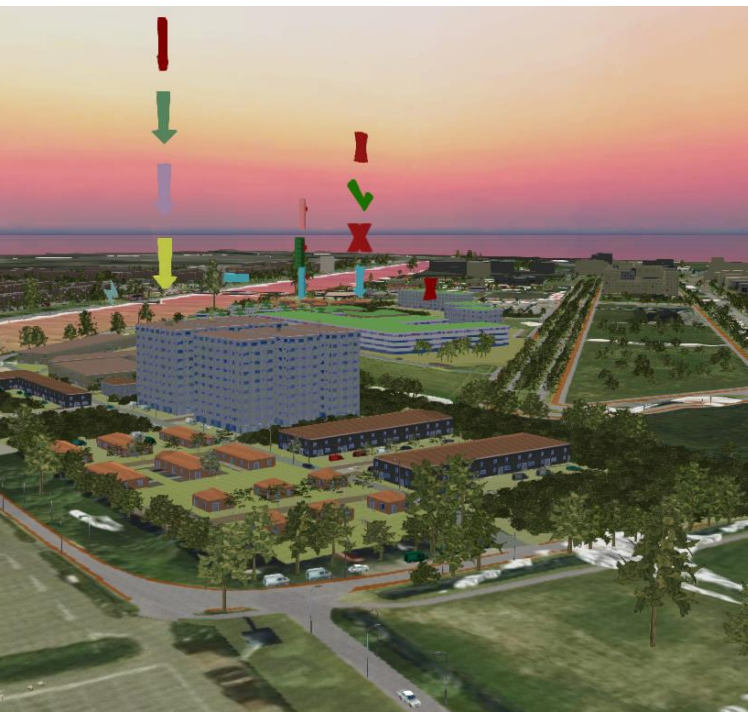


De toepassing van de Tygron Engine in het watertoetsproces

Afstudeerscriptie



Auteurs:
Ruben Van Eldik
Harmen Knap

Studentnummer
000005113
000006516

Begeleiders:
Aveco de Bondt: Simon Troost
Van Hall Larenstein: Marcel Rompelman

The only true wisdom is in knowing you know nothing

-Socrates

Project: De toepassing van de Tygron Engine in het watertoetsproces

Projecttype: Onderzoeksproject

Beleidsveld: Water

Auteurs:
H.Knap,
R.van Eldik

Onderwijsinstellingen: HVHL Velp

Opleiding: Land- en watermanagement

Opdrachtgever: Aveco de Bondt

Begeleiders: M.Rompelman, S. Troost

Datum: 25-06-18

Voorwoord

Voor u ligt het rapport 'De Toepassing van de Tygron Engine in het watertoetsproces'. Het onderzoek naar het vernieuwen van de watertoets met het toepassen van de Tygron Engine is uitgevoerd doormiddel van een gebiedsanalyse, model opbouw, Tygron trainingen en gesprekken met belanghebbenden.

Dit rapport is geschreven in het kader van een afstudeerstage door studenten van de opleiding Land- en watermanagement(Hogeschool van Hall Larenstein). Het rapport is geschreven in opdracht van ingenieursbureau Aveco de Bondt. Het onderzoek en het rapport is opgesteld in de periode februari tot en met juni 2018.

In samenwerking met de begeleider vanuit Aveco de Bondt, Simon Troost en de begeleider vanuit school Van Hall Larenstein, Marcel Rompelman, is de onderzoeksvraag opgesteld. Na een kwalitatief onderzoek kon de onderzoeksvraag beantwoordt worden.

Bij deze willen wij graag onze begeleiders bedanken voor de goede begeleiding en hun ondersteuning tijdens het onderzoekstraject.

Verder willen wij Tygron bedanken voor de leuke en leerzame trainingen die ze hebben aangeboden zodat wij beter de achtergrond en de werking van het modelleerprogramma Tygron Engine begrepen. Tot slot willen wij HDSR (hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden) bedanken voor het leveren van de benodigde data en eisen.

Aangezien visualisatie een significant aspect is van het onderzoek en de Tygron Engine hebben wij ter ondersteuning van het rapport een video van het project gemaakt bijgevoegd. Deze CD is alleen af te spelen op een PC.

Wij wensen u veel leesplezier toe.

Harmen Knap
Ruben van Eldik

Velp, 25 juni 2018



Samenvatting

De realisatie van een nieuwbouw- of wijkrenovatieplan heeft gevolgen voor de waterhuishouding. In het waterbeheer 21^e eeuw is de watertoets opgenomen. Deze heeft als doel het aspect water mee te nemen in de ruimtelijke ordening. De omgevingswet neemt de watertoets vooralsnog niet op. De watertoets is een proces waarin de initiatiefnemer en waterbeheerder bijeenkomen om de belangen van de waterhuishouding in het stedenbouwkundigplan te integreren.

Aveco de Bondt, de opdrachtgever van dit onderzoek, wil het huidige verloop van de watertoets binnen de organisatie vernieuwen middels een automatisch signaleringsmodel in de Tygron Engine. De Tygron Engine is een 3D modeleringsprogramma met hydrologische inundatieformules, hittestressbepaling en een ruimtelijke visualisatie van de resultaten.

In het onderzoek wordt uitgezocht of er binnen de Tygron Engine een hulpmiddel of tool kan worden ontwikkeld waarin de watertoetsaspecten worden gecontroleerd bij de implementatie van een stedenbouwkundig plan. Dit wordt gedaan aan de hand van vooraf gedefinieerde toetsvragen. De tool heeft tot doel knelpunten die ontstaan te signaleren en daarmee de gesprekken tussen waterbeheerder en initiatiefnemer te versnellen en te versoepelen. De ontwikkelde watertoetstool kan worden ingezet als serious game waarin de betrokken partijen kunnen samenwerken om knelpunten op te lossen. De stakeholderparticipatie wordt hiermee vergemakkelijkt. Dit kan een interessant hulpmiddel zijn in de nieuwe omgevingswet.

Ter wille van het onderzoek is de volgende onderzoeksvraag opgesteld:

Hoe kan in Tygron een hulpmiddel worden ontworpen dat kan worden ingezet in de watertoets teneinde de communicatie met de stakeholders te vergemakkelijken en de kwaliteit van de watertoets te laten toenemen?

Het onderzoek bestaat uit een theoretisch onderzoek naar de watertoetsaspecten en het bouwen van een pilotmodel waarin een stedenbouwkundigplan, de watertoetsvragen en bijbehorende signaleringen zijn geïntegreerd.

Er is literatuur onderzoek gedaan naar watertoetsaspecten, zoals waterkwaliteit en waterveiligheid, waarbij uitgezocht is hoe deze worden beïnvloed bij de implementatie van een stedenbouwkundigplan. Op basis van dit onderzoek zijn per watertoetsaspect sub-thema's en toetsvragen gedefinieerd die vervolgens in de watertoetstool zijn geïntegreerd.

Vervolgens is in Qgis, een geografisch informatiesysteem, een fictief stedenbouwkundig plan en hoogtebestand ontworpen. Dit stedenbouwkundig plan is doormiddel van twee verschillende methoden in de Tygron Engine geladen om te bepalen wat de meest geschikte manier is om dit in de toekomst te doen en om de toetsvragen op te testen op een stedenbouwkundigplan.

De toetsing van de watertoetsaspecten in dit pilotmodel zijn geanalyseerd om te bepalen welke aspecten getoetst kunnen worden en welke ontwikkelingen er nodig zijn om de toetsing vollediger en meer geautomatiseerd te maken.

Het resultaat van het onderzoek is dat het ontwerp van een stedenbouwkundigplan in Qgis geschikt is voor de toetsing in de Tygron Engine. Qgis leent zich om snel een stedenbouwkundigplan te ontwerpen en deze in zijn geheel direct in de Tygron Engine te laden. De toetsing betreffende inundatie op straat biedt echter niet het detailniveau om hier harde maatregelen aan te koppelen. Dit komt door de grofheid van het ontwikkelde hoogtebestand, wat eveneens in een GIS systeem is ontwikkeld.

Uit het onderzoek naar de toetsbaarheid van de verschillende watertoetsaspecten is gebleken dat de Tygron Engine zich momenteel leent voor een groot aantal toetsen zoals water op straat, hittestress en droogte. De Tygron Engine leent zich nog niet voor grid berekeningen. Dit type berekeningen is nodig voor de bepaling van de actuele ontwaterings- en overstromingsdiepte. Het onderzoek brengt echter wel naar voren dat de Engine zeer geschikt is voor het de hydrologische modelering van stedelijk gebied en visueel aantrekkelijk is wat de gesprekken tussen stakeholders zeer bevordert. De Engine vergemakkelijkt stakeholder participatie in de vorm van een serious game.

Er dient verder onderzoek gedaan te worden naar de grid berekeningen, de toepasbaarheid van de tool binnen andere waterschappen en het ontwikkelen van een gedetailleerder hoogte bestand.

Inhoud

Voorwoord	1
Samenvatting.....	3
Figurenlijst	7
Tabellenlijst	8
Lijst met afkortingen	9
Begrippenlijst.....	10
1. Inleiding	11
1.1. Aanleiding.....	11
1.2. Probleem	11
1.3. Doel	12
1.4. Afbakening.....	12
1.5. Theoretische en praktische relevantie	13
1.6. Stand van zaken binnen de wetenschap	13
1.7. Leeswijzer	14
2. Onderzoeksmethoden en opzet.....	15
2.1. Onderzoeksmethoden.....	15
2.2. Onderzoeksopzet.....	17
3. Theoretisch kader	18
3.1. Het watertoetproces en de Tygron Engine	18
3.1.1. Watertoetsproces.....	18
3.1.2. Hydrologische werking van de Tygron Engine.....	18
3.2. Toetsonderdelen	20
3.2.1. Wateroverlast.....	22
3.2.2. Bodemdaling.....	24
3.2.3. Waterkwaliteit.....	26
3.2.4. Droogte.....	30
3.2.5. Hittestress.....	32
3.2.6. Waterveiligheid	33
4. Pilotmodelopbouw	35
4.1 Benodigde data	36
4.2. Qgis.....	37
4.3. Excel.....	39
4.4. Tygron.....	39
5. Analyse van de opbouw van het TE model en de toetsing van de watertoetsthema's in de TE ..	41

5.1.	Resultaten modelopbouw-analyse.....	41
5.1.1.	Resultaten opbouw stedenbouwkundigplan in Qgis.....	41
5.1.2.	Resultaten opbouw hoogtebestand in Qgis	42
5.1.3.	Methoden inladen stedenbouwkundigplan	43
5.2.	Resultaten analyse toetsing watertoetsaspecten	44
5.2.1.	Wateroverlast.....	45
5.2.2.	Waterkwaliteit.....	47
5.2.3.	Bodemdaling.....	49
5.2.4.	Droogte.....	50
5.2.5.	Hittestress.....	51
5.2.6.	Waterveiligheid	52
5.3.	Analyse visualisatie modelresultaten.....	53
	Inzichtelijkheid.....	53
6.	Analyse bruikbaarheid van de Tygron Engine in de watertoets.....	54
7.	Conclusie	57
8.	Discussie	59
9.	Aanbevelingen.....	60
	Nawoord.....	61
	Bibliografie	62
	Bijlage	68
	Bijlage 0. Reflectie	68
	Bijlage 1. Gebiedsanalyse	70
	Bijlage 2. Excel Tabel met toetsingsvragen	77
	Bijlage 3. Onderzoeksresultaten en rekenregels.....	79
	3.1. Wateroverlast.....	79
	3.2. Waterkwaliteit.....	83
	3.3. Bodemdaling.....	87
	3.4. Droogte.....	88
	3.5. Hittestress.....	89
	3.6. Waterveiligheid	90
	Bijlage 4. Panels.....	91
	Bijlage 5. Attributen tabel (Qgis) (functies stedenbouwkundigplan).....	94
	Bijlage 6. Functie tabel Tygron(functies stedenbouwkundigplan).....	95
	Bijlage 7. Verschil effect maatregel tegen wateroverlast	96
	Bijlage 8. Watertoets HDSR	98

Figurenlijst

Figuur 1: Locatie plangebied	13
Figuur 2: Opbouw pilotmodel	15
Figuur 3: Een visualisatie van de gebruikte onderzoeksmethode.....	16
Figuur 4: V-model (Bijvank, 2010)	17
Figuur 5: V-model en methode	17
Figuur 6: Tygron watersysteem (Tollenaar, 2017)	19
Figuur 7: Watertoetsthema's	21
Figuur 8: Wateroverlast (Berg).....	22
Figuur 9: Bodemdaling (Bodemdaling-krimpenerwaard).....	24
Figuur 10: Uitspoeling (biologielessen)	27
Figuur 11: Bronnen van verontreiniging (De-waterketen-drinkwater-afvalwater-productie-bereiding- opslag)	27
Figuur 12: Vistrap (visadvies)	28
Figuur 13: Verdroging (WUR)	30
Figuur 14: Warmte eiland effect (Leefmilieu brussels, 2017)	32
Figuur 15: Meerlaagse veiligheid (Stowa)	33
Figuur 16: Opzet modelopbouw.....	35
Figuur 17: Het stedenbouwkundigplan in Qgis	37
Figuur 18: Boven: hoogtebepaling weg. Onder: hoogtebepaling overig	38
Figuur 19: Het pilotmodel	40
Figuur 20: Het stedenbouwkundigplan in de Engine (links) en Qgis (rechts)	41
Figuur 21: Oorspronkelijk- en nieuw hoogtebestand	42
Figuur 22: Visualisatie TE.....	53

Tabellenlijst

Tabel 1: Toetsvragen wateroverlast.....	23
Tabel 2: Toetsvragen bodemdaling	25
Tabel 3: Toets vragen waterkwaliteit	29
Tabel 4: Toetsvragen droogte	31
Tabel 5: Toets vragen hittestress	32
Tabel 6: Toets vragen waterveiligheid	34
Tabel 7: Benodigde data.....	36
Tabel 8: Methode om het stedenbouwkundigplan in Tygron te laden.....	43
Tabel 9: Watertoetsonderdelen	44
Tabel 10: Wateroverlast + thema's	45
Tabel 11: Analyse toetsbaarheid wateroverlast.....	45
Tabel 12: Waterkwaliteit + thema's	47
Tabel 13: Analyse toetsbaarheid waterkwaliteit.....	48
Tabel 14: Bodemdaling + thema's	49
Tabel 15: Analyse toetsbaarheid bodemdaling.....	49
Tabel 16: Droogte + thema's	50
Tabel 17: Analyse toetsbaarheid droogte	50
Tabel 18: Hittestress + thema's	51
Tabel 19: Analyse toetsbaarheid hittestress	51
Tabel 20: Waterveiligheid + Thema's	52
Tabel 21: Analyse toetsbaarheid waterveiligheid	52
Tabel 22: Resultaten toetsvragen	58

Lijst met afkortingen

HDSR:	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
Qgis:	Quantum Geo Informatie Systeem
KNMI:	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
IPCC:	Intergovernmental Panel on Climate Change
NAS:	Nationale klimaatAdaptatie Strategie
TE:	Tygron Engine
DO:	Desolved Oxygen
RWZI:	Riool Water Zuivering Installatie
POC:	Pomp Over Capaciteit
WEE:	Warmte Eiland Effect
NVO:	Natuur Vriendelijke Oevers.
AHN:	Algemeen Hoogtebestand Nederland
GHG:	Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand
GLG:	Gemiddeld Laagste Grondwaterstand
GVG:	Gemiddeld Voorjaars Grondwaterstand
HVHL:	Hogeschool Van Hall Larenstein
GPU:	Graphics Processing Unit
WEE:	Warmte Eiland Effect
AHN:	Algemeen Hoogtebestand Nederland

Begrippenlijst

Function:	Gebruiksfunctie binnen Tygron. Bijvoorbeeld huizen, parken, straten, groen en ondergrond als riool, drainage en stuwen etc.
Measure:	Maatregel. Een maatregel die in Tygron gemaakt/genomen kan worden.
Area:	2D vlak. Hiermee kan mee gerekend worden in Tygron
Overlay:	Berekent grid in Tygron. Bijvoorbeeld hittestress en wateroverlast
Building (constructions):	3D visualisatie van de functions
Lotpolygon	polygon (vorm) in de Tygron Engine
Lotsize	oppervlakte in m ² van een lotpolygon in de Tygron engine
Grid:	Rasterkaart
Tool:	Het ontwikkelde product dat helpt bij de uitvoer van het watertoetsproces. (Tygron Engine tool, watertoetstool)
Panel:	Signaleringsmiddel om de desbetreffende toets te visualiseren en informatie te verstrekken betreffende de toetsing
TQL	Tygron Query Language. De programmeertaal van Tygron

1. Inleiding

1.1. Aanleiding

Het waterbeleid van de 21^e eeuw heeft als kern het creëren van de benodigde ruimte voor water. Een van de middelen om dit te bereiken is het watertoetsproces wat voortvloeit uit het bestuursakkoord water (Bestuurs Akkoord Water, 2011). Dit proces heeft als doel de belangen van het water te waarborgen in ruimtelijke plannen (Watertoetsproces, sd). Het watertoetsproces is momenteel een langdurig en arbeidsintensief proces waarbij waterschappen aangeven dat ze vaak te laat in het planvormingsproces worden betrokken.

Aveco de Bondt (opdrachtgever) heeft de wens dit proces binnen Aveco de Bondt te vernieuwen met behulp van de Tygron Engine (TE) om het proces soepeler te laten verlopen en de stakeholderparticipatie te vergroten. Tevens is het idee dat eerder in planproces de wensen en eisen vanuit water op een concrete manier ingebracht kunnen worden. Waterschappen worden hierdoor eerder betrokken wat leidt tot een kwalitatief hoogwaardiger plan. Een nieuw instrument om deze participatie te vergroten is werken met een serious game. Dit houdt in dat verscheidene stakeholders middels een spel samen in een programma naar oplossingen kunnen zoeken voor bijvoorbeeld klimaat gerelateerde knelpunten.

Het concept van de serious game leent zich voor de watertoets maar kan ook zeer behulpzaam zijn in het kader van de nieuwe omgevingswet en voor andere thema's in de ruimtelijke ordening. De Tygron Engine is een 3D modelleringsprogramma van de openbare ruimte waarin hydrologische berekeningen zijn verwerkt. De Engine kan worden ingezet als serious game. Een voorbeeld hiervan is de Climate Game waarin stakeholders virtueel een gebied door samenwerking klimaatadaptief kunnen maken. De stakeholders ervaren hiermee ook hoe de interactie tussen klimaat, water, ruimtelijke ordening en kosten- en baten verloopt.

1.2. Probleem

Dit onderzoek is gericht op het verbeteren en verkorten van het watertoetsproces.

Momenteel bestaat het hulpmiddel van het watertoetsproces uit een online tool. Het is het mogelijk hierin een projectgebied af te bakenen waar vervolgens de watertoetsaspecten waarmee in dit gebied rekening moet worden gehouden automatisch worden benoemd.

Hierbij wordt nog geen rekening gehouden met specifieke informatie per waterschap, het stedenbouwkundig plan en worden de verschillende stakeholders nog niet betrokken.

Pas hierna vindt het overleg tussen de betrokken partijen plaats waarin de effecten van de nieuwe plannen op het lokale waterbeheer worden besproken.

Het watertoetsproces is een langdurig proces omdat:

- Per gebied specifieke eisen worden opstelt die veelal kwalitatief zijn en waarbij een grote mate van beoordeling door het waterschap plaats vindt.
- Het waterschap eigen informatie inbrengt waar rekening mee gehouden moet worden.
- De watereffecten van het stedenbouwkundig plan pas zichtbaar na een gedetailleerde uitwerking van het plan. De effecten van tussentijdse verandering zijn hierdoor moeilijk in beeld te brengen.

1.3. Doel

Aveco de Bondt wil een tool ontwikkelen waarin het stedenbouwkundig plan meteen wordt verwerkt en wat vervolgens bepaalt wat de knelpunten van dit plan met betrekking tot de watertoetsaspecten zijn. De stakeholders kunnen via een serious game sneller in contact met elkaar komen om integraal en spelenderwijs oplossingen voor de knelpunten te zoeken. De tool moet de participatie van de actoren vergroten en het overleg tussen de partijen versoepelen, versnellen en vervroegen.

Aveco de Bondt wil onderzoeken of de Tygron Engine hiervoor geschikt is en hoe de watertoetsthema's in de Engine geïntegreerd kunnen worden.

De Tygron Engine leent zich voor serious gaming en is visueel zeer aantrekkelijk wat de communicatie kan bevorderen.

Deze doelstelling leidt tot de volgende onderzoeksvraag:

Hoe kan in Tygron een hulpmiddel worden ontworpen dat kan worden ingezet in de watertoets teneinde de communicatie met de stakeholders te vergemakkelijken en de kwaliteit van de watertoets te laten toenemen?

Verder zijn er nog een aantal deelvragen opgesteld om het onderzoek naar de hoofdvraag te verduidelijken.

Deelvragen:

- Met welke parameters dient de te ontwikkelen watertoetstool rekening te houden?
- Welke data zijn nodig voor de ontwikkeling van de watertoetstool in de Tygron Engine?
- Hoe moet het model in de Tygron Engine worden opgebouwd ten behoeve van het toetsen van de gedefinieerde watertoetsonderdelen?
- In hoeverre kunnen alle gedefinieerde watertoetsonderdelen getoetst worden met behulp van de ontwikkelde watertoetstool?
- Wat is de bruikbaarheid voor betrokken partijen van de watertoetstool?

Het eindproduct bestaat uit een Tygron Engine project waarin de toetsing van de beschreven aspecten is geautomatiseerd en wat klaarstaat om te kunnen worden ingezet bij de toetsing van stedenbouwkundige plannen op andere locaties.

1.4. Afbakening

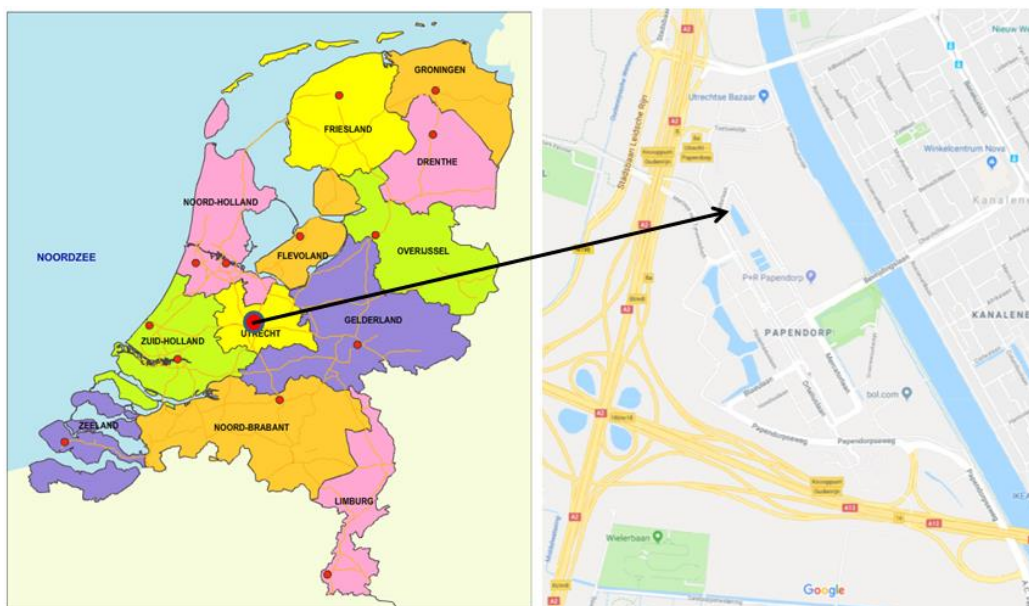
Het onderzoek richt zich op de inzetbaarheid van de Tygron Engine in het watertoetsproces. Hierbij wordt gekeken naar de technische aspecten van de watertoetsthema's van Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) (bijlage 8). Er wordt onderzoek gedaan naar de thema's wateroverlast, waterveiligheid, droogte, waterkwaliteit en bodemdaling. Vervolgens wordt bekeken hoe deze in de Tygron Engine zodanig getoetst kunnen worden zodat de knelpunten naar voren komen en de communicatie/participatie wordt vergemakkelijkt.

Er wordt tevens gekeken naar hittestress aangezien dit sterk gerelateerd is aan klimaatadaptatie en de Engine de mogelijkheid heeft dit aspect snel te toetsen.

Beheer en de afvalwaterketen worden niet meegenomen in verband met de beperkte onderzoekstijd.

De procesmatige aspecten van de Engine in het planvormingsproces worden buiten beschouwing gelaten.

Het onderzoek wordt gedaan aan de hand van een pilotmodel. Het pilotmodel bestaat uit een fictief Stedenbouwkundigplan verwerkt in een Tygron Engine project.



Figuur 1: Locatie plangebied

1.5. Theoretische en praktische relevantie

Het onderzoek naar de automatische toepassingen van stresstesten en waterbeheernormen is interessant voor de toekomstige en huidige noodzaak om aan te passen aan de gevolgen van klimaatveranderingen en kan van toepassing zijn in de Omgevingswet 2021. Hiervoor zijn technologische tools van toegevoegde waarde om deze stressfactoren weergeven en de communicatie tussen opdrachtgever, uitvoerder en waterbeheerder vergemakkelijken. De resultaten uit het onderzoek geven aan of Tygron Engine geschikt is voor gebruik tijdens een watertoets. Het onderzoek heeft hierdoor een hoge praktische relevantie.

1.6. Stand van zaken binnen de wetenschap

De onderdelen van het watertoetsproces zijn het onderwerp van een groot aantal studies. Het onderdeel wateroverlast, de modellering hiervan en de invloed van stedelijk gebied op wateroverlast, is reeds uitgebreid onderzocht door studies (K. Breinl, 2015) (Daniel G Aliaga, 2013) (J. G. Leskens, 2014) (J.Olsson, 2009). Deze studies bevatten case studies en onderzoeken naar de werking van hydrologische modellen en aspecten in het stedelijk waterbeheer. Er wordt in enkele onderzoeken tevens gekeken naar de invloed van klimaatveranderingen hierop. De studies worden zowel in Nederland en internationaal uitgevoerd. Ook het onderdeel waterkwaliteit ligt in de scope van veel wetenschappelijke artikelen. Waterkwaliteit is een divers onderwerp. Er is onderzoek gedaan naar bijvoorbeeld de invloed van verontreiniging uit diffuse bronnen (Novotny, 1994) als riool (Julien Passerat, 2011), stormwaterafvoer (Jun HoLee, 2000), de afstroming van groene daken (Justyna Czemieli Berndtsson L. B., 2009), maar ook naar de invloed van temperatuur op waterkwaliteit (P. G. Whitehead, 2009). Deze studies onderzoeken de oorzaken, gevolgen, modellering en management van de diverse oorzaken van waterkwaliteitsdegradatie.

1.7. Leeswijzer

Hoofdstuk 2: “Onderzoeksopzet en methoden”, heeft betrekking op de projectorganisatie en de structuur van het onderzoek. In dit hoofdstuk worden de betrokken personen en instanties benoemd en wat de rol van de desbetreffende actoren in het onderzoek is. Tevens wordt er een beschrijving gegeven inzake de opbouw van het onderzoek en de hierbij gehanteerde methoden.

Het 3e hoofdstuk bestaat uit het literatuur onderzoek en geeft een beschrijving van de achtergronden van het project, de werking en relevantie van de watertoetsaspecten en de bijbehorende toetsvragen en -aannames.

Vervolgens komt in hoofdstuk 4: “pilotmodelopbouw”, de werkwijze betreffende de model opbouw aan bod. Het hoofdstuk behandelt de benodigde data, de gebruikte programma’s en de werkwijze waarop het pilot model is ontworpen.

De resultaten van de modeltesten komen aan bod in hoofdstuk 5. In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek geanalyseerd. In het hoofdstuk wordt de modelopbouw getoetst, vervolgens wordt de focus gelegd op de werking van de toetsing van de watertoetsonderdelen in de Tygron Engine. Tevens wordt in dit hoofdstuk een uiteenzetting gegeven met betrekking tot de visualisatie van de modelresultaten in de Tygron Engine. Hoofdstuk 6 bestaat uit een bruikbaarheidsanalyse gericht op de toepassing van de ontwikkelde watertoetstool in het watertoetsproces.

Hoofdstuk 7 – de conclusie – wijdt zich aan de beantwoording van de onderzoeksvraag met bijbehorende onderbouwing.

De discussie komt aan bod in hoofdstuk 8 en heeft betrekking op de discussie punten die tijdens- en na het onderzoek naar voren zijn gekomen.

Ten slotte wordt er in hoofdstuk 9 enkele aanbevelingen gedaan betreffende het onderzoek.

2. Onderzoeksmethoden en opzet

In dit hoofdstuk wordt beschreven welke onderzoeksmethode gehanteerd zijn en hoe het onderzoek in dit rapport is gestructureerd. Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met- en in opdracht van Aveco de Bondt.

HDSR heeft gezorgd voor de aanlevering van de benodigde waterschap data dat in het TE model is verwerkt. Tevens zijn de watertoetsaspecten die in dit rapport zijn gebruikt gebaseerd op de watertoets van HDSR. Tygron heeft technische ondersteuning voor het gebruik van de Tygron Engine geleverd.

2.1. Onderzoeksmethoden

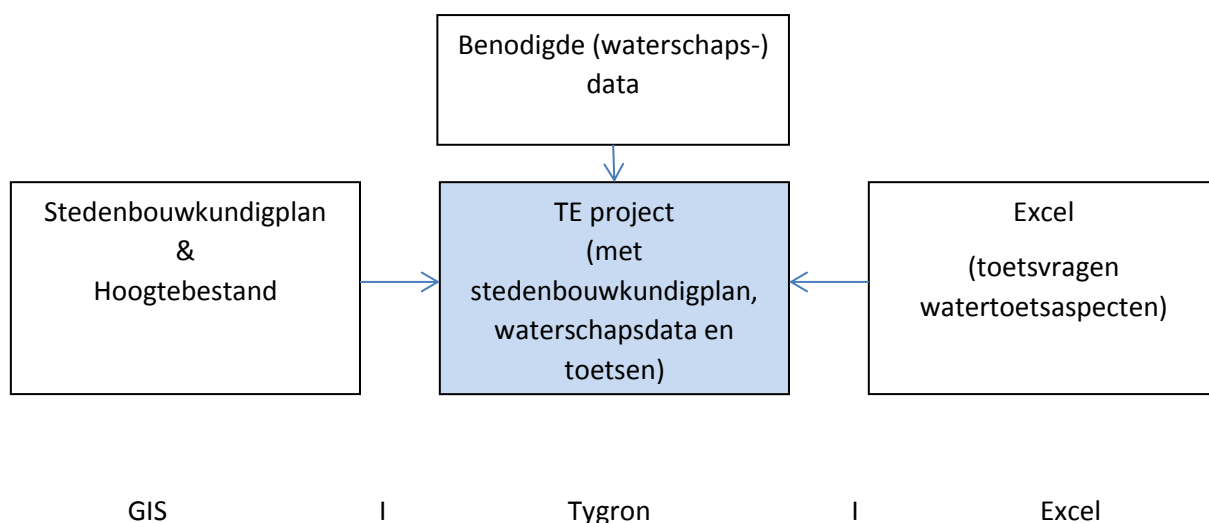
Het onderzoek bestaat uit vier hoofdonderdelen. Hier wordt per onderdeel kort ingegaan op de gehanteerde methodes van het desbetreffende onderdeel en de relevantie voor het onderzoek.

