

Onderzoek naar droogte en waterschaarste in Antwerpen

Beschrijvende Nota WP1 Analyse algemene waterbeschikbaarheid van de gegevens

Stad Antwerpen
Stadsontwikkeling

RAPPORT 21 november 2019 - versie 3.0



Colofon

International Marine & Dredging Consultants

Adres: Van Immerseelstraat 66, 2018 Antwerpen, België

: + 32 3 270 92 95

: + 32 3 235 67 11

Email: info@imdc.be

Website: www.imdc.be

Document Identificatie

Project	Onderzoek naar droogte en waterschaarste in Antwerpen
Titel rapport	Beschrijvende Nota WP1 Analyse algemene waterbeschikbaarheid
Opdrachtgever	Stad Antwerpen - Stadsontwikkeling
Contactpersoon	Ronny Van Looveren, Tel: +32 (0)3 338 36 58, email ronny.vanlooveren@antwerpen.be
Datum	21/11/2019
Rapportref.	I/RA/11556/19.008/JWA
Besteknummer	GAC_2018_00239

Auteur	Nazicht	Goedgekeurd
Jan Walravens Senior engineer	Roeland Adams Product Manager	Jan Walravens Senior Engineer

Versie	Datum	Omschrijving	Auteur	Nazicht	Goedgekeurd
1.0	25/04/2019	Concept	JWA	RAD	JWA
2.0	25/07/2019	Revisie 1	JWA	RAD	JWA
3.0	15/11/2019	Revisie 2	JWA	RAD	JWA

Inhoudsopgave

1	Inleiding	7
1.1	De opdracht	7
1.2	Doel van werkpakket WP 1	7
2	Gegevensverzameling	8
2.1	Inleiding	8
2.2	Afbakening studiegebied	9
2.3	Visualisatie GIS-data en hydrometrische tijdreeksen	10
3	Analyse geïnterpreteerde gegevens	12
3.1	Trends grond- (en oppervlakte)waterstanden	12
3.1.1	Beschikbare tijdreeksen	13
3.1.2	Lange termijn gedrag grondwaterstanden	14
3.1.3	Trends grondwaterstanden zonder klimatologische invloeden	16
3.2	Analyse waterstanden oppervlaktewater	19
3.2.1	Groot Schijn Wijnegem	20
3.2.2	Waterstanden stadsvijvers	21
3.3	Conclusies onderzoeksvragen	22
3.4	Antropogene invloed op de grondwaterstanden	23
3.4.1	Drainages	23
3.4.2	Ondergrondse structuren	28
3.4.3	Riolering	28
3.4.4	Verharding	29
3.5	Zuiveringsinfrastructuur	31
3.6	Waterverbruik	34
3.6.1	Drinkwaterverbruik	34
3.6.2	Grondwaterverbruik	37
4	Algemene waterbeschikbaarheid	38
4.1	Watervraag	38
4.2	Aanbod	40
4.2.1	Drinkwater	40
4.2.2	Recyclage van grijswater	40
4.2.3	Recuperatie hemelwater	40
4.2.4	Recuperatie grondwater	43
4.2.5	Nazuivering effluent RZWI's	44
4.3	Balans	45
5	Referenties	46

Bijlagen

Bijlage A	Overzicht inventarisatie	48
A.1	Literatuurstudie	49
A.1.1	Grondwaterstudie en -modelling	49
A.1.2	Infrastructuurwerken	51
A.1.3	Waterbalansen	51
A.1.4	Klimaat	55
A.2	Overzicht beschikbare GIS-data en hydrometrie	56
Bijlage B	Analyse Grondwater	58
B.1	Analyse waterstanden stadsvijvers	59
B.2	Transsecten gemiddelde grondwaterstanden	65
B.3	Trendanalyse Grondwaterstanden lange termijn gedrag	68
B.3.1	Hoboken – Wilrijk	69
B.3.2	As Stadskern - Rivierenhof	69
B.3.3	As Kontich– Mortsels - Ranst	71
B.3.4	As Deurne - Merksem – Brasschaat	72

Lijst van Tabellen

Tabel 3-1 : Beschikbare tijdreeksen grond- en oppervlaktewaterstanden	13
Tabel 3-2 : #weerhouden tijdreeksen grondwaterstandsgegevens voor trendanalyse	17
Tabel 3-3: Som berekende trends	17
Tabel 3-4: VMM vergunningsdatabank grondwateronttrekkingen. Selectie van tijdelijke vergunningen voor drainage of bemalingen, gesommeerd per jaar per stadsdistrict	27
Tabel 3-5: Totaal jaarlijks vergund bemalingsdebiet tijdelijke inrichtingen per district en per jaar	27
Tabel 3-6: Gemiddelde afvoeren en belasting RWZI's Antwerpse regio (Bron: Aquafin, 2018)	32
Tabel 3-7: 5-Percentieldebieten zuiveringsstations en waterverbruik voor districten Antwerpen volledig gelegen in zuiveringsgebieden	33
Tabel 3-8: Prognose waterverbruik volgens water-link	35
Tabel 3-9: percentuele verdeling verbruik sectoren per district	36
Tabel 3-10: Vergunde winningen VMM databank vergunning dd. 6/11/2018	37
Tabel 4-1: Gemiddeld watergebruik thuis anno 2016, in liter per dag per persoon (Vlaamse Milieumaatschappij, 2018)	39
Tabel 4-2: potentieel volume neerslagrecuperatie per district	42
Tabel 4-3: Grondwatervoeding zomer/winter per district	43

