen water op straat staan na een T=100 bui.

5.2 Strategie, Randvoorwaarde en Eisen

5.2.1 Strategie

De strategie om de doorstroming te verbeteren is door de problematische knelpunten in het gebied aan te pakken. De doorstroming van de secundaire watergangen moet minstens worden verdubbeld.

De strategie om het bergingstekort op te lossen is om het water zo veel mogelijk naar gebieden te leiden waar het water geen geborgen en (vertraagd) afgevoerd kan worden. De onverharde gebieden en het oppervlaktewater lenen zich uitstekend om het water naar toe te geleiden. Hierdoor zal het water wat in deze reservoirs terecht komt niet langer als overschot worden gezien. Door de aanleg van het gescheiden stelsel in Sterrenkwartier-Hoog wordt hier geen verdiepend onderzoek gedaan naar het resterende bergingstekort. De opgestelde maatregelen kunnen echter ook in Sterrenkwartier-Hoog toegepast worden.

Wateroverlast wordt bij deze gedefinieerd als al het water na de bui (1 uur) nog op het verharde gebied overblijft. Hierdoor mag de afvoercapaciteit van 1 uur van het verharde oppervlak gehaald worden.

5.2.2 Randvoorwaarden, Eisen en Wensen

Randvoorwaarden

- Door het gescheiden stelsel in Sterrenkwartier-Hoog wordt er aangenomen dat er geen wateroverlast meer is op straat.
- Er mag geen wateroverlast plaatsvinden na een T=100 bui van één uur.
- De verversing van de singel moet minimaal worden verdubbeld.
- Het groene karakter van het gebied moet worden behouden en waar mogelijk versterkt.
- De rioolberging in Sterrenkwartier-Centraal toe.

Eisen

- Er moet een nieuwe verbinding worden gelegd aan de noordkant van de singel.
- De maatregelen leveren meerwaarde aan het gebied

Wensen

- Riooloverstorten sluiten in slecht doorstromende watergangen.
- Verbeteren ecologische waarden

Resterend wateroverschot Sterrenkwartier-Centraal

T=100; 51mm in één uur

- Wateroverschot verhard: 1266,6m³; 10,7mm
- Overstort (na 1 uur): 7638 – 1431,1 = 6206,9m³; 51,1mm
- Totaal resterend: 7473,5m³

5.3 Must do maatregelen

De 'Must do' maatregelen moeten ongeacht de variant worden toegepast, omdat deze maatregelen de robuustheid van het watersysteem significant vergroten.

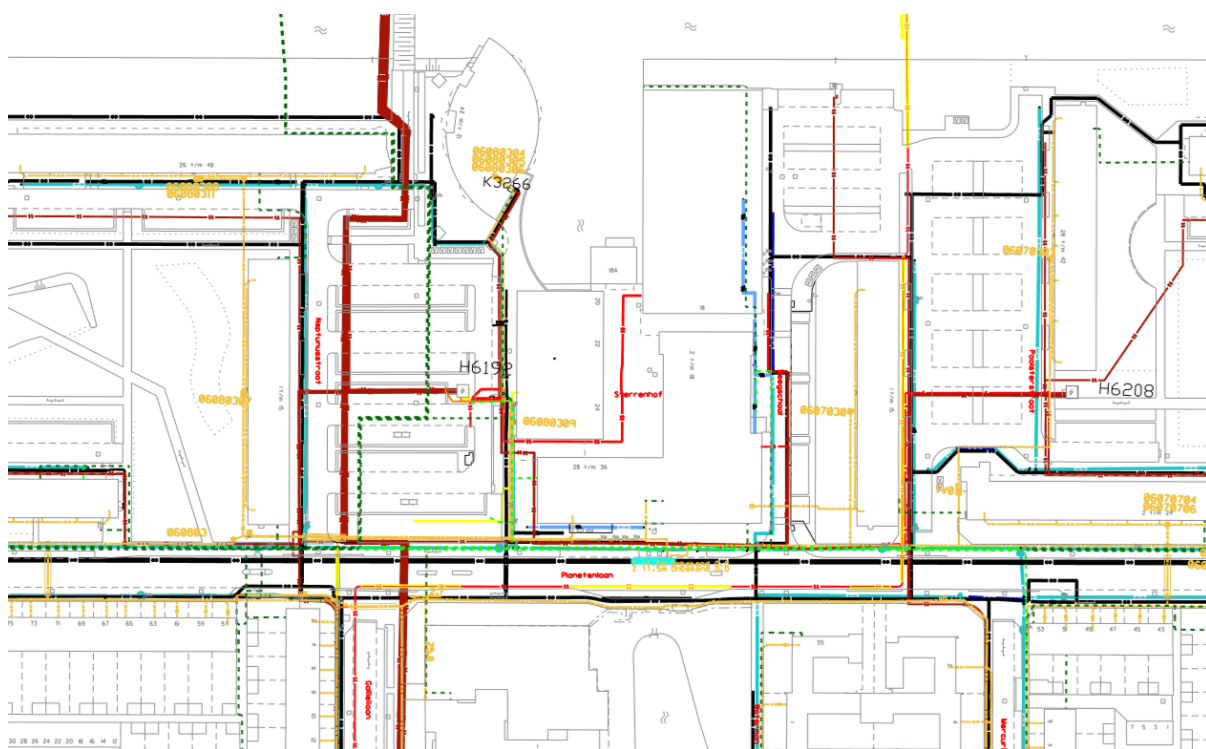
5.3.1 Open waterverbinding singel

Uit de analyse is gebleken dat de duiker die de singel met de noordelijke watergang verbindt een belangrijke probleemfactor is. De vernieuwing van Sterrenkwartier-Hoog en de vervanging van de Planetenlaan maakt het ruimtelijk mogelijk om een open waterverbinding aan te leggen. Hiermee kan gelijk worden voldaan aan de compensatie eis van het waterschap. Op deze manier kan de compensatie mee worden genomen in het ruimtelijk ontwerp en kan het water extra ruimtelijke waarde geven aan het nieuwe woongebied.

Een open verbinding zal de circulatie in de watergang bevorderen waardoor de waterkwaliteit verbeterd zal worden. Ook zal de singel ecologische een stuk verbeterd worden doordat vissen weer ongehinderd de singel kunnen bereiken en zal het makkelijker te onderhouden zijn.

Toepassing

Aan de westzijde loopt een belangrijke hoogspanningskabel en staat een elektriciteitshuisje. Aan de oostzijde ligt de persleiding van het verversingsgemaal. Omdat het verversingsgemaal niet meer nodig zal zijn bij een open zuidelijke verbinding hoeft dit geen obstakel te zijn. Ook de gasleidingen (zwart) zullen verwijderd kunnen worden aangezien het nieuwe Sterrenkwartier-Hoog gasloos zal worden opgeleverd.