1. Theoretisch onderzoek naar de watertoetsaspecten

Er is literatuur onderzoek gedaan naar de watertoetsaspecten zoals deze in de afbakening (1.4.) zijn beschreven. Dit onderzoek heeft de processen van de aspecten belicht waardoor de sub-thema's en toetsvragen konden worden opgesteld. De watertoetsaspecten worden in de tool aan de hand van deze toetsvragen beoordeeld. De toetsvragen zijn zo ontworpen dat zij de knelpunten per watertoetsaspect signaleren. Deze zijn nodig om de watertoetsaspecten in de tool te integreren. Er is onderzoek gedaan naar de hydrologische opbouw van de Tygron Engine.

2. De opbouw van een pilotmodel

Ten behoeve van het implementeren van de watertoetsaspecten in de tool is er een pilotmodel opgebouwd. Het pilotmodel heeft tot doel te testen hoe een stedenbouwkundigplan moet worden opgebouwd om dit in te kunnen laden in de Tygron Engine. Het stedenbouwkundigplan is opgebouwd in Qgis. Het pilotmodel heeft tevens tot doel te testen hoe en welke toetsvragen in de Engine toegepast kunnen worden. De opgestelde toetsvragen zijn verwerkt in Excel. De Excel bestanden zijn gelinkt aan de Engine. Er is gewerkt met Qgis en Excel omdat deze programma's goed aan de Engine kunnen worden gekoppeld. Er is ook gekeken naar de data die nodig zijn voor de toetsing en de opbouw van het pilotmodel. Het pilotmodel bestaat uit de onderdelen zoals deze te zien zijn in figuur 2.



Figuur 2: Opbouw pilotmodel

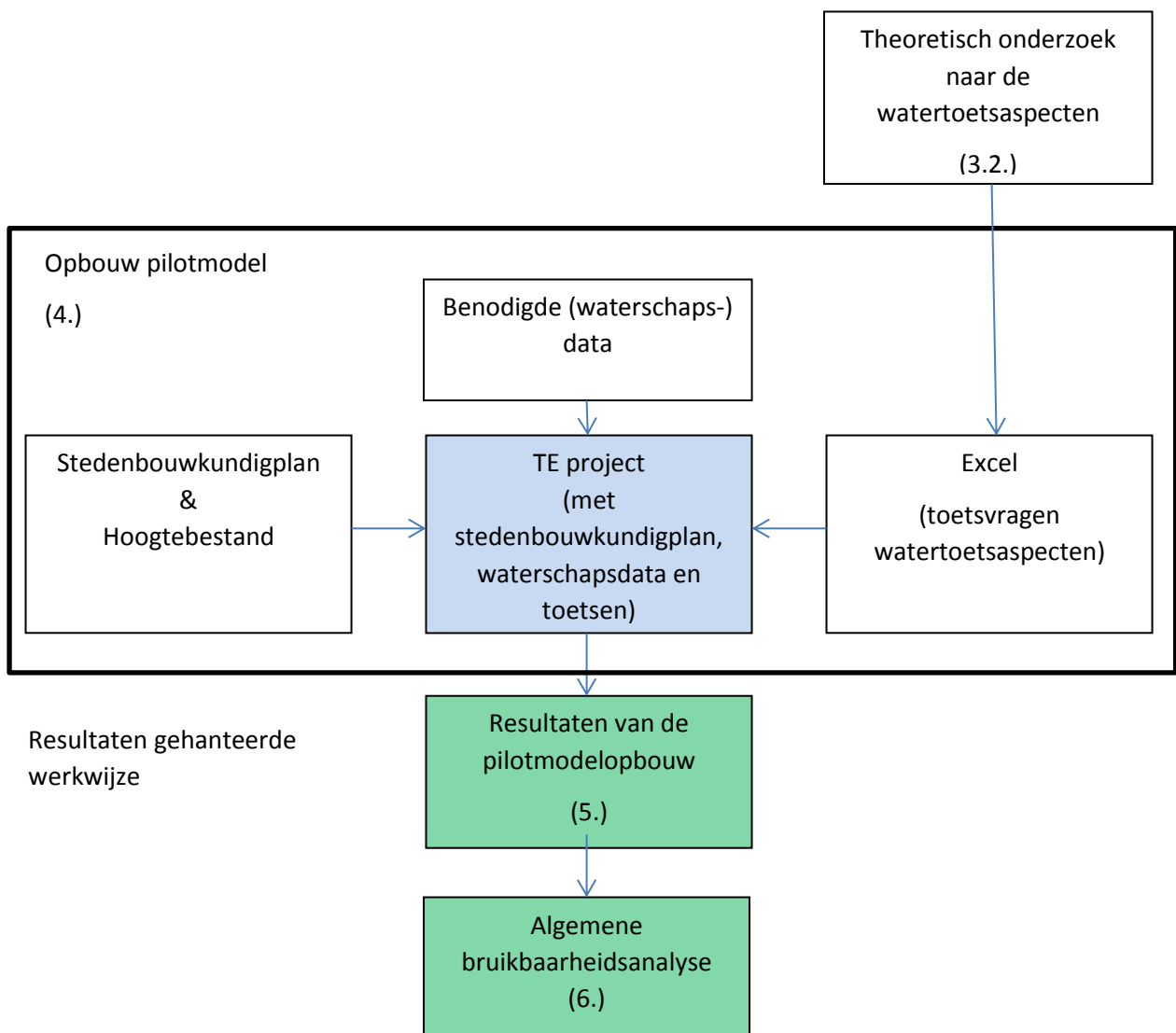
3. Analyse van de resultaten van de pilotmodelopbouw

De opbouw van het stedenbouwkundigplan en het hoogtebestand zijn geanalyseerd op bruikbaarheid en of de gebruikte methoden van opbouwen herhaalbaar zijn.

De toetsingen van de watertoetsaspecten in het pilotmodel zijn onderzocht op de mogelijkheid dat de Tygron Engine deze toetsingen nu kan uitvoeren en of zij de gewenste resultaten laten zien. Dit is gedaan aan de hand van modeltesten in het pilotmodel.

4. De bruikbaarheidsanalyse

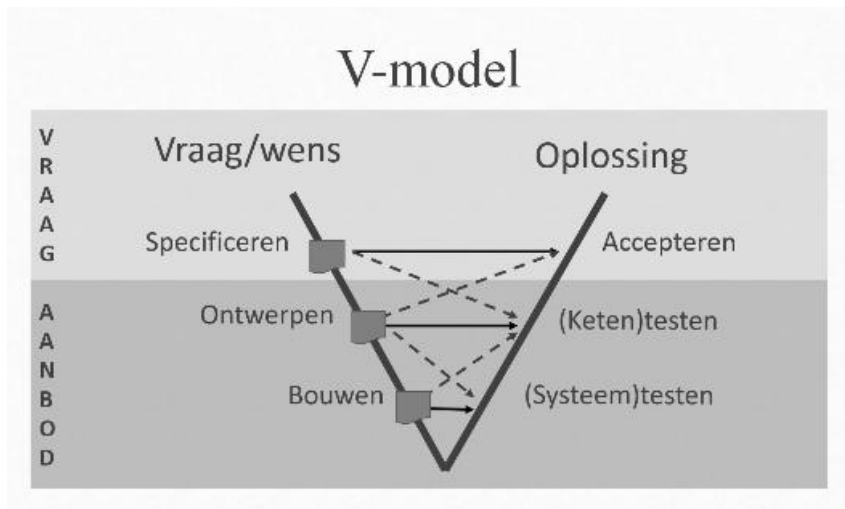
Op basis van de bovenstaande onderzoeksmethoden en verdere modeltesten is bepaald of de Tygron Engine bruikbaar is voor de gedefinieerde toetsen, de hydrologische modellering, het snel inladen van stedenbouwkundige plannen en of de Tygron Engine geschikt zou zijn voor de vergemakkelijking van de stakeholderparticipatie.



Figuur 3: Schema onderzoeksmethode

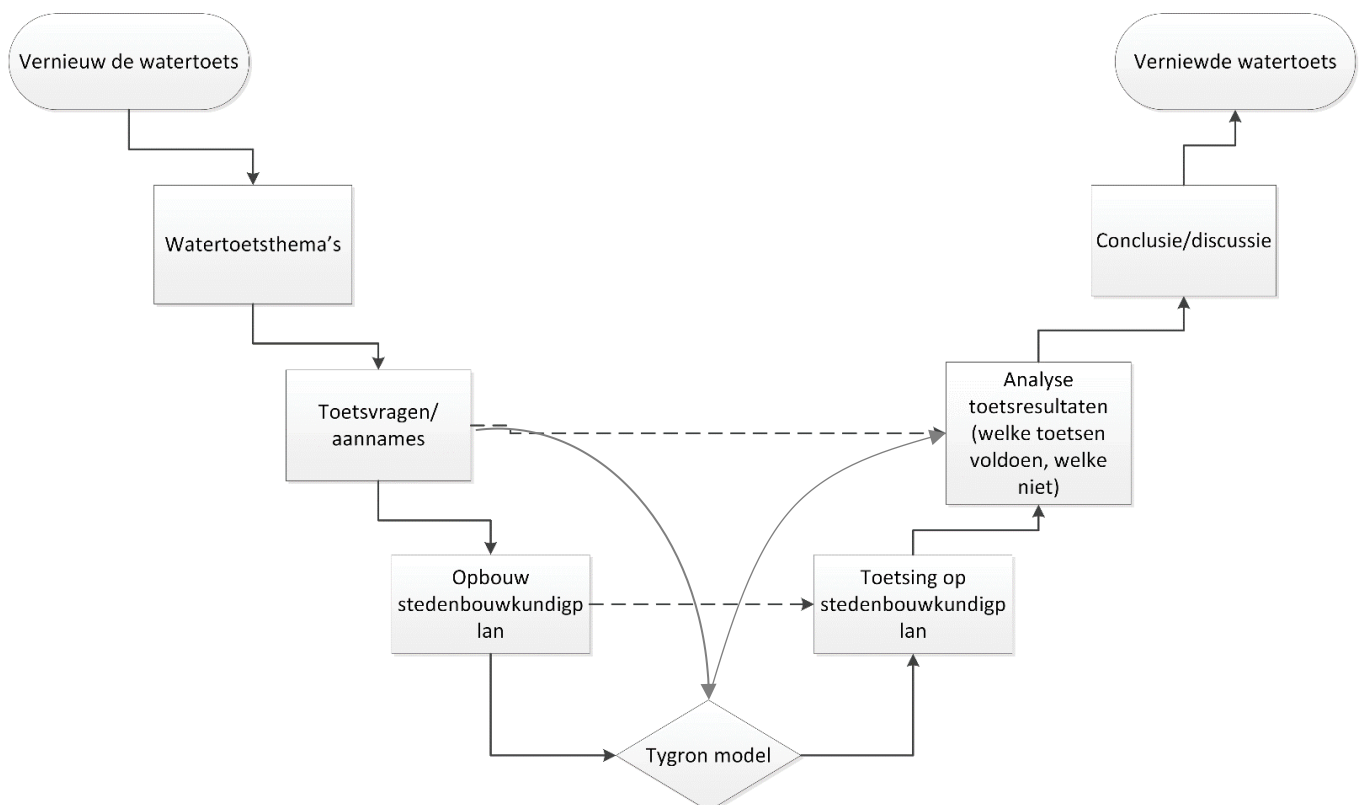
2.2. Onderzoeksopzet

De onderzoeksmethode zijn uitgevoerd aan de hand van het V- model. Deze paragraaf geeft weer hoe het onderzoek in dit rapport is opgebouwd.



Figuur 4: V-model (Bijvank, 2010)

De opzet van het onderzoek geeft in chronologisch volgorde weer hoe het onderzoek is gedaan. Het V-model beschrijft duidelijk hoe de faseovergangen binnen het project lopen. Er wordt onderscheid gemaakt in vraag en aanbod, vraag/wens en oplossing. Op figuur 4 is de opmaak van een V-model te zien. (Bijvank, 2010). Figuur 5 geeft weer hoe het onderzoek is opgezet met behulp van een V-model.



Figuur 5: V-model en methode

3. Theoretisch kader

In dit hoofdstuk worden de toetsonderdelen en onderzoeken die relevant zijn voor het ontwikkelen van de tool in de TE. Dit hoofdstuk is relevant voor de beantwoording van de deelvraag *‘Met welke parameters dient de te ontwikkelen watertoetstool rekening te houden?’* en geeft de voor het onderzoek benodigde informatie betreffende de Tygron Engine, het watertoetsproces en klimaatadaptatie. De informatie die in dit hoofdstuk wordt onderzocht, met name de toetsonderdelen wordt grotendeels verwerkt in de te ontwikkelen watertoetstool en is daarmee relevant voor de onderzoeksvraag

3.1. Het watertoetsproces en de Tygron Engine

Voordat er wordt ingegaan op de ontwikkeling van de watertoetstool wordt er kort ingegaan op het kader van het onderzoek. In dit deelhoofdstuk komen het proces van de watertoets en de hydrologische werking van Tygron Engine aan de orde.

3.1.1. Watertoetsproces

De kern van het waterbeleid voor de 21^e eeuw is ruimte maken voor water in plaats van ruimte onttrekken aan water. De watertoets is een van de instrumenten die gebruikt worden om deze doelstelling te bereiken. De watertoets is een proces waarin de initiatiefnemer en de waterbeheerder met elkaar in gesprek gaan in een zo vroeg mogelijk stadium. Het gaat hierbij over de waterhuishoudkundige belangen zodat deze op een evenwichtige en expliciete wijze in de ruimtelijke plannen en besluiten worden geïntegreerd en worden opgenomen in de waterparagraaf van de plannen.

De watertoets wordt in twee delen uitgevoerd.

Deel één: De initiatiefnemers van ruimtelijke plannen zijn verplicht om de waterbeheerder vroegtijdig in de planvorming te betrekken.

Deel twee: initiatiefnemers zijn verplicht om verantwoording af te leggen over de wijze waarmee is omgegaan met de inbreng van de waterbeheerder (Rijksoverheid, sd). Dit wordt verwerkt in de waterparagraaf.

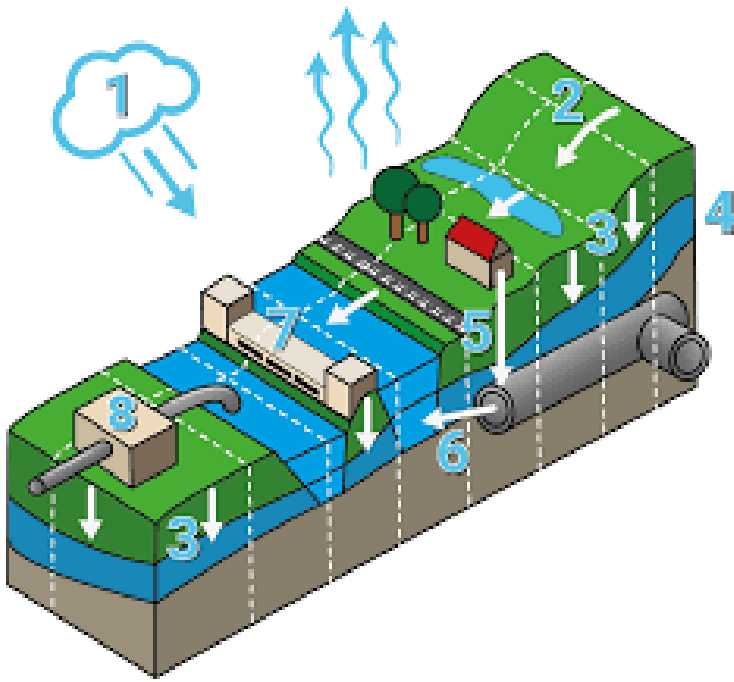
3.1.2. Hydrologische werking van de Tygron Engine

Tygron Engine wordt gebruikt om realistische 3D werelden te creëren op basis van open data en rekenmodellen. Engine software is interactief, intuïtief en kan snel verschillende rekenmodellen doorrekenen.

Voor projecten kan Tygron thema's zoals geluidsoverlast, milieu, hittestress, wateroverlast en duurzaamheid testen aan de geldende regelgeving die de overheid heeft opgesteld.

De Engine is ontworpen door Tygron, een Nederlandse software bedrijf. (Tygron, 2005)

De TE is heel simpel gezegd een 'bakjes model'. Tygron heeft gekozen om een simpele hydraulische werking te integreren in hydrologische processen. De engine rekent door middel van krachtige GPU clusters miljoenen (25 miljoen in 2017 (Tygron, sd)) cellen door. Het onderwerp waar in dit onderzoek mee wordt gewerkt is water. In de TE is de werking van het watersysteem voornamelijk terug te vinden in de rainfall overlay. Hier wordt hier kort uiteengezet hoe deze overlay werkt.



Figuur 6: Tygron watersysteem (Tollenaar, 2017)

Verklaring figuur 6.

1. per gridcel wordt de neerslag en verdamping bepaald .
2. Overtollig water stroomt af over het maaiveld
3. Overtollig water infiltreert, waar mogelijk, in de bodem. Per gebruiksfunctie is bekend wat de infiltratiecapaciteit is. De grondwaterstand wordt bepaald door een ingeladen grid (ghg).
5. Een aantal functies zoals wegen en huizen hebben standaard de attribuut "connected to sewer". Dit attribuut geeft aan of de functie aan het rioolstelsel is gekoppeld. Een deel van de neerslag die hierop valt wordt afgevoerd naar het rioolstelsel. Het rioolstelsel bestaat uit een bakje met een gedefinieerde berging en instroom.
6. De overstort van rioolstelsels vind plaats door een overstort te plaatsen op de grens van het rioolvlak en het peilvlak waarop overgestort te worden. Het oppervlaktewatersysteem bestaat uit peilvlakken die het basis waterpeil aangeven.
7. De in- en uitstroom vind plaats door sturende kunstwerken die geplaatst zijn op de grens van twee aansluitende peilgebieden.

3.2. Toetsonderdelen

In dit hoofdstuk worden een aantal thema's beschreven die vermeld staan in de watertoets van HDSR (bijlage 8). Beheer, afvalwaterbehandeling, riolering en eventuele andere aspecten worden niet meegenomen in verband met de beperkte onderzoekstijd. De watertoetsthema's worden in de tool beoordeeld aan de hand van toetsvragen. Een onderzoek naar deze thema's is nodig om relevante toetsingsvragen op te stellen die in het TE model verwerkt worden (figuur 7).). Deze toetsvragen geven in de tool de knelpunten weer die van belang zijn in het watertoetsproces. Deze vragen zijn ontworpen om de knelpunten van die ontstaan bij de implementatie van een stedenbouwkundig plan te signaleren. Hierdoor worden de gesprekken tussen de betrokken partijen vergemakkelijkt. Dit draagt

bij aan de beantwoording van de onderzoeksvraag; *'Hoe kan in Tygron een hulpmiddel worden ontworpen dat kan worden ingezet in de watertoets teneinde de communicatie met de stakeholders te vergemakkelijken'?*

en beantwoordt de deelvraag; *'Met welke parameters dient de te ontwikkelen watertoetstool rekening te houden?'.*

In de watertoets staan een aantal thema's, de watertoetsaspecten van de waterbeheerder, vermeld waarmee de waterbeheerder rekening houdt.

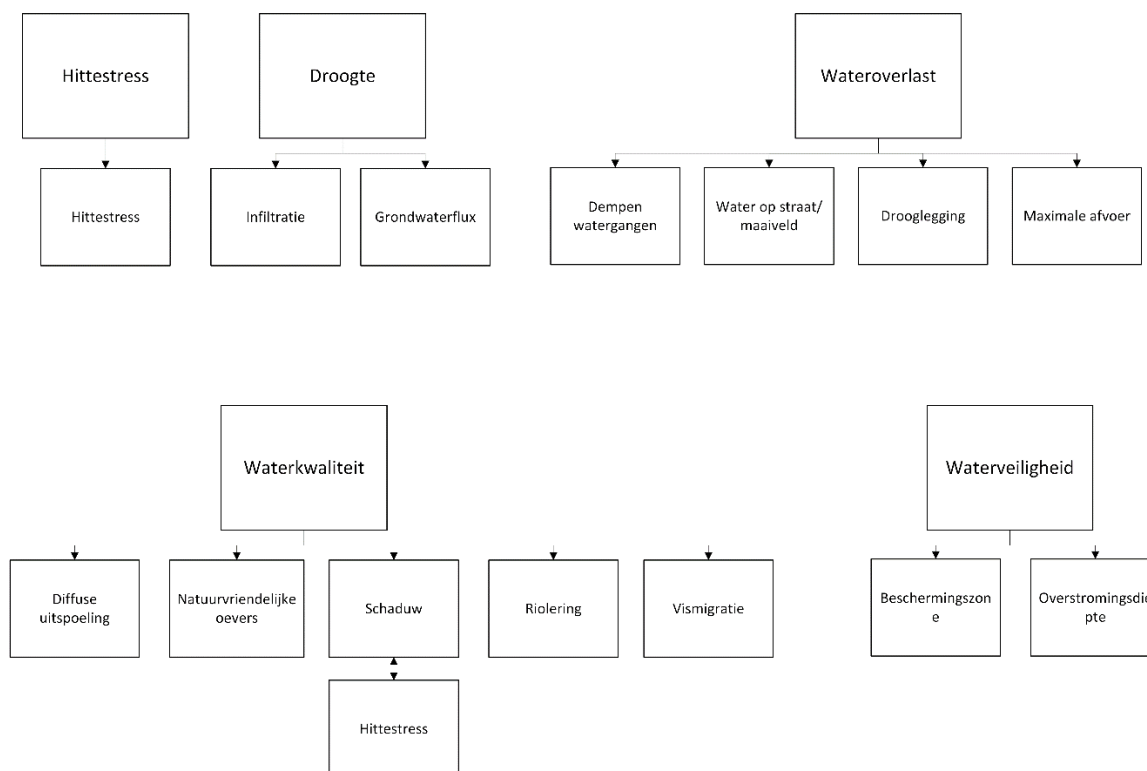
De thema's die meegenomen wordt in het te ontwikkelen TE model zijn bepaald op basis van de bestaande watertoets van HDSR en de mogelijkheden die de TE biedt. Daarom is hittestress ook meegenomen. De thema's zijn:

- Wateroverlast
- Bodemdaling
- Waterkwaliteit
- Droogte
- Hittestress
- Waterveiligheid

De thema's worden tijdens het onderzoek onderverdeeld in subthema's. Deze worden in dit hoofdstuk op basis van literatuurstudie bepaald (figuur 7).

De sub thema's geven aan welke onderdelen getoetst worden in Tygron binnen het desbetreffende thema.

De toetsing gaat in op zes van de thema's die tijdens een watertoetsproces van toepassing zijn. Per thema wordt geanalyseerd wat er gebeurt bij de implementatie van een stedenbouwkundigplan. Voor de thema's zijn er een aantal toetsvragen opgesteld die in het pilotmodel worden getoetst. In de tool worden deze toetsvragen automatisch beantwoord bij het inladen van een stedenbouwkundigplan. De vragen worden per subthema gedefinieerd. De getoetste thema's met de gestelde vragen staan in een tabel vermeld (zie bijlage 2 en de deelparagrafen van dit hoofdstuk). Per vraag wordt een toelichting gegeven over de werking en reden van de toetsing. Voor de toetsingen zijn een aantal aannames gedaan om de toetsaspecten zo duidelijk en optimaal mogelijk te kunnen vertonen. De tool moet antwoord geven op deze toetsvragen. Als het antwoord op een toetsvraag een knelpunt oplevert moet de tool dit automatisch signaleren.



Figuur 7: Watertoetsthema's

3.2.1. Wateroverlast

Verstedelijking en andere sterk bebouwde gebieden zijn de grootste veroorzaker van wateroverlast.

Maximale afvoer

Waterschappen hanteren een maximaal debiet uit de peilgebieden om overlast elders te voorkomen. Ook voorkomt dit droogte in de peilgebieden.

Water op straat

Door klimaatverandering heeft Nederland meer last van hevige regen. Het komt vaker voor dat de huidige rioolstelsel de hevige regen niet aankan. Dit heeft als gevolg dat wateroverlast vaker voorkomt. Wateroverlast heeft vele betekenissen of een combinatie hiervan. De oorzaken die kunnen leiden tot wateroverlast zijn:

- Stagnatie van hemelwater op straat
- Overlopende riolering
- Overstromend oppervlaktewater
- Hogere grondwaterstand

Water wordt versneld afgevoerd en zorgt voor wateroverlast in bepaalde gebieden. In de meeste steden wordt het hemelwater via een riolering afgevoerd en infiltreert niet of weinig de bodem in. Een riolering is niet groot genoeg gebouwd om een piekbui te kunnen opvangen. Als de riolering volloopt, kan het overtollige regenwater ook niet meer worden opgevangen. (WUR, 2010). Voldoende oppervlakte water is van belang om het overtollige regenwater op te vangen, te bergen en gefaseerd af te voeren.

Drooglegging

De drooglegging in stedelijk gebied is van belang voor de stabiliteit van de bouwwerken en de overlast in bijvoorbeeld kruipruimtes. Er is voldoende drooglegging nodig om overlast te voorkomen. (Stowa, 2009)

Wateroppervlakte

De implementatie van een stedenbouwkundig plan kan gevolgen hebben voor het beschikbaarheid van oppervlakte water. Dit kan leiden tot wateroverlast. Als er watergangen gedempt worden bij de aanleg van stedelijk gebied dienen deze gecompenseerd te worden met andere watergangen of ander soorten oppervlakte water/infiltratievoorzieningen.



Figuur 8: Wateroverlast (Berg)

Toetsvragen

De toetsvragen betreffende het thema wateroverlast waar de TE antwoord op moet geven bij de implementatie van een bouwplan zijn vermeld in de onderstaande tabel.

Thema	Subthema	Parameter	Toetsvragen	Toelichting
Water-overlast	maximale afvoer		Wordt de maximale afvoer overschreden?	De maximale afvoer van een gebied wordt onderhouden door het waterschap. Het waterschap heeft daaraan een eis aan gesteld.
	water op straat/maaiveld	huidige situatie	Blijft er water op staat/maaiveld staan in de huidige situatie?	Tijdens huidige situatie mag er maar 20 cm water op straat staan. Deze toets laat zien waar er meer dan 20 cm op straat staat tijdens huidige situatie. (Nu)
		toekomstige situatie klimaatverandering	Blijft er water op staat/maaiveld staan in de toekomstige klimatologische situatie?	Tijdens huidige situatie mag er maar 20 cm water op straat staan. Deze toets laat zien waar er meer dan 20 cm op straat staat tijdens de klimatologische situatie.(toekomst)
	drooglegging	Ontwateringsdiepte	Is de drooglegging voldoende?	Voor gebouwen en wegen is een minimale drooglegging nodig. Deze toets geeft aan of de drooglegging voldoende is.
	Water oppervlakte		Worden er watergangen gedempt?	De gedempte watergangen kunnen elders wateroverlast veroorzaken.

Tabel 1: Toetsvragen wateroverlast

Aannames

Voor de drooglegging die nodig is bij verharding is een aanname gemaakt van 0.80 meter. Deze aanname is gebaseerd op een literatuuronderzoek dat hiervoor is gedaan. Uit het onderzoek bleek dat de gemiddelde drooglegging voor verharding 0.80 meter is. Bij deze drooglegging komt de stabiliteit van de gebruiksfuncties niet in het geding en is de kans op wateroverlast in bijvoorbeeld kruipruimtes klein. (Hoogheemraadschap Rijnland, 2011).

Voor het subthema water op straat/maaiveld wordt 20 cm water op straat gedefinieerd als wateroverlast. Bij 20 cm water op straat hebben de kritieke gebouwen veel schade en kunnen kruipruimtes/kelders onderlopen.

3.2.2. Bodemdaling

Bodemdaling wordt veroorzaakt door natuurlijke processen en menselijke ingrepen.

De oorsprong van natuurlijke bodembewegingen komt door constante bewegingen van de aarde. Zo daalt de bodem in grote delen van Nederland geleidelijk door aanwezige geologische processen, zoals de daling van het Noordzeebekken.

Bodemdaling wordt echter het meest door de mens veroorzaakt of versterkt. Ingrenen in de waterhuishouding, onttrekkingen van water en (over)belasting kan tot bodemdaling leiden. (Natuurinformatie, 2014)

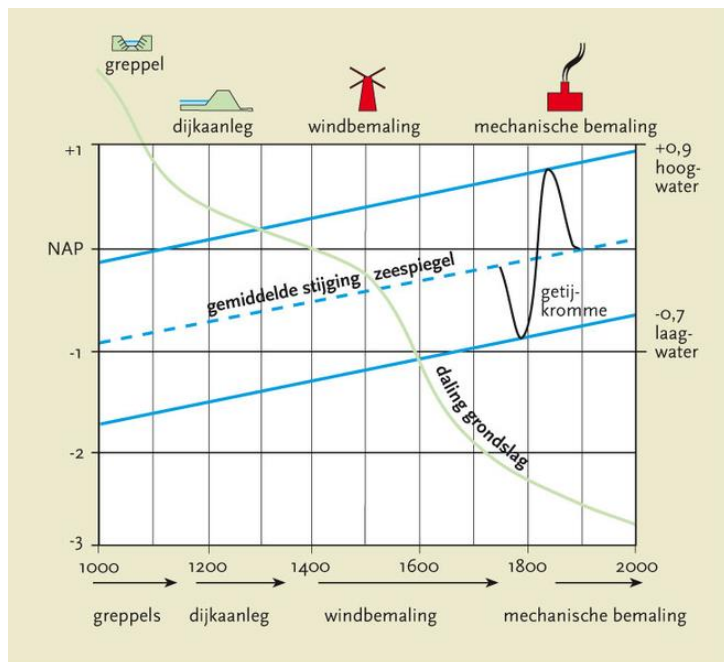
Bodemdaling is een van de aspecten die meegenomen wordt in de watertoets. Tijdens het realiseren van een nieuw stedenbouwkundigplan wordt er grondig naar de ondergrond gekeken. De bodem zegt veel over de draagkracht, de geschiktheid om te bouwen en de eventuele knelpunten die kunnen ontstaan tijdens het bouwen. Met de bodemgegevens kan men maatregelen bedenken en toepassen om toekomstige problemen te voorkomen of te verminderen.

Veenoxidatie

Bodems met veen zijn extra kwetsbaar voor bodemdaling. Als veen in aanraking komt met zuurstof, oxideert het veen. Dit leidt tot vermindering van de veenlaag en hierdoor kan de bodem gaan dalen. (natuur en milieu Zuid-holland, 2014)

Zetting

Als een gebouw of andere constructie druk uitoefent op de bodem, wordt het water uit het dragende laagpakket geperst en hierdoor ontstaat compactie. Aan de oppervlakte komt dit tot uitdrukking in bodemdaling. Klei en veenbodems zijn het meest kwetsbaar voor zetting. In de klei- en veenbodems verloopt uitpersing vrij traag en het kan dus jaren duren voordat een stabiel eindresultaat ontstaat. (Natuurinformatie, 2014)



Figuur 9: Bodemdaling (Bodemdaling-krimpenerwaard)

Toetsvragen.