Lijst van Figuren

Figuur 2-1: zoekzone dataverzameling	10
Figuur 2-2: Voorbeeld van kaartweergave in het dynamische rapport van de grondwaterstandgegevens	11
Figuur 2-3: Voorbeeld van interactieve grafieken via de dynamische rapportering van de grondwaterstandsgegevens	11
Figuur 3-1: Illustratie van de trends op de selectie van variabelen GHG (Groen), alle waarnemingen (Grijs) en GLG (Geel)	14
Figuur 3-2: Kleurencode volgens berekende trend op de volledige tijdreeks	15
Figuur 3-3: Kleurencode volgens berekende trend op de jaarlijkse GHG waarden	15
Figuur 3-4: Kleurencode volgens berekende trend op de jaarlijkse GLG waarden	15
Figuur 3-5 : Peilregistratie (mTAW) locatie PP7 in de Lange Kievitstraat 10, 2018 Antwerpen	16
Figuur 3-6 : berekende lineaire trends	18
Figuur 3-7 : berekende lineaire trends – zoom op stadskern	18
Figuur 3-8 : verklarende variantie tijdreeksen	18
Figuur 3-9: verklarende variantie in functie van berekende trend	19
Figuur 3-10 : verdeling verklarende variantie per trend	19
Figuur 3-11: Daggemiddelde waterstanden Groot Schijn te Wijnegem periode 1990 - 2019 (bron: waterinfo.be)	20
Figuur 3-12: 5 – percentiel waarde waterstand Groot Schijn te Wijnegem, volledige tijdreeks en zomerperiodes	20
Figuur 3-13: aantal dagen met waterstand < 3.17 mTAW	21
Figuur 3-14 : bemalingsdebiet grond- en oppervlaktewatervijzels Pompstation 2 Ring R1	24
Figuur 3-15: VMM databank vergunningen 2017 & 2018 met de bestemming van de tijdelijke bemaling	25
Figuur 3-16: VMM databank vergunningen 2017 & 2018 met de bestemming van de tijdelijke bemaling – zoom stad en opgave vergund jaardebiet 2018	25
Figuur 3-17: Databank Stad Antwerpen vergunningen rubriek 53. Bemalingen actief in 2018.	26
Figuur 3-18: Rioleringsdatabank Rio-link, diepteligging riolering t.o.v. maaiveld	28
Figuur 3-19: Percentage verhard per district volgens WOK Kaart	29
Figuur 3-20: WOK kaart (wit = verharding)	30
Figuur 3-21: Totaal verharde oppervlakte per district volgens de WOK kaart met onderverdeling wegen/bebouwing en overige verharde oppervlakte volgens het GRB	30
Figuur 3-22: Afbakening zuiveringsgebieden en grenzen districten	31
Figuur 3-23: Totaal geloosd effluent 2010 – 2017	32
Figuur 3-24: Duurlijn afvoeren zuiveringsgebieden per inwonerequivalent	33
Figuur 3-25: Totaal jaarlijks waterverbruik stad Antwerpen en verbruik per inwoner	34
Figuur 3-26: evolutie aantal gedomicilieerden en woonheden stad Antwerpen 2010 – 2017	35
Figuur 3-27: Evolutie waterverbruik 2010 – 2017 per district (exclusief havendistricten met postcode 2030 en 2040)	35
Figuur 4-1: Gemiddelde mediaan, 10- en 90 percentieltotalen Neerslag.	41
Figuur 4-2: Termen waterbeschikbaarheid en waterverbruik totaal exclusief havendistricten	45

1 Inleiding

In 2014 ondertekende de stad Antwerpen de “Covenant of Mayors Adapt” en nam daarbij het engagement om een stedelijke klimaatadaptatiestrategie op te stellen en ondersteund door kennisontwikkeling de noodzakelijke klimaatadaptatiemaatregelen te nemen in de lopende stadsplannen en –projecten.

In eerdere studieopdrachten werd reeds onderzoek verricht rond het stedelijk hitte-eiland effect, de ruimtelijke verdeling van en het effect van klimaatwijziging op de neerslag in Antwerpen en de impact van de wijzigende neerslagpatronen op de lokale waterlopen. In deze studie wordt gefocust op het aspect droogte zowel m.b.t. grondwater als m.b.t. de waterbeschikbaarheid (van water met verschillende kwaliteit: hemelwater, drinkwater, ...) in het algemeen.

1.1 De opdracht

In de opdracht “Onderzoek naar droogte en waterschaarste in Antwerpen” worden voor de stad Antwerpen de kans op watertekorten en belangrijke wijzigingen in het grondwaterpeil gekwantificeerd ten gevolge van het wijzigende klimaat en watervraag. De verdere doorvertaling van de wijzigingen in waterbeschikbaarheid worden zo goed als mogelijk ingeschat en maatregelen/strategieën worden voorgesteld om deze effecten tegen te gaan of te mitigeren. Daarbij wordt zowel gekeken naar wijziging van de grondwatertafel als naar de algemene waterbeschikbaarheid (op langere termijn van drinkwater, proceswater, grijswater, hemelwater).

De opdracht bestaat uit vier werkpakketten:

- WP1: Analyse van de gegevens;
- WP2: Impactanalyse;
- WP3: Analyse van scenario’s en strategieën;
- WP4: Beleidsaanbevelingen.

Dit rapport omvat de rapportering van de taken uit werkpakket 1.

1.2 Doel van werkpakket WP 1

Het doel van dit werkpakket is het verzamelen van alle relevante informatie m.b.t. droogte en watertekorten in de stad Antwerpen. De informatie wordt vervolgens aangewend voor een analyse van de huidige toestand van het grondwater en de algemene waterbeschikbaarheid.

2 Gegevensverzameling

2.1 Inleiding

De nodige input voor het opmaken van de waterbalansen, grondwaterstromingsmodel, en de daaruit volgende adaptatiestrategieën dienden als leidraad voor de gegevensverzameling. Onderstaand wordt een niet limitatief overzicht gegeven van de ideale, gewenste gegevens voor de verschillende impactanalyses. Voor een finaal overzicht van de geconsulteerde bronnen en hun referenties wordt verwezen naar Bijlage A Een overzicht van studies met potentieel bruikbare informatie wordt opgelijst en becommentarieerd in Bijlage A.1

Gegevens m.b.t. het opstellen van het grondwater(stromingsmodel):

- Hydrogeologische karakteristieken van de ondergrond;
- Bodembedekking, bodemtype;
- Hydrografie:
 - Huidig;
 - Historisch;
 - Gegevens over de belangrijkste waterlichamen met een drainerende en/of infiltrerende werking;
- Hydrometrische invoergegevens:
 - Tijdreeksen van neerslag, evaporatie, grondwatervoeding, basisafvoeren in de waterlopen;
 - Waterstanden en afvoeren van de waterlichamen;
- Hydrometrische gegevens voor de afijking van de sturende factoren;
- Tijdreeksen van grondwaterpeilen (stad, DOV, WATINA, ...);
- Debiet van gravitaire drainage, verpompte debieten van de Ring;
- Oppervlaktewaterpeilen;
- Aanvullende gegevens m.b.t. het opstellen van de waterbalans.

Gegevens en informatie m.b.t. scenario-ontwikkeling en adaptatiestrategieën:

- Neerslag-en evapotranspiratie gegevens onder invloed van klimaatprojecties;
- Plannen inzake stadsontwikkeling;
- Trendanalyse inzake waterverbruik;
- Gegevens m.b.t. de infiltratiegevoeligheid (ABO-studie, watertoetskaart, inventarisatie van de infiltratiecapaciteitsmetingen, ...);
- Gegevens over de belangrijkste andere antropogene invloeden op het grondwater: bouw van grote ondergrondse constructies, de drainage van de ring, de aanleg van de HSL Antwerpen- Nederland;
- Gegevens over de kwaliteit van het grondwater;