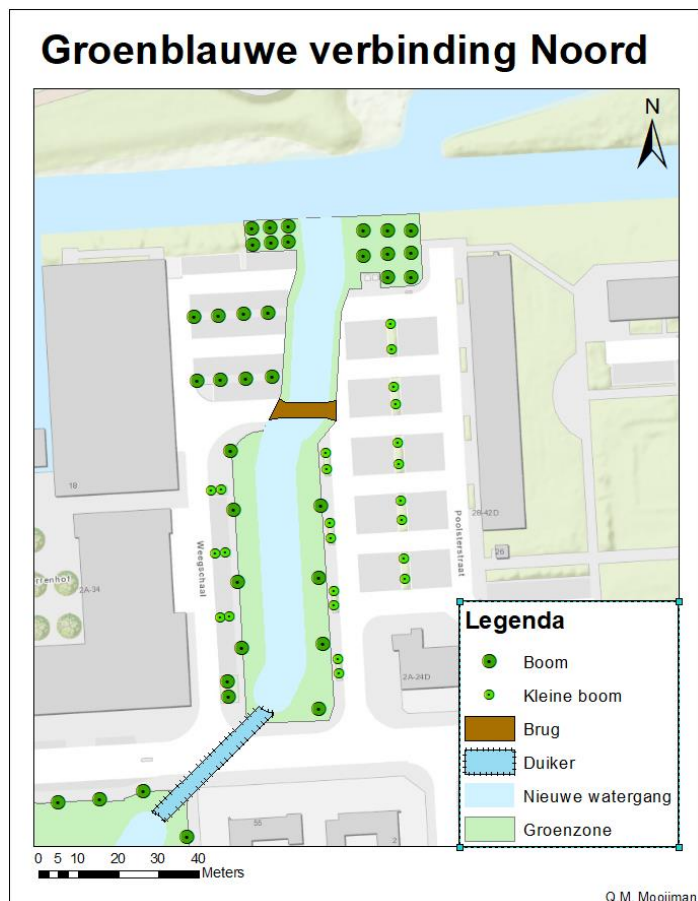


Toename oppervlaktewater: 1262 m²

Afname gebouwen: 740 m²

Afname publiek verhard: 522 m²

Omdat voor de nieuwe watergang ook groengebied afgegraven moet worden is het uitgangspunt dat het groenoppervlak minimaal gelijk blijft. De kwaliteit van de toekomstige groene ruimte kan daarentegen verbeterd worden. Waar het nu voornamelijk uit gras bestaat kan er ook voor gekozen worden om meer variatie in beplanting aan te brengen. Op deze manier kan er meerwaarde worden gecreëerd aan het plangebied.



Effect

- + Doorstroming
- + Groen
- + Ecologie

Kosten:

Graven watergang (€5,10/m ⁻¹):	€6.500,-
Beschoeiing:	€25.750,-
Duiker (400x120) 37m:	€150.000,-
Brug:	€165.000,-
Totaal:	€347.250,-

Beheer en onderhoud

Door de open verbinding kan de problematische duiker buiten werking gesteld worden. De nieuwe verbinding is veel makkelijker te onderhouden. Door de open verbinding hoeven geen noodmaatregelen meer genomen te worden om de vissen te redden.

5.3.2 Herstellen doorstroming watergang Hydrapad

De duiker onder de Christiaan Huygenslaan bij het Hydrapad is afgesloten en wordt doorgespoeld

met een verversingsgemaal. De duiker is afgesloten zodat de rioleringsverbinding tussen Sterrenkwartier-West en Hoog kon worden aangelegd. Dit kan door een brede duiker te plaatsen waardoor het verversingsgemaal overbodig wordt.

Toepassing

Om geen inbreuk te doen op de rioolontsluiting van Sterrenkwartier-West kan deze maatregel het best worden gedaan wanneer Sterrenkwartier-West wordt afgekoppeld.

Effect

- + Doorstroming
- + Duurzaam

Kosten

Duiker (400x120) 22m: €90.000

5.3.3 Verlagen onverhard gebied

In de huidige situatie is er nauwelijks afstroming naar groen of wateroppervlak waardoor veel berging onbenut blijft. Tijdens tijden van (hevige) neerslag is het wenselijk dat het water van het verharde oppervlak richting het onverharde oppervlak kan afvloeien zodat het hier geborgen kan worden en langzaam kan infiltreren.

Toepassing

De verlaging van de onverharde gebieden is afhankelijk van het af te koppelen oppervlak. Wanneer het volledige onverharde gebied 100mm lager wordt aangelegd dan het omliggende gebied. In Sterrenkwartier-Centraal is 62886m² publiek onverhard groen aanwezig waardoor een theoretische berging van 6288,2m³ mogelijk is.

Effect

- + Berging

Kosten

Afvoer grond per m³: €6.90

Afvoer 6288,2m³: €43.400,-

5.3.4 Oppervlakkige afstroming

Door oppervlakkige afstroming mogelijk te maken kan het water via het straatprofiel naar de verlaagde groengebieden stromen. Om vervuiling tegen te gaan kunnen er helofytenfilters worden ingezet die het water voorzuiveren. Tijdens het realiseren van deze maatregel moet er ook voor worden gezorgd dat het water juist niet meer kan afstromen naar de kwetsbare locaties door verhogingen aan te brengen.

Toepassing

Het groengebied kan ingezet worden om grote delen van de wijk af te koppelen. Omdat het groengebied hoger ligt dan het omliggend wegprofiel moeten er aanvullende maatregelen genomen worden om het water richting in singel te krijgen. Een voorwaarde is dat het straatoppervlak wordt afgekoppeld van de gemengde riolering.

- 1) Het terrein wordt op sommige plaatsen verlaagd. Door een geulen of krekken in het groengebied te realiseren en een doorstroom vanaf het straatprofiel mogelijk te maken kan het water het groengebied instromen. In het groengebied kunnen voorzieningen worden getroffen om voorzuivering mogelijk te maken.
- 2) Het water kan worden verzameld in putten waarna een leiding het naar de gewenste locatie voert. Omdat de meeste putten relatief diep liggen t.o.v. maaiveld zal de afvoer waarschijnlijk direct in het oppervlaktewater terecht komen. Hierbij kan waarschijnlijk geen voorzuivering plaatsvinden.



Figuur 81 Afstroom vanaf verhard mogelijk maken ('s-Hertogenbosch, s.d.).

De voorzuivering moet een plek worden waar het water zich verzameld alvorens het in het oppervlaktewater terecht komt. Door hier gebruik te maken van helofytenfilters kan een aandeel ongewenste stoffen uit het water gehaald worden.

Probleemlocaties:

De omgeving rondom het hoogspanningsstation en de fietstunnel moeten worden beschermd omdat dit de laagste punten zijn in het gebied. Door de grenzen van het perceel verhoogd aan te leggen kan het water van deze locaties worden afgeleid.

De extra berging die door deze maatregel wordt gecreëerd is geschat op 2mm voor het publiek verhard terrein. $12.1535 * 0,002 = 243,1\text{m}^3$

Kosten

Als de werkzaamheden volgens de normale herbestratingscyclus worden uitgevoerd zijn de stroomgoten meerkosten. De voorzuiveringslocaties kunnen worden gerealiseerd tijdens de uitvoer van de groenblauwe verbinding.

5.4 Varianten

In deze paragraaf worden drie mogelijke varianten beschreven voor het verbeteren van het watersysteem.

5.4.1 Groenblauwe verbinding

In deze variant de singel zowel aan de noordkant als aan de zuidkant verbonden met andere watergangen zodat een natuurlijke doorstroming wordt gerealiseerd. Langs de watergang wordt de groenstructuur versterkt.

Om een zuidelijke verbinding te maken zijn er verschillende uitdagingen met infrastructuur, kabels- en leidingen en de beschikbaarheid van ruimte. Om een horizontale verbinding te realiseren moet aan de westzijde hoogspanningsstation met een zeer hoge dichtheid aan elektriciteitskabels worden gepasseerd of het metrostation aan de oostzijde. Omdat de beschikbare ruimte hiernaast s zeer beperkt is, is het bijna onmogelijk om een horizontale waterverbinding te realiseren.