De toetsvragen gerelateerd aan het watertoetsaspect bodemdaling waar de TE antwoord op moet geven bij de implementatie van een bouwplan zijn vermeld in de onderstaande tabel.

Thema	Sub thema	Parameter	Toetsvragen	Toelichting
Bodemdaling	Zetting	Belasting door bodemopbouw of infrastructuur	Is er kans op bodemdaling door zetting?	Gebouwen en infrastructuur veroorzaken zetting waardoor de bodem kan zakken. En kan leiden tot veel economische schade.
	Veenoxidatie	Bodem	Is er kans op bodemdaling door veenoxidatie?	Gronden met veen kunnen door veenoxidatie gaan dalen.

Tabel 2: Toetsvragen bodemdaling

Aannames:

Voor de berekening van bodemdaling die wordt veroorzaakt door veenoxidatie is de aanname gemaakt dat bij de aanwezigheid 5% veen (of meer) de kans op bodemdaling aanwezig is.

3.2.3. Waterkwaliteit

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) stelt dat de waterkwaliteit van de Europese wateren uiterlijk 2027 “op orde moet zijn” (Rijkswaterstaat, 2016). Verandering van de leefomgeving door de bouw van nieuwbouw of aanpassingen van bestaand bebouwd gebied kan op verschillende manieren negatieve invloed hebben op de waterkwaliteit (Wiersma, 2013). Verstedelijking vormt een directe bedreiging voor de kwaliteit van waterlichamen (Uriarte, 2011). Ten behoeve van het integreren van de waterkwaliteit in de TE wordt er in deze paragraaf onderzoek gedaan naar de parameters die hierop invloed hebben, hoe zij zich manifesteren en wat de gevolgen kunnen zijn op de waterkwaliteit.

Temperatuur

Temperatuur heeft in meerdere opzichten invloed op de waterkwaliteit. Het is dus van belang om dit mee te nemen in de watertoets. Temperatuur wordt beïnvloed door urbanisatie (stadsklimaat, 2017) (R. Loeve, 2006) (Sarian Kosten Et al, 2011). Steden hebben een stadsklimaat. Dit houdt in dat ze warmer zijn dan de omgeving, minder neerslag ondervinden en de windsnelheid lager is (verstedelijking-en-opwarming, 2017). Zhongwei Yan et al (2010) Guyo Ren et al (2008)]. Samen met de lozing van koelwater – voornamelijk in de grote rivieren - is stijging van de luchttemperatuur de meest considerabele oorzaak van de stijging van watertemperatuur (CBS, 2017). Jiunn-Der Duh et al. (2008) Stelt dat de temperatuur essentieel is voor de gezondheid van het watersysteem.

Vervuilsbronnen

In de onderstaande sub-paragrafen worden de vervuilende bronnen die voor het onderzoek relevant geacht worden uiteengezet en wordt de relevantie ervan aan het watertoetsproces gekoppeld.

Riool overstort (gemengd)

Voornamelijk in bestaande wijken bestaat het riool uit een gemengd stelsel. Een gemengd rioolstelsel

bevat de hemelwaterafvoer (hwa) en droogweerafvoer (dwa) (toiletten, douche etc.) in één stelsel. De overstort van gemengde rioolstelsels kan een grote impact hebben op de waterkwaliteit. Bij hevige neerslag kunnen gemengde rioolstelsels het aantal mm neerslag soms niet meer aan. In deze gevallen stort het rioolstelsel over op het oppervlakte water. Dit tast de waterkwaliteit aan (HDSR, 2016) (Hvitved-Jacobsen, 1982) (Hans Jansen, 2011) (Waterbeheer, 2002) (Hoijsink, 2017)

Afspoeling vervuilende stoffen (gescheiden rioolstelsel)

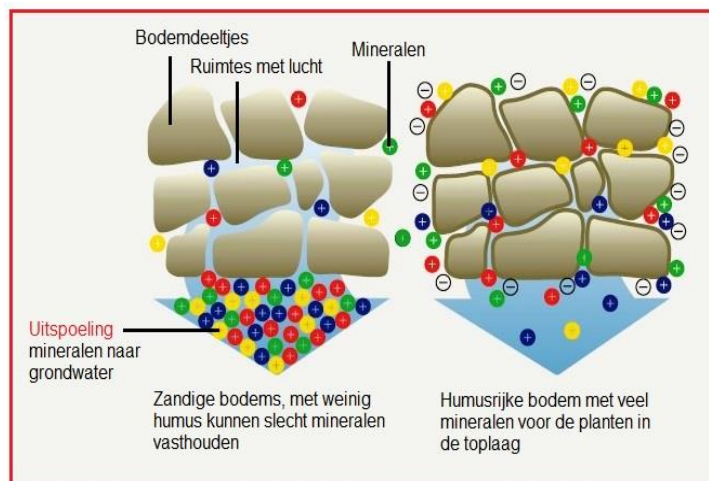
De ontwikkeling van stedelijk gebied draagt op verschillende manieren bij aan het ontstaan van diffuse bronnen die van invloed kunnen zijn op de waterkwaliteit. Onder diffuse bronnen wordt de lozing van verontreinigde stoffen verstaan die niet op een enkele plek zijn oorsprong vinden, maar waarvan de bron een breder ofwel diffuus gebied is.

De ontwikkeling van stedelijk gebied draagt bij aan de toename van verharde en ondoorlatende oppervlaktes. Tegenwoordig worden afvalwaterstromen gescheiden, middels een gescheiden rioolstelsel en oppervlakkige afstroming van overtollig regenwater (wet-milieubeheer, n.d.)). Het verharde oppervlak van nieuwbouwwijken watert daarom af op het oppervlakte- of grondwater. De kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater wordt negatief beïnvloed door de afspoeling van - op het ondoorlatende oppervlakte van een wijk – opgehoopte vervuilende stoffen. Dit gebeurt bij de “first flush” van neerslag. (M.C. Gromaire-Mertz, 1999)), (M.C. Gromaire-Mertz, 1999) (P. Göbel, 2007). (I. Gneco, 2005). Darren Drapper et al (2000)

Uitspoeling schadelijke stoffen

Uitspoeling van de bodem is een proces waarbij oplosbare deeltjes zoals mineralen en nutriënten gemengd met water steeds verder de bodem inzakken. Uitspoeling kan ervoor zorgen dat de nutriënten door het wegzakken in de bodem niet meer bereikbaar wordt voor de wortels van de bodem. De bodem verandert dan in een voedselarme omgeving waar planten en struiken moeite hebben om te kunnen groeien.

(Börger, 2016)

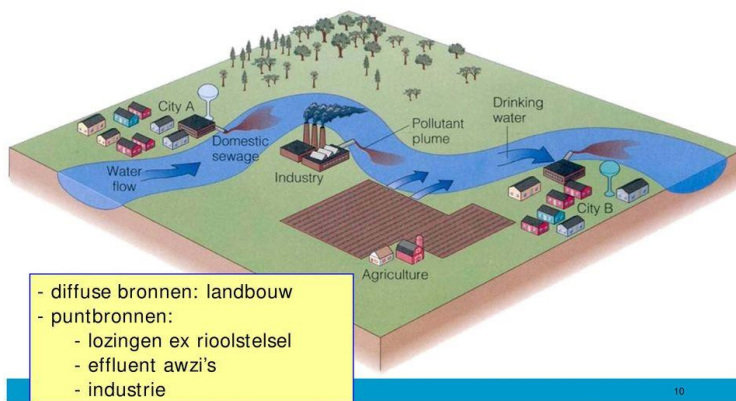


Figuur 10: Uitspoeling (biologielessen)

Uitspoeling van meststoffen uit landbouwgronden en bemeste tuinen kan leiden tot eutrofiering. Eutrofiering is een proces waarbij het water voedselrijker wordt door de uitgespoelde nutriënten en lozing van afval water van een bedrijfengebied.

De vele aanwezige nutriënten in het water stimuleren de algengroei. Overmatige algengroei kan schadelijk zijn voor het waterkwaliteit.. Algen die sterven worden onder aerobe omstandigheden afgebroken door bacteriën. Hierdoor kan het water zuurstofloos worden en dat heeft vooral negatieve gevolgen voor aquatische organismen. (VLIZ, sd)

One city's wastewater is another city's drinking water



TU Delft

Figuur 11: Bronnen van verontreiniging (De-waterketen-drinkwater-afvalwater-productie-bereiding-opslag)

Vismigratie

De visstand in waterlichamen is een indicator voor de waterkwaliteit (Vismigratie, 2017). Veel vissen migreren van het ene waterlichaam naar het andere. Dit wordt gedaan bijvoorbeeld om zich voor te planten, schuilplaatsen te zoeken of van winter- naar zomerverblijf te migreren (waarom vissen migreren, 2014). De plaatsing van hydraulische kunstwerken zoals gemalen, stuwen of dammen heeft tot gevolg dat significante delen van de oorspronkelijke habitat van specifieke vissoorten niet meer of nog maar slecht met elkaar worden verbonden (A.J.F. Hoitink, 2007). Logischerwijs heeft de plaatsing van dergelijke kunstwerken dus invloed op de visstand- en dus de waterkwaliteit - van bepaalde waterlichamen. Maatregelen als vistrappen, vispasseerbare stuwen- en gemalen zorgen dat deze hindernissen worden weggenomen.



Figuur 12: Vistrap (visadvies)

Toetsvragen

De onderstaande tabel geeft de toetsvragen weer die opgesteld zijn voor het thema waterkwaliteit. Bij de implementatie van een stedenbouwkunigplan in de TE moet de tool antwoord geven op deze vragen.

Thema	Subthema	Parameter	Toetsvragen	Toelichting
Waterkwaliteit	Diffuse bronnen	Afspoeling diffuse bronnen	Is de weg aangesloten op een pompovercapaciteit(verder aangeduid als POC)?	Directe afspoeling van verhard oppervlak op een watergang is nadelig voor de waterkwaliteit.
	Diffuse uitspoeling	Uitspoeling van stoffen afkomstig van tuinen en moestuinen.	Is drainage of overstort aanwezig? Is er uitspoeling op ecologische water?	Uitspoeling van nutriënten op ecologische water is nadelig voor de ecologie.
	Schaduw		Zijn er bomen aan de zuidkant van een watergang aanwezig?	Bomen zorgen voor schaduw en verkoeling op de watergang .
	Hittestress		Is de hittestress groter dan +0.5 graden bij een watergang?	Veel warmte op een watergang belemmerd de waterkwaliteit.
	Vismigratie		Zijn de aanwezige kunstwerken vispasseerbaar?	Niet vispasseerbare kunstwerken belemmerd de vismigratie.
	NVO	ecologische waterkwaliteit	Zijn er natuur vriendelijke oevers(verder aangeduid als NVO) aanwezig?	Nvo's geven een hoge ecologische waarde aan een watergang.

Tabel 3: Toets vragen waterkwaliteit

Aannames:

Als er geen POC aanwezig is, wordt er vanuit gegaan dat een onbepaald percentage verontreinigde stoffen van een gescheiden riool naar het oppervlaktewater stroomt.

Voor de berekening of er schaduw op een watergang valt wordt uitgegaan van de zonstand op 21 juni en een gemiddelde boomhoogte van 10 meter. De buffer om de watergang waarbinnen bomen moeten staan zodat er schaduw op de watergang valt bedraagt op basis hiervan vijf meter.

Voor hittestress op een watergang is een groei van 0.5 graden aangenomen. Vanaf een toename van 0.5 graden op een watergang is de kans dat de waterkwaliteit achteruit gaat.

3.2.4. Droogte

Verdroging heeft vooral negatieve invloed op de ecosystemen. Inheemse planten in Nederland zijn voornamelijk afhankelijk van de grondwaterstand en de aanwezigheid van kwelwater. Door de verdroging kunnen deze planten verdwijnen uit het ecosysteem.

De verdwijning van de planten heeft ook een negatieve invloed op de fauna. Sommige insectensoorten hebben juist die planten nodig om te kunnen voortplanten en kunnen hierdoor bedreigd worden. (Rijksoverheid, 2003)

Verdroging heeft voornamelijk te maken met:

- Versnelde afwatering en ontwatering van landelijk gebied en stedelijk gebied.
- Grondwateronttrekkingen voor drink- en industriewater.
- Toename van verhard oppervlak.

Grondwater

Een verlaging van de grondwaterstand zorgt ervoor dat de bodem gaat verdrogen.

Er wordt over verdroging gesproken als de hoeveelheid beschikbare grondwater van de juiste kwaliteit onvoldoende is om de natuurwaarde te garanderen. Een ander voorbeeld is als aan een gebied, ter compensatie van een te lage grondwaterstand of een te lage kweldruk, water van een andere gebiedsvreemde kwaliteit moet worden aangeleverd. Het verdrogen van een gebied is gekoppeld aan de functie natuur. Verdroging is een structureel probleem.

Infiltratie

Landgebruik zegt veel over hoe er met het grondwater wordt omgegaan. De infiltratiecapaciteit, de nodige ontwateringsdiepte en of er voldoende berging aanwezig is hebben hiermee te maken. Hierbij is het noodzakelijk om te weten wat allemaal vermeld staat in een stedenbouwkundig plan en welke functies toegepast worden in het gebied. Als een stuk grasland wordt omgebouwd tot een parkeerplek, neemt de infiltratie mogelijkheid van het gebied af. Hierdoor kan de waterbalans verstoord worden en verdroging kan optreden. De oplossing is om groen (in de vorm van een wadi of bomenstrook) in het stedenbouwkundig plan op te nemen zodat het ook gerealiseerd kan worden en om voldoende berging te creëren.



Figuur 13: Verdroging (WUR)

Toetsvragen

Het onderzoek naar het thema droogte heeft geleid tot toetsvragen. De tool moet antwoord geven op deze toetsvragen waardoor eventuele knelpunten betreffende dit thema naar voren komen.

Thema	Sub thema	Parameter	Toetsvragen	Toelichting
Droogte	Grondwater	Verandering van grondwaterstand en flux.	Heeft de bouw van de wijk invloed op de verandering van de grondwaterstand en de flux?	Een te lage grondwaterstand vergroot de kans op verdroging.
	Infiltratie		Wat is het verschil in infiltratie? (verschil in huidige situatie en geplande situatie)	Minder infiltratiecapaciteit zorgt voor meer verdroging.

Tabel 4: Toetsvragen droogte

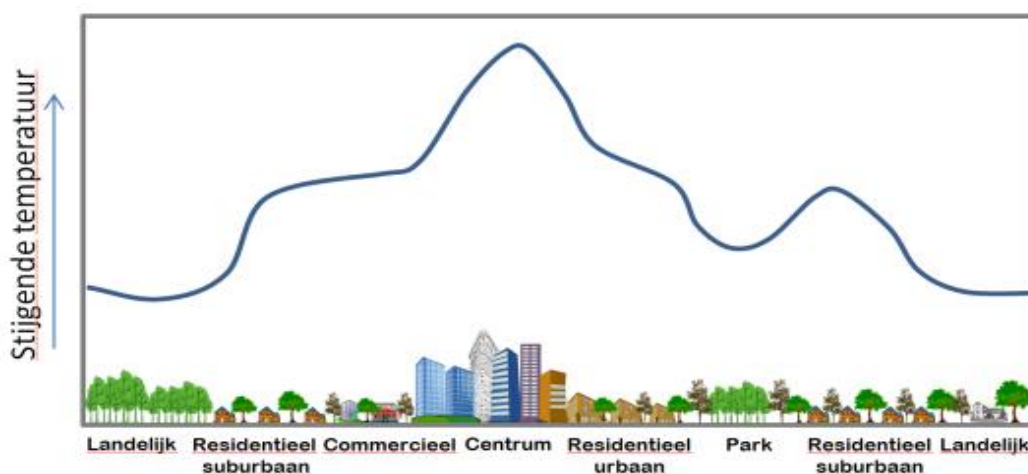
Aannames:

De toetsing van het onderdeel infiltratie is gebaseerd op de volgende aannames:

- Voor een maatgevende bui ($T=10+10\%$) is de compensatie oppervlaktewater $436 \text{ m}^3/\text{ha}$ verhard oppervlakte.
- Voor een toekomstige bui ($T=100 + 10\%$) is de compensatie oppervlaktewater $664 \text{ m}^3/\text{ha}$ verhard oppervlakte. (Waterschap Rivierenland)
- Onder verhard oppervlakte wordt verstaan: al het oppervlakte dat geen infiltratie capaciteit heeft met uitzondering van watergangen.

3.2.5. Hittestress

De temperatuur is in de afgelopen eeuw mondiaal circa 0.9 °C gestegen (KNMI, sd). Door de verhoogde thermische capaciteit – het vermogen om warmte op te slaan – van stedelijk gebied, het tekort aan water en het ‘canyon effect’ wordt de temperatuur binnen de bebouwde omgeving nog verder verhoogd (Sheeba Valsson, 2009). In stedelijk gebied kan hierdoor het warmte eiland effect (WEE) ontstaan. Het WEE wordt veroorzaakt door een aantal oorzaken. Ten eerste wordt het zonlicht meerdere keren langs gebouwen en andere verharde oppervlakten gereflecteerd voordat het terug gaat in de atmosfeer, de verharding absorbeert bij elke reflectie een deel van de zonnewarmte, de kleur van verharding speelt hierbij ook een rol (albedo effect en emissiviteit). Ten tweede verandert de sky view factor van een gebied door verstedelijking. De bouw van gebouwen maakt de hoek waaronder de warmte van gebouwen kan afstralen naar de atmosfeer kleiner waardoor de uitstraling van warmte wordt verminderd. Ten derde veroorzaken een beperkte waterbeschikbaarheid en een beperkt groen oppervlakte een verlaagde energieconsumptie door verdamping, tevens komt er extra energie beschikbaar voor de opwarming van de lucht (G.J. Steeneveld) (Kennis voor Klimaat, 2011). Kortom, verstedelijking heeft invloed op extra temperatuurstijging. Deze temperatuurstijging en het ontstaan van WEE kan leiden tot hittestress wat vervolgens kan leiden tot een afname van de waterkwaliteit zoals vermeld staat in hoofdstuk 2.2.3. en tot een aantal gezondheids- en leefbaarheidsproblemen. Hittestress kan resulteren in slaapverstoring, een verminderd thermisch comfort, gedragsverandering en een verminderde arbeidsproductiviteit. Er kunnen echter ook hitte gerelateerde ziekten ontstaan zoals krampen, beroertes, ademhalingsproblemen, oververmoeidheid en huiduitslag. Met name oudere zijn kwetsbaar. Tijdens hittegolven – welke door het WEE versterkt kunnen worden – neemt het sterftecijfer circa 12% toe (TNO, 2014). De toepassing van groen en water kunnen de effecten van het WEE mitigeren.



Figuur 14: Warmte eiland effect (Leefmilieu brussels, 2017)

Toetsvragen

De onderstaande tabel geeft de door de tool te beantwoorden toetsvragen weer.

Thema	Sub thema	Parameter	Toetsvraag	Toelichting
Hittestress		Hitte in de stad.	Komt hittestress voor in het gebied?	-

Tabel 5: Toets vragen hittestress

3.2.6. Waterveiligheid

Primaire en regionale keringen vormen het hart van de waterveiligheid in Nederland.

Primaire keringen bieden bescherming tijdens hoogwater vanuit de kust gebieden en de grote rivieren Rijn, Maas en IJssel. Primaire keringen aan de Noordzeekust zijn voornamelijk duinen. Langs de rivieren, Waddenkust en het IJsselmeer wordt het water gekeerd door dijken.

Een regionale kering is een niet-primaire of overige kering.

Regionale keringen worden in verschillende groepen onderscheiden, namelijk de boezemkaden, keringen langs regionale rivieren en kanalen, compartimenteringsdijken en zomerkades. Regionale keringen bieden bescherming tegen overstromingen vanuit het binnenwater.

(Rijksoverheid, 2017)



Figuur 15: Meerlaagse-veiligheid (Stowa)

Overstromingsdiepte

De overstromingsdiepte bepaalt de mate van effecten van een overstroming in een gebied. De overstromingsdiepte is een van de factoren van waterveiligheid die van belang is voor de hoeveelheid schade en slachtoffers.

Bij een hoge overstromingsdiepte is de risico voor de mens hoog en moet er geëvacueerd worden om slachtoffers te voorkomen. Ook kunnen veel functies zoals ziekenhuizen, elektriciteitscentrales en drinkwaterproducenten uitvallen. Ook al is een kans op een overstroming zeer klein, is het handig om het wel mee te nemen in de planvormtoepassingen. (Klimaat-effectatlas, 2014)

Stabiliteit waterkeringen

Voor de stabiliteit en bescherming van waterkeringen is het noodzakelijk dat bebouwing niet te dicht op de kering worden gebouwd. Voor elke waterkering is een beschermingszone gemaakt waar niet gebouwd kan worden. Bebouwing binnen de beschermingszone maakt het uitvoeren van dijkverzwaringen moeilijker en/of duurder. Bovendien kan de aanleg van een bouwwerk in de beschermingszone onder bepaalde omstandigheden een bedreiging voor de stabiliteit van de waterkering vormen.

Toetsvragen

De toetsvragen betreffende het thema waterveiligheid waar de TE antwoord op moet geven bij de implementatie van een bouwplan zijn vermeld in de onderstaande tabel.

Thema	Subthema	Parameter	Vraag	Toelichting
Waterveiligheid	Overstromingsdiepte		Blijven de gevoelige functies buiten gevaar bij de berekende overstromingsdiepte?	Elk functie heeft een eis als het gaat om overstromingsdiepte. Die mag niet overschreden worden.
	Beschermingszone	Waterkering	Ligt een gebouw binnen de beschermingszone van 25 meter van een waterkering?	Bouwen binnen de beschermingszone van een waterkering kan schadelijk zijn.

Tabel 6: Toets vragen waterveiligheid

Aannames:

De overstromingsdiepte is al een keer berekend door Climate Adaptation Services. Met die gegevens kan berekend worden of de gevoelige functies zoals een ziekenhuis of een evacuateroute intact blijven.

De beschermingszone van een dijk is gezet op 25 meter; door een gebouw binnen de beschermingszone wordt de kering onstabiel; buiten de beschermingszone is de kering wel stabiel.

4. Pilotmodelopbouw

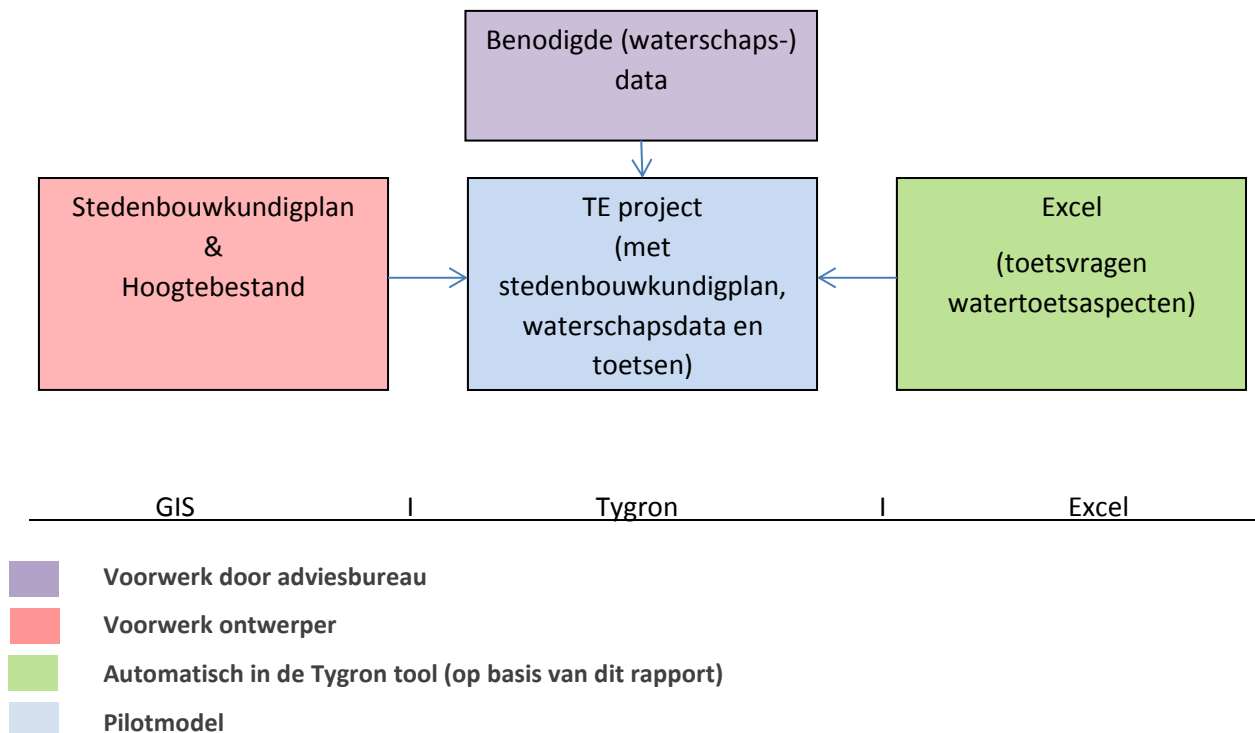
Het onderzoek is uitgevoerd aan de hand van een pilotmodel. Het model bestaat uit de onderdelen zoals deze zijn weergegeven in figuur 16. In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe het model is opgebouwd. Dit heeft tot doel de reproduceerbaarheid te garanderen. Het pilotmodel is een weergave van een fictief project zoals dat in de tool zou kunnen worden weergegeven. Het pilotmodel dient als basis voor de automatische tool.

Het hoofdstuk gaat in op de data die nodig is om het model in de Tygron Engine op te bouwen.

Er wordt beschreven hoe het stedenbouwkundigplan dat in dit onderzoek is gebruikt is opgebouwd.

Dit geeft tevens een beeld hoe stedenbouwkundige plannen voor toekomstig gebruik van de tool moeten worden opgebouwd en waarom dit op de beschreven werkwijze moet gebeuren.

De toetsvragen die in het vorige hoofdstuk zijn opgesteld worden met behulp van Excel verwerkt in de Tygron Engine. De wijze waarop en de rede waarom dit wordt gedaan wordt hier uiteengezet. Ten slotte wordt beschreven hoe deze onderdelen samen komen in het Tygron Engine model.



Figuur 16: Opzet modelopbouw

4.1 Benodigde data

Voor een goede toetsing in Tygron zijn een aantal datasets nodig. In de onderstaande tabel worden de data beschreven die nodig zijn, waarom die nodig zijn en uit welke bron het data beschikbaar zijn. Deze data dient voor een project te worden klaargezet in een Tygron project.

Te verkrijgen data	Toelichting	Bron
AHN kaart	Voor onderzoek waar overtollig water heen kan stromen.	AHN viewer (staat automatisch in de TE)
Bodemkaart	Rekening houden met ondergrond en aanwezigheid van veen (bodemdaling).	Open data source Provincie Utrecht
Ligging waterkeringen	Gebouwen langs keringen kunnen tot problemen leiden. Het is noodzakelijk om te weten of/waar waterkeringen in het gebied liggen.	Open data source HDSR
Waterkwaliteitsmodule HDSR	De eisen die HDSR stelt aan waterkwaliteit in de watergangen.	HDSR
RE-PEAT berekening	Voor de berekening van bodemdaling die HDSR heeft uitgevoerd voor hun beheergebied.	HDSR
Peilgebieden	Peilgebied is een cluster van afwateringsgebieden waarin één en hetzelfde peil wordt nagestreefd. Dit is nodig voor de berekeningen van ontwateringsdiepte.	Open data source HDSR
Peilbesluiten	In een peilbesluit legt het waterschap de waterpeilen vast van een begrensde gebied, vaak één of meerdere polders.	Open data source HDSR
Legger	De ligging van watergangen is noodzakelijk bij het realiseren van een nieuwe woonwijk.	Open data source HDSR

Tabel 7: Benodigde data

4.2. Qgis

De inzet van- en de ontwikkeling van- de in dit onderzoek ontwikkelde tool vereist een dat een stedenbouwkundig plan op een specifieke wijze wordt opgebouwd. Om te onderzoeken hoe dit optimaal kan gebeuren is voor dit onderzoek is een fictief stedenbouwkundig gebouwd in Qgis. Toekomstige plannen dienen voor gebruik van de tool op dezelfde wijze worden opgebouwd door de initiatiefnemer.

Qgis is een open source geografisch informatie systeem, beter bekend als GIS. Het programma geeft verschillende besturingssystemen en platforms weer. De beschikbare geografische gegevens kunnen bekeken, bewerkt of geanalyseerd worden (Qgis.org).

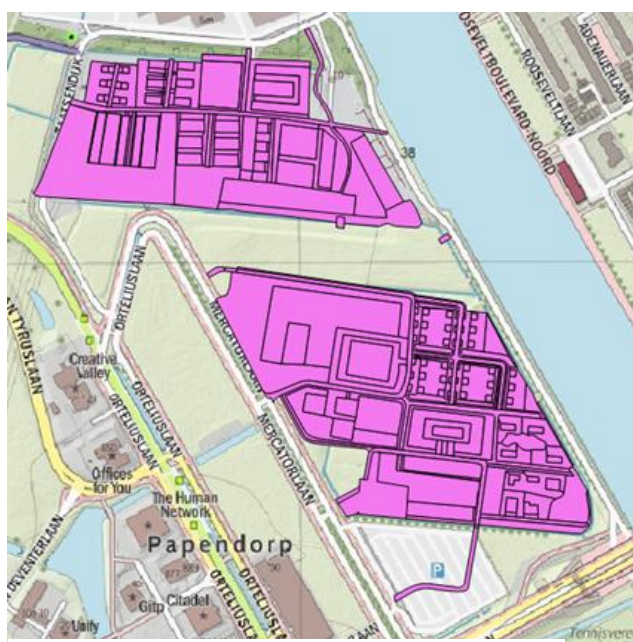
Qgis biedt de mogelijkheid informatie zoals het stedenbouwkundigplan snel en handig te ontwerpen en klaar te zetten. Deze informatie kan ingeladen worden in de Engine.

Qgis werkt met vectoren. De vectoren worden in Qgis als vlak getekend en per vlak wordt een aantal functies toegekend. De functie geeft aan wat voor gebouw, verharding of groen aanwezig is in het model. Dit is van invloed op de waterberging, hittestress en andere stressfactoren. Vooraf dient te worden bepaald welke functies in het gebied gewenst zijn. Bijlage 5 geeft een voorbeeld van de functies en attributen in het fictieve stedenbouwkundigplan.

Stedenbouwkundigplan Groenewoud

Voor dit onderzoek is het stedenbouwkundigplan Groenewoud gebouwd om alle aspecten te testen die worden besproken tijdens het watertoetsproces. Het model geeft aan hoe de nieuwe woonwijk of renovatie stadscentrum/woonwijk wordt gebouwd. Het model is van een fictief ontwerp. Het model is zo gebouwd dat alle toets onderdelen voorkomen in het gebied.