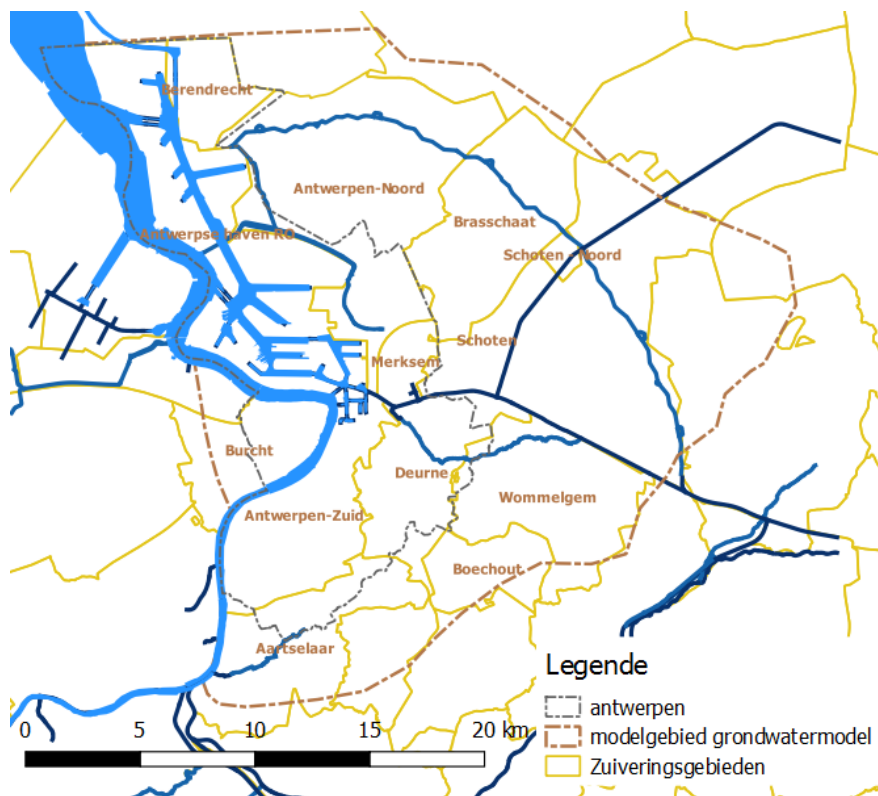
- Gegevens over het zoet-zout evenwicht (o.a. op basis van de verziltingskaart beschikbaar op DOV, modelleringsstudies op Linkeroever en rechteroever uitgevoerd door IMDC, ...);
- Gegevens over de verzegelingsgraad van de bodem, de evolutie hiervan in de tijd en hun effect op infiltratie, grondwatervoeding,;
- De belangrijkste zones van grondwatervervuiling;
- Gegevens over belangrijke historische en huidige grondwateronttrekkingen/bemalingen;
- Resultaten van uitgevoerde grondwaterstudies.

2.2 Afbakening studiegebied

De zoekzone van de gegevens alsook het gewenste ruimtelijke en temporele detail verschilt per gegevenstype en hangt samen met de opbouw van het grondwatermodel en de waterbalans. Voorafgaand aan de inventarisatiefase werden hiervoor reeds de minimale contouren van de modeldomeinen voor grondwater en waterbalans afgebakend. De omvang wordt voldoende ruim gekozen om te verzekeren dat alle relevante data per gegevensbron verzameld worden.

Voor de domeinkeuze van het grondwatermodel worden de grenzen bepaald door het voedingsgebied van het freatische grondwaterlichaam, kalibratiegegevens voor de afijking van de grondwaterparameters in niet urbaan verstoorde zones en de keuze van randvoorwaarden die onafhankelijk zijn van de te beschouwen scenario's. De keuze van het modeldomein wordt onderbouwd in WP2.

Bij de keuze van het modeldomein van de waterbalans werd de locatie van alle bron- en verliestermen overwogen waarop de stad Antwerpen een mogelijke sturende invloed kan uitoefenen zoals productiegegevens van alternatieve watervoorraden, beschikbare transportnetwerken met potentiële aansluiting op het stadsnet. Thans wordt het studiegebied gevormd door de enveloppe van de stadsgrenzen met zuiveringsgebieden waarbinnen de riolering van de stad afwatert.



Figuur 2-1: zoekzone dataverzameling

2.3 Visualisatie GIS-data en hydrometrische tijdreeksen

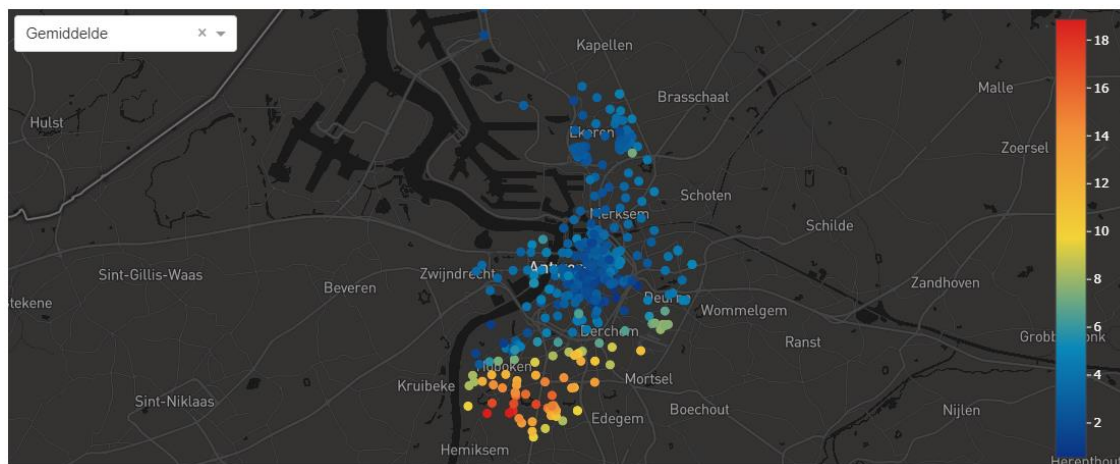
De verzamelde GIS-data wordt opgeleverd in een mappenstructuur, conform de nummering en onderverdeling in Bijlage A. Voor een eenvoudige consultatie van de ruwe gegevens en verwerkte GIS-data worden deze opgeladen in bijhorende Quantum GIS-projecten.

Voor de verzamelde grondwaterstandgegevens werd anders dan de bovenstaande statische weergave gekozen voor een dynamische en interactieve consultatie en rapportering. Er werd in het kader van de studie een platform opgezet waarop zowel de metadata als de data van de gebruikte grondwatergegevens consulteerbaar zijn. De metadata van de gegevens worden weergegeven in tabelvorm. Naast de metadata die ter beschikking werden gesteld door de eigenaars van de gegevens worden eveneens enkele berekende waarden weergegeven:

- Gemiddelde grondwaterstand;
- Aantal metingen;
- (meerjarig) gemiddelde laagste en hoogste grondwaterstand (GLG en GHG);
- Variatie (= het verschil tussen de GHG en GLG);
- VV of verklarende variantie met de grondwatervoeding op basis van een Menyanthes-model (cf. sectie 3.1.3);
- Slope (of de gemiddelde hellingsgraad van de lineaire trend).

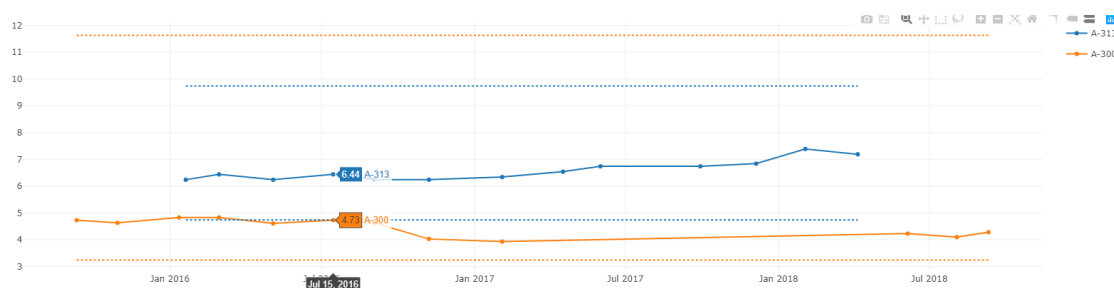
De tabel bevat eveneens de mogelijkheid om de gegevens interactief te sorteren en filteren.