Zuidwaarts liggen er wel kansen. De watergang kan via een groengebied in wijk de Akkers worden verbonden met een secundaire watergang. Om dit te bereiken moet de Heemraadlaan worden gepasseerd, dit kan op twee manieren:

- De eerste optie is om de het traject te volgen van het huidige fietspad waarbij de huidige fietstunnel gebruikt wordt om de Heemraadlaan te passeren.
- De tweede optie is om een nieuw traject te graven parallel aan het fietspad waarbij er ook een nieuwe duiker moet worden aangelegd om de Heemraadlaan te passeren.

De eerste optie heeft als grootste nadeel dat het schadelijk is voor de mobiliteit. De fietstunnel geeft een snelle verbinding tussen het Sterrenkwartier en de Akkers. De tweede optie heeft als grootste nadeel dat er nieuwe ruimte moet worden vrijgemaakt en een nieuwe duiker onder de Heemraadlaan moet worden aangelegd.

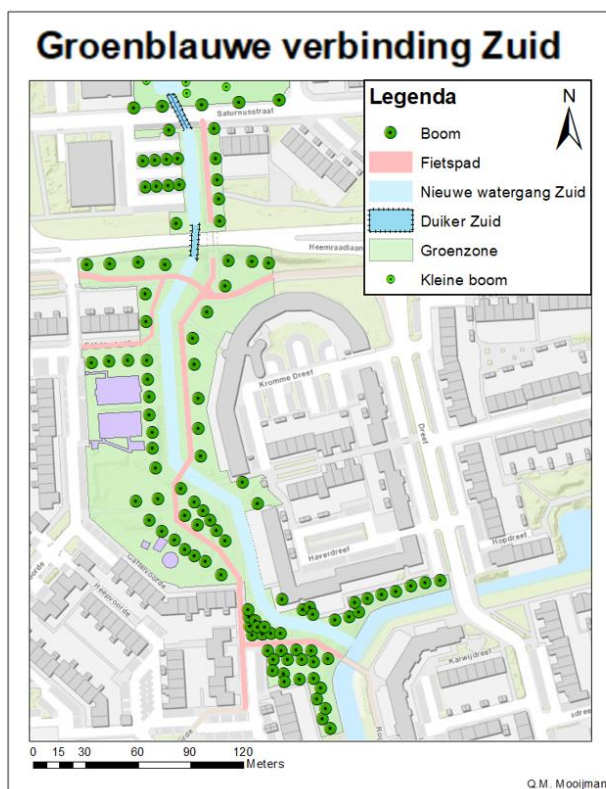
Bij het verbinden van de watergangen zal de groen/blauwe structuur tussen het Sterrenkwartier en de Akkers weer enigszins worden hersteld zoals dit ooit de bedoeling was. Deze maatregel heeft positieve effecten op de circulatie en ecologie.

Toepassing

Het tracé van het huidige fietspad is het laagste punt in de omgeving en het ligt tevens centraal in het gebied. Dit maakt dat het traject van het huidige fietspad ruimtelijk de meest ideale locatie is voor de nieuwe watergang. Hierdoor moet het fietspad worden omgelegd.

- Het oppervlak aan fietspad blijft gelijk in de nieuwe situatie.
- De toename aan oppervlaktewater is 2325 m².
- Het publiek verhard oppervlak neemt af met 377 m².
- Het groenoppervlak neemt af met 1948 m².

Bijna alle omliggende bebouwing in het nieuwe projectgebied is in corporatiebezit. Hiermee is de wooncorporatie een goede partner om te betrekken in het project.



Effecten

- + Er wordt een natuurlijke doorstroming gerealiseerd
- + Positief effect voor het watersysteem in de Akkers.
- + De groenstructuur kan worden versterkt
- + De verbinding heeft een positief effect op ecologie.
- Hindernissen Heemraadlaan
- Project is buiten het huidige plangebied.

Toename Berging:

Watergang: $232,5\text{m}^2 - 19,5\text{m}^2 = 213\text{m}^3$

Duikers: $= 16,4\text{m}^3$

Totaal: $= 229,4\text{m}^3$

Kosten:

Graven watergang ($\text{€}5,10\text{m}^{-1}$):	€10.000,-
Duiker 1 (400x120) 19m:	€80.000,-
Duiker 2 (400x120) 22m:	€90.000,-
Beschoeiing ($\text{€}70, -\text{m}^{-1}$):	€64.000,-
Fietspad ($\text{€}44, -/\text{m}^{-2}$):	€45.000,-
Totaal:	€289.000,-

Beheer en onderhoud

Het gebied zal minder beheer en onderhoud nodig hebben. Doordat de doorstroming toeneemt zal er minder snel een sliblaag gevormd worden. Het verversingsgemaal wordt ook uit beheer genomen. Deze maatregel heeft ook positieve invloed op het beheer en onderhoud van het watersysteem in de Akkers.

5.4.2 Huidige situatie versmallen

De ruimtelijke situatie van In het plangebied blijft nagenoeg gelijk, maar de functionaliteit wordt wel versterkt. Op dit moment is de pompcapaciteit veel te klein voor de grote singel. Om te zorgen dat Het debiet omhoog gaat moet ofwel de pompcapaciteit worden vergroot of de watergang worden versmald.

Toepassing

Gelet op de duurzaamheid en robuustheid van het watersysteem is versmallen de betere optie. Wel zal het verloren wateroppervlak moeten worden gecompenseerd. De compensatie van het verloren wateroppervlak zou deels kunnen worden gerealiseerd door de watergang (licht) te laten meanderen en door aanvullende bergende maatregelen te nemen.

Zo zou een deel van de kade kunnen worden afgegraven zodat deze gemakkelijk overloopt (extra berging) tijdens extreme buien. Om een peilstijging mogelijk te maken zijn aanvullende maatregelen nodig. Zo moet er een beweegbare stuw worden geplaatst die alleen omhoog komt als het nodig is en er moet een grote aanvoer van hemelwater zijn vanuit het omliggende gebied.

Effecten

- + Ruimtelijke ingrepen blijven geconcentreerd binnen het gebied.
- + Bestaande voorzieningen kunnen worden hergebruikt
- + De watergang wordt onderhoudsvriendelijker
- Het moet doorgespoeld blijven worden (energiekosten).
- Versmalling moet gecompenseerd worden.
- Om aan de compensatieplicht te voldoen moeten meer ingewikkelde ingrepen worden gedaan.

Kosten:

Demping watergang (€9,60,-/m³): €31.000,-
wanneer grond uit het plangebied wordt gebruikt kost dit €28.000

Beheer en onderhoud

Door het versmallen van de watergang zal er iets minder bladafval in de watergang terecht. In combinatie met de verbeterde doorstroming zal er minder snel een sliblaag ontstaan. Door de mechanische doorspoeling van het watersysteem zal het verversingsgemaal moeten blijven beheerd.

5.4.3 Functiewijziging: Groen

Door de jaren heen is de singel steeds meer afgesloten komen te liggen, met alle gevolgen van dien. Om een goede circulatie te bereiken zullen hoe dan ook ingrijpende maatregelen genomen moeten worden. Het is de overweging waard of het realistisch is om zoveel geld en energie te steken om een afgesloten watergang weer stromend te krijgen. Om deze reden zou de gemeente ook kunnen besluiten de singel in zijn geheel of grotendeels te dempen zodat het gebied een andere functie kan krijgen.