Per shapefile dat getekend wordt in Qgis, wordt een functie toegekend. Elke functie die voorkomt in de wijk krijgt een aparte shapefile (vectorlaag). De functies kunnen variëren van een flat tot een villa en van een strook bos tot een speeltuin. Alles wordt ingetekend in één shapefile, maar als een apart vlak. Water wordt als aparte shapefiles getekend. Verder worden in het tabel van het stedenbouwkundigplan attributen toegevoegd. Elke functie die al in het model staat wordt toegekend aan een van de attributen. Het toekennen van een functie aan een attribuut wordt gedaan doormiddel van een getal. Tygron leest getallen als het aan een bepaalde functie moet rekenen. Aan een functie die geen invloed heeft op een attribuut, wordt een NULL toegekend. Dit wordt niet gelezen in Tygron. Het model Groenewoudt is opgedeeld in twee type wijken. Een deel van de wijk is klimaatadaptief gebouwd met veel groen, groene daken, doorlatende wegen en afwatermogelijkheden. Het andere deel is niet klimaatadaptief gebouwd met veel verharding, zonder groene daken en geen doorlatende wegen. Met de verschillende gebouwde wijken kunnen er verschillen getoond worden in de toetsing. Bijlage 5 Laat de attributentabel van het fictieve stedenbouwkundigplan zien. Voor toekomstig gebruik van de tool dienen deze attributen aangehouden te worden.



Figuur 17: Het stedenbouwkundigplan in Qgis

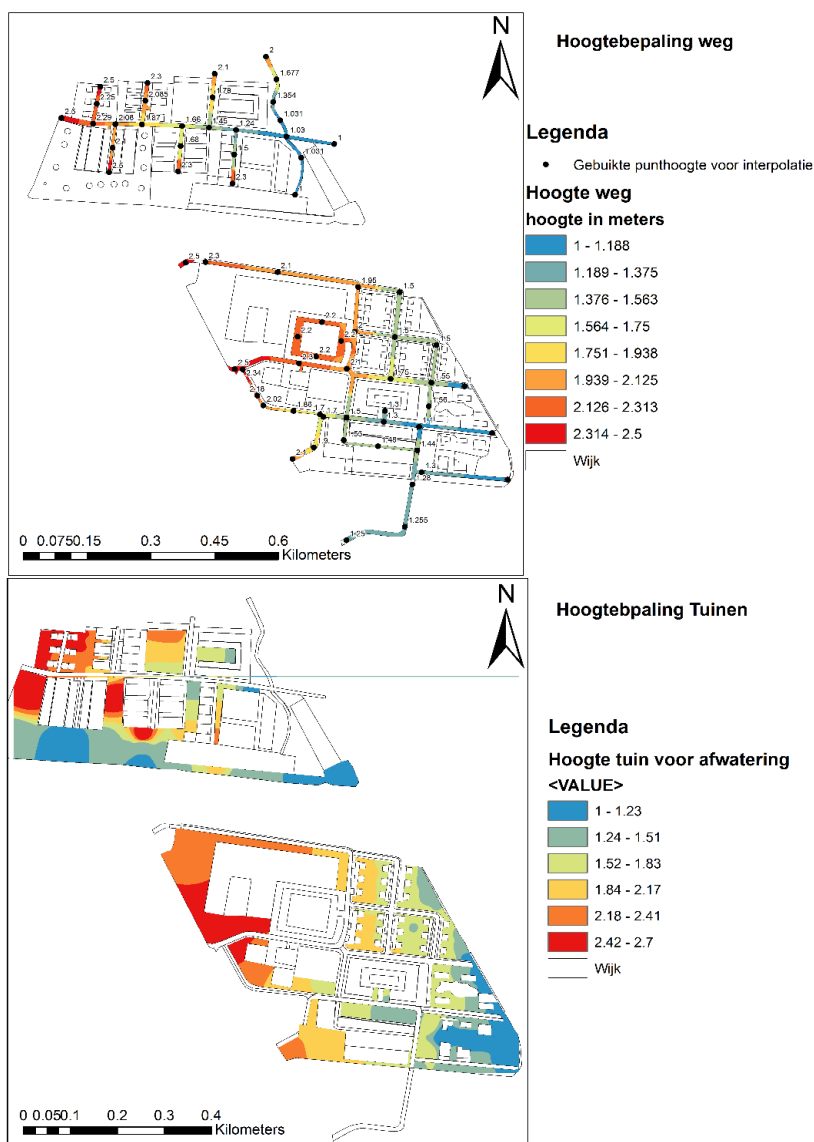
Hoogtebestand

Voor de toetsing binnen het fictieve stedenbouwkundigplan is tevens een fictief hoogtebestand ontworpen. De regenoverlast wordt grotendeels bepaald door het reliëf binnen een gebied. De bouw van een wijk binnen de TE zonder hoogtebestand zou geen basis kunnen vormen voor het onderzoek naar wateroverlast. Binnen gis is een hoogte bestand ontworpen om deze toetsing wel uit te kunnen voeren en te onderzoeken hoe en of het hoogtebestand binnen een kort tijdsbestek te creëren is.

Werkwijze en aannames

Het hoogtebestand is ontworpen met het doel een aantal laaggelegen gebieden te creëren zodat er wateroverlast ontstaat en maatregelen die wateroverlast tegen dienen te gaan getest kunnen worden. Tevens wordt onderzocht of het water via het oppervlak kan afstromen richting de waterlichamen en wat het effect hiervan is op de wateroverlast.

Voor de realisatie van het hoogtebestand is het vlakke bestand van de ontworpen wijk genomen. De vlakken waar gebouwen op staan hebben een attribuut 'hoogte' gekregen dat de hoogte in m+NAP weergeeft. Deze vlakken zijn "gerasteriseerd" op basis van dit attribuut zodat zij klaarstaan om als hoogtebestand ingeladen te worden, het zijn horizontaal waterpasse vlakken. De wegen, tuinen en overige oppervlakte zijn opgedeeld in een punten bestand, deze punten hebben eveneens een hoogte waarde gekregen. Per apart vlak (wegen, tuinen, parken etc.) zijn deze punten geïnterpoleerd met de IDW methode. Hierdoor kregen de hoogtepunten van de wegen geen interactie met de punten die binnen de tuinvlakken zijn gelegen. De gecreëerde grids zijn vervolgens samengevoegd om een vlak dekkend hoogtebestand te krijgen. Locaties waar het oorspronkelijke maaiveld aangehouden dient te worden hebben een 'nul' data waarde gekregen, de TE leest dit niet in en gebruikt dus automatisch het oude hoogtebestand.



Figuur 18: Boven: hoogtebepaling weg. Onder: hoogtebepaling overig

4.3. Excel

Voor de toetsingen van de watertoetsaspecten in Tygron is Excel noodzakelijk. Deze toetsvragen blijven automatisch aan de Engine gekoppeld. Toekomstige project kunnen hier gestandaardiseerd gebruik van maken. In Excel wordt aangegeven welke rekenacties TE moet uitvoeren voor de uitvoering van de toetsen. De toetsen worden in Excel gedefinieerd in de vorm van de Tygron Query Language (TQL) waardoor de TE de toetsen uit kan voeren. Per toetsvraag is een Excel bestand gemaakt dat aan de TE wordt gekoppeld.

Door specifieke cellen te definiëren die als invoer en uitvoer dienen voor de berekening, kan de Tygron Engine berekeningen uitvoeren met door de gebruiker gedefinieerde Excel-bestanden. In de Excel bestanden kunnen ook teksten geschreven worden om informatie te geven over de huidige status van de sessie of om inzicht te geven in de berekening van een bepaalde waarde. Excel rekent met de attributen die aan het stedenbouwkundigplan zijn toegewezen.

Bijlage 3 laat de gebruikte TQL vragen zien.

4.4. Tygron

In de Tygron Engine zijn het stedenbouwkundigplan, de waterschapsdata en de toetsvragen geïntegreerd. Deze paragraaf geeft aan hoe dat wordt gedaan. Deze onderwerpen gekoppeld aan de Engine is het pilotmodel.

Op basis van dit model is onderzocht of de watertoetsaspecten te visualiseren zijn en of de Engine geschikt is voor de integratie in het watertoetsproces.

De Engine wordt gebruikt om realistische 3D werelden te creëren op basis van open data en rekenmodellen. Tygron Engine software is interactief, intuïtief en kan snel verschillende rekenmodellen doorrekenen.

Inladen data

Voordat de toetsing kan plaatsvinden, dient de beschreven data in de Engine te worden geladen. Dit gebeurt via open data sources. Op basis hiervan bouwt Tygron automatisch de omgeving.

Het inladen van het stedenbouwkundig plan

Als het proefmodel volledig is gebouwd in Qgis en gereed staat, kan het model ingeladen worden in Tygron. Het inladen van het model in Tygron wordt handmatig gedaan als geodata. Tijdens het inladen van het model in Tygron kan per vlak een functie worden toegekend die aangegeven is tijdens het bouwen van het model in Qgis (bijlage 6). De functies van het proefmodel kunnen op twee manieren worden ingeladen:

- Building (vaste gebouwen): Dit duidt op het inladen van het plan als 'vaste' gebouwen waarmee wordt gerekend.
- Measure: Dit biedt de mogelijkheid het plan te activeren en deactiveren.

Het koppelen van de Excelbestanden

De ontwikkelde Excel bestanden worden aan het Tygron project gekoppeld. Dit gebeurt met behulp van 'template Excel panels' (figuur 19 en bijlage 3). Met behulp van de template excel panels worden de in Excel gedefinieerde toetsvragen in het model uitgevoerd. Deze panels verschijnen vervolgens als de toetsvraag resulteert in een knelpunt.

De signaleringspanels bevatten informatie over het desbetreffende thema. Enkele signaleringen bevatten een rekenkundige formule of een link naar een informatief document waardoor de gebruiker gegevens tot de beschikking krijgt.



Figuur 19: Het pilotmodel

5. Analyse van de opbouw van het TE model en de toetsing van de watertoetsthema's in de TE

In de voorgaande hoofdstukken zijn de toets onderdelen van de watertoets en de modelopbouw van het pilotgebied uiteengezet. Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van de verkregen resultaten uit het ontwikkelde Tygron model. Op basis van het model en bijbehorende resultaten wordt onderzocht of de beschreven toetsonderdelen toetsbaar zijn in de Tygron Engine en of de opbouw van het model bruikbaar is. Het hoofdstuk wordt ten behoeve van een duidelijke structuur onderverdeeld in de volgende deelhoofdstukken:

- Resultaten model opbouw
- Analyse toetsing watertoetsonderdelen.
- Analyse visualisatie modelresultaten

5.1. Resultaten modelopbouw-analyse

Deze paragraaf analyseert de opbouw van het model. Hierbij wordt gekeken naar de bouw van het pilotmodel, het nieuw ontworpen hoogtebestand en de methode om het stedenbouwkundigplan in de Tygron Engine in te laden.

5.1.1. Resultaten opbouw stedenbouwkundigplan in Qgis

Het pilotmodel is opgebouwd doormiddel van een aantal aangenomen werkwijzen. Dit deelhoofdstuk heeft tot doel de bruikbaarheid en juistheid van de gehanteerde werkwijzen te analyseren. Dit wordt gedaan op basis van onderzoek naar de inzichtelijkheid van de modelopbouwende werkzaamheden (lees: data verzameling, planopbouw, GIS voorbereiding), of de data voldoende en kloppend is en of de modelopbouw volledig is. De analyse wordt gedaan aan de hand van modeltesten.

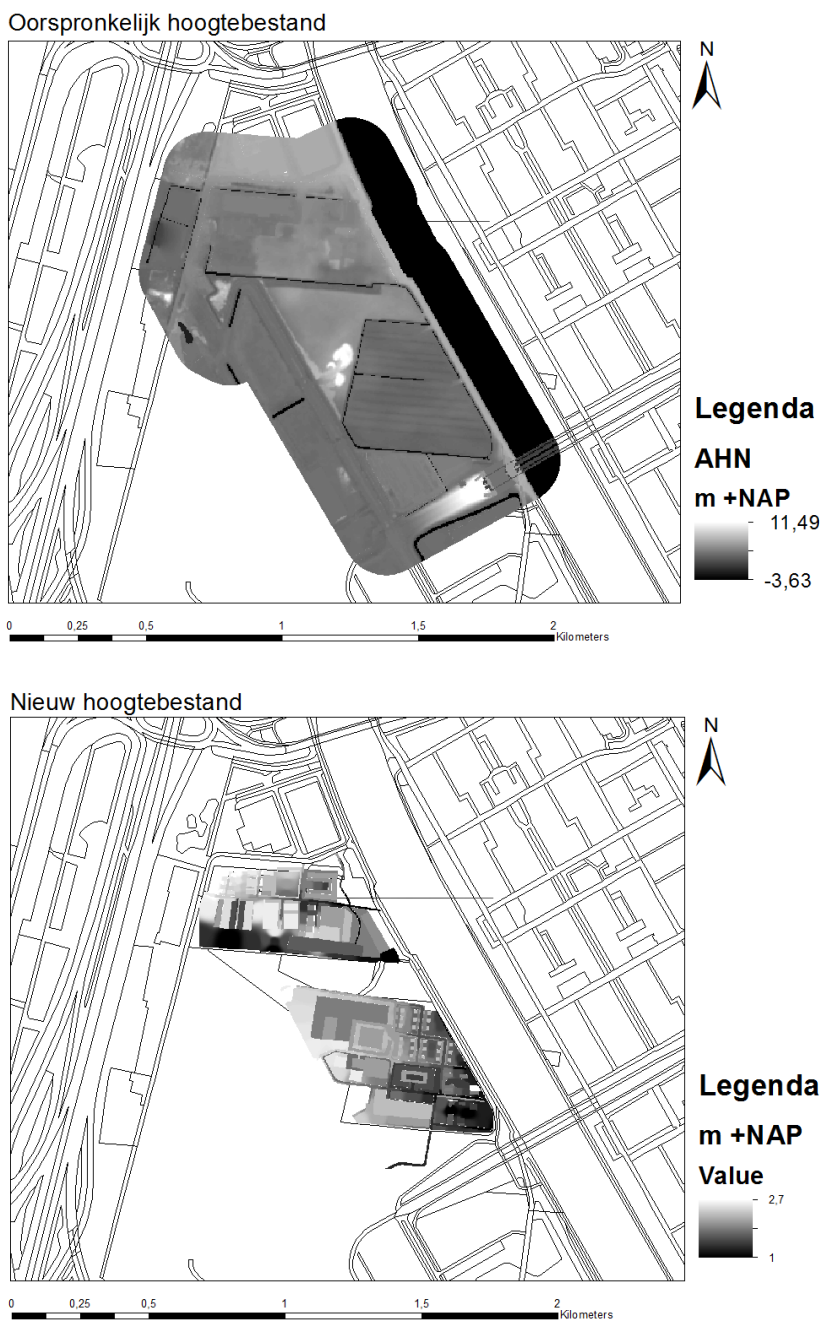
De wijze waarop het stedenbouwkundigplan in Qgis is opgebouwd lijkt op basis van de werking van de toetsen geschikt. Het inladen van de data en het pilotplan op de beschreven werkwijze heeft geen problemen opgeleverd en kan binnen een kort tijdsbestek worden gedaan. Er dient van te voren echter wel duidelijk bepaald te worden welke functies er in het plan moeten komen te staan om deze zonder problemen in de Engine te laden. Voor toekomstig gebruik van de tool dienen dezelfde attributen van het in dit onderzoek ontwikkelde stedenbouwkundigplan te worden gebruikt. Afbeelding 17 laat zien hoe het stedenbouwkundigplan in Qgis en Tygron eruitziet



Figuur 20: Het stedenbouwkundigplan in de Engine (links) en Qgis (rechts)

5.1.2. Resultaten opbouw hoogtebestand in Qgis

Het hoogtebestand dat ontworpen is in Qgis voor de toetsing van het pilotgebied biedt de mogelijkheid de toetsing van wateroverlast/afvoer tot een bepaalde nauwkeurigheid uit te voeren. Het hoogtebestand is echter van een laag detailniveau. Hierdoor zijn de resultaten van de regenwateroverlast niet volledig betrouwbaar. Het hoogtebestand leent zich voor de visualisatie van knelpunten maar niet voor precieze analyses betreffende het aantal centimeter water op straat. De TE tool verschaft hierdoor de mogelijkheid de effecten van bepaalde type maatregelen – zoals de aanleg van wadi's of afvoergoten – te testen maar leent zich niet voor maatwerk. Figuur 21 laat het originele hoogtebestand en het ontwikkelde hoogtebestand zien.



Figuur 21: Oorspronkelijk- en nieuw hoogtebestand

5.1.3. Methoden inladen stedenbouwkundigplan

Het stedenbouwkundigplan kan op twee manieren worden ingeladen in de TE. Tabel 8 Laat een analyse zien van de voor en nadelen van de methoden. Op basis hiervan kan besloten worden welke methode gebruikt wordt.

Methode	Voordelen	Nadelen
<i>Building (vaste gebouwen)</i>	Bij het voordoen van knelpunten kunnen measures (maatregelen als wadi's of groene daken) worden gerealiseerd en het effect hiervan op het stedenbouwkundigplan geanalyseerd. De toetsen veranderen mee met de aanpassingen aan het plan die binnen de tool worden doorgevoerd.	Er kan niet gekeken worden naar het verschil tussen de huidige situatie(zonder plangebied) en toekomstige situatie(met plangebied).
<i>Measure (maatregel)</i>	Er kan wel gekeken worden naar het verschil tussen de huidige situatie(zonder plangebied) en toekomstige situatie(met plangebied).	Het veranderen van functies en het implementeren van maatregelen binnen het model is niet mogelijk Het hoogtebestand kan niet worden ingeladen als measure en blijft dus ook in de 'originele' versie staan waardoor er een verdraaid beeld van de situatie zonder plan ontstaat (de 'voor' situatie)

Tabel 8: Methode om het stedenbouwkundigplan in Tygron te laden

5.2. Resultaten analyse toetsing watertoetsaspecten

Bijlage 3 laat per toetsvraag de rekenkundige opdrachten achter de toetsing en het bijbehorende resultaten zien. De afbeeldingen laten de visualisatie van de desbetreffende toets zien. Op de afbeeldingen zijn een voorbeeld van een waarschuwingstekst, het signaleringsteken en een selectie van een aantal knelpunten te zien.

Met behulp van de bouw van het pilotmodel in Tygron is getest welke toetsen uitvoerbaar zijn binnen de engine. Per toetsonderdeel wordt een analyse uitgevoerd waarin de toetsbaarheid en haalbaarheid om de toetsonderdelen uit te voeren is onderzocht. Dit wordt gedaan op basis van bevindingen tijdens de opbouw en toetsing van het pilotmodel, de beschikbaarheid van data en de analyse van de rekenkundige mogelijkheden binnen de Tygron engine. De analyse bestaat uit een onderzoek per watertoetsonderdeel naar de bijbehorende vragen. De resultaten laten per vraag zien of deze toetsbaar is in de Tygron Engine met toelichting hoe de toetsing zich laat zien in het model en – mocht dit het geval zijn – waarom de toetsing niet werkt en wat hiervoor nodig is om deze toch te kunnen implementeren.

Ter begeleiding is hieronder een overzicht gegeven betreffende de onderzochte watertoetsaspecten en sub-thema's. Dit hoofdstuk analyseert per toetsonderdeel of de bijbehorende toetsen in de TE kunnen worden verwerkt.

Toetsonderdeel	Subthema	Parameter
<i>Wateroverlast</i>	Maximale afvoer	
	Water op straat/maaiveld	Huidige situatie (klimaat)
		Toekomstige situatie (klimaat)
	Drooglegging	
<i>Waterkwaliteit</i>	Beschikbaar wateroppervlakte	
	Diffuse bronnen	Diffuse uitspoeling
		Diffuse afspoeling
	Temperatuur	Schaduw
		Hittestress
<i>Bodemdaling</i>	Vismigratie	
	ESF	Ecologische waterkwaliteit
	Zetting	Belasting door bodemopbouw of infrastructuur
<i>Droogte</i>	Veenoxidatie	Bodemopbouw
	Grondwater	Verandering grondwaterstand
		Verandering flux
	Infiltratie	
<i>Hittestress</i>		
<i>Waterveiligheid</i>	Veiligheidszone waterkering	
	Overstromingsdiepte	

Tabel 9: Watertoetsonderdelen

5.2.1. Wateroverlast

<u>Toetsonderdeel</u>	<u>Subthema</u>	<u>Parameter</u>
<i>Wateroverlast</i>	Maximale afvoer	
	Water op straat/maaiveld	Huidige situatie (klimaat)
		Toekomstige situatie (klimaat)
	Drooglegging	
	Beschikbaar wateroppervlakte	

Tabel 10: Wateroverlast + thema's

Het onderdeel wateroverlast bestaat uit de thema's zoals deze in tabel 10 te zien zijn. Per thema zijn er een aantal toets vragen opgesteld die in het model zijn uitgewerkt. Per vraag wordt geanalyseerd – op basis van de modelwerking, beschikbare data en modelbevindingen – of deze kan worden getoetst in de Engine. De vragen hebben alle betrekking op de implementatie van een stedenbouwkundig plan en de gevolgen daarvan. Bijlage 3.1 laat de waterbalans met begeleidende tekst in verscheidene situaties zien. De wateroverlast indicator (Bijlage 3.1.) laat per gedefinieerde wijk het oppervlakte zien dat onderhevig is aan wateroverlast, de indicator verandert als er maatregelen worden getroffen.

<u>Toets vraag</u>	<u>Toetsbaar</u>	<u>Toelichting</u>
<i>Wordt de maximale afvoer overschreden?</i>	onvolledig	Het huidige watertoetsmodel – opgebouwd zoals in dit rapport is beschreven – biedt niet de mogelijkheid deze toetsing visueel uit te voeren, het is echter wel mogelijk een duiker te creëren met daarin de mogelijkheid de afvoer uit het desbetreffende peilgebied te sturen. Ook bestaat de mogelijkheid om in de waterbalans de afvoer af te lezen.
<i>Blijft er water op staat/maaiveld staan in de huidige en/of toekomstige klimatologische situatie?</i>	Ja	Deze toetsing is met behulp van de rainfall overlay uitvoerbaar. De toetsing laat doormiddel van een kleuren kaart zien waar het water zich bij de vooraf bepaalde bui ophoopt. Tevens geeft de toetsing de mogelijkheid een eis betreffende het aantal centimeters dat op maaiveld staat te accentueren. Door de hydrologische formules, actuele data, goede visualisatie en grote rekenkracht is de Tygron Engine geschikt voor het bepalen van regenwater overlast op straat. De indicator wateroverlast laat tevens per wijk het oppervlakte aan dat een bepaald aantal cm wateroverlast ondervindt.
<i>Is de droogleggingsdiepte voldoende?</i>	Nee	Deze toetsing is momenteel niet uitvoerbaar. De Tygron Engine kan deze grid analyse niet uitvoeren.
<i>Verdwijnt er huidig oppervlakte water?</i>	Ja	Deze toetsing is uitvoerbaar. De panel gedempte watergangen laat zien welke watergangen en wat het oppervlakte hiervan is bij uitvoering van het plan worden gedempt.

Tabel 11: Analyse toetsbaarheid wateroverlast

De Tygron Engine is goed toepasbaar voor het onderdeel wateroverlast (in stedelijk gebied) wegens de hoge rekensnelheid, actuele data (ahn), 3D visualisatie en hydrologische formules. Het watertoetsonderdeel wateroverlast zoals beschreven in dit rapport kan grotendeels getoetst worden doormiddel van de implementatie van de toets vragen in de Tygron engine. De toetsing betreffende de overschrijding van de maximale afvoer kan niet visueel worden uitgevoerd maar is wel – tot een bepaald nauwkeurighedsniveau, voor zover de TE dit kan berekenen – terug te vinden in de Engine onder de rainfall overlay waterbalance (bijlage 3.1.). Ook is het mogelijk om doormiddel van een panel de maximale afvoer handmatig te definiëren, hierdoor kan het verschil in wateroverlast geanalyseerd worden. Dit kan worden gedaan doormiddel van de verschillen kaart in de rainfall overlay. Het rekenen met twee grids om de ontwateringsdiepte te bepalen is nog niet mogelijk. Om het onderdeel wateroverlast compleet te maken dient de berekening tussen twee grids te kunnen. De resultaten betreffende het water op straat/maaiveld zijn zeer afhankelijk van het hoogte bestand. Aangezien de toetsing – in dit onderzoek maar ook in de toekomst - wordt uitgevoerd op basis van een concept plan dient er goed gekeken te worden of het hoogtebestand van het plan nauwkeurig genoeg is om de resultaten aan te kunnen nemen. Met deze optie wordt goed duidelijk wat de invloed van bepaalde type verharding (doorlatend/niet doorlatend) en type daken (groene- of geen groene daken) is. Binnen het model kunnen door de gebruiker maatregelen worden bedacht en toegepast. De regenoverlast rekt met de actuele gebruiksfuncties en verandert dus mee met de genomen maatregelen. Dit biedt de mogelijkheid het effect van maatregelen te analyseren. De water op straat indicator laat zien hoeveel wateroverlast er in de wijk ontstaat en is bruikbaar voor de analyse van verscheidene maatregelen (bijlage 3.1.)

5.2.2. Waterkwaliteit

Toetsonderdeel	Subthema	Parameter
Waterkwaliteit	Diffuse bronnen	Diffuse uitspoeling
		Diffuse afspoeling
	Temperatuur	Schaduw
		Hittestress
	Vismigratie	
	ESF	Ecologische waterkwaliteit

Tabel 12: Waterkwaliteit + thema's

Het onderdeel waterkwaliteit is een zeer divers – doch vaak onderbelicht - aspect van het watertoetsproces. De toetsing van de waterkwaliteitsthema's vindt plaats op basis van het onderzoek en de gemaakte aannames in hoofdstuk 2.2.3. Aangezien de precieze kwantificatie van verontreiniging of mate van waterkwaliteitsdegradatie lastig te bepalen is laten de toetsen in de meeste gevallen enkel de aanwezigheid van potentiële diffuse bronnen zien. Bijlage 3.2. laat de rekenopdrachten en resultaten van de waterkwaliteitstoetsen zien.

Toets vraag	Toetsbaar	Toelichting
<i>Zijn er verhardten oppervlakte niet aangesloten op een riool met POC? (dit kan zorgen voor de afspoeling van diffuse bronnen)</i>	Ja	Deze toetsing is uitvoerbaar. De toetsing laat zien of er gebieden zijn waar het regenwater niet met een 'first flush' richting de RWZI wordt gebracht voor zuivering. In deze gevallen bestaat de kans dat het regenwater wordt overgestort naar het oppervlakte water wat een negatieve invloed kan hebben op de waterkwaliteit. De toets heeft enkel betrekking op het gescheiden rioolstelsel. In het onderzoek wordt aangenomen dat gemengde rioolstelsels niet meer aangelegd worden, er wordt dus niet meer op de aanwezigheid hiervan getoetst.
<i>Diffuse uitspoeling</i>	Onvolledig	De toetsing is op basis van dit rapport nog niet werkzaam. De RE: PEAT module van HDSR behandelt dit onderdeel wel. Verder onderzoek naar de implementatie in de watertoets is nodig.
<i>Zijn er bomen aanwezig aan de zuidkant van de watergangen?</i>	Onvolledig	Deze toetsing is momenteel deels uitvoerbaar binnen dit onderzoek in de Tygron engine. Thans bestaat de test uit het visualiseren van watergangen waar binnen een 5 meter buffer de functies bomen en bos voorkomen. Tevens wordt aangegeven wat het oppervlakte van deze gebieden is. De noord-zuid oriëntatie kan nog niet worden meegenomen. Tevens is de wens de toets om te draaien tot een visualisatie van de watergangen waar geen bomen/bos binnen de 5 meter buffer staan, dit is momenteel nog niet het geval.

<i>Zijn er watergangen aanwezig waar de hittestress groter is dan 0.5 °C?</i>	Ja	Deze toets is uitvoerbaar. De toetsing laat zien welke watergangen een hittestress van >0.5 °C ondervinden. Dit is een aanname die ten behoeve van de uitvoer van de toets in het pilotmodel. De uitkomst geeft de kans aan dat in bepaalde waterlopen een verhoogde kans is op een afname van de waterkwaliteit door een verhoging in temperatuur.
<i>Zijn er 'normale' watergangen en/of vismigratieroutes aanwezig met daarin een niet vispasseerbaar kunstwerk?</i>	Ja	Deze toetsing is uitvoerbaar. De toetsing laat zien waar kunstwerken (die niet vispasseerbaar zijn) in 'normale' watergangen of vismigratie routes aanwezig zijn.
<i>Zijn er natuurvriendelijke oevers aanwezig.</i>	ja	Deze toets is uitvoerbaar. De visualisatie laat de NVO's die in het gebied aanwezig zijn zien.

Tabel 13: Analyse toetsbaarheid waterkwaliteit

Gezien de complexe oorzaken van waterkwaliteitsdegradatie is de toetsing op dit onderdeel grotendeels gebaseerd op aannames betreffende diffuse bronnen en de invloed daarvan op de waterkwaliteit. De signalering bestaat voornamelijk uit de toetsing of mogelijke bronnen die de waterkwaliteit negatief beïnvloeden aanwezig zijn. De invloed van deze bronnen wordt in de toetsing niet gekwantificeerd. Mits er goede basisbestanden van het plangebied zijn kan de Tygron Engine deze toetsingen goed uitvoeren. De signalering geeft aan waar de kans op negatieve invloed ontstaat en waar deze invloed uit bestaat, dit zijn aandachtspunten die maatwerk vereisen. De signalering geeft de mogelijkheid aanpassingen aan het plan te doen of verder te onderzoeken in welke maten deze invloed optreedt, wat de gevolgen daarvan zijn en wat er aan gedaan kan worden. De Engine leent zich voor de analyse van de hittestress waardoor veranderingen in het plan direct getoetst kunnen worden.

5.2.3. Bodemdaling

<u>Toetsonderdeel</u>	<u>Subthema</u>	<u>Parameter</u>
<i>Bodemdaling</i>	Zetting	Belasting door bodemopbouw of infrastructuur
	Veenoxidatie	Bodemopbouw

Tabel 14: Bodemdaling + thema's

Uit de modeltesten blijkt dat het onderdeel bodemdaling een lastig te kwantificeren onderwerp is. De toetsing van de gestelde vragen is gebaseerd op aannames die uit wetenschappelijke literatuur en gesprekken met beleidsmedewerkers van HDSR zijn gedistilleerd. De toetsing betreffende zetting wordt uitgewerkt door HDSR en is nog niet in de pilot watertoetstool verwerkt. Voor de rekenregels en resultaten zie bijlage 3.3.

<u>Toets vraag</u>	<u>Toetsbaar</u>	<u>Toelichting</u>
<i>Treedt er bodemdaling door zetting op?</i>	Nog niet in de watertoetstool	Deze toetsing is nog niet in de tool verwerkt. De bepaling van de aanwezigheid van bodemdaling wordt momenteel uitgevoerd door HDSR.
<i>Treedt er bodemdaling door veenoxidatie op?</i>	Ja	Deze toets is uitvoerbaar. De toetsing laat zien of en waar in het plangebied meer dan 5% veen aanwezig is. Dit verhoogd de kans op bodemdaling. De bodemdaling in lengte eenheden wordt nog niet weergegeven.

Tabel 15: Analyse toetsbaarheid bodemdaling

De toetsing op bodemdaling is in de pilot tool nog niet volledig. De toetsing op veenoxidatie is gebaseerd op de kans dat er veenoxidatie optreedt. De precieze daling in (centi)meters wordt niet uitgedrukt. HDSR is momenteel bezig met de uitwerking van een uitgebreidere zettingsmodule. Deze zou van nut kunnen zijn voor de watertoetstool.