De (gefilterde) waterstandsgegevens worden weergegeven op een overzichtskaart waarbij de berekende parameters gebruikt kunnen worden voor de kleurschaal van de peilbuizen. Een voorbeeld is weergegeven in Figuur 2-2.



Figuur 2-2: Voorbeeld van kaartweergave in het dynamische rapport van de grondwaterstandsgegevens

Tenslotte kan door een selectie van de peilbuizen in de tabel of op de kaart ook een interactieve grafiek getoond worden van de effectieve meetgegevens uit de achterliggende databank. Meerdere tijdreeksen kunnen in deze grafieken vergeleken worden (Figuur 2-3).



Figuur 2-3: Voorbeeld van interactieve grafieken via de dynamische rapportering van de grondwaterstandsgegevens

3 Analyse geïnventariseerde gegevens

Op de relevante gegevens wordt een ruimtelijke en temporele analyse uitgevoerd en wordt gezocht naar evoluties van watervoorraden (grondwater, oppervlaktewater), verbruik en antropogene invloeden:

- Grondwaterstanden:
 - Kunnen er in de beschikbare tijdreeksen van grondwaterstanden correlaties worden vastgesteld met de neerslaghoeveelheden en potentiële evapotranspiratie?
 - Indien er geen voldoende correlaties met de meteorologische factoren kunnen worden vastgesteld, zijn er trends af te leiden uit de gegevens?
 - En zijn deze trends een gevolg van een wijziging in meteorologie en/of gevolg van antropogene invloeden?
- Waterverbruik: sectorele en ruimtelijke trends in waterverbruiken.
- Antropogene invloeden: Evoluties in permanente grondwateronttrekkingen en tijdelijke bemalingen.

3.1 Trends grond- (en oppervlakte)waterstanden

In de analyse worden korte termijn, seizoens- en lange termijn trends geanalyseerd en worden de mogelijke sturende factoren onderzocht. De analyse moet een antwoord bieden op volgende vragen:

1. Kan in de meetreeksen een evolutie worden vastgesteld?
2. Ingeval een trend kan worden waargenomen, is deze lokaal of gebiedsdekkend?
3. Gebeurt de eventuele evolutie geleidelijk of zijn er plotse wijzigingen. Is er een link te leggen met de wijziging in meteorologie en/of met antropogene invloeden.
4. Hebben bovenstaande meteorologische factoren tevens invloed op de waterstanden van de waterlichamen en de basisafvoer in de waterlopen? Is deze evolutie voor heel de stad min of meer gelijk of zijn er geografische verschillen waar te nemen?

De eerste drie vragen worden in deze paragraaf (3.1) beantwoord, de vraag over de basisafvoeren komt aan bod in §3.2.

Gelet op de verscheidenheid in lengte en meetfrequentie van de tijdreeksen werden meerdere analyses uitgevoerd om maximaal gebruik te maken van de gegevens.

In sectie 3.1.2 wordt een eerste analyse uitgevoerd op een set grondwaterstandsregistraties met maximale lengte van de registratie om eventuele lange termijn trends te duiden. Deze selectie bevat een 91 peilbuizen.

Vervolgens (sectie 3.1.3) wordt een grotere selectie van peilbuizen weerhouden door het criterium lange termijn beschikbaarheid van de gegevens op te heffen en het nodige interval van de beschikbare tijdreeksen te beperken tot de periode 2006-2017.

3.1.1 Beschikbare tijdreeksen

Registraties van grondwaterstanden in de ruime omgeving van het studiegebied werden opgevraagd. Deze wordt begrensd door de rechthoek met coördinaten (xLambert72 137000 – 174000, YLambert72 196000 - 231000). Er werd verder een selectie uitgevoerd van peilbuizen met filterstelling boven de top van de kleiige Formatie van Boom. De databanken van de Stad Antwerpen en INBO bevatten ook tijdreeksen met oppervlaktewaterstanden, deze worden afzonderlijk weergegeven in het overzicht met de geconsulteerde bronnen in Tabel 3-1.

In een eerste fase worden de beschikbare grondwaterstandsgegevens onderworpen aan een kwalitatieve selectie. Werden geweerd uit de selectie:

- dubbele peilmetingen (peilfilters met identieke locatie en diepte van de filters). Hierbij werd steeds de meest volledige reeks weerhouden;
- Jaartallen in de tijdreeksen met minder dan 2 registraties;
- Tijdreeksen met een totale duur van minder dan 2 jaar.

Tabel 3-1 : Beschikbare tijdreeksen grond- en oppervlaktewaterstanden

Bron	# meetreeksen Grondwaterstanden Ontvangen / (weerhouden na verificatie)	# meetreeksen Oppervlakte-waterstanden Ontvangen / (weerhouden na verificatie)
Instituut voor Natuurbehoud INBO (WATINA databank)	552 (528)	50 (50)
Vlaamse Milieumaatschappij VMM – DOV databank	263 (221)	-
Provinciale en Intercommunale Drinkwatermaatschappij der Provincie Antwerpen PIDPA	281 (251)	-
Havenbedrijf Antwerpen	56 (22)	
Stad Antwerpen	440 (430)	22 (20)
Totaal	1606 (1452)	70

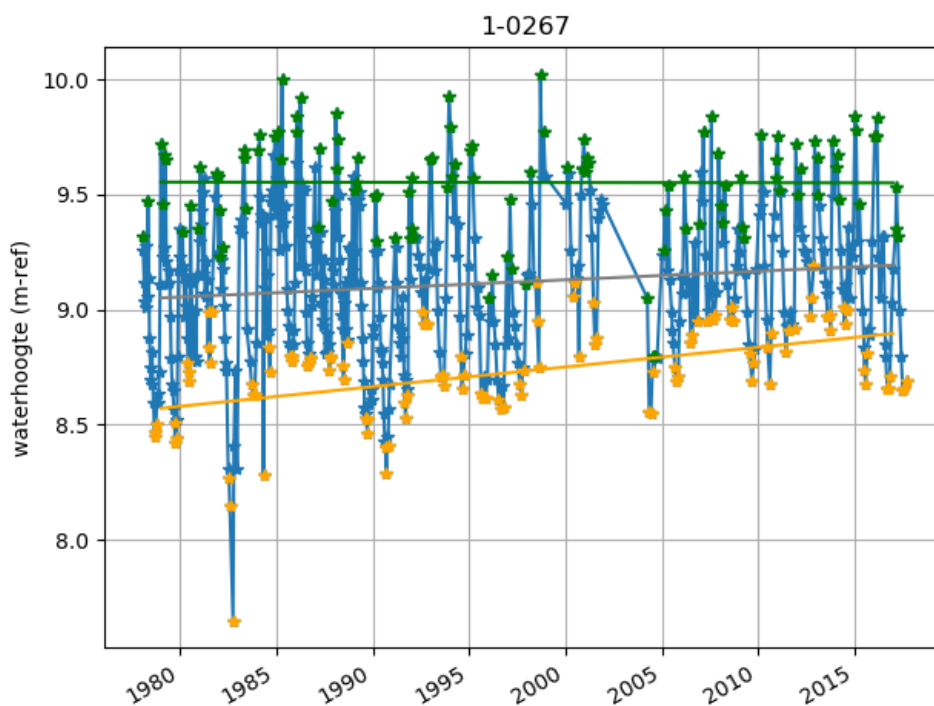
3.1.2 Lange termijn gedrag grondwaterstanden

