

VLAAMSE  
MILIEUMAATSCHAPPIJ



Vlaanderen  
is milieu



Interreg  
North Sea Region  
BEGIN  
European Regional Development Fund



# HAALBAARHEIDSSSTUDIE SCHIJN-SCHELDEVERBINDING EN BIJBEHORENDE LANDSCHAPSSTRUCTUUR

'impuls voor een klimaatadaptieve stad'

BIJLAGEN

Witteveen + Bos

FEDDES/OLTHOF  
landschapsarchitecten

BLAUW  
DRUK  
STEDENBOUW

PALMBOUT  
Urban Landscapes.



# HAALBAARHEIDSTUDIE SCHIJN-SCHELDEVERBINDING EN BIJBEHORENDE LANDSCHAPSSTRUCTUUR

'impuls voor een klimaatadaptieve stad'

BIJLAGEN

In opdracht van Stad Antwerpen en Vlaamse Milieumaatschappij

Februari 2018

Project Haalbaarheidsstudie Schijn-Schelde  
Document Bijlagen  
Status Definitief  
Datum Februari 2018  
Referentie BELA740-1

Opdrachtgever Stad Antwerpen & Vlaamse Milieumaatschappij (VMM)  
Projectcode BELA740-1  
Projectleider S.G. Depauw (Sofie)  
Projectdirecteur ir. S. De Roos MBA (Stefan)

Auteur(s) *Ruimtelijke Ontwerpteam:*  
Berdie Olthof (Feddes/Olthof Landschapsarchitecten)  
Martijn Noordermeer (Feddes/Olthof Landschapsarchitecten)  
Rick Lensink (Feddes/Olthof Landschapsarchitecten)  
Els Nulens (Blauwdruk Stedenbouw)  
Caterina Rosso (Blauwdruk Stedenbouw)  
Jeroen Ruitenbeek (Palmbout Urban Landscape)  
Ruben Hoek (Palmbout Urban Landscape)

*Technisch Ontwerpteam:*  
Wim Debucquoy (Witteveen+Bos)  
Barend de Jong (Witteveen+Bos)  
Tijs Cornu (Witteveen+Bos)  
Thomas Alderweireldt (Witteveen+Bos)  
Onno Ebbens (Witteveen+Bos)  
Ronald Groen (Witteveen+Bos)

Gecontroleerd door S.G. Depauw (Sofie)  
Goedgekeurd door S.G. Depauw (Sofie)

Paraaf



Adres Witteveen+Bos Belgium N.V.  
Posthoflei 5-1  
2600 Antwerpen-Berchem  
België  
+32 (0)3 286 75 75  
www.witteveenbos.be  
RPR Antwerpen

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos Belgium N.V. is gecertificeerd op basis van ISO 9001.  
© Witteveen+Bos Belgium N.V.

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos Belgium N.V. noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos Belgium N.V. aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos Belgium N.V. geleverde document.







# BIJLAGE I



# Bijlage I Tussentijdse modellen

## *Inleiding*

In het ontwerp onderzoek zijn diverse modellen onderzocht die zijn afgefallen of doorontwikkeld tot de ontwikkelrichtingen Dokkensysteem en Parkensysteem.

De belangrijkste tussentijdse modellen waren:

- model Waternetwerk,
- model Landschappelijke Zoom,
- model Parallele Stromen in IJzerlaan.

## *Model Waternetwerk*

In het model Waternetwerk is de Schijn-Scheldeverbinding opgebouwd uit een stelsel van waterlopen.

Het netwerkmodel is afgefallen vanwege het niet-integrale karakter. Weliswaar kunnen de waterlopen voorzien in de hydrologische doorstroming van het Schijn, maar de meerwaarde voor ecologie en het stadsklimaat blijft beperkt. Ook levert het model weinig aanknopingspunten voor de stadsontwikkeling van Antwerpen Noord.

## *Model Landschappelijke Zoom*

Het model landschappelijke zoom zet in op een robuuste landschappelijke singel, parrallel aan het Albertkanaal. Het model afgefallen vanwege het grote ruimtebeslag, de inbreuk op de bedrijvigheid langs het Albertkanaal, en perifere ligging ten opzichte van de stad.

In de loop van de haalbaarheidsstudie heeft het model Landschappelijke Zoom zich doorontwikkeld naar de ontwikkelrichting Parkensysteem, met een meer centrale ligging in de stad.

## *Model Parallele Stromen in IJzerlaan*

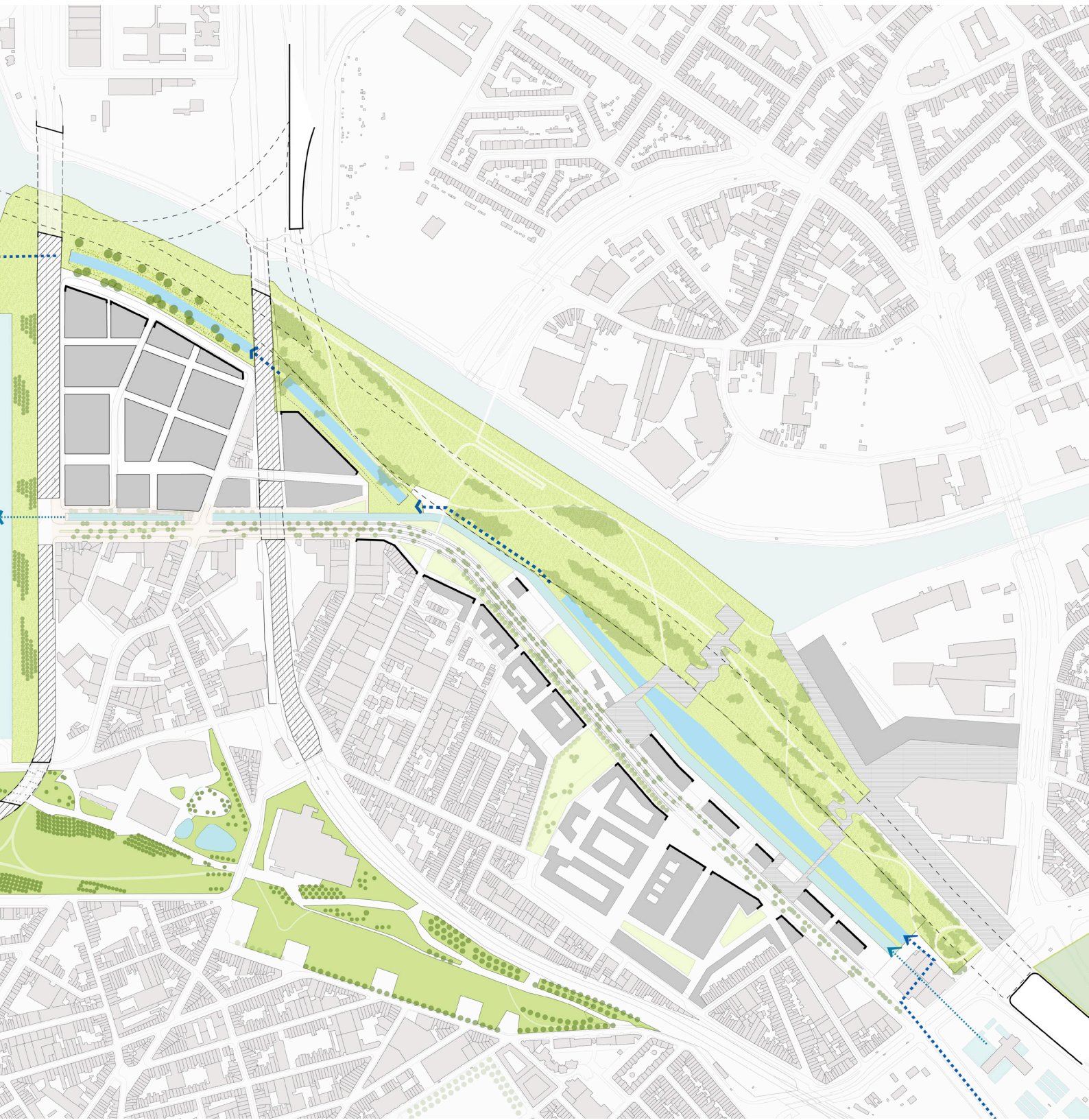
In dit model wordt langs het IJzerlaankanaal een groenzone ontwikkeld waarin een nieuwe waterloop met het Schijnwater is opgenomen. Dit model is afgefallen vanwege het grote ruimtebeslag langs het IJzerlaankanaal en de geringe toegevoegde waarde voor de ontwikkeling van de stad.

In essentie is dit model een variant op de ontwikkelrichting Parkensysteem, waarbij de parkzone niet in Steenborgerweert ligt maar langs de rand.



Model Waternetwerk



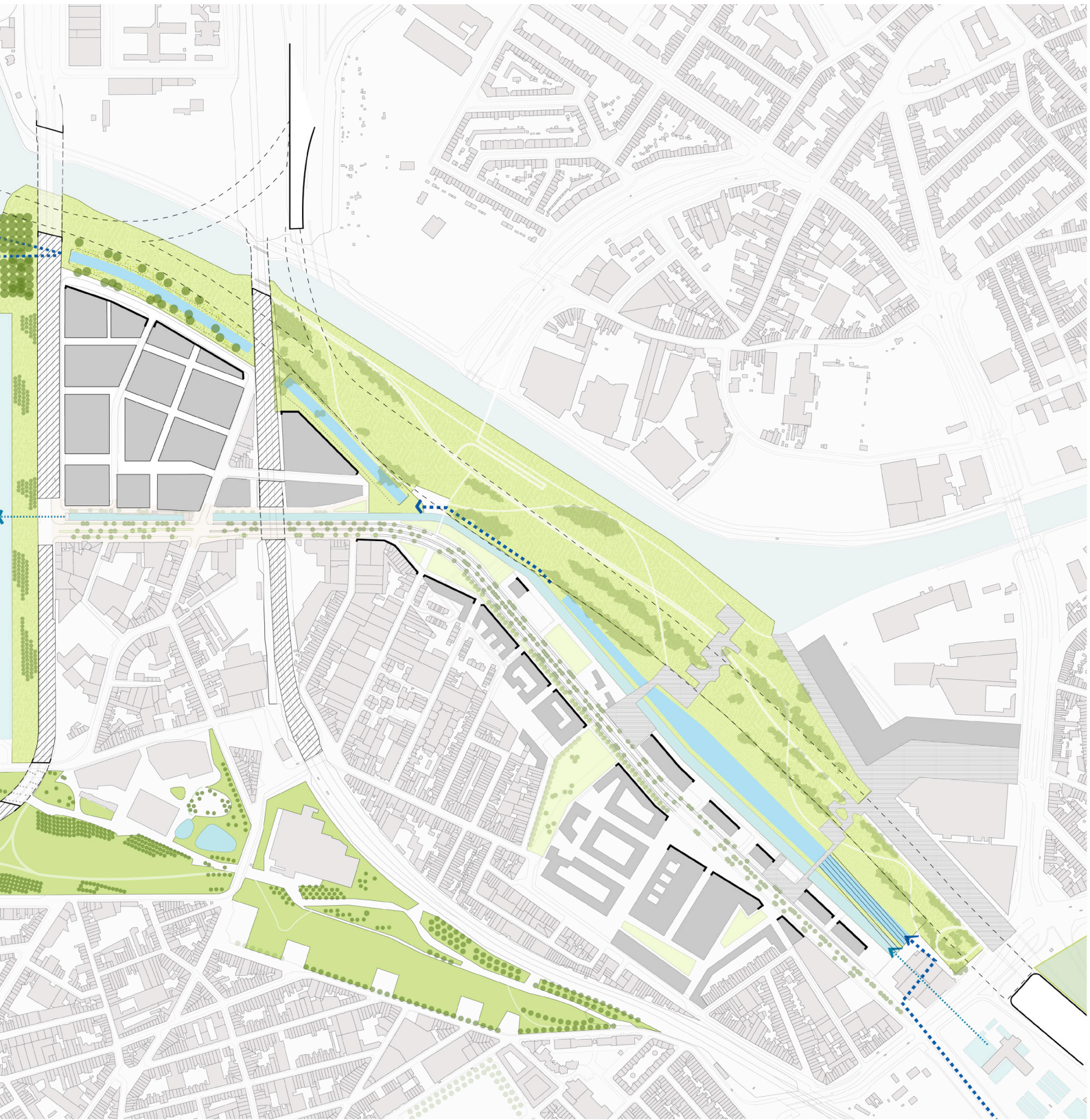




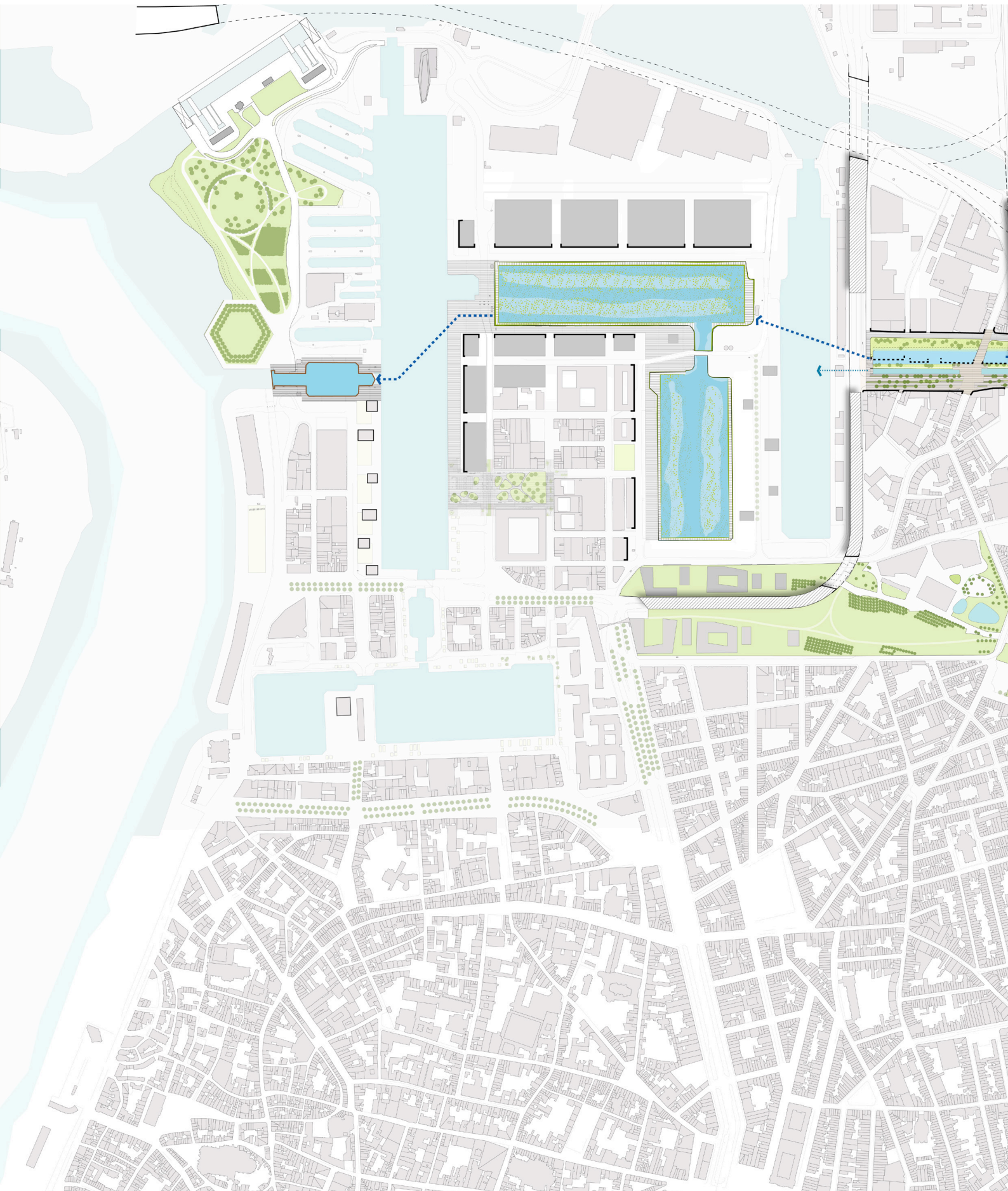


Model Landschappelijke zoom



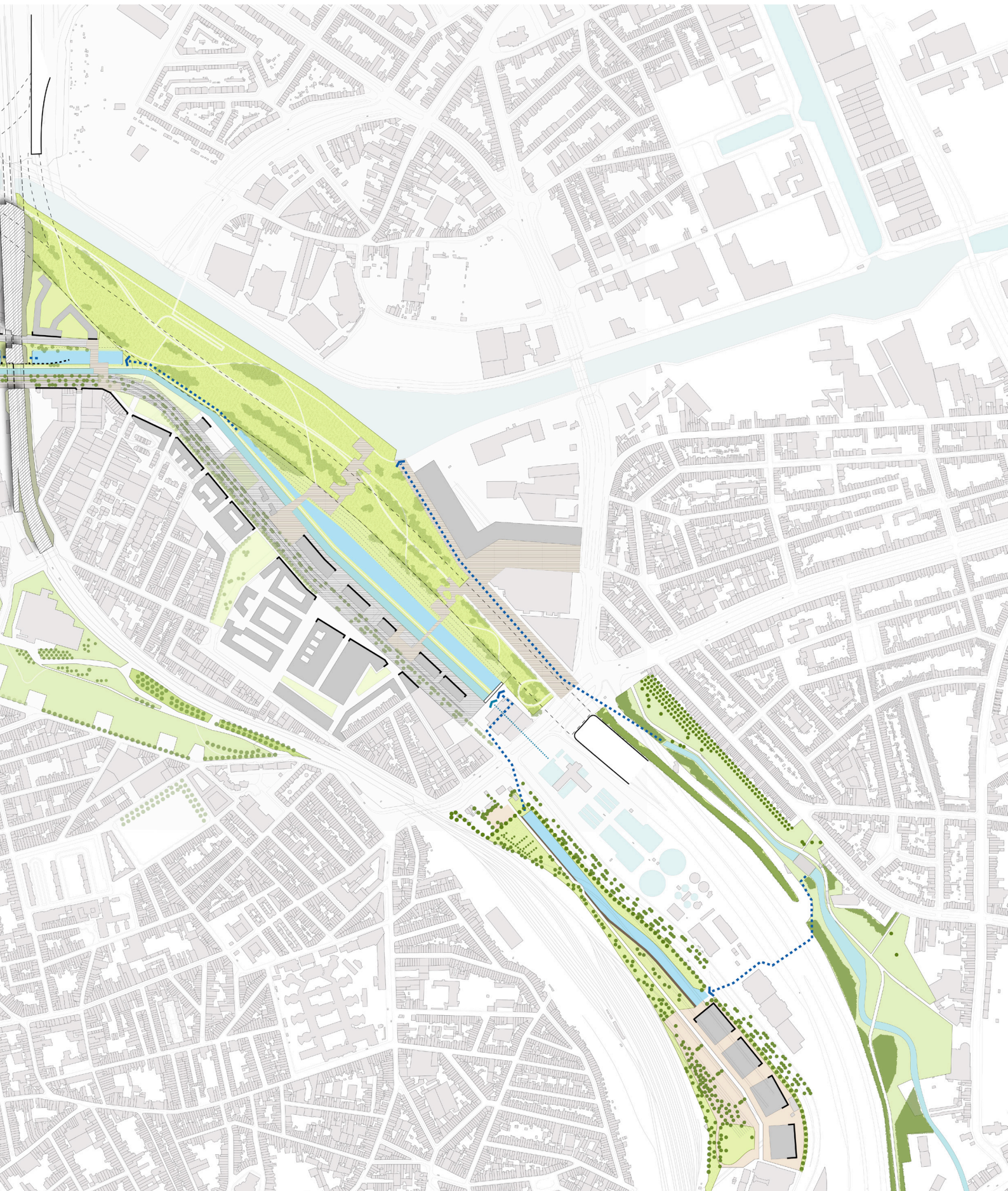






Model Parallelle Stroom in IJzerlaan







## BIJLAGE II







# Haalbaarheidsstudie Schijn- Scheldeverbinding

Eindrapport onderzoek hydrologische haalbaarheid

Stad Antwerpen en Vlaamse Milieumaatschappij (VMM)

22 februari 2018

Project  
Opdrachtgever

Haalbaarheidsstudie Schijn-Scheldeverbinding  
Stad Antwerpen en Vlaamse Milieumaatschappij (VMM)

Document  
Status  
Datum  
Referentie

Eindrapport onderzoek hydrologische haalbaarheid  
Concept 01  
22 februari 2018  
BELA740-1/jook2/023

Projectcode  
Projectleider  
Projectdirecteur

51BELA740-1  
Sofie Depauw  
Stefan De Roos

Auteur(s)  
Gecontroleerd door  
Goedgekeurd door

ir. Thomas Alderweireldt  
ir. Tijs Cornu  
ir. Wim Debucquoy  
Sofie Depauw

Paraaf



Adres

Witteveen+Bos Belgium N.V.  
Posthoflei 5-1  
2600 Antwerpen-Berchem  
België  
+32 (0)3 286 75 75  
[www.witteveenbos.be](http://www.witteveenbos.be)  
RPR Antwerpen

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos Belgium N.V. is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos Belgium N.V.

Niets uit dit document mag worden vervaelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos Belgium N.V. noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos Belgium N.V. aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos Belgium N.V. geleverde document.



# INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>WATERSYSTEEM</b>	<b>6</b>
2.1	Historiek van het Schijn	6
2.2	Huidige situatie	6
2.2.1	Waterstromen	7
2.3	Toekomstige situatie: een nieuwe Schijn-Scheldeverbinding	13
2.3.1	Gravitaire uitstroom	15
2.3.2	Afkoppeling hemelwater laaggelegen stadwijken	15
2.3.3	Synthese waterstromen	17
2.3.4	Ontwikkelrichtingen voor Schijn-Scheldeverbinding	17
2.3.5	Uitgangspunten Schijn-Scheldeverbinding	19
<b>3</b>	<b>STROMINGSMODEL SCHIJN-SCHELDEVERBINDING</b>	<b>20</b>
3.1	Stroomopwaarts model Groot Schijn	20
3.2	Modelopbouw Schijn-Scheldeverbinding	21
3.3	Maatgevende hydrologische gebeurtenis	25
<b>4</b>	<b>MODELARIANTEN</b>	<b>27</b>
4.1	Parkensysteem	27
4.1.1	Beschrijving Parkensysteem	27
4.1.2	Resultaten Parkensysteem	29
4.2	Dokkensysteem	32
4.2.1	Beschrijving Dokkensysteem	32
4.2.2	Resultaten Dokkensysteem	35
4.2.3	Variant Dokkensysteem: niet-verbreed IJzerlaankanaal	38
4.2.4	Variant Dokkensysteem: enkel Houtdok	40
4.3	Gecombineerd Parken-en-dokkenmodel	40
4.3.1	Beschrijving gecombineerd Parken-en-dokkenmodel	40
4.3.2	Resultaten Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem	41
4.3.3	Variant Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem: enkel Houtdok	43
4.4	Samenvatting modelvarianten	44
4.4.1	Waterhoogtes en gravitaire uitstroom	44
4.4.2	Reductie pompkosten	48

5	<b>KLIMAATSCENARIO</b>	<b>49</b>
5.1	Klimaatscenario's	49
5.2	Resultaten klimaatscenario's	50
6	<b>CONCLUSIES</b>	<b>51</b>
	Laatste pagina	52
	<b>Bijlage(n)</b>	<b>Aantal pagina's</b>
I	Omzetting hydraulisch model Groot Schijn naar Infoworks-ICM	12

# 1

## INLEIDING

In de haalbaarheidsstudie Schijn-Scheldeverbinding wordt zowel ruimtelijk als technisch onderzocht wat de mogelijkheden zijn voor een nieuwe gravitaire Schijn-Scheldeverbinding. In het hoofdrapport van de haalbaarheidsstudie zijn ontwikkelrichtingen opgesteld en uitgewerkt. Deze ontwikkelrichtingen worden in dit rapport onderzocht op hun hydrologische haalbaarheid.

De Schijn-Scheldeverbinding tracht de historische link tussen het Schijn en de Schelde te herstellen doorheen de stad Antwerpen. De voornaamste hydrologische streefdoelen hiervoor zijn:

- een robuuster en meer waterveilig watersysteem dat kansen biedt voor afkoppeling van hemelwater in de stad;
- meer bescherming tegen wateroverlast door gravitair alternatief, wanneer pompen zouden uitvallen;
- een reductie van de werking van pompstation Groot Schijn resulteert in energiebesparing;
- herstel van riviercontinuïteit en vismigratie.

In het haalbaarheidsonderzoek naar de Schijn-Scheldeverbinding, is hydrologisch/hydraulisch onderzoek nodig naar het Schijn en de haalbaarheid van een verbinding tussen het Groot Schijn en de Schelde. Beide rivieren kennen hun eigen dynamiek waardoor de interactie tussen beiden een complex gegeven is. Om die reden is voorzien om de haalbaarheid en de impact op de waterhuishouding in Antwerpen te onderzoeken met hydraulische modelberekeningen. In dit rapport worden deze berekeningen toegelicht. Concreet wordt een antwoord geboden op de volgende vragen:

- is de verbinding hydrologisch haalbaar? Met andere woorden zorgt de nieuwe verbinding voor een waterveilige situatie waarbij er geen toename is van het overstromingsrisico, zowel rondom de bestaande rivier als in de stad?
- welke waterstromen en welke debieten kunnen gravitair naar de Schelde worden afgevoerd? Kunnen naast het Schijn ook stedelijke waterstromen (o.a. hemelwater stad + R1, effluent RWZI, overstortwater) gravitair worden afgevoerd? Wat is de impact hiervan op de pompductie?
- welke dimensies zijn nodig voor een haalbare Schijn-Scheldeverbinding en hoe variëren die afhankelijk van waterstromen die gravitair worden afgevoerd?
- welke waterstanden kunnen we verwachten in de Schijn-Scheldeverbinding? Wat is het waterpeil in droge periodes, in een gemiddelde situatie en bij extreme situaties?
- in welke mate kan de Schijn-Scheldeverbinding bijdragen aan klimaatadaptatie en hoe klimaatbestendig is de Schijn-Scheldeverbinding?
- is vismigratie mogelijk tussen Schelde en Schijn door de aanleg van de Schijn-Scheldeverbinding?

# 2

## WATERSYSTEEM

### 2.1 Historiek van het Schijn

De Schijnvallei omvatte ooit een uitgebreid ecologisch en hydrologisch systeem dat rechtstreeks in verbinding stond met de Schelde. Op sommige historische kaarten is te zien hoe het Schijn nog rechtstreeks in de Schelde stroomde. Vooral de zuidelijke oever van de beek (het Schijnbroek) fungeerde als een belangrijk buffergebied voor water. Het Schijn verzamelde een hele reeks zijbeken en vormde daardoor de drager van een waardevol ecologisch systeem. Dit stond direct in verbinding met de getijdenwerking van de Schelde en vormde een overgang tussen het zoete water van de beken en het brakke water van de Schelde.

De delta van het Schijn werd geleidelijk ingepalmd door de oprukkende havenuitbreidingen in de 18e en 19e eeuw. Tot aan de Schijnpoort ter hoogte van het Sportpaleis, bleef het Groot Schijn min of meer onveranderd. Stroomafwaarts werd het parcours van de waterloop herhaaldelijk verplaatst tot de nieuwe monding zich in 1967 uiteindelijk 14 km verder dan de oorspronkelijke monding bevond. Aan 'Rode Weel' werd het water opgepompt tot op het Scheldepeil. De waterlopen ten noorden van Antwerpen (de Laarse beek, de Donkse beek, het Groot Schijn en de polderlopen) die oorspronkelijk rechtstreeks in de Schelde uitmondde, mondden sinds dan uit in het Verlegde Schijn (Voorgracht & Hoofdgracht). Als een gevolg van de alsmat toenemende verstedelijking en door het minimale verval van de waterloop tussen Schijnpoort en Rode Weel kampten de districten Ekeren en Merksem herhaaldelijk met wateroverlast. Mede daarom, en omwille van de geplande Oosterweelwerken werd in 2009 het Schijn geknipt en opgepompt in het Lobroekdok. Voor een beeldende, historische analyse van het Schijn, zie het eindrapport.

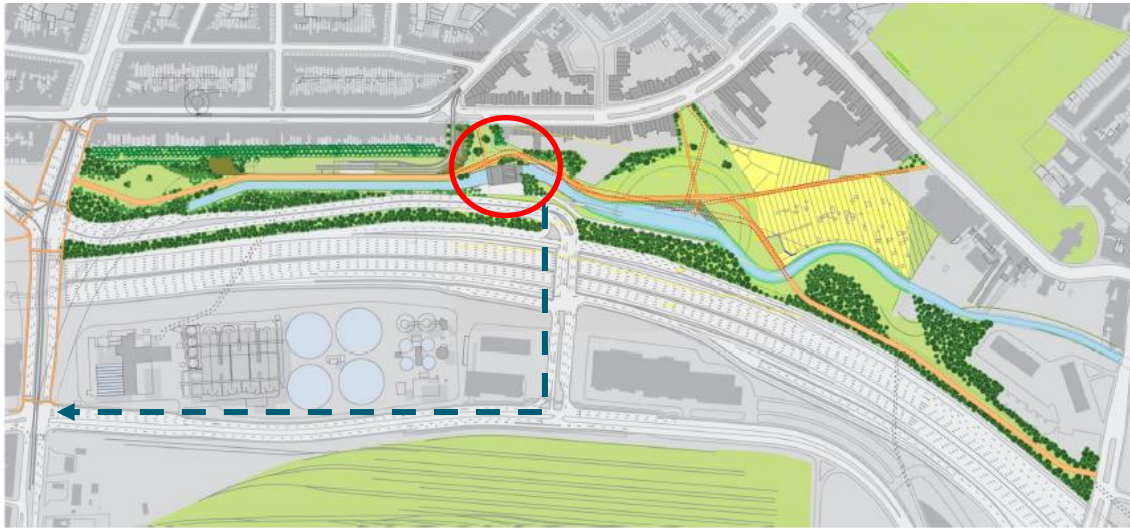
### 2.2 Huidige situatie

In de huidige situatie is het Groot Schijn geknipt en stopt deze ter hoogte van de Schijnpoort. Momenteel wordt het water vlakbij het Sportpaleis opgepompt tot in het Lobroekdok. In kader van de Oosterweelwerken worden de huidige pompstations van het Groot Schijn verplaatst naar park Schijntje (zie afbeelding 1). Het Schijntje is een zone tussen de Schijnpoortweg en de Turnhoutsebaan, en tussen de Ring en Ten Eekhovelei-Lakborslei. Via het nieuwe pompgemaal en kokers wordt het water van de Groot Schijn vervolgens afgevoerd naar het Albertkanaal. Via het Albertkanaal en de havendokken wordt het water van het Groot Schijn verder afgevoerd naar de Schelde. Van een gravitaire verbinding tussen Schijn en Schelde is evenwel nog steeds geen sprake.

Tevens wordt de verbinding tussen Lobroekdok en Albertkanaal verbroken mits deze in het wegtracé van de Oosterweeltunnels ligt. Ter vervanging wordt momenteel het IJzerlaankanaal aangelegd, dat het Lobroekdok verbindt met het Asiadok (en zo terug met het Albertkanaal).

Naast het Groot Schijn ontvangt het Lobroekdok ook de waterstromen van de RWZI Deurne (effluent en overstort) en een deel van de afwatering van de R1.

Afbeelding 2.1 Park 't Schijntje met nieuw pompstation (rode cirkel) en de indicatieve locatie van de wachtkoker voor Schijn-Schelde (pijl)



Tot slot zijn er tijdens de voorbereidende werken reeds wachtkokers aangelegd voor een toekomstige gravitaire Schijn-Scheldeverbinding. De kokers (4000 x 2000 mm) liggen volledig horizontaal en hun bodempeil ligt op +0,30 mTAW. Deze wachtkokers vormen met andere woorden het startpunt voor een nieuwe gravitaire Schijn-Scheldeverbinding (zie bovenstaande afbeelding).

In de subhoofdstukken hieronder worden een aantal aspecten van het watersysteem in detail toegelicht.

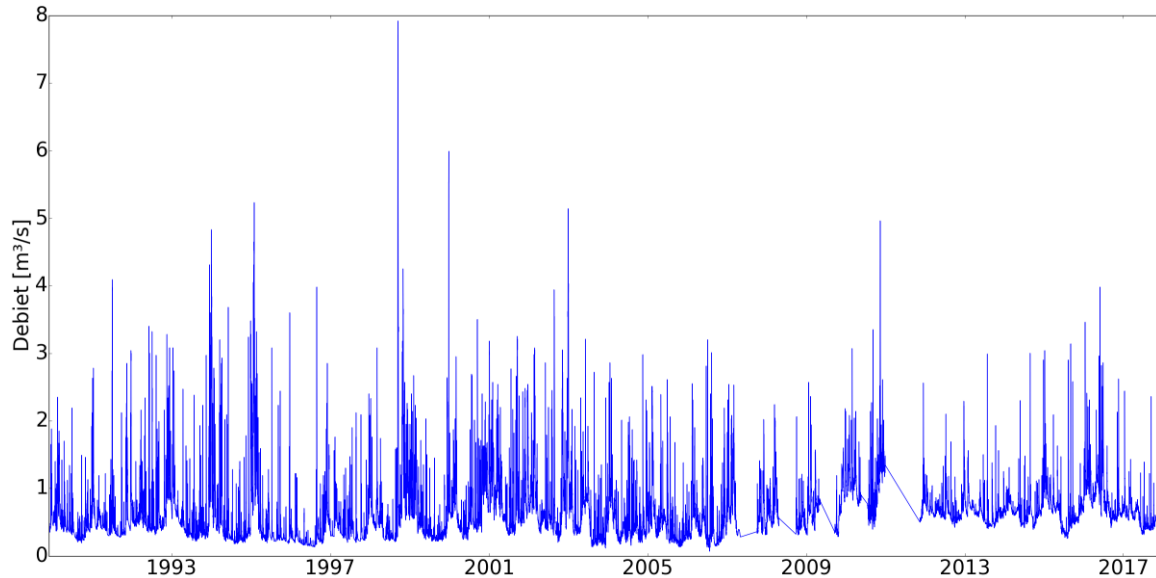
## 2.2.1 Waterstromen

### Het (Groot) Schijn

Het Groot Schijn (hierna 'Schijn' genoemd)<sup>1</sup> is een (voormalige) zijrivier van de Schelde die ontspringt rondom Westmalle en historisch haar monding in de Schelde kende nabij Antwerpen. Het debiet van het Groot Schijn is zeer variabel met lage basisdebieten (0,5 m<sup>3</sup>/s) en hoge piekdebieten (tot circa 18 m<sup>3</sup>/s aan de Schijnpoort). In onderstaande grafiek is het geregistreerde debiet van het Groot Schijn in het meetstation Wijnegem/Groot Schijn (L04 007) op de Autolei, stroomopwaarts van het Rivierenhof weergegeven. Het hoge piekdebet van 18 m<sup>3</sup>/s werd bereikt tijdens het hevige neerslagevent in september 1998.

<sup>1</sup> Het riviersysteem het Schijn bestaat uit het Groot Schijn en het Klein Schijn. Deze haalbaarheidsstudie gaat enkel over het Groot Schijn.

Afbeelding 2.2 Debiet Groot Schijn ter hoogte van de Autolei, Wijnegem. Periode 1990-2017



Het Groot Schijn stroomt in open bedding tot aan de Schijnpoort, waar het volledig wordt overgepompt naar het Lobroekdok. Het nieuwe pompstation Groot Schijn verpompt het water naar een hoogte van circa 4,25mTAW, het nominale peil van de havendokken en Albertkanaal, waarna het gravitair in het Albertkanaal kan uitstromen.

### Pompstation Groot Schijn

In de nieuwe situatie wordt stroomopwaarts van het pompstation een peil van 1,75 mTAW gehandhaafd, zijnde het aanslagpunt van de 1<sup>e</sup> pomp. De voorziene maximaal toegelaten waterhoogte aan het pompstation bedraagt 3,00 mTAW. Indien het waterpeil hoger komt, treedt er wateroverlast op in de meer stroomopwaarts gelegen zones. De dorpel van de meest kritieke woning bovenstrooms ligt op 3,69 mTAW ter hoogte van de Lakborslei/Turnhoutsebaan. Ter hoogte van deze woning ligt de oever van het Schijn op 3,11 mTAW. Bij een hoger waterpeil beginnen de tuinen reeds onder te lopen. Op dat ogenblik is het peil aan het pompstation 2,60 mTAW. Vanaf 2,50 mTAW werkt het pompstation op volle capaciteit.

Het pompstation bestaat uit 2 kleine vijzels voor het verpompen van lage afvoeren en 4 stormvijzels. Het totale maximum pompdebiet bedraagt 14m<sup>3</sup>/s en wordt bereikt wanneer de 4 grote pompen op maximale capaciteit draaien (zie Tabel 2.1). De 2 kleine vijzels slaan af bij hogere waterstanden. Het debiet per pomp is afhankelijk van de waterhoogte op het Groot Schijn en wordt in het bestaande hydraulisch model (Infoworks RS) van het Schijn berekend volgens:

$$\begin{cases} Q = 0 & \text{als } h_{\text{Schijn}} < h_{\text{min}} \text{ of } h_{\text{stop}} < h_{\text{Schijn}} \\ Q = \frac{(h_{\text{max}} - h_{\text{Schijn}})}{Q_{\text{max}}} & \text{als } h_{\text{min}} < h_{\text{Schijn}} < h_{\text{max}} \\ Q = Q_{\text{max}} & \text{als } h_{\text{max}} < h_{\text{Schijn}} < h_{\text{stop}} \end{cases}$$

Met  $Q$  het debiet geleverd door de pomp,  $Q_{\text{max}}$  het maximale pompdebiet van de pomp,  $h_{\text{max}}$  de waterhoogte waarbij de pomp aan maximale capaciteit pompt,  $h_{\text{Schijn}}$  de waterhoogte in het Groot Schijn,  $h_{\text{min}}$  het aan- en afslagpeil van de pomp en  $h_{\text{stop}}$  het peil waarboven de pomp stopt met pompen.

Tabel 2.1 Pompgegevens pompstation Groot Schijn

POMP NR	Q <sub>MAX</sub> [M <sup>3</sup> /S]	H <sub>MIN</sub> [MTAW]	H <sub>MAX</sub> [MTAW]	H <sub>STOP</sub> [MTAW]
1	1,0	1,75	1,90	2,1
2	1,0	1,90	2,05	2,1
3	3,5	2,00	2,20	-
4	3,5	2,10	2,30	-
5	3,5	2,20	2,40	-
6	3,5	2,30	2,50	-

### Het Klein Schijn

In de huidige toestand wordt het Klein Schijn eveneens naar het pompstation van het Groot Schijn naast het Lobroekdok geleid. In de toekomstige situatie zal het Klein Schijn verder stroomopwaarts op het Albertkanaal worden gepompt. Deze waterstroom is met andere woorden niet relevant in het kader van deze studie.

### Scheldegetij

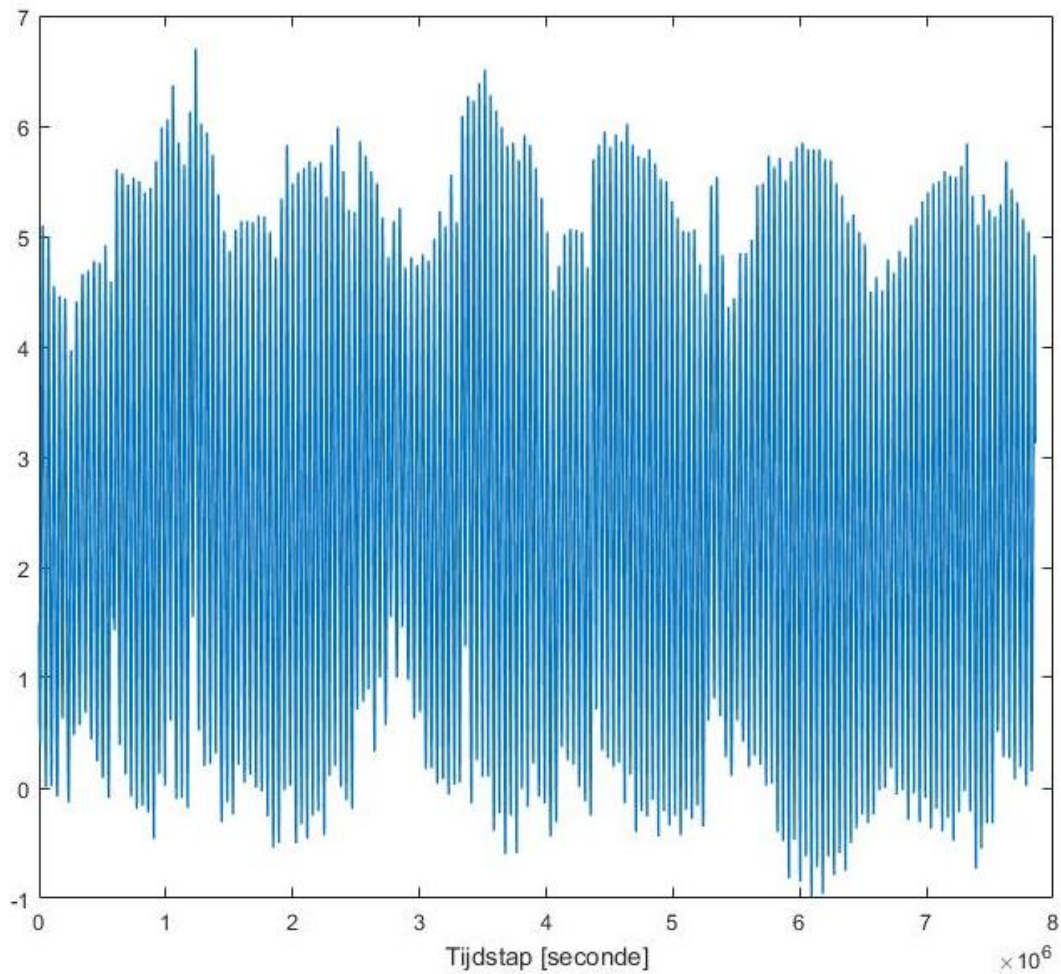
De Schelde is door zijn getij de meest dynamische van alle waterstromen en is dan ook een belangrijke hydraulische randvoorwaarde in het hydrologisch systeem van de Schijn-Scheldeverbinding. De Schelde bepaalt immers wanneer uitstroom van het Schijn mogelijk is. De getijdetafels van de Schelde te Antwerpen staan in onderstaande tabel. Deze zijn opgesteld op basis van de gemeten waarden in de periode 2001 - 2010.

Tabel 2.2 Getijdetafels Schelde te Antwerpen (2001-2010)

Gemiddeld getij							
hoogwater (HW) [mTAW]			laagwater (LW) [mTAW]			tijverschil [m]	halftij-hoogte [mTAW]
jaar	zomer	winter	jaar	zomer	winter		
<b>5,30</b>	<b>5,31</b>	<b>5,30</b>	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	<b>0,07</b>	<b>5,25</b>	<b>2,68</b>
Uiterste waterstanden							
hoogste HW (HHW)		laagste HW (LHW)		hoogste LW (HLW)		laagste LW (LLW)	
[mTAW]	Datum	[mTAW]	Datum	[mTAW]	Datum	[mTAW]	Datum
<b>7,08</b>	<b>nov/07</b>	<b>3,63</b>	<b>jan/04</b>	<b>3,05</b>	<b>nov/05</b>	<b>-1,24</b>	<b>dec/08</b>

In onderstaande afbeelding is het Scheldepeil weergegeven voor de periode januari tot maart 2016.

Afbeelding 2.3 Fluctuaties van het Scheldepeil in de periode januari-maart 2016 in mTAW

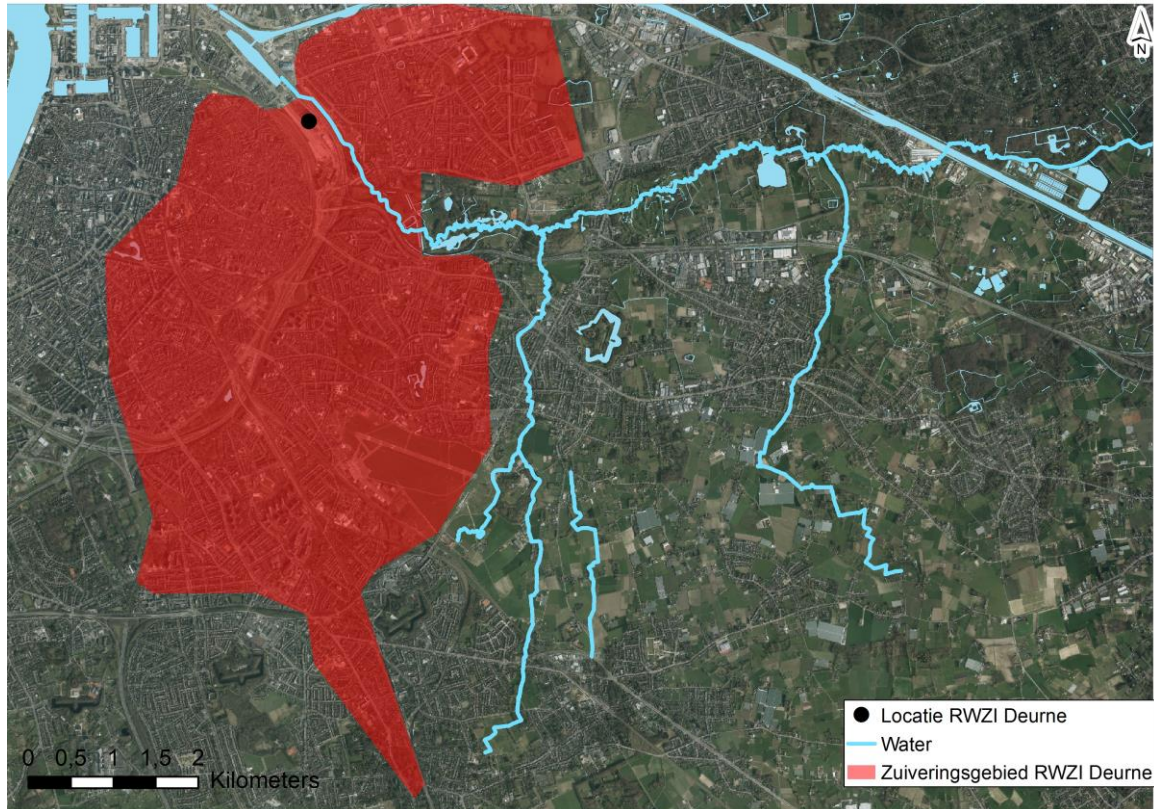


#### RWZI Deurne

RWZI Deurne ontvangt en zuivert het rioolwater van een groot deel van het oostelijke deel van Antwerpen. De districten die afwateren naar dit zuiveringsstation zijn Deurne, Borgerhout, Berchem, delen van Antwerpen-centrum en enkele straten in Mortsels (zie afbeelding 2.4). De ontwerpcapaciteit van de RWZI Deurne is 193 500 IE. De technische installatie bevat een opvoergemaal, bestaande uit 6 DWA vijzels en 10 SWA vijzels, waarmee het effluentwater en overstortwater in het Lobroekdok terechtkomt. Door de voorziene knip tussen het Lobroekdok en het Albertkanaal in het kader van de Oosterweelverbinding, is men in 2017 gestart met de aanleg van het IJzerlaankanaal, waarlangs het effluent en overstortwater van het RWZI Deurne afgevoerd zal worden.

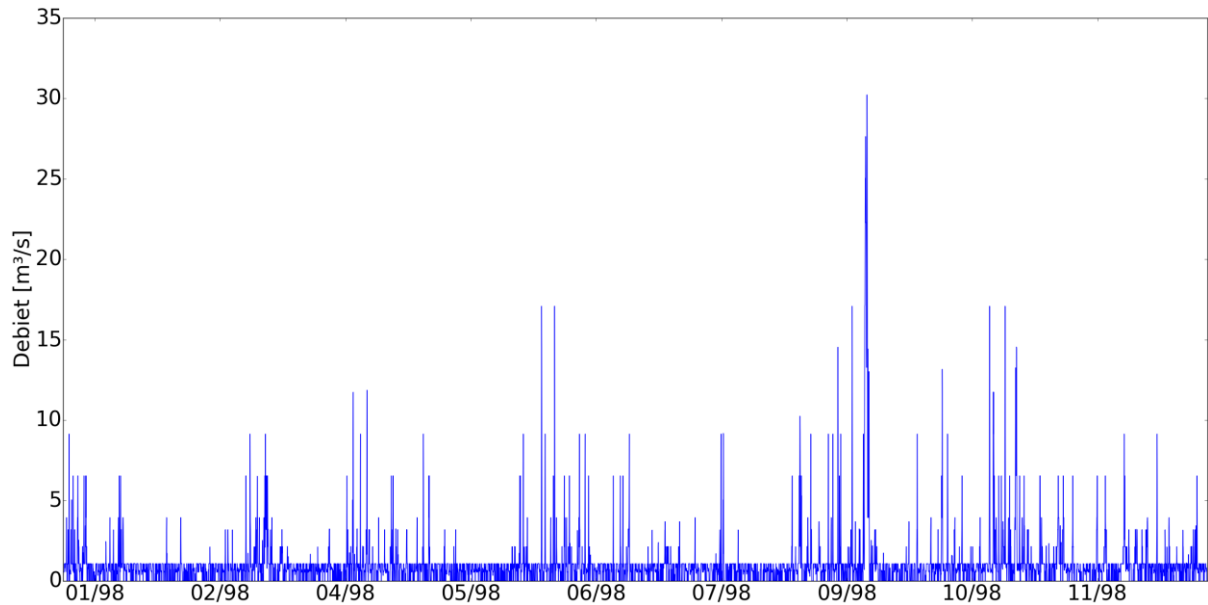


Afbeelding 2.4 Stroomgebied RWZI Deurne



De totale pompcapaciteit (DWA + SWA) van de RWZI naar het Lobroekdok bedraagt  $30,2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Van het rioleringsgebied en RWZI Deurne is een rioolmodel beschikbaar in het softwarepakket Infoworks CS. Dit model is in het kader van deze studie aangeleverd door Rio-link. De gesimuleerde debieten op het Lobroekdok voor het jaar 1998 worden weergegeven in onderstaande afbeelding. Deze debieten zijn zowel het gezuiverde effluent als het ongezuiverde overstortwater. De droogweerafvoer is in de figuur te zien als het constant schommelende debiet tussen  $0 \text{ m}^3/\text{s}$  en  $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$ . De pieken zijn telkens het gevolg van een neerslagevent.

Afbeelding 2.5 Effluent en overstort debiet RWZI Deurne. Periode jan - dec 1998

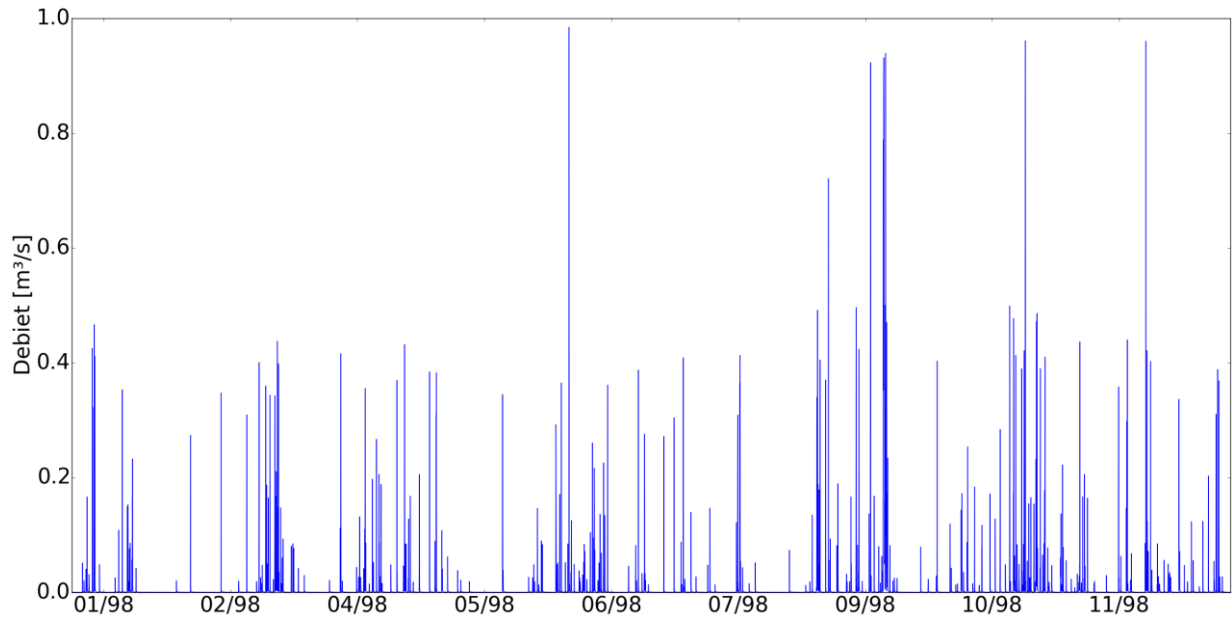


### Afwatering R1

Het afstromend wegwater en gedraineerde grondwater van de ring vanaf Berchem (Brialmontpark) tot en met de Schijnpoort wordt afgevoerd richting het pompstation Stenenbrug aan het afrittencomplex met de E313. Hier wordt het opgepompt en watert het af richting de Schijnpoort waar het in het Lobroekdok wordt geloosd.

De grootte van het afstromend wegwater en gedraineerd grondwater is relatief onbekend en volgens AWV en Rio-link is hiervan geen 100 % werkend model beschikbaar. Voor deze studie is deze waterstroom ingeschat op basis van het rioolmodel van RWZI Deurne van Rio-link. Het opgepompte grondwater is dan een relatief constante stroom van 0,083 m<sup>3</sup>/s. Dit is circa 10-15 % van de gemiddelde DWA-afvoer van RWZI Deurne. Bij regen wordt ook het afstromend wegwater van de R1 naar het Lobroekdok gepompt. Deze stroom bedraagt maximaal circa 1m<sup>3</sup>/s. Onderstaande figuur toont het afstromend wegwater van de R1 in 1998 volgens dit rioolmodel.