Toepassing

Het gebied kan bijvoorbeeld worden ingericht als een mooi waterbergend park waar veel meer groen kan worden aangepoot dan dat nu kan. Door grote delen van het park verlaagd aan te leggen kan het gebied worden ingezet als waterberging tijdens piekbuien. Een voorwaarde is wel dat de drainage van het gebied er niet op achteruit gaat.



Effecten

- + Er zijn geen circulatieproblemen meer
- + Er ontstaat meer ruimte voor een mooie gebiedsinrichting.
- + Het gebied kan ingezet worden als waterberging
- Grote compensatieplicht.
- Wellicht nadelige effecten op grondwater.

Kosten

Demping watergang (€9,60,-/m³): €62.000,-
wanneer grond uit het plangebied wordt gebuikt kost dit €28.000,-

Beheer en onderhoud

Er is geen watergang meer die onderhouden hoeft te worden. Wel dient de berging schoon gemaakt te worden na een aantal buien door achterblijven afval en zal de afvoercapaciteit regelmatig gecontroleerd moeten worden.

5.2. Multicriteria Analyse (MCA)

Per variant is gekeken wat voor impact de maatregel heeft op de opgestelde criteria ten opzichte van de huidige situatie. De score loopt uit van 1 (verslechterd zeer) tot 5 (Ruime verbetering). De variant met de hoogste score is volgens de MCA de beste optie om toe te passen. **In de bijlagen staat een nadere toelichting op de score.**

Categorie	Criteria	Groenblauwe verbinding	Groenblauwe verbinding fietspad	Functiewijziging: Groen	Huidige situatie versmallen
Effectiviteit	Berging	3	3	3	4
	Doorstroming	5	5	3	4
	Grondwater	3	3	2	3
	Verkoeling	4	4	5	3
Duurzaamheid	Aanleg	2	3	3	3
	Energieverbruik	4	4	4	3
	Robuustheid	5	5	3	2
Beleving	Groen	4	4	5	3
	Sociaal	3	3	4	3
	Ecologisch	4	4	4	3
	Esthetiek	4	4	4	3
	Veiligheid	3	1	3	2
	Impact omgeving	2	1	2	4
Totaal		3,54	3,38	3,46	3,08

Omdat niet iedere criteria even zwaar meeweegt in de keuze van de variant zijn wegingscriteria toegepast. Er zijn wegingscriteria toegepast op de categorieën en op de criteria. De meest belangrijke criteria van dit onderzoek hebben de zwaarste wegingen gekregen.

Weging	Categorie	Criteria	Groenblauwe verbinding	Groenblauwe verbinding fietspad	Functiewijziging: Groen	Huidige situatie versmallen
50%	Effectiviteit	30% Berging	0,9	0,9	0,9	1,2
		40% Doorstroming	2	2	1,2	1,6
		15% Grondwater	0,45	0,45	0,3	0,45
		15% Verkoeling	0,6	0,6	0,75	0,45
			3,95	3,95	3,15	3,7
20%	Duurzaamheid	30% Aanleg	0,6	0,9	0,9	0,9
		10% Energieverbruik	0,4	0,4	0,4	0,3
		60% Robuustheid	3	3	1,8	1,2
			4	4,3	3,1	2,4
30%	Beleving	20% Groen	0,8	0,8	1	0,6
		10% Sociaal	0,3	0,3	0,4	0,3
		20% Ecologisch	0,8	0,8	0,8	0,6
		20% Esthetiek	0,8	0,8	0,8	0,6
		10% Veiligheid	0,3	0,1	0,3	0,2
		20% Impact omgeving	0,4	0,2	0,4	0,8
			3,4	3	3,7	3,1
Totaal			3,80	3,74	3,31	3,26

Uit de MCA komt naar voren dat de variant Groenblauwe verbinding de beste optie is. Deze zal verder worden uitgewerkt.

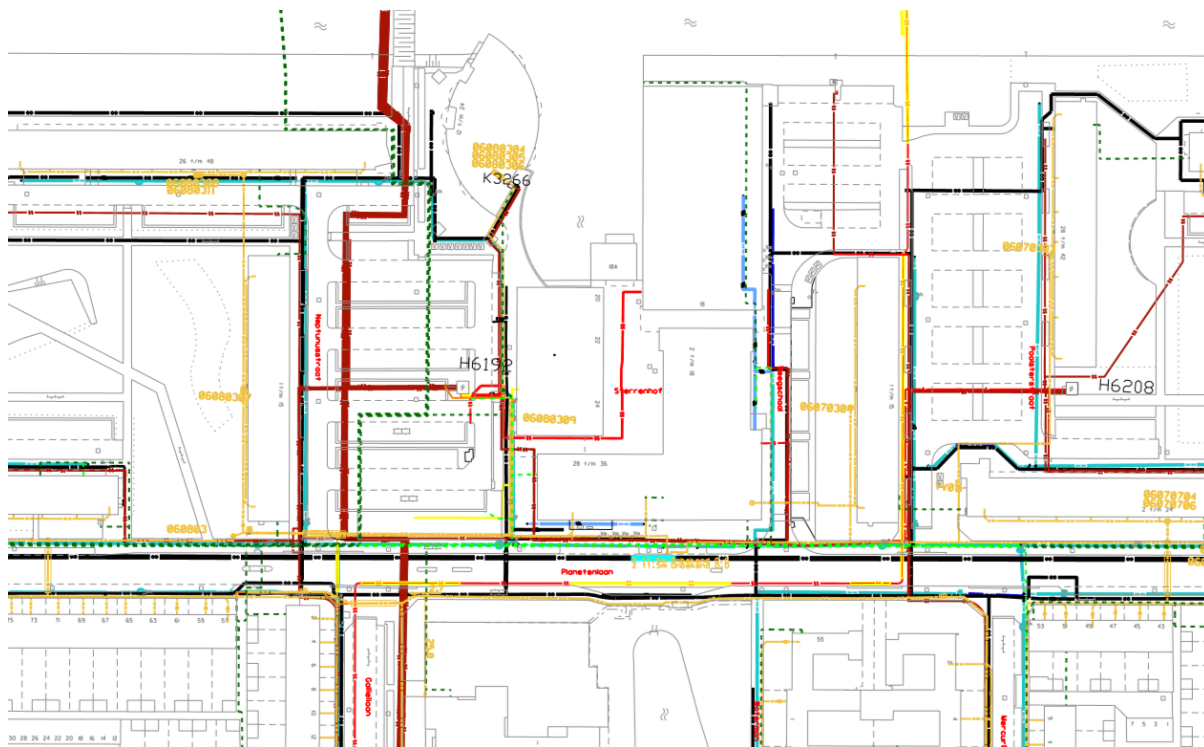
Toepassing

Open waterverbinding Noord

- Brug/brede duiker Planetenlaan
Binnenmaat: 400cm breed 120cm hoog
- Brug parkeerplaats
- (Hoofd) rioolstreng ligt op -3,80m NAP
- Parkeervakken blijven zoveel mogelijk gehandhaafd.

Kabels en leidingen

Aan de westzijde van het sterrenhof is het zeer druk met hoofdelectriciteitskabels en het electriciteitshuisje. Aan de oostzijde ligt de persleiding van het verversingsgemaal. Omdat het verversingsgemaal niet meer nodig zal zijn bij een open zuidelijke verbinding hoeft dit geen obstakel te zijn. Ook de gasleidingen (zwart) zullen verwijderd kunnen worden aangezien het nieuwe Sterrenkwartier-Hoog gasloos zal worden opgeleverd.