In een eerste analyse, de lange termijn analyse, wordt gezocht naar aanwijzingen van gewijzigde grondwaterstanden als gevolg van klimaatwijzigingen. In lijn met het onderzoek naar klimaatwijzigingen wordt een minimale registratieperiode van 30 jaar aanbevolen om het gewicht van de interjaarlijkse variabiliteit te beperken in de lange termijn gemiddelden. Voor de selectie van tijdreeksen in deze analyse werden volgende criteria opgesteld:

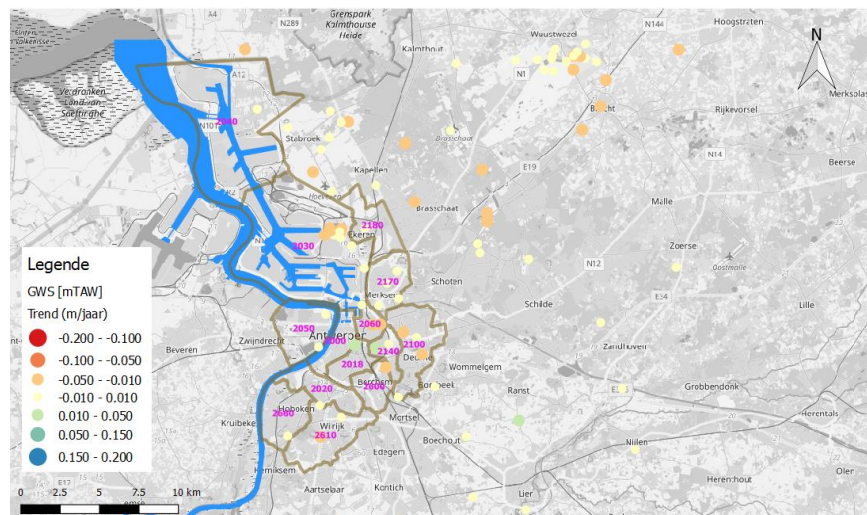
- Waarnemingen in de periode 1980 – 2019 met minimaal 18 jaar aan data;
- Enkel jaren met minimaal 6 maanden metingen.

Hiermee werden 70 tijdreeksen uit de databank weerhouden. De trendanalyse werd uitgevoerd op achtereenvolgens 3 variabelen: alle waarden uit de tijdreeks, de jaarlijkse gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG, gemiddelde van de laagste 3 grondwaterstanden voor ieder jaar) en gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) (Figuur 3-1).

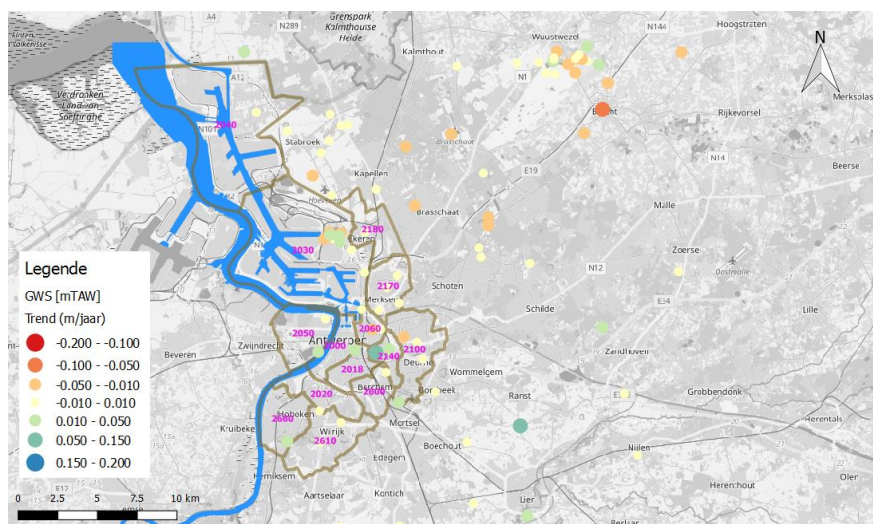
De berekende trends worden in Figuur 3-2, Figuur 3-3 en Figuur 3-4 grafisch weergegeven voor achtereenvolgens de volledige tijdreeks, GHG en GLG. Trends worden hier weergegeven onderverdeeld in classificaties absolute trend < 5 cm/jaar (geen trend), 10 en 20 cm/jaar. Voor de GLG kan een beperkte dalende trend worden waargenomen. De berekende gemiddelde en gemiddelde hoogste grondwaterstand vertonen geen significante trends.



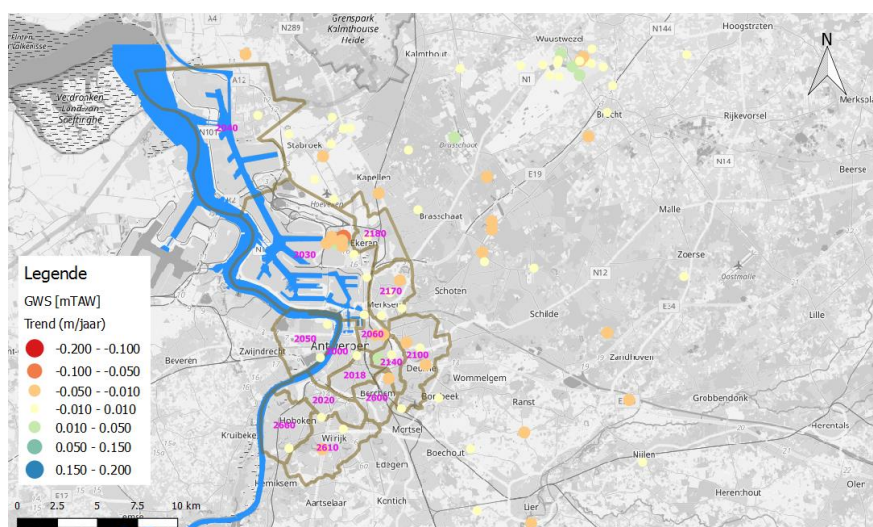
Figuur 3-1: Illustratie van de trends op de selectie van variabelen GHG (Groen), alle waarnemingen (Grijs) en GLG (Geel)



Figuur 3-2: Kleurencode volgens berekende trend op de volledige tijdreeks



Figuur 3-3: Kleurencode volgens berekende trend op de jaarlijkse GHG waarden



Figuur 3-4: Kleurencode volgens berekende trend op de jaarlijkse GLG waarden

3.1.3 Trends grondwaterstanden zonder klimatologische invloeden

Vervolgens wordt in een analyse gezocht naar potentiële trends zonder invloed van klimatologische omstandigheden. Hiervoor wordt een referentieperiode gezocht met een lage interjaarlijkse variabiliteit van de grondwatervoeding.