5.2.4. Droogte

<u>Toetsonderdeel</u>	<u>Subthema</u>	<u>Parameter</u>
<i>Droogte</i>	Grondwater	Verandering grondwaterstand
		Verandering flux
	Infiltratie	

Tabel 16: Droogte + thema's

De bouw van een nieuwe wijk dient rekening te houden met de beschikbare hoeveelheid oppervlakte water in verhouding met de toegevoegde verharding. Het beleid is dat de toevoeging van on-doorlaatbaar oppervlakte moet worden gecompenseerd door de implementatie van oppervlakte water (Hoogheemraadschap Rijnland). Deze regel is primair opgesteld om afvoerpieken bij hevige neerslag te voorkomen en overtollig water vast te houden en stapsgewijs af te voeren. De toevoeging van verhard oppervlakte is nadelig voor de infiltratie capaciteit van een gebied. Het aanleggen van oppervlakte water heeft tevens een positief effect op de het tegengaan van verdroging.

<u>Toets vraag</u>	<u>Toetsbaar</u>	<u>Toelichting</u>
<i>Heeft de bouw van een wijk invloed op de verandering van de grondwaterstand en flux?</i>	Nee	Nog niet gekwantificeerd in de Tygron Engine
<i>Wat is het verschil in infiltratie? (tussen de huidige en geplande situatie)</i>	Ja	Deze vraag is goed toetsbaar binnen de TE. De toets laat zien wat het areaal aan verhard oppervlakte is. Tevens laat de toets zien- aan de hand van de vuistregel van Hoogheemraadschap Rijnland- wat het benodigde volume oppervlakte water is om het verharde oppervlak te compenseren per bui type.

Tabel 17: Analyse toetsbaarheid droogte

De toetsing op droogte is deels toetsbaar. De toets betreffende de infiltratie geeft geen absolute getallen maar echter wel het verharde oppervlakte en een indicatie betreffende de benodigde compensatie. De waterbalans geeft de ondergrondse berging weer. De berekende verharde oppervlakte op basis van de gestelde aanname 'Onder verhard oppervlakte wordt verstaan: al het oppervlakte dat geen infiltratie capaciteit heeft in de TE behalve water' komt overeen met het verharde oppervlakte in het stedenbouwkundigplan in Qgis. De toetsing betreffende de invloed van het project op de grondwaterstanden en flux is niet toetsbaar.

5.2.5. Hittestress

<u>Toetsonderdeel</u>	<u>Subthema</u>	<u>Parameter</u>
<i>Hittestress</i>		

Tabel 18: Hittestress + thema's

De bouw/renovatie van stedelijk gebied brengt een verandering in temperatuur gradiënt met zich mee. De TE heeft een ingebouwde functie om de hittestress in graden Celcius t.o.v. de normaal uit te drukken. De TE rekent met een standaard 'heat effect factor' per gebruiksfunctie. De visualisatie van hittestress is te zien in bijlage 3.5.

<u>Toets vraag</u>	<u>Toetsbaar</u>	<u>Toelichting</u>
<i>Is er hittestress aanwezig?</i>	Ja (geen eis)	Deze toets is uitvoerbaar. Echter, er is geen eis gesteld betreffende de toegestane toename in temperatuur. De toetsing wordt gevisualiseerd als overlay en heeft geen aparte signalering. In de overlay is ruimtelijk te zien waar de temperatuur in graden Celsius afwijkt van de normaal.

Tabel 19: Analyse toetsbaarheid hittestress

Hittestress is goed toetsbaar binnen de TE. De visualisatie geeft een overzichtelijk beeld betreffende de plekken waar overlast ontstaat bij de bouw van bepaalde functies. De hittestress overlay rekent met de actuele functies binnen het gebied en is hierdoor geschikt voor de analyse van maatregelen. Als een functie wordt aangepast verandert de hittestress mee. Er is geen eis gesteld aan de hoeveelheid hittestress die mag plaatsvinden, hierdoor vind er geen signalering plaats.

5.2.6. Waterveiligheid

<u>Toetsonderdeel</u>	<u>Subthema</u>	<u>Parameter</u>
<i>Waterveiligheid</i>	Veiligheidszone waterkering	
	Overstromingsdiepte	

Tabel 20: Waterveiligheid + Thema's

De toetsing van dit onderdeel focust zich voornamelijk op de stabiliteit van waterkeringen en de overstromingsdiepte in combinatie met gevoelige functies. Het beoogde doel van de toetsing is dat inzichtelijk wordt of ontsluitingswegen en gevoelige functies bij een overstroming bruikbaar blijven en of het stedenbouwkundigplan van invloed is op de stabiliteit van de waterkeringen. De overstromingsmodule wordt momenteel uitgewerkt in de TE maar is tijdens dit onderzoek nog niet beschikbaar. Hierom is er voor de toetsing gebruik gemaakt van de berekende overstromingsdiepte van de stichting Climate Adaptation Services (klimaateffectatlas, sd). De rekenopdracht en resultaten zijn te zien in bijlage 3.6.

<u>Toets vraag</u>	<u>Toetsbaar</u>	<u>Toelichting</u>
<i>Blijven de gevoelige functies buiten gevaar bij de berekenen overstroming diepte?</i>	Nee	Deze toetsing is momenteel niet uitvoerbaar. De Tygron Engine kan deze grid analyse niet uitvoeren.
<i>Ligt een gebouw binnen de beschermingszone van 25 meter van een watergang?</i>	Ja	Deze toetsing is uitvoerbaar. De toets laat zien waar zich gebouwen bevinden die binnen 25 meter van een waterkering zijn geplaatst. Het oppervlakte van gebouwen die zich binnen de veiligheidszone bevinden wordt aangegeven. De toets is gebaseerd op de aanname dat gebouwen die zich binnen 25 meter van een primaire waterkering bevinden de stabiliteit van de waterkering kunnen ondermijnen.

Tabel 21: Analyse toetsbaarheid waterveiligheid

De waterveiligheid is nog niet optimaal te toetsen in de ontwikkelde watertoetstool. Dit komt door het feit dat de grid berekeningen ten behoeve van het bepalen van de overstromingsdiepte in het stedenbouwkundigplan nog niet uitgevoerd kunnen worden. Momenteel wordt er bij Tygron gewerkt aan overstromingsberekeningen. Deze zullen wellicht in de toekomst beschikbaar zijn en toepasbaar in de watertoets. De toetsing of op en rond een kering wordt gebouwd is goed uitvoerbaar.

5.3. Analyse visualisatie modelresultaten

Uit de voorgaande resultaten analyses is gebleken welke toetsen uitvoerbaar zijn. Deze paragraaf gaat in op de visualisatie van de resultaten. Hierbij wordt er gekeken naar de inzichtelijkheid van de resultaten en of deze resultaten kloppen. Dit laatste wordt gedaan op basis van een vergelijking van de resultaten in de TE en de intentie van het stedenbouwkundigplan, deze is namelijk zo ontworpen dat alle toetsen voor zover mogelijk naar voren moeten komen.

Inzichtelijkheid

Het moet duidelijk zijn welke signalering staat voor welke toets en of de resultaten van de toets duidelijk worden geprojecteerd. De inzichtelijkheid is getest met de opdrachtgever en enkele medewerkers van HDSR. Deze personen zijn van mening dat de signalering voor het pilotmodel voldoende is. De signalering kan gemakkelijk worden aangepast als blijkt dat deze niet voldoet aan de wensen van de opdrachtgever. Bijlage 4. laat de signaleringssignalen zien.

Voor een verdere visualisatie zie de videobijlage: Tygron_visualisatie



Figuur 22: Visualisatie TE

6. Analyse bruikbaarheid van de Tygron Engine in de watertoets

Op basis van de analyse van de testresultaten wordt bekeken of de TE en de ontwikkelde tool bruikbaar zijn voor implementatie in het watertoetsproces. In deze paragraaf wordt gekeken waar de voor- en nadelen van het programma liggen. De onderstaande punten geven een uiteenzetting betreffende de voor- en nadelen van de Engine in het vernieuwde watertoetsproces ten opzichte van de huidige procesvormen. Op basis van deze resultaten worden in de hoofdstukken 5 en 6 respectievelijk een conclusie getrokken en eventuele aanbevelingen gedaan.

Voordelen

Ruimte voor het invoeren van maatregelen

Het watertoetsproces is ontworpen met als doel een nieuw- of renovatie bouwproject in goede banen te leiden met het oog op de waterbelangen. De toetsing die in dit onderzoek is onderzocht geeft een signalering aan waar het stedenbouwkundigplan knelt met de waterbelangen. Het voordeel van de Tygron Engine boven het oude watertoetsproces is dat binnen het model verschillende standaard maatregelen getest kunnen worden en kan worden bekeken wat dit met de knelpunten doet. Deze werkwijze biedt de mogelijkheid het plan snel te analyseren en waar nodig wijzigingen aan te brengen. Er moet echter wel rekening gehouden worden met het feit dat de signalering op enkele onderdelen niet bindend is, gebaseerd is op aannames of onnauwkeurig is. Deze staan per onderdeel in de voorgaande paragraaf beschreven.

Visuele instelling en overzicht

Het volgende punt waardoor de Engine zich leent voor het watertoets is de visuele aantrekkelijkheid en het overzicht dat de 3D wereld biedt. Het watertoetsproces is grotendeels bedoeld als middel om de betrokken partijen in gesprek te brengen. De Engine biedt de mogelijkheid tot werksessies waarin de stakeholders het plan kunnen onderzoeken en maatregelen kunnen testen. De 3D schil van de hydrologische modelering offreert tevens een grote inzichtelijkheid van knelpunten en een overzicht van de invloed en de overlast die deze kunnen geven. Doormiddel van de inladen van het plan als measure wordt de voor- en na situatie en de invloed van het stedenbouwkundigplan visueel weergegeven. De visuele aantrekkelijkheid nodigt uit tot gesprek en experimenteren.

Hydrologische modellering

Achter de uiterlijke schil biedt de Engine een goed hydrologisch model aan. Alhoewel nog niet zo nauwkeurig betreffende oppervlakte waterstroming en riolering leent de Engine zich voor het modelleren van stedelijk gebied. Momenteel wordt onderzocht hoe de Engine zich verhoudt tot andere modellen en hoe de Engine fungeert in landelijk gebied. In de advies wereld wordt de Engine steeds meer gebruikt.

Snel

Het watertoetsproces is geen eindtoets. De bevindingen die worden gedaan binnen het model moeten voor verdere maatregelen nog extra worden onderzocht. De Engine leent zich bij uitstek voor een snel overzicht met nauwkeurige resultaten. De rekensnelheid van het model biedt het voordeel dat het stedenbouwkundigplan snel geanalyseerd kan worden waardoor het tijdrovende watertoetsproces aanzienlijk versneld wordt.

Inladen stedenbouwkundigplan

De implementatie van het watertoetsproces in de Engine biedt de mogelijkheid om het plan met een grote nauwkeurigheid en een groot aantal gebruiksfuncties in te laden waardoor knelpunten natuurgetrouwer naar voren komen. Er wordt niet enkel gekeken naar bestaande functies binnen het plangebied maar ook naar toekomstige functies.

Nadelen

Het model heeft een aantal punten die in dit onderzoek als ongeschikt(er) naar voren komen. Op de volgende punten leent de Engine zich nog niet (volledig) voor het watertoetsproces:

Stromingsberekeningen

De Tygron Engine rekent momenteel nog niet met de stroming van oppervlakte water. Hierdoor kan de precieze overlast ontstaan door inundatie of de specifieke afvoer van watergangen niet worden bepaald. Waterschappen hechten waarden aan de maatgevende afvoer en hebben er belang bij om te weten wat de invloed van het plan hierop is. Een aanbeveling is dat Tygron deze optie nog gaat ontwikkelen.

Rioolberekeningen

De rioolberekeningen binnen de Engine gaan uit van het verharde oppervlak en een vooraf bepaalde berging, POC en overstort. De berekeningen zijn niet zo nauwkeurig als bijvoorbeeld Sobek. Het ontwerp van een riool in SOBEK kan niet gekoppeld worden aan de engine, wel kunnen vooraf berekende resultaten in de Engine verwerkt worden.

Multiple grid berekening

De berekening van de ontwaterings- en overstromingsdiepte in verhouding met het maaiveld kan nog niet worden uitgevoerd. De Engine heeft nog niet de mogelijkheid berekeningen met twee of meer gridbestanden uit te voeren. De toetsing betreffende de ontwateringseisen en overstromingsdiepte kan bijvoorbeeld worden uitgevoerd in een GIS programma en vervolgens worden ingeladen in de engine.

Precisie hoogtebestand.

Ten behoeve van een nauwkeurige uitvoering van wateroverlast in de watertoetstool in de Engine is het hoogtebestand van belang. Het doel van de vernieuwde watertoets is het versoepelen van het proces en knelpunten snel inzichtelijk maken. Het concept stedenbouwkundigplan dat in het model moet worden ingeladen mag niet te veel tijd kosten om te maken. Het nieuwe hoogte model moet echter wel nauwkeurig zijn om de wateroverlast goed weer te geven. Dit brengt een knelpunt met zich mee. Nu wordt onderzocht hoe het hoogtebestand sneller en nauwkeuriger Ontworpen kan worden dan in dit onderzoek. Door de onnauwkeurigheid van het hoogtebestand geeft de toetsing op wateroverlast op straat een niet volledig reëel beeld. Wel kan er in het pilot model vanuit worden gegaan dat op plaatsen met significante overlast over een groter gebied inderdaad overlast gaat ontstaan bij de implementatie van het plan. De ontwerper kan in zulke gevallen hier rekening mee houden en het plan aanpassen.

Klaarzetten gegevens

Het inladen van het plan brengt zoals beschreven voor -en nadelen met zich mee. Voor de uitvoer van de watertoets moet de planvorming reeds gevorderd zijn. Er dient echter wel rekening gehouden te worden met het format waarin het plan moet worden klaargezet voor een goed resultaat. Deze werkwijze staat beschreven in hoofdstuk 3.

Balans voor -en nadelen

De ontworpen Engine tool zoals deze is gemaakt tijdens dit onderzoek is op dit moment tot grotendeels geschikt voor het watertoetsproces. De tool geeft een goede signalering van een significant aantal watertoetsonderdelen. Er dient echter rekening gehouden te worden met het feit dat de toetsingen niet bindend zijn en bedoeld zijn voor het opgang brengen van overleg tussen de stakeholders. De nauwkeurigheid van het stedenbouwkundigplan en hoogtebestand bepalen grotendeels de betrouwbaarheid van met name de wateroverlast toetsingen. Of de tool daadwerkelijk het proces gaat versoepelen en versnellen moet uit een reflectie blijken als de tool in gebruik is genomen. Het beeld dat uit dit onderzoek en gesprekken met betrokken partijen naar voren komt is positief. De tool heeft de potentie om verder ontwikkeld te worden en te worden ingezet om het watertoetsproces, al dan niet online- te vergemakkelijken.

7. Conclusie

Het onderzoek beschreven in dit rapport is gebaseerd op de volgende onderzoeksvraag:

Hoe kan in Tygron een hulpmiddel worden ontworpen dat kan worden ingezet in de watertoets teneinde de communicatie met de stakeholders te vergemakkelijken en de kwaliteit van de watertoets te laten toenemen?

De conclusie die op basis van het onderzoek wordt getrokken luidt; “De werkwijzen die in dit rapport zijn beschreven betreffende de opbouw van de tool middels het pilotmodel in de Tygron Engine en de toetsing van de diverse watertoetsaspecten zijn op basis van de resultaten bruikbaar bevonden. De tool kan automatisch in komende projecten worden gebruikt mits het stedenbouwkundigplan is opgebouwd via de beschreven werkwijze en het project binnen het gebied van HDSR valt”. De resultaten visualiseren hoe in de Tygron Engine een hulpmiddel voor de watertoets is ontworpen (bijlage 3 en video bijlage: Tygron_visualisatie). Adaptaties kunnen direct verwerkt worden waarna de effecten op de wateraspecten meteen zichtbaar worden. Dit kan leiden tot effectief overleg in een vroeg stadium tussen de diverse stakeholders. Nu is er nog hand- en maatwerk noodzakelijk bij het inladen van het stedenbouwkundigplan en de hoogtekaarten. Optimalisering van het inladen van de verschillende onderdelen is wenselijk om Tygron Engine nog effectiever te maken.

Basis informatie en data is goed in te laden.

Om deze thema's te implementeren in de Tygron Engine zijn verscheiden databronnen nodig. Deze bronnen komen van de rijksoverheid en het betrokken hoogheemraadschap en zijn via de TE in te laden. Uit het onderzoek blijkt dat de data betrekking moeten hebben op de landschappelijke eigenschappen als bodem en hoogte en op waterkundige elementen als grondwaterpeilen, watergangen en keringen.

Het is mogelijk om een stedenbouwkundigplan in te laden.

De analyse betreffende de modelopbouw wijst uit dat het stedenbouwkundigplan binnen Qgis op een snelle en bruikbare wijze kan worden opgebouwd. Het ontwikkelde *hoogtebestand* heeft een laag detailniveau waardoor toetsingen betreffende het water op straat onvoldoende nauwkeurigheid heeft om een kwalitatieve goede toetsing te doen. Het stedenbouwkundigplan kan op verschillende wijzen worden ingeladen in de Tygron Engine. Het oordeel naar de beste manier om het stedenbouwkundigplan in te laden is subjectief en afhankelijk van de gebruiker. Het resultaat betreffende dit onderwerp (hoofdstuk 4.1.) bevat een tabel met voor en nadelen van de diverse mogelijkheden.

13 van de 17 aspecten zijn in de TE op te nemen.

Thema	Toets	Mogelijk
Wateroverlast	Maximale afvoer	Onvolledig
	Water op straat/maaiveld	Ja
	Droogleggingsdiepte	Nee
	Dempen oppervlaktewater	Ja
Waterkwaliteit	Riooloverstort	Ja
	Diffuse uitspoeling	Onvolledig
	Schaduw op watergang	Onvolledig
	Hittestress bij watergang	Ja
	Vismigratie	Ja
	Natuurvriendelijke oevers	Ja
Bodemdaling	Zetting	Nee
	Veenoxidatie	Ja
Droogte	Grondwater flux	Nee
	Infiltratie capaciteit	Nee
Hittestress	Hittestress	Ja (geen eis)
Waterveiligheid	Overstromingsdiepte	Nee
	Beschermingszone waterkering	Ja

Tabel 22: Resultaten toetsvragen

Het thema *wateroverlast* is goed toetsbaar in het pilotmodel. Door de hydrologische achtergronden en mogelijkheden van de Engine zijn de ontworpen toetsen goed uit te voeren. Het toetsonderdeel *ontwateringsdiepte* is niet toetsbaar. De grid berekeningen die nodig zijn voor dit onderdeel zijn niet uitvoerbaar.

Het aspect *waterkwaliteit* is goed toetsbaar maar grotendeels gebaseerd op aannames en laat de mogelijkheid zien dat een stedenbouwkundigplan een negatieve invloed kan hebben op de waterkwaliteit.

De signalering van bodemdaling werkt deels. *Bodemdaling* rekent in het pilotmodel enkel met de aanname dat er bodemdaling ontstaat als er meer dan 5% veen aanwezig is. Zetting kon niet worden meegenomen.

Het onderwerp *hittestress* is goed te toetsen in de Tygron Engine maar heeft geen eis, de toetsing bestaat hierdoor enkel uit een hittestress kaart zonder waarschuwing.

Het onderdeel *droogte* is deels toetsbaar. De toetsing betreffende *infiltratie capaciteit* geeft goed aan wat het verharde oppervlakte is en wat in theorie de compensatie oppervlakte water moet zijn. de grondwaterflux is nog niet toetsbaar.

Het thema waterveiligheid heeft meer problemen ondervonden tijdens het toetsen in de Engine. In Tygron kan de toets over gebouwen in de beschermingszone goed worden getoetst. Het andere sub-thema overstromingsdiepte kan (nog) niet getoetst worden. Tygron heeft nog niet mogelijkheid om met twee grids te rekenen in een vorm van een query.

Hoewel het rapport aantoont dat het gebruik van de Engine in het watertoetsproces veelbelovend is, is er nog wel hand- en maatwerk nodig. Verdere automatisering betreffende het inladen van het stedenbouwkundigplan kan het proces versnellen waardoor de engine nog optimaler gebruikt kan

worden. De opbouw van de watertoetstool gebiedt de gebruiker de gegevens zoals het stedenbouwkundigplan die getoetst moeten worden gebruiksklaar aan te leveren. (bijlage 5). Als dit gedaan wordt biedt de tool de mogelijkheid om de toetsingen uit te voeren op elke locatie binnen het beheersgebied van HDSR zonder verdere inhoudelijke aanpassingen.

8. Discussie

Het fictieve stedenbouwkundigplan dat in dit onderzoek is gebruikt is ontworpen met de doelstelling knelpunten te laten zien voor elk watertoetsthema. De werkende toetsen in de Tygron Engine laten een kloppend beeld zien van de knelpunten. Op basis hiervan wordt gesteld dat de toetsing in de Tygron Engine qua berekende oppervlakte en ruimtelijke visualisatie van de knelpunten valide is.

Er zijn enkele discussie punten waar verbetering nodig is om de watertoets nog beter te laten verlopen zoals het ontwerp van het hoogtebestand, de vergelijking van twee gridbestanden in de Tygron Engine en het feit dat een aantal toetsen enkel werken op basis van gegevens van HDSR.

Hoogtebestand

Het in GIS ontworpen hoogtebestand is niet gedetailleerd genoeg om het aantal centimeters water op straat natuurgetrouw te laten zien. De resultaten kunnen verschillen van de werkelijkheid na de uitvoering van het plan. Het hoogtebestand biedt wel de mogelijkheid grote knelpunten in het ontwerp bloot te leggen en maatregelen grof door te rekenen. Het hoogtebestand kan voor de vervolgstappen in het planproces nog wel op andere nauwkeurigere manieren worden ontworpen. Dit vergt echter wel meer tijd. De gebruiker moet het gewenste detailniveau bepalen.

Gridbestanden

De vergelijking van twee gridbestanden is in de Tygron Engine nog niet mogelijk. Het vermoeden bestaat dat de Engine dit wel zou kunnen maar nog niet doormiddel van een Query waardoor er nog geen berekening vanuit Excel kan worden gemaakt.

Toepasbaarheid andere waterschappen

Een aantal toetsen werken op dit moment op basis van gegevens van HDSR. Dit heeft tot gevolg dat de toetsen signaleringen geven als de ingeladen gegevens een bepaald attribuut hebben. Deze attributen zijn gelijk voor het gehele werkgebied van HDSR. Andere waterschappen echter kunnen andere attributen in de data hebben staan, hierdoor kunnen de toetsen zoals beschreven in dit rapport error's vertonen als er een project wordt gestart buiten het areaal van HDSR. Dit dient handmatig te worden aangepast.

9. Aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden aanbevelingen gedaan over de manier waarop het onderzoek is gedaan en over de resultaten van het onderzoek. Deze aanbevelingen hebben betrekking op het toepassen van Tygron Engine in het watertoetsproces. De aanbevelingen zijn gebaseerd op de toetsen die niet volledig of helemaal niet getoetst kunnen worden in Tygron. Met deze aanbevelingen kan de Engine verbreedt worden zodat de functies beter benut kunnen worden. Met deze verbreding ontstaat de mogelijkheid dat alle toetsvragen wel getoetst kunnen worden in Tygron.

Compleetheid model

Voordat het watertoetsproces met de Tygron Engine ingezet kan worden, moet er eerst een aantal handelingen voorafgaand gedaan worden zodat de toetsing zo soepel mogelijk kan verlopen.

In Tygron moet een model van de toekomstige wijk ingeladen worden. De wijk moet helemaal compleet zijn zodat het op alle toetsonderdelen getoetst kan worden.

In Qgis moeten dan ook alle functies en bijbehorende attributen toegevoegd worden aan het model. Het wordt aanbevolen dat de benodigde gegevens klaarstaan voordat er met de tool wordt gewerkt.

Toepasbaarheid andere waterschappen

De toetsing is gebaseerd op de gegevens van HDSR. Als een ander waterschap interesse heeft in het gebruiken van de tool, moet er extra hand- en maatwerk gedaan worden om de panels werkend te krijgen. Dit betekent dat de tool alleen in het beheergebied van HDSR goed te gebruiken is. Om de tool verder uit te breiden naar andere waterschappen dient er verder onderzoek verricht te worden naar verdere automatisering van de toetsing.

Nu moeten bijvoorbeeld waterarea's ingeladen worden uit de openbare data van het desbetreffende waterschap. Deze waterarea's hebben niet binnen elk waterschap dezelfde zelfde attributen. Om dit te verhelpen zijn er twee aanbevelingen gedaan;

- Meer uniform gegevensbeheer door de waterschappen zodat de tool en toekomstige TE tools generiek toegepast kan worden
- De Engine in benodigde functies (zoals watergangen en waterkeringen) automatisch te laten herkennen en deze te linken aan een de toetsing.

Grid berekening in Tygron

Tygron heeft nog niet als Querytool de mogelijkheid om met twee verschillende grids te rekenen. Dit heeft als nadeel dat de overstromingsdiepte en ontwateringsdiepte niet berekend kan worden met Tygron. Hierdoor vervallen twee watertoetsonderdelen.

Voor een volledige toetsing wordt er aanbevolen dat Tygron een functie ontwikkelt waardoor door middel van een querytool met twee grids gerekend kan worden.

Functies inladen Tygron

Het inladen van een model in Tygron kost veel handwerk. Per getekend vlak moet handmatig het attribuut en de functie gekozen worden. Aangezien de compleetheid van een model van belang is voor een goede toetsing, kan het voorkomen dat er veel verschillende functies handmatig aangeven moet worden en daar gaat veel tijd in zitten. Verdere automatisering van de Tygron Engine kan bijdragen aan versoepeling bij het inladen van een model.

Automatisering van de Engine houdt in dat functies al gelezen kunnen worden tijdens het inladen.

Nawoord

Tijdens de uitvoer van het voor U liggende afstudeeronderzoek hebben wij zeer genoten, veel geleerd en talloze ervaringen opgedaan. Er waren tijden waarin het project moeiteloos vorderde en perioden waarin de schouders er stevig onder moesten worden gezet.

De aspecten waar wij met een positief gevoel naar terugkijken bestaan uit de goede begeleiding vanuit Aveco de Bondt, de interessante Tygron trainingen en de besprekingen in Den Haag, de vergaarde kennis en praktijkgerichte toepassing hiervan en de samenwerking onderling. De afdelingsmedewerkers en begeleider van Aveco de Bondt stonden tijdens het project altijd klaar wanneer we vragen hadden betreffende het project of andere zaken. Het zelfde geldt voor de betrokken medewerkers van Tygron van wie wij veel hebben opgestoken betreffende de Engine maar ook vele andere zeer interessante onderwerpen. De samenwerking onderling verliep nagenoeg vlekkeloos wat van significant belang is voor het gemoed tijdens de afstudeerperiode.

Evenals de quote “elk voordeel heb z’n nadeel” hebben ook de bovenstaande positieve aspecten negatieve tegenpolen. Nu moet hierbij gezegd worden dat dit zeer relatief is en dat de negatieve aspecten niet zo zeer als negatief hoeven te worden ondervonden als wel als leermomenten. Het was voor ons lastig niet te gefocust te raken op de werking van de Tygron Engine en de wil om alle opties binnen het programma zelf uit te vinden. Dit heeft in de eerste weken van het project veel tijd in beslag genomen. Wij hadden hier meer vragen aan de medewerkers/begeleiders van Aveco de Bondt kunnen stellen, dit zou tijd gescheeld hebben en onze kennis van Tygron sneller hebben vergroot. Ook was er soms moeite met het bijstellen van de onderzoek scope als het project een andere wending nam of diende te nemen. In samenwerking met onze begeleider, Simon Troost, kwam dit uiteindelijk op een natuurlijke wijze toch weer goed terecht. In de toekomst vaker overleggen kan het projectverloop ten goede komen.

We hebben veel geleerd over de watertoets. Dit was bij aanvang van het afstudeerproject nog onbekend terrein voor ons beiden. Eveneens hebben wij de mogelijkheden van de Engine mogen verkennen. We hebben de overtuiging gekregen dat Tygron en soortgelijke programma’s – dat wil zeggen; programma’s die werken met open data en die een snelle rekentijd hebben – nog veel bredere toepassingsmogelijkheden binnen de ruimtelijke ordening maar ook totaal andere ‘werkvelden’ hebben dan enkel de watertoets.

Wij spreken hierbij de hoop uit dat het geleverde product door Aveco de Bondt kan worden toegepast.

Harmen Knap

Ruben van Eldik

Velp, 25 juni 2018

Bibliografie

- (sd). Opgehaald van klimaateffectatlas: <http://www.klimaateffectatlas.nl/nl/>
- A. M. Hathaway, W. F. (2008). A Field Study of Green Roof Hydrologic and Water Quality Performance. *Transactions of the ASABE*, 37-44.
- A.J.F. Hoitink, A. D. (2007). *ONTWERP VAN EEN VISPASSEERBARE KANTELSTUW: DE V-STUW*. Utrecht: Stowa.
- Ágnes Gulyás, J. U. (2006). Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: Modelling and measurements. *Building and Environment*, 1713-1722.
- al, G. R. (2008). Urbanization Effects on Observed Surface Air Temperature Trends in North China.
- Andreas Matzarakis, F. R. (2006). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology*, 323-334.
- Ashantha Goonetilleke, E. T. (2005). Understanding the role of land use in urban stormwater quality management. *Journal of Environmental Engineering*, 31-42.
- Berg, D. v. (sd).
- Berndtsson, J. C. (2010). Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecological Engineering*, 351-360.
- (2011). *Bestuurs Akkoord Water*.
- Bijvank, S. O. (2010). *Watervalmodel / V-model*. Opgehaald van www.house-of-control.nl: <http://www.house-of-control.nl/watervalmodel-v-model.html>
- biologielessen. (sd). *Uitspoeling*. Opgehaald van https://biologielessen.nl: <https://biologielessen.nl/index.php/a-16/1836-uitspoeling>
- (sd). *Bodemdaling-krimpenerwaard*. krimpenerwaard.
- Börger, B. (2016). *Uitspoeling*. Opgehaald van https://biologielessen.nl: <https://biologielessen.nl/index.php/a-16/1836-uitspoeling>
- Bruce G. Gregoire, J. C. (2011). Effect of a modular extensive green roof on stormwater runoff and water quality. *Ecological Engineering*, 963-969.
- Burbey, D. L. (2011). Review: Regional land subsidence accompanying groundwater extraction. *Hydrogeology Journal*, 1459-1486.
- CBS. (2017, Maart 1). *temperatuur-oppervlaktewater*. Opgeroepen op Maart 13, 2018, van clo: <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0566-temperatuur-oppervlaktewater>
- Chanaton Surarak, S. L. (2012). Stiffness and strength parameters for hardening soil model of soft and stiff Bangkok clays. *Soils and Foundations*, 682-697.
- Compendium voor de Leefomgeving . (2003, december 2). *oorzaken en effecten van verdroging*. Opgehaald van www.clo.nl: <http://www.clo.nl/indicatoren/nl027803-oorzaken-en-effecten-van-verdroging>
- Daniel G Aliaga, C. V. (2013). Visualization-Based Decision Tool for Urban Meteorological Modeling . *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 271-288.