5.5 Aanvullende maatregelen: Building Blocks

In deze paragraaf worden verschillende aanvullende maatregelen beschreven. Deze maatregelen zijn ongeacht de variantkeuze toe te passen in het ontwerp. Hierom worden het ook wel de Building Blocks genoemd.

Bergen en vertraagd afvoeren

5.5.1 Groenblauw Speelplein

Het nieuwe speelplein aan de Galileilaan zal ongeveer 2500m² beslaan. Traditionele school- en speelpleinen zijn bijna volledig verhard. Door het speelplein een groen karakter te geven met waterbergende elementen verwerkt in het ontwerp ontstaat er een plein waar niet alleen wordt gespeeld, maar water kan bergen en vertraagd afvoeren naar de singel. Een groen/blauw plein kan ook een educatieve functie hebben doordat de kinderen in tijden van hevige neerslag kunnen zien hoeveel neerslag er valt waar dit normaal gesproken de riolering in stroomde.



Figuur 82 Voorbeeld groenblauw speelplein (Groen blauwe schoolpleinen, s.d.)

Toepassing

Afhankelijk van het af te koppelen gebied kan de berging worden berekend.

Gemiddelde berging (40mm): **100m²**

Effect

+Berging

+Groen

+Educatief

Kosten

Omdat het over nieuwbouw gaat hoeven er niet persé significant hogere kosten gemaakt te worden. Waterberging kan al worden gerealiseerd door het plein verdiept aan te leggen.

5.5.5 Dak Sterrenhof

Het dakoppervlak van het Sterrenhof beslaat 4509m² en zou multifunctioneel ingezet kunnen worden door bijvoorbeeld een groen dak aan te leggen. Hiernaast kunnen zonnepanelen worden geïnstalleerd.

Toepassing

Het dak van het Sterrenhof beslaat 4509m². Afhankelijk van de draagkracht van het dak kan het dak worden ingezet voor vertraagde afvoer.

Berging (25mm): **112,7m³**

Effecten

+Berging

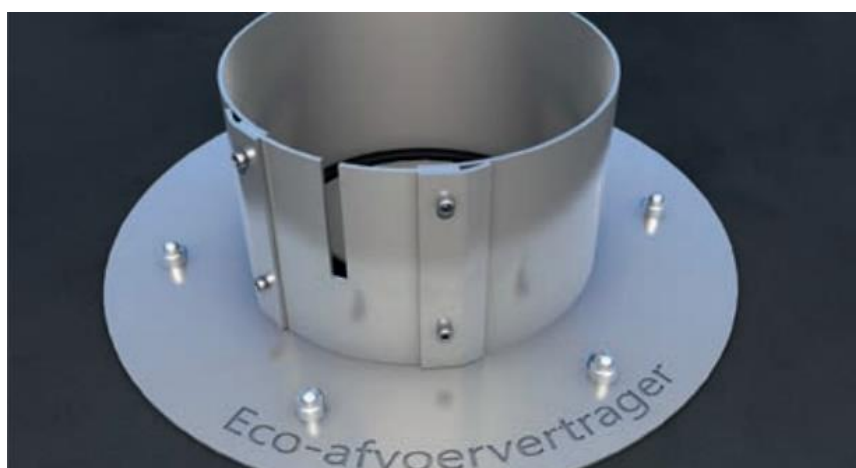
+Duurzaam

Kosten

Circa €35,-/m²: €157.500,-

5.5.6 Vertraagde afvoer garageboxen

Het oppervlak van Sterrenkwartier-Centraal bestaat voor 17439m² uit schuren en garageboxen. Door deze daken in te zetten voor vertraagde afvoer kan het de riolering ontlast worden. Dit kan door een simpele vertragende afvoer te installeren op de regenafvoer. Hierdoor wordt de maximale bergingscapaciteit van het dak gebruikt.



Figuur 83 Voorbeeld aangepaste regenafvoer voor vertraagde afvoer (Duurzaam Gebouwd, 2018).

Toepassing

De aanname wordt gemaakt dat de maximale gemiddelde berging 20mm is. De maximaal behaalbare berging is hiermee 348,8m³. Omdat het gehele oppervlak particulier terrein is zal dit volume in de praktijk en stuk lager zijn. De gemeente zal een faciliterende rol moeten spelen om deze maatregel tot een succes te brengen.

Effect

+Berging

Kosten

Aanschaf aangepaste afvoer

Beleidsmaatregelen

5.5.3 Versterken centraal groengebied

Het huidige plangebied wat gereserveerd is voor woningbouw (3733m²) wordt gebruikt om een de groenvoorziening te versterken. De afname in openbaar groen in Sterrenkwartier-Hoog kan hierdoor gecompenseerd worden. Hiermee wordt de meerwaarde van het groengebied versterkt.

Toepassing

De huidige verharding beslaat ongeveer 3000m², dit wordt gesloopt tijdens de herstructurering. Het gebied moet zo worden ingericht dat er een prettige omgeving wordt gecreëerd voor de bewoners. In tijden van hevige neerslag kan het worden ingezet om water van het verhard oppervlak tijdelijk te bergen en te zuiveren. De aanname wordt gemaakt dat 100mm water wordt geborgen in 40% van het gebied. Dit komt neer op 120m² extra berging.

Effect

- + Groen
- + Berging
- + Sociaal
- + Esthetisch
- + Ecologie

Kosten

De misgelopen kosten kunnen worden verhaald in de gebiedsontwikkeling van Sterrenkwartier-Hoog.

5.5.3 Promoten watersensitieve maatregelen particulieren

Nieuwbouw

De nieuwbouw biedt kansen om de berging van het gebied te vergroten. Het is mooi meegenomen als op particulier wordt bijgedragen aan een veerkrachtige waterhuishouding. De gemeente zou dit kunnen doen door een adviseur in te huren die de nieuwe bewoners gratis adviseert. Deze adviseur kan bijvoorbeeld vertraagde dakafvoer, groene tuinen, grindkoffers of dieptebergingen promoten aan de eerste bewoners. De gemeente zou verder kunnen gaan door verplichte watersensitieve eisen te stellen aan de nieuwbouw.

Bestaande woningen

Ook voor bestaande woningen zou de gemeente een actie kunnen opzetten om watersensitieve maatregelen te promoten. Zo kan de gemeente een actie opzetten waarbij het ontharden van tuinen gepromoot wordt. Hierbij kunnen bijvoorbeeld tegels worden ingeruild voor een plant. Ook kunnen regentonnen worden uitgedeeld om het hergebruik van water te promoten in tijden van droogte. De gemeente zou ook verder kunnen gaan en hier een subsidie voor vrij maken.

Toepassing

Zie bovenstaand.

Effect

- +Bewustwording
- +Berging

Kosten

Inhuur adviseur en eventuele subsidie.

5.5.4 Maatregelen corporatiewoningen

Wooncorporatie Maasdelta kan een goede partner zijn om invulling te geven aan de watersensitieve maatregelen. Zij zullen in het vernieuwde Sterrenkwartier-Hoog nieuwe gebouwen en aaneengesloten woonblokken gaan beheren. Zij bepalen ook hoe de woningen en eventuele tuinen worden opgeleverd. Hierdoor kunnen nog watersensitieve maatregelen in het ontwerp worden opgenomen. Ook kan de wooncorporatie in het huurcontract laten vastleggen dat deze maatregelen niet gewijzigd mogen worden.

Toepassing

Zie bovenstaand.