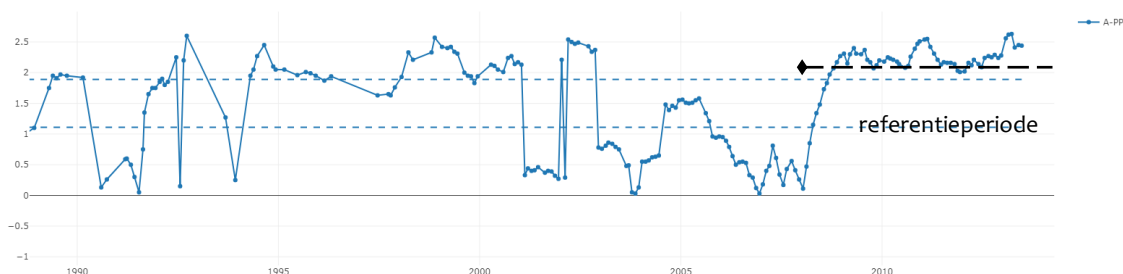
De geregistreerde grondwaterstanden wijzen op zeer beperkte verschillen in interjaarlijkse grondwaterstanden voor de periode 2006-2017. In tegenstelling tot de voorafgaande periode en de registratie van de jaren 2017-2018 zijn hier geen noemenswaardige trends te weerhouden. Deze periode is derhalve geschikt in de zoektocht naar al dan niet antropogene trends in de grondwaterstanden.

Naast de berekening van de temporele trends werden de tijdreeksen eveneens onderzocht op hun respons op de grondwatervoeding. Met behulp van de Python Menyanthes library werd voor iedere tijdreeks een Menyanthes model afgeijkt en de verklarende variantie van dit model berekend. Tijdreeksen met een hoge verklarende variantie wijzen op een goede correlatie van de neerslag en evapotranspiratie met de grondwaterstandsfluctuatie.

Deze analyse werd uitgevoerd op een selectie van tijdreeksen met voldoende waarnemingen in de referentieperiode. Enkel tijdreeksen met minimaal 12 registraties in de referentieperiode en minimaal 2 waarnemingen per jaar werden weerhouden (Tabel 3-2).

Voor de selectie van 324 meetreeksen worden de berekende trends geografisch weergegeven in Figuur 3-6 en Figuur 3-7. De berekende verklarende variantie met de grondwatervoeding wordt weergegeven in Figuur 3-8. In een samenvattende Tabel 3-3 wordt een trend meegerekend indien groter dan 1 cm/jaar. Voor 233 van de tijdreeksen kon geen trend worden berekend, voor 24 tijdreeksen werd een dalende trend van meer dan 1 cm/jaar berekend en 67 wezen op een stijgende trend.

Er worden in Figuur 3-6 slechts een beperkt aantal locaties aangeduid met significant stijgende **trend**. Deze bevinden zich voornamelijk binnen de stadskern (Figuur 3-7). Een groot aantal van de peilbuizen binnen de stadskern werden geplaatst in de omgeving van tijdelijke bemalingen. De plaatsing werd uitgevoerd ter controle van de invloedstraal van de bemaling en voor opvolging van het herstel van de grondwaterstanden na stopzetten ervan. Ter illustratie wordt in Figuur 3-5 het peilverloop van peilbuis PP07 weergegeven in de Lange Kievitstraat te Antwerpen. In deze registratie zijn de dalingen weergegeven van opeenvolgende werven met bemaling. Zo ook de bemaling in het kader van de verbouwing van het station Antwerpen Centraal voor 2007. Deze tijdreeks start in de referentieperiode 2006 – 2017 met een stijging als gevolg van het einde van de werf en de bemalingen, waardoor de globale trend van deze reeks stijgend is.



Figuur 3-5 : Peilregistratie (mTAW) locatie PP7 in de Lange Kievitstraat 10, 2018 Antwerpen

De **verklarende variantie** is beperkt binnen de stadskern (de zone binnen de ring R1). Dit kan in relatie worden gebracht met de beperkte grondwatervoeding als gevolg van

de hoge verhardingsgraad en als gevolg van de vele drainerende elementen die de seizoenale schommelingen onderdrukken.

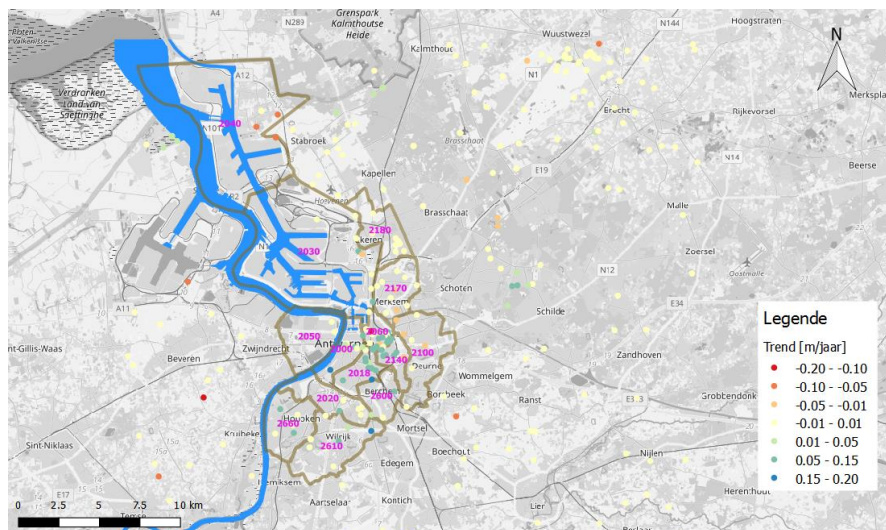
Er werd aanvullend een **classificatie** uitgevoerd van tijdreeksen volgens de berekende trend. In Figuur 3-10 worden deze opgedeeld volgens achtereenvolgens trendloos, stijgende trend en dalende trend. De x-as van iedere populatie (of breedte) geeft het aantal tijdreeksen weer in functie van de verklarende variantie (y-as). Tijdreeksen zonder significante trend hebben een gemiddelde verklarende variantie van om en bij 70 %, reeksen met dalende trend 50 %, reeksen en met stijgende trend slechts 30 % gemiddelde verklarende variantie. Men kan hieruit besluiten dat de tijdreeksen met sterke correlatie met de grondwatervoeding (hoge verklarende variantie) eerder geen lineaire trend vertonen. Trends (zeker stijgende) zijn binnen de geselecteerde periode niet natuurlijk te verklaren door veranderende meteorologische omstandigheden.