- Darren Drapper, R. T. (2000). Pollutant Concentrations in Road Runoff: Southeast Queensland Case Study. *Journal of Environmental Engineering*.
- De-waterketen-drinkwater-afvalwater-productie-bereiding-opslag. (sd). Opgehaald van docplayer.nl: <http://docplayer.nl/20734723-De-waterketen-drinkwater-afvalwater-productie-bereiding-opslag-distributie-inzameling-transport-zuivering.html>
- Estatio Gutiérrez, J. E. (2015). Simulations of a Heat-Wave Event in New York City Using a Multilayer Urban Parameterization. *American Meteorological Society*, 283-301.
- Europese Commissie. (2013). *Een EU-strategie voor aanpassing aan de klimaatverandering*. Brussel.
- Evyatar Erell, D. P. (2014). Effect of high-albedo materials on pedestrian heat stress in urban street canyons. *Urban Climate*, 367-386.
- Fritz Hellmann, J. E. (2012). Impact of climate change on water management in Dutch peat polders. *Ecological Modelling*, 74-83.
- G.J. Steeneveld, L. v. (sd). *Een eerste inschatting van het Urban Heat Island effect voor Rotterdam en omgeving – een modelstudie*.
- Hans Jansen, A. O. (2011). *Beoordelingsmethode waterkwaliteitsspoor riooloverstorten*.
- Hasanuddin Z. Abidin, H. A. (2011). Land subsidence of Jakarta (Indonesia) and its relation with urban development. *Natural Hazards*, 1753-1771.
- HDSR. (2016). *waterkwaliteit*. Opgeroepen op Maart 12, 2018, van hdsr: <https://www.hdsr.nl/werk/schoon-water/waterkwaliteit/>
- HDSR. (2016). *Zuurstoftekort*. Opgehaald van hdsr: <https://www.hdsr.nl/werk/schoon-water/waterkwaliteit/zuurstoftekort/zuurstoftekort/>
- HDSR. (sd). *watertoets*. Opgehaald van hdsr: https://www.hdsr.nl/info_op_maat/gemeenten/watertoetsproces/watertoets/
- HDSR. (sd). *Watertoetsproces*.
- Het klimaat verandert – hoe houden we het droog in de stad?* (sd). Opgehaald van NRC: <https://www.nrc.nl/advertentie/wageningen/het-klimaat-verandert-hoe-houden-we-het-droog-in-de-stad>
- Hoijtink, R. (2017). 'Verbeterd gescheiden riool' betekent geen milieuwinst. *Waterwenschap*, 32-33.
- Hoogheemraadschap Rijnland. (sd). Opgehaald van Decentrale.regelgeving.overheid: http://decentrale.regelgeving.overheid.nl/cvdr/xhtmloutput/Historie/Hoogheemraadschap%20van%20Rijnland/272179/272179_1.html
- Hoogheemraadschap Rijnland. (2011). *Adviesnota Grondwater*.
- Hvitved-Jacobsen, T. (1982). The impact of combined sewer overflows on the dissolved oxygen concentration of a river. *Water Research*, 1099-1105.
- I. Gnecco, C. B. (2005). Storm water pollution in the urban environment of Genoa, Italy. *Atmospheric Research*, 60-73.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers*.
- J. G. Leskens, M. B. (2014). Application of an Interactive Water Simulation Model in urban water

- management: a case study in Amsterdam. *Water Science Et Technology*, 1729-1739.
- J.Olsson, K. M. (2009). Applying climate model precipitation scenarios for urban hydrological assessment: A case study in Kalmar City, Sweden. *Atmospheric Research*, 346-375.
- J.S. Alabaster, R. L. (2013). *Water Quality Criteria for Freshwater Fish*. Cambridge: Buttersworths / Elsevier.
- Jiunn-Der Duh, V. S. (2008). Rates of urbanisation and the resiliency of air and water quality. *Science of the Total Environment*, 238-256.
- Julien Passerat, N. K.-M. (2011). Impact of an intense combined sewer overflow event on the microbiological water quality of the Seine River. *Water Research*, 893-903.
- Jun HoLee, K. W. (2000). Characterization of urban stormwater runoff. *Water Research*, 1773-1780.
- Justyna Czemieli Berndtsson, L. B. (2009). Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs. *Ecological Engineering*, 369-380.
- Justyna Czemieli Berndtsson, T. E. (2006). The influence of extensive vegetated roofs on runoff water quality. *Science of The Total Environment*, 48-63.
- K. Breinl, U. S. (2015). A joint modelling framework for daily extremes of river discharge and precipitation in urban areas. *Flood Risk Management*, 97-114.
- Kennis voor Klimaat. (2011). *Hittestress in Rotterdam*.
- Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie. (2016). *Nationale klimaatadaptatiestrategie 2016 (NAS)*. Opgehaald van ruimtelijkeadaptatie.nl: <https://ruimtelijkeadaptatie.nl/nas/>
- Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie. (2018, februari). *Handreiking gestandaardiseerde stresstest light*. Opgehaald van ruimtelijkeadaptatie.nl: <https://ruimtelijkeadaptatie.nl/stresstest/handreiking/>
- klimaatadaptatie*. (sd). Opgehaald van europadecentraal.nl: <https://europadecentraal.nl/onderwerp/klimaat-energie-en-duurzaamheid/klimaat-energie/klimaatadaptatie/>
- Klimaat-effectatlas. (2014). *Overstromingsdiepte*. Opgehaald van www.klimaat-effectatlas.nl/: <http://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/kaartverhaal-overstroming>
- KNMI. (2014). *KNMI'14 klimaatscenario's voor Nederland*.
- KNMI. (sd). *klimaatverandering*. Opgehaald van knmi: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/klimaatverandering>
- Leefmilieu brussels. (2017). *Focus: Warmte-eilanden*. Opgehaald van <https://leefmilieu.brussels:https://leefmilieu.brussels/tmp-staat-van-het-leefmilieu/klimaat/focus-warmte-eilanden>
- M.C. Gromaire-Mertz, S. G. (1999). Characterisation of urban runoff pollution in Paris. *Water Science & Technology*, 1-8.
- (2016). *Nationale Klimaatadaptatiestrategie 2016 (NAS)*. ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- natuur en milieu Zuid-holland. (2014). *"Bodemdaling door veenoxidatie"*.
- Natuurinformatie. (2014). *Bodemdaling*. Opgeroepen op 2014, van <http://www.natuurinformatie.nl:http://www.natuurinformatie.nl/ndb.mcp/natuurdatabase.nl/i000331.html>

- Novotny, V. (1994). *Water Quality: Prevention, Identification and Management of Diffuse Pollution*. New York: Van Nostrand-Reinhold Publishers.
- oorzaken-en-effecten-van-verdroging. (2003, December 2). Opgeroepen op Maart 08, 2018, van clo: <http://www.clo.nl/indicatoren/nl027803-oorzaken-en-effecten-van-verdroging>
- P. G. Whitehead, R. L. (2009). A review of the potential impacts of climate change on surface water quality. *Hydrological Sciences Journal*, 101-123.
- P. Göbel, C. D. (2007). Storm water runoff concentration matrix for urban areas. *Journal of Contaminant Hydrology*, 26-42.
- Qgis.org. (sd). *QGIS - Het leidende open bron desktop GIS*. Opgehaald van www.qgis.org/nl: <https://www.qgis.org/nl/site/about/index.html>
- R. Loeve, P. D. (2006). *Klimaatverandering en waterkwaliteit*.
- R. Tomás, G. H.-S. (2010). A ground subsidence study based on DInSAR data: Calibration of soil parameters and subsidence prediction in Murcia City (Spain). *Engineering Geology*, 19-30.
- (2013). *Richtlijnen waterbeheer voor planontwikkeling in bebouwd gebied*.
- Rijksoverheid. (2003). *Oorzaken en effecten van verdroging*. Opgehaald van www.clo.nl: <http://www.clo.nl/indicatoren/nl027803-oorzaken-en-effecten-van-verdroging>
- Rijksoverheid. (2017). *Waterveiligheid*. Opgehaald van www.helpdeskwater.nl: <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/>
- Rijksoverheid. (sd). *Wat is het watertoetsproces?* Opgehaald van www.helpdeskwater.nl: <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/watertoetsproces/watertoetsproces/>
- Rijkswaterstaat. (2016). *Waterkwaliteit*. Opgeroepen op Maart 13, 2018, van rijkswaterstaat: <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/waterkwaliteit>
- Sarian Kosten Et al, E. K. (2011). *Klimaat & waterkwaliteit Klimaatinvloed op waterkwaliteit en het voorkomen van cyanobacteriële toxines*.
- Sheeba Valsson, A. B. (2009). Urban Heat Island: Cause for microclimate variations. *ARCHITECTURE - Time Space & people (the urban environment)*, 20-25.
- stadsklimaat. (2017). Opgeroepen op Maart 13, 2018, van KNMI: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/stadsklimaat>
- Stowa. (2009). *Grondwater in stedelijk gebied*.
- Stowa. (sd). *Stowa*. Opgehaald van meerlaagse veiligheid: <http://www.stowa.nl/Upload/Deltaproof/PPTs%20Deltaproofweek/130313%20Presentatie%204%20MLV%20Hiltrud%20Potz.pdf>
- Susan Morgan, S. C. (2012). Green Roof Storm-Water Runoff Quantity and Quality. *Journal of Environmental Engineering*.
- T. Hoogland, J. v. (2011). Modeling the subsidence of peat soils in the Dutch coastal area. *Geoderma*, 92-97.
- TNO. (2014). *Factsheet Hittestress*.
- Tollenaar, D. (2017). *Tygron_waterinfodag*. Opgehaald van [waterinfodag](http://waterinfodag.nl):

- https://waterinfodag.nl/wp-content/uploads/2016/01/Tygron_Waterinfodag.pdf
- Tygron. (2005). *TYGRON ENGINE*. Opgehaald van www.tygron.com: <http://www.tygron.com/nl/>
- Tygron. (sd). *Water*. Opgehaald van Tygron: <http://www.tygron.com/nl/water-home/>
- urban climate roof*. (2017). Opgehaald van zinco-greenco: <http://www.zinco-greenroof.com/systems/urban-climate-roof>
- Uriarte, M. Y. (2011). Influence of land use on water quality in a tropical landscape: a multi-scale analysis. *Landscape Ecology*.
- verstedelijking-en-opwarming*. (2017, Oktober 25). Opgeroepen op Maart 13, 2018, van klimaatgek: <http://klimaatgek.nl/wordpress/2017/10/25/verstedelijking-en-opwarming/>
- visadvies. (sd). *vismigratie*. Opgehaald van www.visadvies.nl: <http://www.visadvies.nl/vismigratie>
- Vismigratie*. (2017). Opgeroepen op April 3, 2018, van helpdeskwater: <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgeving-beleid/kaderrichtlijn-water/uitvoering/rijn-west/vismigratie/>
- VLIZ. (sd). *eutrofiëring*. Opgehaald van <http://www.vliz.be>: <http://www.vliz.be/projects/iseca/nl/2012-09-20-09-08-30/2012-09-20-09-07-43.html>
- waarom vissen migreren*. (2014). Opgeroepen op April 3, 2018, van vmm: <https://www.vmm.be/water/beheer-waterlopen/vismigratie/waarom-vissen-migreren>
- Wageningen Environmental Research. (2010). *parameters grondwaterdynamiek*. Opgehaald van [wur.nl](http://www.wur.nl): <https://www.wur.nl/nl/Expertises-Dienstverlening/Onderzoeksinstituten/Environmental-Research/Faciliteiten-Producten/Software-en-modellen/Grondwaterdynamiek/Parameters.htm>
- Waterbeheer, C. I. (2002). *Riooloverstorten*.
- Waterschap Rivierenland. (sd). *Nieuwe lozingen vanaf verhard oppervlak*.
- Watertoetsproces*. (sd). Opgeroepen op 2018, van helpdeskwater: <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/watertoetsproces/watertoetsproces/>
- wet-milieubeheer*. (sd). Opgeroepen op April 5, 2018, van infomil: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/wetgeving/wet-milieubeheer/afvalwater-hoofdstuk/#voorkeursvolgordevooronstaanafvalwater>
- Wiersma, A. (2013). *Waterkwaliteit bebouwd gebied Friesland*.
- Wilby, R. L. (2008). Constructing Climate Change Scenarios of Urban Heat Island Intensity and Air Quality. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 902-919.
- WUR. (2010). *Wateroverlast*. Opgehaald van <https://www.wur.nl>: <https://www.wur.nl/nl/Dossiers/dossier/Wateroverlast.htm>
- WUR. (sd). *WUR-in-mondiaal-topkenniscentrum-voor-klimaatadaptatie-in-Nederland*. Opgehaald van www.wur.nl: <https://www.wur.nl/nl/nieuws/WUR-in-mondiaal-topkenniscentrum-voor-klimaatadaptatie-in-Nederland.htm>
- Ye-Shuang Xu, L. M.-J.-L. (2012). Analysis of urbanisation-induced land subsidence in Shanghai. *Natural Hazards*, 1255-1267.

- Zhen-Dong Cui, Y.-Q. T. (2010). Land subsidence and pore structure of soils caused by the high-rise building group through centrifuge model test. *Engineering Geology*, 44-52.
- Zhongwei Yan, Z. L. (2010). Effects of site change and urbanisation in the Beijing temperature series 1977–2006. *INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY*, 1226-1234.
- zwemwater-en-blauwalgen. (2016). Opgeroepen op Maart 13, 2018, van rijkswaterstaat:
<https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/waterkwaliteit/zwemwater-en-blauwalgen/index.aspx>



Bijlage

Bijlage 0. Reflectie

Het onderzoek heeft niet enkel tot een technisch resultaat geleid. De reflectie op het onderzoek is van eveneens van een considerabele betekenis. Tijdens het uitvoeren van het onderzoek hebben wij significant meer geleerd over ons eigen functioneren en de bruikbaarheid van de gehanteerde onderzoeksmethodes. In dit hoofdstuk reflecteren wij op de technische processen van het onderzoek. Hieronder vallen het onderzoeksproces, de gehanteerde methoden en de uiteindelijke toepasbaarheid van de conclusie. Er is ook gereflecteerd op het persoonlijke aspect van het afstudeerproces. Hierbij is ingegaan op het persoonlijk functioneren en de verkregen begeleiding. De reflectie stelt ons in staat terug te kijken op het afstuderen en van deze periode te leren. De uitkomsten van de reflectie zijn van belang voor het toekomstig functioneren binnen het werkveld en de kwaliteit van de onderzoeken die nog gaan komen.

Om de reflectie geordend te houden wordt het technische aspect tijdelijk gescheiden van het persoonlijke aspect. Beide onderwerpen komen uiteindelijk weer bij elkaar.

Technische processen

De reflectie van de technische processen gaat puur in op het technische aspect van het onderzoek.

Gehanteerde onderzoeksmethode

de beschouwing van de gehanteerde onderzoeksmethode kijkt naar het verband tussen de onderzoeksmethode en de onderzoeksvraag. Er wordt beoordeeld of de gebruikte onderzoeksmethode hebben geleid tot het gewenste type antwoord en of er nog aan- of opmerkingen zijn betreffende het onderzoek.

Het onderzoek heeft geleid tot het behalen van een bruikbare resultaat. Medewerkers van Aveco de Bondt zien potentie in het gebruiken van de vernieuwde tool. Dit concludeert dat de gehanteerde onderzoeksmethode geschikt zijn. De gehanteerde stappen; het theoretisch onderzoek naar de watertoetsaspecten, de opbouw van het pilotmodel en de analyse van de toetsing, zijn in een logische volgorde gelopen. Het theoretisch onderzoek was noodzakelijk voor de bepaling van de toetsvragen.

De opbouw van het pilotmodel werd duidelijk gekaderd door de mogelijkheden van de Tygron Engine. Zo moest Excel gebruikt worden voor het verwerken van de toetsvragen, dit was niet mogelijk op een andere manier. De TQL is de enige mogelijkheid de toetsvragen te verwerken in de Engine, als de toetsvragen niet konden worden opgesteld met behulp van de TQL was het simpelweg nog niet mogelijk om deze vraag in de Engine te beantwoorden.

De opbouw van het stedenbouwkundigplan in Qgis is goed verlopen. Het plan ook worden gemaakt in de Engine zelf. Dit duurt significant langer wat de watertoets zal vermoeilijken. Qgis is dus een geschikte methode om snel en nauwkeurig een stedenbouwkundigplan te ontwerpen.

Het hoogtebestand is eveneens ontworpen in gis. Dit bestand is vrij grof. Civil 3D kan dit nauwkeuriger. Dit duurt langer en vereist meer technische kennis. Het is aan de gebruiker van de tool om het nauwkeurigheidsniveau te bepalen en hiermee te beslissen welke methode wordt gehanteerd.

De analyse van het pilotmodel, waarin wordt gekeken naar de opbouw van het plan en de implementatie van de toetsvragen in de engine, is gedaan aan de hand van modeltesten in het pilotmodel in de TE. Er is objectief gekeken naar de mogelijkheden van de Engine. Op basis hiervan is de conclusie opgesteld. Er is niet getest door toekomstige gebruiker en er kan dus niet objectief beoordeeld worden of alle toetsen de gewenste resultaten laten zien en

of de tool het gewenste effect kan hebben in de watertoets. Dit zou een extra nauwkeurig resultaat hebben opgeleverd.

Persoonlijke aspecten

naast de reflectie van de technische aspecten is het van belang eveneens naar de persoonlijke aspecten van het afstuderen. Hier wordt gekeken naar de persoonlijke functionering, begeleiding vanuit de onderwijsinstelling en Aveco de Bondt en het verloop van het afstuderen/onderzoek)

Persoonlijk functioneren

Het was voor ons lastig niet te gefocust te raken op de werking van de Tygron Engine en de wil om alle opties binnen het programma zelf uit te vinden. Dit heeft in de eerste weken van het project veel tijd in beslag genomen. Dit kan in de toekomst worden voorkomen door meer overleg met de begeleiders en personen met een technische kennis van de gehanteerde programma's. Dit zou tijd gescheeld hebben en onze kennis van Tygron sneller hebben vergroot. Ook was er soms moeite met het verstellen van de onderzoek scope als het project een andere wending nam of diende te nemen. Ook hier speelt overleg met betrokken personen een rol.

Begeleiding en samenwerking

Wij kijken met een positief gevoel terug op begeleiding vanuit Aveco de Bondt, de interessante Tygron trainingen en besprekingen in Den Haag, de vergaarde kennis en praktijkgerichte toepassing hiervan en de samenwerking onderling. De afdelingsmedewerkers en begeleider van Aveco de Bondt stonden tijdens het project altijd klaar wanneer we vragen hadden betreffende het project of andere zaken. Het zelfde geldt voor de betrokken medewerkers van Tygron van wie wij veel hebben opgestoken betreffende de Engine maar ook vele andere - zeer interessante- onderwerpen waar nu niet verder op kan worden ingegaan. De samenwerking onderling verliep nagenoeg vlekkeloos wat van significant belang is voor het gemoed tijdens de afstudeerperiode.

De begeleider vanuit Van Hall Larenstein was betrokken bij het proces. Op het initiatief van de begeleider werd er in de cruciale eindfase van het afstuderen regelmatig overlegd. Helaas was de feedback op het conceptrapport niet in lijn met de beoordeling van de examiner. De feedback op het concept was positief en beoordeelde het rapport als voldoende. Hierdoor hebben wij het valse gevoel gekregen dat wij in één keer zouden kunnen afstuderen. De examiner zag dit anders en keurde het rapport af. Dit heeft ertoe geleid dat het afstuderen moest worden uitgesteld. De communicatie tussen de begeleider en de examiner en de aansluiting van de concept feedback op het eindoordeel vinden wij onvoldoende.

Verloop van het onderzoek

Het begin van het onderzoek werd gekenmerkt door het zoeken naar de juiste onderzoeksscope. Dit leidde tot wat moeizame start van het uiteindelijke onderzoek. In samenwerking met de begeleider van Aveco de Bondt is dit echter goed verholpen. Na uitgebreid overleg waardoor het onderzoek in de goede richting is gericht is het verloop van het onderzoek soepel gegaan.

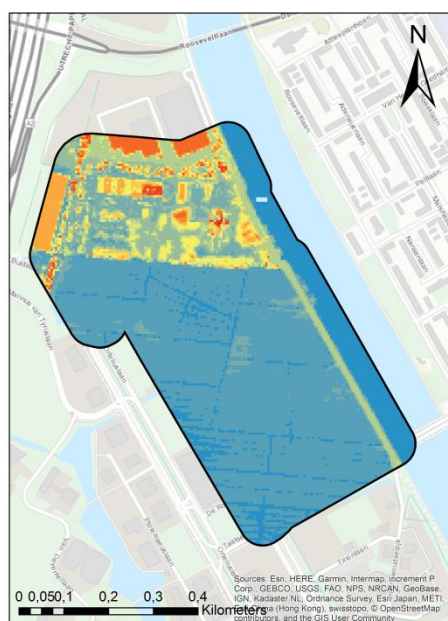
Na vier jaar de hydrologische processen, beleidsaspecten en technische hulpmiddelen te bestuderen tijdens de opleiding Land- en Watermanagement aan de Hogeschool Van Hall Larenstein was het zeer leuk deze onderwerpen in de vorm van het afstuderen in praktijk te brengen. De technische en persoonlijke aspecten hebben ons geleerd hoe een uitgebreid onderzoek als een afstudeeronderzoek in zijn werk gaat. In de toekomst kunnen wij de opgedane kennis gebruiken in het werkveld. Afstuderen bij Aveco de Bondt heeft ons geleerd over werking van een ingenieursbureau en de samenwerking tussen overheden van Nederland.

Bijlage 1. Gebiedsanalyse

Ten behoeve van het opbouwen van een gestandaardiseerd watertoetsproces in de Tygron Engine wordt er in dit onderzoek gebruik gemaakt van een pilot gebied. Het pilot gebied dient als test gebied ter ontwikkeling van een methodiek om de watertoetsparameters op te stellen en optimaal in de Tygron Engine te kunnen integreren. Dit deelhoofdstuk geeft een beknopte analyse van een aantal fysische eigenschappen van het pilot gebied die van belang zijn voor het verdere onderzoek. De gebiedsanalyse dient als uitgangspunt en verificatie voor het verdere onderzoek. Er wordt gekeken naar de waterbalans van de huidige situatie, de bodemopbouw, grondwaterstanden en de hoogteligging.

Hoogteligging

De hoogteligging van een gebied is van belang bij een hydrologische gebiedsanalyse. Het hoogteverloop is een belangrijke factor voor het ontstaan - en bepalen - van locaties waar wateroverlast kan optreden. De Tygron Engine rekent met het hoogte bestand waarmee de Engine bepaald waar wateraccumulatie ontstaat. Het hoogte bestand is direct gerelateerd aan de grondwaterstand in meters onder maaiveld. Gebiedsfuncties zoals gebouwen, wegen, landbouw en natuur stellen eisen aan de ontwateringsdiepte - het verschil tussen het maaiveld en de grondwaterstand - waardoor de maaiveldhoogte een belangrijk element wordt in stedenbouwkundigplannen. Het huidige watertoetsproces houdt wél rekening met kwel en veen in combinatie met ontwateringsdiepte maar nog niet met maaiveld aanpassingen en gebruiksfuncties. Dit onderzoek wil het hoogtebestand en inrichting functie toevoegen aan de toetsing. Hierdoor kan worden aangegeven of in de nieuwe situatie het maaiveld of het grondwaterpeil moet worden aangepast. In de huidige situatie is het pilotgebied gesitueerd op een hoogte tussen circa - 0.20 m +NAP en 2.00 m +NAP. Het oostelijke gedeelte- in de huidige situatie grasland- is het laagst gelegen. het noordelijke gedeelte ligt het hoogst boven NAP. De linker figuur geeft het Algemeen Hoogtebestand Nederland weer op de locatie van het plangebied.



Hoogte kaart

Auteur: Ruben van Eldik, Harmen Knap
Datum: 07-03-2018
Omschrijving: Algemeen hoogte bestand Nederland

Legenda

NAP hoogte

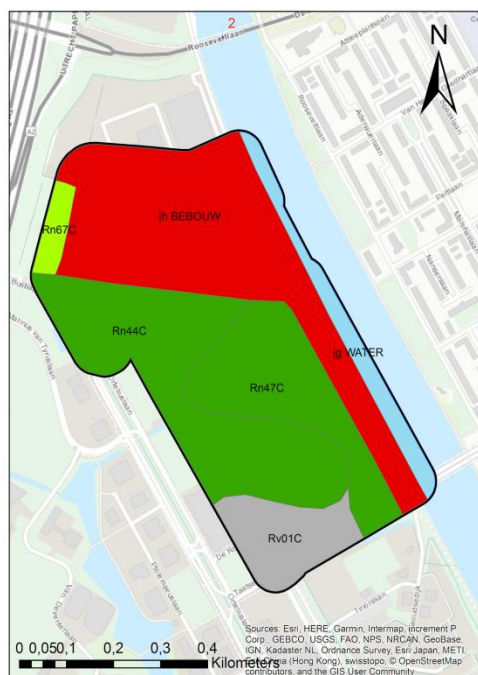
-66 - -4
-3 - 53
54 - 117
118 - 191
192 - 277
278 - 372
373 - 468
469 - 576
577 - 704
705 - 836
837 - 969
970 - 1265
1266 - 2254
2255 - 3649

Bodemkaart

De bodemkaart geeft de verschillende types bodem weer die aanwezig zijn in het gebied. Aan de hand van de bodemkaart kan de doorlatendheid bepaald worden en geeft de geschiktheid voor bouwen aan. Als er veen in het gebied aanwezig is, is de doorlatendheid erg laag en is het gebied meer kwetsbaar op gebied van bouwgeschiktheid. Zand en kleibodems zijn geschikter om op te bouwen.

Met de doorlatendheid van de bodem kan de waterbalans van de huidige situatie berekend worden en vervolgens kan een vergelijking gemaakt worden met toekomstige stedenbouwkundigplannen. Van de bodemkaart kan ook een schatting van de zettingsgevoeligheid en maaiveldvaling gemaakt worden. De bodem van het pilotgebied bestaat voornamelijk uit klei. Van de kleibodems wordt nog een onderscheidt gemaakt in verschillende soorten kleibodems.

In het gebied komt voornamelijk zware klei voor met bodemcode Rn47C, het zuidwesten van het gebied bestaat uit Drechtvaaggronden met de code Rv01C en in het noordwesten is lichte klei (Rn67C) aanwezig. Het overige gedeelte wordt aangeduid als bebouwing.



Bodemkaart

Auteur: Ruben van Eldik, Harmen Knap
Datum: 07-03-2018
Omschrijving: bodemkaart van het gebied

Legenda

Projectgebied bodemkaart

geen data

Omschrijving

poldervaaggrond, Zware klei

Poldervaaggrond, lichte klei

Drechtvaaggrond

Water

bebouwd

Geschiktheid van het bouwen

Bij het realiseren van een stedenbouwkundig plan moet er gekeken worden naar de ondergrond. De ondergrond geeft aan of het geschikt is om op te bouwen.

In de onderstaande figuren is de geschiktheid van het bouwen en de maaiveldddaling te zien van het pilotgebied.

Het pilotgebied is over het algemeen geschikt om op te bouwen. In het gebied liggen sommige stukken die minder geschikt zijn voor het bouwen.

Dat is ook weer af te lezen in de onderstaande figuur. In het gebied daalt de bodem tussen 0.1 en 0.3 cm bij het realiseren van een stedenbouwkundig plan.

De conclusie die getrokken kan worden, is dat bodemdaling wel in het gebied voorkomt maar niet erg veel knelpunten zal veroorzaken. Maar blijft natuurlijk wel een fenomeen waarmee rekening gehouden moet worden tijdens het bouwen.



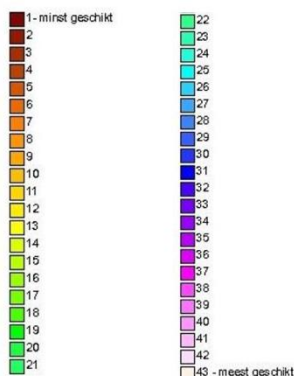
geschiktheid bodem

Auteur: Ruben van Eldik, Harmen Knap

Datum: 07-03-2018

Omschrijving: Geeft de geschiktheid van de bodem om op te bouwen

Legenda



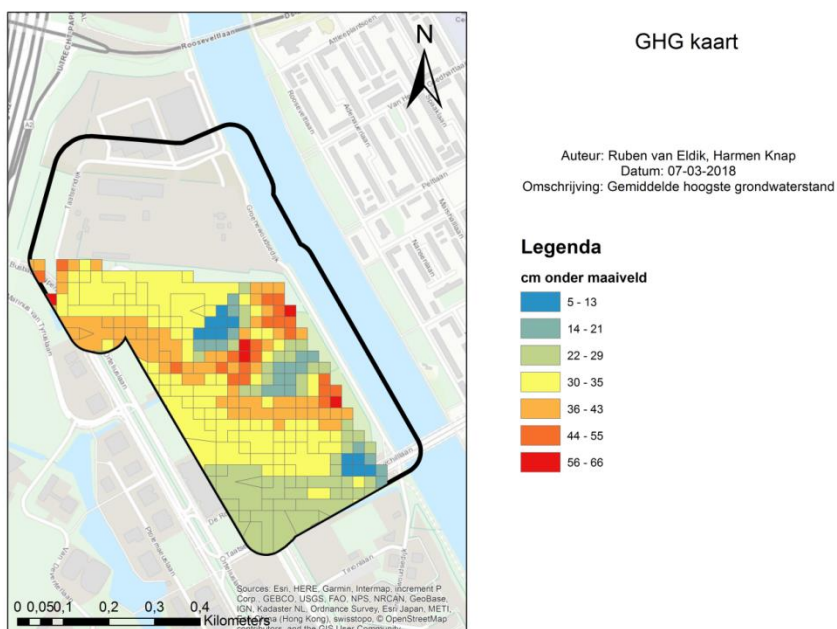
Doorlatendheid bodem

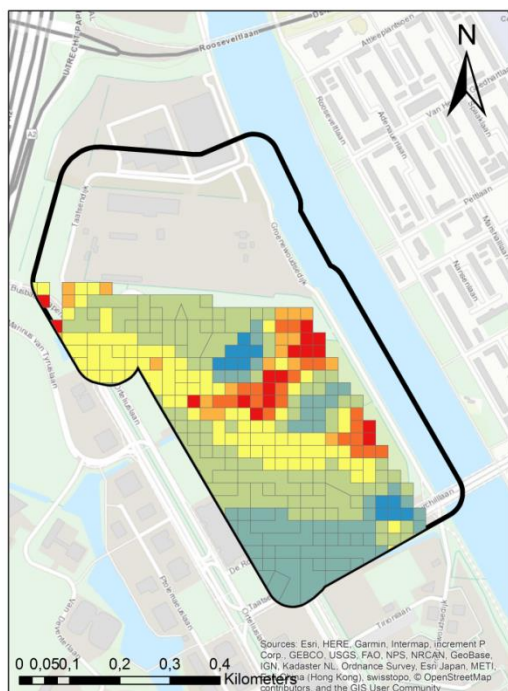
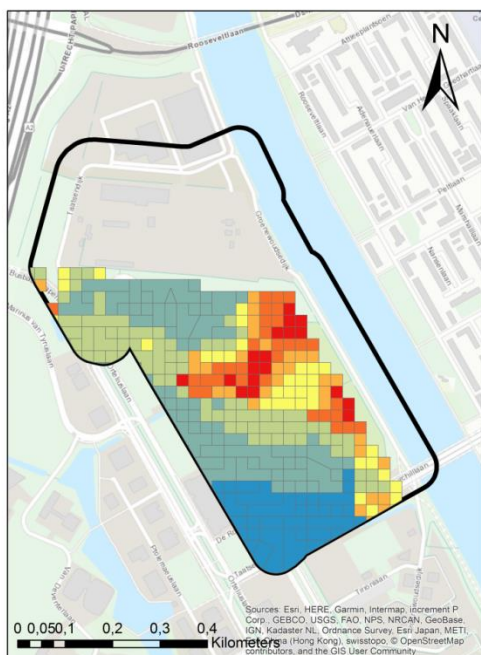
In het gebied ligt voornamelijk klei. Van klei is bekend dat het slecht doorlatend is. Water kan langdurig na een regenbui blijven liggen voordat het de grond infiltreert. De doorlatendheid van de bodem wordt aangegeven met de K- waarde. Dit geeft het infiltratiesnelheid van water in meters per dag aan.