Afbeelding 2.6 Afwatering R1 in de periode jan - dec 1998. Modelresultaten van rioolmodel Rio-link (RWZI Deurne)



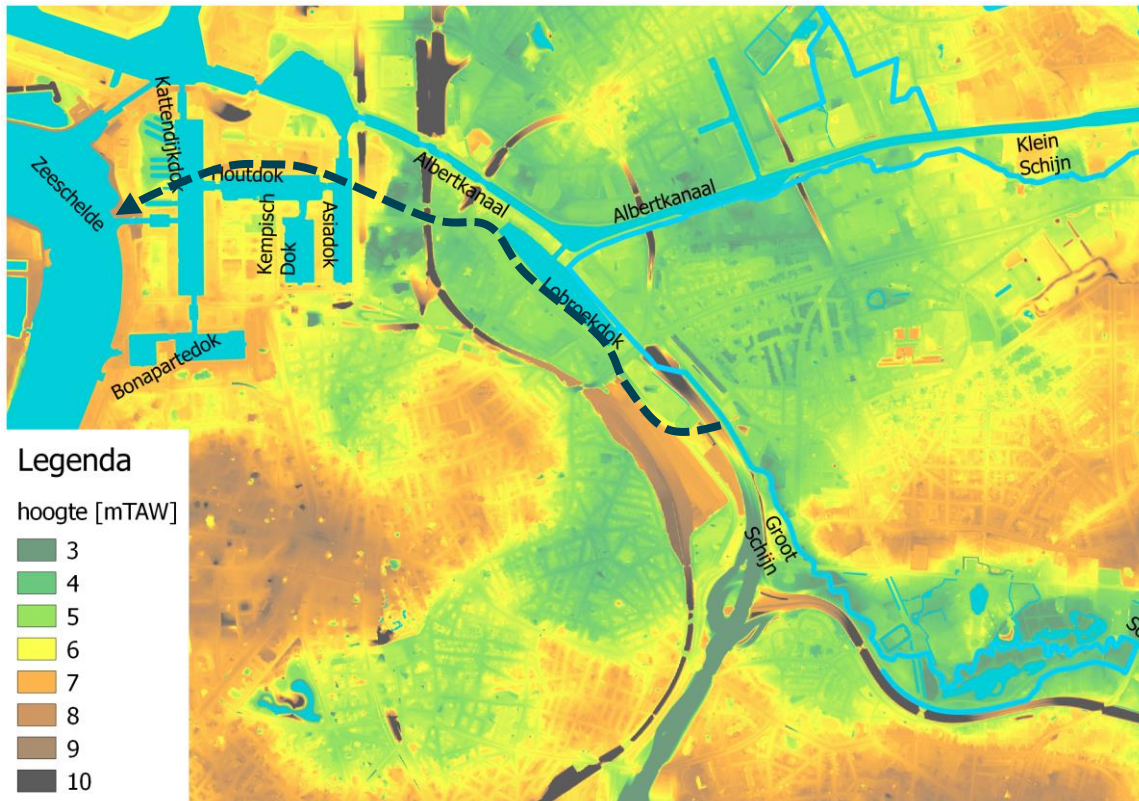
### 2.3 Toekomstige situatie: een nieuwe Schijn-Scheldeverbinding

Afbeelding 2.7 toont de verschillende waterlichamen in de noordrand van Antwerpen inclusief de bestaande maaiveldpeilen. Wanneer een profielsnede wordt gemaakt langs het tracé dat voor de Schijn-Scheldeverbinding is gekozen, bekomt men het profiel in afbeelding 2.8. Dit profiel toont het waterpeil van Schijn en Schelde in verhouding tot het omliggende maaiveld. Rondom de Schelde heeft de waterkering een hoogte van 8,35 mTAW<sup>1</sup>, de stad ligt op een hoogte van circa 4,00 - 6,00 mTAW en het Schijn komt de Stad binnen op een gemiddeld waterpeil tussen de 1,00 - 2,00 mTAW.

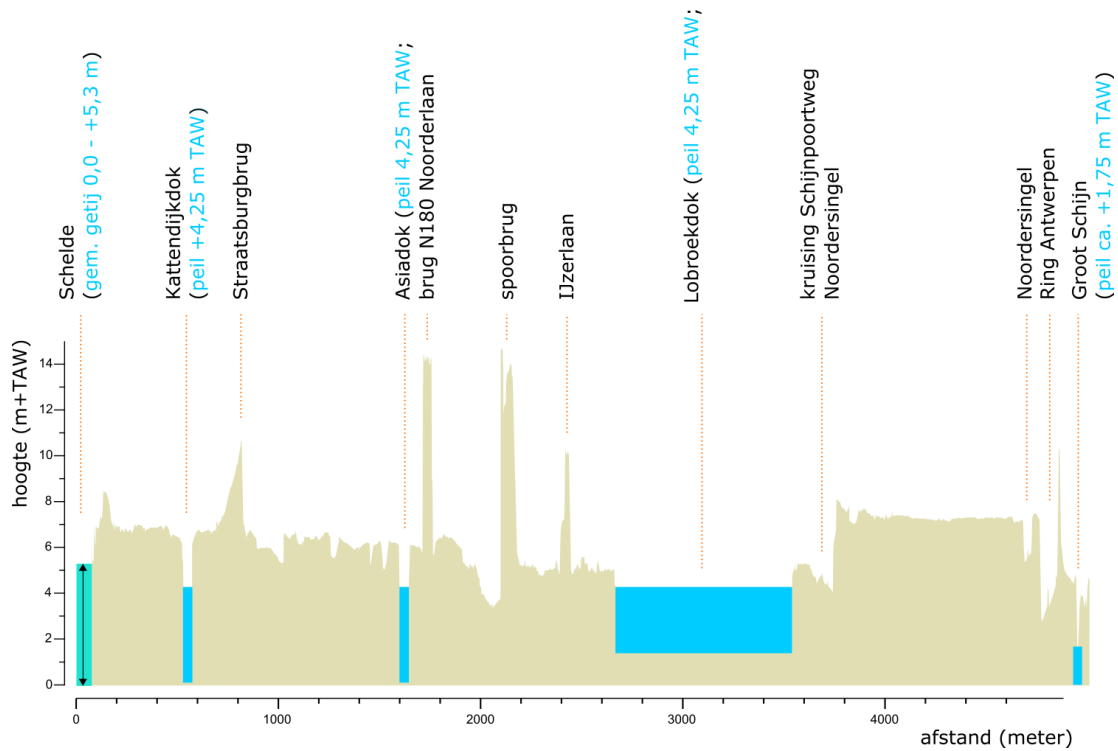
---

<sup>1</sup> In het kader van het Sigmaplan Antwerpse Scheldekaaien wordt de waterkering verhoogd met 90cm, naar 9,25 mTAW.

Afbeelding 2.7 Hoogtekaart Antwerpen met Tracé Schijn-Scheldeverbinding en aanduiding oppervlaktewateren



Afbeelding 2.8 Profiel volgens tracé op bovenstaande afbeelding. Bodempeil van Kattendijkdok en Asiadok ligt theoretisch op -3,14 mTAW. De reële diepte van de dokken is onbekend mits er in het verleden slib in de havendokken is gestort. Het huidig bodempeil wordt ingeschat op 0,00 mTAW (pers. communicatie stadshavenmeester).





### 2.3.1 Gravitaire uitstroom

In de toekomstige situatie wordt het Schijn verbonden met de Schelde. Gravitaire uitstroom is echter enkel mogelijk wanneer het peil op de Schelde voldoende laag is. De vergelijking van het Scheldepeil (circa 0-5 mTAW) met de waterpeilen op het Groot Schijn (circa 1,75 mTAW), leert dat het 2 keer per dag mogelijk zal zijn om gravitair uit te stromen (bij laagtij).

Bij een hoog waterpeil in de Schelde zal de uitstroomconstructie worden gesloten, om te verhinderen dat Scheldewater de stad binnenstroomt. Een dergelijke Sigmakering vereist een dubbele sluiting waardoor deze vermoedelijk zal bestaan uit een terugslagklep met nog een extra schuif of uit 2 schuiven. Als gevolg hiervan zal de Schijn-Scheldeverbinding een 'Schijn'-getij vertonen. Tijdens hoog Scheldepeil is de uitstroomconstructie naar de Schelde gesloten, maar blijft het water van de Schijn de Schijn-Scheldeverbinding inlopen. Het waterpeil in de Schijn-Scheldeverbinding stijgt. Eenmaal het waterpeil in de Schelde lager is dan het waterpeil in de Schijn-Schelde gaat de uitstroomconstructie open en kan het water van de Schijn-Scheldeverbinding gravitair geloosd worden in de Schelde: het waterpeil daalt weer. Dit 'schijn'-getij heeft dezelfde frequentie als het getij van de Schelde (2x per dag hoog en laag water). De grootte van dit getijde effect is kleiner dan het Scheldegetij en hangt af de aanwezige buffercapaciteit in de Schijn-Scheldeverbinding en het debiet dat in de Schijn-Scheldeverbinding stroomt (en dit hangt op zijn beurt af van de gekozen ontwikkelrichting, zie 2.3.3). Indien het waterpeil in de Schijn-Schelde boven 2,00mTAW stijgt zal een deel van het water in de Schijn-Schelde toch opgepompt worden via het pompstation Groot Schijn (zie 2.3.3.). Een nieuwe gravitaire uitstroom naar de Schelde betekent met andere woorden niet dat het pompstation Groot Schijn nooit meer zal werken. Het pompregime zal echter heel anders zijn: gravitair afvoeren als het kan, oppompen als het moet.

### 2.3.2 Afkoppeling hemelwater laaggelegen stadwijken

Een belangrijke drijfveer voor een nieuwe Schijn-Scheldeverbinding is de mogelijkheid om het hemelwater van laaggeleden stadwijken af te koppelen. De stad Antwerpen staat voor een enorme hemelwateropgave: de bestaande rioolinfrastructuur kan de huidige en toekomstige neerslagintensiteiten niet verwerken, met wateroverlast en -schade tot gevolg. Eerder onderzoek van Rio-link wees immers uit dat het noordelijk deel van het centrum van Antwerpen inclusief Borgerhout een kritische locatie is. De lage ligging van het gebied en het historisch rioolsysteem zorgen voor een moeilijke afwatering. Bovendien toont een recente neerslagstudie van de KU Leuven aan dat de neerslagintensiteit in regio Antwerpen zal toenemen onder invloed van klimaatsverandering (KU Leuven, 2015). Een analyse van de kwetsbaarheid van het bestaande rioleringsstelsel wijst op potentiële waterschade en overlast in verschillende laaggelegen wijken in Antwerpen.

De stad Antwerpen heeft duidelijk de ambitie om het rioleringsstelsel en de pompstations in de stad zoveel mogelijk te ontlasten van hemelwater om op die manier de waterveiligheid in de stad te verhogen en de efficiëntie van de zuiveringsstations te verbeteren. In eerste instantie heeft de stad dus nood aan voldoende buffercapaciteit om het hemelwater op te vangen, te laten infiltreren en (vertraagd) af te voeren. Tevens wordt altijd getracht het hemelwater gescheiden af te voeren (afkoppelen hemelwater bestaande gemengde riolering). Het hemelwater van de laaggelegen wijken kan echter alleen afgekoppeld worden van de bestaande riolering als er lageregelegen oppervlaktewater beschikbaar is.

In de noordrand van de binnenstad ontbreken momenteel oppervlaktewateren die op een voldoende laag peil liggen om als ontvangend waterlichaam te kunnen fungeren. Zo liggen de dokken en het Albertkanaal op 4,25 mTAW terwijl er stadsdelen zijn die lager liggen zoals de Damwijk met een laagste peil van circa 3 mTAW. Een nieuwe Schijn-Scheldeverbinding maakt de afkoppeling van hemelwater van laaggelegen wijken mogelijk

### Geselecteerde gebieden

Op vraag van Witteveen+Bos heeft Rio-link daarom een aantal gebieden geïdentificeerd die:

- door hun hoogteligging niet kunnen worden afgekoppeld naar bestaande oppervlaktewateren;
- door hun hoogteligging wel kunnen afwateren naar een lager gelegen Schijn-Scheldeverbinding;
- problemen hebben met wateroverlast (blijkt uit overstromingsberekeningen die zijn uitgevoerd in het kader van het Hemelwaterplan);
- rondom de Schijn-Scheldeverbinding zijn gelegen en daardoor relatief makkelijk af te koppelen zijn.

Onderstaande afbeelding toont de afkoppelgebieden die door Rio-link zijn voorgesteld. Hieronder enkele belangrijke kenmerken/aandachtspunten.

Afbeelding 2.9 Locatie afkoppelgebieden



- Afkoppelgebied I, De Damwijk, is de laagst gelegen wijk. Het laagste punt ligt op 3,11 mTAW. Totale oppervlakte: 51,5 ha.
- Voor afkoppelgebied II, de Slachthuissite, wordt momenteel gewerkt aan een herinrichtingsplan. Eén van de eisen in dit plan is een verhoging van het maaiveld waardoor de afwatering van deze wijk naar het Lobroekdok (4,25 mTAW) mogelijk is. Wanneer het volledige Lobroekdok wordt ingeschakeld in een Schijn-Scheldeverbinding, zal de Slachthuissite als afkoppelgebied worden meegenomen. Totale oppervlakte: 20 ha.
- Afkoppelgebied III, De Vuilbeek, komt overeen met het 'stroomgebied' van een voormalige zijbeek van het Schijn. Totale oppervlakte: 61 ha.
- Afkoppelgebied IV: Wijk Lange Dijkstraat: 18,5 ha.
- De wijken rondom de stadsdokken (Cadix, Mexico-eiland, Eilandje) worden niet afgekoppeld op de Schijn-Scheldeverbinding aangezien deze hoog genoeg liggen om naar de dokken af te wateren.

### 2.3.3 Synthese waterstromen

Naast water van het Groot Schijn komen er dus verschillende waterstromen in aanmerking om gravitair afgevoerd te worden via een nieuwe Schijn-Scheldeverbinding. Tabel 2.3 geeft een overzicht van de grootte van deze waterstromen.

Tabel 2.3 Samenvatting waterstromen

Waterstroom	Basisdebiet [m <sup>3</sup> /s]	Piekdebiet [m <sup>3</sup> /s]
Groot Schijn	0,5	18
hemelwater	0	4
RWZI Deurne (effluent en overstort)	0,8	30
afwatering R1	0,08	1

In de haalbaarheidsstudie zijn 3 verschillende ontwikkelrichtingen voor een nieuwe Schijn-Scheldeverbinding gedefinieerd. Hierbij wordt zoveel mogelijk een tracé in open bedding nagestreefd.

In elk scenario wordt er altijd hemelwater en water van het Groot Schijn gravitair afgevoerd. In 1 ontwikkelrichting wordt het water van de RWZI Deurne en de afwatering van de R1 bijkomstig mee gravitair afgevoerd (zie hieronder).

### 2.3.4 Ontwikkelrichtingen voor Schijn-Scheldeverbinding

Voor een gedetailleerde uiteenzetting over de verschillende ontwikkelrichtingen wordt naar het eindrapport van deze haalbaarheidsstudie verwezen. Elke ontwikkelrichting leidt tot een verschillend watersysteem. De keuze voor een specifieke ontwikkelrichting (en dus watersysteem) zal afhangen van de bredere gebiedsontwikkelingsprocessen in de noordrand van Antwerpen. Hydrologisch zijn de 3 ontwikkelrichtingen onderscheidend op 2 aspecten:

- al dan niet inschakelen van het Houtdok en Kempisch dok in de Schijn-Scheldeverbinding;
- al dan niet bijkomend gravitair afvoeren van 'overige' waterstromen van het Lobroekdok (RWZI effluent en overstort water, afwatering R1). In dit geval is het tevens noodzakelijk dat het Houtdok mee wordt ingeschakeld opdat er voldoende buffercapaciteit aanwezig is. De bouwsteen van het Lobroekdok is hierbij bepalend (zie ook hoofdrapport en appendix I). Als het volledige Lobroekdok wordt ingeschakeld in de Schijn-Scheldeverbinding moeten de overige stedelijke waterstromen mee afgevoerd worden (Dokkensysteem). Als het Lobroekdok gesplitst wordt, moet enkel het hemelwater en water van het Schijn afgevoerd worden (Parkensysteem en Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem).

Afbeelding 2.10 toont een principeschets van ontwikkelrichting 'Dokkensysteem'. De oplossingsrichting Dokkensysteem heeft een gezamenlijke afvoer van de diverse waterstromen: Schijnwater, regenwater, effluentwater en overstortwater van RWZI en afstromend wegwater (en grondwater) van de R1.

Er is geen informatie beschikbaar over de waterkwaliteit van sommige waterstromen (e.g. R1 water). De waterkwaliteit van het Schijn is de laatste jaren sterk verbeterd. De verwachting is dat het hemelwater en het Schijnwater een relatief goede kwaliteit hebben en de stromen van het RWZI (effluent en zeker met name het overstortwater) en het water van de R1 een zeer geringe waterkwaliteit hebben.

Afbeelding 2.10 Ontwikkelrichting Dokkensysteem



De ontwikkelrichting 'Parkensysteem' en de gecombineerde ontwikkelrichting 'Parken- en-dokkensysteem' hebben een gescheiden afvoer van het Schijnwater en het hemelwater aan de ene kant en het effluent- en overstortwater aan de andere kant. Het Schijnwater en het hemelwater worden afgevoerd naar de Schelde via de Schijn-Scheldeverbinding en het effluent- en overstortwater worden afgevoerd via het IJzerlaankanaal naar het Asiadok. Enkel het water met naar verwachting een relatief goede waterkwaliteit (Schijnwater, hemelwater) komt dus in de Schijn-Scheldeverbinding terecht. In de gecombineerde ontwikkelrichting worden dokken gebruikt om de buffercapaciteit van de Schijn-Scheldeverbinding te verhogen.

Afbeelding 2.11 Ontwikkelrichting Parkensysteem





Afbeelding 2.12 Gecombineerde ontwikkelrichting Parken-en-dokkensysteem



### 2.3.5 Uitgangspunten Schijn-Scheldeverbinding

Tijdens het ontwerpproces van deze haalbaarheidsstudie zijn verschillende (hydrologische) uitgangspunten gehanteerd en gewijzigd, in functie van vooruitschrijdend inzicht. In samenspraak met de Stad Antwerpen en VMM zijn finaal volgende uitgangspunten vastgesteld:

- invloed Schelde: er wordt geen Schelde water ingelaten in de Schijn-Scheldeverbinding. De uitstroomconstructie bevat een schuif + terugslagklep (of 2 schuiven) die dicht gaan op het moment dat het waterpeil in de Schelde hoger is dan het waterpeil in de Schijn-Scheldeverbinding. De Schijn-Scheldeverbinding wordt dus een zoetwatersysteem;
- afsluiten Schijn-Scheldeverbinding: Bij extreem grote piekafvoeren van het Groot Schijn mag er geen water teruglopen van de Schijn-Scheldeverbinding naar het pompstation Groot Schijn. De capaciteit van het pompstation moet bij extreme grote piekafvoeren van het Groot Schijn volledig beschikbaar zijn voor het Schijn zelf. Tevens beginnen de tuinen van de meest kritieke woning bovenstreams reeds over te lopen bij een waterpeil hoger dan 2,60 mTAW aan het pompstation Groot Schijn. Daarom is beslist dat er een veiligheidsschuif wordt geïnstalleerd tussen de Schijn-Scheldeverbinding en het pompstation Groot Schijn (ter hoogte van het Lobroekdok) die bij een waterpeil van 2,60 mTAW in de Schijn-Scheldeverbinding dicht gaat. Zo wordt de waterveiligheid van het gebied stroomopwaarts van het pompstation behouden;
- pompstation Groot Schijn: Het pompstation Groot Schijn kan overtollig water uit de Schijn-Scheldeverbinding wegpompen zolang de Schijn-Scheldeverbinding in verbinding staat met het pompstation. De aan- en afslagpeilen van de 2 kleine vijzels van het pompstation Groot Schijn worden verhoogd naar 2,00 mTAW.

# 3

## STROMINGSMODEL SCHIJN-SCHELDEVERBINDING

Om de haalbaarheid van de Schijn-Scheldeverbinding te onderzoeken is hydrologisch onderzoek nodig om enerzijds het huidige watersysteem beter te begrijpen en anderzijds de effecten van een gravitaire verbinding tussen het Groot Schijn en de Schelde te kwantificeren. Door middel van een hydraulische modelstudie heeft Witteveen+Bos de haalbaarheid van de Schijn-Schelde verbinding onderzocht. In dit hoofdstuk wordt dit hydraulisch model toegelicht. Volgende aspecten komen hier bij aan bod:

- hydraulisch model stroomopwaarts gedeelte Groot Schijn;
- modelopbouw Schijn-Scheldeverbinding;
- maatgevende hydrologische gebeurtenis.

### 3.1 Stroomopwaarts model Groot Schijn

Van het Groot Schijn is een hydraulisch model beschikbaar in het modelpakket Infoworks RS (IW-RS). Dit is hydraulische software die de neerslag-afvoer en stroming in een riviersysteem beschrijft. Dit model is door VMM gekalibreerd en gevalideerd en is dus in staat om afvoerpatronen te simuleren.

Aangezien het voorziene tracé van de Schijn-Scheldeverbinding dwars door de noordrand van Antwerpen loopt, is er interactie met het aanwezige rioolnetwerk mogelijk. De interactie tussen het stedelijk rioleringsstelsel en de Schijn-Scheldeverbinding zal ook in de toekomst almaar belangrijker worden. Het huidige rioolnetwerk van de stad Antwerpen is opgemaakt in Infoworks CS (IW-CS).

Infoworks ICM (integrated catchment modelling), IW-ICM vormt de combinatie tussen riool- en riviermodellen waardoor het watersysteem in een stroomgebied integraal kan worden gemodelleerd. Dit heeft geleid tot de beslissing om de hydraulische haalbaarheid te onderzoeken met het softwarepakket IW-ICM.

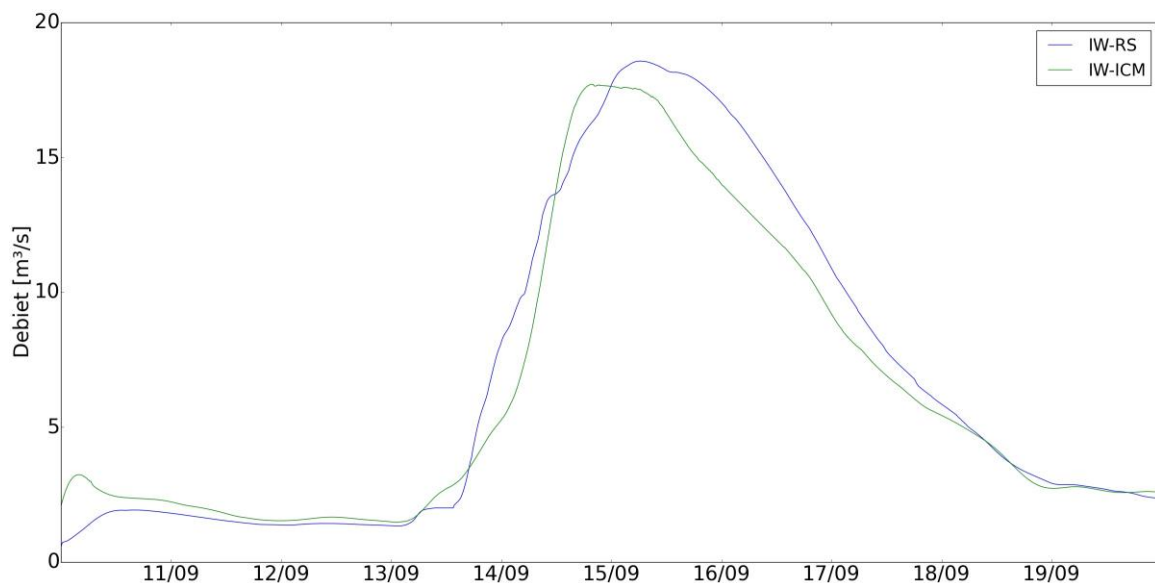
Hiervoor moet het bestaande model van het Groot Schijn. In IW-RS worden omgezet naar een model in IW-ICM. Ook het bestaande rioolmodel IW- CS moet worden omgezet naar ICM-format. De omzetting van CS naar ICM verloopt automatisch en vergt geen manuele handelingen. De omzetting van RS naar ICM is echter heel wat complexer door de andere opbouw van beide modelpakketten. De omzetting van het IW-RS model naar een nieuw IW-ICM model wordt hieronder kort besproken en in detail toegelicht in bijlage I.

### Omzetting stroomopwaarts model Groot Schijn van IW-RS naar IW-ICM

De stappen die zijn gevolgd voor de omzetting van IW-RS naar IW-ICM zijn:

- het opknippen van het model en het verwijderen van de delen Klein Schijn en Rode Weel;
- het herstellen van verloren connecties tussen de rivier in het model en alle hydraulische constructies;
- de aanmaak van oeverlijnen (river banks) op basis van de dwarsprofielen en het digitaal hoogtemodel;
- het corrigeren van bruggen en de omzetting naar de modelstructuur in IW-ICM;
- het verwijderen van overtollige lijnen en punten;
- het implementeren van de Rollebeek. In het IW-RS model werd deze gedeeltelijk voorgesteld door een 1D overstromingsgebied om instabiliteitsredenen. In het IW-ICM model is ervoor gekozen om de rivier toch volledige te implementeren;
- de aanmaak van een 2D mesh om stroming over het maaiveld te simuleren ter vervanging van de overstromingsgebieden (storage areas) in IW-RS;
- de omzetting en aanpassing van bepaalde sturingsmechanismen.

Afbeelding 3.1 Vergelijking resultaten IW-ICM met IW-RS model. Periode september 1998



Bovenstaande figuur toont de resultaten van het IW-ICM model in vergelijking met de resultaten van het bestaande IW-RS model. Voor de periode is gekozen voor september '98 aangezien dit de meest extreme en maatgevende piek is van de afgelopen jaren. De resultaten tonen dat het nieuwe IW-ICM model de afvoerrelaties van het Groot-Schijn relatief goed beschrijft.

Deze resultaten werden voorgelegd aan de Vlaamse Milieumaatschappij en in onderling overleg is besloten dat de resultaten van IW-ICM voldoende accuraat zijn om de haalbaarheid van de Schijn-Scheldeverbinding te onderzoeken.

## 3.2 Modelopbouw Schijn-Scheldeverbinding

### Pompstation Schijnpoort

Bij een nieuwe Schijn-Scheldeverbinding wordt een deel van de capaciteit van het pompstation overgenomen door de gravitaire afvoer naar de Schelde. Dit brengt een reductie in pompkosten met zich mee. Om de pompdebieten verder te reduceren, is in samenspraak met VMM beslist om de aan- en afslagpeilen van de onderste twee pompen te verhogen naar 2,0 mTAW. Op die manier wordt de buffering in de Schijn-Scheldeverbinding meer benut en is er meer ruimte voor gravitaire afvoer. Bij de kritische waterhoogtes (circa 2,5 - 3,0 mTAW) is de pompcapaciteit onveranderd (14 m<sup>3</sup>/s) waardoor er geen extra overstromingsrisico is.

### Tussenklep/schuif Lobroekdok

Doordat er ook andere waterstromen via de Schijn-Scheldeverbinding worden verwerkt, is het mogelijk dat het pompstation Schijnpoort een deel hiervan verpompt. Bij hoogwater op de Schelde zullen de stedelijke waterstromen richting het pompstation stromen. Bij hevige Schijndebieten is het echter vereist dat de volledige pompcapaciteit kan worden aangewend om het Schijndebiet te verpompen. Wanneer ook andere stromen moeten worden verpompt, leidt dit tot een toename aan overstromingsrisico stroomopwaarts. Om die reden is beslist om een automatische klep/schuif te plaatsen op de Schijn-Scheldeverbinding (tussen het einde van de wachtkoker en Lobroekdok), die sluit wanneer het waterpeil aan het pompstation een kritische waarde overschrijdt. In overleg met VMM is deze kritische waterhoogte vastgesteld op 2,6 mTAW. Vanaf dan opereert de Schijn-Scheldeverbinding onafhankelijk van het Groot Schijn. Door de hogere maaiveldhoogtes in de stad ten opzichte van het Rivierenhof betekent dit ook dat de Schijn-Scheldeverbinding zich bij extreme neerslagevents tot een hoger peil kan vullen, zonder dat er stroomopwaarts wateroverlast optreedt. De volledige sturing staat in onderstaande tabel. Er is gekozen voor een graduele sluiting van de klep/schuif om instabiliteiten in het model te voorkomen.

Tabel 3.1 Werking tussenklep/schuif Lobroekdok

peil ter hoogte van Schijnpoort	opening tussenklep/schuif
0 - 2,2 mTAW	2m (klep volledig open)
2,2 - 2,3 mTAW	1,5m
2,3 - 2,4 mTAW	1m
2,4 - 2,5 mTAW	0,5m
2,5 - 2,6 mTAW	geen sturing. (=Dicht als waterpeil zakkend is, 0,5 als waterpeil stijgend is)
> 2,6 mTAW	0m (klep dicht)

### MIVA overstort

De MIVA overstort is een overstort die bij te hoge waterstanden toelaat dat een deel van het debiet van het Groot Schijn wordt afgeleid richting de pompkelder van het RWZI in Deurne. De overstort geldt ook in de andere richting zodat het pompstation Schijnpoort een deel van de RWZI overstort kan verwerken indien de pompcapaciteit van het RWZI onvoldoende is. Door de bouw van het nieuwe pompstation is de MIVA-overstort verplaatst naar het stroomafwaarts einde van de Schijn-Scheldekoker onder de singel. Ook bij een nieuwe Schijn-Scheldeverbinding dient de MIVA-overstort behouden te worden. Om die reden wordt de tussenklep Lobroekdok (zie boven) stroomafwaarts van de MIVA overstort geplaatst.

De overstort wordt gemodelleerd als een klep die, naarmate de waterhoogte aan het pompstation stijgt, meer open gaat. Het water dat via de MIVA overstort in de pompkelder terechtkomt verlaat het IW-ICM model van het Schijn en wordt met het RWZI-overstort en effluent op het Lobroekdok gepompt.

De MIVA overstort staat dicht bij een waterhoogte van 2.35 mTAW en vergroot stapsgewijs tot 1m opening bij waterhoogtes hoger dan 2.75 mTAW. Deze stapsgewijze vergroting is weergegeven in tabel 3.2.



Tabel 3.2 Werking MIVA overstort

waterhoogte ter hoogte van Pompstation [mTAW]	opening MIVA overstort [m]
<2,35	0
2,35-2,45	0,2
2,45 - 2,55	0,4
2,55 - 2,65	0,6
2,65 - 2,75	0,8
>2,75	1

### Kokers/sifons

Gezien de stedelijke harde randvoorwaarden, is het niet overal mogelijk om de Schijn-Scheldeverbinding in open bedding aan te leggen. Op enkele locaties zijn ondergrondse kokers of sifons onvermijdelijk. In onderstaande tabel staat een overzicht.

De wachtkoker voor Schijn-Schelde is aangelegd in het kader van de Oosterweelverbinding als wachtkoker voor een toekomstige Schijn-Scheldeverbinding tot aan het Lobroekdok. De koker stuurt het Groot Schijn onder verdiepte R1 (sifon tot -3,1 mTAW) en onder riolering (sifon tot -4,8 mTAW). In de verschillende ontwikkelrichtingen (zie hoofdrapport) is uitgegaan van een open bedding ter hoogte van het (Park) Spoor Oost, als maximaal scenario. In de hydrologische studie is er echter beslist om de modelvarianten door te rekenen uitgaande van de wachtkokers. De wachtkokers bieden immers hydraulisch gezien minder gunstige afvoercondities, door extra opstuwing, een kleiner doorvoerprofiel etc. Bovendien zijn de wachtkokers al gerealiseerd, dus is het mogelijk dat een Schijn/Scheldeverbinding wordt gerealiseerd zonder openlegging van de bestaande wachtkokers of dat dit pas in een later stadium gebeurt<sup>1</sup>.

Tabel 3.3 Overzicht sifons

Kunstwerk	BOK	Afmetingen	Lengte
wachtkoker Schijn-Schelde	0,30 mTAW	4 m x 2 m	1150 m
sifon Asiadok	-3,00 mTAW	4 m x 2 m	220 m (Parken- en Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem) 288 m (Dokkensystemen)
sifon Kattendijkdok	-3,00 mTAW	4 m x 2 m	291 m (Parken- en Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem) 276 m (Dokkensystemen)

### Uitstroomconstructie

In het model wordt de uitstroomconstructie voorgesteld door drie terugslagkleppen aan het einde van het tracé. Deze terugslagkleppen kunnen enkel uitstromen richting Schelde indien het peil stroomopwaarts hoger is dan het Scheldepeil. De drie terugslagkleppen hebben elk een diameter van 1,5m. De totale oppervlakte aan uitstroomopening is dus maximaal 5,30 m<sup>2</sup>. Om de invloed van de totale oppervlakte aan uitstroomopening in te schatten werd het aantal terugslagkleppen vergroot, de invloed van deze ingreep op de werking van de Schijn-Scheldeverbinding was echter beperkt.

<sup>1</sup> Ruimtelijk, hydrologisch en ecologisch heeft een open bedding altijd de voorkeur. De bestaande wachtkokers zijn echter geen knelpunt voor de verdere realisatie van een schijn-Scheldeverbinding en kunnen in hun huidige toestand zonder problemen gebruikt worden.

## Vismigratie

Eén van de streefdoelen van een gravitaire Schijn-Scheldeverbinding is het herstellen van vismigratie tussen het stroomgebied van het Groot Schijn en de Schelde. Alhoewel er visvriendelijke vijzels worden geïnstalleerd in pompstation Groot Schijn, blijft het pompstation een vismigratieknelpunt. Vissen zullen zich enkel stroomafwaarts kunnen bewegen via de visvriendelijke pompvijzels. Voor vismigratie via een Schijn-Scheldeverbinding zal de uitstroomconstructie van de Schijn-Scheldeverbinding van groot belang zijn. De stroomsnelheid speelt hierbij een belangrijk rol. Bij de opbouw van het Schijn-Scheldemodel zijn de uitstroomsnelheden onderzocht en hieruit bleek dat het venster waarin vismigratie mogelijk is (algemene richtlijn: snelheid < 1 m/s) voldoende groot kan worden gerealiseerd. Het type en de precieze dimensies van deze uitstroomconstructie en de kokers voor sifoning dienen in een latere fase nog te worden gedetailleerd om de condities voor vismigratie nog verder te optimaliseren. Algemeen wordt verwacht dat een uitstroomconstructie met een terugslagklep minder gunstig is voor vismigratie. Het is dus beter om een systeem te voorzien bestaande uit 2 schuiven die zo gestuurd kunnen worden dat het venster voor vismigratie zo groot mogelijk is.

## Hemelwater-afkoppelgebieden

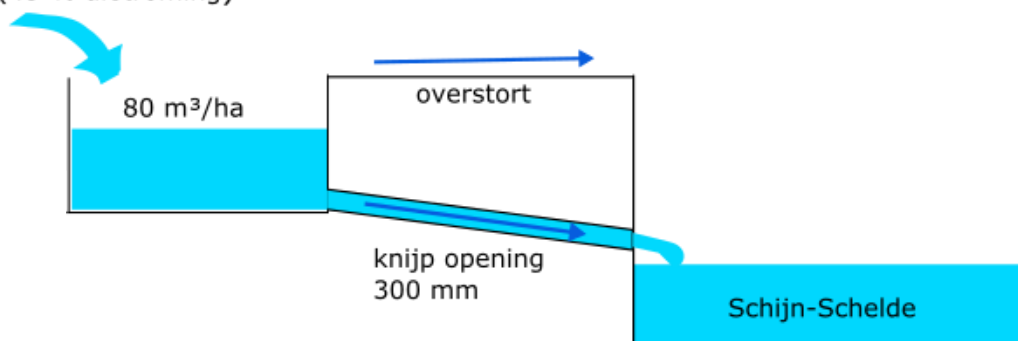
Wanneer de laaggelegen wijken op de Schijn-Scheldeverbinding worden afgekoppeld, moeten al deze wijken van een gescheiden rioolstelsel worden voorzien. Momenteel is er zo goed als overal nog een gemengd rioolstelsel aanwezig. Het bestaande rioolmodel, inclusief de huidige knelpunten kan dus niet worden gebruikt om de hemelwaterafvoer van deze wijken te simuleren. Om die reden is geopteerd voor een meer conceptuele aanpak waarbij rekening is gehouden met de ontwerpcriteria waaraan het toekomstige gescheiden rioolstelsel zal voldoen:

- uitstroomhoogte: komt overeen met het laagste maaiveldpeil van de wijk;
- buffercapaciteit: 80 m<sup>3</sup>/ha opgegeven door Stad Antwerpen. Enkel voor de Slachthuissite is een buffercapaciteit van 250 m<sup>3</sup>/ha voorzien, aangezien dit de ontwerprichtlijn was voor de nieuwe Slachthuissite.
- Knijpopening: zorgt voor effect vertraagde afvoer en buffering in rioolstelsel.
- Overstort: in werking wanneer buffering in rioolstelsel maximaal is benut .

In onderstaande afbeelding staat een schets van de conceptuele modelschematisatie.

Afbeelding 3.2 Principe modelleringhemelwaterafvoer afkoppelwijken

Damwijk (45 % afstroming)



## Overige modeltechnische uitgangspunten

In onderstaande tabel worden een aantal technische uitgangspunten opgelijst voor het IW-ICM Schijn-Scheldemodel. Deze uitgangspunten gelden voor alle modelvarianten die hierna worden besproken.

Tabel 3.4 Modeltechnische parameters

Parameter	Uitgangspunt
bodempeil	0,00 mTAW
bodempeil IJzerlaankanaal	wanneer de Schijn-Scheldeverbinding door de IJzerlaan gaat, moet rekening worden gehouden met een bodempeil van 0,75mTAW door de aanwezigheid van een waterdichte vloer in het kader van de Oosterweelwerken
tijdstap berekenen resultaten	1 min.
tijdstap opslaan resultaten	10min
hydraulische ruwheid (maning-n)	Schijn-Scheldeverbinding: Oevers: 0,06 [s/m <sup>1/3</sup> ] en Bodem: 0,035 [s/m <sup>1/3</sup> ] Groot Schijn: overgenomen uit IW-RS stroming over maaiveld / 2D mesh (Groot Schijn): 0,0125 [s/m <sup>1/3</sup> ]
buffering afkoppelgebieden	combinatie van een grote leiding, met groot oppervlak en een snelle (bij maximale buffercapaciteit bereikt) en trage uitstroom (permanent)
sifons	ofwel door middel van overstort naar diepe leiding, ofwel via schuine leiding. Weinig invloed vastgesteld
afstromingscoëfficiënt afkoppelgebieden	verhardingscoëfficiënt: 0,5 infiltratiecoëfficiënt: 0,9 afstromingscoëfficiënt = 0,5 x 0,9 = 0,45
stroomafwaartse randvoorwaarde	Scheldepeil ter hoogte van meetstation Antwerpen tij/Zeeschelde

### 3.3 Maatgevende hydrologische gebeurtenis

#### Statistische analyse

De hydrologische haalbaarheid van de Schijn-Scheldeverbinding wordt onderzocht aan de hand van hydraulische modellering met het softwarepakket Infoworks ICM. De vraag hierbij is welke hydrologische randvoorwaarde of gebeurtenis moet worden gebruikt om de werking van de Schijn-Scheldeverbinding te simuleren. Met andere woorden, welke hydrologische events zijn maatgevend om de Schijn-Scheldeverbinding te dimensioneren/optimaliseren? Om dit te bepalen is een statistische analyse uitgevoerd (periode 1990-2016) voor volgende randvoorwaarden:

- het getij op de Schelde;
- het debiet van het Schijn;
- de neerslag in de stad;

Deze stromen hebben elk hun eigen dynamiek (pieken, frequentie van voorkomen). Dit wil zeggen dat niet één stroom de maatgevende situatie zal bepalen. Het gecombineerd voorkomen van bepaalde gebeurtenissen (bv. hoog laagwater op de Schelde en veel neerslag) zal leiden tot een maatgevende situatie. Het is dus niet voldoende om de 3 watersystemen apart te onderzoeken om een maatgevend én realistisch event te selecteren.

Om de meest maatgevende gebeurtenis te selecteren is een statistische analyse uitgevoerd (zie notitie met doc. nr. BELA740-1\_018) op de resultante van de drie waterstromen, namelijk de waterhoogte in de Schijn-Scheldeverbinding. De werkwijze en inzichten van deze statistische analyse staan hieronder beschreven.

#### Werkwijze

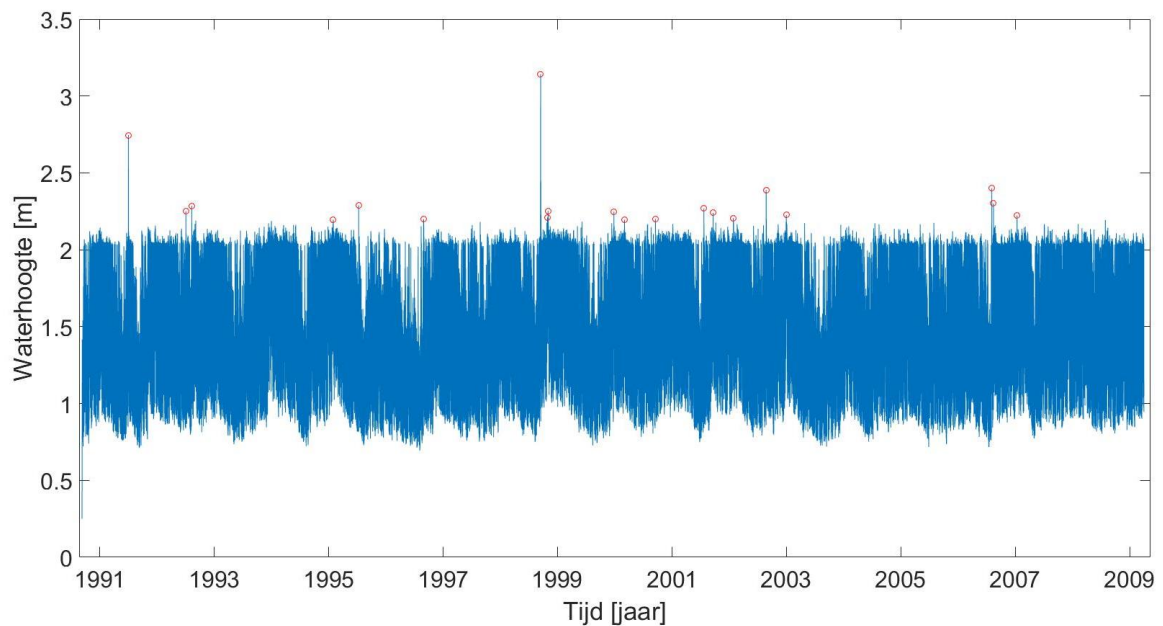
- De waterhoogtes zijn bekomen door het scenario van het Parkensysteem (zie verder) door te rekenen in Infoworks ICM. Dit scenario heeft als waterstromen het inkomend Schijndebiet en het afgekoppelde hemelwater van de wijken Damwijk, Lange dijkstraat en Vuilbeek. Het Scheldepeil is de benedenstroomse hydraulische randvoorwaarde.
- Als inputreeksen zijn hierbij de neerslaggegevens en Scheldepeilmetingen gebruikt van 1990 tot 2009.

## Inzichten

Onderstaande afbeelding toont de gesimuleerde waterpeilen in de Schijn-Scheldeverbinding ter hoogte van de Damwijk:

- de meest extreme situatie doet zich voor rond 15 september '98, wanneer het debiet op het Schijn circa  $18 \text{ m}^3/\text{s}$  bedraagt. De hoogste waterstand wordt bereikt tussen twee gravitaire lozingen naar de Schelde;
- de 2<sup>e</sup> meest extreme situatie vindt plaats op 2 juli 1991. Tijdens dit hydrologisch event bedroeg het Schijndebiet circa  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dit wil zeggen dat deze piek aan de hoge neerslagafvoer te wijten is. De neerslagintensiteit gedurende dit event is geanalyseerd en komt overeen met een Vlaamse T100 composietbui;
- voor de verdere modelberekeningen worden zowel 1991 als 1998 als maatgevend hydrologisch jaar weerhouden.

Afbeelding 3.3 Resultaten statistische analyse voor de selectie van een maatgevende hydrologische gebeurtenis.





# 4

## MODELVARIANTEN

Uit het onderzoek naar de haalbaarheid van de Schijn-Scheldeverbinding zijn een aantal ontwikkelrichtingen (modelvarianten) naar boven gekomen. Deze onderscheiden zich zowel ruimtelijk als hydrologisch.

### 4.1 Parkensysteem

#### 4.1.1 Beschrijving Parkensysteem

In het Parkensysteem behoudt de Schijn-Scheldeverbinding zijn voornaamste functie als natuurlijke riviermonding van het Groot Schijn. Daarnaast maakt de Schijn-Scheldeverbinding afkoppeling van omliggende stadsdelen mogelijk. Het debiet op de Schijn-Scheldeverbinding is dus enerzijds afkomstig van het Groot Schijn en anderzijds de afkoppeling van:

- Damwijk;
- wijk Lange Dijkstraat;
- wijk Vuilbeek.

Het Lobroekdok wordt gesplitst in 2 waterlichamen: een smal 'verlengd' ijzerlaankanaal met een hoog waterpeil (4,25mTAW) en een lager gelegen Schijn-Scheldeverbinding (waterpeil 1,00 - 2,00 mTAW). De andere waterstromen (RWZI en R1) lopen via dit 'verlengd' IJzerlaankanaal naar het Asiadok en komen verder in het Albertkanaal terecht.

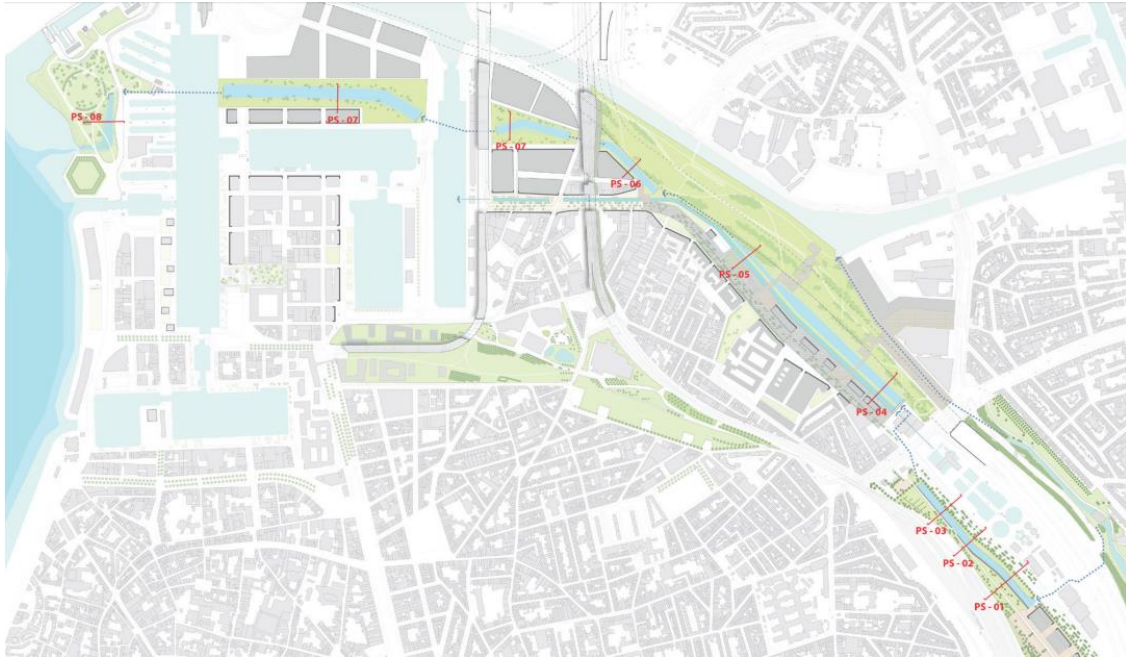
Het tracé van het Parkensysteem is te zien in onderstaande afbeelding. De cijfers verwijzen hierbij naar de profielen in onderstaande tabel.

Voor het dwarsprofiel van het Parkensysteem zijn volgende ontwerpuitgangspunten gebruikt:

- bodembreedte: 15 m;
- talud: indien voldoende ruimte aanwezig wordt gekozen voor een talud van 1:5 voorzien. Indien de ruimte beperkt is wordt het een talud van 1:3 of een verticale muur.

Op locatie waar onvoldoende ruimte beschikbaar is voor dit 'standaard parkprofiel', is het dwarsprofiel aangepast. Deze dwarsprofielen zijn hieronder weergegeven

Afbeelding 4.1 Tracé Parkensysteem



Tabel 4.1 Overzicht profielen Parkensysteem

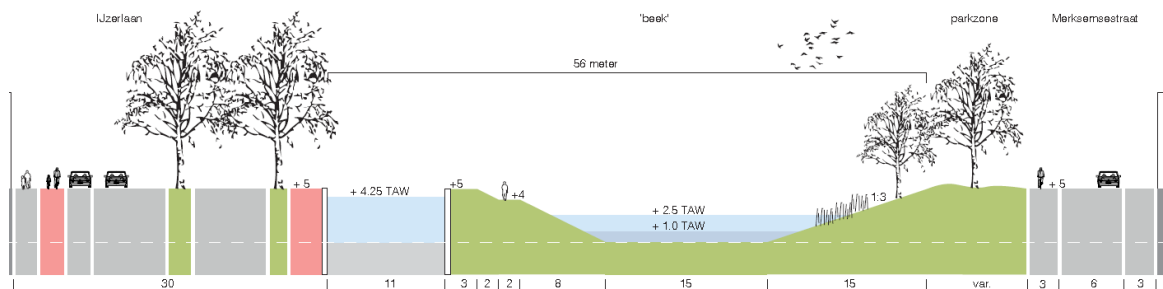
Nr.	Tekening	Toelichting
1-3	afmetingen 2000x4000 mm, (zie Tabel 3.3)	Wachtkoker Schijn-Schelde
4		Lobroekdok op 2 niveaus
5	afmetingen koker: 1,5m breed en 2m hoog	Sifon bij einde Lobroekdok
6		Steenborgerweert
x	zie Tabel 3.3	Sifon Asiadok en Kattendijkdok

Nr.	Tekening	Toelichting
7		Steenborgerweert en Mexico eiland
8		Droogdokken eiland

#### Variant: Parkensysteem via IJzerlaankanaal

In deze variant van het Parkensysteem, loopt de Schijn-Scheldeverbinding niet doorheen Steenborgerweert, maar via het IJzerlaankanaal. Dit wil zeggen dat er in de IJzerlaan twee watersystemen zijn: één voor de Schijn-Scheldeverbinding (verlaagd waterpeil) en één voor afvoer RWZI en R1 naar Asiadok (verhoogd waterpeil). De modelbouw voor deze variant is zo goed als identiek aan het Parkensysteem, waardoor deze variant niet afzonderlijk is berekend.

Afbeelding 4.2 Dwarsprofiel Parkensysteem via IJzerlaankanaal

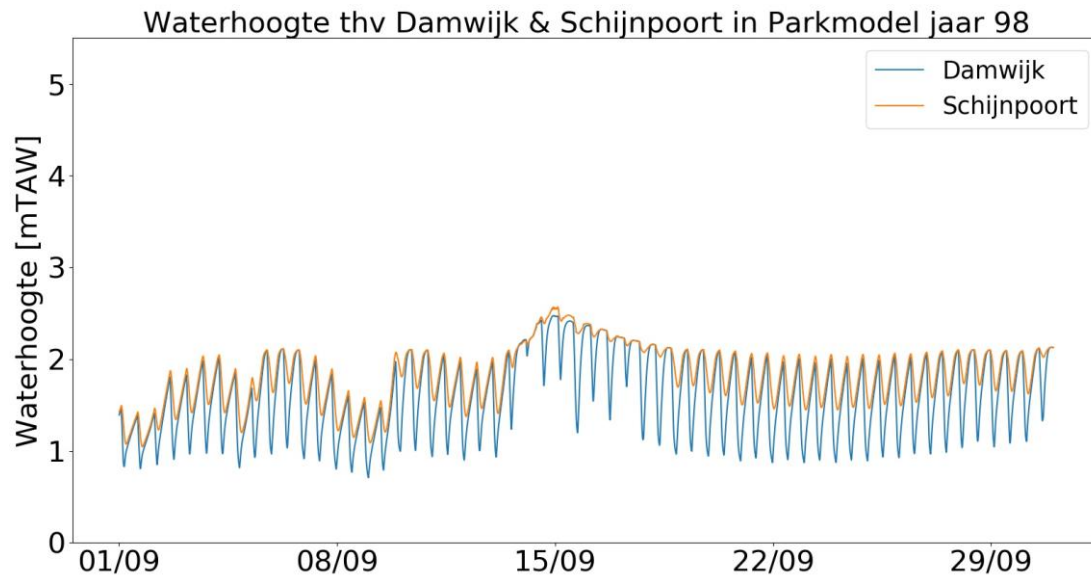


### 4.1.2 Resultaten Parkensysteem

#### Werking Schijn-Scheldeverbinding

Onderstaande afbeelding toont het waterpeil in de Schijn-Scheldeverbinding ter hoogte van de Damwijk/Steenborgerweert en aan het pompstation voor september '98. Hierop is duidelijk de werking van de Schijn-Scheldeverbinding te zien. Periodiek is gravitaire uitstroom mogelijk en zakt het waterpeil. Het verschil in waterhoogte tussen de Damwijk en het pompstation bij gravitaire uitstroom geeft het verhang weer en is een gevolg van de afstand, hydraulische ladingsverliezen door sifons, kokers etc. Bij een hoog Scheldetij is geen gravitaire uitstroom mogelijk en vult de Schijn-Scheldeverbinding zich. Hierdoor zijn beide waterpeilen zo goed als identiek.