Tabel 3-2 : #weerhouden tijdreeksen grondwaterstandsgegevens voor trendanalyse

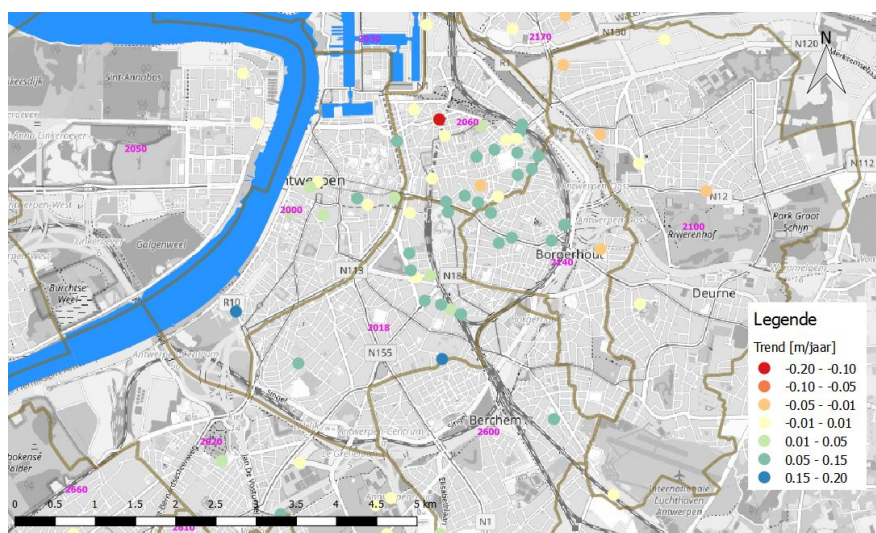
Bron	# meetreeksen Grondwaterstanden Ontvangen / (weerhouden na verificatie)	(# meetreeksen met minimaal 2 registraties per jaar van de referentieperiode)
Instituut voor Natuurbehoud INBO (WATINA databank)	552 (528)	7
Vlaamse Milieumaatschappij VMM – DOV databank	263 (221)	106
Provinciale en Intercommunale Drinkwatermaatschappij der Provincie Antwerpen PIDPA	281 (251)	101
Havenbedrijf Antwerpen	56 (22)	1
Stad Antwerpen	440 (430)	109
Totaal	1606 (1452)	324

Tabel 3-3: Som berekende trends

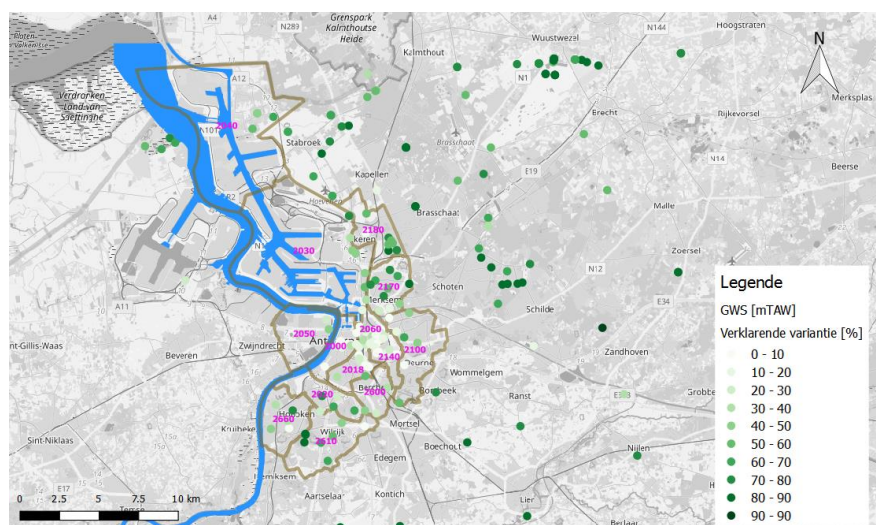
	#	gemiddelde trend [cm/jaar]	gemiddelde verklarende variantie
geen trend	233		62%
dalende trend	24	-5	41%
stijgende trend	67	6	34%



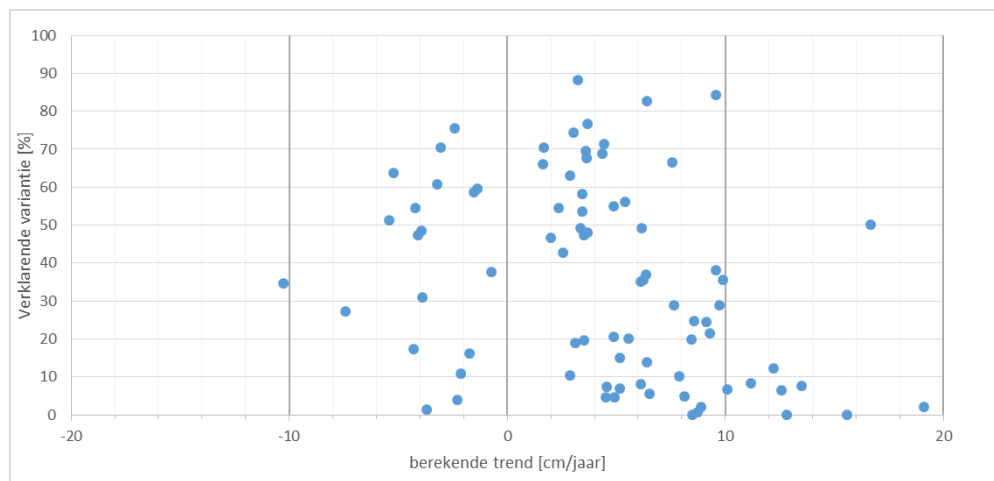
Figuur 3-6 : berekende lineaire trends



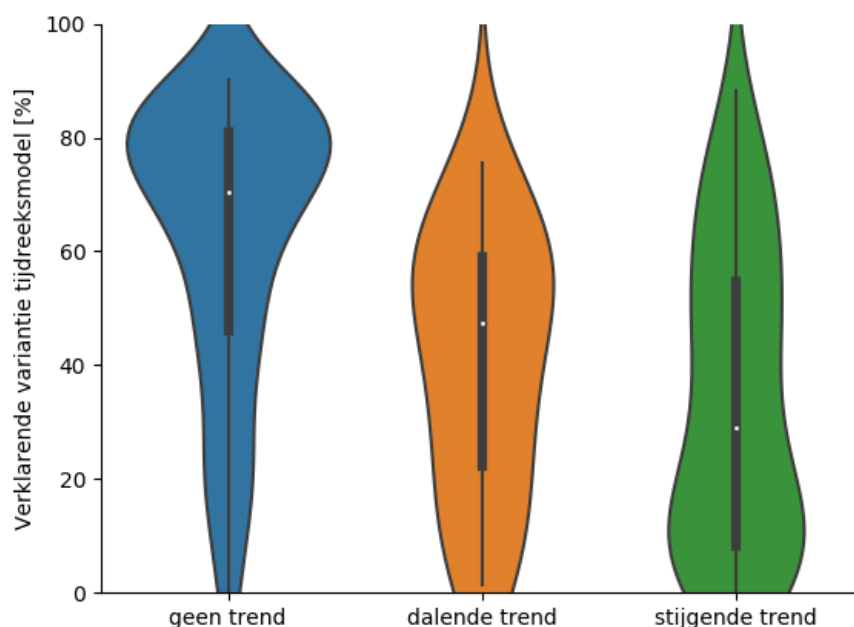
Figuur 3-7 : berekende lineaire trends – zoom op stadskern



Figuur 3-8 : verklarende variantie tijdreeksen



Figuur 3-9: verklarende variantie in functie van berekende trend



Figuur 3-10 : verdeling verklarende variantie per trend

3.2 Analyse waterstanden oppervlaktewater

Tijdreeksen met waterstanden en afvoeren in oppervlaktewaterlichamen kunnen representatief zijn voor de grondwaterstanden in het omringende grondwaterlichaam.