Aan de hand hiervan kan voor het huidige situatie de hoeveelheid water die in de bodem infiltreert berekend worden en hoeveel water afgevoerd moet worden. Dit geeft iets weer van de waterbalans van het gebied.

Grondwater

De grondwaterstanden in een gebied zijn bepalend voor de bouw mogelijkheden, afwatering en berging. Zoals in het kopje 'hoogteligging' reeds gesteld is stellen verschillende gebiedsfuncties eisen aan de ontwateringsdiepte. Droogte en verdroging hangen eveneens af van de grondwaterstand (Compendium voor de Leefomgeving, 2003). De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) is gebaseerd op het gemiddelde van de 3 hoogste grondwaterstanden per hydrologisch jaar (1 april - 31 maart) over een periode van minstens 8 jaar waarin geen ingrepen hebben plaatsgevonden. De GHG is bepalend voor de ontwateringsdiepte onder de verscheidenen inrichting functies, de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) - gebaseerd op de 3 laagste grondwaterstanden in een hydrologisch jaar over een minimale periode van 8 jaar - is van belang voor het bepalen van de verdroging in een gebied. In de gebiedsanalyse is tevens de gemiddelde voorjaars grondwaterstand (GVG) meegenomen. Deze parameter wordt bepaald door het gemiddelde van de grondwaterstanden op 14 maart, 28 maart en 14 april over 8 jaar te nemen. De onderstaande figuren laten respectievelijk de GHG, GLG en GVG in het pilotgebied zien. Op deze kaarten is te zien dat de GHG van varieert van 5 cm -maaiveld (mv) tot circa 66 cm -mv. De gemiddelde laagste grondwaterstand varieert tussen circa 80 cm -mv tot 197 cm -mv, de gvg verschilt van 38 tot 118 cm -mv. (Wageningen Environmental Research, 2010)

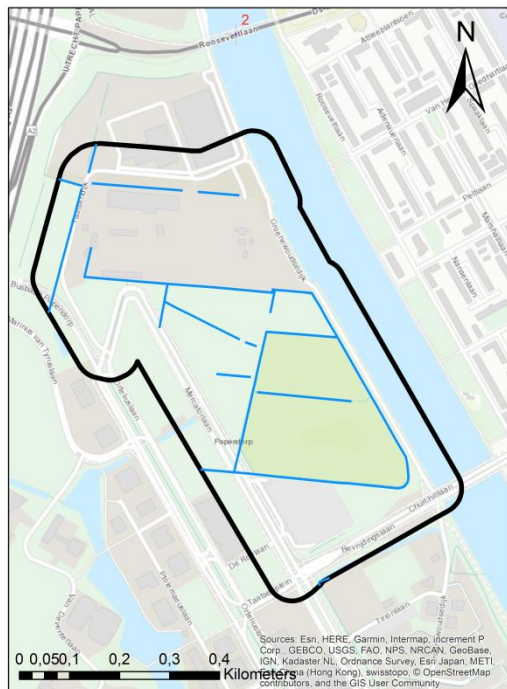




(<https://www.wur.nl/nl/Expertises-Dienstverlening/Onderzoeksinstituten/Environmental-Research/Faciliteiten-Producten/Software-en-modellen/Grondwaterdynamiek/Parameters.htm>)

Oppervlaktewater

oppervlaktewater is van belang voor de afvoer en berging van (hemel)water. het oppervlaktewatersysteem heeft tevens significant effect op de mitigatie verdroging en wateroverlast. Het onderstaande figuur geeft het oppervlaktewatersysteem van de huidige situatie weer. Het is van belang dat bij het ontwerp van een stedenbouwkundig plan eventuele watergangen die verloren gaan worden gesubstitueerd.



Watergangen

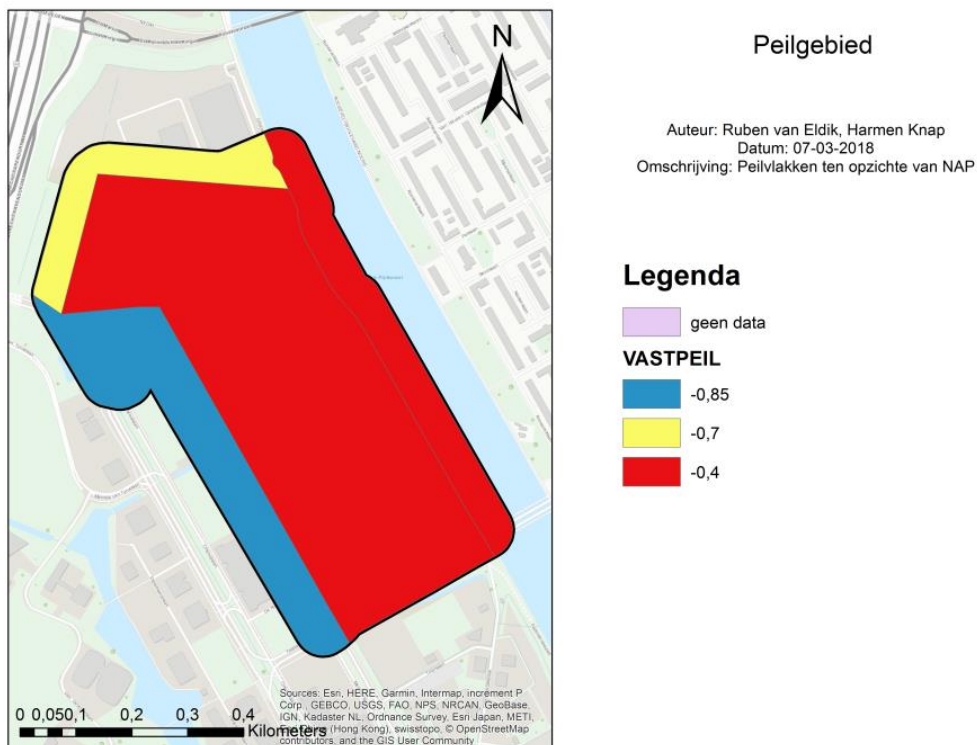
Auteur: Ruben van Eldik, Harmen Knap
Datum: 07-03-2018
Omschrijving: Watergangen in het gebied

Legenda

— Watergangen

Peilbesluit

De peilbesluiten spelen een grote rol in de Tygron Engine. De peilbesluiten bepalen het waterpeil en de in- uitvoer van water. stuwen, overstorten, pompen en duikers bepalen de invoer en uitvoer van water van een hooggelegen peilgebied naar een laaggelegen peilgebied. De onderstaande afbeelding laat de peilgebieden in het pilotgebied zien.



Bijlage 2. Excel Tabel met toetsingsvragen

Landgebruik			Stedelijk				Oppervlakte water				toelichting toetsing
Thema	subthema	Parameter	Algemeen	Gebouw	Verharding	Groen	gewoon	ecologisch water	water met vismigratie	ecologisch water met vismigratie	
Water-overlast	maximale afvoer		niet goed te toetsen in Tygdon								
	water op straat/ maaiveld	huidige situatie	bij x cm water op straat (bij maximum afvoer bij maatgevende bui, met en zonder bodemdaling/ zetting) dan aandachtspunt	zie toetsing algemeen	zie toetsing algemeen	zie toetsing algemeen					maatgevende bui en toetsings waterdieptes bepalen, maximaal afvoer bij uitlaatpunt invoeren
		toekomstige situatie (klimaatscenario's . Toekomstige buien)	bij x cm water op straat (bij maximum afvoer bij maatgevende bui, met en zonder bodemdaling/ zetting) dan aandachtspunt	zie toetsing algemeen	zie toetsing algemeen	zie toetsing algemeen					maatgevende bui en toetsings waterdieptes bepalen, maximaal afvoer bij uitlaatpunt invoeren
	droog-legging			min 0,80 meter ontwaterings-diepte tov maaiveld, tenzij drainage aanwezig	min 0,80 meter ontwaterings-diepte tov maaiveld, tenzij drainage aanwezig						
water-kwaliteit	Diffuse bronnen	Diffuse bronnen afspoeling			als weg niet is aangesloten op riool met POC, dan aandachtspunt			zie toetsing gewoon water, maar dan ander signaleringstekst			rioolgegevens nodig (als er een POC aanwezig is, dan is de aanname dat de diffuse bronnen worden afgevoerd naar de zuivering)
		diffuse uitspoeling	zie (toekomstige) module waterkwaliteit HDSR			zie module waterkwaliteit HDSR	bij aanwezigheid van drainage en/of overstort aandachtspunt	Als ecologisch water en uitspoeling diffuse bronnen aanwezig is, zo ja: aandachtspunt			
	Tempe-ratuur	Schaduw					als er bomen aanwezig zijn aan zuidkant-watergang, dan positief, anders aandachtspunt	idem		idem	
		hittestress					is hittestress groter is dan + 0,5 graden dan aandachtspunt	idem		idem	
	vis-migratie								als er kunstwerken aanwezig zijn (evt. met buffer werken), aandachtspunt	als er kunstwerken aanwezig zijn (evt. met buffer werken), aandachtspunt	
	ESF	ecologische waterkwaliteit					als nvo aanwezig dan positief voor waterkwaliteit	als nvo aanwezig dan positief voor waterkwaliteit			

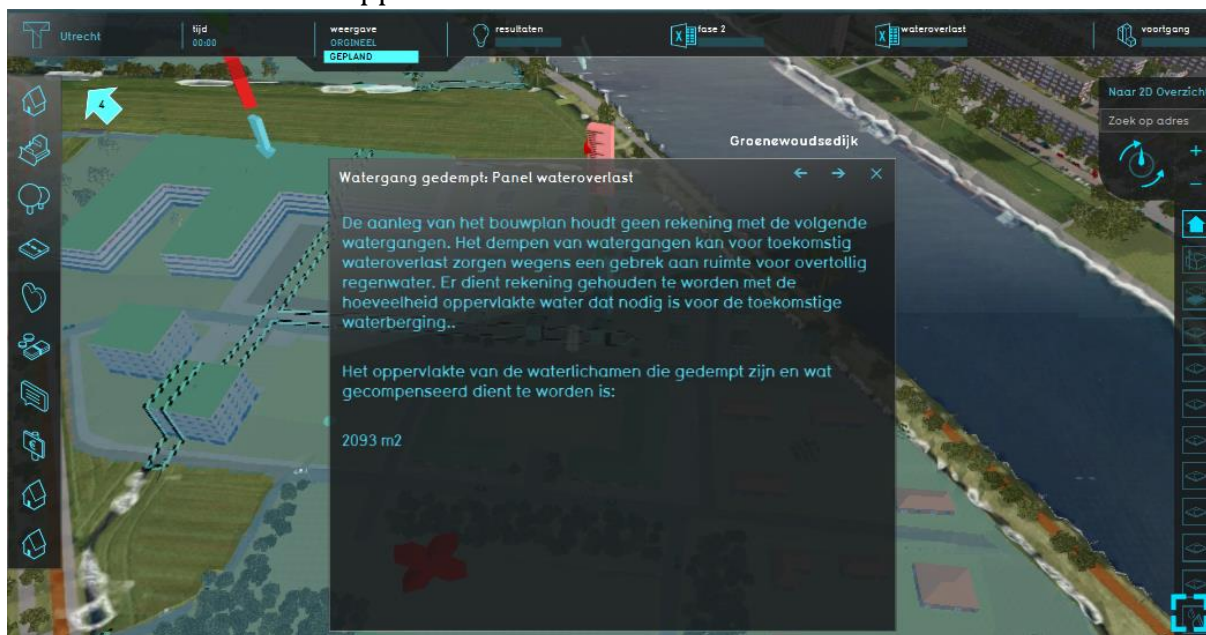
Landgebruik			Stedelijk				Oppervlakte water				toelichting toetsing
Thema	subthema	Parameter	Algemeen	Gebouw	Verharding	Groen	gewoon	ecologisch water	water met vismigratie	ecologisch water met vismigratie	
bodemdaling	zetting	Belasting door bodemopbouw of infrastructuur	zie concept module zetting HDSR		als bodemdaling aanwezig is aandachtspunt (kosten beheer en onderhoud)	idem					Kaart bodemopbouw invoegen, toekomstige grondwaterstand
	veen-oxidatie	Bodem	zie module bodemdaling (RE:PEAT)		als bodemdaling aanwezig is aandachtspunt (kosten beheer en onderhoud)	idem					Kaart bodemopbouw invoegen, toekomstige grondwaterstand en oppervlaktepeilindexatie
Droogte	grond-water	verandering grondwaterstand	niet goed te toetsen in Tygron								
		verandering flux (kwel en inzijging)	niet goed te toetsen in Tygron								
	Infiltratie		infiltratie neemt toe, dan positief, anders negatief (vergelijke met huidige situatie)								
hittestress			Hittestress kaart (geen toetsing)								geen norm voor hittestress bekend
Water-veiligheid			als overstromingsdiepte y is bij functie x, dan aandachtspunt	als gebouw binnen beschermingszone waterkering, bijvoorbeeld 25 meter van waterkering af staat. Dan aandachtspunt							Kaart overstromingsdiepte overnemen uit klimaateffectatlas
beheer & onderhoud							ruimte voor onderhoud				
							bodemdaling leidt tot extra baggeren				

Bijlage 3. Onderzoeksresultaten en rekenregels

Deze bijlage geeft een per watertoetsonderdeel een voorbeeld van de visualisatie van de desbetreffende toetsing, de rekenregels waar de toetsen op gebaseerd zijn en welke data per toets nodig zijn om deze uit te voeren. De bijlage bevat afbeeldingen met een voorbeeld van de signaleringstekst en hoe de knelpunten worden weergegeven.

3.1. Wateroverlast

3.1.1. Beschikbaar wateroppervlakte



De bovenstaande afbeelding laat een aantal watergangen zien die bij de implementatie van het plangebied worden gedempt. Dit is de visualisatie van de bijbehorende toets, hierbij hoort het signaleringssymbool, de waarschuwingstekst en de selectie.

De rekenopdracht van deze toets is hier te zien. Waar de watergangen kruisen met het oppervlakte van het plan en de watergangen gedempt worden, wordt een waarschuwing gegeven.

if

```
"SELECT_LOTSIZE_WHERE_AREA_WITH_ATTRIBUTE_IS_CAT_NUM_AND_GRID_IS_55_AND_MINGRIDVALUE_IS_1.0_AND_AREA_IS_ID>=0;1;0)
```

Deze query berekent het oppervlakte van de watergangen die gedempt worden bij de implementatie van het stedenbouwkundigplan.

```
SELECT_LOTPOLYGONS_WHERE_AREA_WITH_ATTRIBUTE_IS_CAT_NUM_AND_GRID_IS_55_AND_MINGRIDVALUE_IS_1.0_AND_AREA_IS_ID
```

Deze query selecteert de locatie van de watergangen die zijn gedempt.

Nodig voor toetsing:

- area met alle oorspronkelijke watergangen (via opendata waterschap)
- Een buffer van het plangebied
- Alle bouw functies moeten een gemeenschappelijke attribuut hebben (in dit geval wijk)

3.1.2. Maximale afvoer

1	Time:	Step:	Rain (m3)	Outlet IN (m3)	Outlet OUT (m3):	292: Riool Welgelegen, Den Hommel (m)	-1: WaterArea (m)
1436	01: 60	14340	101250	0	1629	0,004	0,08
1437	01: 60	14350	101250	0	1630	0,004	0,08
1438	01: 60	14360	101250	0	1632	0,004	0,08
1439	01: 60	14370	101250	0	1633	0,004	0,08
1440	01: 60	14380	101250	0	1634	0,004	0,08
1441	02: 00	14390	101250	0	1635	0,004	0,08

De bovenstaande afbeelding geeft een deel van de waterbalans weer. Hierop is te zien wat de totale gevallen neerslag is in m³, de uitlaat is en wat de afvoer van het riool is. Hieruit valt af te lijden of de maximale afvoer wordt overschreden. Bijlage 3.1.3 geeft tevens weer wat de wateroverlast is als de maximale afvoer vast wordt gezet doormiddel van een knijpconstructie.



Het figuur dat hierboven te zien is geeft een visualisatie van de maximale waterafvoer toets weer. Het is geen toetsing met signalering als er niet aan de eis wordt voldaan maar een hulpmiddel om een gewenst afvoer in te stellen en de effecten hiervan te bekijken. Dit kan doormiddel van het openen van de verschillen kaart in de rainfall overlay.

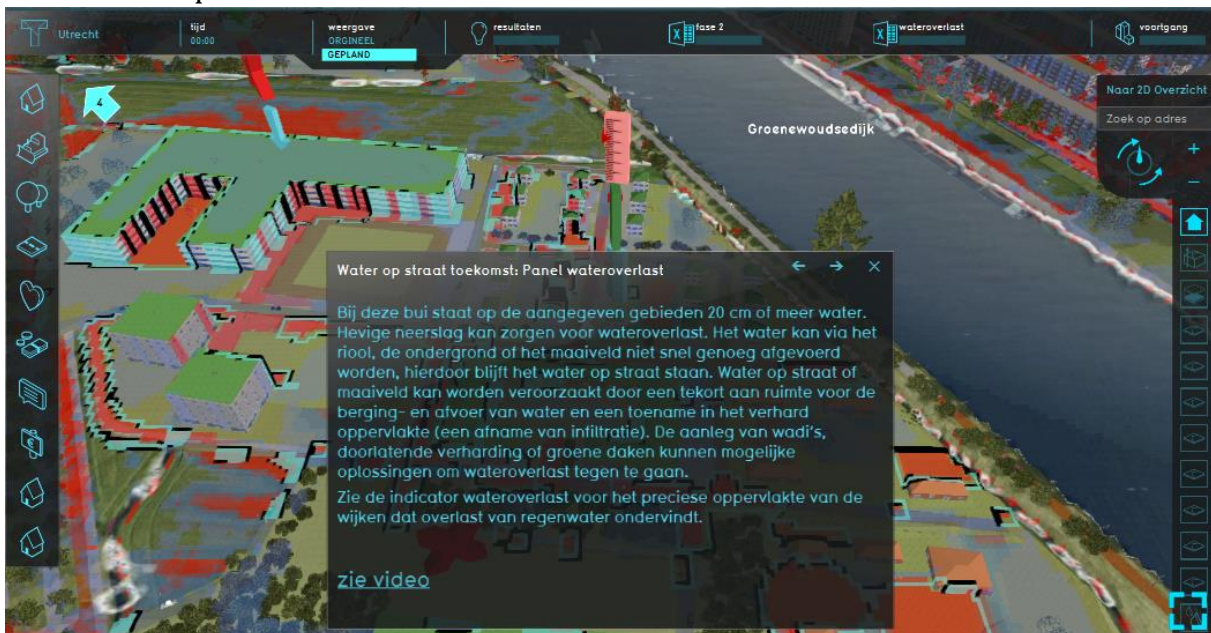
De volgende renregels zijn gebruikt.

```
<html><body><p><b>Pas het debiet aan voor: Building name</b></p><p> <form
action="$SLOT/event/LogicEventType/BUILDING_SET_ATTRIBUTE/?token=$TOKEN" method="post">
<input type="hidden" name="redirect" value="$CLOSE_PANEL"> <input type="hidden" name="0"
value="1"><input type="hidden" name="1" value ="DEBIET"><input type="text" name="2" value ="-
1,5"><input type="submit" value="Verstuur"> </form></p></body></html>
```

Voor de uitvoer van deze panel zijn de volgende gegevens nodig:

- Een duiker
- peilgebieden(opendata waterschappen)

3.1.3. Water op maaiveld



De bovenstaande afbeelding laat zien waar in het plangebied meer dan 20 cm wateroverlast voorkomt bij de simulatie van een 90 mm bui (de neerslagevenementen zijn vrij aanpasbaar). De polygonen waar dit het geval is worden geselecteerd, tevens wordt de wateroverlastkaart getoond. De tekst geeft een uitleg betreffende het onderdeel wateroverlast.

De rekenopdracht die bij deze toets hoort selecteert de plekken waar de regenwateroverlast overlay meer dan 20 cm water op straat weergeeft binnen de grenzen van het plangebied. Als deze locaties aanwezig zijn wordt de signalering zichtbaar en worden de knelpunten geselecteerd.

```
ELECT_LOTSIZE_WHERE_ATTRIBUTE_MULT_IS_PLANGEBIED_AND_GRID_IS_26
(regenwateroverlast)_AND_MINGRIDVALUE_IS_0.2_AND_AREA_IS_ID
```

Ten behoeve van het uitvoeren van deze toets is nodig:

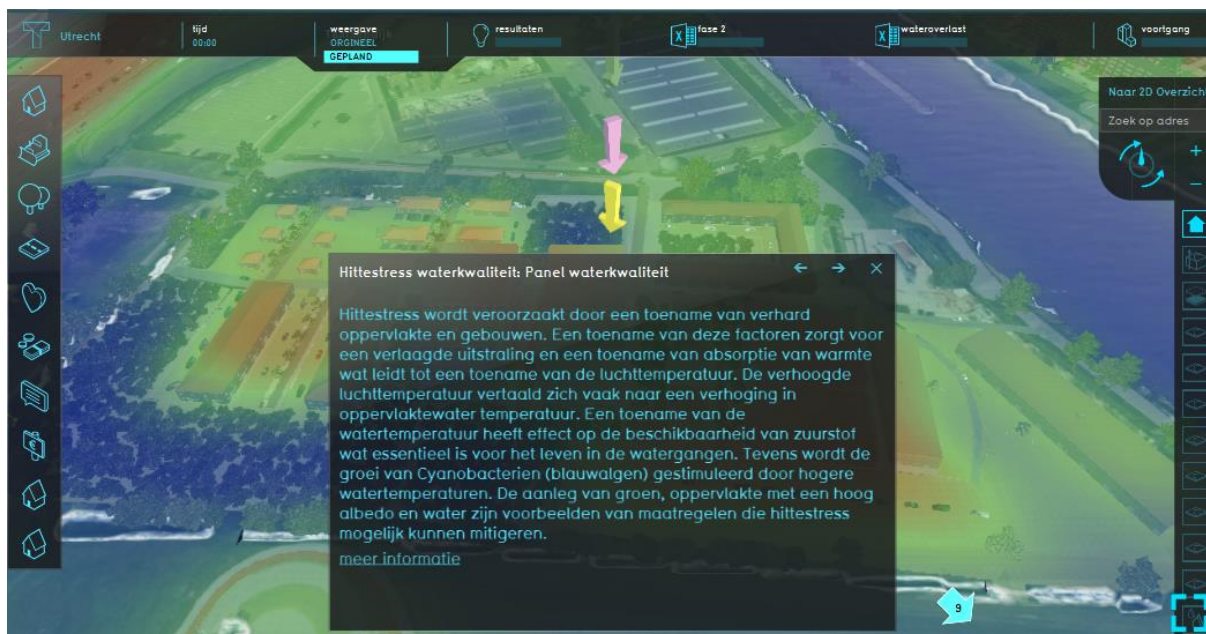
- Regenwateroverlast overlay
- Een buffer van het plangebied/ of plangebied waar alle gebruikte functies een gemeenschappelijke attribuut (plangebied) hebben



De bovenstaande afbeelding geeft een illustratie van de wateroverlast indicator. Hierop is per wijk te zien wat het oppervlakte is dat wateroverlast heeft. De indicator verandert als er maatregelen getroffen worden.

3.2. Waterkwaliteit

3.2.1. Hittestress



Deze afbeelding laat de toets betreffende de waterkwaliteit en hittestress zien. De toets selecteert de watergangen waar de hittestress meer dan 0.5 graden Celsius is. Tegelijkertijd wordt de hittestress kaart getoond.

De toets rekent door de watergangen te selecteren waar de hittestress meer dan 0.5 graden Celsius van de nul waarde afwijkt. Als dit het geval is wordt de waarschuwing zichtbaar en worden deze locaties geselecteerd.

If "SELECT_LANDSIZE WHERE_GRID_IS_10_AND_MINGRIDVALUE_IS_0,5 -
SELECT_LANDSIZE WHERE_AREA_WITH_ATTRIBUTE_IS_CAT_NUM>0;1;0

Deze query berekent of er oppervlakte water is waar eveneens meer dan 0.5 graden hittestress is.

SELECT_LOTPOLYGONS WHERE_GRID_IS_10_AND_MINGRIDVALUE_IS_0.5_AND_AREA_WITH_ATTRIBUTE_IS_CAT_NUM_AND_AREA_IS_ID

De bovenstaand query selecteert deze gebieden.

Voor deze toets is de volgende data nodig:

- Area met watergangen (opendata waterschap)
- Hittestress overlay
- Een buffer van het plangebied

3.2.2. Schaduw



Deze afbeelding laat de toetsing betreffende schaduw op de watergangen zien. Op de afbeelding is de begeleidende tekst en de visualisatie van de selectie te zien.

De toets berekent waar en hoeveel oppervlakte de watergangen bescherming ondervinden door schaduw.

```
SELECT_LOTSIZE_WHERE_ATTRIBUTE_MULT_IS_SCHADUW_AND_AREA_WITH_ATTRIBUTE_IS_CAT_NUM_AND_AREA_IS_ID
```

Deze rekenopdracht laat de Engine het oppervlakte waterbuffer berekenen waar schaduw van aanwezig is. De watergangen moeten hiervoor wel gebufferd worden.

```
SELECT_LOTPOLYGONS_WHERE_AREA_WITH_ATTRIBUTE_IS_CAT_NUM_AND_GRID_IS_56_AND_MINGRIDVALUE_IS_1.0_AND_AREA_IS_ID
```

Deze query selecteert de gebieden waar schaduw op de watergang aanwezig is.

Nodig voor de toetsing:

- Bomen, bos en gelijksoortige functies moeten een gemeenschappelijke functie (schaduw) hebben
- Water buffer (area) (opendata waterschap)

3.2.3. Vismigratie



De bovenstaande afbeelding laat de visualisatie zien van de toets betreffende de vismigratie. De visualisatie laat zien waar in het gebied een stuw is die niet vispasseerbaar is. De signaleringstekst geeft aan waarom dit een knelpunt is- of kan opleveren.

De toets rekent met de aanwezigheid van vismigratieroutes en de aanwezigheid van stuwen die als attribuut: 'niet vispasseerbaar' hebben in de aangegeven watergangen. Als deze stuwen in deze watergangen aanwezig zijn wordt de signalering ingeschakeld en worden de stuwen zichtbaar.

```
SELECT_LOTPOLYGONS_WHERE_FUNCTION_IS_944
```

```
(stuw)_AND_ATTRIBUTE_IS_STUWEN_AND_AREA_WITH_ATTRIBUTE_IS_CAT_NUM_AND_AREA_IS_I  
D
```

De bovenstaande query berekent het oppervlakte

Om deze toets uit te voeren is de onderstaande data nodig:

- Stuwen
- Area met watergangen die een vismigratiefunctie hebben. In dit geval zijn de watergangen uit de open data van HDSR gebruikt, deze hadden geen vismigratiefunctie. Dit kan worden opgelost door handmatig deze watergangen te downloaden en binnen GIS een attribuut vismigratie toe te voegen. De toets moet dan worden aangepast (CAT_NUM moet worden veranderd in de naam van de attribuut die vismigratie aangeeft)
- Een buffer van het plangebied

3.2.4. Riooloverstort



Dit figuur laat de toetsing betreffende de aanwezigheid van riool overstorten zien. Op de afbeelding is een voorbeeld van de toets te zien. Hierop is het gebied te zien waar de overstort zich bevindt in combinatie met de bijbehorende signaleringstekst.

De toets rekent met de aanwezigheid van de Tygron functie riool overstort. Als er 1 of meer overstorten aanwezig zijn wordt de signalering ingeschakeld en worden deze overstorten zichtbaar.

SELECT_LOTPOLYGONS_WHERE_FUNCTION_IS_945(riooloverstort)_AND_ATTRIBUTE_IS_SPEED_AND_AREA_IS_ID

Ten behoeven van de uitvoering van deze toets is de volgende informatie nodig:

- Riool overstort met gemeenschappelijke attribuut dat het type overstort definieert (speed geeft in dit geval alle overstorten over van een gescheiden riool)
- Een buffer van het plangebied

3.3. Bodemdaling



De figuur laat een voorbeeld van de toetsing betreffende bodemdaling zien. De visualisatie laat de signaleringstekst zien en het gebied waar deze op van toepassing is. De geselecteerde gebieden zijn kwetsbaar voor bodemdaling door veenoxidatie. Tevens is de bodemkaart zichtbaar.

De toets rekent met het oppervlakte veen dat aanwezig is binnen het plangebied. Als dit meer dan 5% bedraagt wordt de signalering ingeschakeld en wordt het desbetreffende gebied gemarkeerd.

If

```
"SELECT_LANDSIZE WHERE AREA_WITH_ATTRIBUTE_IS_VEEN_AND_AREA_IS_ID/(SELECT_LANDSIZE WHERE AREA_IS_ID/100) >=5(%);1;0"
```

Deze rekenregel berekent of er in het plangebied meer dan 5% veen aanwezig is

```
SELECT_LOTPOLYGONS WHERE AREA_IS_ID_AND_AREA_WITH_ATTRIBUTE_IS_VEEN
```

Deze query selecteert in dit geval de locaties waar veen aanwezig is.

Om deze toetsing uit te kunnen voeren is de onderstaande data nodig:

- bodemkaart.
- Een buffer van het plangebied

3.4. Droogte



Dit figuur geeft de visualisatie van de droogte toets weer.

De toets berekent de oppervlakte die geen doorlatendheid factor heeft binnen het plangebied en berekent vervolgens de benodigde watercompensatie.