Effect

+Berging

Kosten

Omdat het nieuwbouw is hoeven geen aanvullende kosten te worden gemaakt

5.5.6 Inlichten eigenaren risicopanden

De gemeente ligt de eigenaren van de risicopanden in dat hun eigendom kans loopt op waterschade. Hierbij uit wat de eigenaren kunnen doen om schade te beperken. Dit vergroot bewustzijn en stimuleert tot actie. Hierdoor wordt het woongebied bestendiger tegen wateroverlast.

Toepassing

De eigenaren worden ingelicht per brief

Effect

+Bewustwording

Maatschappelijke maatregelen

5.5.7 Groene omgeving stichting Beter leven

In het toekomstige zorgcentrum zullen ouderen komen te wonen die nog wel zelfstandig kunnen wonen, maar wel aanvullende zorg nodig hebben. Een groot deel van deze ouderen heeft de diagnose dementie waardoor zij deels afhankelijk zijn van passende zorg.

Uit de gebiedsanalyse is gebleken dat dementerende ouderen veel baat kunnen hebben bij aan een goede groenvoorziening. Een groene omgeving stimuleert fysieke activiteit, vermindert het de stress en geeft het een aanknopingspunt voor sociale contacten (Smerecnik & Lisette, 2013). Deze factoren dragen bij aan het welzijn van de ouderen en dit kan zich vertalen naar een betere (mentale) gezondheid en een lastenverlichting van verzorgers. Door de stichting te betrekken bij de inrichting van het gebied kan naast groene meerwaarde ook sociale meerwaarde worden gecreëerd.

5.5.7 Zelfeigenaarschap groen

Er kan meerwaarde aan het gebied worden gegeven door het beheer van stukjes groene ruimte over te dragen aan bewoners. Hierdoor hebben bewoners de mogelijkheid een stukje van de wijk eigen maken en heeft het een belangrijke sociale factor. De gemeente verzorgt de begeleiding en eventueel benodigde middelen. Het doel is dat uiteindelijk een groep bewoners zichzelf organiseren en het groenbeheer steeds serieuzer aanpakken.

5.5.8 Toevoegen fontein

Een fontein zorgt voor een constante toevoer van zuurstof in het water. Het toevoegen van een fontein heeft hierdoor een positief op de aquatische ecologie. Vooral in de droge zomermaanden kan er zuurstoftekort optreden in het water. Deze maatregel komt voort uit het gesprek met de Visstandbeheerder.

5.6 Toepassing

In de toepassing worden de maatregelen samengesteld tot een mogelijke oplossing. Eerst worden locatiespecifieke maatregelen toegepast om schade tijdens de 79mm bui te voorkomen.

5.6.1 Voorkomen waterschade 79mm bui

Garageboxen

Veel van de problematische straten liggen dichtbij een groenvoorziening. Omdat deze groenvoorzieningen. Door oppervlakkige afstroming naar deze groenvoorzieningen mogelijk te kan waterschade worden voorkomen. Dit kan op twee manieren:

Centraal groengebied

Het voordeel van deze locatie is dat het regenwater afgevoerd kan worden via de singel. Deze maatregel kan voor de volgende straten oplossing bieden: de Antaresstraat, de Betelgeuzestraat en de Meteorstraat.

Nabijgelegen groenvoorziening

Voor de plaatsen die te ver van het centrale groengebied afdiggen kan er oppervlakkige afstroming worden gerealiseerd naar een dichtbij zijnde groenvoorziening. Hiervoor moeten deze groenvoorzieningen wel eerst worden verlaagd zodat het bereikbaar is via oppervlakkige afstroming en er extra berging wordt gecreëerd. Deze maatregel kan voor de volgende straten oplossing bieden: De Keplerlaan, het Melkwegplein, de Spicastraat en de Zonstraat. Een nadeel van deze maatregel is dat het geborgen water door de slecht doorlatende bodem langzaam infiltreert. In de wintermaanden als de verdamping laag is en het grondwater hoog kan dit als gevolg hebben dat het water erg lang blijft staan.



Figuur 84 Groenvoorzieningen nabij kwetsbare straten

Aanvullende maatregelen

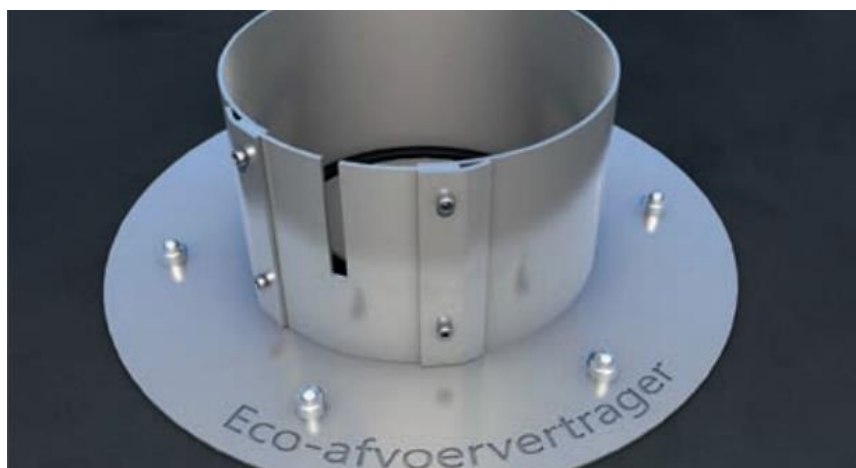
Voor sommige straten is het te lastig om oppervlakkige afstroming te realiseren naar de dichtstbijzijnde groenvoorziening. Voorbeelden van zulke straten zijn het Keplerhof en de meest noordelijke zijstraat van de Mercatorlaan. Beide straten kennen een zeer hoge mate van verharding, zijn er veel parkeerplekken aanwezig en hebben garageboxen welke op maaiveldniveau staan. Deze garageboxen zijn daarom extra kwetsbaar tijdens hevige neerslag.



Figuur 85 Kwetsbare garageboxen bij het Keplerhof en de Mercatorlaan.

Het water moet van de garageboxen afgeleid worden. Dit kan door het straatprofiel aan te passen zodat het water van de garages af stroomt. Door bijvoorbeeld de parkeerplaatsen te verlagen kan het water hier tijdelijk vastgehouden worden voordat het afgevoerd kan worden door het riool. Ook kan er extra groen aangelegd worden waarnaar het water af kan stromen.

De eigenaren van de garageboxen zullen ook voor een deel moeten bijdragen. Zij kunnen er voor zorgen dat water minder makkelijk binnenkomt door een (waterkerende) drempel aan te leggen in de box. Door vertraagde afvoeren op de daken te plaatsen wordt de berging vergroot en het rioolsysteem ontlast



Figuur 86 Voorbeeld aangepaste regenafvoer voor vertraagde afvoer (Duurzaam Gebouwd, 2018).

5.6.2 Oplossen bergingstekort

Het resterend bergingstekort na 1 uur overstort was 6206,9m³. Door het toepassen van de 'must do' maatregelen en de variant zijn wordt dit bergingstekort verder terug gedrongen. Van de Variant wordt alleen het effect binnen de plangebiedsgrenzen meegerekend.

Verbinding Noord:	141m ³
Verbinding Zuid:	229,4m ³
Verlagen groen:	6288,2m ³
Oppervlakkige afstroming:	243,1m ³
<i>(Extra berging verharding)</i>	

Totaal: 6901,7 m³

Toepassing

Theoretisch gezien kan alleen met deze maatregelen worden voldaan aan het bergingstekort kan theoretisch worden voldaan aan het bergingstekort. In de praktijk zal niet elke maatregel zoals beschreven worden toegepast. Voor een meer flexibele invulling van het gebied kunnen aanvullende maatregelen worden ingezet als 'Building Block'.