Afbeelding 4.3 Waterhoogte ter hoogte van Damwijk en Schijnpoort in Parkensysteem. Periode september 1998

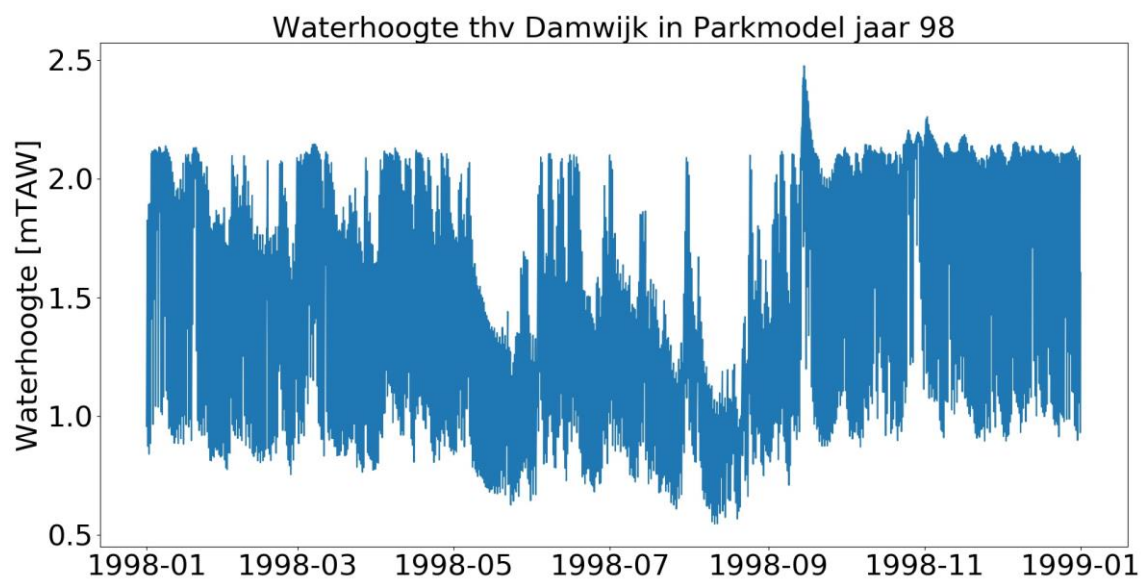


#### Waterpeil

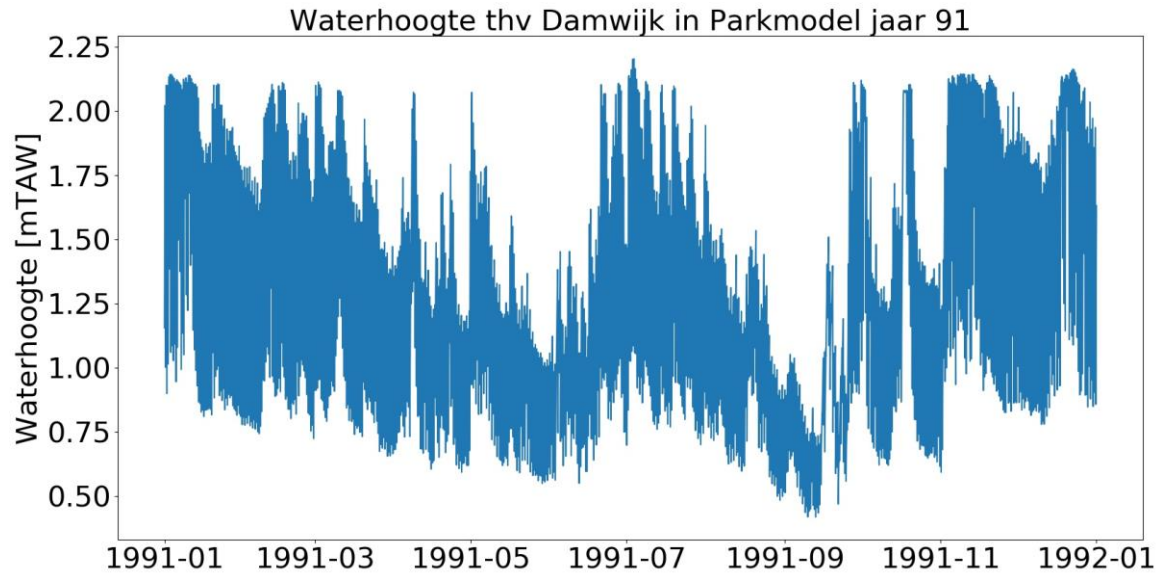
Onderstaande figuren tonen de waterpeilen ter hoogte van de Damwijk voor het Parkensysteem voor het jaar 1991 en 1998. Het Parkensysteem is de variant met de minste buffercapaciteit in de Schijn-Scheldeverbinding doordat er geen dokken zijn ingeschakeld. Dit weerspiegelt in het relatief grote 'Schijngetij' dat ontstaat tussen het moment waarop wel en geen uitstroming naar de Schelde mogelijk is. Ter hoogte van de Damwijk bedraagt dit getijdeneffect circa 0,5 - 1,0m.

Bij de uitstroombouwconstructie naar de Schelde zakt het waterpeil iets verder uit. Hierdoor ontstaat er een groter getijdeneffect, namelijk 0,5 - 1,5 mTAW. Ter hoogte van het pompstation Schijnpoort is het maximaal getijdeneffect nog circa 0,5 m.

Afbeelding 4.4 Waterhoogte ter hoogte van Damwijk Parkensysteem. Periode 1998



Afbeelding 4.5 Waterhoogte ter hoogte van Damwijk Parkensysteem. Periode 1991



In deze modelvariant worden enkel het Groot Schijn en het hemelwater van de drie afkoppelgebieden meegenomen. Grote piekdebieten van het RWZI worden hiermee vermeden. De waterpeilen in de Schijn-Scheldeverbinding fluctueren hiermee tussen 0,5 en 2,1 mTAW. In droge periodes fluctueert het waterpeil tussen 0,5 en 1,0 mTAW. In natte periodes tussen 1,0 en 2,0 mTAW.

Enkel in september '98 worden hogere peilen geregistreerd, met een waterpeil van 2,47 mTAW aan de Damwijk. Op dat moment staat het waterpeil aan pompstation Schijnpoort op 2,56 mTAW en is de tussenklep aan het Lobroekdok grotendeels gesloten.

Bovenstaande resultaten tonen dat het waterpeil in de Schijn-Scheldeverbinding nergens boven 3,00 mTAW stijgt. Bijgevolg komt de afkoppeling van het hemelwater van laaggelegen stadsdelen zoals de Damwijk nooit in het gedrang.

#### Gravitaire uitstroom

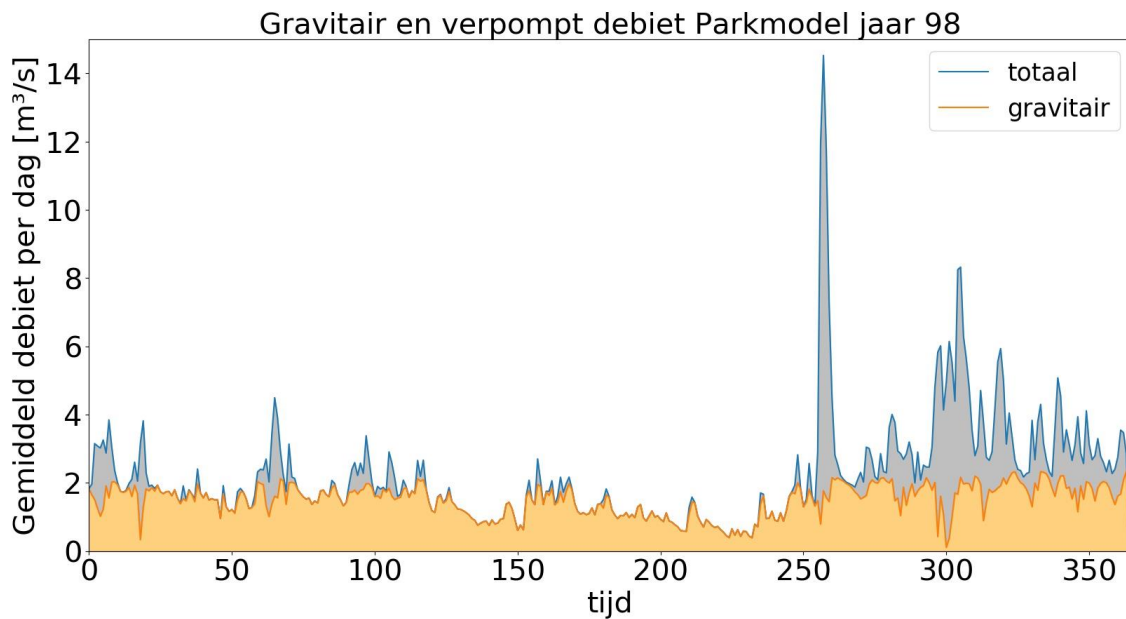
In de huidige situatie wordt het debiet van het Schijn volledig overgepompt naar het Lobroekdok en wordt het hemelwater van de wijk Vuilbeek afgevoerd naar RWZI Deurne waar het na zuivering of via overstort in het Lobroekdok wordt gepompt. Het hemelwater van de wijken Damwijk en Lange Dijkstraat gaat naar RWZI Antwerpen-Zuid (eventueel via pompstation Royerssluis).

Onderstaande Figuur toont de gravitaire afvoer die middels de Schijn-Scheldeverbinding kan worden gerealiseerd. Blauw is het totale debiet, of de som van het verpompte debiet en het debiet dat gravitair uitstroomt naar de Schelde. Oranje is de gravitaire uitstroom. Hieruit blijkt dat bijvoorbeeld in het voorjaar en de zomer van 1998 (circa dag 100 - 250) zo goed als het volledige Schijndebiet gravitair kan worden afgevoerd. In het najaar van 1998 is het debiet op het Groot Schijn heel wat hoger, waardoor het pompstation bijna continue, maar in een beperkte capaciteit in werking is. Dit is ook te zien aan de waterpeilen (Afbeelding 4.4) die bijna de hele periode boven 2,00 mTAW schieten (aanslaghoogte pompen).

Het percentage gravitaire afvoer voor deze variant bedraagt 68 % in 1998 en 83 % in 1991. Dit is te verklaren door het natte najaar in 1998. Dit resultaat betekent dat het debiet dat door het pompstation moet worden verpompt slechts 17 - 32 % bedraagt van het huidige verpompte debiet. Aangezien het aandeel van het extra debiet, de hemelwaterafvoer van de laaggelegen wijken, beperkt is (circa 1 % van totaal), kunnen we ook stellen dat de huidige pompwerking tot circa 17-32 % kan worden gereduceerd.



Afbeelding 4.6 Debietreeks Parkensysteem. Periode 1998. Blauw = totaal uitstromend debiet. Oranje = gravitair uitstromend debiet



## 4.2 Dokkensysteem

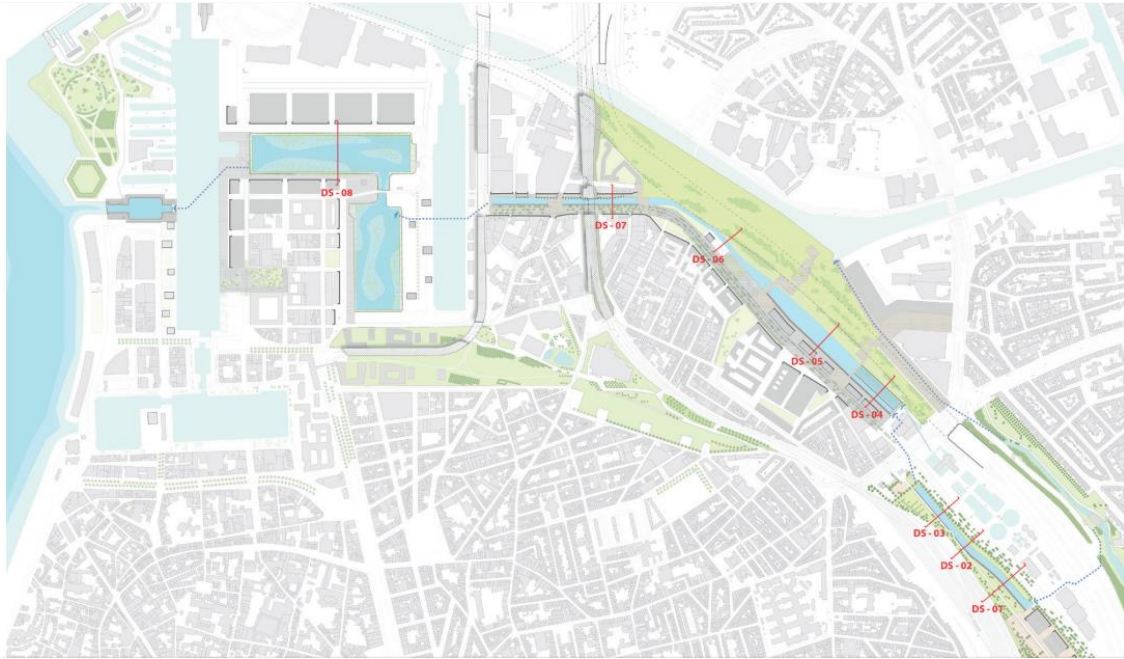
### 4.2.1 Beschrijving Dokkensysteem

In het Dokkensysteem fungeert de Schijn-Scheldeverbinding niet enkel als natuurlijke monding van het Groot Schijn, maar worden ook andere stedelijke waterstromen afgevoerd. Het debiet is dus enerzijds afkomstig van het Groot Schijn en anderzijds van:

- afkoppeling Damwijk;
- afkoppeling wijk Vuilbeek;
- afkoppeling wijk Lange Dijkstraat;
- afkoppeling wijk Slachthuissite;
- RWZI effluent en overstort;
- R1 afvoer.

Het tracé van het Dokkensysteem is te zien in onderstaande afbeelding. Uit de eerste modelberekeningen blijkt dat het inschakelen van minstens een dok (Houtdok of Kempisch dok) noodzakelijk is om de haalbaarheid te garanderen. In eerste instantie werden beide dokken opgenomen in het model. Er moet immers voldoende buffercapaciteit gecreëerd worden om de bijkomende stedelijke waterstromen gravitair te kunnen afvoeren. Voor het dwarsprofiel van het Dokkensysteem zijn in eerste instantie dezelfde uitgangspunten gehanteerd als bij het Parkensysteem.

Abbeelding 4.7 Tracé Dokkensysteem



Tabel 4.2 Overzicht profielen Dokkensysteem

Nr.	Tekening	Toelichting
1-3	afmetingen 2000x4000 mm, (zie Tabel 3.3)	Wachtkoker Schijn-Schelde
4		profiel Lobroekdok. t.h.v. RWZI. In IW- ICM vereenvoudigd tot 'bak' van 50m breed
6	kade Lobroekdok 29 meter 	profiel Lobroekdok. t.h.v. IJzerlaan

Nr.	Tekening	Toelichting
7		IJzerlaan
x	zie Tabel 3.3	Sifon Asiadok en Kattendijkdok
8		Kempisch dok. In IW-ICM vereenvoudigd tot 'bak' van circa 156m breed en 367 m lang
8		Houtdok. In IW-ICM vereenvoudigd tot 'bak' van circa 127 m breed en 524 m lang
6	-	Sasdok. circa 65 m breed en 220 m lang

### Noodzakelijk: overstort naar Asiadok

In het Dokkensysteem wordt naast het debiet van het Groot Schijn en het afstromend water van enkele afkoppelgebieden ook de RWZI debieten (effluent en overstort) en het R1 debiet meegenomen. Aangezien de overstort van het RWZI hoge piekdebieten kent (tot circa 30 m<sup>3</sup>/s) bleek het noodzakelijk om een overstort te voorzien van de Schijn-Scheldeverbinding naar het Asiadok. Dit was noodzakelijk om het maximaal bereikte waterpeil in de Schijn-Scheldeverbinding bij een extreem hoog piekdebiet van het RWZI te beperken. Zonder overstort blijkt het niet haalbaar om de bijkomende stedelijke waterstromen (met name RWZI overstort) af te voeren.

Als locatie voor de overstort is gekozen voor het uiteinde van de IJzerlaan aangezien de Damwijk de meest kritische maaiveldhoogte heeft en het waterpeil dus vooral daar laag moet worden gehouden. Daarnaast is het ook hydraulisch gunstiger om de overstort stroomopwaarts van de sifons onder het Asiadok en Kattendijkdok te plaatsen. Als breedte voor de overstort is gekozen voor 25m of de volledige breedte van het Schijn-Scheldeprofiel in de IJzerlaan. De overstorthoogte is gebaseerd op het waterpeil in het Asiadok. Het dokkensysteem heeft een gemiddeld waterpeil van circa 4,25 mTAW maar kan in meer extreme situaties oplopen. Het hoogste alarmpeil bedraagt 4,40 mTAW.. Om die reden is 4,5 mTAW aangehouden als 'veilige' overstorthoogte.

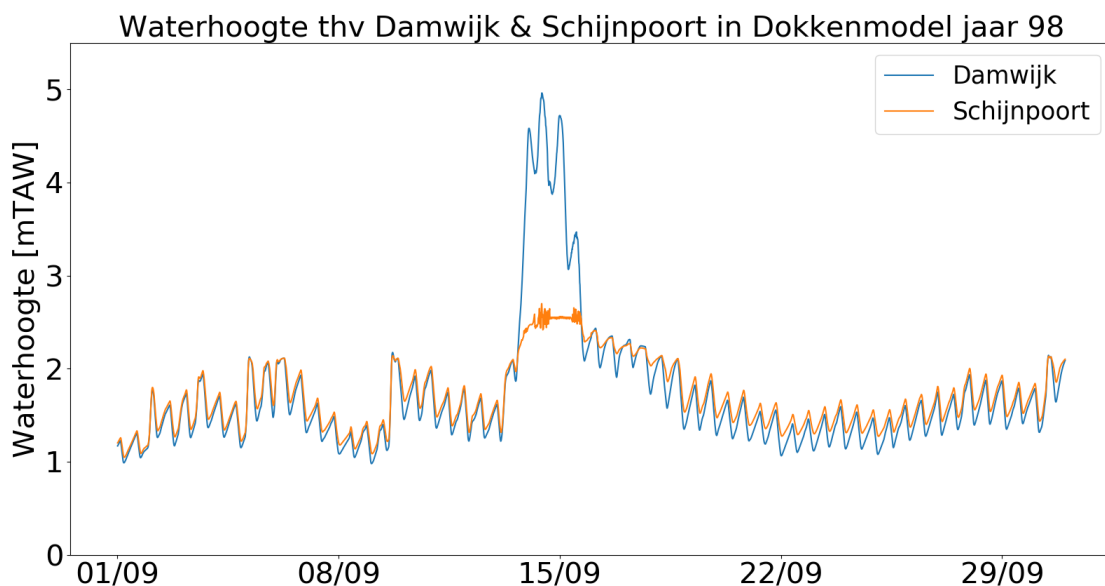
## 4.2.2 Resultaten Dokkensysteem

### Werking Schijn-Scheldeverbinding

Op 14 september 1998 levert het Groot Schijn een piekdebiet van circa 18 m<sup>3</sup>/s waardoor alle pompen van het pompstation in werking treden en het waterpeil ter hoogte van het pompstation door de pompen wordt gestuurd. Op dat moment sluit ook de tussenklep ter hoogte van het Lobroekdok zich waardoor de Schijn-Scheldeverbinding in de stad en het Groot Schijn 2 gescheiden systemen worden. Enerzijds het Groot Schijn met uitstroom via pompstation Schijnpoort en anderzijds de stedelijke waterstromen (hemelwater afkoppelgebieden, RWZI, R1) met uitstroom in de Schelde. Dit is duidelijk te zien op onderstaande figuur die de waterpeilen weergeeft in de Schijn-Scheldeverbinding en aan het pompstation voor het Dokkensysteem. De periode is nog steeds september 1998.

Hierop is duidelijk de extreme neerslaggebeurtenis te zien rond 15 september '98 waarbij de tussenklep is gesloten. Het peil stroomopwaarts (Schijnpoort, oranje) wordt gecontroleerd door de pompen en het MIVA overstort terwijl de Schijn-Scheldeverbinding zich vult met het effluent en overstort water van het RWZI (en het Schijnwater dat via het MIVA overstort en het RWZI toch in de Schijn-Scheldeverbinding terecht komt) en het hemelwater dat afkomstig is van de afkoppelgebieden.

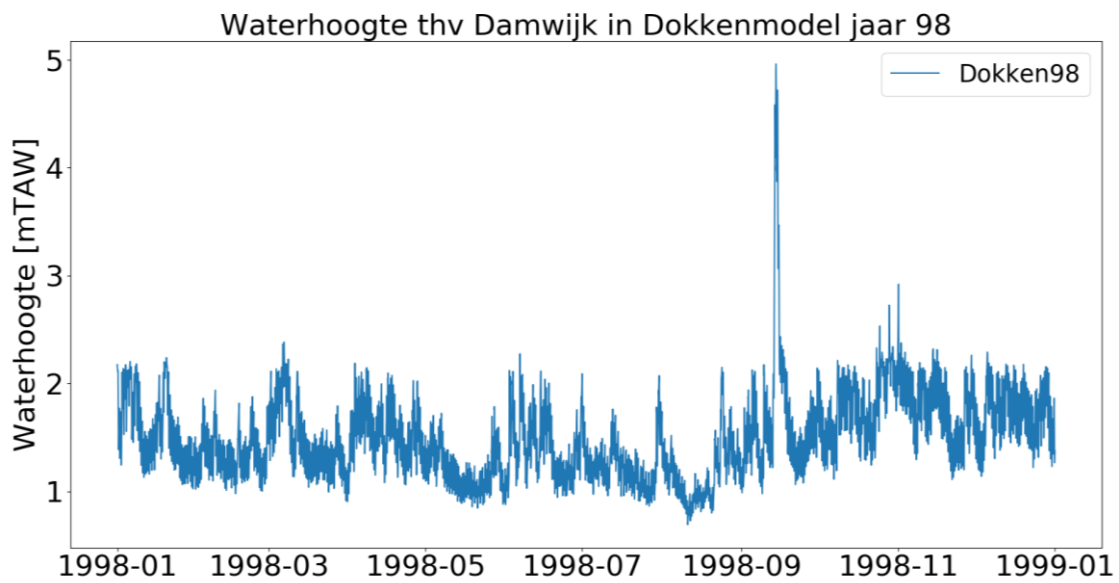
Afbeelding 4.8 Waterhoogte ter hoogte van Damwijk en Schijnpoort in Dokkensysteem. Periode september 1998



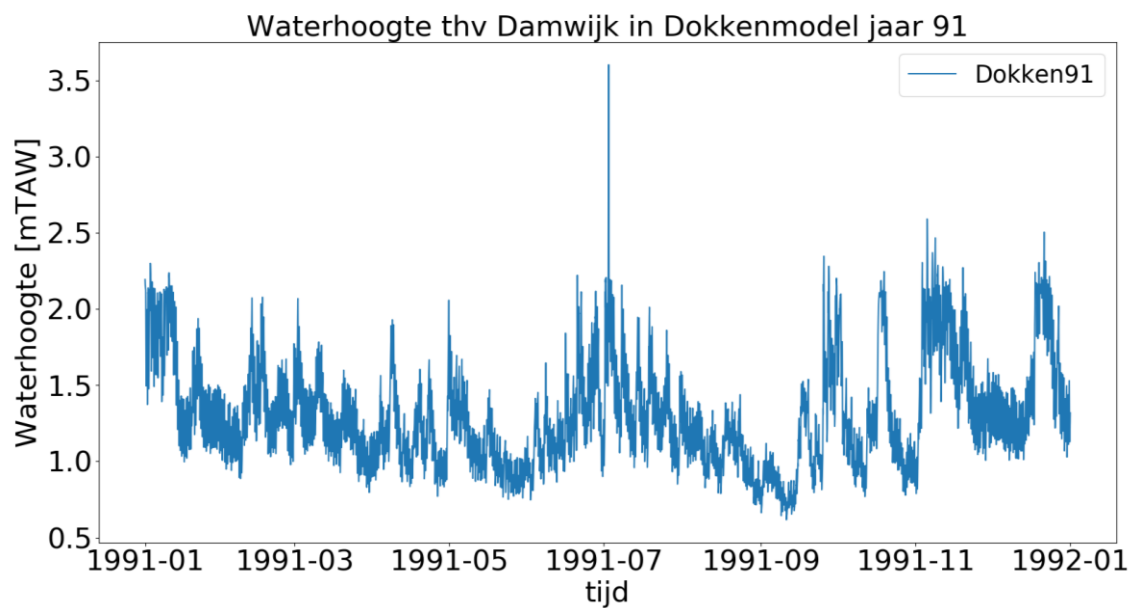
### Waterpeil

Onderstaande figuren geven het waterpeil weer in de Schijn-Scheldeverbinding ter hoogte van de Damwijk voor het Dokkensysteem. Uit de resultaten van beide jaren blijkt dat het getijdeneffect op de Schijn-Scheldeverbinding kleiner is dan in het Parkensysteem. Waar het getijdeneffect in het Parkensysteem nog kon oplopen tot 1,0 m of meer, is het in het Dokkensysteem eerder 0 tot 0,5 m. De reden hiervoor is de extra buffercapaciteit die in het systeem zit door inschakeling van het Kempisch dok, Houtdok en het volledige Lobroekdok. Hierdoor stijgt het waterpeil minder snel wanneer geen uitstroom mogelijk is. In droge periodes fluctueert het waterpeil tussen 1 en 1,25 mTAW. In natte periodes tussen 1,75 en 2,0 mTAW.

Afbeelding 4.9 Waterhoogte ter hoogte van Damwijk in Dokkensysteem. Periode jaar 1998



Afbeelding 4.10 Waterhoogte ter hoogte van Damwijk in Dokkensysteem. Periode jaar 1991



De Schijn-Scheldeverbinding moet ook de piekdebieten van (voornamelijk) het RWZI verwerken waardoor het waterpeil plots kan stijgen. In september 1998 wordt een maximaal peil van 4,96 mTAW bereikt in het IJzerlaankanaal aan de Damwijk. Hierbij treedt de overstort naar het Asiadok in werking om (nog) hogere peilen te voorkomen. Het totale overstortvolume bij deze piekgebeurtenis bedraagt meer dan 200000 m<sup>3</sup>. In juli 1991 valt er meer neerslag op korte tijd, maar is het debiet van het Groot Schijn heel wat lager. Hierdoor kan het pompstation Schijnpoort mee instaan voor het verwerken van deze hevige neerslagpiek boven de stad. Bijgevolg stijgt de Schijn-Scheldeverbinding 'maar' tot een maximale waterhoogte van 3,6 mTAW. Het verval tussen de Damwijk en Schijnpoort bedraagt dan meer dan 1m door opstuwing van de Schijn-Scheldekoker en de tussenklep/schuif die deels gesloten is (zie Tussenklep/schuif Lobroekdok)



De kade van het IJzerlaankanaal wordt in de huidige plannen voorzien op 5,25 mTAW, wat 29cm hoger is dan het gesimuleerde waterpeil in september '98. Hoewel het Dokkensysteem met de huidige waterstromen haalbaar is, bemoeilijkt de enorme piekafvoer van het RWZI de werking van een Dokkensysteem als Schijn-Scheldeverbinding. Anderzijds is het de verwachting dat de piekdebieten van de RWZI-overstort zullen dalen in de toekomst, naarmate hemelwater meer wordt afgekoppeld en geïnfiltrerd in delen van de Stad Antwerpen. De beleidsdoelstelling is immers om op termijn geen overstortdebieten meer te hebben. In deze haalbaarheidsstudie is echter uitgegaan van het huidige rioolstelsel en overstortdebieten.

Een waterpeil van 4,96 mTAW is ook heel wat hoger dan de vooropgestelde 3,00 mTAW voor afkoppeling van het hemelwater. Het waterpeil ter hoogte van de Damwijk is gedurende 42u (circa 2 dagen) hoger dan 3,00 mTAW. Gedurende deze periode kan de Damwijk niet gravitair afstromen naar de Schijn-Scheldeverbinding. Ook de iets hoger gelegen wijken (Slachthuisite, Vuilbeek, Lange Dijkstraat) kunnen bij een waterpeil van 4,96 mTAW niet gravitair in de Schijn-Scheldeverbinding uitwateren. Om het afkoppelen van het hemelwater van deze wijken toch mogelijk te maken zijn bijkomende voorzieningen noodzakelijk. Er moeten terugslagkleppen voorzien worden om terugstroom (backflow) van de Schijn-Scheldeverbinding naar de hemelwaterriolering te voorkomen. Voor de Damwijk bedraagt het volume dat in deze periode niet gravitair kan uitstromen ongeveer 25 000 m<sup>3</sup>. Dit volume moet ofwel tijdelijk gebufferd kunnen worden of op een andere manier veilig afgevoerd worden. Dit kan worden opgelost door het voorzien van:

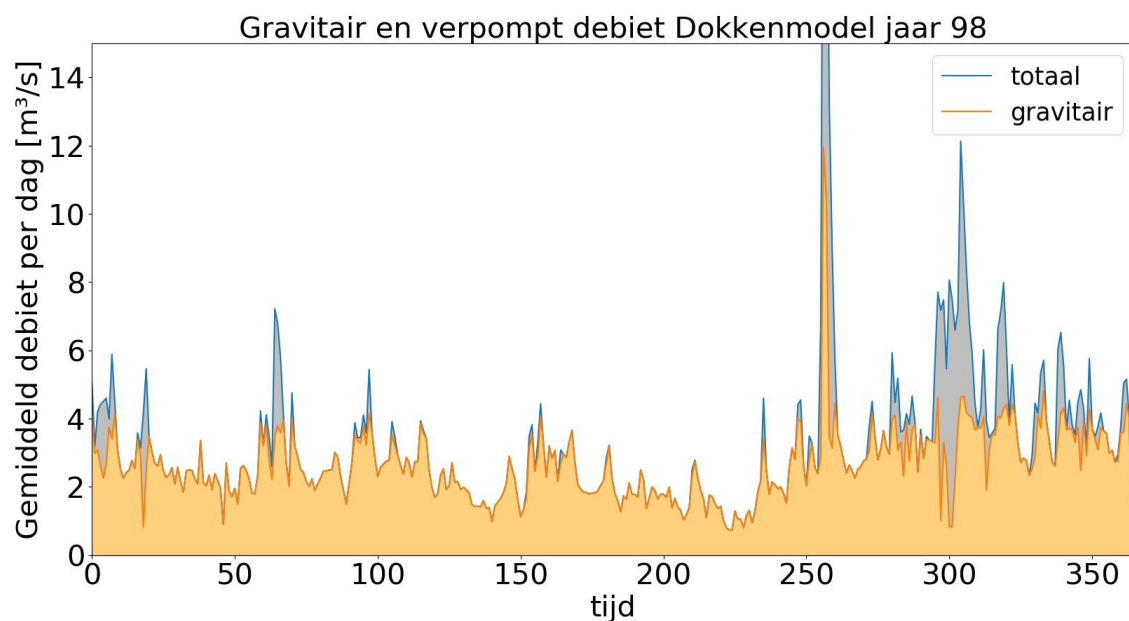
- extra buffering in de hemelwaterafvoer;
- een noodoverlaat naar het gemengd rioolstelsel (naar RWZI Antwerpen-Zuid);
- noodpompen die het water op het Asiadok pompen.

Een van deze opties is noodzakelijk om water op straat te voorkomen als het hemelwater in die wijken afgekoppeld wordt.

#### Gravitair uitstroom

De totale gravitaire uitstroom is de resultante van 2 tegenstrijdige effecten: enerzijds heeft het Dokkensysteem meer buffercapaciteit door het inschakelen van de dokken en kan het dus meer water gravitair afvoeren, anderzijds moet de Schijn-Scheldeverbinding ook hogere debieten verwerken waardoor de waterpeilen vaker boven 2,00 mTAW komen en het pompstation Groot Schijn in werking treedt. De pompproductie van pompstation Groot Schijn is dus een resultaat van beide.

Afbeelding 4.11 Debietreeks Dokkensysteem. Periode 1998. Blauw = totaal uitstromend debiet. Oranje = gravitair uitstromend debiet



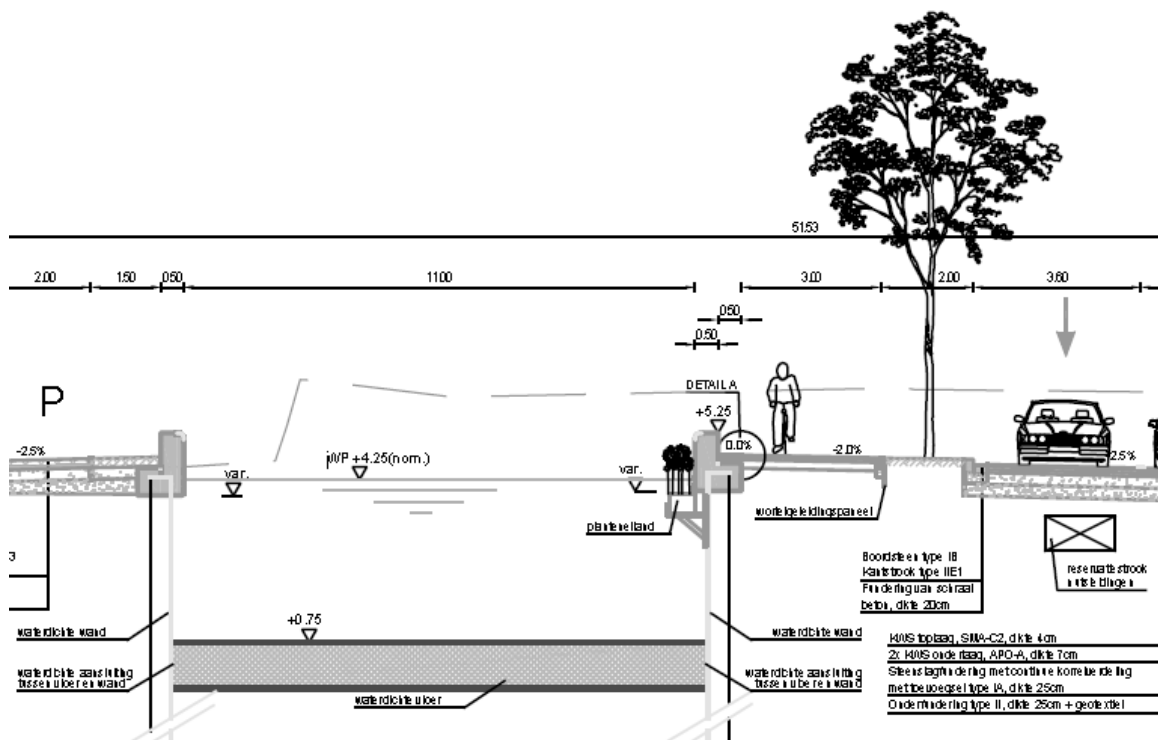
Het percentage gravitaire afvoer (ten opzichte van het totaal inkomende debiet) voor het Dokkensysteem bedraagt 83 % in 1998 en 91 % in 1991. Slechts 9-17 % van het totale debiet wordt dus verpompt via pompstation Schijnpoort. Dit percentage gravitaire afvoer is niet hetzelfde als de bereikte pompproductie van pompstation Groot Schijn. Er wordt meer dan enkel water van het Schijn afgevoerd. Wanneer de cijfers worden uitgedrukt ten opzichte van het huidige verpompte debiet en niet ten opzichte van het totale debiet, geeft dit beter inzicht in de pompproductie. In dat geval wordt de pompwerking in 1998 tot 25 % gereduceerd en in 1991 tot 15 %.

Het Dokkensysteem leidt ook tot een potentiële reductie van de opvoerhoogte van de pompen van het RWZI. Momenteel wordt het RWZI-debiet reeds opgepompt via het RWZI naar het Lobroekdok. Ook met een Schijn-Scheldeverbinding moeten deze waterstromen opgepompt worden naar een Schijn-Scheldeverbinding. Het gemiddeld peil op de Schijn-Scheldeverbinding is echter lager dan het waterpeil van het Lobroekdok, waardoor de opvoerhoogte van de pompen gereduceerd kan worden. Dit leidt tot een potentiële reductie van de pompkosten voor de RWZI Deurne. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat in een extreme situatie (bv. september 1998) het waterpeil in de Schijn-Scheldeverbinding kan stijgen tot boven het huidige peil in het Lobroekdok. Ook in dit geval moeten de RWZI en R1 debieten opgepompt kunnen worden naar de Schijn-Scheldeverbinding. De opvoerhoogte van de pompen van het RWZI zou dan bijvoorbeeld flexibel ingesteld kunnen worden.

#### 4.2.3 Variant Dokkensysteem: niet-verbreed IJzerlaankanaal

Voor het Dokkensysteem werd er tevens onderzocht of het mogelijk was om het IJzerlaankanaal te behouden in zijn huidige vorm (breedte = 11 m). Dit is ruimtelijk en ecologisch niet wenselijk, maar kan als tijdelijke of minimale variant beschouwd worden. Onderstaand profiel toont de variant van het smalle IJzerlaankanaal. De overstort naar het Asiadok is gedimensioneerd op de breedte van het IJzerlaankanaal, zijnde 11 m.

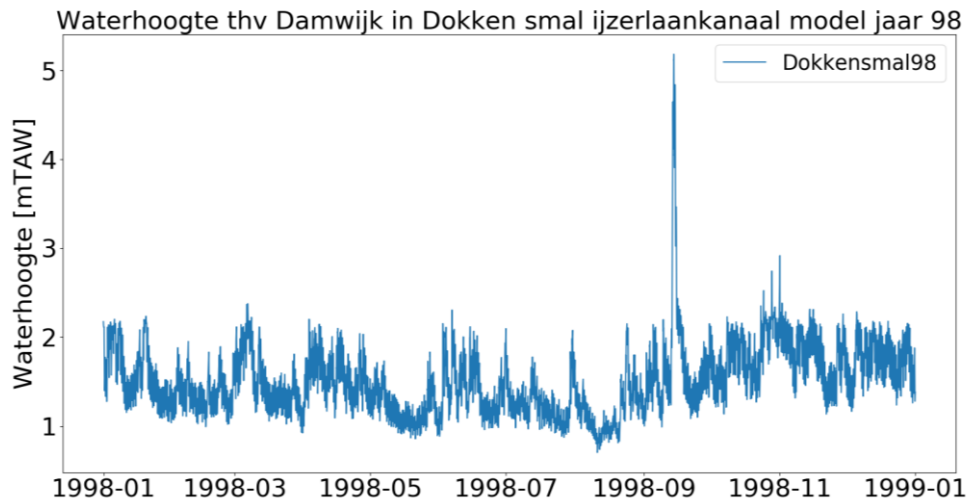
Afbeelding 4.12 Profiel Dokkensysteem - niet verbreed IJzerlaankanaal



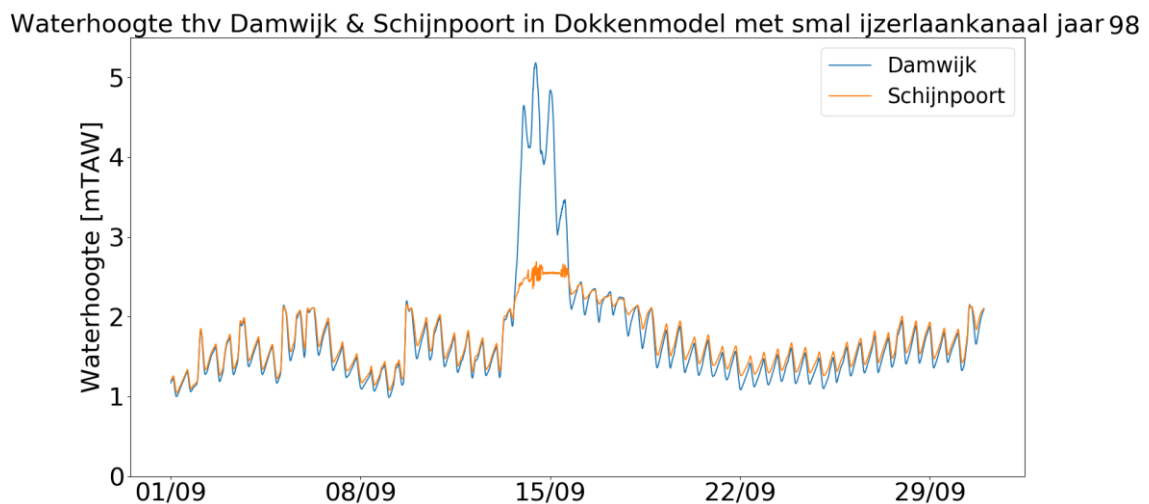
## Waterpeil

Het versmalde IJzerlaankanaal heeft voornamelijk een effect op de maximale waterpeilen die optreden bij piekgebeurtenissen. De percentages gravitaire afvoer blijven zo goed als gelijk aan de brede variant. Onderstaande afbeelding toont het waterpeil in het IJzerlaan ter hoogte van de Damwijk. Op 14/09/1998 wordt een waterhoogte bereikt van 5,18 mTAW, wat nog steeds lager is dan 5,25 mTAW. De sterk toegenomen maximale waterhoogte wordt veroorzaakt doordat het doorstroomprofiel en de overstort richting Asiadok heel wat kleiner worden en piekdebieten zoals in 1998 moeilijk verwerkt kunnen worden.

Afbeelding 4.13 Waterpeil ter hoogte van Damwijk in Dokkensysteem - smal IJzerlaankanaal. Periode jaar 1998



Afbeelding 4.14 Waterpeil ter hoogte van Damwijk en Schijnpoort in Dokkensysteem - smal IJzerlaankanaal. Periode september 1998



## 4.2.4 Variant Dokkensysteem: enkel Houtdok

Om het effect van het inschakelen van de dokken beter te kunnen begroten en de meerwaarde van 1 of 2 dokken te kunnen afwegen, is nog een extra dokkenvariant uitgewerkt waarbij enkel het Houtdok wordt ingeschakeld.

### Waterpeil

Het waterpeil in het Dokkensysteem met 1 dok verschilt ten opzichte van de varianten met 2 dokken door een gemiddeld hoger peil en een groter getijdenverschil op de Schijn-Scheldeverbinding (circa 0,5 m). Het maximale waterpeil is 4 cm hoger dan wanneer 2 dokken worden ingeschakeld: 5,0 mTAW bij een breed IJzerlaankanaal en 5,22 mTAW bij een versmald IJzerlaankanaal, wat nauwelijks onder 5,25 mTAW zit.

### Gravitaire uitstroom

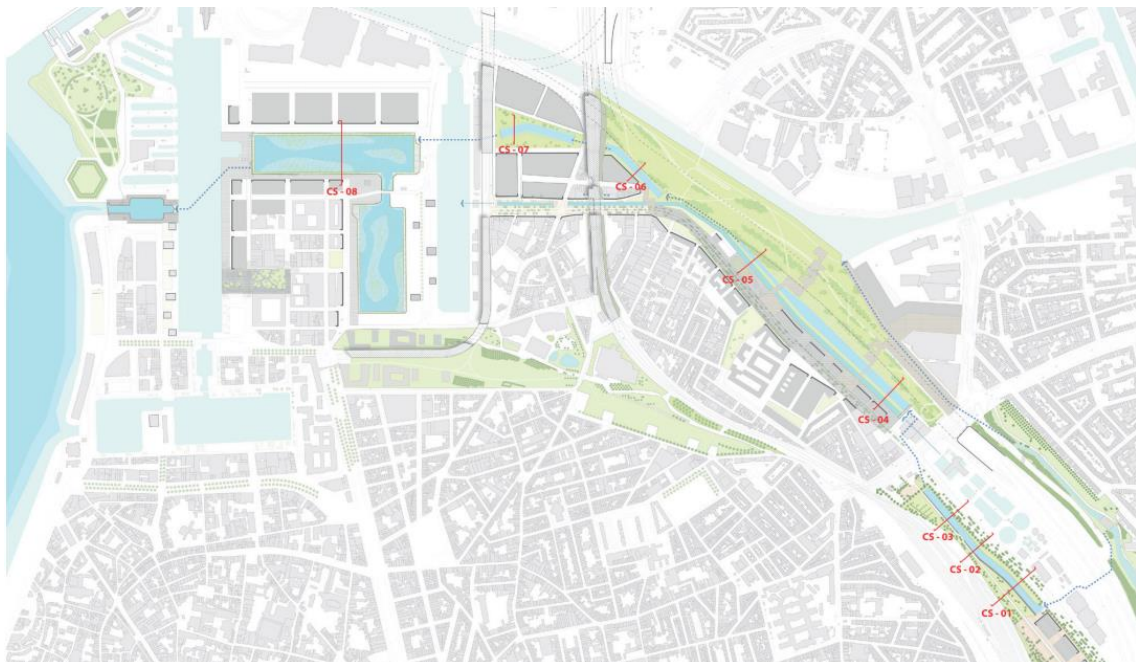
Door slechts 1 dok in plaats van 2 in te schakelen, is er 3-4 % minder gravitaire afvoer mogelijk ten opzichte van de varianten met 2 dokken.

## 4.3 Gecombineerd Parken-en-dokkenmodel

### 4.3.1 Beschrijving gecombineerd Parken-en-dokkenmodel

Het gecombineerd Parken-en-dokkensysteem bestaat uit een combinatie van bovenstaande 2 ontwikkelrichtingen (zie Afbeelding 4.15). Het Asiadok is hierbij het omslagpunt. Het Kempisch Dok en Houtdok worden ingeschakeld maar enkel hemelwater en het water van de Schijn wordt gravitair afgevoerd. De profielen zijn hierbij identiek aan de profielen van respectievelijk het Parkensysteem en het Dokkensysteem.

Afbeelding 4.15 Tracé Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem



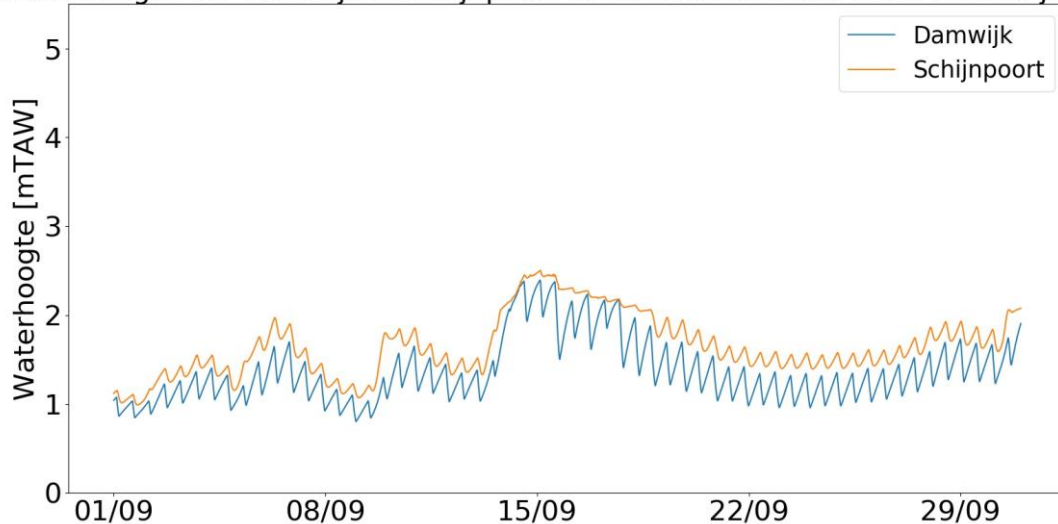
## 4.3.2 Resultaten Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem

### Werking Schijn-Scheldeverbinding

Het Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem kenmerkt zich door relatief lage gemiddelde instromen (enkel Schijn en afgekoppelde wijken) en veel buffercapaciteit. Onderstaande figuur toont het peilverloop in september 1998 ter hoogte van de Damwijk (Steenborgerweert) en aan het pompstation. Het verschil met het Parkensysteem is zichtbaar wanneer geen uitstroom naar de Schelde mogelijk is en het peil in de Scheldeverbinding stijgt. In het Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem blijft er steeds een verhang of verschil in waterhoogte zichtbaar tussen pompstation en verder stroomafwaarts doordat het debiet van het Schijn te klein is om de Schijn-Scheldeverbinding als 'bak' te doen vollopen. Bij het Parkensysteem is de buffering in het model heel wat kleiner zodat de waterhoogtes stroomop- en afwaarts wel gelijk zijn tijdens periodes waar er niet geloosd kan worden op de Schelde. De buffercapaciteit van de dokken in het Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem wordt dus vaak onvoldoende benut.

Afbeelding 4.16 Waterpeil ter hoogte van Damwijk en Schijnpoort in Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem. Periode september 1998

### Waterhoogte thv Damwijk & Schijnpoort in Combimodel met twee dokken jaar 98

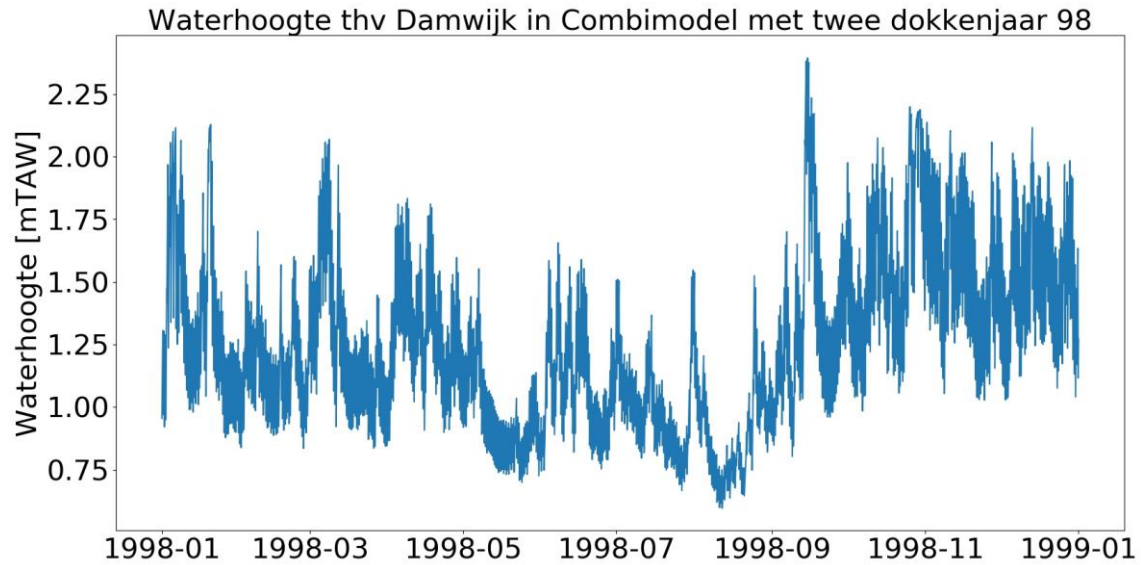


### Waterpeil

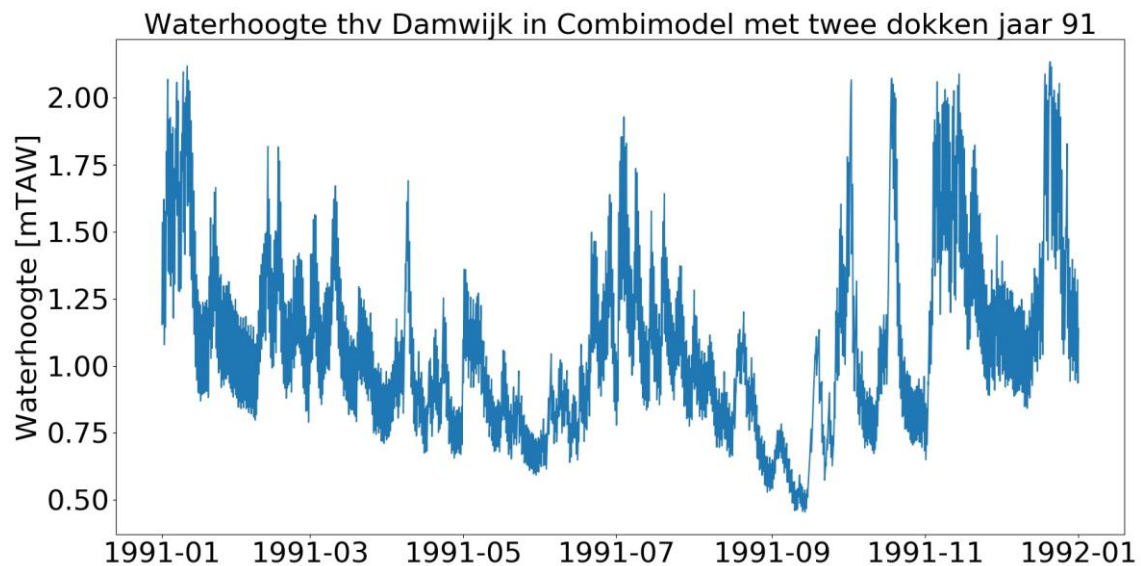
Het waterpeil in het Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem kenmerkt zich door een relatief klein getijdenverschil, zoals bij het Dokkensysteem, circa 0 tot 0,5 m. Tegelijk zijn de waterhoogtes gemiddeld lager, zowel de pieken als laagwaterstanden. Terwijl het waterpeil in het Parkensysteem het hele jaar rond hoogtes van 2,0 mTAW bereikt, zakt het peil in dit model veel vaker uit. In droge periodes fluctueert het waterpeil tussen 0,5 en 0,75 mTAW. In natte periodes tussen 1,5 en 2,0 mTAW. Het maximale waterpeil is lager dan 3,00 mTAW waardoor de afkoppelgebieden altijd gravitair kunnen lozen op de Schijn-Scheldeverbinding.



Afbeelding 4.17 Waterpeil ter hoogte van Damwijk in Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem. Periode jaar 1998



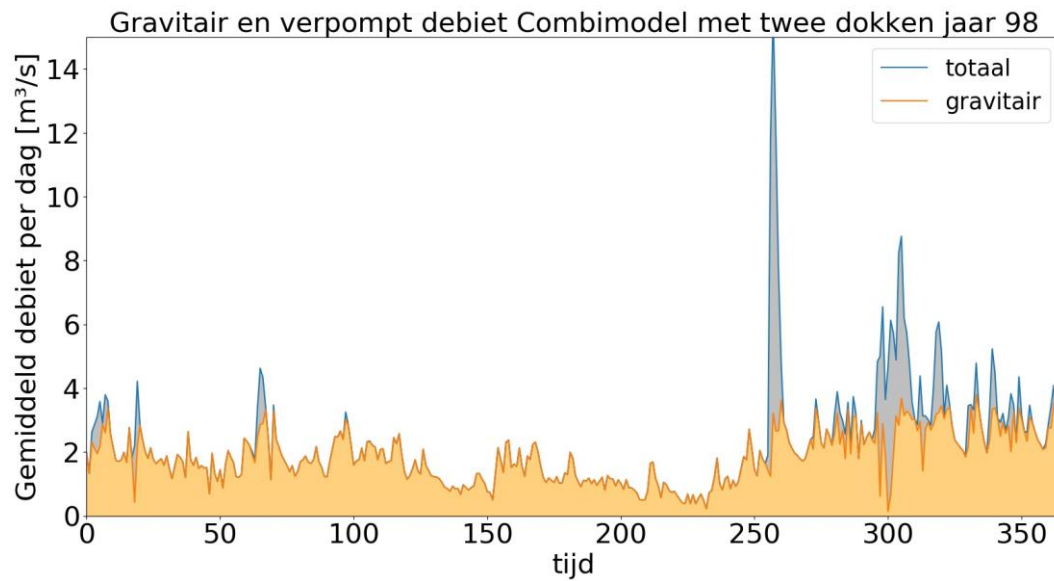
Afbeelding 4.18 Waterpeil ter hoogte van Damwijk in Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem. Periode jaar 1991



#### Gravitaire uitstroom

Bij het Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem is de pompproductie t.o.v. het huidige pompregime het grootst door de extra buffering via de ingeschakelde dokken, namelijk 83,5 % in 1998. Het percentage gravitaire afvoer t.o.v. het totale uitstromend debiet is groter dan in het Dokkensysteem (gravitaire afvoer = 83,0 %) doordat er minder waterstromen worden meegenomen. Het verschil is echter klein doordat de buffercapaciteit van de 2 dokken niet ten volle kan worden benut. Dit blijkt ook uit de analyse van de waterpeilen hierboven (zie afbeelding 4.16). Een andere oorzaak is de overstort naar het Asiadok in het Dokkensysteem die ook zorgt voor gravitaire afvoer.