SELECT_LOTSIZE_WHERE_ATTRIBUTE_MULT_IS_VERHARD_AND_AREA_IS_ID

Om de compensatie in oppervlaktewater te berekenen wordt deze oppervlakte omgezet in hectaren en vermenigvuldigd met de aanname betreffende de benodigde watercompensatie:

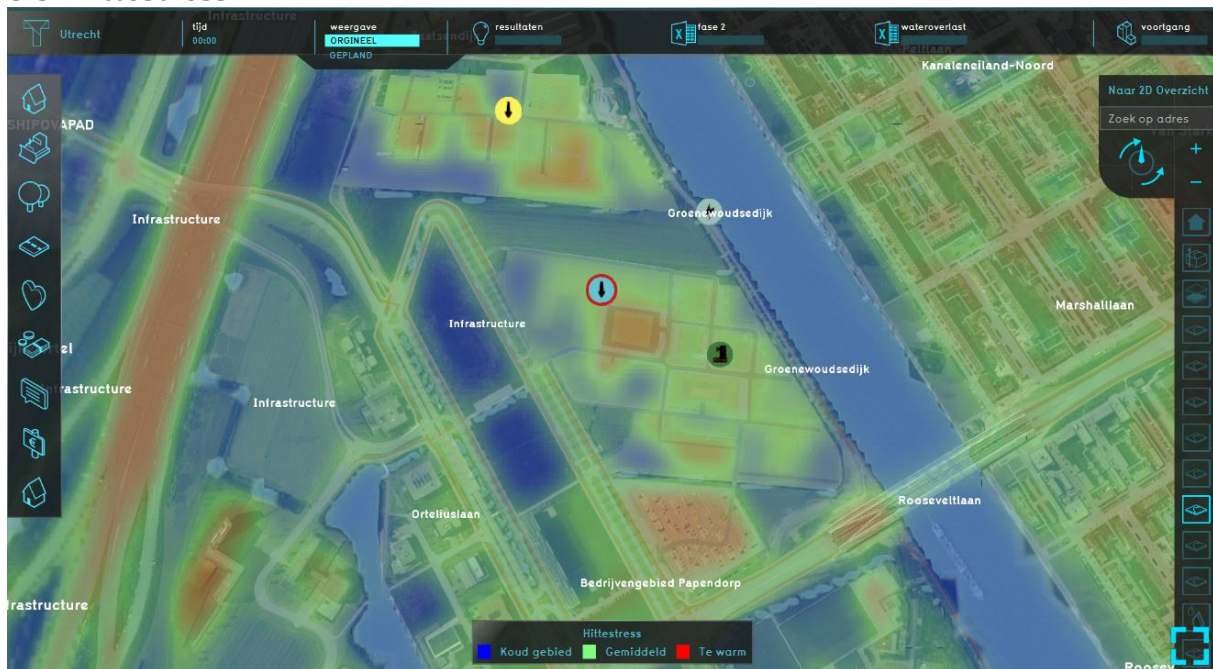
Maatgevend : verhard opp * 436

Toekomstig : verhard opp * 664

Voor deze toets is nodig:

- Het stedenbouwkundigplan met een attribuut verhard
- Het plangebied

3.5. Hittestress



Op deze afbeelding is de hittestress overlay te zien. Hierop wordt zichtbaar waar in het gebied de temperatuur door de aanwezigheid van bepaalde functies afwijkt – positief of negatief- van de nul waarde. Dit wordt getoond door de afwijking in graden Celsius weer te geven.

3.6. Waterveiligheid



Dit figuur toont de visualisatie van de waterveiligheidstoetsing. Te zien is de signaleringstekst en een aantal geselecteerde functies die niet aan de toetsing voldoen.

De toets rekent met een buffer rond de primaire waterkeringen. Als er binnen deze buffer bepaalde functies aanwezig zijn word de signalering zichtbaar en lichten de knellende functies op.

```
SELECT_LOTSIZE_WHERE_AREA_WITH_ATTRIBUTE_IS_CAT_NUM_AND_GRID_IS_55_AND_MINGRID
VALUE_IS_1.0_AND_AREA_IS_ID
```

Deze query berekent het oppervlakte van de functies met de attribute 'gebouw_vei' die binnen de veiligheidsbuffer vallen

```
SELECT_LOTPOLYGONS_WHERE_AREA_WITH_ATTRIBUTE_IS_CAT_NUM_AND_GRID_IS_55_AND_MI
NGRIDVALUE_IS_1.0_AND_AREA_IS_ID
```

Deze rekenregel selecteert het oppervlakte van de functies met de attribute 'gebouw_vei' die binnen de veiligheidsbuffer vallen. Deze regel is niet 'templeerbaar'

Voor deze toets is nodig:

- Een buffer rond de waterkering (opendata waterschap)
- Functies met een gemeenschappelijke attribuut die aangeeft dat deze niet in de veiligheidszone gebouwd mogen worden (gebouw_vei)
- Een buffer van het plangebied

Bijlage 4. Panels

Thema

Wateroverlast

- Waterarrow



- Water op straat (huidig & toekomstig samen)
 - o Tekst: Bij deze bui staat op de aangegeven gebieden 20 cm of meer water. Hevige neerslag kan zorgen voor wateroverlast. Het water kan via het riool, de ondergrond of het maaiveld niet snel genoeg afgevoerd worden; hierdoor blijft het water op straat staan. Water op straat of maaiveld kan worden veroorzaakt door een tekort aan ruimte voor de berging- en afvoer van water en een toename in het verhard oppervlakte (een afname van infiltratie). De aanleg van wadi's, doorlatende verharding of groene daken kunnen mogelijke oplossingen om wateroverlast tegen te gaan.
- Watergangen dempen
 - o De aanleg van het stedenbouwkundigplan houdt geen rekening met de volgende watergangen. Het dempen van watergangen kan voor toekomstig wateroverlast zorgen wegens een gebrek aan ruimte voor overtollig regenwater. Er dient rekening gehouden te worden met de hoeveelheid oppervlakte water dat nodig is voor de toekomstige waterberging.

Waterkwaliteit

- Arrow



- Diffuse bronnen afspoeling
 - o Normaal: de afspoeling van diffuse bronnen als wegen, huizen en tuinen kan een negatieve invloed hebben op de waterkwaliteit. Wegen zonder pomp over capaciteit (POC) voeren de eerste millimeters water van een bui (first flush) niet af richting de RWZI maar storten deze over naar de watergangen. De first flush kan metalen en andere afvalstoffen bevatten die leiden tot een degradatie van de waterkwaliteit.
 - o Ecologisch: de afspoeling van diffuse bronnen als wegen, huizen en tuinen kan een negatieve invloed hebben op de waterkwaliteit. Wegen zonder pomp over capaciteit (POC) voeren de eerste millimeters water van een bui (first flush) niet af richting de RWZI maar storten deze over naar de watergangen. De

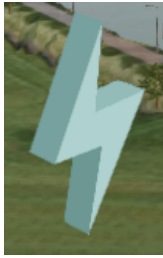
first flush kan metalen en andere afvalstoffen bevatten die leiden tot een degradatie van de waterkwaliteit. Zeker bij watergangen met een hoge ecologische kwaliteit kan dit zorgen voor een significante afname van de ecologische waarde.

- Drainage
 - Normaal: de aanwezigheid van drainage kan leiden tot de uitspoeling van verontreinigende stoffen als nitraten en stikstof. Bemeste tuinen, volkstuinten of landbouwgrond in combinatie met drainage kunnen leiden tot een degradatie van de waterkwaliteit van de afwaterende watereenheden.
 - Ecologisch: Normaal: de aanwezigheid van drainage kan leiden tot de uitspoeling van verontreinigende stoffen als nitraten en stikstof. Bemeste tuinen, volkstuinten of landbouwgrond in combinatie met drainage kunnen leiden tot een degradatie van de waterkwaliteit van de afwaterende watereenheden. Zeker bij watergangen met een hoge ecologische kwaliteit kan dit zorgen voor een significante afname van de ecologische waarde.
- Temperatuur
 - Schaduw: Schaduw op de waterlichamen zorgt ervoor dat de waterkwaliteit minder worden beïnvloed door temperatuurstijgingen. Een toename van de watertemperatuur heeft effect op de beschikbaarheid van zuurstof wat essentieel is voor het leven in de watergangen. Tevens wordt de groei van Cyanobacterien (blauwalgen) gestimuleerd door hogere watertemperaturen. Bomen ten zuiden van een watergang binnen een straal van enkele meters zorgen voor verkoeling en de bescherming van de watergang tegen opwarming door zonintensiteit.
 - Hittestress: hittestress wordt veroorzaakt door een toename van verhard oppervlakte en gebouwen. Een toename van deze factoren zorgt voor een verlaagde uitstraling en een toename van absorptie van warmte wat leidt tot een toename van de luchttemperatuur. De verhoogde luchttemperatuur vertaalt zich vaak naar een verhoging in oppervlaktewater temperatuur. Een toename van de watertemperatuur heeft effect op de beschikbaarheid van zuurstof wat essentieel is voor het leven in de watergangen. Tevens wordt de groei van Cyanobacterien (blauwalgen) gestimuleerd door hogere watertemperaturen. De aanleg van groen, oppervlakte met een hoog albedo en water zijn voorbeelden van maatregelen die hittestress mogelijk kunnen mitigeren.
- Vismigratie

Deze watergangen bevatten een vismigratieroute of hebben een hoge ecologische waarde en worden doorsneden door een niet vispasseerbaar kunstwerk. Dit heeft een negatieve invloed op de waterkwaliteit in deze watergangen en de watergangen stroomop- en afwaarts.

Waterveiligheid

- Lightning



- Waterkering: als een gebouw binnen 25 meter van een waterkerend object staat kan dit de stabiliteit van dit object verminderen.
-

Bodemdaling

- arrow



- Het plangebied bevindt zich in een gebied waar er minstens 5% veen is, waardoor er rekening gehouden dient te worden met bodemdaling, de kaart is afkomstig van de provincie. Bodemtypen kunnen in de praktijk lokaal sterk verschillen

Droogte

- Decline
- Tektst: De totale infiltratie capaciteit in het gebied neemt af. Dit kan leiden tot droogte. Zie de waterbalans voor de infiltratie en water opslag ondergronds. Groene daken en doorlatend verhard oppervlakte zijn meegenomen in de berekening als verhard oppervlakte. De berekening rekent op basis van 'ground infiltration per day' als deze 0 is geldt het in dit geval als verhard oppervlak



Bijlage 5. Attributen tabel (Qgis) (functies stedenbouwkundigplan)

Deze afbeelding geeft een indicatie van de functies in het stedenbouwkundigplan en de benodigde attributen voor de uitvoering van de toetsen.

- 1: deze attribuut is aanwezig en kan mee gerekend worden
- NULL: deze attribuut is niet aanwezig

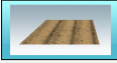
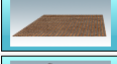
Hoofdtype	Bemest	Schaduw	Gebouw_vei	wijk	gem_overst	Stuwen
bedrijf	NULL	NULL	1	1	NULL	NULL
boom	NULL	1	NULL	1	NULL	NULL
Brug	NULL	NULL	NULL	1	NULL	NULL
BOS	NULL	1	NULL	1	NULL	NULL
Flat	NULL	NULL	1	1	NULL	NULL
Flatgroen	NULL	NULL	1	1	NULL	NULL
Hoofdweg	NULL	NULL	NULL	1	NULL	NULL

- Wijk: Deze attribuut geeft aan waar gebouwd wordt, dit geldt voor alle geplande evenementen(van pleinen tot flats en boomgaarden). Deze attribuut wordt gebruikt voor het toetsen van de panel wateroverlast>dempen van watergangen
- Bemest: Deze attribuut geeft aan of de tuinen bemest worden. (deze toets wordt nog niet gebruikt)
- Schaduw: Deze attribuut geeft aan welke functies schaduw kunnen geven op een watergang(dit geldt alleen voor bomen, boomgaarden, etc.). Wordt gebruikt voor de toetsen hittestress op een watergang, schaduw op een watergang.
- Gebouw_vei: Deze attribuut geeft aan welke functies niet binnen de beschermingszone mag plaatsvinden. Dit is een keuze die gemaakt wordt op basis van de eisen van het waterschap. Wordt gebruikt voor de toets waterveiligheid, gebouwen binnen de beschermingszone.
- Gem_overst: Dit attribuut geeft aan of er een gemengd/onverbeterd gescheiden rioolstelsel aanwezig is met overstort.
- Stuwen: dit attribuut geeft aan of er een stuw (niet vispasseerbaar) aanwezig is.

De shapefile van de omtrek van het plangebied dient ook enkele attributen te hebben. hierbij geldt hetzelfde als bij de bovenstaande attributen. De indicators kunnen eventueel verwerkt worden in een aparte indicator tabel (dit komt in het rapport niet verder aan bod). Het plangebied dient in elk geval de attribuut; "plangebied", te hebben.

Bijlage 6. Functie tabel Tygron(functies stedenbouwkundigplan)

De onderstaande figuren geven een voorbeeld van een aantal functies in de Tygron Engine en de parameters waarmee de Engine kan rekenen.

Name	Category	(Bridge) Height Offset (m)	Image	Road Color	Ground Color	Extra Color	Top Color	Description
Naoorlogse sociale woningbouw...	Sociale woningbouw	0						Naoorlogse sociale woningbouw
Moestuinen	Parken	0						Moestuinen
Sportcentrum	Vrije tijd	0						Sportcentrum
Stadspark	Parken	0						De aanleg van parken heeft een goede invloed op de leefbaarheid en de verhouding gr...
Parkeergelegenheid (kratten)	Pleinen	0						Een waterdoorlatende parkeerplaats biedt niet alleen ruimte voor automobilisten, maar...
Waterplein met speeltuin	Pleinen	0						Een speeltuin zorgt voor een betere leefbaarheid in de buurt. Het functioneert tevens al...
Seniorenwoningen	Senioren woningen	0						Een seniorenwoning of een seniorenflat is speciaal voor ouderen gebouwd of aangepas...
Speeltuin	Pleinen	0						Een speeltuin zorgt voor verbeterde sociale leefbaarheid

APM	Green Space (m2 / m2)	Ground Color	Ground Infiltration per Day (m)	Heat Effect (°C)	Heat Flow change per year (GJ)	Heat Flow formula start year	Heat Flow to Power multiplier	Heat Flow value at start year (GJ)	Lanes	Liability Effect	Manning Value	Max Floors	Min Floors	Monumental	Noise Sigma	Noise Tau	Parking Lots (/ m2)	Parking Lots Demand (/ m2)	Pipes Permitted	Roof Color	Safety Distance (m)	Sell Price (€ / m2)	Shading Road Height (m)	Speedlimit kmph	Top Color	Unit Size (m2)	Units per hour	Water Evaporation	Water Storage (m3 / m2)	Zoning Permit Req
0	-10.19...	0	5	-0.000...	1.900	4,86	-0.315...	0	-5	0.013	3	1	0	0	0	0	0.03	0	-10.59...	0	3.000	2,2	0	-10.19...	80	0	0.3	0	1	
1	-13.42...	1	-8	0	0	0	0	0	4	0.06	1	1	0	0	0	0	0	0	-12.50...	0	0	0	0	-13.42...	1	0	1	0	0	
0	-10.19...	0	6	0.0022	1.900	5,04	-0.410...	0	2	0.013	10	1	0	0	0	0	0.023	0	-10.46...	0	5.000	0	0	-10.19...	1	0	0.3	0	1	
1	-13.42...	1	-8	0	0	0	0	0	8	0.03	1	1	0	0	0	0	0	0	-11.17...	0	0	0	0	-13.42...	1	0	1	0	0	
0,1	-13.42...	0	8	0	0	0	0	2	-2	0.015	1	1	0	0	0	0.13	0	0	-11.44...	0	0	0	0	-13.42...	1	6	0.3	0,6	0	
0,2	-13.42...	0	-2	0	0	0	0	0	8	0.015	1	1	0	0	0	0	0	0	-10.46...	0	0	0	0	-13.42...	1	0	0.3	0.3	0	
0	-9.868...	0	5	0.0046...	1.978	4,86	-0.322...	0	2	0.013	3	2	0	0	0	0	0.025	0	-6.464...	0	300	2,2	0	-9.868...	100	0	0.3	0	1	
0,2	-13.42...	0	-4	0	0	0	0	0	1	0.015	1	1	0	0	0	0	0	0	-5.540...	0	0	0	0	-13.42...	1	0	0.3	0	0	

Bijlage 7. Verschil effect maatregel tegen wateroverlast

In Tygron zijn een aantal functies beschikbaar die weerstand bieden tegen wateroverlast.

Zo zijn in de Engine waterdoorlatende wegen, groene daken bij gebouwen en kratten onder een parkeergebied beschikbaar. In dit hoofdstuk wordt onderzocht welke functie het meest effectiefs is tegen wateroverlast in een wijk.

Voor dit onderzoek zijn vier verschillende functies gekozen voor het toetsen op effectiviteit bij het oplossen van wateroverlast.

De gekozen vier functies zijn:

- Doorlatende wegen
- Groene dak
- Parkeerplaats (kratten)
- Parkeerplaats (waterdoorlatend)

Voor deze toetsing is de wijk Groenewoudt als pilotgebied genomen.

De toetsing ziet er als volgt uit:

- Er wordt gerekend met het gehele wateroverlast in de wijk Groenewoudt in m^2
- Er wordt onderscheidt gemaakt in aantal cm water op straat, namelijk: 5-15 cm, 15-25 cm, 25-35 cm en >35 cm.
- Er wordt gerekend met het verschil tussen huidige situatie(situatie voor de maatregel) en geplande situatie(situatie na de maatregel).

De onderstaande tabel geeft het effect van de maatregel weer. Tijdens de berekening wordt in Tygron een bestaande functie zoals een weg, flatgebouw of een parkeerplaats aangepast naar een functie die ontworpen is om wateroverlast tegen te gaan. Per vernieuwende ingreep wordt het verschil berekend tussen huidige situatie en de situatie met maatregel, vervolgens worden beide situaties met elkaar vergeleken. Tijdens de berekening is wel met verschillende oppervlaktes gerekend. Om de verschillen te compenseren wordt per maatregel het quotiënt berekend tussen verschil en het oppervlakte waarmee gerekend is. Dit wordt gedaan met elke classificatie in aantal cm water op straat.

Het quotiënt geeft het effect van de maatregel per m^2 wateroverlast.

Het onderzoek duidt aan dat een parkeerplaats met kratten het meest effectief is tegen wateroverlast.

maatregel doorlatende Weg	Huidig	met maatregel	Verschil		Per m²	Gemiddeld	0,075801
5-15 cm	98917	98850	67		0,022597		
15-25 cm	39206	39156	50		0,016863		
25-35 cm	14085	13811	274		0,092411		
>35 cm	14838	14330	508		0,171332		
maatregel Berekende opp	2965	m ²					
maatregel Groen dak	Huidig	met maatregel	Verschil		Per m²	Gemiddeld	-0,0005
5-15 cm	98917	98945	-28		-0,00373		
15-25 cm	39206	39179	27		0,003597		
25-35 cm	14085	14079	6		0,000799		
>35 cm	14838	14858	-20		-0,00266		
Berekende opp	7506	m ²					
maatregel parkeerplaat(kratten)	Huidig	met maatregel	Verschil		Per m²	Gemiddeld	0,223251
5-15 cm	98917	94792	4125		0,848765		
15-25 cm	39206	39057	149		0,030658		
25-35 cm	14085	14062	23		0,004733		
>35 cm	14838	14795	43		0,008848		
Berekende opp	4860	m ²					
maatregel parkeerplaat(waterdoorlatend)	Huidig	met maatregel	Verschil		Per m²	Gemiddeld	0,033642
5-15 cm	98917	98345	572		0,117695		
15-25 cm	39206	39132	74		0,015226		
25-35 cm	14085	14075	10		0,002058		
>35 cm	14838	14840	-2		-0,00041		
Berekende opp	4860	m ²					

Conclusie

Uit dit beknopte onderzoek is gebleken dat kratten plaatsen onder parkeerplaatsen het effectiefst is tegen wateroverlast; dit betekent echter nog niet dat dit altijd de beste maatregel is tegen wateroverlast. Bij het realiseren van een maatregel tegen wateroverlast komen heel wat andere zaken kijken. Een van de belangrijkste aspecten is de locatie waar wateroverlast aanwezig is. Het nemen van maatregelen is maatwerk.

Bijlage 8. Watertoets HDSR (HDSR, sd) (HDSR)

WATERTOETSPROCES

Globale checklist waterbelangen in de ruimtelijke ordening

Bij het watertoetsproces let het waterschap op alle wateraspecten. Doorgaans krijgen het voorkomen van wateroverlast en de zorg voor veiligheid de meeste aandacht. Maar het gaat ook om het tegengaan van tekort aan water, om de kwaliteit van het water .

De volgende criteria kunnen in een wateradvies aan de orde komen:

- **Veiligheid:** tegengaan overstromen, beschermen van waterkeringen, rekening houden met risico's van functies in gebieden, ruimte voor afvoer, rekening houden met deze risico's bij bouwen
- **Overlast:** ruimte voor vasthouden van water, beperken van grootschalig bouwen in lage en natte gebieden (veengebied), vrij houden van waterlopen, rekening houden met kwelwater, ruimte vrijhouden voor bergen van teveel water tijdens piekbuien.
- **Watervoorziening:** bergen van water voor droge tijden, beschermen drinkwatergebieden
- **Bodemdaling:** rekening houden met risico's van daling van de bodem bij laag water
- **Waterkwaliteit:** tegengaan van vervuiling van oppervlaktewater en grondwater, rekening houden met verzilting en met de kansen voor de ecologie
- **Verdroging:** tegen gaan van verdroging in het algemeen door beperken van verharding, ruimte voor infiltratie, hydrologisch neutraal ontwikkelen etc.
- **Natte natuurgebieden:** tegengaan van verdroging, aanleggen ecologische oevers
- **Riolering:** ruimte vrijhouden voor infiltratie van regenwater, ruimte voor zuivering, passend rioolstelsel
- **Beheer en onderhoud:** zijn de watergangen vanaf de oever bereikbaar, wie gaat de watergang beheren.
- **Risico's en kosten:** risico's en een schatting van de kosten voor het tegengaan van verdroging, overstromingen en overlast van grond- of oppervlaktewater. Rekening houden met het beheer van de watervoorzieningen na de aanleg.

Bij het bespreken van ruimtelijke plannen houden wij en de ruimtelijke ordenaar rekening met deze aspecten. Zowel bij de locatiekeuze kan dit spelen, als bij beslissingen over de inrichting. Zowel in de stad als in landelijk gebied. Het watertoetsproces is niet bedoeld om nieuw waterbeleid te ontwikkelen en nieuwe maatregelen voor het watersysteem te nemen. Als dat gewenst is, dan neemt de waterbeheerder zelf initiatief voor een besluit. Hieronder volgt per onderwerp een toelichting.

Toelichting per water-thema

Veiligheid	wat	Panel
Ruimte voor afvoer	Houd er bij locatiekeuzes rekening mee dat voldoende ruimte gewaarborgd blijft voor waterafvoer.	+
Tegengaan overstromingen	zorg voor voldoende ruimte voor water. Denk hierbij aan ruimtelijke maatregelen die rivieren en waterlopen meer ruimte geven.	+
Beschermen van waterkeringen	Houd bestaande waterkeringen en waterstaatswerken zoveel mogelijk vrij van bebouwing. Denk hierbij aan bestaande waterkeringen (bijv. zeewering, dijken) en werken (bijv. gemalen) inclusief beschermingszones.	+
idem	De stijgende zeespiegel maakt nieuwe of sterkere waterkeringen of -werken noodzakelijk. Houd hier zo mogelijk al rekening mee in het ruimtelijk ontwerp.	-
Rekening houden met risico's van functies in gebieden	Houd bij locatiekeuzes rekening met het overstromingsrisico. Gevoelige functies zoals infrastructuur, wonen en werken bij voorkeur in gebieden met een laag risico op overstroming.	+
Beschermen tegen risico's van de scheepvaart	Het is belangrijk om voldoende afstand te bewaren tussen schepen die gevaarlijke stoffen vervoeren en woon# of werkgebieden.	-
Rekening houden met risico's bij bouwen	Bij de bouwwijze kan rekening worden gehouden met het overstromingsrisico. Denk hierbij aan ophoging van het gebied, terpen, paal-, drijvend- of risicowonen.	+
Rekening houden met risico's bij inrichten	Houd rekening met verdrinkingsrisico's. Watergangen en - partijen kunnen verdrinkingsgevaar opleveren, vooral voor kleine kinderen. Houd hier rekening mee in het ruimtelijk plan.	-
Rekening houden met risico's van functies in gebieden	Houd bij de functiekeuze rekening met de overstromingsfrequentie van calamiteiten- en piekbergingsgebieden. Gebieden die aangewezen zijn als bergingsgebied hoeven niet permanent onder water te staan. Kies minder gevoelige functies in gebieden die regelmatig onder water staan.	

Wateroverlast

Wateroverlast	Wat	Panel
Ruimte voor vasthouden en bergen van water	Voor het vasthouden en bergen van water zijn lage en natte gebieden het meest geschikt. Zorg voor voldoende ruimte in deze gebieden en in het bijzonder in de zoeklocaties.	+
idem	Zorg voor voldoende (overstromings)ruimte langs beken en belangrijke	+
idem	Zorg in stedelijk gebied voor voldoende ruimte voor het vasthouden en bergen van water. Denk hierbij aan het beperken van verhard oppervlak, het creëren van ruimte voor infiltratievoorzieningen en voldoende open water, en ook aan	??
	mogelijkheden om op, onder en in gebouwen water vast te houden.	
idem	Zorg in het landelijk gebied voor voldoende ruimte voor kleinschalig vasthouden en bergen van water. Denk hierbij aan verbrede sloten of het bergen	-
Benut kansen voor meervoudig ruimtegebruik	Water laat zich goed combineren met andere functies. Zichtlijnen, ruimtelijke kwaliteit, ecologie zijn gebaat bij water, zowel in stedelijk als in landelijk gebied. Zichtbaarheid van water helpt het waterbewustzijn vergroten.	-
Beperken van bouwen in lage en natte gebieden	Houd bij locatiekeuzes rekening met kwel- en veengebieden. Hoge waterstanden in kwel- en veengebieden maken deze gebieden minder geschikt als bouwlocaties.	+
Ruimte voor afvoer van water	Zorg voor voldoende ruimte voor en een goede structuur van het waterafvoerstelsel. Houd hier rekening mee bij het ontwerp van watergangen, waterkeringen en waterstaatswerken.	+
Vrijhouden van waterlopen	Zorg voor voldoende ruimte langs watergangen en waterpartijen. Dat is nodig zowel voor waterberging als voor beheer en onderhoud. Dit zijn beschermings- en onderhoudszones.	+

Rekening houden met kwelwater	Houd bij de inrichting en bouwwijze rekening met kwelgevoelige gebieden, veengebieden en andere waterrijke gebieden. Denk hierbij aan het voorkomen van het polderprincipe met lokaal diepere ontwatering, bouw kruipruimteloos, zorg voor waterbestendige kruipruimtes of voor ontwateringsmiddelen.	+
Ruimte voor vasthouden van water bovenstrooms	Zorg voor voldoende ruimte voor het hermeanderen van beken. Want door meandering wordt het	-
Rekening houden met natuur	Denk bij wateroverlast ook aan de natuur: te hoge waterstanden kunnen leiden tot verdrinking van planten en dieren.	

Waterketen (riolering)

Riolering	Wat	Panel
Ruimte vrijhouden voor infiltratie van regenwater	Zorg voor afkoppeling en voldoende ruimte voor infiltratie van schoon regenwater. Denk hierbij aan wadi's of afkoppelen naar oppervlaktewater.	+
Ruimte voor zuivering	Zorg voor voldoende ruimte voor zuiveringsvoorzieningen. Denk hierbij aan helofytenfilters en rioolwaterzuiveringsinstallaties.	??

Bodemdaling

Bodemdaling	Wat	Panel
Rekening houden met risico's van daling van de bodem bij laag water	Probeer functies die een lager waterpeil vereisen (grotere drooglegging dan in de bestaande situatie) te voorkomen in zettingsgevoelige gebieden, zoals laagveengebieden. Houd in deze gebieden rekening met de	+

Grondwaterkwaliteit

Grondwaterkwaliteit	Wat	Panel
Tegengaan van vervuiling van grondwater	Probeer vervuilende functies op de minst schadelijke plaats te situeren. Met name in infiltratiegebieden van natuur en drinkwatervoorziening brengen ze grote schade aan. In gebieden met neergaande	-

Watervoorziening

Watervoorziening	Wat	Panel
Bergen van water voor droge tijden	Zorg voor geschikte gebieden voor regionale seizoensberging en probeer andere (intensieve) functies hier te voorkomen. Seizoensbergingsgebieden zijn plasdrasgebieden of staan het hele jaar onder water. Deze gebieden	+
Probeer voldoende ruimte te creëren voor de berging van water voor huishoudelijk of bedrijfsmatig gebruik. Regenwater en overtollig grondwater kunnen dienen voor tuinbesproeiing,		-
Zorg in stedelijk gebied voor voldoende ruimte voor het vasthouden en bergen van water. Om in droge periodes voldoende water ter beschikking te hebben voor bijvoorbeeld het vasthouden van het waterpeil en het groen in de stad, is ruimte nodig voor waterberging.		+
Beschermen drinkwatergebieden	Houd bij locatiekeuze rekening met gebieden voor drinkwatervoorziening. Functies die de drinkwaterkwaliteit aantasten moeten hier zoveel mogelijk worden voorkomen. Er is een onderscheid tussen het waterwingebied	-
Rekening houden met natuurlijke beschikbaarheid van water	Houd bij de functiekeuze rekening met de 'natuurlijke' beschikbaarheid van water. Type landbouw bij voorkeur afstemmen op waterpeil en -kwaliteit. Dit voorkomt aanvoer van	+

Verdroging en natte natuur

Verdroging	Wat	Panel
Beperking verharding	Minder verhard oppervlak verbetert de infiltratie van water en kan leiden tot minder kweldruk.	+
Vasthouden en bergen	Vasthouden van water in het gebied voorkomt verdroging. Gebruik	
	seizoensberging in natte tijden als buffer voor droge tijden.	
Natte natuur		
Tegengaan van verdroging van natte natuurgebieden	Een hydrologische bufferzone rond bestaande natte natuur en ecologisch waardevolle wateren kan een te lage grondwaterstand in de natuurgebieden voorkomen. Zo'n zone vermindert de invloed van stedelijke of agrarische functies op de waterstand. Ook kan een bufferzone vervuiling van het water beperken.	
Zorg voor voldoende infiltratiemogelijkheden en let hierbij goed op de waterkwaliteit. Vooral zandgebieden zijn kwetsbaar voor grondwatervervuiling.		
Beperking verharding	Minder verhard oppervlak verbetert de infiltratie van water en kan leiden tot een minder kweldruk in natuurgebieden.	
Tegengaan van vervuiling	Beperk vervuilende functies in het beïnvloedingsgebied van natuurgebieden. Denk hierbij aan wateronttrekkingen.	
Ecologische oever	Zorg voor voldoende ruimte voor een natuurvriendelijke oeverinrichting of ecologische verbindingzone langs waterlopen. Een	

Waardevolle wateren en natuur	Houd rekening met verschillende ecologische kwaliteiten van wateren en natuur met een. Denk aan de KRW-doelen per afzonderlijk waterlichaam.	
-------------------------------	--	--