Kosten

Verbinding Noord:	€347.250,-
Verbinding Zuid:	€289.000,-
Verlagen Groen:	€43.400,-

De geschatte kosten van het uitvoeren van deze maatregelen is €679.650,- exclusief BTW. In deze kosten zijn alle kosten verwerkt van ontwerp tot uitvoer.

Bijlage 9 - Spreadsheet Droogtemodel

[illegible]

Bijlage 10 – Spreadsheet neerslagmodel Sterrenkwartier-Centraal

Schematisering Watersysteem Sterrenkwartier-Centraal					Schematisering Watersysteem Sterrenkwartier-Centraal				
Invoergegevens					Invoergegevens				
Reservoir	Waterstroom	Waarde	Eenheid	Bron	Reservoir	Waterstroom	Waarde	Eenheid	Bron
Totaaloppervlak	Oppervlak	388920	m ²		Totaaloppervlak	Oppervlak	388920	m ²	
Atmosfeer	Neerslag intensiteit	51	mm/uur		Atmosfeer	Neerslag intensiteit	51	mm/uur	
Bodem	Neerslagduur	1	uur		Bodem	Neerslagduur	1	uur	
	Doorlatendheid	0,01	m/dag			Doorlatendheid	0,05	m/dag	
Gebouwen	Oppervlak schuin dak	56348	m ²	Pannendak (Rainproof Amsterdam)	Gebouwen	Oppervlak schuin dak	56348	m ²	
	Berging schuin	2	mm			Berging schuin	2	mm	
	Oppervlak plat dak	24833	m ²	Platdak (Rainproof Amsterdam)		Oppervlak plat dak	24833	m ²	
	Berging plat	6	mm			Berging plat	6	mm	
Particuliere gronden	Verhard oppervlak rijtjeswoning	46263	m ²		Particuliere gronden	Verhard oppervlak rijtjeswoning	46263	m ²	
	Verhard oppervlak vrijstaande woning	4776	m ²			Verhard oppervlak vrijstaande woning	4776	m ²	
	Verhard oppervlak overig particulier	354016	m ²			Verhard oppervlak overig particulier	354016	m ²	
Verhard	Berging	4	mm	Tegelpad (Rainproof Amsterdam)	Verhard	Berging	4	mm	
	AFvoeringscoëfficiënt	0,8	C			AFvoeringscoëfficiënt	0,8	C	
Publieke ruimte	Verhard oppervlak	121535	m ²		Publieke ruimte	Verhard oppervlak	121535	m ²	
	Berging	4	mm	Tegelpad (Rainproof Amsterdam)		Berging	2	mm	Verifiëren
	AFvoeringscoëfficiënt	0,8	C			AFvoeringscoëfficiënt	0,8	C	
Kolering	POC	0,7	mm/uur		Kolering	POC	0,7	mm/uur	
	Berging (beschikbaar)	2	mm	Gevalideerd		Berging	7	mm	Verbeter gemengd (WAMWKT)
	Gemiddelde buisdiameter	0,45	m			Gemiddelde buisdiameter	0,45	m	
	Langte stelsel	9970	m	grote schatting		Langte stelsel	9970	m	grote schatting
Overhard	Particuliere gronden	Onverhard oppervlak rijtjeswoning	46263	m ²	Overhard	Particuliere gronden	Onverhard oppervlak rijtjeswoning	46263	m ²
		Onverhard oppervlak vrijstaande woning	9087	m ²			Onverhard oppervlak vrijstaande woning	9087	m ²
		Onverhard oppervlak overige particulier	393,4	m ²			Onverhard oppervlak overige particulier	393,4	m ²
		Berging	10	mm			Berging	10	mm
Publieke ruimte	Onverhard oppervlak	62886	m ²		Publieke ruimte	Onverhard oppervlak	62886	m ²	
	Berging	10	mm			Berging	10	mm	
Oppervlaktewater	Oppervlak	12995	m ²		Oppervlaktewater	Oppervlak	12995	m ²	
	Langte watergangen	815	m			Langte watergangen	815	m	
	Gemiddeld talud	2,5	m			Gemiddeld talud	2,5	m	
Water	Toegestane peilstijging	0,1	m		Water	Toegestane peilstijging	0,1	m	
	Afwatering	6,6	l/s/ha	max doorstroming duiker		Afwatering	6,6	l/s/ha	max doorstr duiker
Uitvoergegevens					Uitvoergegevens				
Reservoir	Waterstroom	Waarde [m ³]	m ³	Bron	Reservoir	Waterstroom	Waarde [m ³]	m ³	Bron
Totaal	Totale hoeveelheid	19834,9			Totaal	Totale hoeveelheid	19834,9		
Bodem	Infiltratie	49,4			Bodem	Infiltratie	242,1		
Gebouwen	Neerslaghoeveelheid schuin	2873,7			Gebouwen	Neerslaghoeveelheid schuin	2873,7		
	Berging schuin	112,7				Berging schuin	112,7		
	Neerslaghoeveelheid plat	1266,5				Neerslaghoeveelheid plat	1266,5		
	Berging Plat	149,0				Berging Plat	149,0		
Particuliere gronden	Rioolloop	3878,5			Particuliere gronden	Rioolloop	3878,5		
	Neerslaghoeveelheid	2783,6				Neerslaghoeveelheid	2783,6		
	Berging	218,3				Berging	218,3		
	Water op straat	513,0		9,4 mm		Wateroverschot (op straat)	338,4		
Verhard	Abstroming (richting publieke ruimte)	2226,8			Verhard	Abstroming (richting publieke ruimte)	2226,8		
Publieke ruimte	Neerslaghoeveelheid	6198,3			Publieke ruimte	Neerslaghoeveelheid	6198,3		
	Berging toegestaan	486,1				Berging toegestaan	243,1		
	Wateroverschot (op straat)	753,5		6,2 mm		Wateroverschot (op straat)	996,6		
	Rioolloop	7185,5				Rioolloop	7185,5		
	Wateroverschot	1266,6		Water op verhard oppervlak		Wateroverschot	1339,0		Water op verhard oppervlak
		7,2	mm				11,0	mm	
Kolering	Gemiddeld buisoppervlak	2722,4		0,159	Kolering	Gemiddeld buisoppervlak	3688,3		0,159
	Berging (beschikbaar)	272,2				Berging	272,2		Extra berging Hoog
	POC	8069,3		66,4 mm		POC	7638,0		
Overstort	Neerslaghoeveelheid	2842,9			Overstort	Neerslaghoeveelheid	2842,9		
Particuliere gronden	Berging	557,4			Particuliere gronden	Berging	557,4		
Overhard	Neerslaghoeveelheid	3207,2			Overhard	Neerslaghoeveelheid	3207,2		
Publieke ruimte	Berging	628,9			Publieke ruimte	Berging	628,9		
	Infiltratie	49,4				Infiltratie	242,1		
	Wateroverschot	4814,4		40,6 mm		Wateroverschot	4616,7		0,039
Oppervlaktewater	Neerslaghoeveelheid	662,7			Oppervlaktewater	Neerslaghoeveelheid	662,7		
	Berging	1299,5				Berging	1299,5		
Water	Afwatering	924,1			Water	Afwatering	924,1		
	Wateroverschot	6508,5		500,8		Wateroverschot	6077,2		
Totale wateropgave		12589,4	m ³		Totale wateropgave		10208,8	m ³	
		32,4	mm				30,9	mm	