Afbeelding 4.19 Debietreeks Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem. Periode 1998. Blauw = totaal uitstromend debiet. Oranje = gravitair uitstromend debiet



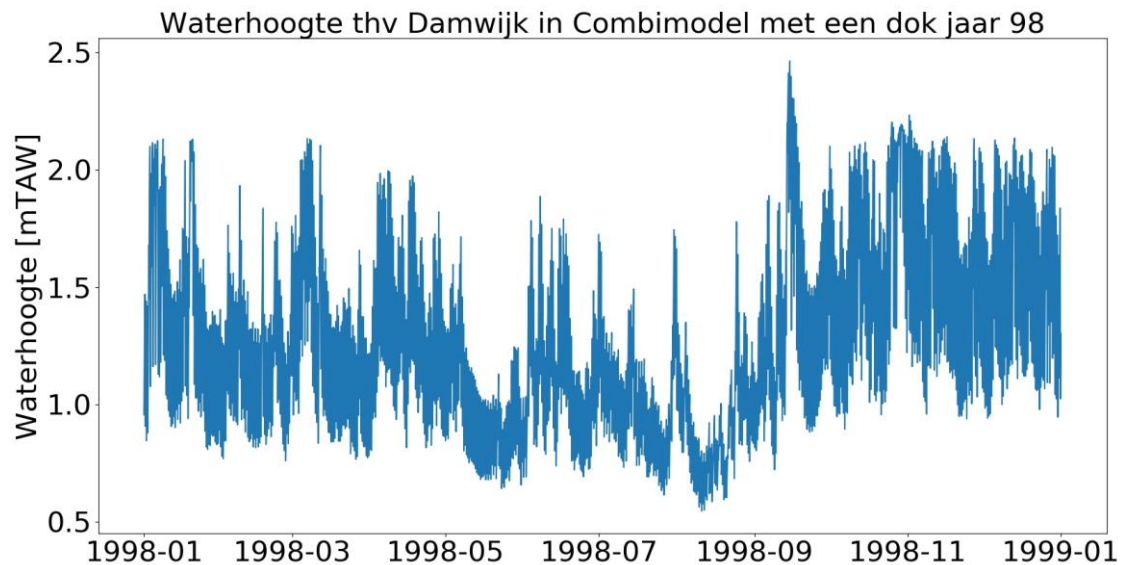
### 4.3.3 Variant Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem: enkel Houtdok

Om het effect van het inschakelen van de dokken beter te kunnen begroten en de meerwaarde van 1 of 2 dokken te kunnen afwegen, is nog een extra variant uitgewerkt waarbij enkel het Houtdok wordt ingeschakeld.

#### Waterpeil

Het waterpeil in het Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem met 1 dok verschilt ten opzichte van de variant met 2 dokken door een gemiddeld hoger peil en een groter getijdenverschil op de Schijn-Scheldeverbinding (circa 0,5 m). In droge periodes fluctueert het waterpeil tussen 0,5 en 1,0 mTAW. In natte periodes tussen 1,5 en 2,0 mTAW. Het maximale waterpeil is lager dan 3,00 mTAW waardoor de afkoppelgebieden altijd gravitair kunnen lozen op de Schijn-Scheldeverbinding.

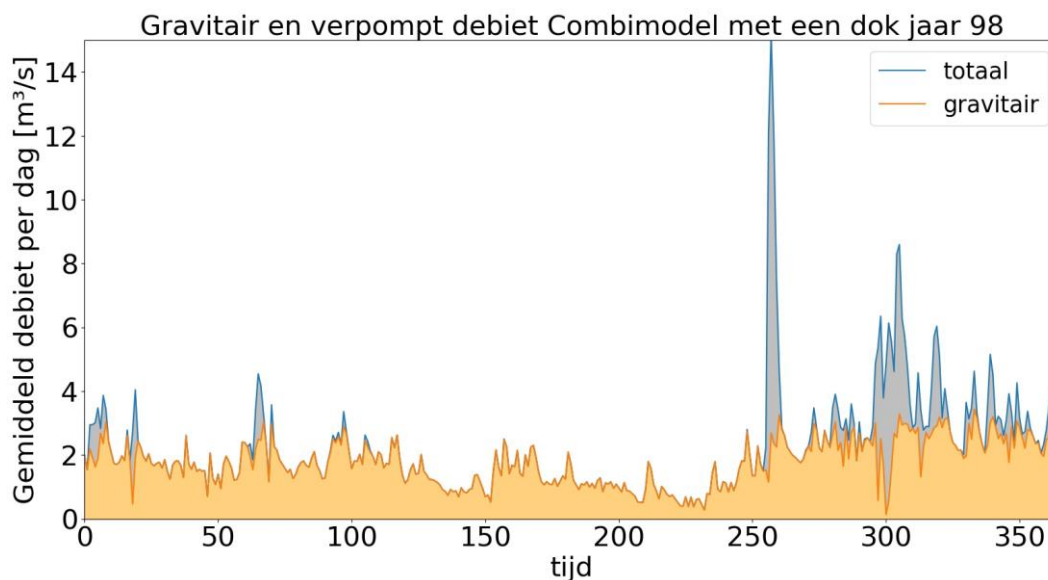
Afbeelding 4.20 Waterpeil ter hoogte van Damwijk in Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem. Periode jaar 1998



### Gravitaire uitstroom

Bij het Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem met 1 dok is de pompproductie ten opzichte van het huidige pompregime kleiner dan in de variant met 2 dokken, 80,8 % ten opzichte van 83,5 % in 1998. Het percentage gravitaire afvoer (ten opzichte van het totale uitstromend debiet) is in de variant met 1 dok wel kleiner dan bij het Dokkensysteem, terwijl bij 2 dokken het omgekeerde het geval is.

Afbeelding 4.21 Debietreeks Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem. Periode 1998. Blauw = totaal uitstromend debiet. Oranje = gravitair uitstromend debiet



## 4.4 Samenvatting modelvarianten

Hieronder worden de resultaten van alle modelvarianten nog eens beknopt samengevat. Aangezien september '98 voor alle modelvarianten meer maatgevend is (hoogste bereikte waterpeilen, minste pompproductie) worden enkel de resultaten van deze simulatie run weergegeven. Enkel wat betreft de percentages gravitaire afvoer worden ook de resultaten van 1991 getoond.

### 4.4.1 Waterhoogtes en gravitaire uitstroom

#### Maximale waterhoogtes

Tabel 4.3 Samenvatting waterpeilen ter hoogte van Damwijk

Modelvariant	Max. waterpeil JAAR 98 [mTAW]	droge periode [mTAW]	natte periode [mTAW]
Parkensysteem	2,47	0,5 - 1,0	1,0 - 2,0
Dokkensysteem - 2dokken	4,96	1 - 1,25	1,75 - 2,0
Dokkensysteem - enkel Houtdok	5,00	1 - 1,5	1,5 - 2,0
Dokkensysteem versmald		1 - 1,25	1,75 - 2,0
IJzerlaankanaal - 2 dokken	5,18		
Dokkensysteem versmald		1 - 1,5	1,5 - 2,0
IJzerlaankanaal - enkel Houtdok	5,22		

<b>Modelvariant</b>	<b>Max. waterpeil JAAR 98 [mTAW]</b>	<b>droge periode [mTAW]</b>	<b>natte periode [mTAW]</b>
combinatie - 2 dokken	2,39	0,5 - 0,75	1,5 - 2,0
combinatie - enkel Houtdok	2.46	0,5 - 1,0	1,5 - 2,0

### Gravitaire uitstroom

Een belangrijk gegeven is de verhouding tussen de gravitaire uitstroom via de Schijn-Scheldeverbinding en het verpompte water via het pompstation aan Schijnpoort. In Tabel 4.4 wordt een overzicht gegeven van de verhouding tussen waterstromen. Tabel 6 toont de verschillende modellen en het effect op het percentage gravitaire afvoer en de pompproductie. De gravitaire afvoer is hierbij het percentage van totale uitstroom die via gravitaire weg verloopt of de verhouding tussen de uitstroom naar de Schelde en de totale uitstroom (Schelde + pompstation Schijnpoort). Het percentage pompproductie geeft de werkingsgraad van het pompstation Schijnpoort ten opzichte van de huidige situatie (100 % verpompen Groot Schijn). Doordat er in de modellen ook andere waterstromen dan enkel het Groot Schijn worden meegenomen, zijn deze percentages niet gelijk.

Tabel 4.4 Verhouding volumes waterstromen voor alle modelvarianten op basis van resultaten 1998

<b>Modelvariant</b>	<b>Totaal (*)</b>	<b>Schijn</b>	<b>R1</b>	<b>RWZI</b>	<b>Afkoppel gebieden</b>
Parkensysteem	101,0 %	100,0 %	0,0 %	0,0 %	1,0 %
Dokkensysteem	146,8 %	100,0 %	0,4 %	45,3 %	1,1 %
Gecombineerd Parken-en- dokkensysteem	101,0 %	100,0 %	0,0 %	0,0 %	1,0 %
Huidige situatie	100,0 %	100,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %

(\*) Alle waterstromen uitgedrukt als een percentage van de huidige afvoer van het Groot Schijn

Tabel 4.5 Percentage gravitaire afvoer en pompproductie voor alle modelvarianten op basis van resultaten 1998

Modelvariant	Totale uitstroom [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Gravitaire uitstroom [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Verpompte uitstroom [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	% gravitaire afvoer (*)	% pomp-reductie (**)
Parkensysteem	69,7	47,3	22,4	67,9	68,7
Dokkensysteem - 2 dokken	101,4	84,2	17,2	83,0	75,0
Dokkensysteem - enkel Houtdok	101,0	80,1	20,9	79,3	69,7
Dokkensysteem versmald IJzerlaankanaal - 2 dokken	101,15	83,9	17,3	82,9	74,9
Dokkensysteem versmald IJzerlaankanaal - enkel Houtdok	101,1	79,6	21,5	78,7	68,8
Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem (2 dokken)	69,7	58,2	11,5	83,5	83,3
Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem (1 dok)	69,7	56,3	13,4	80,8	80,6
Huidige situatie	68,9	0	68,9	0	-

(\*) percentages ten opzichte van de totale uitstroom

(\*\*) percentage ten opzichte van het huidige verpompte debiet

Tabel 4.6 Percentage gravitaire afvoer en pompproductie voor alle modelvarianten op basis van resultaten 1991

Modelvariant	Totale uitstroom [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Gravitaire uitstroom [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Verpompte uitstroom [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	% gravitaire afvoer (*)	% pomp-reductie (**)
Parkensysteem	48.37	40.03	8.34	82.8	82,6
Dokkensysteem - 2 dokken	75.23	68.11	7.12	90.5	85.1
Dokkensysteem enkel Houtdok	75.19	66.03	9.16	87.8	86.7
Dokkensysteem - 2 dokken versmald IJzerlaankanaal -	75.16	67.92	7.24	90.4	89.5
Dokkensysteem versmald IJzerlaankanaal - enkel Houtdok	75.18	65.73	9.45	87.4	86.3
Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem (2 dokken)	48.43	45.23	3.20	93,4	93,3
Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem (1 dok)	48.42	44.23	4.19	91,3	91,2
Huidige situatie	68,9	0	68,9	0	-

(\*) percentages ten opzichte van de totale uitstroom

(\*\*) percentage ten opzichte van het huidige verpompte debiet



## 4.4.2 Reductie pompkosten

Door de Schijn-Scheldeverbinding kan een gedeelte van de afvoer van het Schijn (en andere waterstromen) gravitair verlopen. Dit resulteert in een reductie van de pompwerking en pompkosten. Voor het berekenen van de gereduceerde pompkosten werd eerst berekend wat de reductie is van het elektrisch vermogen op jaarbasis. Het benodigde elektrische vermogen van het pompstation werd berekend als:

$$P [kW] = \frac{\text{debiet}[m^3/s] * \text{opvoerhoogte [kPa]}}{\text{rendement}}$$

Voor het rendement van het pompstation is een aanname gedaan van 64 % (aangezien het hier vijzelpompen betreft, kan dit in werkelijkheid iets hoger liggen). Het totale debiet wordt berekend als de som van de debieten van een volledig jaar voor alle pompen in het pompstation Groot Schijn. Voor het berekenen van de kosten van het pompstation werd een kost van 0,22 eurocent per kWh aangehouden (VREG). De resultaten voor de huidige situatie en de scenario's van de Schijn-Scheldeverbinding zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 47 Pompkosten en besparing per jaar

Scenario	Pompkosten (aan 22c per kWh)	Besparing (euro)	Besparing [MWh]
Parkensysteem	€ 89 012	€ 184 779	840
Dokkensysteem - 2 dokken	€ 68 349	€ 205 443	934
Dokkensysteem - enkel Houtdok	€ 83 051	€ 190 740	867
Dokkensysteem - versmald IJzerlaankanaal - 2 dokken	€ 68 769	€ 205 022	932
Dokkensysteem - versmald IJzerlaankanaal- enkel Houtdok	€ 85 436	€ 188 356	856
Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem (2 dokken)	€ 45 698	€ 228 093	1037
Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem (1 dok)	€ 53 248	€ 220 543	1002
Huidig	€ 273 791	-	-

Het realiseren van de Schijn-Scheldeverbinding brengt een behoorlijke kostenbesparing met zich mee voor het pompstation Groot Schijn. De kosten kunnen teruggebracht worden tot een derde (in het geval van het Parkensysteem) of zelfs een zesde (in het Gecombineerd Parken-en-dokkensysteem) van de originele kostprijs van een kwart miljoen euro op jaarbasis. In het geval van de dokkenmodellen waar ook de pompen van de RWZI anders kunnen pompen (met een lagere opvoerhoogte), zal wellicht ook bespaard worden op deze pompen. Deze besparing is, net als een eventuele besparing ter hoogte van het pompstation Royerssluis door de afkoppelgebieden, is niet opgenomen in de berekening.

# 5

## KLIMAATSCENARIO

Om de robuustheid van de ontwikkelrichtingen voor een nieuwe Schijn-Scheldeverbinding te onderzoeken, worden er maatgevende klimaatscenario's doorgerekend. Een grote meerwaarde van een nieuwe Schijn-Scheldeverbinding is de klimaatadaptatie voor de Stad Antwerpen (mogelijkheid tot afkoppelen hemelwater, hittedeductie. Zie hoofdrapport) Klimaatverandering heeft echter ook een impact op toekomstige neerslagevents, met hogere neerslagintensiteiten tot gevolg. Door het doorrekenen van een klimaatscenario in IW-ICM wordt onderzocht in welke mate de Schijn-Scheldeverbinding bestand is tegen deze meer extreme condities.

### 5.1 Klimaatscenario's

#### Klimaatteffect neerslag en evapotranspiratie

De klimaatscenario's die voor Antwerpen worden gehanteerd (KU Leuven,2015) voorzien een toename in extreme weersomstandigheden. In de zomermaanden neemt de totale hoeveelheid neerslag af, (circa 30 %) met meer droogte tot gevolg, maar stijgen de neerslagintensiteiten. Het zal dus minder vaak, maar harder regenen. In de wintermaanden is het beeld minder eenduidig: de wintermaanden kunnen iets natter worden (enkele %). Voor de evapotranspiratie wordt zowel in de zomer als in de winter een toename voorspeld door de stijging van gemiddelde temperatuur.

De invloed van het klimaat op de piekafvoeren op het Groot schijn en de stedelijke waterstromen (en dus de haalbaarheid van de Schijn-Scheldeverbinding) hangt af van het klimaatscenario dat wordt gehanteerd. Voor Vlaamse rivieren wordt vaak uitgegaan van het hoog (winter) klimaatscenario. De werking van stedelijke watersystemen (rioleringsstelsel) wordt daarentegen vaker op de proef gesteld door hevige zomeronweders (korte intense stortregens met grote regenintensiteit). De neerslagevents die maatgevend bleken uit de statistische analyse (zie paragraaf 3.3) vonden plaats in de zomer namelijk juli 1991 en september 1998. In het kader van deze haalbaarheidsstudie is er daarom gekozen om een hoog zomer klimaatscenario (highS door te rekenen in de klimaatanalyse. Aan de hand van de highS klimaatperturbatiefactoren zijn de gebruikte meteorologische datareeksen van 1991 en 1998, omgezet naar nieuwe 1991 en 1998 klimaatreeksen (highS). Deze reeksen zijn aangeleverd door de stad Antwerpen.

#### Klimaatteffect Scheldepeilen

Naast een impact op de neerslag zal klimaatverandering ook een belangrijke impact hebben op de waterpeilen van de Schelde. Bij een gematigd klimaatscenario wordt er een gemiddelde zeespiegelstijging verwacht van 60 cm tegen het jaar 2100. Dit is ook de stijging waar rekening mee werd gehouden bij het opstellen van het Geactualiseerde Sigma-plan. Deze stijging is echter niet dezelfde voor het laagwaterpeil (LW) en het hoogwaterpeil (HW). Klimaatprojecties voorspellen dat het laagwaterpeil niet noodzakelijk sterk zal toenemen. Bij het hoogwaterpeil wordt dit wel verwacht. De getij-amplitude van de Schelde neemt dus toe. Momenteel zijn er geen kwantitatieve gegevens beschikbaar over de juiste impact van de klimaatwijziging op het laagwaterpeil en de tijcurve. Aangezien de laagwaterpeilen bepalend zijn voor de gravitaire afvoer van de Schijn-Schelde, de hoogwaterpeilen hier weinig invloed op hebben en de impact van klimaatverandering op de laagwaterpeilen als minimaal wordt ingeschat, is er daarom besloten om voor het klimaatscenario met dezelfde Scheldepeilreeks te rekenen als voor de huidige toestand.

## 5.2 Resultaten klimaatscenario's

In de tabel hieronder worden de waterhoogtes voor elk van de modellen weergegeven voor zowel '91 als '98 als de klimaatscenario's.

Tabel 5.1 Effect klimaatscenario op de maximale waterhoogte ter hoogte van Damwijk

[mTAW]	'91	'98	'91 klimaat	'98 klimaat
Parkensysteem	2,20	2,47	2,71	2,46
Gecombineerd Parken- en-dokkensysteem	2,14	2,46	2,35	2,40
Dokkensysteem	3,6	4,96	4,89	4,43
Dokkensysteem smal IJzerlaankanaal	3,69	5,18	5,16	4,54
Dokkensysteem (1 dok)	4,03	5,00	4,99	4,66

De resultaten laten zien dat de waterpeilen in het '91 klimaatscenario stijgen ten opzicht van het baseline '91 scenario. Dit is een direct gevolg van de toename in neerslagintensiteiten. Het hoogste waterpeil wordt in de '91 scenario's immers niet bereikt door langdurige neerslag, maar door een korte hevige regenbui. De neerslagpiek in juli '91 klimaatscenario (circa 100mm) is ongeveer twee keer zo groot als in het baseline '91 scenario, en leidt tot een aanzienlijke stijging van het peil door de snelle afvoer van de afkoppelgebieden. Voor de dokkenmodellen, waar ook de RWZI is aangesloten, is deze stijging nog groter. De klimaatresultaten tonen wel dat de drie modellen bestand zijn tegen een dergelijke hevige neerslagevent. De bereikte waterpeilen ter hoogte van de Damwijk zijn vergelijkbaar met die van september 98 zonder klimaatscenario.

Het klimaatscenario in 1998 resulteert in lagere waterstanden dan wanneer geen klimaateffecten in rekening worden gebracht. De oorzaak hiervan is de aard van deze extreme hydrologische gebeurtenis, namelijk aanhoudende neerslag gecombineerd met een korte hevige neerslagperiode. Wanneer de klimaatperturbatiefactoren hierop worden toegepast worden bepaalde neerslagevents afgezwakt en andere versterkt, wat occasioneel voor minder hoge totalen kan leiden. Dit resulteert in een lagere afvoergolf op het Groot Schijn en dus lagere waterstanden in de Schijn-Scheldeverbinding doordat de capaciteit van het pompstation Schijnpoort nog niet volop wordt benut.

# 6

## CONCLUSIES

De hydrologische haalbaarheidsstudie toont aan dat de verschillende ontwikkelrichtingen, gedefinieerd in het hoofdrapport, haalbaar zijn. Een aanzienlijk deel van het water van het Schijn kan veilig, gravitair afgevoerd worden. Hierdoor neemt de waterveiligheid toe (tijdens een eventueel falen van het pompstation Groot Schijn is er een gravitair alternatief) en kan er een aanzienlijke reductie in energie- en pompkosten bereikt worden. Tevens blijkt het mogelijk om de ambitie van de stad Antwerpen, het hemelwater van laaggelegen stadsdelen maximaal af te koppelen, waar te maken. Dit maakt het mogelijk om toekomstige wateroverlast te vermijden en de klimaatadaptiviteit van de stad te verhogen.

Wanneer de haalbaarheid van elk scenario op zich wordt bekeken, moet vooral gekeken worden naar waterhoogtes. Het zijn deze hoogtes die een indicatie geven wat betreft overstromingsgevaar. Specifiek wordt naar de hoogtes in de Damwijk gekeken, de laagst gelegen zone in Antwerpen. Deze waarden worden vergeleken in tabel 4.3.

De resultaten verschillen per ontwikkelrichting. De ontwikkelrichtingen onderscheiden zich voornamelijk op 2 aspecten:

- de keuze van de instromen, met name of het water van RWZI Deurne (effluent en overstort) via de Schijn-Scheldeverbinding afgevoerd wordt. Het overstortwater kan extreem hoge piekdebieten vertonen. aansluiten van dokken;
- het aansluiten van de dokken zorgt voor een grote waterbuffering in de verbinding en voor een robuuster, veiliger systeem.

In de ontwikkelrichtingen Parkensysteem en gecombineerd Parken- en dokkenmodel worden hemelwater en Schijnwater gravitair afgevoerd. De pompductie is bij het gecombineerd Parken- en dokkenmodel het grootst aangezien de dokken voor veel buffering zorgen. De maximaal bereikte waterpeilen blijven in beide modellen onder de 3,00 mTAW, ook in de doorgerekende klimaatscenario's. Het hemelwater kan dus in het meest kritieke punt, de Damwijk, de laagst gelegen zone in het projectgebied, zonder problemen afgekoppeld worden.

In ontwikkelrichting Dokkensysteem worden alle aanwezige waterstromen (Schijn, hemelwater, RWZI en R1) gravitair afgevoerd via een nieuwe Schijn-Scheldeverbinding. Hierbij bleek het noodzakelijk om een (nood)overstort te voorzien tussen het IJzerlaankanaal en het Asiadok. Door de grote piekafvoer van het overstortwater van de RWZI Deurne is het maximaal bereikte waterpeil in de standaardscenario's en de klimaatscenario's 4,96 mTAW. De kaderanden van het ijzerlaankanaal (5,25 mTAW) liggen hoger dan dit waterpeil. Het blijkt dus haalbaar om ook alle bijkomende stedelijke waterstromen gravitair via een Schijn-Scheldeverbinding af te voeren. Wanneer het huidige (versmalde) IJzerlaankanaal wordt behouden stijgt de maximale waterhoogte naar 5,18 mTAW. Wanneer ook enkel 1 dok (Houtdok) wordt ingeschakeld, stijgt het maximale waterpeil naar 5,22 mTAW, maar dit is nog steeds onder de kaderand.

Aangezien het waterpeil in het Dokkensysteem in uitzonderlijke gevallen boven de 3,00 mTAW kan uitkomen, moeten er bijkomende voorzieningen (terugslagkleppen, interne buffer, noodoverlaat of noodpompen) voorzien worden om de afkoppeling van het hemelwater te bewerkstelligen. Een bijkomend voordeel van het Dokkensysteem is de extra reductie in energie- en pompkosten van de pompen van RWZI Deurne door de lagere opvoerhoogte die in dat geval nodig is.

De doorgerekende klimaatscenario's laten zien dat de ontwikkelrichtingen van de Schijn-Schelde ook in de toekomst leiden tot een robuust, veilig watersysteem.

De lopende gebiedsontwikkelingsprocessen in de noordrand van Antwerpen zullen uiteindelijk leidend zijn in de keuze voor een specifieke ontwikkelrichting. De gekozen ontwikkelrichting zal het resultaat zijn van een brede afweging van uiteenlopende ambities en verschillende baten en kosten. De resultaten van deze hydrologische haalbaarheidsstudie vormen hiervoor een belangrijke basis.





Bijlage(n)



I

**BIJLAGE: OMZETTING HYDRAULISCH MODEL GROOT SCHIJN NAAR INFOWORKS-ICM**





## NOTITIE

---

Onderwerp	Omzetting hydraulisch model Groot Schijn (IW-RS) naar IW-ICM
Projectcode	51BELA740-1
Datum	7 december 2017
Referentie	BELA740-1/jook2/024
Auteur(s)	ir. Thomas Alderweireldt
Control	ir. Tijs Cornu
Bijlage(n)	-
Aan	-
Kopie	-

---

### 1 INLEIDING

In het kader van de Haalbaarheidsstudie voor de Schijn-Schelde verbinding is beslist om de hydraulische haalbaarheid te onderzoeken met het softwarepakket Infoworks ICM (IW-ICM). Hiervoor dient het bestaande model van het Groot Schijn, dat is opgemaakt in het softwarepakket IW-RS, te worden omgezet naar een IW-ICM model. Dit proces verloopt echter niet 100% automatisch, maar moet gedeeltelijk manueel gebeuren. Deze notitie beschrijft de technische details van de omzetting van het IW-RS model van het Schijn naar ICM.

### 2 LEESWIJZER

In hoofdstuk 3 van deze notitie wordt het IW-RS model van het Groot Schijn kort toegelicht. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 ingegaan op de verschillen tussen beide pakketten, IW-ICM en IW-RS. In hoofdstuk 5 wordt de omzetting van het model besproken, inclusief alle knelpunten en gemaakte keuzen. Tot slot worden in hoofdstuk 6 de resultaten van het nieuwe ICM model getoond en vergeleken met de resultaten van het oorspronkelijke model.

### 3 IW-RS MODEL SCHIJN

Op 11 oktober 2016 heeft Witteveen+Bos het IW-RS model van het Schijn ontvangen van de VMM. Dit model bevat, naast het voor deze studie relevante model voor het Groot Schijn, ook het model voor het Klein Schijn en het oude stroomafwaarts traject van het Groot Schijn.

Het Klein Schijn loopt momenteel langs het Albertkanaal en wordt opgepompt in het Lobroekdok. Aanpassingen in het kader van de Oosterweelverbinding zorgen er echter voor dat het Klein Schijn verder stroomopwaarts al op het Albertkanaal wordt gepompt. Om die reden is het Klein Schijn niet meegenomen in het verhaal van de Schijn-Scheldeverbinding en is ook de omzetting van het model van het Klein Schijn niet relevant. Deze modelstreng is bijgevolg geschrapt.

Het oude stroomafwaarts deel van het Groot Schijn is de loop van het Groot Schijn ten noorden van het Albertkanaal tot aan het pompstation Rode Weel. Deze loop heeft z'n link met de bovenstroomse Schijn echter verloren door de knip in het Schijn en de overpompings in het Lobroekdok. Bijgevolg wordt ook dit deel van het model verwijderd.

Het huidige, relevante deel van het groot Schijn loopt dus vanaf het meest stroomopwaartse punt tot aan het pompstation Schijnpoort. Hierbij moeten het Schijnpoort en de sifon met schotten onder het Albertkanaal worden vermeld als belangrijke sturingsmechanismen voor het debiet op het groot Schijn. Ondanks dat dit voor onderliggende haalbaarheidsstudie niet relevant is, is toch beslist om ook het stroomopwaarts traject van het Groot schijn en zijbeken, stroomopwaarts Albertkanaal, mee om te zetten.

Momenteel wordt er ter hoogte van Schijnpoort een nieuwe pompstation gebouwd voor het Groot Schijn (in het kader van Oosterweelverbinding). Het model van het Groot Schijn bevat zowel de situatie waarbij het Schijn wordt overgepompt in het Lobroekdok (oude situatie), als de nieuwe situatie met het nieuwe pompstation waarbij wordt gepompt naar Albertkanaal. Enkel de nieuwe, toekomstige situatie wordt meegenomen in de omzetting naar IW-ICM.

#### 4 BELANGRIJKE VERSCHILLEN TUSSEN IW-RS EN IW-ICM

IW-ICM bevat een tool voor de omzetting tussen het rioolmodel IW-CS en IW-ICM, door de gelijkaardige achterliggende modelopbouw. Dit is echter niet het geval voor riviermodellen opgemaakt in IW-RS, omdat er verschillen zijn in de manier waarop rivieren, overstromingsvlaktes worden gemodelleerd. Dit betekent dat het omzettingproces niet 1 op 1 is en er manuele aanpassingen nodig zijn door de gebruiker. Een aantal essentiële verschillen tussen IW-ICM en IW-RS zijn de volgende:

- IW-ICM is minder onderhevig aan drooglopen en bijkomende instabiliteiten;
- in IW-ICM wordt het riviermodel opgebouwd aan de hand van *river reaches* aangevuld met structuren voor kunstwerken en *break nodes*. In IW-RS spreekt men van riviersecties, kunstwerkstructuren en *junction nodes*. Daarnaast bestaan niet alle kunstwerken uit IW-RS ook in IW-ICM of is er een equivalent voorzien;
- initiële condities dienen in IW-ICM niet te worden aangegeven doordat het model werkt met een initialisatiefase. In IW-RS is het aangeven van initiële condities wel noodzakelijk;
- IW-ICM is geografisch gevoelig en bijgevolg minder 'conceptueel' dan IW-RS. Dit wil bijvoorbeeld zeggen dat onderdelen van de *river reach* (*bank lines* etc.) geografisch correct moeten worden ingetekend;
- ...

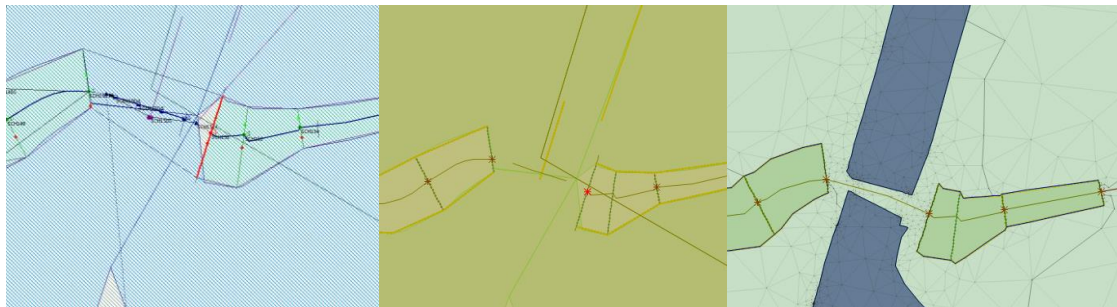
Belangrijk in IW-ICM is de *river reach* om rivieren te modelleren. Deze zijn omgebouwd uit:

- *River center line*: tracé van de waterloop;
- oeverlijnen (*Bank lines*): Weergave oeverhoogte. Hierover stroomt het water bij overstromingen (ter vervanging van de *spill units* in IW-RS);
- dwarssecties (*cross sections*): bevat alle informatie met betrekking tot de geometrie van de dwarssectie, bedding, ruwheid (manning-n), markering oever etc.

## 5 DE OMZETTING

De omzetting van het Schijnmodel van IW-RS naar IW-ICM gebeurt via de *export to csv-tool*. Wanneer de .csv file wordt geïmporteerd in IW-ICM (network > import > model > from RS CSV network data), valt meteen op dat het model grotendeels uit losse elementen bestaat, die opnieuw moeten worden opgebouwd tot een volledig model. Afbeelding 1 toont een deel van de gemodelleerde Schijn ter hoogte van de Autolei in Wijnegem. Links: het originele model in IW-RS, midden: de in ICM geïmporteerde variant en rechts: het uiteindelijke eindresultaat na alle omzettingstappen.

Afbeelding 5.1 v.l.n.r.: RS model, resultaat van de export naar ICM en uiteindelijk resultaat waar het Groot Schijn de Autolei te Wijnegem kruist



### 5.1 Herstellen van connecties

- Bij validatie van het geïmporteerde model ontstaan connectiviteitsproblemen doordat *junction nodes*, die hydraulische constructies (sluizen, bruggen, duikers, ...) verbinden met de rivier, in IW-ICM niet meer bestaan.
- De *junction nodes* zijn in IW-ICM vervangen door *break nodes*, maar connecties tussen hydraulische structuren en de rivier zijn verloren gegaan.
- Via de *upstream/downstream tracing tool* kunnen onderbrekingen worden opgespoord en manueel worden hersteld. De hydraulische constructie moet dan terug worden gelinkt aan de overeenkomstige *break node*.
- In sommige gevallen moeten extra *nodes* worden toegevoegd om alle sluizen, kokers, duikers, pompen en andere verbindingen en uitstroomopeningen opnieuw correct aan te sluiten.
- Wanneer al deze problemen zijn opgelost en de rivier is stroomafwaarts aangesloten op een *outfall node*, is de connectiviteit van de *river center line* volledig hersteld.

### 5.2 Opbouwen van bank lines en river reaches

Nadat de connectiviteit van de *river center line* is hersteld, kan gewerkt worden aan het opbouwen van de *river reaches*, de eigenlijke rivier, zelf. Deze *river reaches* worden opgebouwd door de *river center line* (tussen twee *break nodes*) te linken aan de verschillende dwarsprofielen van de rivier. Deze dwarsprofielen worden integraal omgezet vanuit IW-RS.

- Stap 1 is het toekennen van de dwarsprofielen aan een bepaalde rivierlijn.
- Vervolgens wordt bepaald welke de grenzen/oeveren zijn van de rivier. Deze grenzen zullen later van belang zijn voor het invoegen van de 2D mesh. Voor het modelleren van de uiterwaarden/overstromingsgebieden. Deze oeverlijnen of *banklines* worden niet altijd volledig of logisch overgenomen uit IW-RS.
- In IW-ICM kunnen de oeverlijnen worden gegenereerd met de tool '*build bank lines from section ends*'. Hierbij is het van belang dat de *banklines* aansluiten bij de uiteinden van de dwarssecties.

- De *banklines* moeten overeen komen met het digitaal hoogtemodel dat later zal worden gebruikt voor de stroming in de overstromingszones. Hiervoor wordt het digitaal hoogtemodel (DHMV II) als terreinmodel toegevoegd. De ligging van de *banklines* wordt afgestemd op het digitaal hoogtemodel door de *banklines* manueel aan te passen.
- Wanneer de *banklines* voldoende accuraat in het model zitten, worden de *banklines* en de *river reach* gekoppeld (via de tool '*build river reach from lines*') en zo ontstaat een complete riviersectie tussen 2 *breaknodes*, inclusief tracé (*river center line*), oevers (*banklines*) en een aantal dwarsprofielen. Door dit te herhalen voor alle delen van de rivier, is de volledige Schijn gemodelleerd in IW-ICM.

### 5.3 Bruggen en andere kunstwerken

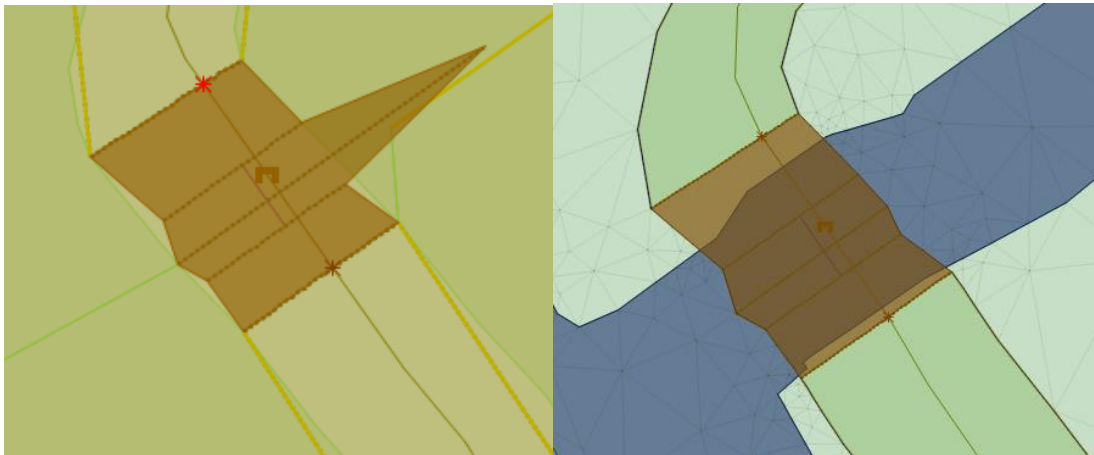
De informatie i.v.m. de kunstwerken kan grotendeels worden overgenomen uit het IW-RS model. In enkele gevallen zijn parameters niet correct meegenomen en moeten die worden aangevuld. Enkele kunstwerken uit IW-RS bestaan niet in IW-ICM en moeten vervangen worden door een equivalent kunstwerk.

- kokers/duikers worden automatische geïmporteerd.
- Bruggen werden in het aangeleverde IW-RS model op twee manieren weergegeven:
  - De brug werd vereenvoudigd naar een koker/duiker met een bepaalde vorm/lengte. In dit geval moet, na omzetting naar ICM, enkel de link tussen de *river center line* en de koker hersteld worden (zie 5.1)
  - De brug werd effectief als brugelement gemodelleerd inclusief alle brugdetails. Onderstaande tabel toont de verschillende input die nodig is voor het definiëren van een brug in IW-RS (links) en IW-ICM (rechts). Hierdoor dient de brug na omzetting nog manueel te worden aangepast. Afbeelding 5.2 toont de omzettingstappen die moeten worden gezet. Hierop is te zien dat de boven- en benedenstroomse riviersectie nog wel correct wordt overgenomen van de nabijgelegen dwarsprofielen. Voor de andere elementen zoals het brugdek doet het model echter vaak een aanname die niet correct is. Dit moet handmatig gecorrigeerd worden zodat de brug er opnieuw correct uitziet. Hiervoor moet goed gekeken worden naar de brug in het RS model, zodat deze in ICM zo goed mogelijk wordt benaderd.

Tabel 5.1

Brug in IW-RS	Brug in IW-ICM
dwarsprofiel bovenstroomse riviersectie	dwarsprofiel bovenstroomse riviersectie
dwarsprofiel brugsectie	dwarsprofiel bovenstroomse brugsectie. Afstand tot bovenstroomse riviersectie bepaalt lengte van de <i>contraction reach</i> aan de instroomzijde
dwarsprofiel benedenstroomse riviersectie	dwarsprofiel benedenstroomse riviersectie
	dwarsprofiel benedenstroomse brugsectie. Afstand tot benedenstroomse riviersectie bepaalt lengte van de <i>contraction reach</i> aan de uitstroomzijde
details over de opening in de brug	details over de opening in de brug
(stroming over het brugdek kan enkel door middel van een extra <i>spill-unit</i> worden gemodelleerd.)	sectie die de bovenkant van de brug voorstelt om stroming over het brugdek weer te geven

Afbeelding 5.2 Links: Brug gegenereerd door de ICM software uit RS data.(Deze voorstelling is niet in 3D). Rechts: correct weergave brug in IW-ICM



## 5.4 Verwijderen van overbodige lijnen en punten

Vaak komen bij de omzetting van IW-RS naar IW-ICM een aantal overbodige punten en lijnen mee, zogenaamde *general points* en *general lines*. Deze lijnen komen bijvoorbeeld voor in het verlengde van cross secties. Hoewel deze lijnen geen enkele functie hebben in het model, worden ze toch verwijderd, dit om overbodige informatie uit het model te houden.

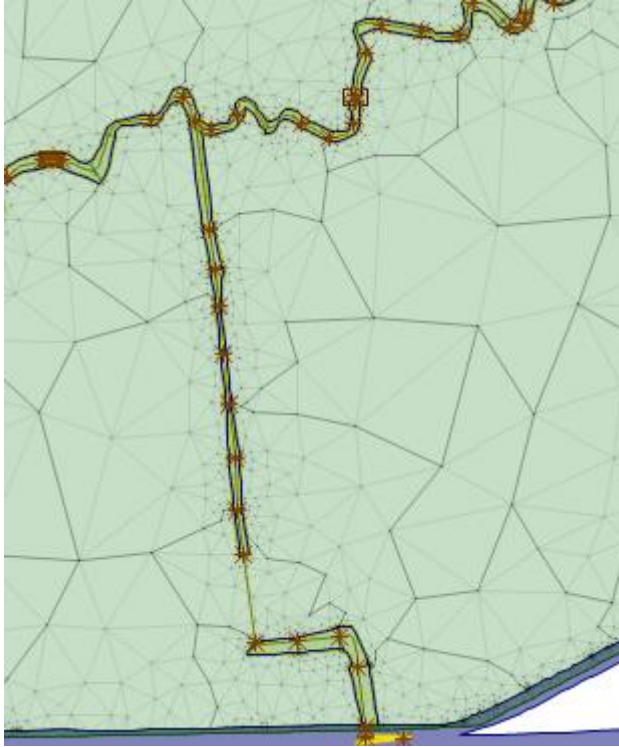
## 5.5 Rollebeek

De Rollebeek is een zijbeek van het Groot Schijn die ontspringt in Wommelgem en in noordelijke richting stroomt tot het uitmondt in het Groot Schijn. De Rollebeek stroomt doorheen het golfparcours van de Ternesse Golf & Country Club. In het RS model is ervoor gekozen om de Rollebeek in het golfparcours niet als rivier te modelleren, maar dit deel van het stroomgebied te beschouwen als buffergebied, een zogenaamde *storage area*. Er is voor deze representatie gekozen door VMM omdat het model anders voor instabiliteiten zorgde. In ICM is dit niet langer het geval, vandaar dat de opgemeten dwarssecties door Witteveen+Bos zijn opgevraagd bij VMM en de Rollebeek wel wordt gemodelleerd.

Op basis van deze dwarssecties en het geschatte tracé (op basis van luchtfoto's) kon de beek in het model worden opgebouwd. Het resultaat is te zien in afbeelding 5.3.



Afbeelding 5.3 De Rollebeek in ICM, stroomt van zuid naar noord



## 5.6 Subcatchments en PDM knopen

Het stroomgebied van het Groot Schijn is in het IW-RS model onderverdeeld in een aantal deelgebieden of subcatchments. De neerslag die op deze subcatchments valt wordt aan de hand van een PDM model omgezet in runoff naar de rivier. Deze PDM modellen werden opgesteld door VMM.

Omdat we in de haalbaarheidsstudie van de Schijn-Scheldeverbinding geïnteresseerd zijn in de afvoergolf ter hoogte van Schijnpoort, heeft Witteveen+Bos beslist om dit onderdeel van het model niet mee om te zetten en zo extra kalibratiestappen te vermijden. Dit wordt vervangen door het opleggen van debietreeksen aan de knopen waar de runoff van de subcatchments in de rivier terecht komt. Het IW-ICM model maakt dus niet rechtstreeks gebruik van neerslagdata, aangezien de resulterende runoff reeds is meegegeven als tijdsreeks.

## 5.7 Sturingsmechanismen

In het IW-RS model van het Schijn zijn sturingsmechanismen aanwezig onder de vorm van *Logical Controls (LC)*. Dit zijn modelregels die op basis van debieten, waterstanden of andere parameters het model hydraulisch sturen. Bijvoorbeeld het sluiten van sluizen en uitstroomopeningen of het opleggen van pompregimes. In IW-ICM model worden deze *Logical Controls* niet langer gebruikt en worden *real time controls (RTC)* gebruikt.

Witteveen+Bos heeft alle sturingsmechanismen in het IW-RS model van het Schijn geïnventariseerd. Naast de sturingsmechanismen gerelateerd aan het Groot Schijn bevatte deze lijst ook sturingen die betrekking hadden op het Klein Schijn of het oude, stroomafwaartse traject naar Rode Weel. Ook vervallen sturingsmechanismen die verwijzen naar oude hydraulische constructies waren nog opgenomen in het model.

Op 06 juli 2017 werd een overleg ingepland tussen VMM en Witteveen+Bos om de sturingsmechanismen te overlopen. Tijdens dit overleg werden ook sturingen verduidelijkt die geen fysische betekenis hadden maar in het model zijn ingevoerd om de werkelijke situatie te benaderen of ter kalibratie.

De lijst met relevante en voornaamste sturingsmechanisme:

- het pompstation ter hoogte van Schijnpoort (nieuwe pompstation, wordt momenteel gebouwd);
- MIVA-overstort ter hoogte van oude pompstation Schijnpoort;
- sturing debiet Groot Schijn bij sifon Albertkanaal;
- sturing debiet Zwanebeek bij sifon Albertkanaal.

### Nieuw pompstation Schijnpoort

Het pompstation bestaat uit 2 kleine vijzels voor verpompen van lage afvoeren en 4 stormvijzels. Het totale maximum pompdebiet bedraagt 14m<sup>3</sup>/s en wordt bereikt wanneer de 4 grote pompen op maximale capaciteit draaien. Alle pompen hebben een verschillend aan- (en af)slagpeil zodat het pompdebiet geleidelijk aan oploopt in verhouding met de waterhoogte. De verschillende peilen staan in onderstaande tabel en zijn omgezet naar gelijkaardige RTC in IW-ICM.

Tabel 5.2 Pompgegevens pompstation Groot Schijn

POMP NR	Q <sub>MAX</sub> [M <sup>3</sup> /S]	H <sub>MIN</sub> [M]	H <sub>MAX</sub> [M]	H <sub>AFSLAG</sub> [M]
1	1,0	1,75	1,90	2,1
2	1,0	1,90	2,05	2,1
3	3,5	2,00	2,20	-
4	3,5	2,10	2,30	-
5	3,5	2,20	2,40	-
6	3,5	2,30	2,50	-

### MIVA overstort

De MIVA overstort is een overstort die bij te hoge waterstanden toelaat dat een deel van het debiet van het Groot Schijn wordt afgeleid richting de pompkelder van het RWZI in Deurne. Door de bouw van het nieuwe pompstation is de MIVA-overstort verplaatst naar het stroomafwaartse einde van de Schijn-Scheldekoker onder de singel.

De overstort wordt gemodelleerd als een klep die, naarmate de waterhoogte stijgt, meer open gaat. De pompkelder wordt voorgesteld als *outfall node*. De opening van de MIVA overstort is 0m bij een waterhoogte van 2,35 m en vergroot stapsgewijs tot 1m opening bij waterhoogtes hoger dan 2,75 m.

Tabel 5.3 Werking MIVA overstort

Waterhoogte thv Pompstation [m TAW]	Opening MIVA overstort [m]
<2,35	0
2,35-2,45	0,2
2,45 - 2,55	0,4
2,55 - 2,65	0,6
2,65 - 2,75	0,8
>2,75	1

In de modellen gebruikt voor de Schijn-Scheldeverbinding wordt de MIVA overstort op twee manieren gemodelleerd. De keuze is afhankelijk van het feit of er al dan niet RWZI water in de Schijn-Scheldeverbinding komt. Wanneer dit niet het geval is, komt de MIVA overstort uit op een *outfall node*. Anders wordt de pompkelder voorgesteld door een *storage node*, waaruit de RWZI dan kan pompen en lozen in het Lobroekdok.

### Sturing debiet Groot Schijn bij sifon Albertkanaal

Het Groot Schijn loopt onder het Albertkanaal d.m.v.. 2 sifons die van een sturing zijn voorzien om stroomafwaarts wateroverlast te beperken. Deze sturing werkt op basis van de waterhoogte in het Rivierenhof (node 116). In Tabel 4 is de sturing uit IW-RS weergegeven, deze werd letterlijk vertaald naar een RTC in ICM. Bij waterhoogtes boven 3,1 mTAW wordt de sifon volledig afgesloten. De sifon als kunstwerk is niet meer aanwezig in ICM en werd vervangen door een Vertical Sluice Gate (VSGATE) met variabele opening.

Tabel 5.4 Overzicht van de sturingen op het Groot Schijn ter hoogte van het Albertkanaal

IW-RS sturing	Betekenis	IW-ICM sturing
SCH362J.SCH363J.1 LEVEL(SCH116).LT.3.0 POSITION=1.9	sifon 1 volledige geopend (hoogte 1,9m) wanneer peil in Rivierenhof <3mTAW	VSGATE SCH362.1 Range = height above datum @ SCH116 [0.0 m AD, 3.0m AD] Rule: set to 1.90m
SCH362J.SCH363J.1 LEVEL(SCH116).GE.3.0.AND.LEVEL(SCH116).LT.3.1 POSITION=0.95	sifon 1 half geopend (hoogte 0,95m) wanneer peil in Rivierenhof tussen 3 en 3.1mTAW	VSGATE SCH362.1 Range = height above datum @ SCH116 [3.0 m AD, 3.1m AD] Rule: set to 0.95m
SCH362J.SCH363J.1 LEVEL(SCH116).GE.3.1 POSITION=0	sifon 1 volledige gesloten (hoogte 0m) wanneer peil in Rivierenhof >3.1mTAW	VSGATE SCH362.1 Range = height above datum @ SCH116 [3.1 m AD, 20.0m AD] Rule: set to 0.00m
SCH362J.SCH363J.2 LEVEL(SCH116).LT.3.2 POSITION=1.9	sifon 2 volledige geopend (hoogte 1,9m) wanneer peil in Rivierenhof <3.2mTAW	VSGATE SCH362.2 Range = height above datum @ SCH116 [0.0 m AD, 3.2m AD] Rule: set to 1.90m
SCH362J.SCH363J.2 LEVEL(SCH116).GE.3.2.AND.LEVEL(SCH116).LT.3.3 POSITION=0.95	sifon 2 half geopend (hoogte 0,95m) wanneer peil in Rivierenhof tussen 3.2 en 3.3mTAW	VSGATE SCH362.2 Range = height above datum @ SCH116 [3.2 m AD, 3.3m AD] Rule: set to 0.95m
SCH362J.SCH363J.2 LEVEL(SCH116).GE.3.3 POSITION=0	sifon 2 volledige gesloten (hoogte 0m) wanneer peil in Rivierenhof >3.3mTAW	VSGATE SCH362.2 Range = height above datum @ SCH116 [3.3 m AD, 20.0m AD] Rule: set to 0.00m

### Sturing debiet Zwanebeek bij sifon Albertkanaal

Waar de Zwanebeek, een zijbeek van het Groot Schijn, onder het Albertkanaal loopt is een debietsturing voorzien. De sturing hier is echter niet automatisch, maar stelt het manueel plaatsen van schotbalken voor. Het maximale debiet doorheen de sifon is  $5\text{m}^3/\text{s}$  (IW-RS). Dit werd in IW-ICM gemodelleerd door middel van een *orifice* met een maximaal debiet van  $5\text{m}^3/\text{s}$ . Het eerste element in onderstaande tabel is er om een minimaal debiet te garanderen om instabiliteiten te vermijden. In ICM is dit niet langer nodig.

Tabel 5.5 Overzicht van de sturingen op de Zwanebeek ter hoogte van het Albertkanaal

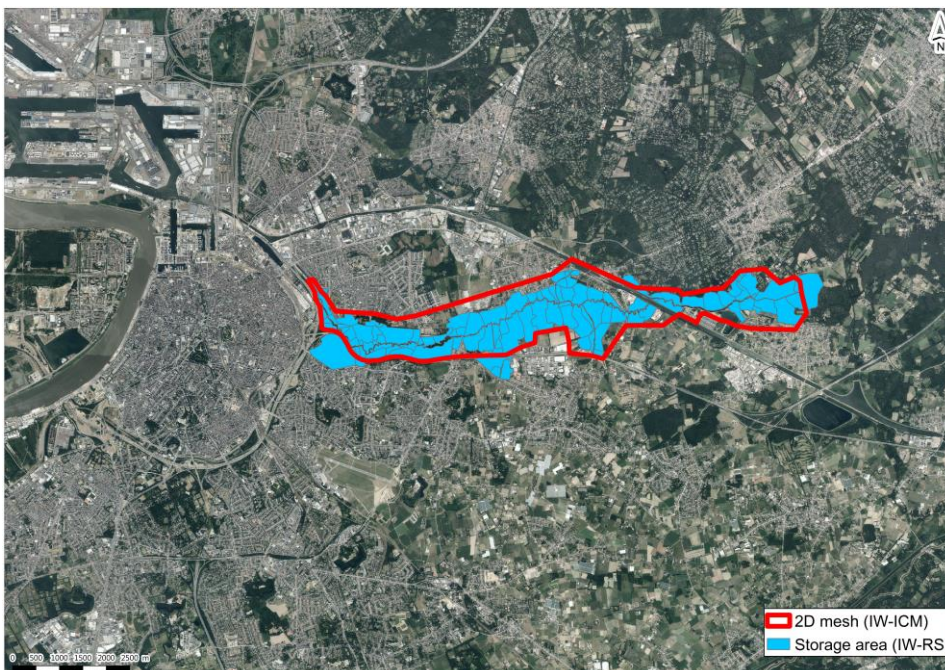
IW-RS sturing	Betekenis	IW-ICM sturing
ZWN25ABS (FLOW(ZWN29J.ZWN29'J.1.DS).LE.0.1) ABS=0.1-(FLOW(ZWN29J.ZWN29'J.1.DS)) else 0	garandeert minimaal debiet van 0,1m <sup>3</sup> /s in de Zwanebeek om instabiliteiten te voorkomen	niet meer nodig in IW-ICM
ZWN29ABS (FLOW(ZWN29J.ZWN29'J.1.DS).GT.5) ABS=5-(FLOW(ZWN29J.ZWN29'J.1.DS)) else 0	limiteert het debiet door de sifon tot 5 m <sup>3</sup> /s, stuur overtollig debiet richting Albertkanaal	vervangen door gelimiteerde orifice van 5m <sup>3</sup> /s

Naast de sturingen van de sifon aan de Zwanebeek staan ook twee overstorten die het debiet limiteren richting Groot Schijn, en afleiden richting Albertkanaal. Het gaat om twee overstorten met een vaste hoogte die bij te hoge waterhoogtes een alternatieve weg bieden voor het water zodat het niet via de sifons (via het stroomafwaartse stuk van de Zwanebeek) in het Groot Schijn terecht komt. Extra hoge peilen in de Zwanebeek worden uiteraard ook bekomen door de beperking van het debiet.

## 5.8 2D mesh

In het IW-RS worden overstromingen gemodelleerd aan de hand van 1D *storage area's*. Naarmate het waterpeil op de rivier stijgt, gaat er meer water over de *spill units* en lopen de *storage area's* vol. In IW-ICM is 2D stroming over het maaiveld geïntegreerd. Hiervoor moet een 2D *mesh* worden gecreëerd op basis van een digitaal hoogtemodel. De contour van de 2D *mesh* is gebaseerd op de contouren van de *storage area's* in IW-RS en de omlijning van de vallei uit het digitaal hoogtemodel. Afbeelding 5.4 toont de contouren van de 2D *mesh*, alsook de aparte *storage area's* uit IW-RS.

Afbeelding 5.4 2D zone en Storage area's van het Schijnmodel



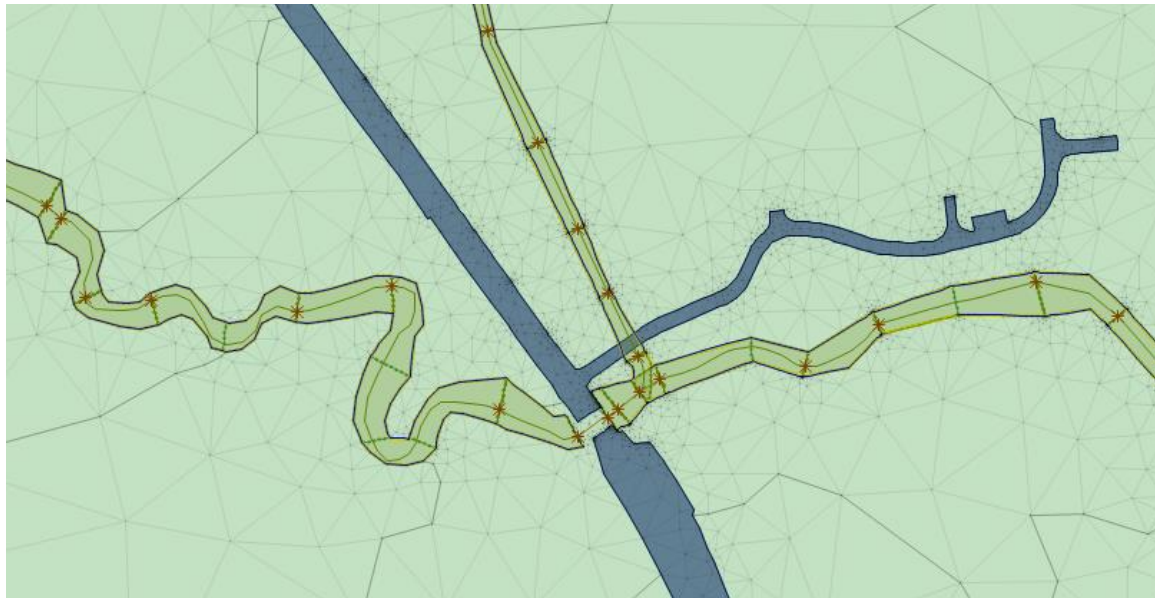
Het 2D-mesh netwerk is een TIN (Triangular Irregular Network) en bestaat uit verschillende driehoeken die de terreinhoogte beschrijven. Voor het opmaken van een 2D mesh zijn een aantal instellingen nodig over de minimale en maximale grootte en het maximale hoogteverschil tussen aangrenzende driehoeken. Een overzicht van deze instellingen is gegeven in onderstaande tabel.

Tabel 5.6 Eigenschappen van de 2D mesh.

Instelling	Waarde
minimum element area (m <sup>2</sup> )	20 000
maximum triangle area (m <sup>2</sup> )	10 000
boundary condition	normal
maximum height variation	0,5m
roughness (manning's n)	0,0125 (standaard waarde IW-ICM)
area (ha)	1108

Het gebruikte terreinmodel voor het aanmaken van de 2D mesh is het DHMV II met een resolutie van 1m. Wegen (en bv. ook pleinen) liggen vaak iets hoger dan het omliggende terrein en vormen dan ook vaak een obstakel voor stroming over het maaiveld. Om die reden is het wegennetwerk als aparte 2D zone ingevoerd in IW-ICM. Hierdoor ontstaan er binnen deze zone aparte driehoeken zodat deze (minieme) hoogteverschillen zeker worden meegenomen. Een detail van het resultaat is weergegeven in afbeelding 5.5. De donkerblauwe zone komt overeen met het wegennetwerk. De oppervlakte van de driehoekjes (lichtblauw) wordt kleiner naarmate ze dichter bij de rivier liggen en de hoogteverschillen toenemen.

Afbeelding 5.5 Detail van de 2D mesh



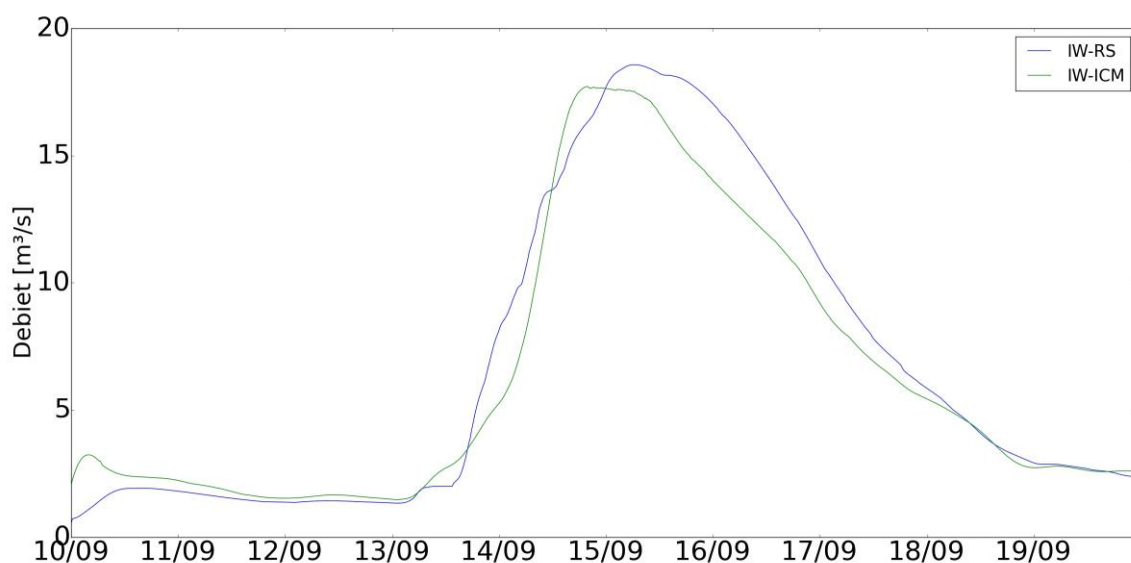


## 6 RESULTATEN, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Afbeelding 6.1 toont de resultaten van het IW-ICM model in vergelijking met de resultaten van het bestaande IW-RS model. Voor de periode is gekozen voor september 1998 aangezien dit de meest extreme en maatgevende piek is van de afgelopen jaren. De resultaten tonen dat het nieuwe IW-ICM model de afvoerrelaties van het Groot-Schijn relatief goed beschrijft.

Deze resultaten werden voorgelegd aan de Vlaamse Milieumaatschappij en in onderling overleg is besloten dat de resultaten voldoende accuraat zijn om de haalbaarheid van de Schijn-Scheldeverbinding te onderzoeken.

Afbeelding 6.1 Debiet tijdens de septemberstorm '98 uit RS en ICM



De grootste wijziging bij het nieuwe model ten opzichte van het IW-RS model is de 2D stroming over het maaiveld. Deze stroming hangt voor een deel af van de ruwheidsfactor die wordt gehanteerd. Bovenstaande resultaten gaan uit van de standaardwaarde uit IW-ICM, namelijk een Manning-n waarde van 0.0125. Er is onderzocht of andere ruwheidsfactoren beter in staat zijn om de afvoerpiek in september '98 (18,5 m<sup>3</sup>/s volgens IW-RS) te beschrijven. Onderstaande tabel toont de piekdebieten bij ruwheidsfactoren van respectievelijk 0.04 en 0.08.

Tabel 6.1 Resulterende debieten uit ruwheidsfactoren volgens Chow (1959)

Ruwheidsfactor (Manning's n)	Resultierend debiet (m <sup>3</sup> /s)
0.04	20,5
0.08	19,7
0.0125	17,7



Hieruit blijkt dat de standaard factor de beste resultaten levert. Verder geeft VMM ook aan dat het debiet uit IW-RS, namelijk  $18,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , waarschijnlijk een overschatting is. Om te vermijden dat te extreme debieten worden gehanteerd voor de haalbaarheidsstudie, is de ruwheidsfactor van 0.0125 weerhouden.

Verdere kalibratie van het model en meer specifiek deze 2D mesh is wellicht nodig wanneer meer gedetailleerde resultaten nodig zijn.









## BIJLAGE III





## NOTITIE

---

Onderwerp Beschrijving grondwater Schijn Scheldeverbinding  
Project Haalbaarheidsstudie Schijn Scheldeverbinding  
Opdrachtgever Stad Antwerpen en Vlaamse Milieumaatschappij (VMM)  
Projectcode BELA740-1  
Status Definitief  
Datum 22 februari 2018  
Referentie BELA740-1/velm2/022  
Auteur(s) ir. O.N. Ebbens  
ir. T. Cornu

Gecontroleerd door drs. A.C. van Vugt; ir. W.R. Debucquoy  
Goedgekeurd door mevrouw S.G. Depauw  
Paraaf

Bijlage(n) Modelresultaten variant 1  
Modelresultaten variant 2  
Modelresultaten variant 3

Aan Stad Antwerpen en Vlaamse Milieumaatschappij  
Kopie -

---

## 1 INLEIDING

Het Schijn is een waterloop die in het verleden door Antwerpen naar de Schelde liep. Door de aanleg van de havendokken is deze diverse keren verlegd. Op dit moment stopt de beek aan de oostzijde van de stad en wordt vervolgens opgepompt naar het Lobroekdok. Het voornemen is om de beek weer in verbinding te stellen met de Schelde. Hiervoor doet Witteveen+Bos een haalbaarheidsstudie op basis van drie mogelijke ontwikkelingsrichtingen.

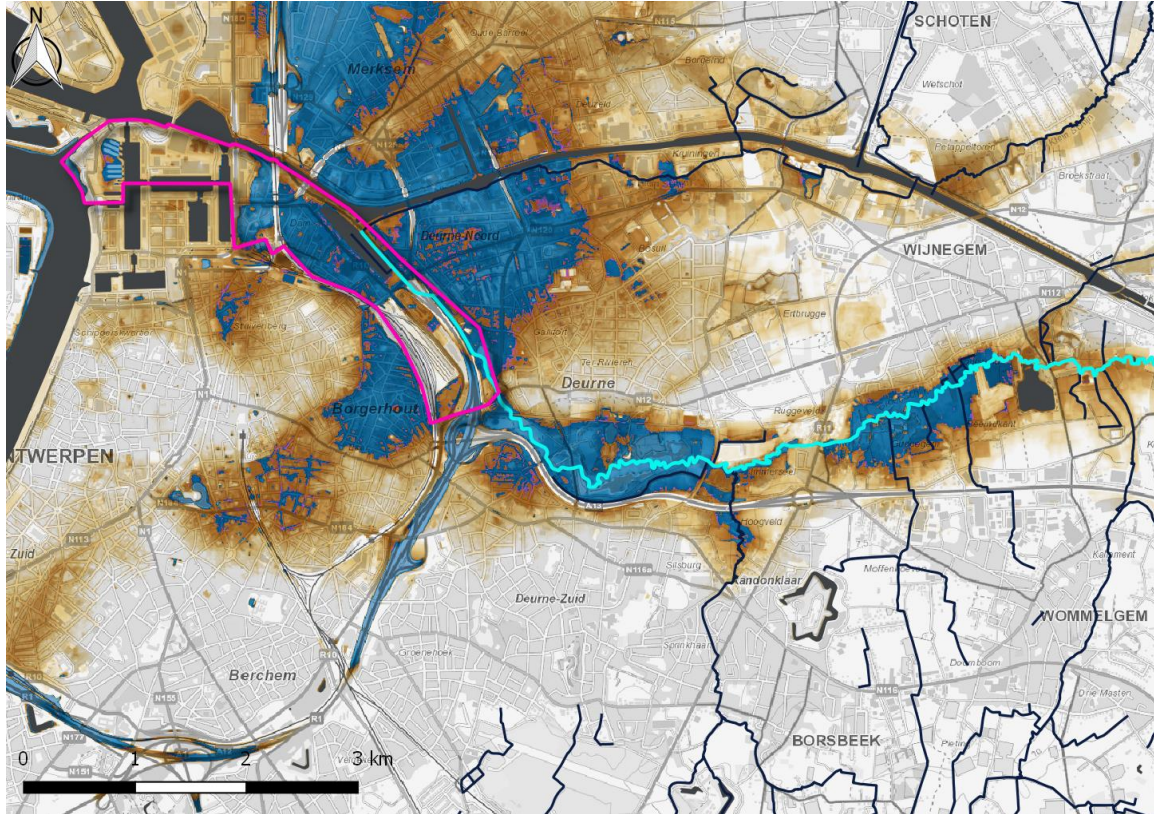
In deze notitie wordt een eerste indicatie gegeven van het effect van de nieuwe waterloop op het grondwater door middel van een modelberekening. De grondwateranalyse werd uitgevoerd op 11 mei 2017. Sindsdien zijn de ontwikkelingsrichtingen nog verder geëvolueerd, maar de inzichten van deze analyse blijven relevant. De voorliggende grondwateranalyse werd immers uitgevoerd met de drie meest onderscheidende tracés (noordrand of zuidrand van eilandje of door de dokken). Op basis van deze analyse is tot slot een aanbeveling gedaan voor de vervolgstappen.

## 2 GEBIEDSBESCHRIJVING

### 2.1 Locatie

De locatie van het projectgebied is weergegeven in afbeelding 2.1. Tevens is de huidige loop van het Schijn tot aan het Lobroekdok in lichtblauw weergegeven.

Afbeelding 2.1 Paars omrand het projectgebied. Zone beneden TAW + 5 m (blauw) en erboven (bruin-wit)



### 2.2 Bodemopbouw

De bodemopbouw is geschematiseerd op basis van [ref. 1] en weergegeven in tabel 2.1.

Tabel 2.1 Schematische bodemopbouw projectgebied [ref. 1]

Bovenkant laag (m TAW)	Onderkant laag (m TAW)	Lithologie	Formatie	Geohydrologie	Horizontale doorlatendheid (m/dag)
+7	+3,0	opgespoten zand	quartair	freatisch watervoerende laag	1,0 - 5,0
+3,0	-0,5	polderklei (rivierafzetting)*	quartair	1e scheidende laag	0,01
-0,5	-3	fijn zand	Kattendijk/Lillo	1e watervoerend pakket	10
-3	-25	fijn zand	Berchem	1e watervoerend pakket	10
-25	-55	klei	Boom	2e scheidende laag	0,0001

\* De polderkleilaag is alleen in het noordwestelijk deel van het projectgebied aanwezig.

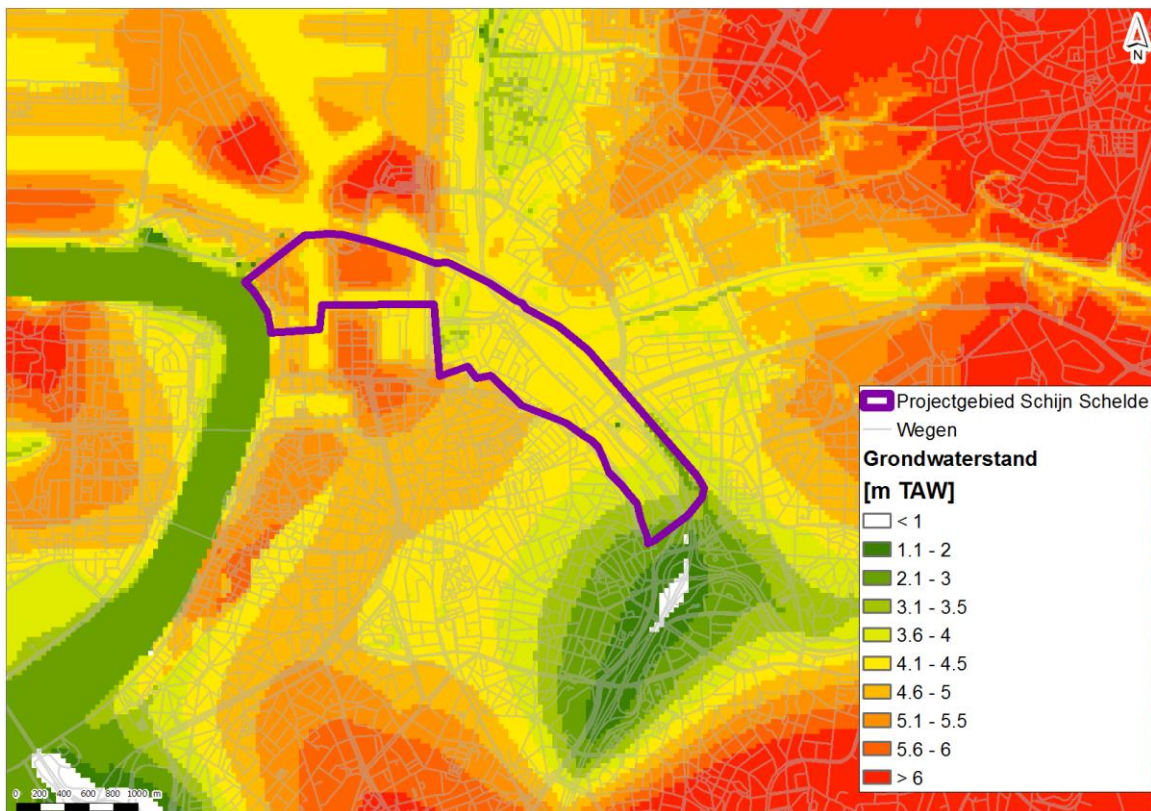
## 2.3 Grondwater

Afbeelding 2.2 en afbeelding 2.3 laten de berekende grondwaterstanden uit het model [ref. 1] zien. Deze grondwaterstudie is uitgevoerd met het gekalibreerde grondwatermodel van Antwerpen van de huidige toestand, zonder deze verder te optimaliseren. De freatische grondwaterstand wordt voornamelijk bepaald door neerslag, verdamping, lokale drainage en waterlopen. Ten zuidoosten van het projectgebied zijn lage grondwaterstanden zichtbaar. Deze lage grondwaterstanden worden veroorzaakt door wegdrainage van de R1 die daar verdiept is aangelegd. Binnen het projectgebied wordt de grondwaterstand voor een groot deel bepaald door het peil in de havendokken (TAW + 4,25 m).

De stijghoogte in het watervoerend pakket staat in direct contact met de Schelde en wijkt daarom in de buurt van de Schelde af van de freatische grondwaterstand. Dit komt ook doordat verder van de Schelde geen polderkleilaag aanwezig is die een scheiding vormt tussen het freatisch grondwater en de (artesische) stijghoogte in het watervoerend pakket.

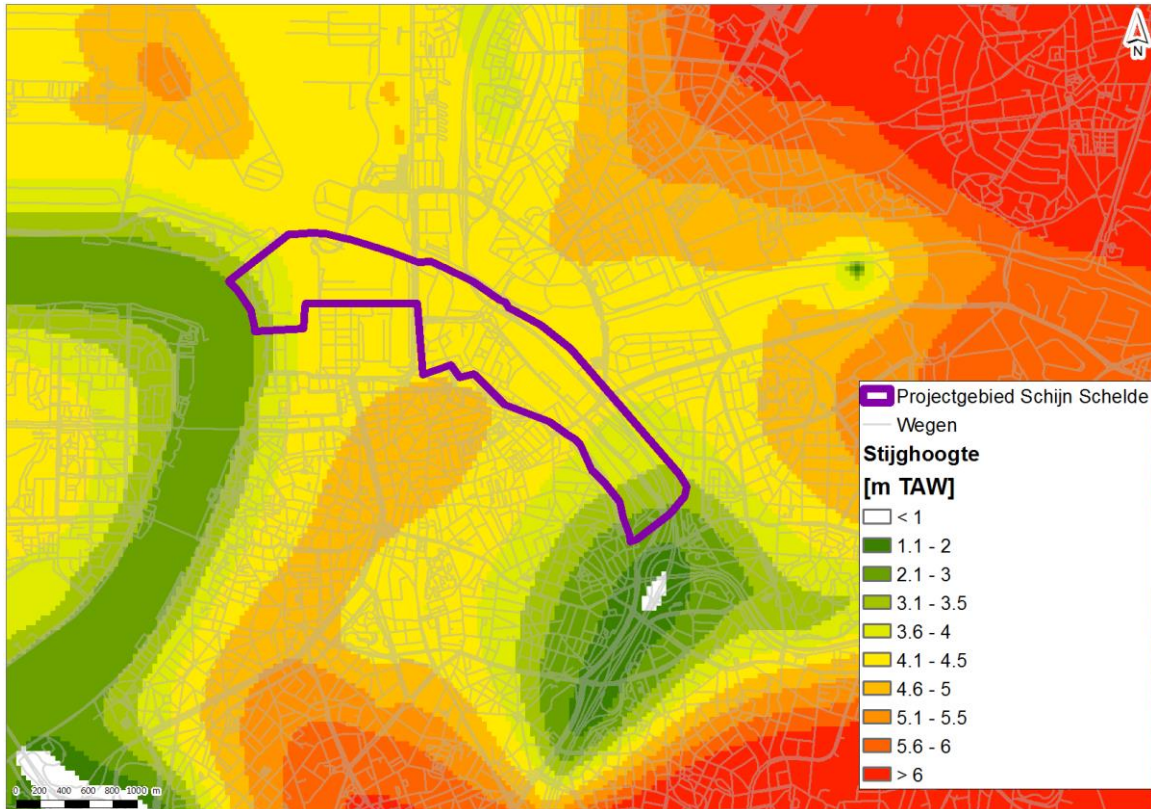
Via de bodem en grondwaterkaart van de Stad Antwerpen [ref. 2] zijn kaarten beschikbaar met gemeten grondwaterstanden. Bij de kaarten is niet aangegeven in welk pakket de grondwaterstanden zijn gemeten. Het is daarom niet mogelijk deze kaarten te vergelijken met de resultaten uit het grondwatermodel.

Afbeelding 2.2 Berekende freatische grondwaterstand uit het grondwatermodel [ref. 1]





Afbeelding 2.3 Berekende stijghoogte in het 2<sup>e</sup> watervoerende pakket uit het grondwatermodel [ref. 1]



## 2.4 Oppervlaktewater

De belangrijkste oppervlaktewateren binnen het projectgebied bestaan uit:

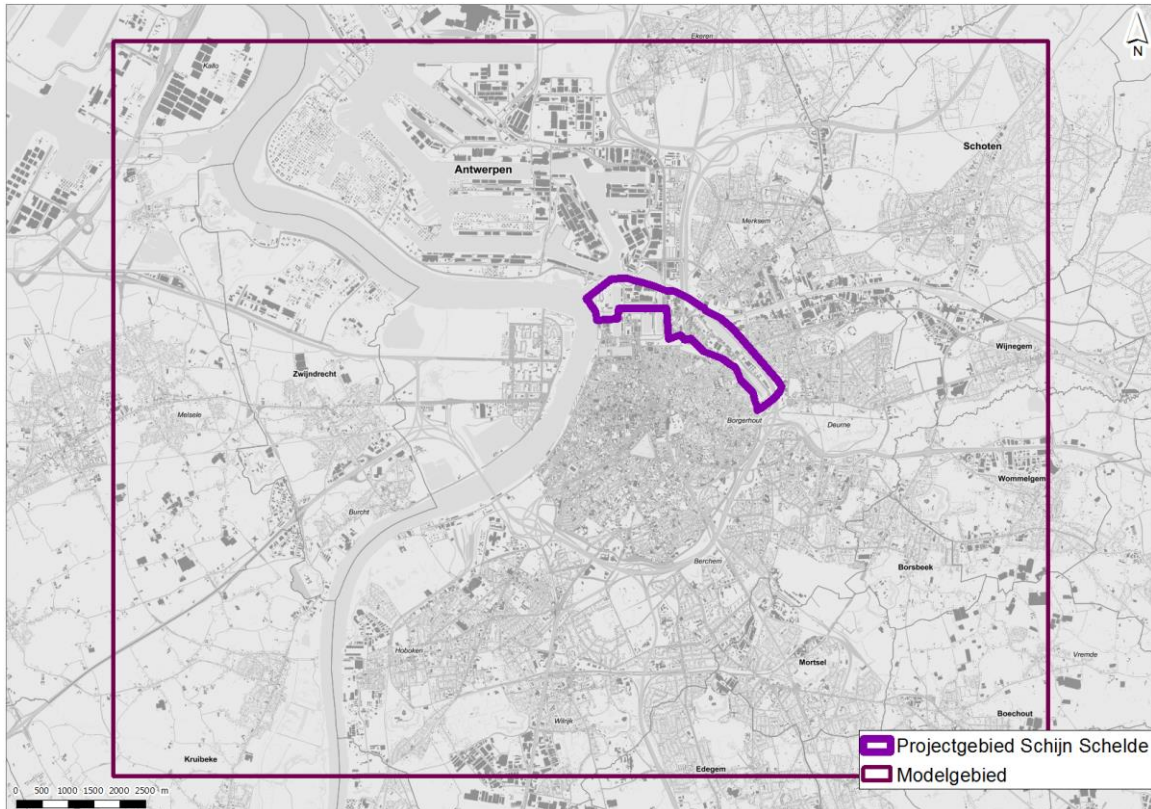
- de havendokken welke zijn verbonden met het Albertkanaal en een gemiddeld peil hebben van TAW + 4,25 m;
- de Schelde met een gemiddelde hoog water op TAW + 5,3 m en een gemiddeld laag water op TAW + 0,0 m;
- de nieuwe Schijn Scheldeverbinding met een gemiddeld peil van TAW + 1,6 m en een bodemhoogte op TAW + 0,0m.

## 2.5 Grondwatermodel

Voor de effectberekening van de nieuwe Schijn Scheldeverbinding is gebruik gemaakt van een bestaand grondwatermodel. Het bestaande model is afkomstig van de Plan Milieueffectrapportage van de Oosterveelverbinding [ref. 1]. Dit model heeft de volgende eigenschappen:

- modelgebied: 18 x 14,2 km (zie afbeelding 2.4);
- celgrootte: 40 x 40 m;
- 5 modellagen;
- stationair model van de huidige situatie;
- bevat waterlopen, grondwateronttrekkingen en grondwateraanvulling;
- het model is in 2014 gekalibreerd door Antea, de resultaten hiervan zijn beschreven in bijlage 3 van [ref. 1]. In de beschrijving is niet aangegeven welke peilbuismetingen gebruikt zijn voor de kalibratie. Mogelijk dat er nog (recente) metingen zijn die niet in het model verwerkt zijn.

Afbeelding 2.4 Modelgebied [ref.1]



### 3 EFFECTBEREKENING PER VARIANT

In dit hoofdstuk is het berekende effect van de nieuwe waterloop op de grondwaterstand weergegeven voor drie varianten<sup>1</sup> met verschillende traces. Voor de berekening is gebruikgemaakt van het stationaire grondwatermodel (zie paragraaf 2.5). De nieuwe waterloop is ingevoerd met een bodempeil op TAW + 0,0 m en een gemiddeld waterpeil op TAW + 1,6 m.

Tevens wordt in het model aan de nieuwe waterloop een bodemweerstand opgelegd. Bij een hoge bodemweerstand is er weinig interactie tussen het oppervlaktewater en het grondwater, bij een lage bodemweerstand is de infiltrerende of drainerende werking van het oppervlaktewater op het grondwater groot. De bodemweerstand is onder meer afhankelijk van de stroming, het sedimentgehalte en de optredende infiltratie/drainage. Ook kan de bodemweerstand in de tijd veranderen, bijvoorbeeld door het neerslaan van slibdeeltjes op de bodem. Omdat het nog onduidelijk is wat de definitieve bodemweerstand zal worden is per variant gekeken naar de effecten bij een bodemweerstand van één dag en een bodemweerstand van 100 dagen. Dit is de verwachte bandbreedte (ervaringsgetallen) waarbinnen de bodemweerstand zich direct na aanleg tot enkele jaren na aanleg zal ontwikkelen. De bodemweerstand is een parameter die lastig in te schatten is op basis van de huidige informatie en bovendien kan veranderen in de tijd. De waarde van deze parameter is onder meer afhankelijk van het slib wat zich op de bodem van een waterloop bevindt en de stromingsrichting van het grondwater. De bodemweerstand zal in realiteit hier ergens tussen in liggen. Een eerste grove inschatting op basis van expert judgement is 5-10 dagen. Door middel van ingrepen (bekleien van de bodem of bentonietmatten) kan een veelvoud van deze weerstand bereikt worden, waardoor het omgevingseffect beperkt kan worden. Voor de bodembekleding bestaat een risico op opdrijven en opbarsten. Dit is een aandachtspunt dat in een later stadium in een detailstudie onderzocht moet worden.

<sup>1</sup> Deze drie varianten zijn doorheen het ontwerp onderzoek nog verder geëvolueerd. De inzichten uit deze analyse blijven echter onverminderd geldig.

### 3.1 Variant 1

Het tracé van variant 1 is weergegeven in afbeelding 3.1. Deze variant sluit niet aan op de bestaande koker die bij de constructie van de Oosterweelverbinding is aangelegd maar loopt via Sinksenfoor (waar in de toekomst Park Spoor Oost wordt gerealiseerd) en sluit ten zuiden hiervan aan op het Groot Schijn. Verder loopt het tracé eerst door het huidige Lobroekdok en vervolgens net ten zuiden van het Albert kanaal richting het Asiadok. Het Asiadok en het Kattendijkdok worden gepasseerd met een duiker waarna de waterloop net ten zuiden van de Royersluis uitmondt op de Schelde.

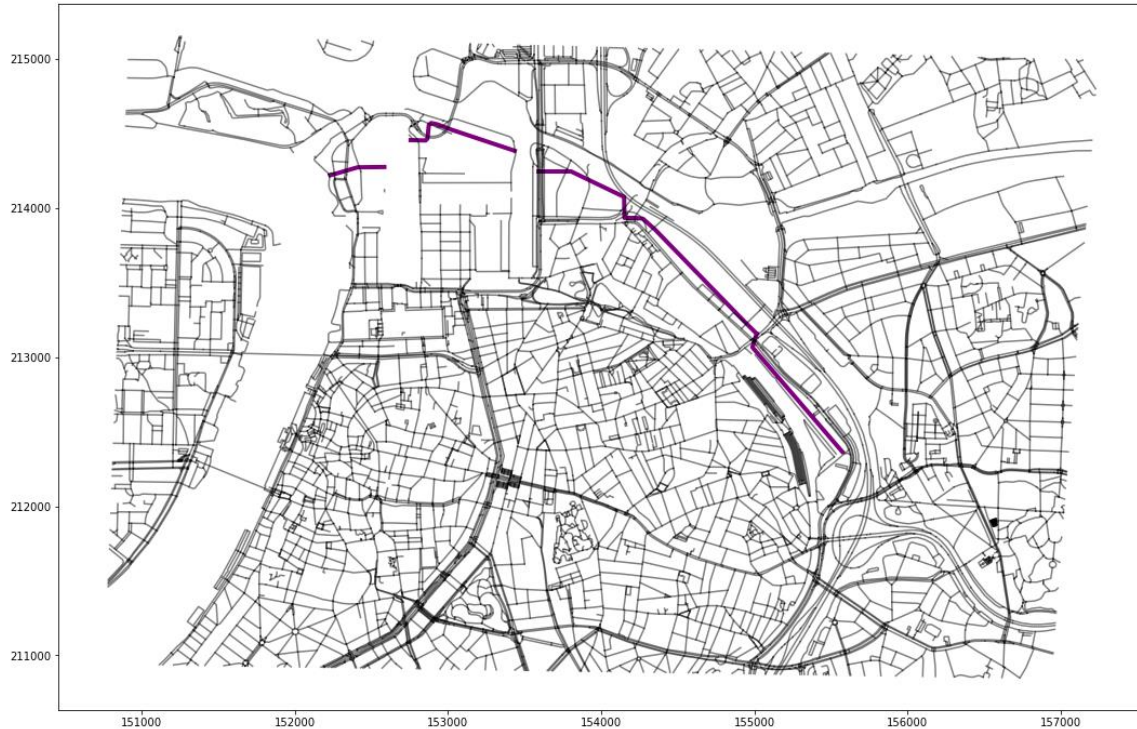
Het berekende effect van de nieuwe waterloop op de grondwaterstand is weergegeven in bijlage I. Een duidelijk freatisch effect is te zien ter plaatse van de dokken in het westelijk deel van het projectgebied. De waterloop heeft hier een drainerende werking op het grondwater waardoor de grondwaterstand plaatselijk daalt. Het invloedsgebied wordt hier begrensd door de havendokken. Ten zuidoosten daalt de freatische grondwaterstand minder sterk. Dit komt doordat de grondwaterstand hier al lager ligt door de wegdrainage van de R1. Doordat hier geen havendokken liggen is het berekende freatisch invloedsgebied hier wel groter en reikt tot circa 2,5 km.

Het effect op de stijghoogte in het watervoerend pakket laat een ander beeld zien. In het westelijk deel van het projectgebied is de daling van de stijghoogte beperkt. De Schijn Scheldeverbinding ligt hier boven de slecht doorlatende polderkleilaag, waardoor het watervoerend pakket hieronder niet of nauwelijks wordt beïnvloed. In het zuidoosten van het projectgebied ontbreekt de polderkleilaag waardoor hier een veel groter invloedsgebied zichtbaar is.

In deze studie is gekeken of de afvoer van de Schijn Scheldeverbinding significant toe kan nemen door de toestroming van grondwater. De toestroming van grondwater naar de waterloop is het grootst wanneer de bodemweerstand het kleinst is. Voor de grootte van deze toestroming is daarom enkel gekeken naar een worst-case situatie met een zeer lage bodemweerstand. Met het model wordt bij een bodemweerstand van één dag een toestroming vanuit het grondwater naar de nieuwe waterloop berekend van 0,11 m<sup>3</sup>/s. De bijdrage van grondwater aan de afvoer van de Schijn Scheldeverbinding bij extreem hoge afvoer is niet significant. De effecten van de grondwaterverlaging zullen zoveel mogelijk beperkt worden wat betekent dat de toestroming vanuit het grondwater in realiteit nog veel kleiner zal zijn.



Afbeelding 3.1 Tracé variant 1



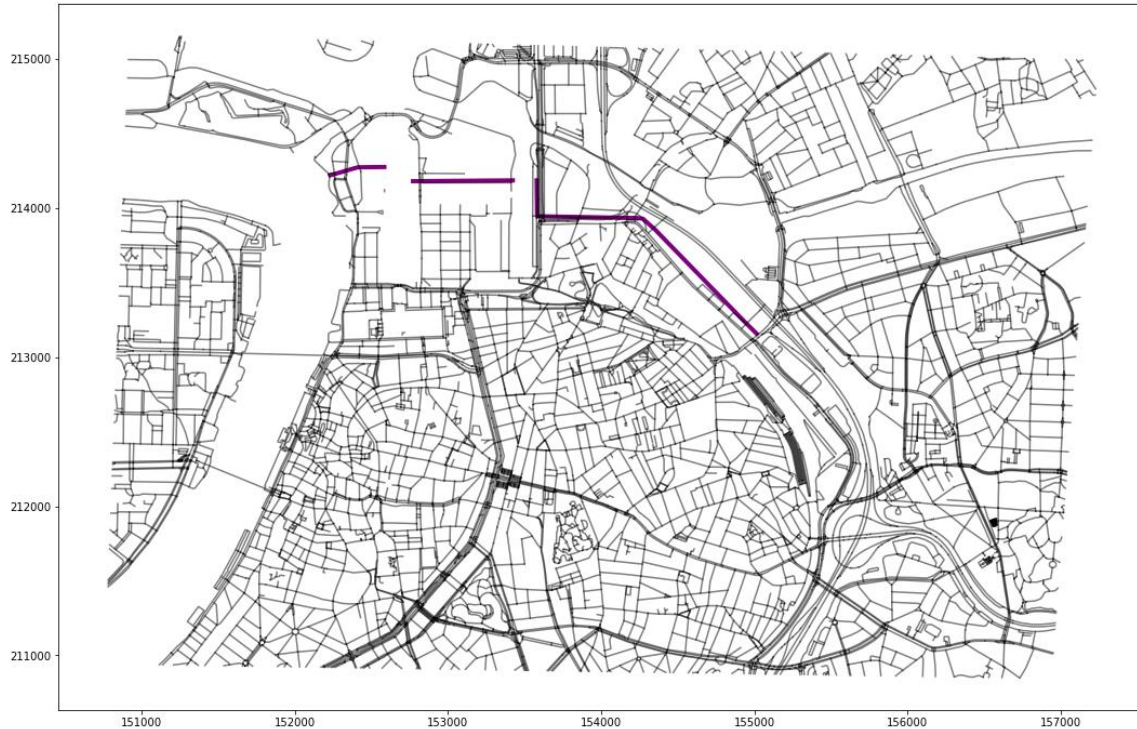
## 3.2 Variant 2

Het tracé van variant 2 is weergegeven in afbeelding 3.2. Deze variant sluit, in tegenstelling tot variant 1, wel aan op de bestaande koker die bij de constructie van de Oosterweelverbinding is aangelegd. Verder loopt het tracé eerst door het huidige Lobroekdok en vervolgens langs de IJzerlaan richting het Asiadok. Het Asiadok en het Kattendijkdok worden gepasseerd met een duiker waarna de waterloop net ten zuiden van de Royersluis uitmondt op de Schelde.

Het berekende effect van de nieuwe waterloop op de grondwaterstand is weergegeven in bijlage II. Het berekende effect is sterk vergelijkbaar met het effect bij variant 1. Freatisch zijn er verschillen te zien bij Spoor Oost, de IJzerlaan en ten noorden van het Houtdok. Het effect op de stijghoogte in het watervoerend pakket is kleiner dan in variant 1. Door de aansluiting op de bestaande koker van de Oosterweelverbinding is het invloedsgebied in het zuidoosten kleiner. Ook ten noorden van het Houtdok is de stijghoogteverlaging kleiner dan in variant 1 door een andere route.

Met het model wordt bij een bodemweerstand van één dag een toestroming vanuit het grondwater naar de nieuwe waterloop berekend van  $0,10 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Afbeelding 3.2 Tracé variant 2



### 3.3 Variant 3

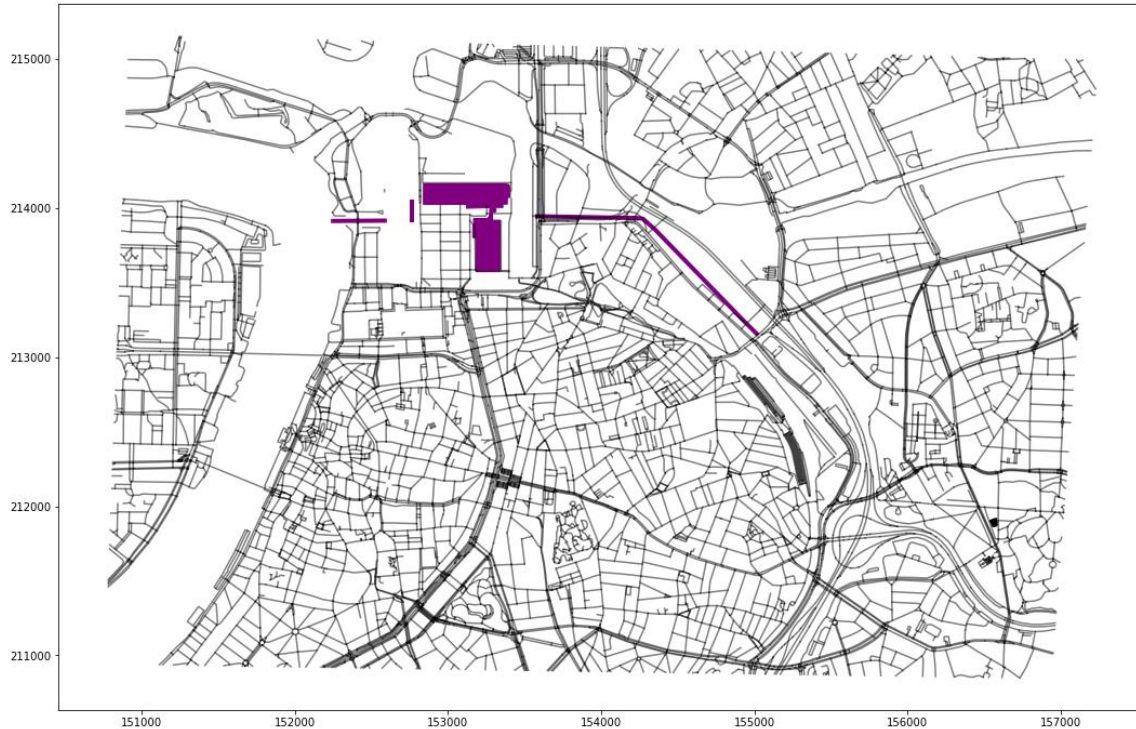
Het tracé van variant 3 is weergegeven in afbeelding 3.3. Deze variant sluit aan op de bestaande koker ten zuiden van het Lobroekdok die bij de constructie van de Oosterweelverbinding is aangelegd. Het tracé gaat dan langs het huidige Lobroekdok en vervolgens evenwijdig aan de IJzerlaan richting het Asiadok. Het Asiadok wordt gepasseerd met een duiker waarna de waterloop door het Hout- en Kempischdok heen gaat. Voor de huidige berekening is het peil in het gehele dok aangepast naar het peil van de nieuwe Schijn Scheldeverbinding. Tot slot loopt het tracé ook weer met een duiker onder het Kattendijkdok door waarna deze via het huidige Sasdok uitmondt op de Schelde.

Het berekende effect van de nieuwe waterloop op de grondwaterstand is weergegeven in bijlage III. Het freatische effect van de aanpassing van het peil in de dokken is duidelijk zichtbaar en resulteert in een groter invloedsgebied dan wanneer een waterloop ten noorden van de dokken wordt aangelegd (zie variant 1 en 2). In de berekening van het effect is enkel het peil in de dokken aangepast, de doorlatendheid van de kademuren is in alle berekeningen gelijk gebleven aan de huidige situatie. Wanneer er een stroming vanuit de havendokken richting het freatisch grondwater aanwezig is (zie paragraaf 2.3) dan is het mogelijk dat door het verlagen van het peil in de havendokken de freatische grondwaterstand wordt verlaagd.

Ook zijn de aanpassingen in het Hout- en Kempische dok duidelijk zichtbaar in het berekende effect op de stijghoogte in het watervoerend pakket. Dit komt doordat de bodem van de dokken dieper ligt dan de bodem van de Schijn Scheldeverbinding en door de polderklei heen snijdt. Voor de berekening is het huidige bodempeil en de huidige bodemweerstand (tien dagen) van de havendokken aangehouden. Met maatregelen zoals bijvoorbeeld ophoging van het bodempeil met slecht doorlatende grond zouden verlagingen van de stijghoogte grotendeels voorkomen kunnen worden.

Met het model wordt bij een bodemweerstand van één dag een toestroming vanuit het grondwater naar de nieuwe waterloop (inclusief dokken) berekend van  $0,19 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Afbeelding 3.3 Tracé variant 3



## 4 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

In deze notitie wordt een eerste indicatie gegeven van het effect van een nieuwe Schijn Scheldeverbinding op het grondwater. Hiervoor is het effect van drie varianten doorgerekend met een bestaand grondwatermodel. De resultaten zijn sterk afhankelijk van de bodemweerstand van de nieuwe waterloop. De analyse laat zien dat, indien er geen aangepaste voorzieningen getroffen worden, de grondwaterstand door de nieuwe waterloop lokaal meer dan 2 m kan dalen. Het berekende invloedsgebied van de onttrekking is in dat geval circa 2,5 km. Indien er wel maatregelen worden getroffen kan het invloedsgebied beperkt worden. Afhankelijk van de maatregelen zou het invloedsgebied teruggebracht kunnen worden tot enkele tientallen meters van de nieuwe verbinding. De kosten van deze mitigerende maatregelen zijn relatief hoog. In de kostenraming (zie appendix V van het hoofdrapport) is hiervoor een kostenindicatie met een ruime bandbreedte opgenomen.

Per variant is de gemiddelde toestroming vanuit het grondwater naar de nieuwe waterloop berekend. Hieruit volgt bij een bodemweerstand van één dag een toestroming tussen de 0,1 en 0,2 m<sup>3</sup>/s. In variant 3 is de toestroming het grootst doordat in deze variant de oppervlakte van de nieuwe waterloop het grootst is (door de aanpassing van het peil in het Houtdok en Kempisch dok). Met mitigerende maatregelen (hoge bodemweerstand) zal de toestroming nog vele malen kleiner zijn.

### Potentiële gevolgen

Ongewenste zettingen aan infrastructuur en bebouwing kunnen optreden wanneer de grondwaterstand verder verlaagd wordt dan een eerder laagst opgetreden grondwaterstand. Met de berekende verlagingen bij een bodemweerstand van slechts één dag is de kans groot dat de grondwaterstand verlaagd zal worden onder een laagst opgetreden grondwaterstand. Een mogelijke mitigerende maatregel is het compleet isoleren van de watergang waardoor deze geen interactie heeft met het huidige grondwater. Ook kan een verdere studie van de bodem en de grondwaterstanden worden uitgevoerd om in kaart te brengen waar er daadwerkelijk risico is op zettingen.

Een ander risico bij het verlagen van de grondwaterstand is de ongewenste verplaatsing van bodem- en grondwaterverontreinigingen. Grondwaterverontreinigingen die binnen het invloedsgebied van de onttrekking liggen kunnen ongewenst verplaatst worden door de aanpassing van de grondwaterstroming. Het berekende invloedsgebied is dusdanig groot dat dit een risico is voor de aanleg van de nieuwe waterloop.

### Aanbevelingen

Er kan grofweg op twee manieren omgegaan worden met de berekende effecten op de grondwaterstand:

- 1 de effecten op de omgeving beperken door het nemen van maatregelen (bijvoorbeeld het verhogen van de bodemweerstand);
- 2 dieper ingaan op de potentiële gevolgen van de verlaging van de grondwaterstand en enkel op de locaties waar de gevolgen niet acceptabel zijn maatregelen nemen.

De verlaging als gevolg van de nieuwe waterloop is groot en de potentiële gevolgen zullen ook groot zijn. Wanneer de tweede optie wordt gekozen is het waarschijnlijk dat alsnog de conclusie moet worden getrokken om voor de hele waterloop maatregelen te nemen. Om deze reden wordt aanbevolen voor optie 1 te kiezen. In een vervolgstudie kan dan worden gefocust op verschillende varianten om de effecten op de omgeving te beperken. Enkele varianten waaraan gedacht kan worden zijn:

- het isoleren van de waterloop door kleibekleding;
- het isoleren van de waterloop door gebruik van bentonietmatten;
- het maken van een waterdichte betonnen bak waarin de waterloop ligt;
- het creëren van een waterdichte polderconstructie (gebruik makend van de aanwezige waterremmende lagen) waarbinnen de waterloop ligt.

De geschatte kostenraming voor dergelijke ingrepen over een lengte van 4500m kan als volgt worden ingeschat:

- 1 damwanden over het hele tracé: 3,9 - 11,7 M EUR
- 2 1m dikke kleibekleding over het hele tracé: 2,8 - 8,4 M EUR

Deze kosten zijn heel erg grof. Er is bijvoorbeeld geen rekening gehouden met:

- risico reservering
- BTW
- engineering
- grondaankoop
- verleggen kabels en leidingen
- opbreken verhardingen
- kruisingsconstructies / duikers etc.

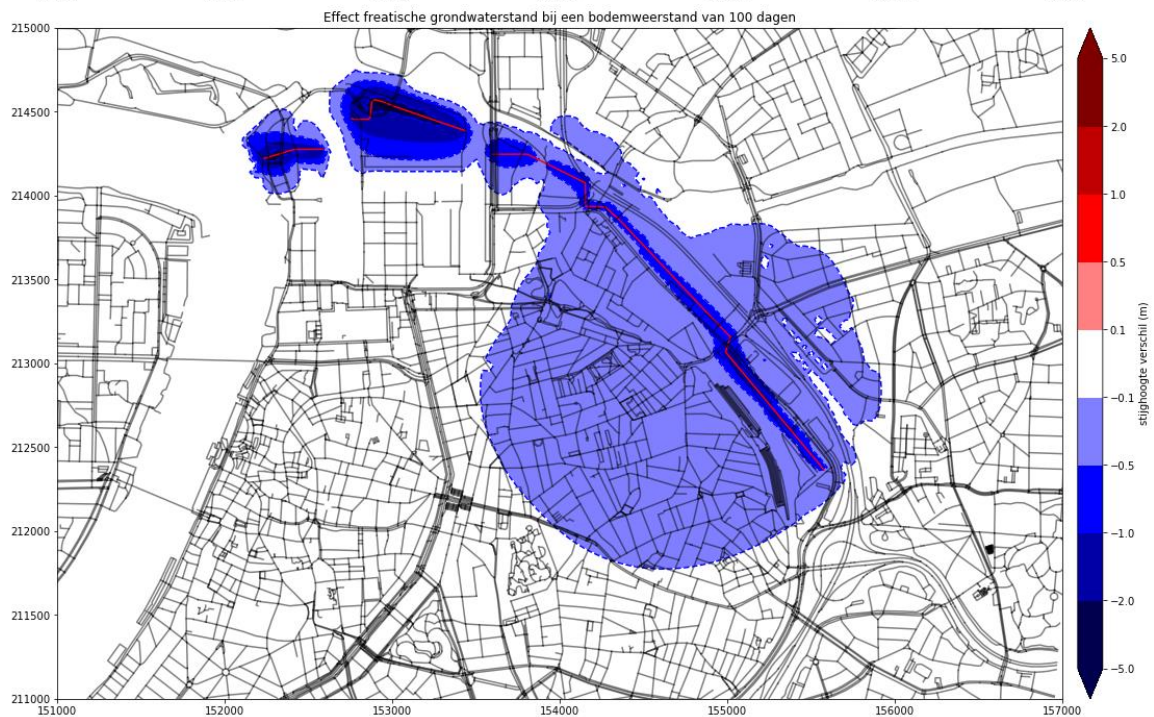
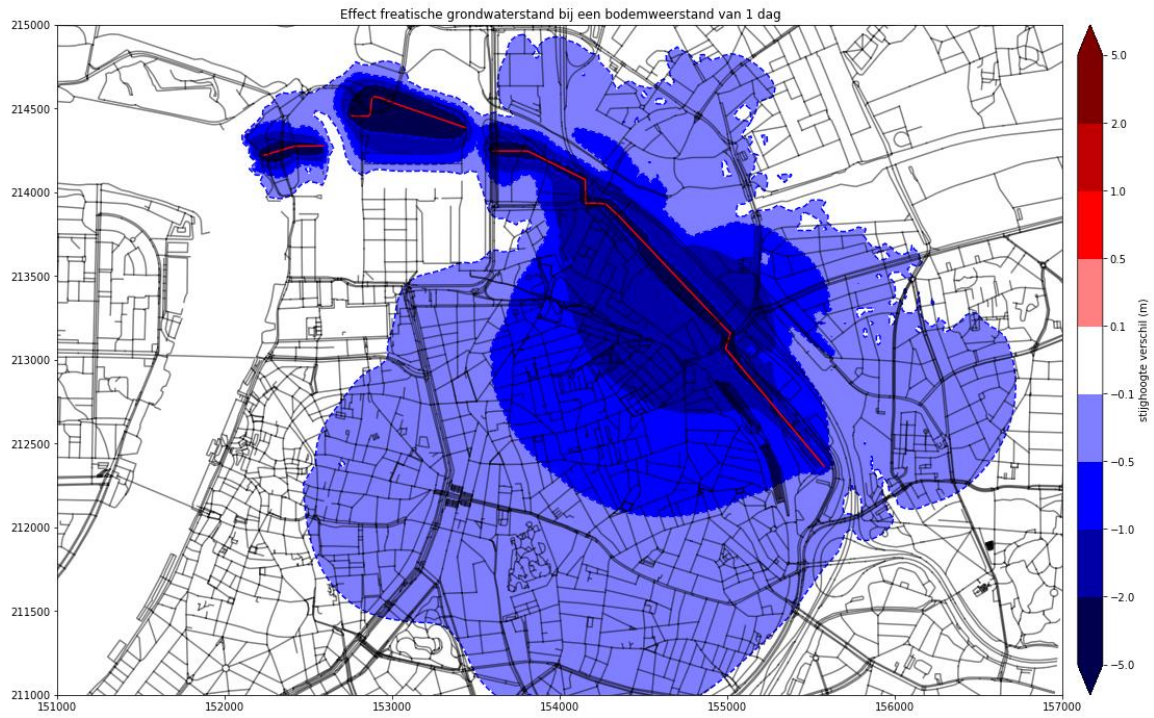
In appendix VI is verder rekening gehouden met een geschatte kost van 8 M EUR.