Bijlage 11 – Spreadsheet neerslagmodel Sterrenkwartier-Hoog

Schematisering Watersysteem Sterrenkwartier-Hoog				
Reservoir	Watersysteem	Invoergegevens	Waarde	Eenheid
Totaaloppervlak	Oppervlak		139405 m ²	
Atmosfeer	Neerslag intensiteit		79 mm/uur	
Bodem	Neerslagduur		1 uur	
Gebouwen	Doorslagendheid		0,01 m/dag	
	Oppervlak schuin dak		0 m ²	
	Berging (schuin)		2 mm	Pannendak (Rainproof Amsterdam)
	Oppervlak plat dak		24502 m ²	
Particuliere gronden	Berging (plat)		6 mm	Platdak (Rainproof Amsterdam)
	Verhard oppervlak rijtswoning		0 m ²	
	Verhard oppervlak vrijstaande woning		0 m ²	
	Verhard oppervlak overig particulier		0 m ²	
	Berging		4 mm	
	Afvoelingscoëfficiënt		0,8 C	Tegelplaat (Rainproof Amsterdam)
Publieke ruimte	Verhard oppervlak		50557 m ²	
	Berging		4 mm	
	Afvoelingscoëfficiënt		0,8 C	Tegelplaat (Rainproof Amsterdam)
Risicoring	POC		0,7 mm/uur	
	Berging (beschikbaar)		7 mm	Gevalideerd
	Gemiddelde buisdiameter		0,5 m	
	Lengte stelsel		3050 m	grove schatting
Particuliere gronden	Onverhard oppervlak rijtswoning		0 m ²	
	Onverhard oppervlak vrijstaande woning		0 m ²	
	Onverhard oppervlak overig particulier		0 m ²	
Onverhard	Berging		10 mm	
Publieke ruimte	Onverhard oppervlak		43851 m ²	
	Berging		10 mm	
Oppervlaktewater	Oppervlak		20365 m ²	
	Lengte watergangen		1166 m	
	Gemiddeld talud		2,68 m	
	Toegestane peilstijging		0,1 m	
	Afwaterring		25,7 l/s/ha	
Uitvoergegevens				
Reservoir	Watersysteem	Waarde	Eenheid	Bron
Totaal	Totale hoeveelheid	11012,0	m ³	
Bodem	Infiltratie	18,3		
Gebouwen	Neerslaghoeveelheid schuin	0,0		
	Berging schuin	0,0		
	Neerslaghoeveelheid plat	1935,7		
	Berging Plat	147,0		
	Risicoring	1788,6		
Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid	0,0		
	Berging	0,0		
	Wateroverschot (op straat)	0,0		
	Afstroming (richting publieke ruimte)	0,0		
Verhard	Neerslaghoeveelheid	3994,0		
	Berging toegestaan	202,2		
	Water op straat	798,8		
	Risicoring	3195,2		
	Wateroverschot	596,6		Water op verhard oppervlak
		11,8 mm		
Risicoring	Gemiddeld buisoppervlak	0,196		
	Berging (beschikbaar)	975,8		
	POC	97,6		
	Overstort	3930,4		
Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid	0,0		
	Berging	0,0		
Publieke ruimte	Neerslaghoeveelheid	3474,5		
	Berging	439,8		
	Infiltratie	18,3		
	Wateroverschot	3016,4		
		68,6 mm		
Onverhard	Neerslaghoeveelheid	1608,8		
	Berging	2036,5		
	Berging door talud	312,5		
	Afwaterring	1289,8		
	Wateroverschot	1880,5		
	Beschikbare berging	0,0		
	Totale wateropgave	5492,4 m ³		
		39,4 mm		
	Water op verhard opp (zonder overstort)	798,8		

Schematisering Toekomstig Watersysteem Sterrenkwartier-Hoog				
Reservoir	Watersysteem	Invoergegevens	Waarde	Eenheid
Totaaloppervlak	Oppervlak		139405 m ²	
Atmosfeer	Neerslag intensiteit		79 mm/uur	
Bodem	Neerslagduur		1 uur	
Gebouwen	Doorslagendheid		0,01 m/dag	
	Oppervlak schuin dak		1256 m ²	25% van toename dakoppervlak
	Afvoelingscoëfficiënt (schuin)		2 mm	
	Oppervlak plat dak		27530 m ²	Bestaand + 75% nieuw - 740 open verb
Particuliere gronden	Afvoelingscoëfficiënt (plat)		6 mm	
	Verhard oppervlak rijtswoning (50%)		8135 m ²	
	Verhard oppervlak vrijstaande woning		0 m ²	
	Verhard oppervlak overig particulier		0 m ²	
	Berging		4 mm	
	Afvoelingscoëfficiënt		0,8 C	
Publieke ruimte	Verhard oppervlak		47819 m ²	- 2216m ² - 522m ² open verbinding
	Berging		4 mm	
	Afvoelingscoëfficiënt		0,8 C	
Risicoring	POC		0 mm/uur	
	Berging		0 mm	Verbeter gemengd (WAMWKT)
	Gemiddelde buisdiameter		0,2 m	
	Lengte stelsel		m	grove schatting
Particuliere gronden	Onverhard oppervlak rijtswoning		8135 m ²	
	Onverhard oppervlak vrijstaande woning		0 m ²	
	Onverhard oppervlak overige bebouwing		0 m ²	
Onverhard	Berging		10 mm	
Publieke ruimte	Onverhard oppervlak		24901 m ²	
	Berging		10 mm	
Oppervlaktewater	Oppervlak		20355 m ²	1262 m ² open verbinding Noord
	Lengte watergangen		1288 m	122 m open verbinding Noord
	Gemiddeld talud		2,56 m	
	Toegestane peilstijging		0,1 m	
	Afwaterring		25,7 l/s/ha	
Uitvoergegevens				
Reservoir	Watersysteem	Waarde	Eenheid	Bron
Totaal	Totale hoeveelheid	11012,095	m ³	
Bodem	Infiltratie	18,3		
Gebouwen	Neerslaghoeveelheid schuin	99,2		
	Berging schuin	2,5		
	Neerslaghoeveelheid plat	2174,9		
	Berging Plat	165,2		
	Risicoring	2106,4		
Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid	642,7		
	Berging toegestaan	32,5		
	Water in tuin	128,5		0,0158
	Afstroming (richting publieke ruimte)	514,1		
Verhard	Neerslaghoeveelheid	3777,7		
	Berging	191,3		
	Water op straat	755,5		
	Risicoring	3022,2		0,0158
	Wateroverschot	660,3		HWA riool
		11,8 mm		Water op verhard oppervlak
Risicoring	Gemiddeld buisoppervlak	0,031		
	Berging	0,0		
	POC	0,0		
	Overstort	5642,7		
Particuliere gronden	Neerslaghoeveelheid	642,7		
	Berging	81,4		
Publieke ruimte	Neerslaghoeveelheid	1967,2		
	Berging	249,0		
	Infiltratie	18,3		
	Wateroverschot	2265,7		
		68,6 mm		
Oppervlaktewater	Neerslaghoeveelheid	1608,0		
	Berging	2035,5		
	Overstort	5642,7		HWA
	Berging door talud	329,7		
	Afwaterring	1289,8		
	Wateroverschot	3595,7		
	Beschikbare berging	0,0		
	Totale wateropgave	6521,7 m ³		
		46,8 mm		