## 5 REFERENTIES

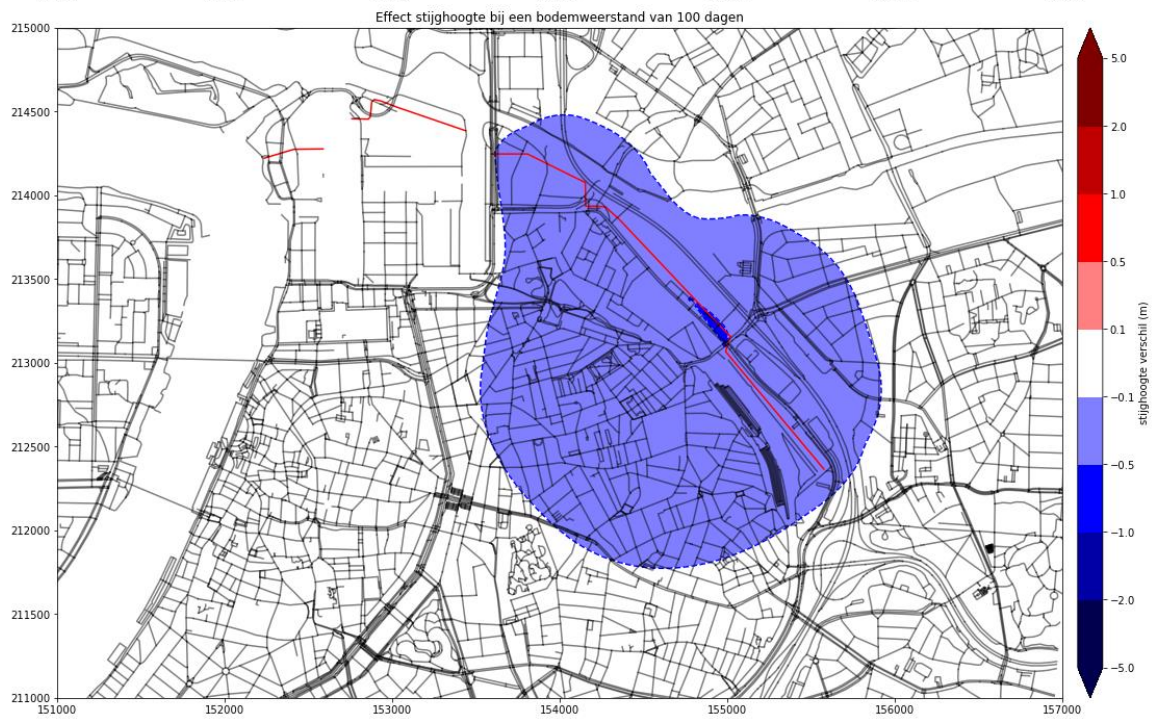
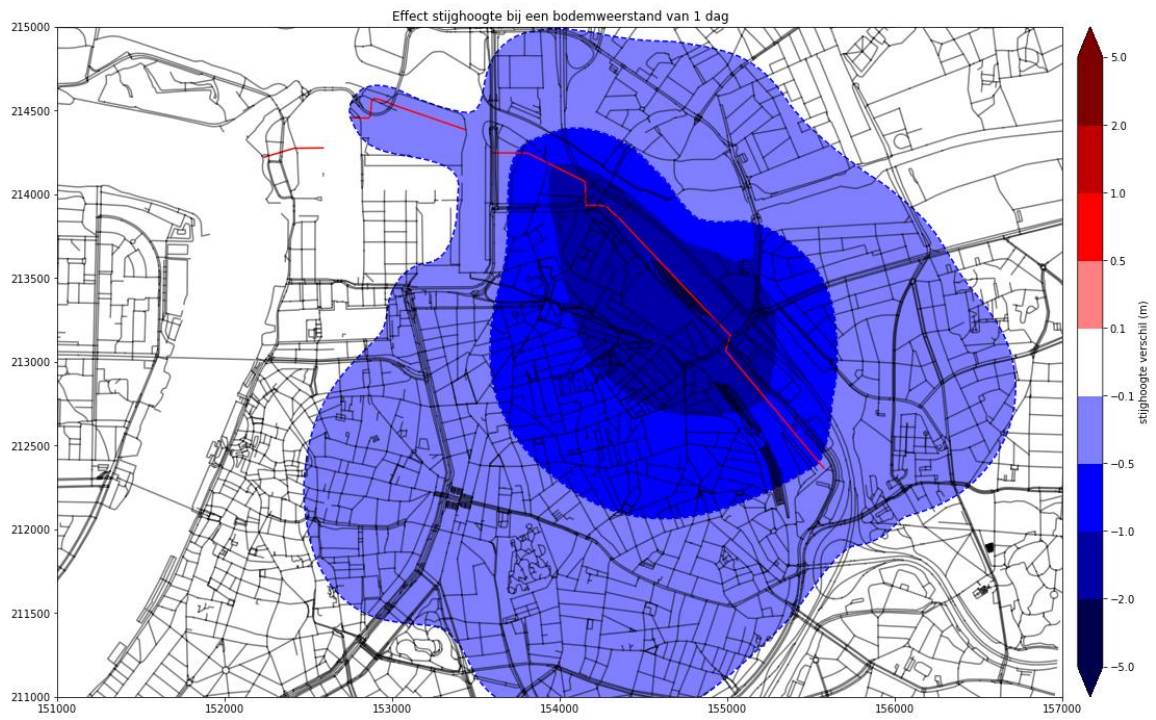
- 1 Plan-MER Oosterweelverbinding - Deelrapport 5: Discipline bodem en grondwater, Antegroep, januari 2014.
- 2 Bodem en grondwaterkaart, Stad Antwerpen, geraadpleegd via:  
<http://stadantwerpen.maps.arcgis.com/apps/CompareAnalysis/index.html?appid=949f0df802d24ae2886a230996cbb9b9> op 7 december 2017.



## BIJLAGE: MODELRESULTATEN VARIANT 1



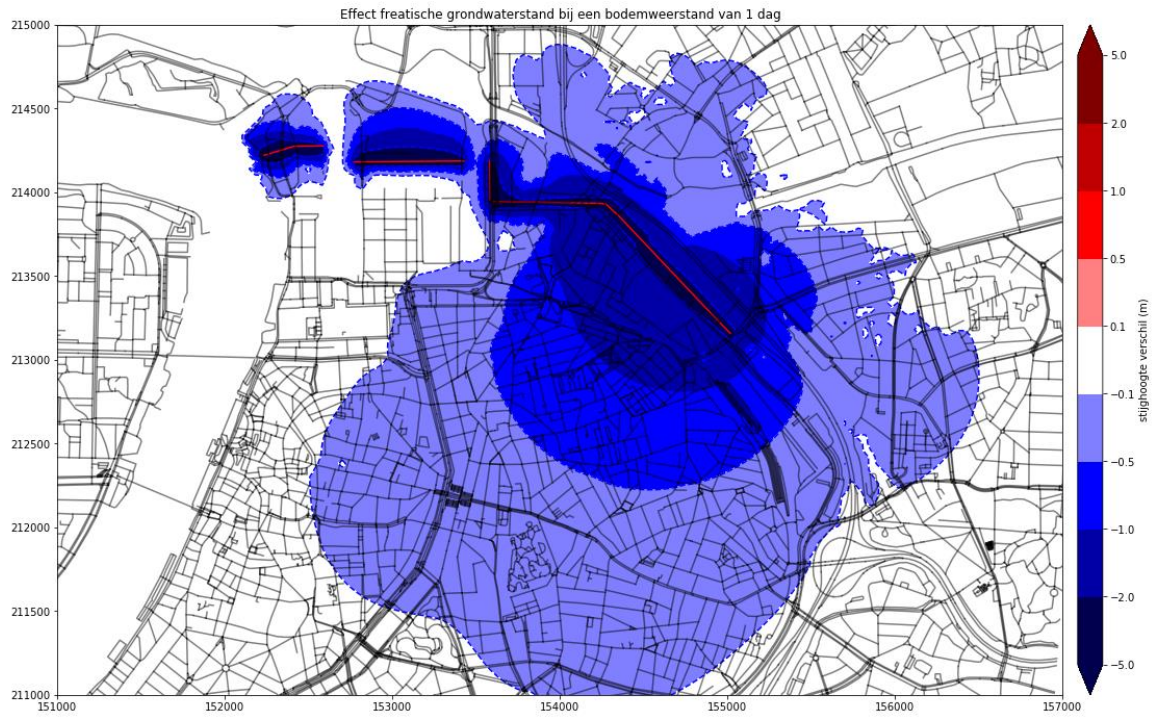




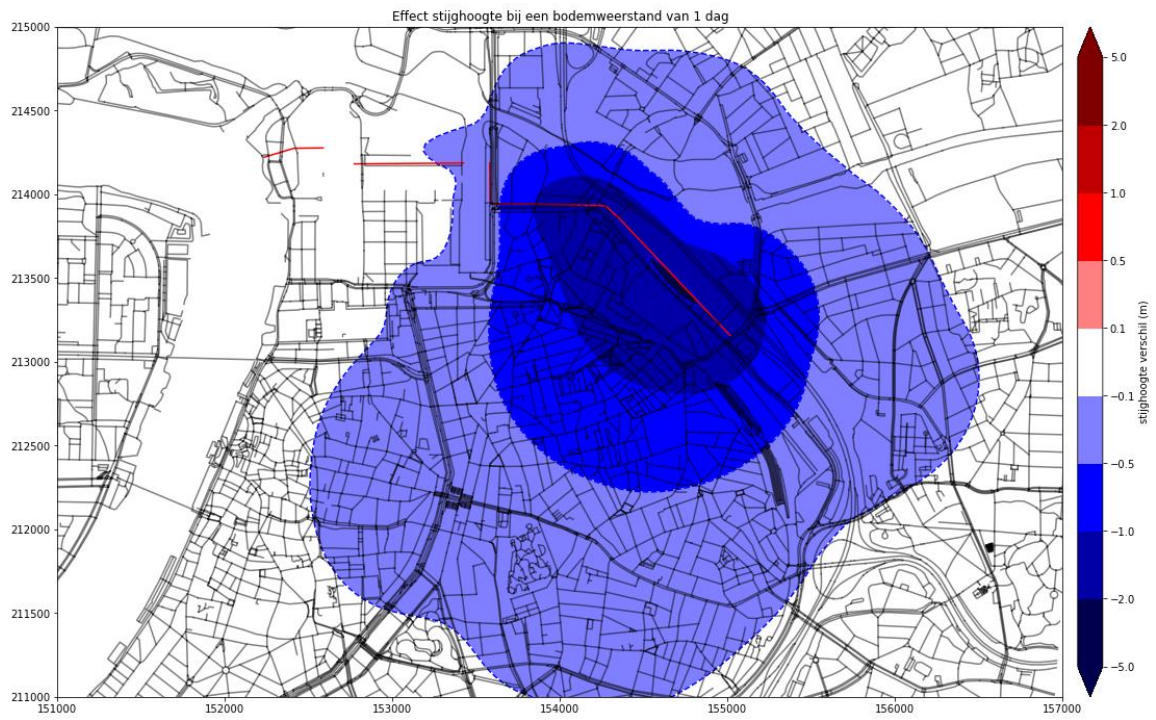


# II

## BIJLAGE: MODELRESULTATEN VARIANT 2



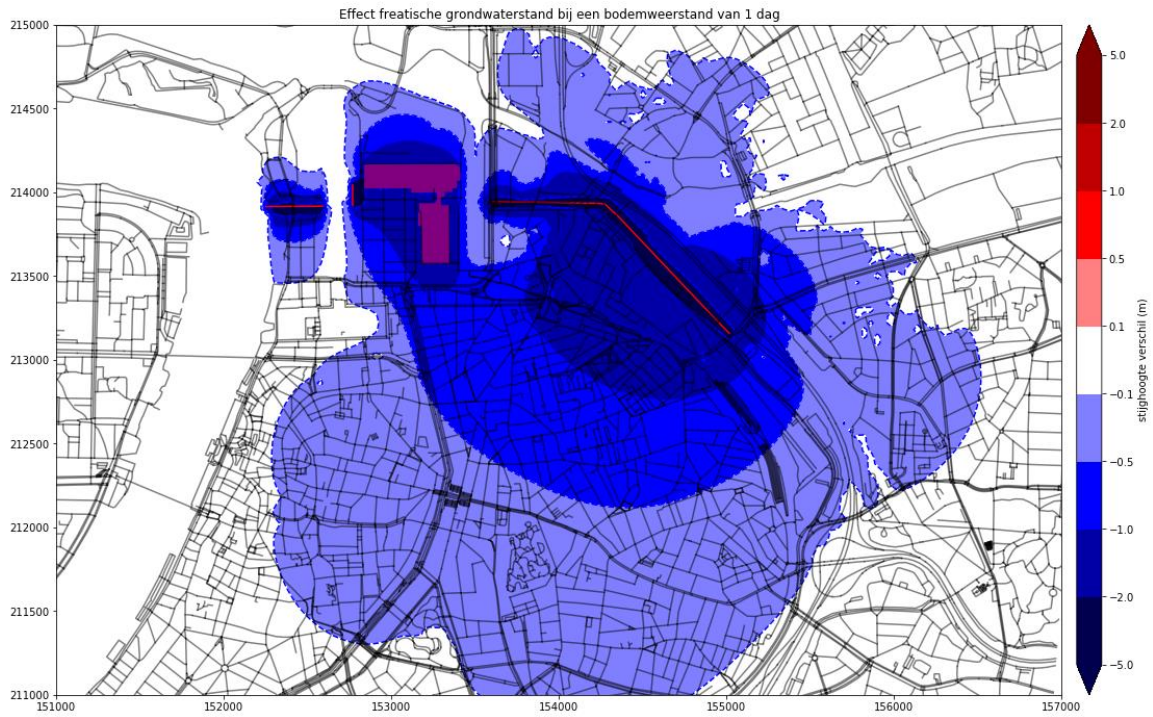




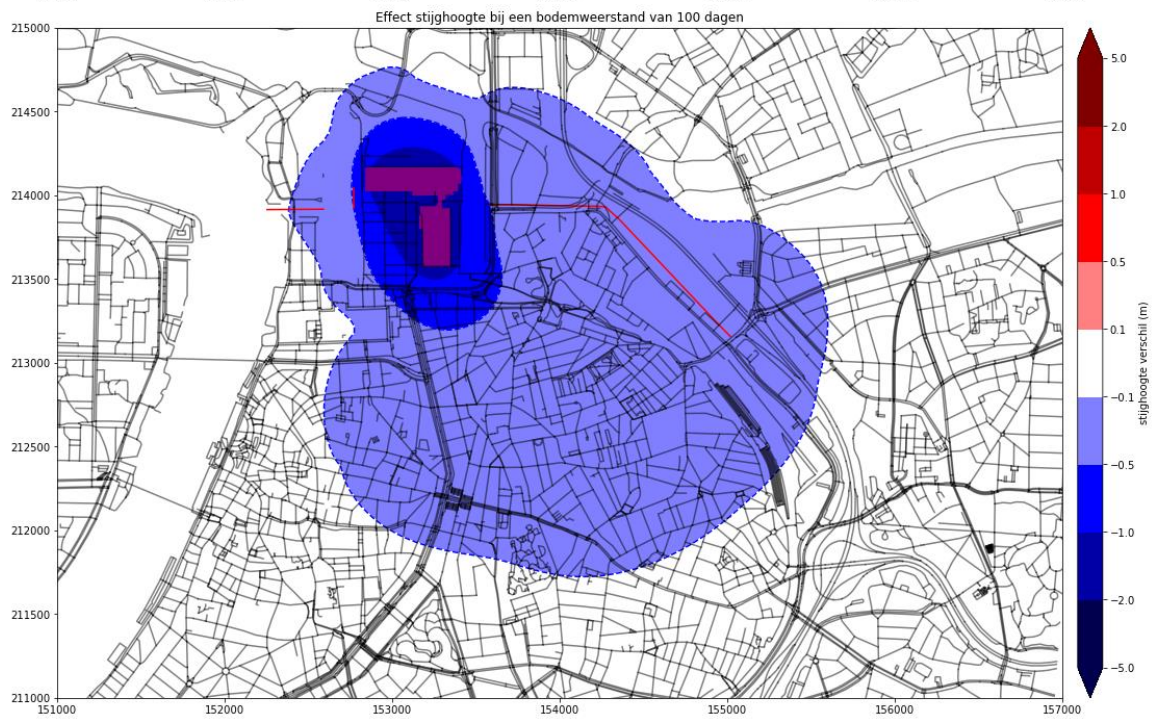
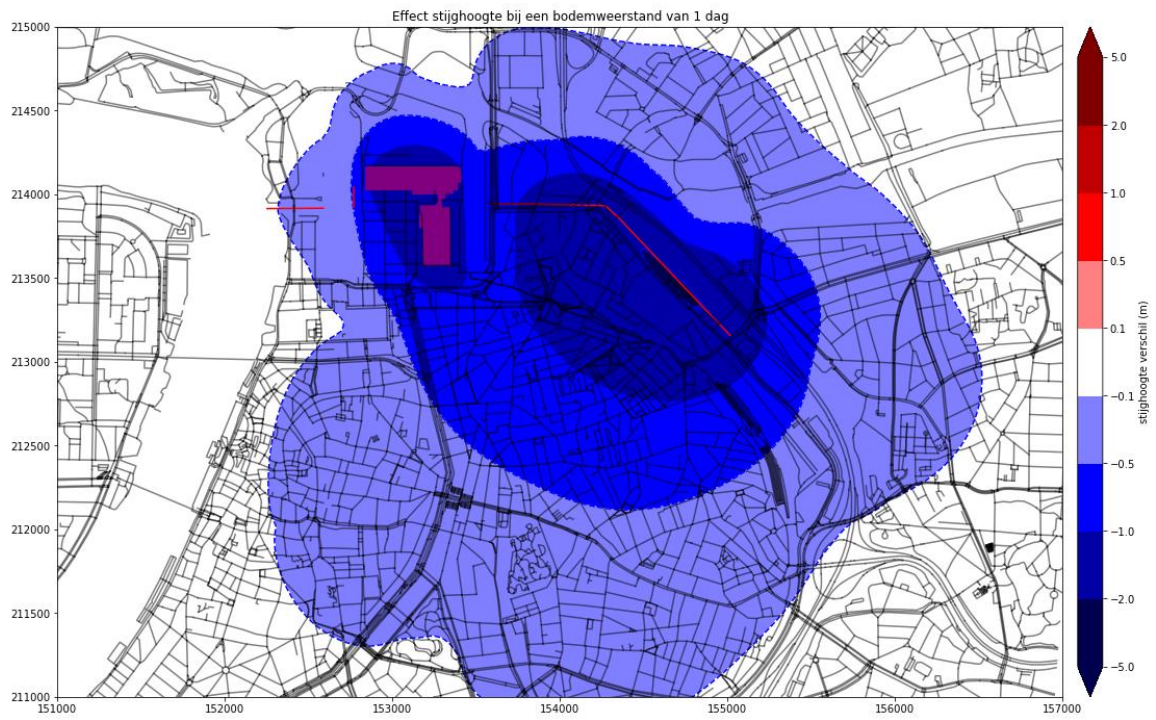


# III

## BIJLAGE: MODELRESULTATEN VARIANT 3













## BIJLAGE IV



## NOTITIE

---

Onderwerp	Hittestudie
Project	Haalbaarheidsstudie Schijn Scheldeverbinding
Opdrachtgever	Stad Antwerpen en Vlaamse Milieumaatschappij (VMM)
Projectcode	BELA740-1
Status	Definitief
Datum	27 februari 2018
Referentie	BELA740-1/jook2/031
Auteur(s)	ir. Ronald Groen, Sofie Depauw, ir. Thomas Alderweireldt
Gecontroleerd door	Sofie Depauw
Goedgekeurd door	Sofie Depauw
Paraaf	

Bijlage(n)	-	
Aan	-	-
Kopie	-	-

---

## 1 INLEIDING

Als onderdeel van de haalbaarheidsstudie Schijn Scheldeverbinding is in de loop van het ontwerpproces een hittestudie uitgevoerd. Deze studie is gericht op het kwalitatief in beeld brengen van het stedelijke hitte-eilandeffect (UHI<sup>1</sup>) in Antwerpen Noord en de invloed van een nieuwe Schijn Scheldeverbinding op het UHI. Deze notitie beschrijft de werkwijze, uitgangspunten en resultaten van de hittestudie.

---

<sup>1</sup> Urban Heat Island effect.

## 2 BEOORDELING VAN HITTE IN STEDELIJKE GEBIEDEN

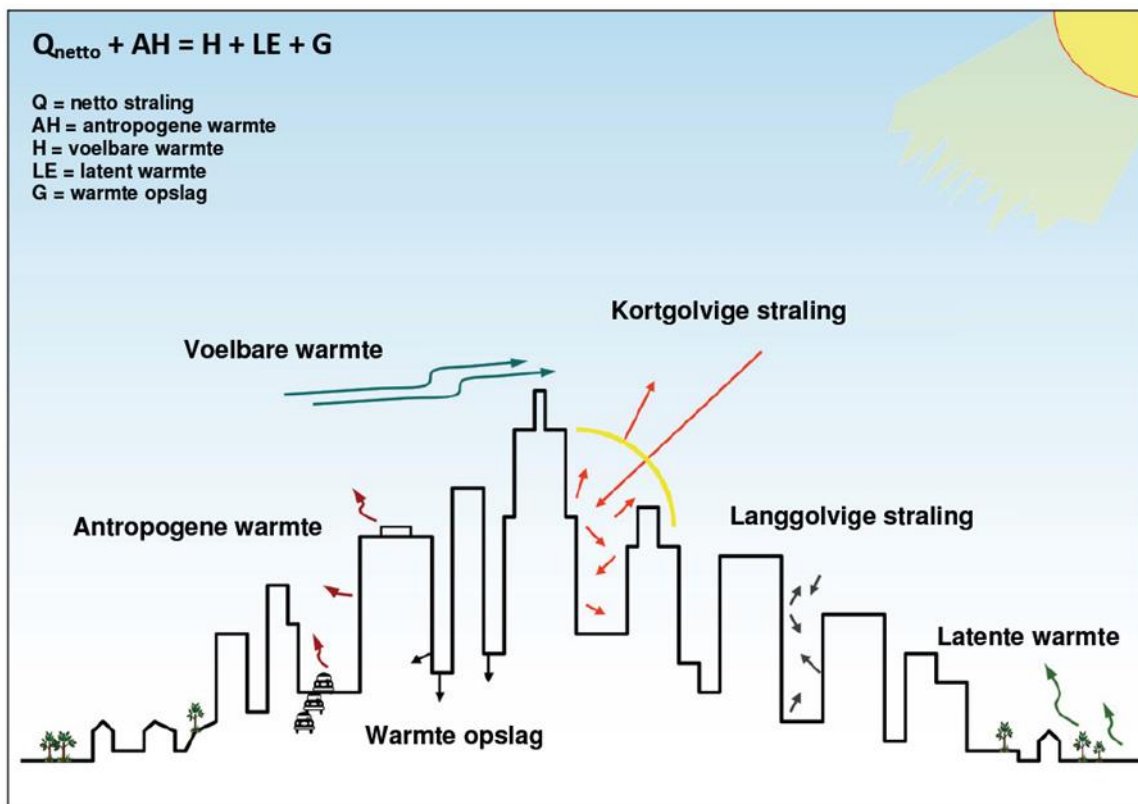
### 2.1 Invloed van stedelijke omgeving op hitte

De temperatuur in de stad tijdens een hittegolf wordt voor een belangrijk deel bepaald door weersomstandigheden, welke zich op veel grotere schaal afspelen. Deze oorzaak van hitte(golven) is niet beïnvloedbaar door maatregelen in een stad. Klimaatscenario's tonen aan dat in de toekomst hittegolven vaker zullen voorkomen, langer zullen duren en in kracht zullen toenemen. Dit betekent dat hittestress in steden een groot risico vormt en dus vaker zal optreden in de toekomst.

Door de bebouwing is het in een stad warmer dan op het omliggende platteland waardoor stadsbewoners worden blootgesteld aan hogere temperaturen wat gezondheidsrisico's met zich meebrengt. Door het lage weerkaatsingvermogen van een stad wordt veel inkomende warmtestraling geabsorbeerd en zorgt de gebouwde omgeving dat de uitgaande warmtestraling niet snel wordt uitgestraald naar de atmosfeer, maar 'gevangen' blijft in de straat (zie afbeelding 2.1). Deze en andere factoren leiden er toe dat de voelbare warmte in een stad hoger is dan op het platteland: dit is het hitte-eilandeffect of 'urban heat island'-effect (UHI). Hierdoor is het in steden warmer dan in de rurale omgeving; vooral 's avonds en 's nachts is het met gemak vijf tot acht graden warmer.

De inrichting van de stedelijke omgeving bepaalt de sterkte van het UHI. Met name groenvoorzieningen hebben een grote invloed op de hoeveelheid warmte die in de wijk wordt vastgehouden. De invloed van water is meer divers, maar het zorgt er in ieder geval voor dat groenvoorzieningen ook groen kunnen blijven tijdens langdurige periodes van droogte en hitte.

Afbeelding 2.1 Energiebalans voor stedelijke omgeving, van invloed op het UHI (bron: Tijdschrift Milieu, september 2015, Welke adaptieve maatregelen verminderen hittestress?)



## 2.2 Lokale blootstelling aan hitte

De gezondheidsrisico's die tijdens hittegolven optreden zijn wetenschappelijk solide aangetoond. Er is een duidelijke relatie tussen exceptioneel hoge temperaturen (dit is relatief in iedere klimaatzone) en sterftcijfers. Sterfte wordt gezien als het topje van de piramide van gezondheidseffecten, een sterftetoename is representatief voor de overige effecten.

De lokale blootstelling hangt af van de economische functies en de doelgroepen binnen het plangebied. Het plangebied zal bestaan uit een mix van wonen, werken en maatschappelijke functies (gevoelige bestemmingen). Hittestress uit zich op veel verschillende manieren:

- toename van sterftetekans onder inwoners (met name ouderen);
- toename ziekenhuisopnames en spoedeisende hulp (direct of indirect hitte-gerelateerd);
- vermindering van arbeidsproductiviteit;
- thermisch discomfort, gedragsaanpassingen.

In de beoordeling van hitte (zie onderstaande paragraaf) is het goed mogelijk om onderscheid te maken in de verblijfplaatsen van meer of minder kwetsbare doelgroepen. Met name de sterftetekans en ziekenhuisopnames vormen aandachtspunten waarop het beleid gericht moet zijn het te verminderen, aangezien dit de leefomgevingskwaliteit (gezondheidsrisico's) betreft en een belasting vormt op de lokale hulpvoorzieningen zoals spoedeisende hulp. De vermindering van arbeidsproductiviteit zal door bedrijven zelf gevoeld worden en worden aangepakt. Daarop kan de Stad stimuleren in het voorkomen van excessieve opwarming in de wijk, zodat mechanische koeling (airco's) kan worden verminderd (energieverbruik). Het thermisch discomfort en eventuele gedragsaanpassingen verschillen sterk van persoon tot persoon en is daarmee lastig in beleid te vangen. Dit is echter ook te relateren aan de mobiliteit/bewegingsvrijheid van personen. Deze zal minder zijn wanneer personen ouder of zwakker zijn, of anderszins locatiegebonden zijn. Langs die weg is het beleid gericht op de verblijfplaatsen van kwetsbare groepen hier ook effectief.

## 2.3 Beoordeling van hitte (UCAM-methode)

De stedelijke omgeving zorgt dus voor extra hitte en daarmee voor hogere gezondheidsrisico's tijdens hittegolven. De mate waarin is afhankelijk van de fysieke eigenschappen van een wijk en is dus beïnvloedbaar door maatregelen die in een wijk worden toegepast. Dit betekent dat een beoordeling in ruimtelijke planvorming mogelijk is en ook dat het zinvol is om in planvorming rekening te houden met het aspect hitte.

De etmaalgemiddelde temperatuur is een goede indicator voor gezondheidseffecten. Dit representeert zowel de hitte overdag als (het gebrek aan) afkoeling 's nachts. Met name de verminderde afkoeling zorgt ervoor dat mensen minder goed herstellen en vatbaar worden voor hitte. Voor een deel is de stedelijke omgeving hierin bepalend, namelijk het UHI. Het etmaalgemiddelde UHI is daarom maatgevend voor de verhoogde gezondheidsrisico's in stedelijke gebieden (ten opzichte van rurale gebieden).

Witteveen+Bos heeft samen met de WUR (Meteorologie en luchtkwaliteitgroep van Wageningen Universiteit) en het Nederlandse KNMI een standaardrekenmethode ontwikkeld waarmee hitte in een specifieke wijk relatief eenvoudig in beeld wordt gebracht en beoordeeld. Hiermee kunnen de besluitvorming en afwegingen in de ruimtelijke ordening ten aanzien van stedelijke hitte worden ondersteund. Deze methode is bekend als de UCAM-methode (UCAM staat voor Urban Climate Assessment & Management).

De gehanteerde beoordeling van hitte in UCAM is gestoeld op de richtlijnen voor ozon. De wijze waarop en de mate waarin de risico's van hittestress optreden zijn namelijk goed vergelijkbaar met die van ozon. Het gaat om een piekbelasting (gedurende enkele dagen) met drempelniveaus die afhankelijk zijn van doelgroepen (kwetsbaarheid).



In tabel 2.1 zijn de verschillende categorieën van hittestress beschreven, welke als ambitieniveau in het beleid kan worden opgenomen en objectief kan worden vastgesteld.

Tabel 2.1 Categorieën voor de beoordeling van hittestress (UCAM-methode)

categorie	etmaalgemiddelde UHI (°C)	Omschrijving	
0.	0 - 1	comfortabel	geen invloed, geen extra risico's van de gebouwde omgeving
I.	1 - 2	acceptabel	beperkt extra risico door bebouwingsinvloed (acceptabel tot 25 dagen per jaar)
II.	2 - 3	risicovol	extra risico door bebouwingsinvloed (vergelijkbaar met overschrijding informatiedrempel ozon)
III.	> 3	onacceptabel	extra risico door bebouwingsinvloed (vergelijkbaar met overschrijding alarmdrempel ozon)

Concreet houden de categorieën als volgt in:

- de categorieën 0 en I (blauw en groen) houden in dat geen tot beperkte verhoging van gezondheidsrisico's optreden ten opzicht van landelijke gebieden<sup>1</sup>. De hittegolf wordt niet of nauwelijks versterkt door de bebouwde omgeving, waardoor reguliere waarschuwingen door het RIVM afdoende zijn (nationaal hitteplan);
- categorie II (geel) betekent dat de bebouwde omgeving de hittegolf zodanig versterkt, dat verhoogde risico's optreden (sterftekans, ziekenhuisopnamen, hittestress, discomfort) die in ernst vergelijkbaar zijn met een overschrijding van de informatiedrempel voor ozon. Met name voor kwetsbare doelgroepen zoals ouderen en jonge kinderen zijn aanpassingen in gedrag of omgeving noodzakelijk, zoals een aangepast lokaal hitteplan, tijdige waarschuwingen en extra zorg (verkoeling, extra drinken). Preventieve oplossingen zijn te behalen middels verbeteringen in de wijk, zoals meer groen in de omgeving;
- de zwaarste categorie III (rood) betekent dat de gezondheidsrisico's van hittegolven worden verdubbeld ten opzichte van landelijk gebied. De gezondheidsimpact is wat sterftekans betreft vergelijkbaar met de overschrijding van de alarmdrempel voor ozon. Voor alle doelgroepen zijn gedragsaanpassingen noodzakelijk.

De ruimtelijke beoordeling van hitte dient rekening te houden met de economische functies in de wijk. Op locaties waar mensen zowel dag en nacht verblijven, zijn de categorieën toepasbaar. Locaties met horeca en andere recreatieve functies kunnen juist baat hebben bij een verhoogde temperatuur in de avond.

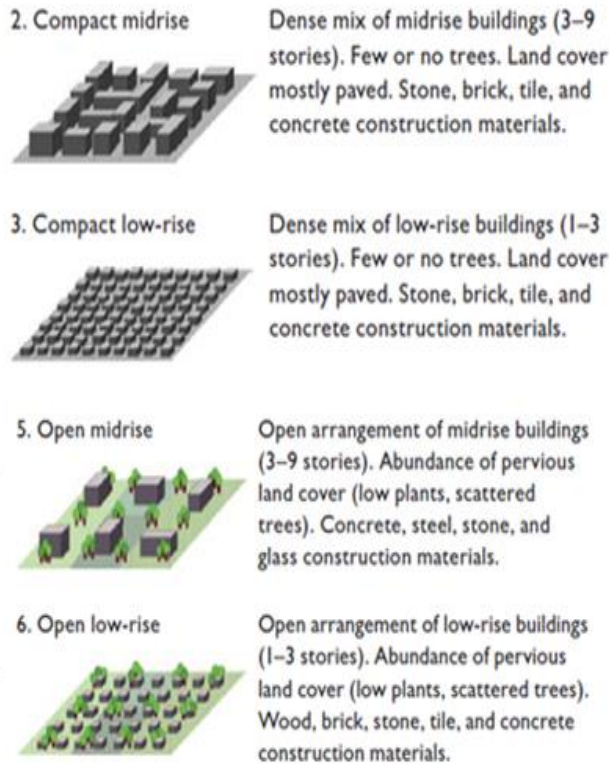
### 3 WERKWIJZE EN UITGANGSPUNTEN HITTESTUDIE

#### 3.1 Rekenmethode UCAM

De berekeningen zijn uitgevoerd volgens de UCAM-methode. De resultaten geven een beeld van de temperatuur voor verschillende Local Climate Zones (LCZ) tijdens een gemiddelde hittegolfdag. De LCZ, zoals hieronder afgebeeld, combineren verschillende wijkenmerken in verschillende wijktypes.

<sup>1</sup> Belangrijk om op te merken: bij hittegolven treden altijd gezondheidsrisico's en hittestress op, ook in landelijke gebieden. In bebouwde gebieden vindt een verhoging van de risico's plaats, welke hier beoordeeld wordt.

Afbeelding 3.1 Overzicht van de Local Climate Zones



Voor de hittestudie zijn de wijkenmerken van Antwerpen Noord geïnventariseerd op basis van beschikbare gegevens en kaartmateriaal. Aan de hand van de wijkenmerken is met behulp van interpolatie het effect op de temperatuur worden bepaald.

De wijkenmerken worden op een schaalniveau van 100 x 100 meter bepaald, dit is het schaalniveau waarop verschillende omgevingsfactoren bijdragen aan het UHI. Een kleiner schaalniveau is vanwege de menging (turbulentie) van de lucht niet nodig en bovendien wetenschappelijk gezien ook niet gerechtvaardigd.

In de hitteberekening wordt rekening gehouden met de volgende wijkenmerken:

- bebouwingsdichtheid en -hoogte;
- groenoppervlakte;
- weerkaatsingsvermogen (albedo) van daken;
- weerkaatsingsvermogen (albedo) van muren;
- weerkaatsingsvermogen (albedo) van wegen;
- door de mens geproduceerde (antropogene) warmte zoals energieverbruik van gebouwen en verkeer;
- wateroppervlakte, in dit model worden wateroppervlaktes geïmplementeerd als zijnde 50% groenoppervlakte.

Het weerkaatsingsvermogen van elk element wordt bepaald op basis van de LCZ, zoals hierna weergegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1 Overzicht van de gebruikte albedo-waardes

Local Climate Zone	Dakalbedo	Muuralbedo	Wegalbedo
compact lowrise	0.22	0.25	0.30
compact midrise	0.08	0.25	0.30
low rise	0.22	0.30	0.30
low mid rise	0.08	0.25	0.15
rijwoningen	0.22	0.30	0.30

Voor het bepalen van het percentage groenoppervlakte is een inschatting gemaakt via Google Maps en Google Streetview. Verder is verondersteld dat de nieuw aangelegde groenzones 100 % begroeide oppervlakte omvatten.

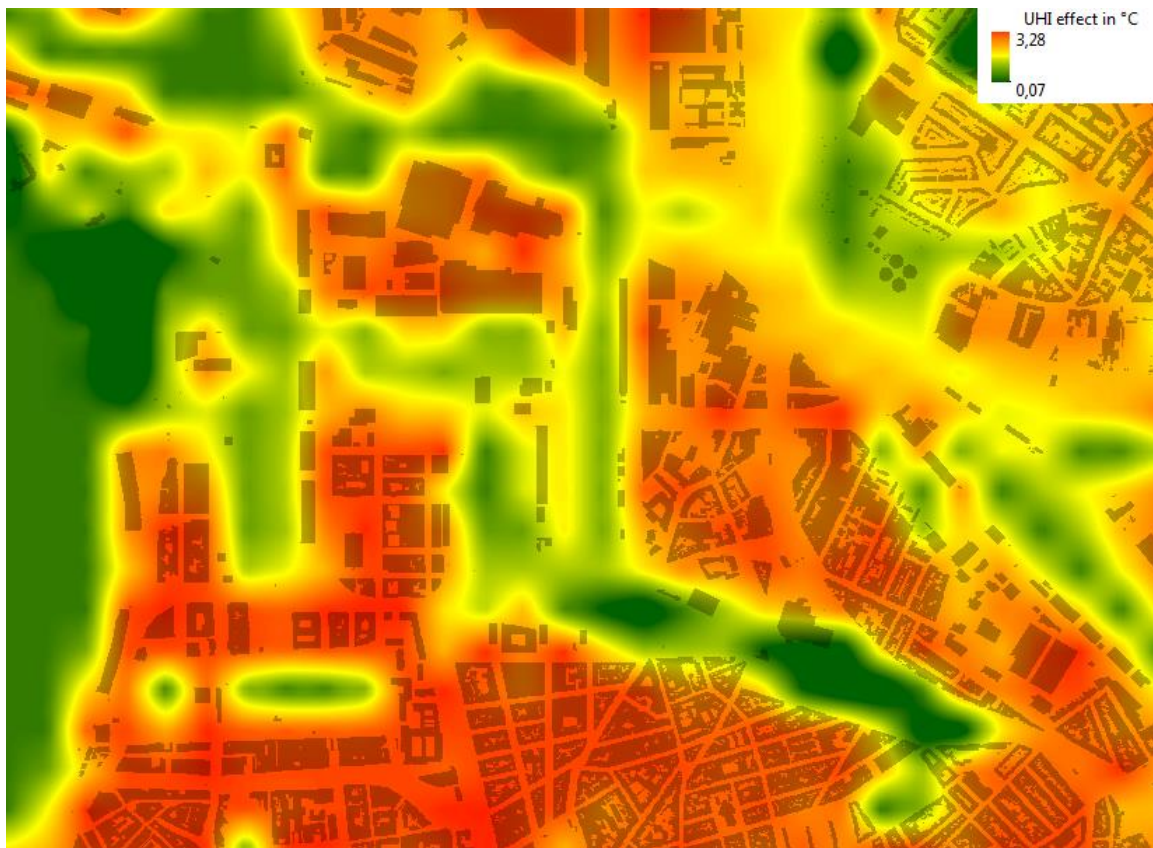
## 4 RESULTATEN

### 4.1 Urban Heat Island

#### 4.1.1 Huidige en geplande toestand zonder Schijn-Scheldeverbinding

Het berekende Urban Heat Island-effect (UHI) in de huidige toestand is weergegeven in onderstaande figuur. In deze afbeelding is de toekomstige ontwikkeling van het Droogdokkenpark reeds opgenomen. De toekomstige inrichting op het tunneldak van Oosterweel is niet meegenomen.

Afbeelding 4.1 Etmaalgemiddelde temperatuurverhoging, UHI (°C), huidige toestand



Het is duidelijk dat het Droogdokkenpark en Park Spoor Noord bijdragen aan een aanzienlijke vermindering van de temperatuur. Ook de waterelementen zoals het Albertkanaal en de dokken dragen bij aan de hittedeductie. Echter de woonwijken blijven door hun dichte bebouwing problematische gebieden. Het is net in deze zones dat de meeste mensen wonen en werken.

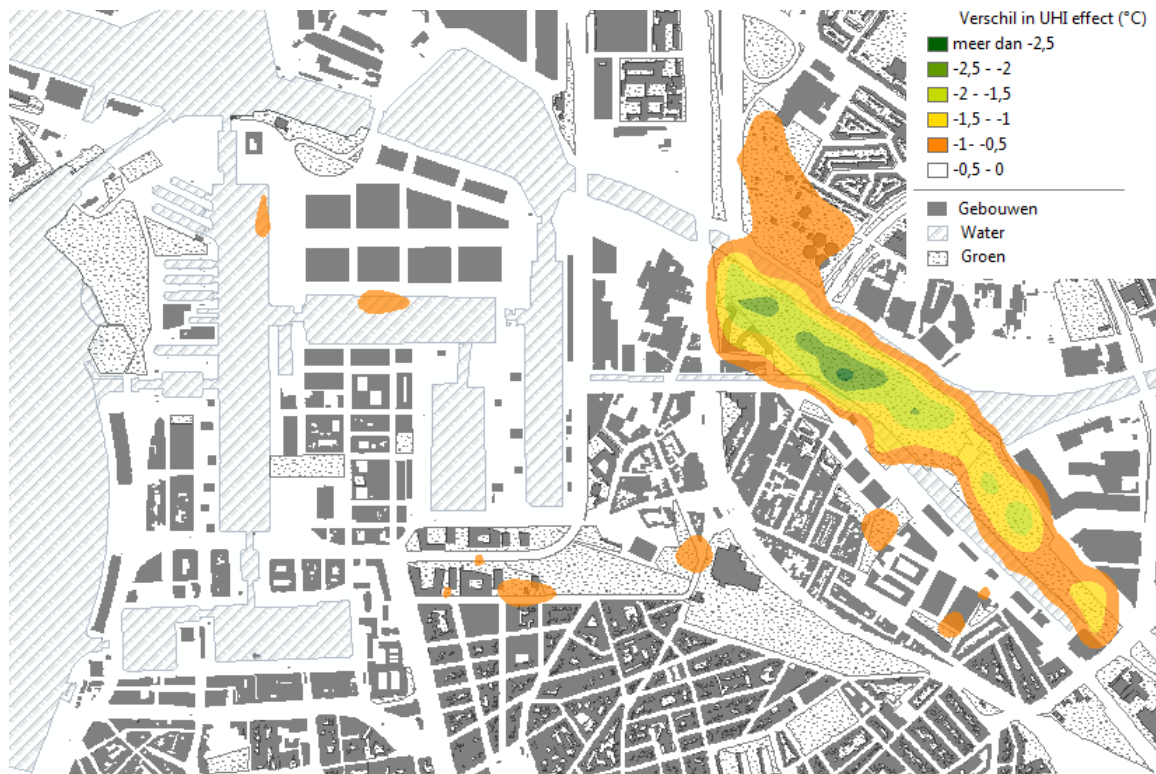
Momenteel worden reeds een aantal zones in Antwerpen Noord herontwikkeld. Deze zones, zoals de Slachthuisite en de Cadixwijk, zijn in een tweede scenario van het model opgenomen. Daarnaast is ook het Oosterweelproject in het model gebracht. Er wordt vanuit gegaan dat het dak van de tunnel wordt ingericht als groenzone. In figuur 4.2 zijn de nieuwe modelresultaten weergegeven. Figuur 4.3 toont het verschil in temperatuur tussen de bestaande toestand en de geplande toestand.

Afbeelding 4.2 Etmaalgemiddelde temperatuurverhoging, UHI (°C), geplande toestand zonder Schijn-Scheldeverbinding





Afbeelding 4.3 Afname van de gemiddelde temperatuur (vergelijking huidige en geplande toestand zonder Schijn-Scheldeverbinding)



De geplande ontwikkelingen in de noordrand van Antwerpen resulteren in een lichte daling in UHI-effect doordat er meer open bebouwing en groenzones worden voorzien. De realisatie van de Oosterweelverbinding zorgt voor een zeer duidelijke daling in temperatuur. Deze beperkt zich niet enkel tot de betreffende groenzone, maar heeft ook een impact op de omliggende wijken, zoals bijvoorbeeld Steenborgerweert.

#### 4.1.2 Geplande toestand met Schijn-Scheldeverbinding

De berekende etmaalgemiddelde temperatuurverhoging in de noordrand van Antwerpen, ten opzichte van het rurale gebied, is gemodelleerd voor de drie verschillende ontwikkelrichtingen van de Schijn-Scheldeverbinding<sup>1</sup>. De resultaten zijn weergegeven in de afbeeldingen 4.4, 4.6 en 4.8. De kleuren geven, op basis van de wijkenmerken, aan in welke mate delen van Antwerpen Noord onderhevig zijn aan het UHI-effect. Het feitelijke temperatuurverschil tussen de bestaande toestand en de drie ontwikkelingsrichtingen is weergegeven in figuur 4.5, 4.7 en 4.7. Het Droogdokkenpark en de toekomstige inrichting over de Oosterweelverbinding is in deze modellering gedefinieerd als uitgangspunt.

<sup>1</sup> Tijdens het uitvoeren van de hittestudie waren er nog vier Schijn Scheldescenario's in het ontwerpend onderzoek van de haalbaarheidsstudie. Op basis van de inzichten ontwikkeld in deze kwantitatieve analyse zijn de finale drie ontwikkelingsrichtingen voor een nieuwe Schijn Scheldeverbinding beoordeeld met expert judgement.

### Ontwikkelrichting Parkensysteem

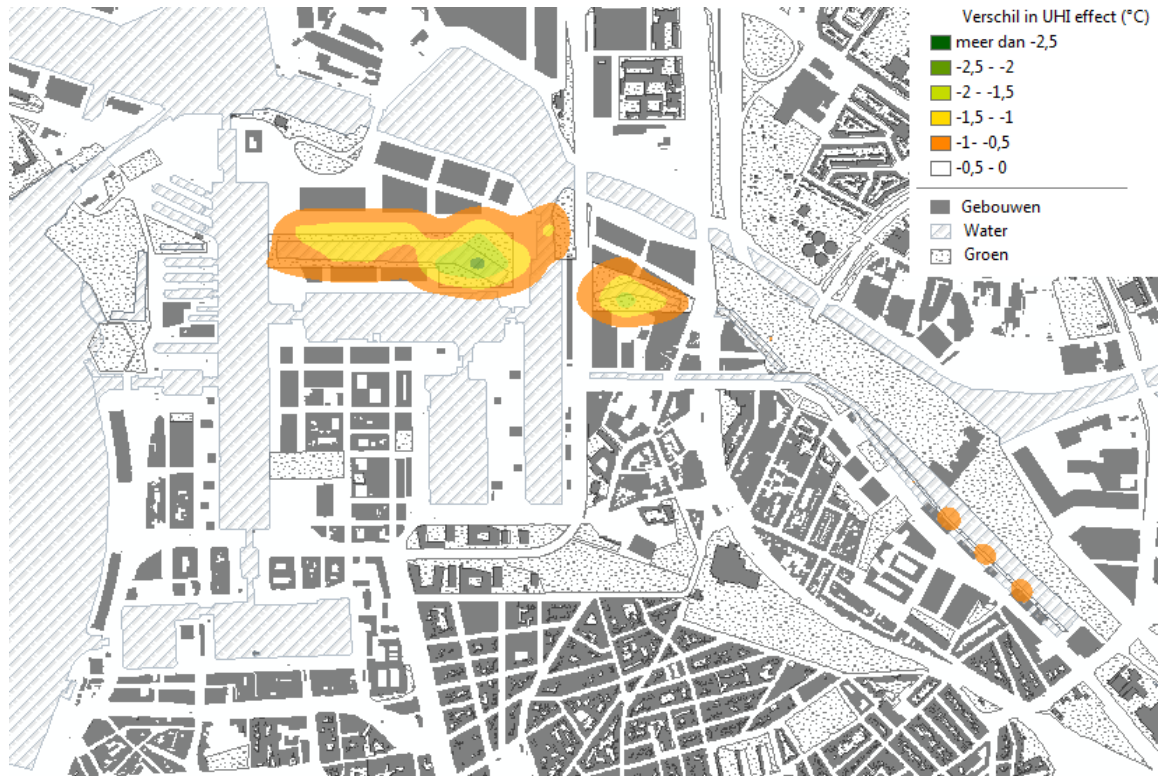
Zoals te verwachten is de daling van het UHI-effect duidelijk merkbaar op de plaatsen waar verstedelijkt gebied wordt vervangen door de nieuwe groenblauwe verbinding. Zo is een aanzienlijke temperatuurdaling merkbaar in Mexico eiland en Steenborgerweert. Opvallend is dat de impact van de Schijn-Scheldeverbinding zich niet alleen beperkt tot de herontwikkelde zones met groenblauwe infrastructuur. De Schijn-Scheldeverbinding heeft ook een bepaalde invloedstraal waarbij algemeen een weliswaar beperkte, hittedeductie optreedt in de ruimere omgeving van de Schijn-Scheldeverbinding. Ook de groene dijk tussen het laag en hoog watergedeelte in het Lobroekdok draagt bij aan de hittedeductie.

Afbeelding 4.4 Etmaalgemiddelde temperatuurverhoging, UHI (°C), voor de ontwikkelrichting 'Parkensysteem'





Afbeelding 4.5 Afname van de gemiddelde temperatuur door de ontwikkeling van het 'Parkensysteem'



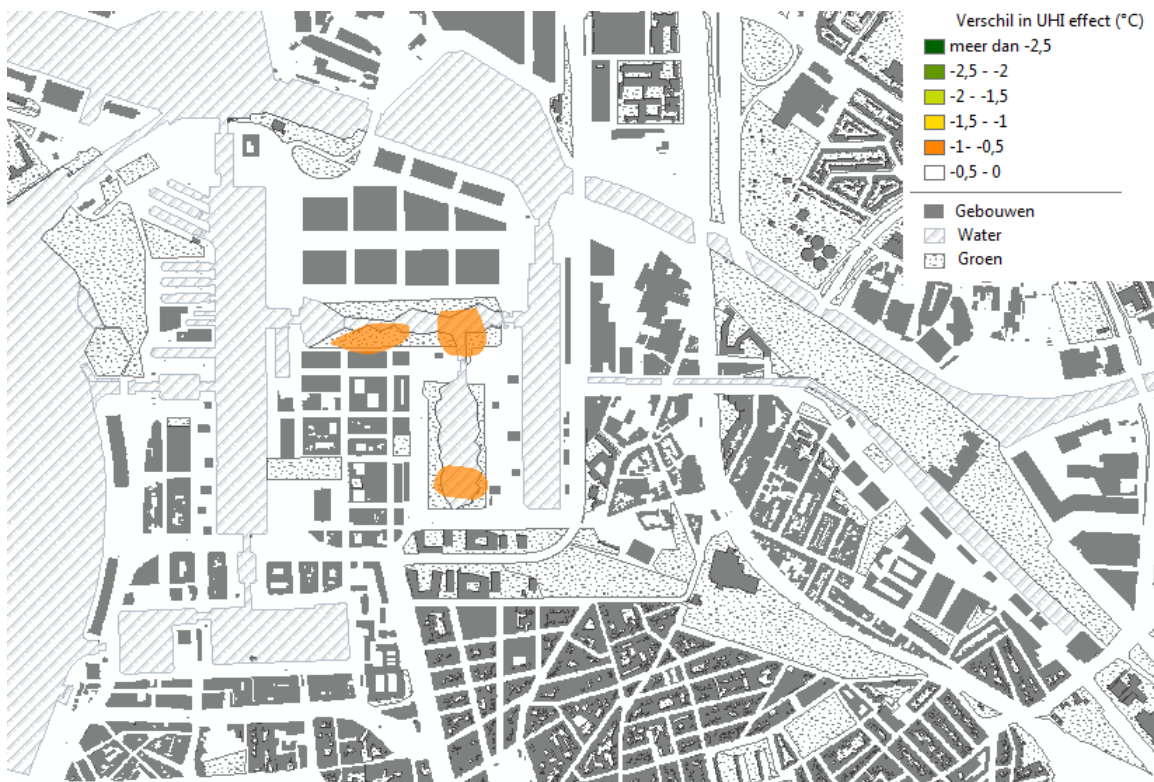
#### Ontwikkelrichting Dokkensysteem

Waar de ontwikkelrichting Parkensysteem de nadruk legt op een beek doorheen het stedelijke weefsel, legt het Dokkenmodel de nadruk op het inschakelen van de bestaande dokken als nieuwe groenblauwe verbinding. Deze dokken worden herinrichting waarbij een deel park en een deel ruimte voor de waterloop ontstaat. De ruimtelijke verandering aan het stedelijke weefsel is minimaal ten opzichte van de reeds geplande ontwikkelingen zonder Schijn-Scheldeverbinding. Dit brengt met zich mee dat enkel in de dokken een wijziging van het UHI-effect waargenomen wordt. Deze verlaging is vrij gering, aangezien slechts een deel van de dokken wordt vervangen door groenzone. Wel dient opgemerkt te worden dat het model geen rekening houdt met stromend of stilstaand water. Belangrijk in dit verband is dat stromend water voor meer verkoeling zorgt dan stilstaand water.

Afbeelding 4.6 Etmaalgemiddelde temperatuurverhoging, UHI (°C), voor de ontwikkelrichting 'Dokkensysteem'



Afbeelding 4.7 Verandering in Etmaalgemiddelde temperatuurverhoging, UHI (°C), door ontwikkeling van het 'Dokkensysteem'



### Ontwikkelrichting gecombineerd Parken- en Dokkensysteem

Het derde en laatste scenario is een combinatie van het Park- en Dokkensysteem. In deze ontwikkelrichting is zowel een hitteductie te verwachten in Steenborgerweert als in de dokken en de nabije omgeving. De Schijn-Scheldeverbinding heeft in dit scenario een kleinere impact op de ontwikkelingen in het Mexico eiland aangezien er binnen het bebouwde weefsel geen ruimte wordt voorzien voor een groenblauwe verbinding.

Afbeelding 4.8 Etmaalgemiddelde temperatuurverhoging, UHI (°C), voor de ontwikkelrichting 'Gecombineerd systeem'





Afbeelding 4.9 Verandering in Eetmaalgemiddelde temperatuurverhoging, UHI (°C), door ontwikkeling van het 'Gecombineerd systeem'



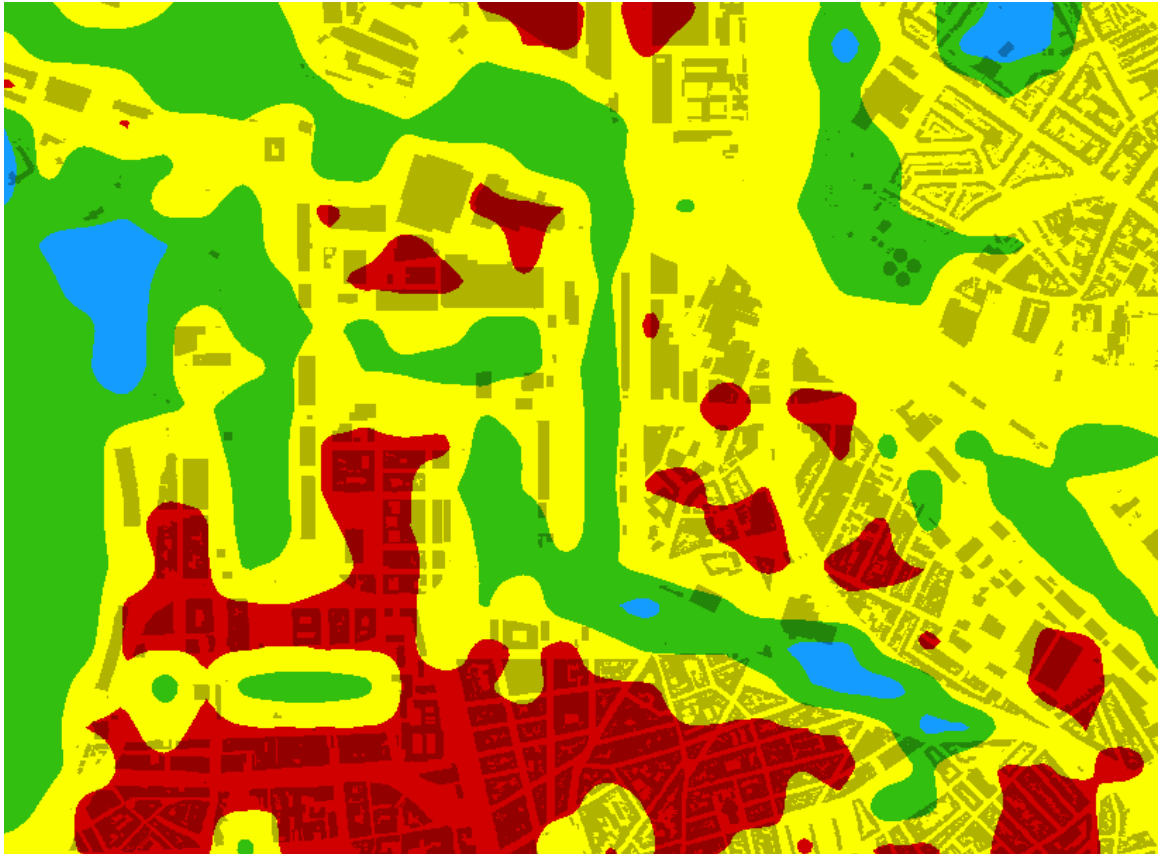
## 4.2 Beoordeling op basis van hitte-index

De hitte-index categoriseert de temperatureffecten waardoor de beoordeling eenvoudiger wordt en bovendien een objectieve duiding geeft. De berekende hitte-index is hierna voor de huidige en de geplande toestand en de vier ontwikkelrichtingen weergegeven in onderstaande kaarten in afbeeldingen 4.11 tot en met 4.14.

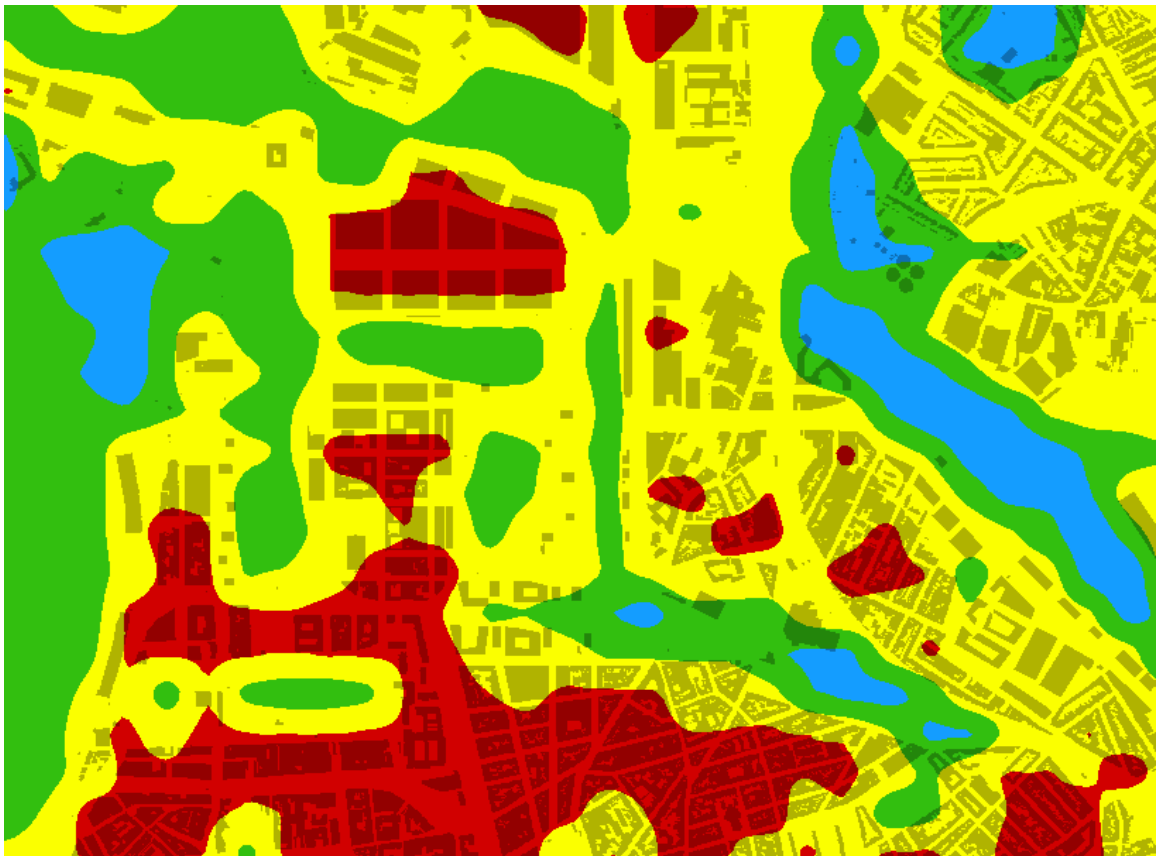
Afbeelding 4.10 Hitte-index

categorie	etmaalgemiddelde UHI (°C)	Omschrijving
0.	0 - 1	comfortabel geen invloed, geen extra risico's van de gebouwde omgeving
I.	1 - 2	acceptabel beperkt extra risico door bebouwinginvloed (acceptabel tot 25 dagen per jaar)
II.	2 - 3	risicovol extra risico door bebouwinginvloed (vergelijkbaar met overschrijding informatiedrempel ozon)
III.	> 3	onacceptabel extra risico door bebouwinginvloed (vergelijkbaar met overschrijding alarmdrempel ozon)

Afbeelding 4.11 Hitte-index voor de huidige toestand



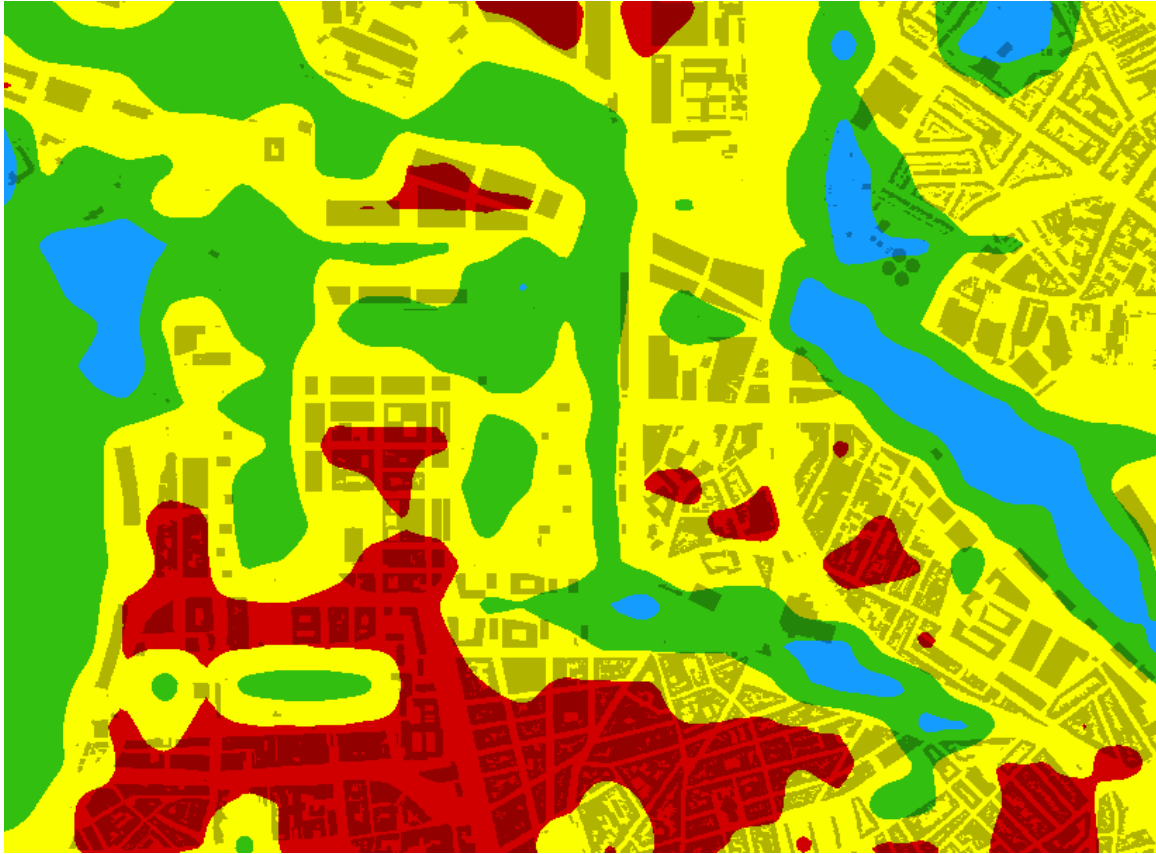
Afbeelding 4.11 Hitte-index voor de geplande toestand





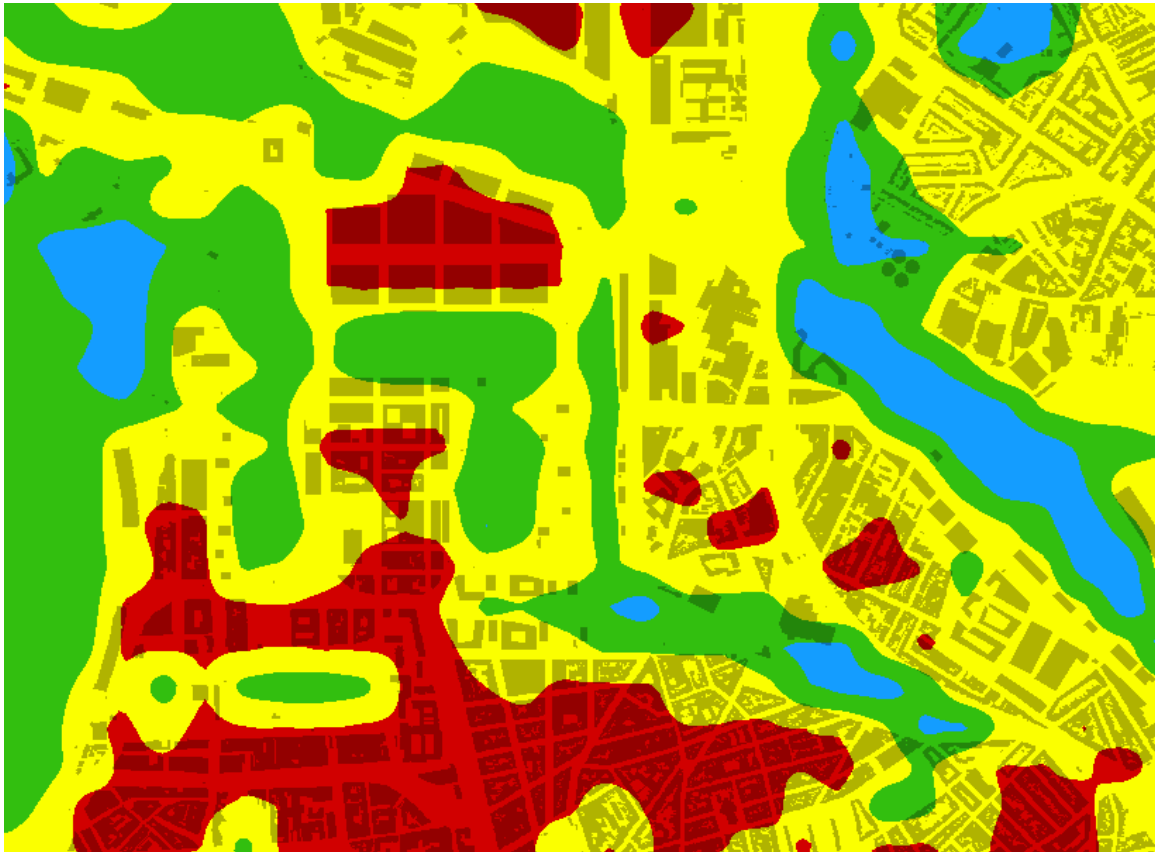
De nieuwe ontwikkelingen van onder andere de Oosterweel- en de Slachthuisite zorgen ervoor dat het noorden van Antwerpen nagenoeg niet meer als onacceptabel wordt gecategoriseerd. De hoogbouw op het Eilandje blijft nog steeds een risicovol gebied.

Afbeelding 4.12 Hitte-index voor de ontwikkelrichting 'Parkensysteem'



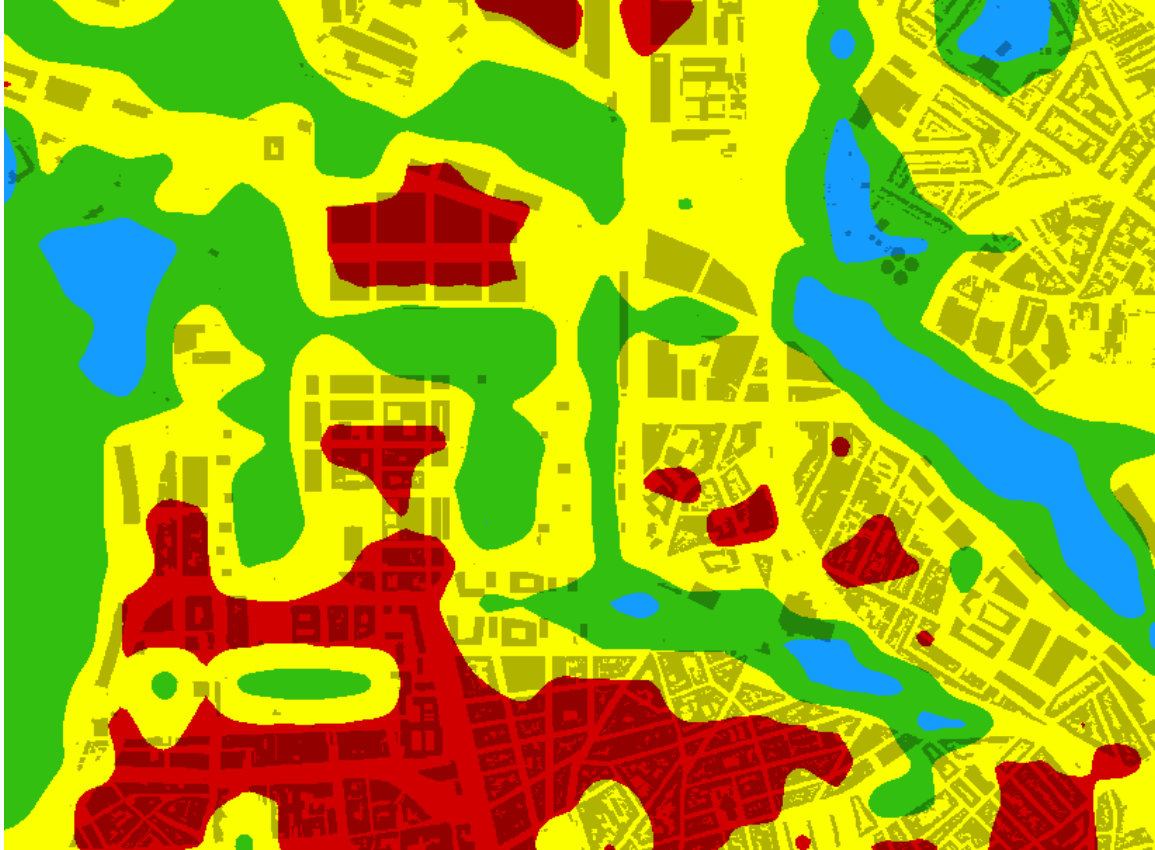
Door het uitvoeren van het Parkensysteem wordt het aandeel dat binnen de categorie 'acceptabel' valt, veel groter. Daar blijft nog een heel klein deel van het woongebied risicovol.

Afbeelding 4.13 Hitte-index voor de ontwikkelrichting 'Dokkensysteem'



Zoals bleek uit de vorige modelresultaten voor het Dokkensysteem, wordt er weinig verbetering in het stedelijk gebied gerealiseerd op vlak van hitte. Daarnaast komt duidelijk de verbetering van de dokken naar voor. Deze vallen nagenoeg helemaal binnen de categorie 'acceptabel'.

Afbeelding 4.14 Hitte-index voor de ontwikkelrichting 'gecombineerd Parken- en Dokkensysteem'



Het gecombineerd Parken- en Dokkensysteem is zoals reeds eerder aangehaald een combinatie van het Park- en Dokkensysteem. De hitte-index voor het projectgebied links van het Kattendijkdok is in dit model identiek aan die van het Dokkensysteem. Aan de andere kant van het Kattendijkdok wordt een hitte-index als in het Parksysteem gerealiseerd.

## 5 CONCLUSIE

Uit de resultaten blijkt er algemeen een hitereductie te verwachten is door de aanleg van een Schijn-Scheldeverbinding in de noordrand van Antwerpen. Het grootste effect doet zich voor in Steenborgerweert en Mexico-eiland , afhankelijk van de gekozen ontwikkelrichting.

Het effect van de herinrichting van de dokken is niet geheel duidelijk aangezien het model geen rekening houdt met de diepteligging van het groen, geen rekening houdt met stromend water en wateroppervlaktes modelleert als 50 % groenoppervlak.

Daarnaast wordt erop gewezen dat de uiteindelijke beoordeling evenzeer afhankelijk is van het functiegebruik en de aanwezigheid van kwetsbare functies en/of groepen. Deze zijn in kader van de modellering niet geïnventariseerd en maken geen onderdeel uit van de algemene conclusie.

Vanuit expert judgement wordt verwacht dat door de inzet van een nieuwe groenblauwe verbinding door de noordrand van Antwerpen, er een shift gerealiseerd kan worden in categoriseringsniveau: 'onacceptabel' zal worden verbeterd tot 'risicovol' of zelfs 'acceptabel'.

Voor de wijkdelen met aanduiding 'risicovol' (geel, categorie II) wordt aanbevolen om er algemeen extra aandacht aan te besteden, indien gevoelige doelgroepen daar gevestigd zijn. Het stimuleren van groene zones (tuinen met gras, struiken, bomen) kan worden ingezet als effectieve mitigerende maatregel: die hebben een sterk reducerend effect op de temperatuur in de stadswijk tijdens hittegolven, waardoor wijkdelen van klasse 'risicovol' naar 'acceptabel' gaan.

Ten aanzien van gevoelige bestemmingen wordt geconcludeerd dat een Schijn-Scheldeverbinding gunstig is: de inrichting van de groenblauwe verbinding zorgt ervoor dat het UHI-effect voldoende laag is om een 'acceptabel' blootstellingsniveau te garanderen.







## BIJLAGE V



## NOTITIE

---

Onderwerp           Kostenraming  
Project               Haalbaarheidsstudie Schijn Scheldeverbinding  
Opdrachtgever      Stad Antwerpen en Vlaamse Milieumaatschappij (VMM)  
Projectcode          BELA740-1  
Status                Concept 01  
Datum                 27 februari 2018  
Referentie           BELA740-1/jook2/025  
Auteur(s)            Tim Van Immerseel, Sofie Depauw

Gecontroleerd door   Sofie Depauw  
Goedgekeurd door    Sofie Depauw  
Paraaf

Bijlage(n)            I Kostenramingen per bouwsteen  
                          II Kostenramingen per ontwikkelrichting  
Aan                    -  
Kopie                  -

---

## 1 INLEIDING

Als onderdeel van de haalbaarheidsstudie Schijn Scheldeverbinding is in de loop van het ontwerpproces een kostenraming opgemaakt voor de verschillende bouwstenen en modellen. De kostenraming is bedoeld om inzicht te geven in de verschillende kostenposten en de grootorde van de kosten. Deze notitie beschrijft de uitgangspunten en resultaten van de kostenraming.

## 2 TOELICHTING BIJ DE KOSTENRAMING

### 2.1 Uitgangspunten

De kostenramingen zijn opgemaakt op het niveau van het schetsontwerp zoals weergegeven in onderstaande figuren. Dit houdt in dat er is uitgegaan van de maatgeving zoals is opgegeven in de schetsontwerpen en de bijhorende profielen. Deze plannen en profielen zijn opgemaakt in Illustrator en zijn bedoeld als visualisatiemateriaal. Mogelijks zijn deze tekeningen niet consequent maatvast waardoor afwijkingen op de hoeveelheden kunnen voorkomen. Bovendien zijn deze tekeningen niet gebaseerd op topografische opmetingen waardoor rekening moet worden gehouden met foutmarges.

Een raming op het niveau van een schetsontwerp houdt eveneens in dat er is uitgegaan van een aantal aannames en bepaalde onzekerheden niet zijn geraamd in bijgevoegde kostenramingen. Er wordt een overzicht gegeven van de onzekerheden voor zover deze in te schatten zijn.

Als onderdeel van de Schijn-Scheldeverbinding zijn 5 bouwstenen en opties geïdentificeerd. Deze zijn als volgt:

- Spoor Oost:
  - optie 1: Schijnkokers;
  - optie 2: Schijnkokers + open bedding;
- Lobroekdok:
  - optie 1: gescheiden waterstromen;
  - optie 2: gemengde waterstromen;
- Steenborgerweert:
  - optie 1: gescheiden waterstromen;
  - optie 2: gemengde waterstromen;
- Mexico-eiland Noord:
  - optie 1: open bedding;
  - optie 2: inschakelen dokken (Kempisch dok en Houtdok), eventueel met verbreed IJzerlaankanaal;
- Monding:
  - optie 1: open bedding Droogdokkensite;
  - optie 2: Sasdok.

Voor elke bouwsteen is een kostenraming opgemaakt die is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- aanleg- en onderhoudskosten van de waterloop: met de waterloop wordt het onderdeel van kruin tot kruin bedoeld. Dit is de ruimte die strikt noodzakelijk is voor de gravitaire afvoer van het water.
- aanleg- en onderhoudskosten van de verbindingen: met de verbindingen worden de ondergrondse kokers en sifons bedoeld die noodzakelijk zijn om de delen van de waterloop die in open bedding liggen, met elkaar te verbinden waar geen open bedding mogelijk is.
- aanleg- en onderhoudskosten parken: met parken worden de groene ruimtes bedoeld vanaf de kruin van de waterloop. Deze zones kunnen op verschillende manieren worden ingericht, hetzij als hoogwaardig stedelijk park, hetzij als natuurlijke groenzones.

De kostenraming per bouwsteen is opgenomen in bijlage I.

### 2.2 Aannames en onzekerheden

De kostenramingen houden rekening met volgende aannames en onzekerheden:

- post 1.1 betreft een inschatting op basis van referentieprojecten en zijn uitgedrukt in globale prijs (GP). Deze kost is algemeen aangehouden voor de 3 verschillende modellen. In deze kosten zijn ook de kosten ingeschat om de grondwaterhuishouding in stand te houden, het betreft een oeverversteving en waterdichting van het ganse traject toegevoegd. Deze bestaat uit een kleilaag en houten damplanken;



- post 1.2 heeft een inschatting op basis van gebiedskennis en op basis van referentieprojecten en zijn uitgedrukt in globale prijs (GP). Deze kost is eveneens algemeen aangehouden voor de 3 verschillende modellen;
- vanaf post 1.3 is per deelzone een kosteninschatting gemaakt waarbij volgende aannames zijn aangehouden:
  - er wordt uitgegaan van een foutmarge van 50 % op de berekende hoeveelheden op basis van de voorliggende schetsontwerpen;
  - er wordt vanuit gegaan dat het stedelijke weefsel, de werken in kader van de Oosterweelverbinding en de aanpassingswerken aan het Droogdokkenpark reeds zijn ingevoerd;
  - er wordt uitgegaan van een slechte bodemkwaliteit waarbij de uitgegraven grond moet worden afgevoerd, gesaneerd en/of verwijderd van bodemvreemd materiaal en puin;
  - er wordt uitgegaan van een gemengde groenvoorziening van kruidige vegetaties, grassen, struiken en bomen;
- er wordt uitgegaan van een bijkomende inrichting met paden, verlichting, straatmeubilair, nutsvoorzieningen, veiligheidsmaatregelen etc.

## 2.3 Niet geraamde kosten

De kostenramingen houden geen rekening met de volgende kosten:

- de onderhoud- en beheerskosten voor de groenvoorzieningen zijn in deze kostenraming niet in beschouwing genomen;
- de kosten voor de bouw van nieuwe stadsdelen, de renovatie en/of aanpassing van bestaande bebouwing is in deze kostenraming niet in beschouwing genomen;
- het aanpassen van de bestaande spoorwegberm en de IJzerlaan zijn niet in beschouwing genomen in deze kostenraming gezien de onduidelijkheden in kader van de Oosterweelwerken;
- saneringskosten van het Lobroekdok alsook de saneringskosten van de andere dokken zijn in deze kostenraming niet in beschouwing genomen gezien de onduidelijkheid over de bodem- en slibkwaliteit;
- grondverwervingskosten, engineeringskosten en kosten die noodzakelijk zijn in kader van planvorming en de aanpassing van de juridische context zijn niet in beschouwing genomen;
- kosten in verband met de afkoppeling van de aangeduide gebieden conform de hydraulische studie zijn in deze kostenraming niet in beschouwing genomen ;
  - aanpassingskosten aan bestaande pompinstallaties is in deze kostenraming niet in beschouwing genomen.

## 3 CONCLUSIE

Hierna wordt een overzicht gegeven van de geraamde kosten per ontwikkelrichting (variant). De gedetailleerde kostenraming per ontwikkelrichting zijn opgenomen in bijlage II. Voor elke ontwikkelrichting wordt de kost van een open bedding alsook de kost van een volledige Schijnkoker in Spoor Oost (\*) aangeduid. Voor de ontwikkelrichting 'Dokkensysteem' is het model zonder verbreding van het IJzerlaankanaal met 2 dokken geraamd. Voor het gecombineerd Parken- en Dokkenmodel is de variant met 2 dokken geraamd om inzicht te krijgen in de grootte orde van de aanleg- en onderhoudskosten per ontwikkelrichting.

Tabel 1 Kostenraming ontwikkelrichting Parkensysteem

<b>Model 1: Ontwikkelingsrichting Parkensysteem</b>				
	Aanlegkosten in EUR		Onderhoudskosten in EUR	
	Ondergrens	Bovengrens	Ondergrens	Bovengrens
Waterloop	75.000.000,00	85.000.000,00	6.100,00	15.250,00
* <i>Schijnkoker</i>	65.000.000,00	75.000.000,00	5.500,00	11.000,00
Verbindingen	16.000.000,00	16.000.000,00	30.000,00	120.000,00
Waterparken	25.000.000,00	45.000.000,00	275.000,00	500.000,00

Tabel 2 Kostenraming ontwikkelrichting Dokkensysteem (met open bedding Spoor Oost, zonder verbreed IJzerlaankanaal, met 2 dokken)

<b>Model 1: Ontwikkelingsrichting Dokkensysteem (zonder verbreed IJzerlaankanaal, met 2 dokken)</b>				
	Aanlegkosten in EUR		Onderhoudskosten in EUR	
	Ondergrens	Bovengrens	Ondergrens	Bovengrens
Waterloop	65.000.000,00	75.000.000,00	4.100,00	10.250,00
* <i>Schijnkoker</i>	55.000.000,00	65.000.000,00	5.500,00	11.000,00
Verbindingen	18.000.000,00	18.000.000,00	50.000,00	150.000,00
Waterparken	25.000.000,00	45.000.000,00	275.000,00	500.000,00

Tabel 3 Kostenraming ontwikkelrichting Gecombineerd Parken- en Dokkensysteem (met 2 dokken)

<b>Model 1: Ontwikkelingsrichting Gecombineerd Parken- en Dokkensysteem (met 2 dokken)</b>				
	Aanlegkosten in EUR		Onderhoudskosten in EUR	
	Ondergrens	Bovengrens	Ondergrens	Bovengrens
Waterloop	85.000.000,00	95.000.000,00	5.900,00	14.750,00
* <i>Schijnkoker</i>	75.000.000,00	85.000.000,00	5.500,00	11.000,00
Verbindingen	25.000.000,00	25.000.000,00	75.000,00	180.000,00
Waterparken	55.000.000,00	75.000.000,00	605.000,00	825.000,00

Het parkensysteem en het dokkensysteem zijn als evenwaardig te beschouwing in de kostenramingen. Beide modellen omvatten een combinatie van gelijke delen en prijstechnisch gelijkwaardige onderdelen.

Het gecombineerd parken- en dokkensysteem is logischerwijs duurder omdat deze zowel de kosten van de aanpassing van het IJzerlaankanaal, de dokken als de verbinding door Steenborgerweert als de aanpassingswerken aan het Sasdok omvat.

Er kan worden geconcludeerd dat de nieuwe Schijn-Scheldeverbinding, met alle onzekerheden en aannames zoals voorzien in deze kostenraming, zich binnen een bandbreedte van EUR 100 miljoen tot 200 miljoen kan situeren. Echter heel veel onzekerheden dienen grondig te worden onderzocht en begroot in de verdere technische uitwerking van het project.

I

**BIJLAGE: KOSTENRAMINGEN PER BOUWSTEEN**



Model 1 Ontwikkelrichting Parkensysteem (met open bedding Spoor Oost)

Nr.	Omschrijving der werken	Eenheid	Aard	Hoeveelheid	EP	TOTAAL
1.1	Algemeen	m'		900		€ 9.850.500,00
	Afsluiten van een verzekeringspolis "Alle bouwplaatsrisico's"		GP	1	€ 100.000,00	€ 100.000,00
	Geraamde som voor het uitvoeren van proeven a posteriori volgens Art. 43		GP	1	€ 500,00	€ 500,00
	Onvoorziene werken		GP	1	€ 1.000.000,00	€ 1.000.000,00
	Ter beschikking stellen van arbeidskrachten		GP	1	€ 50.000,00	€ 50.000,00
	Ter beschikking stellen en gebruik van materieel		GP	1	€ 50.000,00	€ 50.000,00
	Opmaak van het as-built dossier (incl. topografische opmeting)		GP	1	€ 50.000,00	€ 50.000,00
	Opmaak van een tegensprekelijke plaatsbeschrijving		GP	1	€ 50.000,00	€ 50.000,00
	Uitzetten van het tracé der werken		GP	1	€ 50.000,00	€ 50.000,00
	Bescherming, instandhouding en integriteit van bestaande constructies en werken		GP	1	€ 500.000,00	€ 500.000,00
	Maatregelen ikv instandhouding grondwatersituatie		GP	1	€ 8.000.000,00	€ 8.000.000,00
1.2	Vorbereidende werken					€ 9.500.000,00
	Opbraakwerkzaamheden verhardingen, massieven, constructies, kabels en leidingen, etc.		GP	1	€ 5.000.000,00	€ 5.000.000,00
	Sloopwerkzaamheden gebouwen, kaaimuren, etc.		GP	1	€ 2.000.000,00	€ 2.000.000,00
	Rooiwerken en verwijderen van voorkomende vegetatie		GP	1	€ 500.000,00	€ 500.000,00
	Aanpassingwerken kabels en leidingen		GP	1	€ 2.000.000,00	€ 2.000.000,00
1.3	Zone Spoor Oost					€ 34.551.500,00
	grondverzet t.b.v. nieuwe waterloop, d=7m b=62m	m <sup>3</sup>	VH	268.400	€ 60,00	€ 16.104.000,00
	groenvoorzieningen	m <sup>2</sup>	VH	43.900	€ 75,00	€ 3.292.500,00
	andere inrichtingen ifv recreatie, nutsvoorzieningen, veiligheid, beheer, etc.	m <sup>2</sup>	VH	43.900	€ 200,00	€ 8.780.000,00
	werken ikv de verbinding met zone Lobroekdok: plaatsing rechthoekige betonnen koker, b=5000mm h=2000mm	m	VH	750	€ 8.500,00	€ 6.375.000,00
1.4	Zone Lobroekdok					€ 47.180.000,00
	grondverzet t.b.v. de aanleg van de oevers	m <sup>3</sup>	VH	360.000	€ 30,00	€ 10.800.000,00
	plaatsen van nieuwe betonnen kademuur tussen kanaal en natuurlijke zone, h=10m	m <sup>2</sup>	VH	75.600	€ 150,00	€ 11.340.000,00
	groenvoorzieningen	m <sup>2</sup>	VH	75.600	€ 75,00	€ 5.670.000,00
	andere inrichtingen ifv recreatie, nutsvoorzieningen, veiligheid, beheer, etc.	m <sup>2</sup>	VH	75.600	€ 200,00	€ 15.120.000,00
	werken ikv de verbinding met zone Steenborgerweert: plaatsing rechthoekige betonnen koker, b=5000mm h=2000mm	m	VH	500	€ 8.500,00	€ 4.250.000,00
1.5	Steenborgerweert	m'				€ 26.360.000,00
	grondverzet t.b.v. nieuwe waterloop, d=6m b=55m	m <sup>3</sup>	VH	245.000	€ 60,00	€ 14.700.000,00
	groenvoorzieningen	m <sup>2</sup>	VH	18.400	€ 75,00	€ 1.380.000,00
	andere inrichtingen ifv recreatie, nutsvoorzieningen, veiligheid, beheer, etc.	m <sup>2</sup>	VH	43.900	€ 200,00	€ 8.780.000,00
	werken ikv de verbinding onder Asiadok: plaatsing ronde betonnen koker, diam. 2400mm, door onderboring		GP	1	€ 1.500.000,00	€ 1.500.000,00
1.6	Mexico-eiland Noord	m'				€ 21.965.000,00
	grondverzet t.b.v. nieuwe waterloop, d=6m b=55m	m <sup>3</sup>	VH	343.000	€ 60,00	€ 20.580.000,00
	groenvoorzieningen	m <sup>2</sup>	VH	1.400	€ 75,00	€ 105.000,00
	andere inrichtingen ifv recreatie, nutsvoorzieningen, veiligheid, beheer, etc.	m <sup>2</sup>	VH	1.400	€ 200,00	€ 280.000,00
	werken ikv de verbinding onder Kattendijkdok: plaatsing rechthoekige betonnen koker, b=3000mm h=1500mm, door onderboring		GP	1	€ 1.000.000,00	€ 1.000.000,00
1.7	Droogdokeneiland	m'				€ 15.028.000,00
	grondverzet t.b.v. waterloop	m <sup>3</sup>	VH	196.800	€ 60,00	€ 11.808.000,00
	groenvoorzieningen	m <sup>2</sup>	VH	800	€ 75,00	€ 60.000,00
	andere inrichtingen ifv recreatie, nutsvoorzieningen, veiligheid, beheer, etc.	m <sup>2</sup>	VH	800	€ 200,00	€ 160.000,00
	sluisconstructie Schijn/Schelde	st	GP	1	€ 3.000.000,00	€ 3.000.000,00
<b>TOTAAL (met open bedding Spoor Oost)</b>						<b>€ 164.435.000,00</b>
<b>BTW 21%</b>						<b>€ 34.531.350,00</b>
<b>TOTAAL INCL BTW 21%</b>						<b>€ 198.966.350,00</b>





Model 2 Ontwikkelrichting Dokkensysteem (met open bedding Spoor Oost, zonder verbreed IJzerlaankanaal, met dokken)

Nr.	Omschrijving der werken	Eenheid	Aard	Hoeveelheid	EP	TOTAAL
1.1	Algemeen	m'				€ 9.850.500,00
	Afsluiten van een verzekeringspolis "Alle bouwplaatsrisico's"		GP	1	€ 100.000,00	€ 100.000,00
	Geraamde som voor het uitvoeren van proeven a posteriori volgens Art. 43		GP	1	€ 500,00	€ 500,00
	Onvoorziene werken		GP	1	€ 1.000.000,00	€ 1.000.000,00
	Ter beschikking stellen van arbeidskrachten		GP	1	€ 50.000,00	€ 50.000,00
	Ter beschikking stellen en gebruik van materieel		GP	1	€ 50.000,00	€ 50.000,00
	Opmaak van het as-built dossier (incl. topografische opmeting)		GP	1	€ 50.000,00	€ 50.000,00
	Opmaak van een tegensprekelijke plaatsbeschrijving		GP	1	€ 50.000,00	€ 50.000,00
	Uitzetten van het tracé der werken		GP	1	€ 50.000,00	€ 50.000,00
	Bescherming, instandhouding en integriteit van bestaande constructies en werken		GP	1	€ 500.000,00	€ 500.000,00
	Maatregelen ivm instandhouding grondwatersituatie		GP	1	€ 8.000.000,00	€ 8.000.000,00
1.2	Vorbereidende werken					€ 9.500.000,00
	Opbraakwerkzaamheden verhardingen, massieven, constructies, kabels en leidingen, etc.		GP	1	€ 5.000.000,00	€ 5.000.000,00
	Sloopwerkzaamheden gebouwen, kaaimuren, etc.		GP	1	€ 2.000.000,00	€ 2.000.000,00
	Rooiwerken en verwijderen van voorkomende vegetatie		GP	1	€ 500.000,00	€ 500.000,00
	Aanpassingwerken kabels en leidingen		GP	1	€ 2.000.000,00	€ 2.000.000,00
1.3	Zone Spoor Oost					€ 34.551.500,00
	grondverzet t.b.v. nieuwe waterloop, d=7m b=62m	m <sup>3</sup>	VH	268.400	€ 60,00	€ 16.104.000,00
	groenvoorzieningen	m <sup>2</sup>	VH	43.900	€ 75,00	€ 3.292.500,00
	andere inrichtingen ivm recreatie, nutsvoorzieningen, veiligheid, beheer, etc.	m <sup>2</sup>	VH	43.900	€ 200,00	€ 8.780.000,00
	werken ivm de verbinding met zone Lobroekdok: plaatsing rechthoekige betonnen koker, b=5000mm h=2000mm	m	VH	750	€ 8.500,00	€ 6.375.000,00
1.4	Zone Lobroekdok					€ 29.145.000,00
	grondverzet t.b.v. de aanleg van de cascade	m <sup>3</sup>	VH	200.000	€ 30,00	€ 6.000.000,00
	inrichting houten damwanden ivm de cascade, h=4m	m'	VH	1.800	€ 1.500,00	€ 2.700.000,00
	nieuwe betonnen kademuur, h=10m	m <sup>2</sup>	VH	75.600	€ 150,00	€ 11.340.000,00
	groenvoorzieningen	m <sup>2</sup>	VH	5.400	€ 75,00	€ 405.000,00
	andere inrichtingen ivm recreatie, nutsvoorzieningen, veiligheid, beheer, etc.	m <sup>2</sup>	VH	3.600	€ 750,00	€ 2.700.000,00
	verbinding Lobroekdok met ijzerlaankanaal (uitbreiding bestaande ijzerlaankanaal met 1/3)	st	GP	1	€ 4.500.000,00	€ 4.500.000,00
	werken ivm de verbinding onder Asiadok: plaatsing ronde betonnen koker, diam. 2400mm, door onderboring		GP	1	€ 1.500.000,00	€ 1.500.000,00
1.5	Inrichting Kempisch- en Houtdok					€ 69.150.000,00
	grondverzet t.b.v. nieuwe inrichting	m <sup>3</sup>	VH	600.000	€ 30,00	€ 18.000.000,00
	groenvoorzieningen	m <sup>2</sup>	VH	2.000	€ 75,00	€ 150.000,00
	renovatie kademuur Kempisch dok en Houtdok	m'	VH	4.000	€ 5.000,00	€ 20.000.000,00
	andere inrichtingen ivm recreatie, nutsvoorzieningen, veiligheid, beheer, etc.	m <sup>2</sup>	VH	30.000	€ 1.000,00	€ 30.000.000,00
	werken ivm de verbinding onder Kattendijkdok: plaatsing rechthoekige betonnen koker, b=3000mm h=1500mm, door onderboring		GP	1	€ 1.000.000,00	€ 1.000.000,00
1.6	Aanpassingswerken Sasdok					€ 7.500.000,00
	aanpassingswerken sluiswanden	st	GP	1	€ 7.500.000,00	€ 7.500.000,00
<b>TOTAAL ( met open bedding Spoor Oost, zonder verbreed IJzerlaankanaal, met 2 dokken)</b>						<b>€ 159.697.000,00</b>
BTW 21%						€ 33.536.370,00
<b>TOTAAL INCL BTW 21%</b>						<b>€ 193.233.370,00</b>
<b>TOTAAL (met open bedding Spoor Oost, met verbreed IJzerlaankanaal, met 2 dokken)</b>						<b>€ 162.697.000,00</b>
BTW 21%						€ 34.166.370,00
<b>TOTAAL INCL BTW 21%</b>						<b>€ 196.863.370,00</b>
<b>TOTAAL (met open bedding Spoor Oost, zonder verbreed IJzerlaankanaal, met 1 dok)</b>						<b>€ 125.622.000,00</b>
BTW 21%						€ 26.380.620,00
<b>TOTAAL INCL BTW 21%</b>						<b>€ 152.002.620,00</b>
<b>TOTAAL (met open bedding Spoor Oost, met verbreed IJzerlaankanaal, met 1 dok)</b>						<b>€ 128.622.000,00</b>
BTW 21%						€ 27.010.620,00
<b>TOTAAL INCL BTW 21%</b>						<b>€ 155.632.620,00</b>



Model 3 Gecombineerde ontwikkelrichting Parken- en Dokkensysteem (met open bedding Spoor Oost, met 2 dokken)

Nr.	Omschrijving der werken	Eenheid	Aard	Hoeveelheid	EP	TOTAAL
3.1	Algemeen	m'				€ 9.850.500,00
	Afsluiten van een verzekeringspolis "Alle bouwplaatsrisico's"		GP	1	€ 100.000,00	€ 100.000,00
	Geraamde som voor het uitvoeren van proeven a posteriori volgens Art. 43		GP	1	€ 500,00	€ 500,00
	Onvoorziene werken		GP	1	€ 1.000.000,00	€ 1.000.000,00
	Ter beschikking stellen van arbeidskrachten		GP	1	€ 50.000,00	€ 50.000,00
	Ter beschikking stellen en gebruik van materieel		GP	1	€ 50.000,00	€ 50.000,00
	Opmaak van het as-built dossier (incl. topografische opmeting)		GP	1	€ 50.000,00	€ 50.000,00
	Opmaak van een tegensprekelijke plaatsbeschrijving		GP	1	€ 50.000,00	€ 50.000,00
	Uitzetten van het tracé der werken		GP	1	€ 50.000,00	€ 50.000,00
	Bescherming, instandhouding en integriteit van bestaande constructies en werken		GP	1	€ 500.000,00	€ 500.000,00
	Maatregelen ivm instandhouding grondwatersituatie		GP	1	€ 8.000.000,00	€ 8.000.000,00
3.2	Vorbereidende werken					€ 9.500.000,00
	Opbraakwerkzaamheden verhardingen, massieven, constructies, kabels en leidingen, etc.		GP	1	€ 5.000.000,00	€ 5.000.000,00
	Sloopwerkzaamheden gebouwen, kaaimuren, etc.		GP	1	€ 2.000.000,00	€ 2.000.000,00
	Rooiwerken en verwijderen van voorkomende vegetatie		GP	1	€ 500.000,00	€ 500.000,00
	Aanpassingwerken kabels en leidingen		GP	1	€ 2.000.000,00	€ 2.000.000,00
1.3	Zone Spoor Oost					€ 34.551.500,00
	grondverzet t.b.v. nieuwe waterloop, d=7m b=62m	m <sup>3</sup>	VH	268.400	€ 60,00	€ 16.104.000,00
	groenvoorzieningen	m <sup>2</sup>	VH	43.900	€ 75,00	€ 3.292.500,00
	andere inrichtingen ivm recreatie, nutsvoorzieningen, veiligheid, beheer, etc.	m <sup>2</sup>	VH	43.900	€ 200,00	€ 8.780.000,00
	werken ivm de verbinding met zone Lobroekdok: plaatsing rechthoekige betonnen koker, b=5000mm h=2000mm	m	VH	750	€ 8.500,00	€ 6.375.000,00
3.4	Lobroekdok	m'		900		€ 51.680.000,00
	grondverzet t.b.v. de aanleg van de oevers	m <sup>3</sup>	VH	360.000	€ 30,00	€ 10.800.000,00
	plaatsen van nieuwe betonnen kademuur tussen kanaal en natuurlijke zone, h=10m	m <sup>2</sup>	VH	75.600	€ 150,00	€ 11.340.000,00
	groenvoorzieningen	m <sup>2</sup>	VH	75.600	€ 75,00	€ 5.670.000,00
	andere inrichtingen ivm recreatie, nutsvoorzieningen, veiligheid, beheer, etc.	m <sup>2</sup>	VH	75.600	€ 200,00	€ 15.120.000,00
	verbinding Lobroekdok met ijzerlaankanaal (uitbreiding bestaande ijzerlaankanaal met 1/3)	st	GP	1	€ 4.500.000,00	€ 4.500.000,00
	werken ivm de verbinding met zone Steenborgerweert: plaatsing rechthoekige betonnen koker, b=5000mm h=2000mm	m	VH	500	€ 8.500,00	€ 4.250.000,00
1.5	Steenborgerweert	m'				€ 26.360.000,00
	grondverzet t.b.v. nieuwe waterloop, d=6m b=55m	m <sup>3</sup>	VH	245.000	€ 60,00	€ 14.700.000,00
	groenvoorzieningen	m <sup>2</sup>	VH	18.400	€ 75,00	€ 1.380.000,00
	andere inrichtingen ivm recreatie, nutsvoorzieningen, veiligheid, beheer, etc.	m <sup>2</sup>	VH	43.900	€ 200,00	€ 8.780.000,00
	werken ivm de verbinding onder Asiadok: plaatsing ronde betonnen koker, diam. 2400mm, door onderboring	GP		1	€ 1.500.000,00	€ 1.500.000,00
1.5	Inrichting Kempisch- en Houtdok					€ 69.150.000,00
	grondverzet t.b.v. nieuwe inrichting	m <sup>3</sup>	VH	600.000	€ 30,00	€ 18.000.000,00
	groenvoorzieningen	m <sup>2</sup>	VH	2.000	€ 60,00	€ 150.000,00
	renovatie kademuur Kempisch dok en Houtdok	m'	VH	4.000	€ 5.000,00	€ 20.000.000,00
	andere inrichtingen ivm recreatie, nutsvoorzieningen, veiligheid, beheer, etc.	m <sup>2</sup>	VH	30.000	€ 1.000,00	€ 30.000.000,00
	werken ivm de verbinding onder Kattendijkdok: plaatsing rechthoekige betonnen koker, b=3000mm h=1500mm, door onderboring	GP		1	€ 1.000.000,00	€ 1.000.000,00
1.6	Aanpassingswerken Sasdok					€ 7.500.000,00
	aanpassingswerken sluiswanden	st	GP	1	€ 7.500.000,00	€ 7.500.000,00
<b>TOTAAL (met open bedding Spoor Oost, met 2 dokken)</b>						<b>€ 208.592.000,00</b>
BTW 21%						€ 43.804.320,00
<b>TOTAAL INCL BTW 21%</b>						<b>€ 252.396.320,00</b>
<b>TOTAAL (met open bedding Spoor Oost, met 1 dok)</b>						<b>€ 174.517.000,00</b>
BTW 21%						€ 36.648.570,00
<b>TOTAAL INCL BTW 21%</b>						<b>€ 211.165.570,00</b>



# II

## BIJLAGE: KOSTENRAMINGEN PER ONTWIKKELRICHTING





<b>Model</b>	<b>Model 1: Ontwikkelingsrichting Parkensysteem</b>										<b>TOTAAL</b>	<b>TOTAAL ***</b>	
Bouwstenen	Spoor Oost	Lobroekdok	Steenborgerweert	Kempisch dok	Houtdok	IJzerlaankanaal (verbreding)	Open bedding Mexico-eiland	Droogdoksensite	Sasdok				
<b>Algemene kosten</b>												€ 9.850.500,00	€ 9.850.500,00
<b>Kosten voorbereidende werken</b>												€ 9.500.000,00	€ 9.500.000,00
<b>Aanlegkosten</b>													
- waterloop	€ 16.104.000,00	€ 22.140.000,00	€ 14.700.000,00	-	-	-	€ 20.580.000,00	€ 11.808.000,00	-			€ 85.332.000,00	
- optie Schijnkaker	€ 7.250.000,00	€ 22.140.000,00	€ 14.700.000,00	-	-	-	€ 20.580.000,00	€ 11.808.000,00	-				€ 76.478.000,00
- verbinding tussen waterloopdelen	€ 6.375.000,00	€ 4.250.000,00	€ 1.500.000,00	-	-	-	-	-	€ 0,00			€ 16.125.000,00	€ 16.125.000,00
- waterparken	€ 12.072.500,00	€ 20.790.000,00	€ 10.160.000,00	-	-	-	€ 385.000,00	€ 220.000,00	-			€ 43.627.500,00	€ 43.627.500,00
												€ 164.435.000,00	€ 155.581.000,00
<b>Model</b>	<b>Model 2: Ontwikkelingsrichting Dokkensysteem</b>										<b>TOTAAL</b>	<b>TOTAAL ***</b>	
Bouwstenen	Spoor Oost	Lobroekdok	Steenborgerweert	Kempisch dok	Houtdok	IJzerlaankanaal (verbreding)	Mexico-eiland Noord	Droogdokeneiland	Sasdok				
<b>Algemene kosten</b>												€ 9.850.500,00	€ 9.850.500,00
<b>Kosten voorbereidende werken</b>												€ 9.500.000,00	€ 9.500.000,00
<b>Aanlegkosten</b>													
- waterloop	€ 16.104.000,00	€ 20.040.000,00	€ 0,00	€ 19.000.000,00	€ 19.000.000,00	€ 1.500.000,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00			€ 75.644.000,00	
- optie Schijnkaker	€ 7.250.000,00	€ 20.040.000,00	€ 0,00	€ 19.000.000,00	€ 19.000.000,00	€ 1.500.000,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00				€ 66.790.000,00
- verbinding tussen waterloopdelen	€ 6.375.000,00	€ 1.500.000,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 1.000.000,00	€ 0,00	€ 1.500.000,00	€ 0,00	€ 7.500.000,00			€ 17.875.000,00	€ 17.875.000,00
- waterparken	€ 12.072.500,00	€ 3.105.000,00	€ 0,00	€ 15.075.000,00	€ 15.075.000,00	€ 1.500.000,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00			€ 46.827.500,00	€ 46.827.500,00
												€ 159.697.000,00	€ 150.843.000,00
<b>Model</b>	<b>Model 3: Ontwikkelingsrichting Gecombineerd systeem</b>										<b>TOTAAL</b>	<b>TOTAAL ***</b>	
Bouwstenen	Spoor Oost	Lobroekdok	Steenborgerweert	Kempisch dok	Houtdok	IJzerlaankanaal (verbreding)	Mexico-eiland Noord	Droogdokeneiland	Sasdok				
<b>Algemene kosten</b>												€ 9.850.500,00	€ 9.850.500,00
<b>Kosten voorbereidende werken</b>												€ 9.500.000,00	€ 9.500.000,00
<b>Aanlegkosten</b>													
- waterloop	€ 16.104.000,00	€ 22.140.000,00	€ 14.700.000,00	€ 19.000.000,00	€ 19.000.000,00	€ 1.500.000,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00			€ 92.444.000,00	
- optie Schijnkaker	€ 7.250.000,00	€ 22.140.000,00	€ 14.700.000,00	€ 19.000.000,00	€ 19.000.000,00	€ 1.500.000,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00				€ 83.590.000,00
- verbinding tussen waterloopdelen	€ 6.375.000,00	€ 4.250.000,00	€ 1.500.000,00	€ 1.000.000,00	€ 0,00	€ 1.500.000,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 7.500.000,00			€ 22.125.000,00	€ 22.125.000,00
- waterparken	€ 12.072.500,00	€ 20.790.000,00	€ 10.160.000,00	€ 15.075.000,00	€ 15.075.000,00	€ 1.500.000,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00			€ 74.672.500,00	€ 74.672.500,00
												€ 208.592.000,00	€ 199.738.000,00







## BIJLAGE VI





## NOTITIE

---

Onderwerp           Schade-analyse  
Project               Haalbaarheidsstudie Schijn-Scheldeverbinding  
Opdrachtgever       Stad Antwerpen en Vlaamse Milieumaatschappij  
Projectcode          BELA740-1  
Status                Definitief  
Datum                21 februari 2018  
Referentie           BELA740-1/jook2/030  
Auteur(s)            ir. Tijs Cornu  
                          ir. Thomas Alderweireldt

Gecontroleerd door   ir. Wim Debucquoy  
Goedgekeurd door    Sofie Depauw  
Paraaf

Bijlage(n)            -

Aan                    Stad Antwerpen en Vlaamse Milieumaatschappij  
Kopie

---

## 1 INLEIDING

In het kader van de haalbaarheidsstudie Schijn-Scheldeverbinding is onderzocht in welke mate een Schijn-Scheldeverbinding ervoor kan zorgen dat het rioolstelsel van laaggelegen stadsdelen van Antwerpen kan worden afgekoppeld<sup>1</sup>. Uit die analyse, uitgevoerd door Rio-link, kwam naar voor dat de aanleg van een Schijn-Scheldeverbinding ervoor zorgt dat de wijken Damwijk, Lange Dijkstraat en Vuilbeek kunnen worden afgekoppeld mits er een gescheiden rioolstelsel wordt aangelegd.

Door het afkoppelen van deze wijken, kunnen de kans op wateroverlast (overstroming vanuit het rioolstelsel) en de hierbij horende kosten sterk worden gereduceerd. De vermeden wateroverlast en de winst die hierbij hoort wordt als baat van de Schijn-Scheldeverbinding gezien.

Aan de hand van een water-op-sstraatanalyse wordt onderzocht waar en met welke frequentie overstromingen kunnen voorkomen. Via een schademodel worden de water-op-sstraatkaarten omgezet naar schade- en risicokaarten. Deze notitie beschrijft de werkwijze, uitgangspunten en resultaten van deze water-op-sstraatanalyse en schadeberekening.

---

<sup>1</sup> Afkoppelen is het omvormen van het bestaande gemengde (RWA+DWA) rioolstelsel naar een gescheiden rioolstelsel waarbij niet-vervuild hemelwater wordt geloosd op oppervlaktewater. Op die manier wordt de belasting van het rioolstelsel en RWZI gereduceerd en daalt de kans op wateroverlast.

## 2 AFKOPPELGEBIEDEN

Enkele wijken langsheen het tracé van de Schijn-Scheldeverbinding zijn relatief laag gelegen en kunnen bijgevolg niet naar één van omliggende dokken afwateren. De Schijn-Scheldeverbinding heeft een gemiddeld waterpeil dat veel lager is dan dat van de dokken waardoor de aanleg ervan afkoppeling wel mogelijk maakt. De contouren van de stadsdelen die hiervoor in aanmerking komen, zijn bepaald door Rio-link en worden getoond in onderstaande afbeelding:

- I Damwijk;
- II Slachthuisite. Deze site wordt in de nabije toekomst heraangelegd. Hierbij wordt het terrein opgehoogd zodat het hemelwater wel gravitair op de dokken kan worden geloosd. Bijgevolg wordt de vermeden wateroverlast niet meegeteld als baat van de Schijn-Scheldeverbinding;
- III Vuilbeek;
- IV Lange Dijkstraat.

Afbeelding 2.1 Betrokken afkoppelgebieden



## 3 METHODIEK WATER-OP-STRAAT-BEREKENING EN RISICOANALYSE

### 3.1 Aanmaak water-op-sstraatkaarten

#### Rioolmodel

De overstromingsberekeningen worden uitgevoerd met de rioolmodellen van Rio-link. Deze rioolmodellen zijn door Rio-link beschikbaar gesteld in Infoworks-CS en door Witteveen+Bos omgezet naar Infoworks-ICM. Voor de wijk 'Vuilbeek' is het nodig om het rioolmodel horend bij zuiveringsgebied Deurne (hierna rioolmodel Deurne) door te rekenen. Voor de andere afkoppelwijken moet het rioolmodel horend bij zuiveringsgebied Antwerpen-Centrum (hierna rioolmodel Antwerpen) worden gebruikt.

Beiden modellen zijn aangepast zodat er naast stroming in het rioolstelsel ook stroming over het maaiveld (op straat) kan worden gesimuleerd. Hiervoor wordt een 2D-mesh oppervlak toegevoegd aan het rioolmodel. Deze 2D mesh geeft de maaiveldhoogte op straat weer. Zodra er water uit het rioolstelsel naar boven komt, stroomt het gravitair af over dit oppervlak. Volgende uitgangspunten zijn gehanteerd bij de aanmaak van het 2D-mesh oppervlak:

- de hoogte is gebaseerd op het DHMVII, met een grondresolutie van 1 m;
- gebouwen zijn gefilterd uit deze laag. In werkelijkheid vormen gebouwen een barrière voor waterstroming waardoor ze als gaten in het 2D mesh moeten zitten. Het gebruikte gebouwenbestand is afkomstig uit het GRB.

Voor het rioolmodel Antwerpen is gebruik gemaakt van het 2D-mesh dat is aangeleverd door de stad Antwerpen. De manier waarop deze 2D-mesh is gegenereerd, en meer specifiek het gebruikte gebouwenbestand, verschilt van de methodiek waarop de 2D mesh voor rioolmodel Deurne is gegenereerd. In het 2D-mesh voor rioolmodel Antwerpen is gebruik gemaakt van een grover gebouwenbestand waardoor ruimtes tussen verschillende gebouwen verloren zijn gegaan, bijvoorbeeld stadstuinen, binnenpleinen etc. (zie onderstaande afbeelding). Dit heeft geen effect op de aanmaak van de water-op-sstraatkaarten maar wel op de interpolatiestappen in de volgende fase.

Afbeelding 1 Verskil tussen 2D mesh voor rioolmodel Antwerpen en voor rioolmodel Deurne (gele cirkel). Zwarte zones zitten vervat in de gebruikte 2D mesh.



### Statistische neerslagevents

Voor de water-op-sstraatberekeningen zijn de lokale composietbuien gebruikt die in opdracht van de stad Antwerpen zijn opgesteld. Als klimaatprojectie is uitgegaan van een hoog klimaatscenario, horizon 2100. De gebruikte buien hebben een terugkeerperiode van T2, T5, T20 en T100. Dit wil zeggen dat er water op straat wordt berekend die in 2100, uitgaand van een hoog klimaatscenario, eenmaal in de 2, 5, 20 en 100 jaar zal voorkomen in Antwerpen.



Specifiek voor Antwerpen is geen T100 hoog klimaatscenario 2100-bui beschikbaar. Deze bui is gecreëerd door extrapolatie op basis van het verband tussen T2-T100 voor de algemene Vlaamse composietbuien (hoog klimaatscenario 2100).

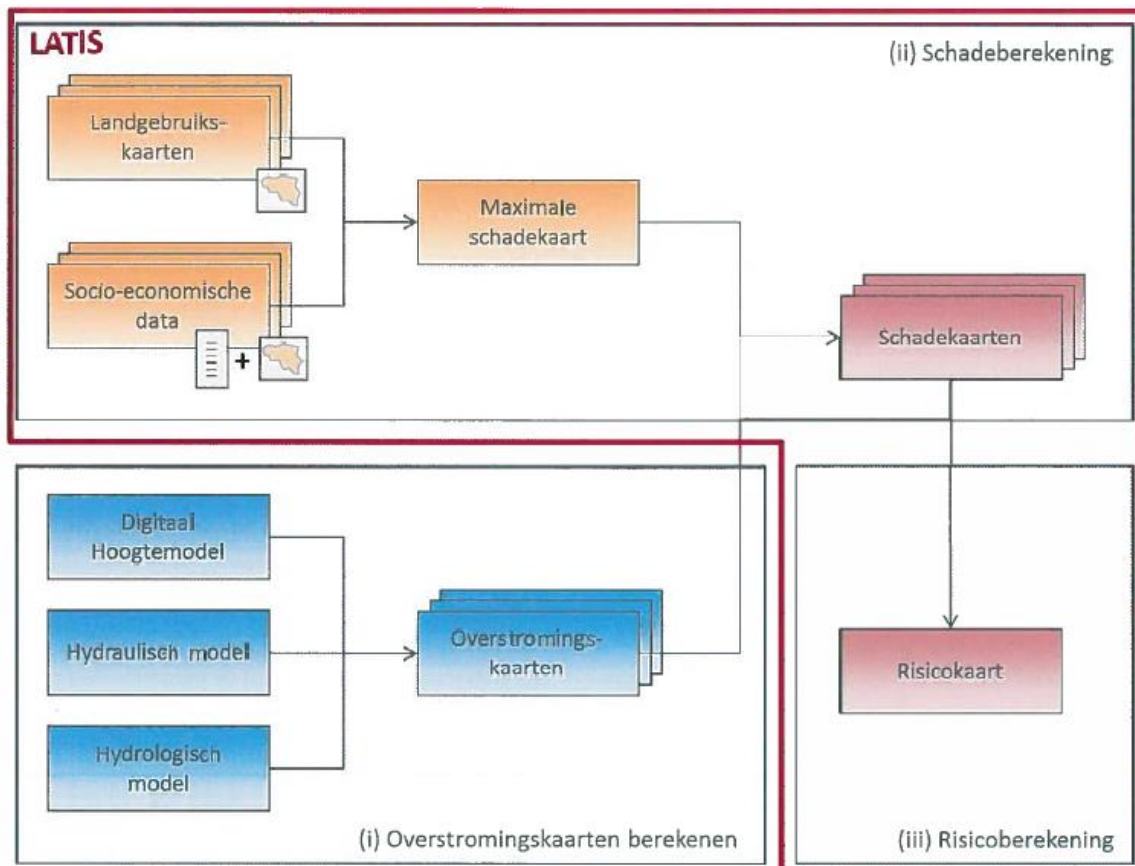
## 3.2 Risicoanalyse

Voor de risicoanalyse op basis van de water-op-straatkaarten is gebruik gemaakt van de software tool LATIS. De overstromingskaarten moeten als rasterdata in LATIS worden ingelezen.

### LATIS

De LATIS-methodologie maakt gebruik van een variatie aan landgebruiksgegevens (zoals bebouwing, landbouwgebruik,...) en socio-economische gegevens om op uniforme wijze voor heel Vlaanderen overstromingsrisico's te kunnen inschatten. Het werkingsprincipe van de risicotool LATIS is uitgelegd in onderstaande afbeelding.

Afbeelding 2 Werking overstromingsrisicomodel LATIS (Waterbouwkundig Laboratorium)



Op basis van landgebruiksgegevens en schadefuncties, die weergeven welke schade (in EUR) optreedt bij welke overstromingshoogte, worden maximale schadekaarten gegenereerd. In combinatie met een overstromingskaart, bij een bepaalde terugkeerperiode, kunnen specifieke schadekaarten worden berekend. Wanneer schadekaarten bij verschillende terugkeerperiodes worden gecombineerd, kan een globale risicokaart worden opgesteld die het gemiddeld risico per jaar weergeeft in EUR per jaar.

Aangezien LATIS is ontwikkeld om de risico's horende bij grote overstromingen (bijvoorbeeld zee of rivier) te begroten, is het niet vanzelfsprekend om het model te gebruiken in een kleiner gebied en stedelijke context. Enkele aandachtspunten hierbij zijn:

- LATIS bevat (te) weinig detail voor een precieze risicoberekening en analyse op wijkniveau van een stad (op basis van water-op-sstraatkaarten). Voor deze studie bevat de tool wel voldoende detail om een grootteorde schadeberekening uit te voeren
- water-op-sstraatkaarten geven weer hoeveel water er in de open ruimtes (straten, pleinen) komt door riooloverstromingen. Uit LATIS blijkt dat de grootste schade vaak optreedt bij gebouwen of kwetsbare infrastructuur. Wanneer enkel de schade horende bij water op straat wordt meegenomen, zal dit resulteren in een sterke onderschatting van de schade. Daarom wordt een interpolatie algoritme toegepast om ook schade aan gebouwen (door overstromingen op straat) mee te nemen.
- LATIS werkt met een drempelhoogte voor het begroten van schade. Voor gebouwen geldt bijvoorbeeld een drempelhoogte van 25 cm waardoor een overstroming pas vanaf 25 cm waterhoogte resulteert in schade. Voor straten geldt een drempelwaarde van 50 cm. Dit zorgt ervoor dat de uitkomst van LATIS behoorlijk conservatief zal zijn.

LATIS werkt op basis van raster data van 5x5m. Hiervoor moeten de water-op-sstraatkaarten van een polygonen-dataset naar een rasterbestand worden omgezet.

### Interpolatie water-op-sstraatkaarten met correctie<sup>1</sup>

Indien er enkel op basis van de water-op-sstraatkaarten een schadeberekening uitgevoerd zou worden, zou dit tot een grote onderschatting van de werkelijke schade leiden (enkel schade aan openbaar domein). Om ook de schade aan of in gebouwen ten gevolge van water op straat mee te nemen, wordt interpolatie toegepast. De water-op-sstraatkaarten worden hierbij omgezet naar een vlakdekkend bestand (terrain-dataset in ArcGIS). Ter hoogte van de gebouwen wordt een waterhoogte berekend op basis van de omliggende waterhoogtes op straat.

Zonder correctie leidt deze interpolatie tot veel grotere waterstanden in gebouwen dan werkelijk het geval zou zijn, vooral voor het deel Antwerpen-Centrum waar er grotere gaten in het 2D mesh zitten (door een grover gebouwenbestand). Indien water ook gebouwen binnendringt zal in realiteit de waterhoogte lager zijn in een gebied dan indien al het water enkel op de openbare ruimte komt te staan. Bovendien hebben gebouwen in meer of mindere mate een waterkerende functie.

Om te vermijden dat er gerekend wordt met onrealistisch hoge waterhoogtes in en buiten gebouwen, is nog een correctiefactor toegepast op de geïnterpoleerde waterhoogtes. Hierbij wordt de waterhoogte binnen een gebied gereduceerd met een factor die verhouding weergeeft tussen de overstroomde oppervlakte met en zonder interpolatie. Het principe hiervan staat uitgelegd in onderstaande afbeelding. Op basis van deze gecorrigeerde geïnterpoleerde water-op-sstraatkaarten wordt vervolgens de schadeberekening in LATIS uitgevoerd.

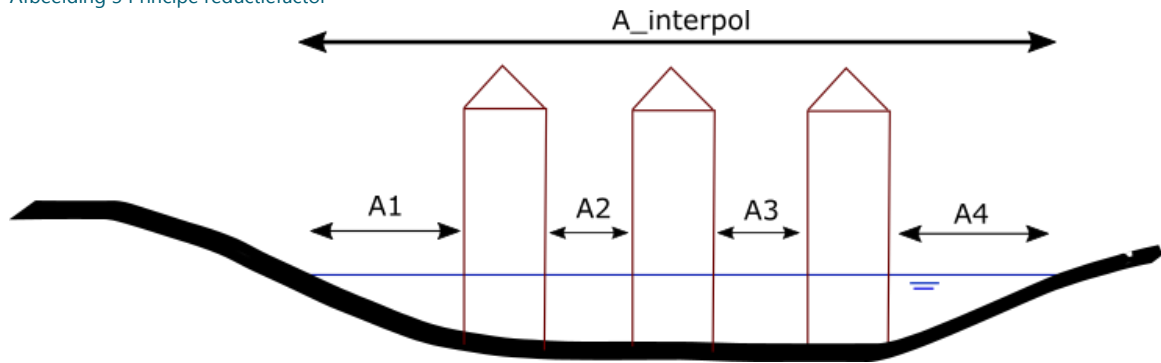
Tevens worden schadekaarten opgesteld op basis van de niet-geïnterpoleerde en niet-gecorrigeerde, geïnterpoleerde water-op-sstraatkaarten. De niet-geïnterpoleerde schadekaarten kunnen beschouwd worden als een absolute ondergrens van de te verwachten schade, de niet-gecorrigeerde, geïnterpoleerde schadekaarten als een absolute bovengrens. Samen geven zij zicht in het bereik waarbinnen de werkelijke schade zich zal bevinden.

$$factor = \frac{A_{interpol}}{A1 + A2 + A3 + A4}$$

---

<sup>1</sup> Zoals eerder opgemerkt is LATIS ontworpen voor schadeberekeningen door rivieroverstromingen en niet voor riooloverstromingen in stedelijk gebied. De vooropgestelde methodiek (interpolatie met correctie) tracht deze tekortkoming te compenseren. De berekende schades geven grootteordes weer van de te verwachten schades en risico's.

Afbeelding 3 Principe reductiefactor



Dit resulteert in volgende reductiefactoren voor de verschillende deelwijken:

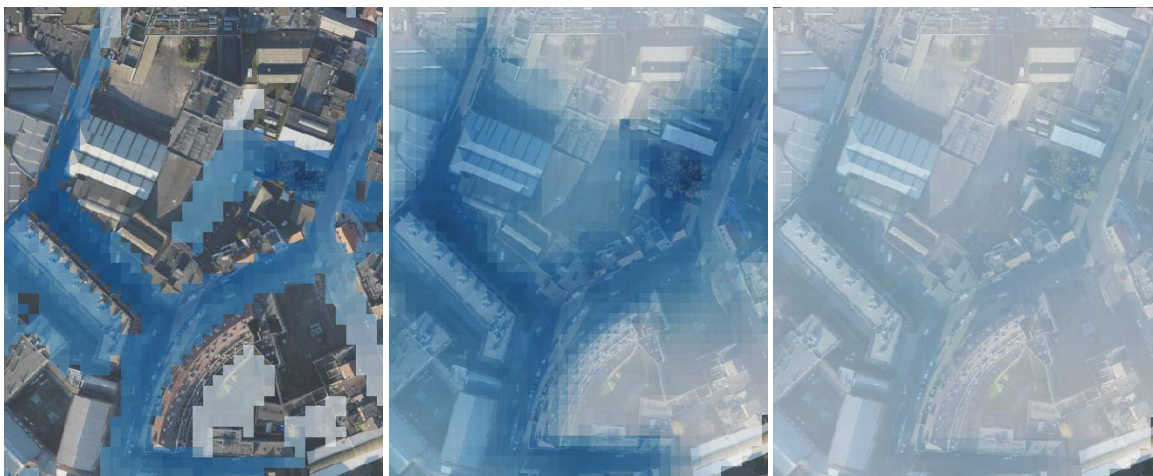
Tabel 1 Reductiefactor

Deelwijk	Reductiefactor
Damwijk Noord	2,25
Damwijk Zuid	2,25
Damwijk Oost	3,00
Wijk Lange dijkstraat	3,00
Wijk Vuilbeek	3,00

Onderstaande afbeeldingen tonen het principe van de drie overstromingskaarten die uiteindelijk zijn gegenereerd:

- 1 de water-op-straatkaart gegenereerd met het rioolmodel van Rio-link (afbeelding 4, links);
- 2 de geïnterpoleerde overstromingskaart: de waterhoogte ter hoogte van bebouwing is bepaald op basis van interpolatie van de omliggende straten (afbeelding 4, midden);
- 3 de gereduceerde overstromingskaart: Hierbij wordt de waterhoogte gereduceerd om te compenseren voor de overschatting van de overstroomde oppervlakte (afbeelding 4, rechts).

Afbeelding 4 Water-op-straatkaarten voor schadeberekening (uittreksel ter hoogte van Damwijk Zuid).

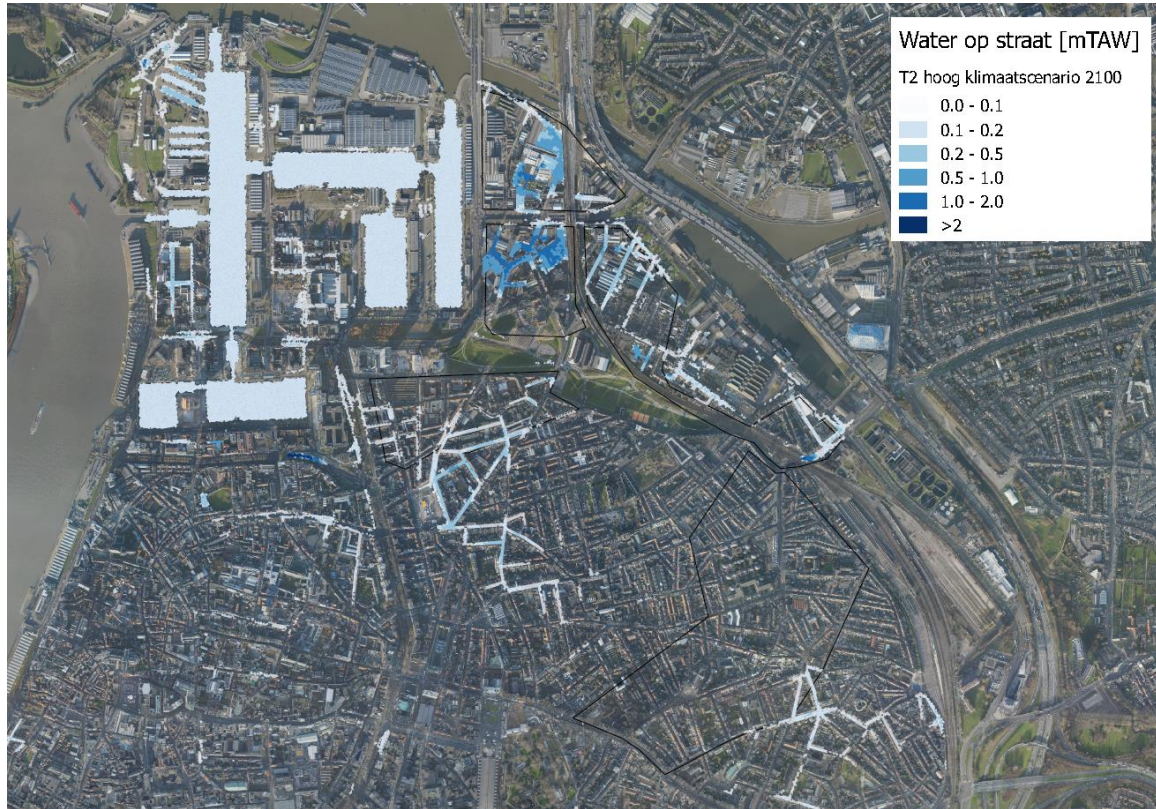




## 4 RESULTATEN

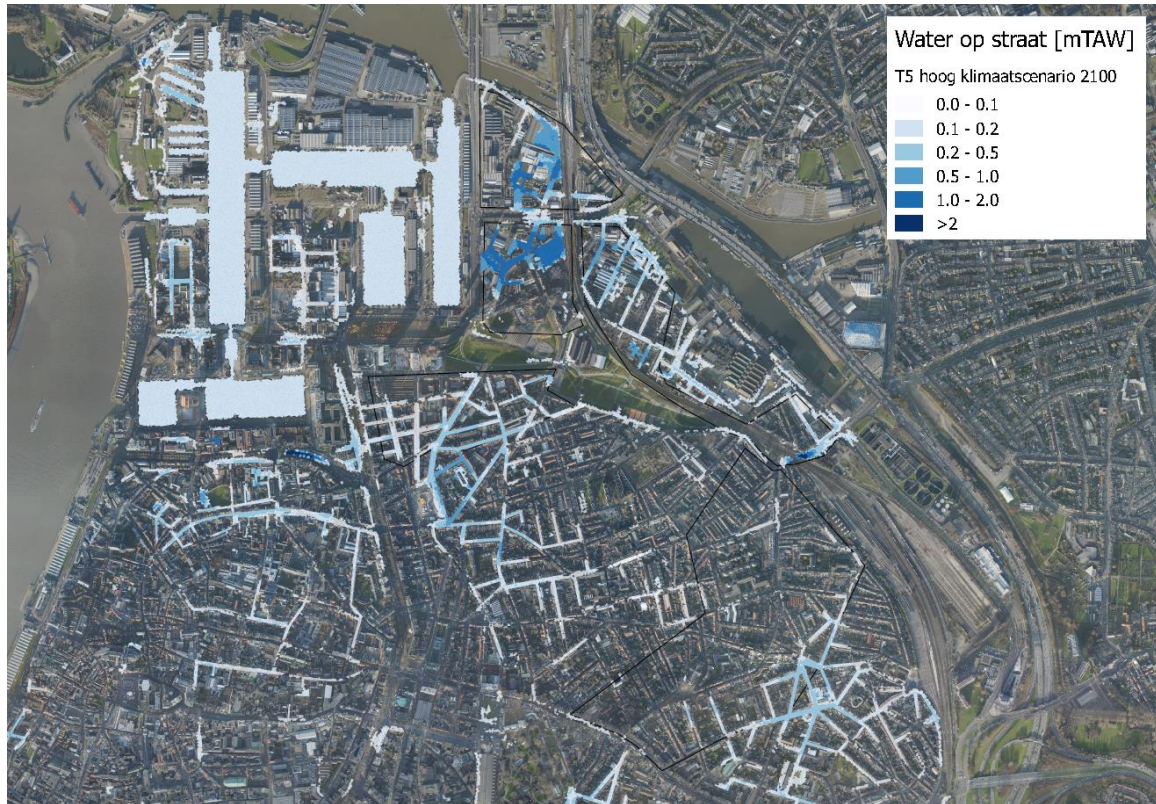
### 4.1 Water-op-sstraatkaarten

Afbeelding 1 Water-op-sstraatkaart - T2 bui (hoog 2100 klimaatscenario)

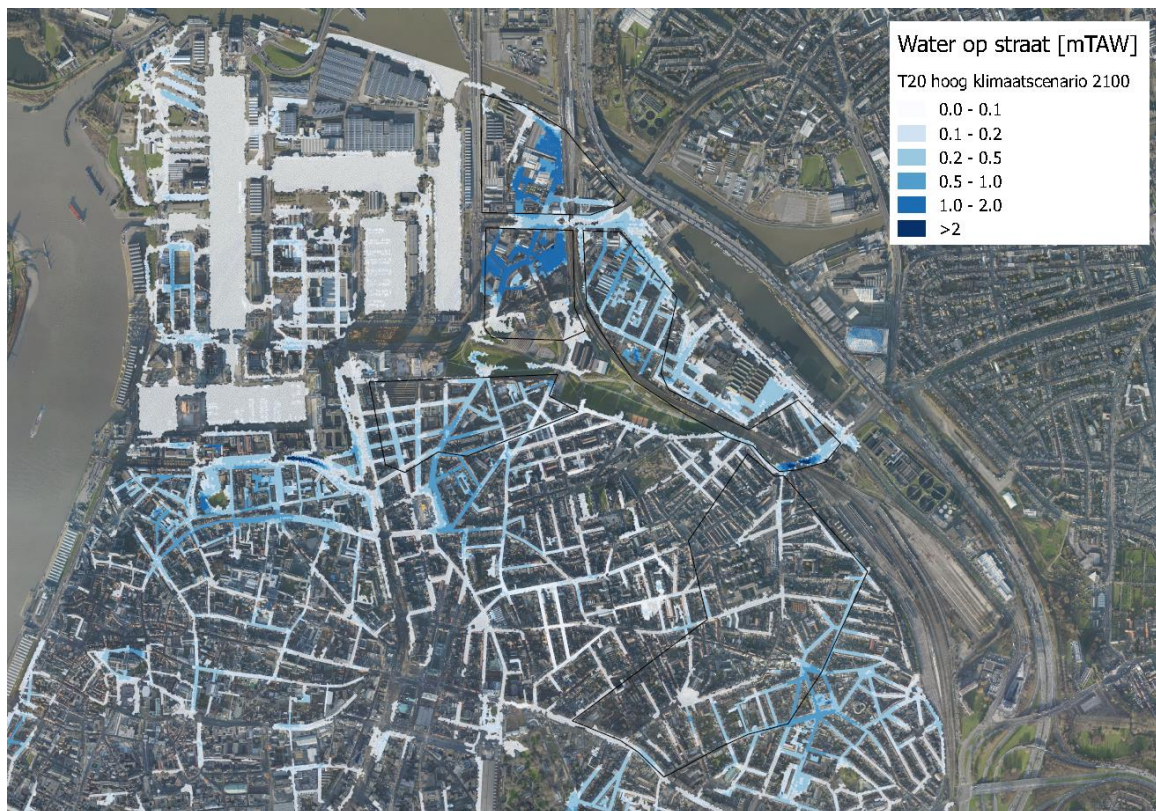




Afbeelding 2 Water-op-sstraatkaart - T5 bui (hoog 2100 klimaatscenario)

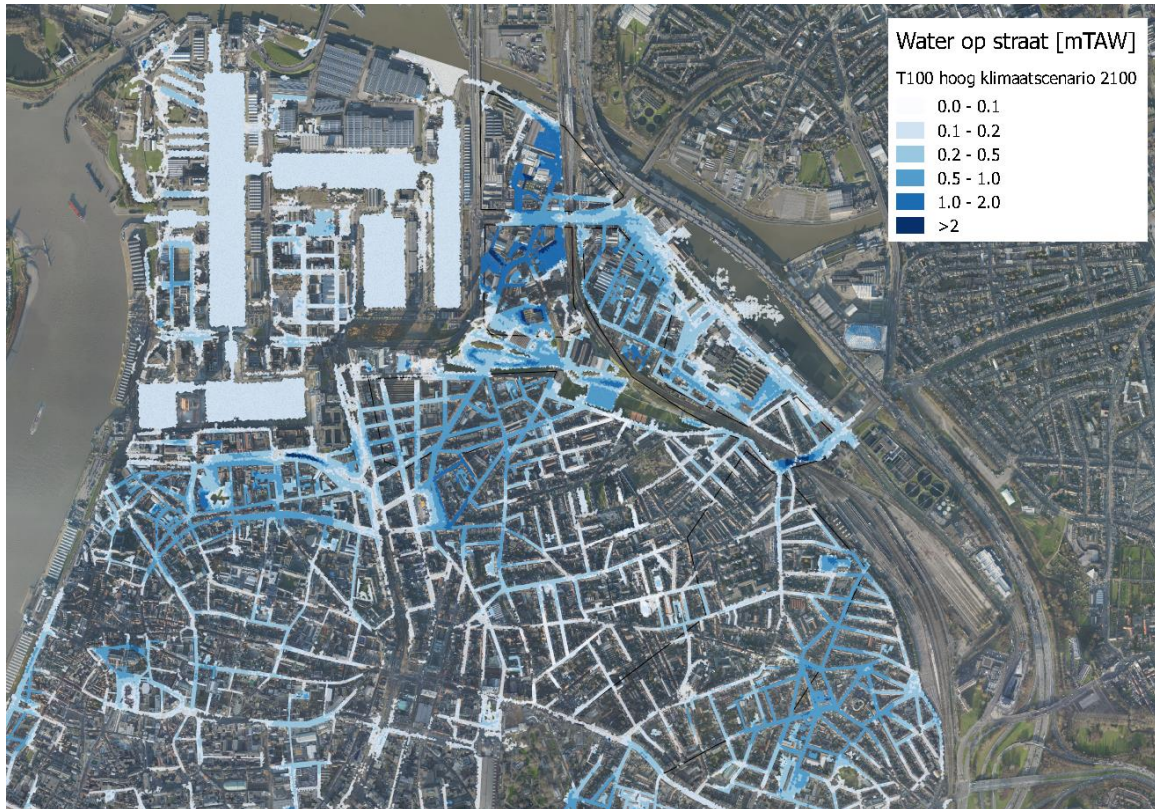


Afbeelding 3 Water-op-sstraatkaart - T20 bui (hoog 2100 klimaatscenario)





Afbeelding 4 Water-op-sstraatkaart - T100 bui (hoog 2100 klimaatscenario)



## 4.2 Schadeberekening

### 4.2.1 Schadeberekening louter op basis van water-op-sstraatkaart

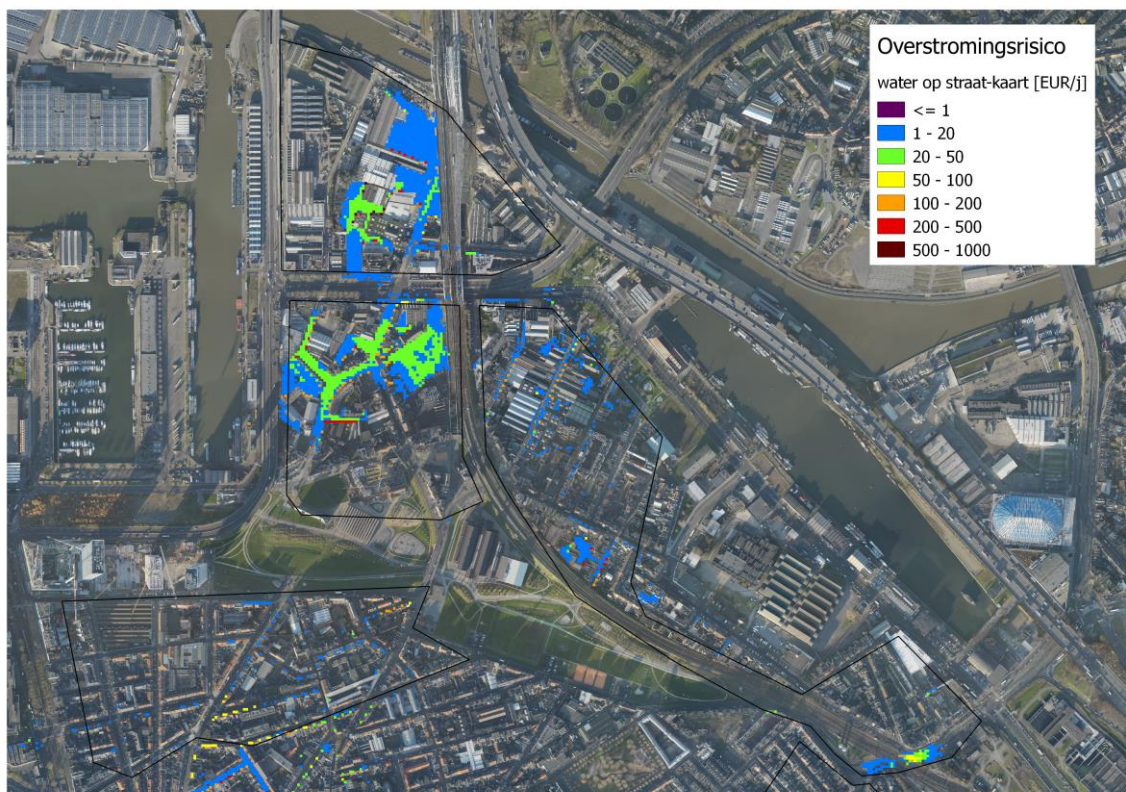
In onderstaande tabel staat de berekening van de waterschade bij respectievelijk een T02-T05-T20 en ook het risico of de gemiddelde verwachte schade per jaar indien de niet-geïnterpoleerde water-op-sstraatkaarten worden gebruikt. Voor de verschillende deelgebieden samen komt dit neer op een jaarlijks risico van circa 1,8 miljoen EUR (per jaar). Doordat enkel water (en dus schade) op straat is meegenomen, wordt dit aanzien als de absolute ondergrens van schade.

De afbeelding hieronder toont voor de meest kwetsbare zone, de Damwijk, de verwachte schade per jaar in EUR per m<sup>2</sup> per jaar.

Tabel 1 Schade op basis van de water-op-sstraatkaart. Uitgedrukt in duizend EUR (k EUR)

Schade - enkel straten	Dam Noord	Dam Oost	Dam Zuid	Lange Dijk	Vuilbeek	TOTAAL
T02	537	210	912	42	2	1.703
T05	953	501	1.172	147	73	2.846
T20	1.560	978	1.633	595	362	5.128
RISICO per jaar	564	275	7.923	98	4	<b>1.775</b>

Afbeelding 5 Overstromingsrisicokaart op basis van water-op-straatkaart in EUR per m<sup>2</sup> per jaar



#### 4.2.2 Schadeberekening niet-gecorrigeerde geïnterpoleerde overstromingskaart

In onderstaande tabel staat de berekening van de waterschade waarbij wordt uitgegaan van de niet-gecorrigeerde geïnterpoleerde overstromingskaarten (T02-T05-T20). Hierbij wordt dus verondersteld dat de waterhoogte binnen gebouwen even hoog is als het water in de aangrenzende straten. Voor de verschillende deelgebieden samen komt dit neer op een jaarlijks risico van circa 16 miljoen EUR. Samen met de ondergrens (zie hierboven) betekent dit dat de verwachte schade zich ergens tussen 1,8 en 16 miljoen EUR per jaar zal bevinden.

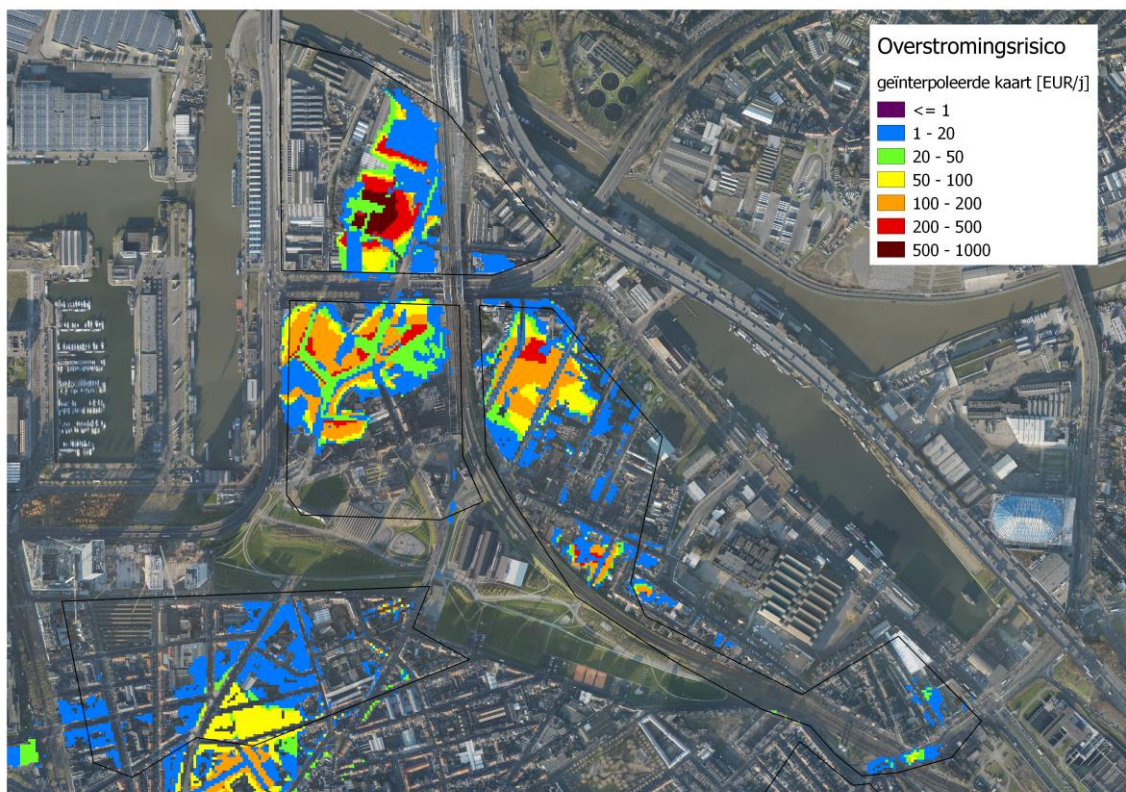
De afbeelding hieronder toont voor de meest kwetsbare zone, de Damwijk, de verwachte schade per jaar in EUR per m<sup>2</sup> per jaar.

Tabel 2 Schade op basis van de geïnterpoleerde overstromingskaart. Uitgedrukt in duizend EUR (k EUR)

Schade bij interpolatie bebouwing	Dam Noord	Dam Oost	Dam Zuid	Lange Dijk	Vuilbeek	Totaal
T02	5.840	3.141	5.024	92	5	14.102
T05	10.575	5.590	6.218	1.955	516	24.853
T20	18.831	10.740	8.444	8.387	2.828	49.231
RISICO per jaar	6.340	3.446	4.275	1.119	340	<b>15.520</b>



Afbeelding 6 Overstromingsrisicokaart op basis de geïnterpoleerde overstromingskaart in EUR per m<sup>2</sup> per jaar



#### 4.2.3 Schadeberekening gecorrigeerde, geïnterpoleerde overstromingskaart

In onderstaande tabel staat de berekening van de waterschade waarbij uit wordt gegaan van de gecorrigeerde, geïnterpoleerde overstromingskaarten (T02-T05-T20). Hierbij wordt een correctiefactor toegepast op de waterhoogte ter compensatie van de extra overstromingsvolumes toegevoegd in de interpolatiestap. Waar de schade lager uitviel dan bij 4.2.1, is deze waarde vervangen. Voor de verschillende deelgebieden samen komt dit neer op een jaarlijks risico van ca. 3 miljoen EUR (per jaar).

Dit is heel wat lager dan de 16 miljoen EUR bij de vorige berekening. Vermoedelijk doordat op veel locaties de waterhoogte onder de drempelwaarde zakt en er hierdoor geen schade wordt toegekend. Toch kan worden gesteld dat, gezien de onzekerheid en 'ruwheid' van LATIS, 3 miljoen EUR een realistisch minimaal risico is per jaar.

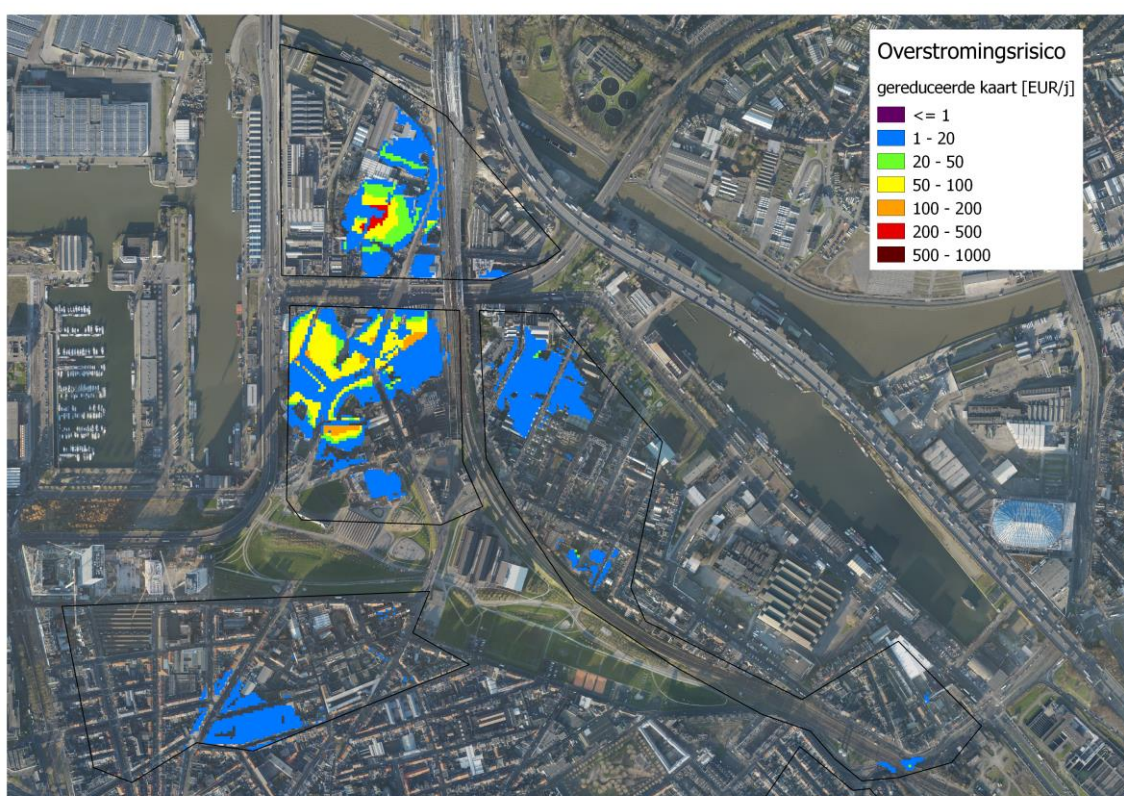
Bij deze schadeberekening is ook de schade horend bij een T100 bui doorgerekend. Het doel was om extra hoge schadelocaties, horend bij kwetsbare infrastructuur, in beeld te krijgen. Dit was voor het onderzochte deel van Antwerpen niet het geval. Hierdoor wijkt de risicoberekening inclusief de T100 overstromingskaart niet af van de berekening zonder T100.

Tabel 3 Schade op basis van de gereduceerde overstromingskaart. Uitgedrukt in duizend EUR (k EUR)

Schade bij reductiefactor	Dam Noord	Dam Oost	Dam Zuid	Lange Dijk	Vuilbeek	Totaal
T02	537	210	2.014	42	4	2.807
T05	1.272	502	2.716	147	73	4.709
T20	3.439	978	4.165	595	362	9.538
T100	6.143	3.842	6.659	2.560	412	19.886
RISICO per jaar	743	275	1.870	98	45	<b>3.032</b>

De afbeelding hieronder toont voor de meest kwetsbare zone, de Damwijk, de verwachte schade per jaar in EUR per m<sup>2</sup> per jaar.

Afbeelding 7 Overstromingsrisicokaart op basis de geïnterpoleerde overstromingskaart in EUR per m<sup>2</sup> per jaar



## 5 CONCLUSIE

Met de behulp van de rioleringsmodellen van Rio-link zijn water-op-sstraatberekeningen uitgevoerd om te bekijken welke overstromingen optreden in het noorden van Antwerpen bij verschillende terugkeerperiodes. Er is specifiek gekeken naar de Damwijk, wijk Lange Dijkstraat en Vuilbeek aangezien die wijken laaggelegen zijn en door de aanleg van een Schijn-Scheldeverbinding kunnen worden afgekoppeld. Hierbij is er vanuit gegaan dat de wateroverlast bij een T20 kan worden vermeden wanneer de gebieden zijn afgekoppeld.



Met de GIS-tool LATIS zijn de water-op-sstraatkaarten vervolgens omgezet naar risicokaarten (EUR schade per m<sup>2</sup> per jaar). Hierbij zijn 3 verschillende kaarten gegenereerd: één op basis van de originele water-op-sstraatkaarten (enkel water op straat), één waarbij de waterhoogte in gebouwen wordt geïnterpoleerd op basis van de waterhoogtes in omliggende straten (geen correctie) en één kaart waarbij de geïnterpoleerde waterhoogtes gecorrigeerd werden om te hoge overstromingsvolumes te vermijden. De laatste kaart geeft naar verwachting de meest realistische schatting van de te verwachten schade en risico weer.

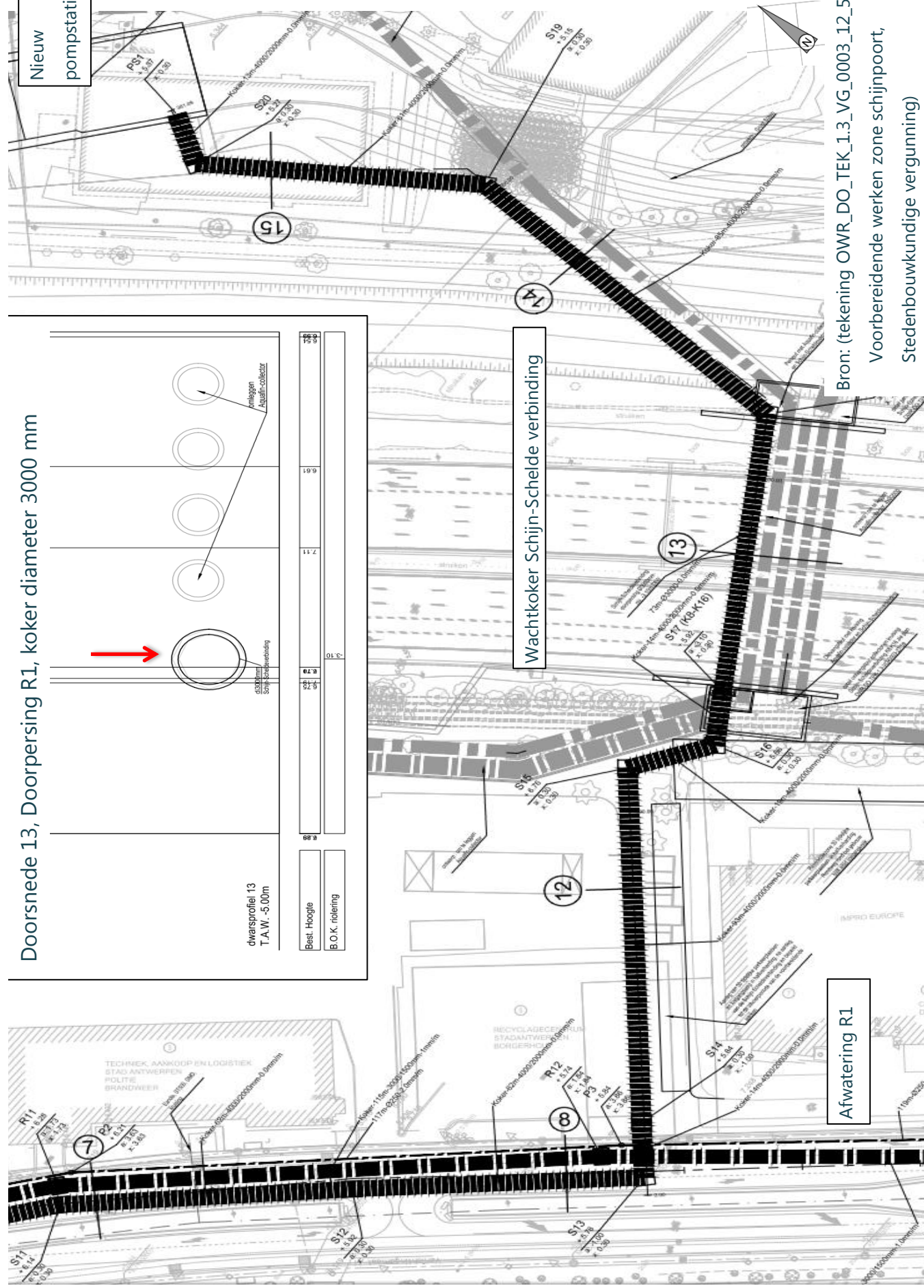
Uit deze schade- en risicoanalyse is gebleken dat de huidige situatie zorgt voor een gemiddelde schade van circa 3 miljoen EUR per jaar. Op een termijn van 100 jaar komt dit neer op 300 miljoen EUR. De aanleg van een Schijn-Scheldeverbinding, waarbij bovenstaande wijken worden voorzien van een gescheiden stelsel en afkoppeling, heeft in dit geval dus een baat van 300 miljoen EUR vermeden overstromingsrisico.



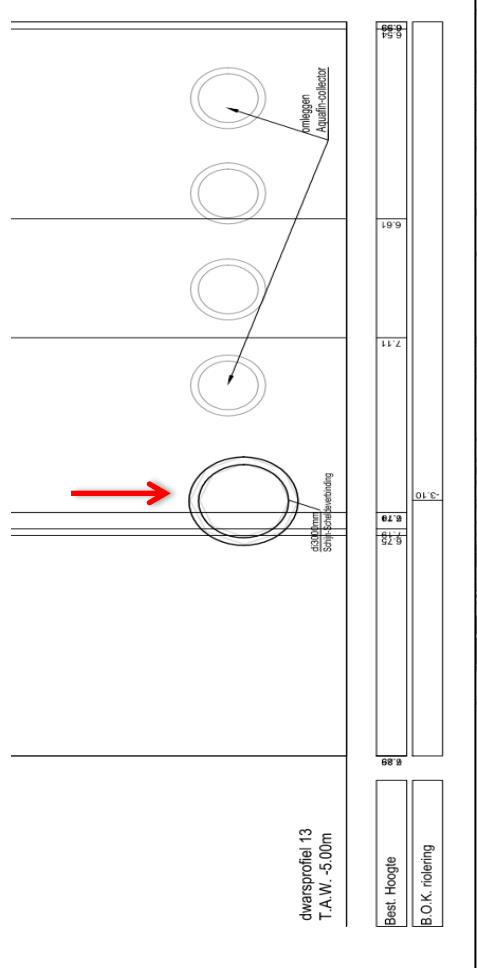
## BIJLAGE VII



# Plannen voorbereidende werken Oosterweelverbinding (wachtkoker gravitaire Schijn-Scheldeverbinding)



Doorsnede 13, Doorpersing R1, koker diameter 3000 mm



Wachtkoker Schijn-Schelde verbinding

Afwatering R1

Nieuw pompstation

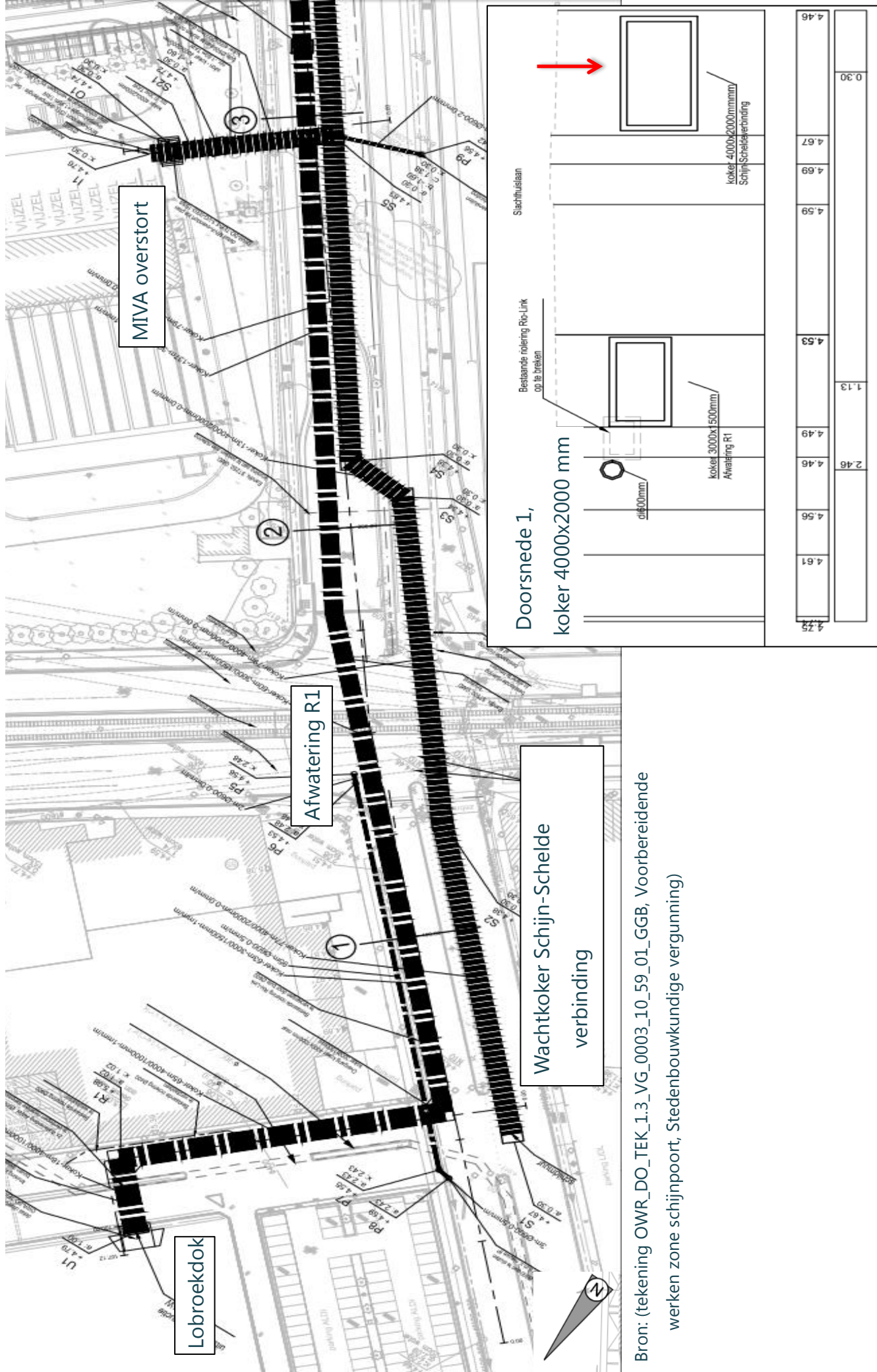
Bron: (tekening OWR\_DO\_TEK\_1.3\_VG\_0003\_12\_59\_01\_GGB)

Voorbereidende werken zone schijnpoort,  
Stedenbouwkundige vergunning





# Plannen voorbereidende werken Oosterweelverbinding (wachtkoker gravitaire Schijn-Scheldeverbinding)



Bron: (tekening OWR\_DO\_TEK\_1.3\_VG\_0003\_10\_59\_01\_GGB, Voorbereidende werken zone schijnpoort, Stedenbouwkundige vergunning)