Voor een analyse van eventuele trends wordt een beroep gedaan op 2 representatieve sets:

- Afvoeren van de waterloop Groot Schijn ter hoogte van het VMM meetstation te Wijnegem (referentie station L04_007 – www.waterinfo.be);
- De geregistreerde waterstanden in de stadsvijvers te Antwerpen.

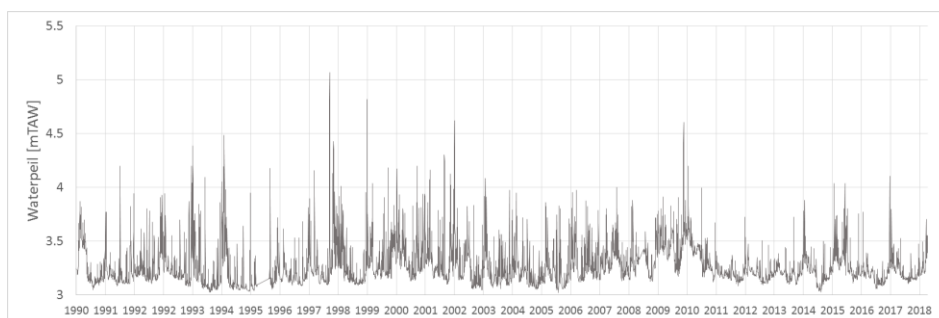
3.2.1 Groot Schijn Wijnegem

De registraties van waterstanden van het Groot Schijn zijn beschikbaar voor de periode 1990 – heden. Met uitzondering van de jaartallen 1996 en 2009 zijn voor alle jaartallen in minimaal 90 % van de tijd registraties verricht tijdens het jaar en tijdens de maanden juli/augustus (Figuur 3-11).

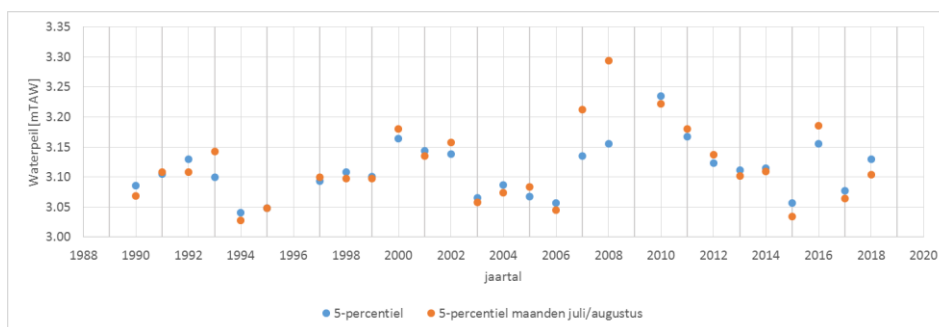
Om eventuele lange termijn trends in de geregistreerde waterstanden te detecteren, en meer bepaald trends in de duur van de zomer worden voor ieder jaar de 5 percentielwaarde berekend (Figuur 3-12) voor de volledige tijdreeks en specifiek voor de maanden juli augustus. De lange termijn trend voorde mediaan waarde blijft quasi onveranderd over de 3 decennia. De 5-percentiel waterstand voor de periode 1990-2018 bedraagt tijdens de zomermaanden gemiddeld 3.17 mTAW.

Er wordt opgemerkt dat de lagere waterstanden eerder worden beïnvloed door het gabarit (aanslibbing) en opstuwing door waterplanten ter hoogte van de meetsectie dan door de optredende afvoeren.

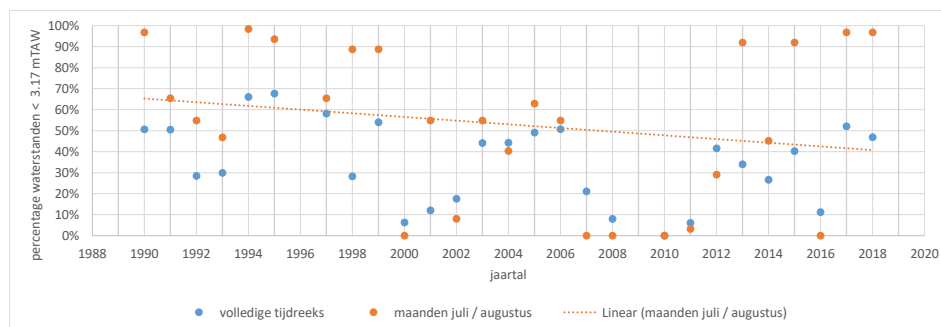
Een potentieel meer beduidende indicator voor evoluties in droogteperiodes wordt gevormd door het aantal dagen met lage waterstand voor ieder jaar. Hiervoor wordt in Figuur 3-13 het percentage van de tijd weergegeven waarop de oppervlaktewaterstanden lager zijn dan de meerjarige 5-percentiel waterstand van 3.17 mTAW. Net als voor de waterstanden is ook hier geen duidelijke trend waargenomen.



Figuur 3-11: Daggemiddelde waterstanden Groot Schijn te Wijnegem periode 1990 - 2019 (bron: waterinfo.be)



Figuur 3-12: 5 – percentiel waarde waterstand Groot Schijn te Wijnegem, volledige tijdreeks en zomerperiodes



Figuur 3-13: aantal dagen met waterstand < 3.17 mTAW

3.2.2 Waterstanden stadsvijvers

Op 22 locaties worden sedert 2016 wekelijks tot 2-wekelijks de waterstanden geregistreerd in de stadsvijvers. Bij aanvang van de analyse werden registraties tot en met juli 2018 ter beschikking gesteld.

Naar analogie met de analyse van de grondwaterstanden wordt voor deze geregistreerde waterstandsmetingen een correlatie met de meteorologische condities gezocht. Aan de hand van deze modelfit wordt vervolgens een simulatie uitgevoerd over een langere duur (2008 – 2018).

Hiervoor worden eerst de tijdreeksen met een lengte van minder dan 1 jaar uit de selectie geweerd. Een opvolging van zomerse daling en vervolgens een stijging naar winterse grondwaterstanden wordt als minimum signaal beschouwd voor de afijking van de meteorologische modellen. Ten slotte worden de tijdreeksen zonder noemenswaardige variatie geweerd. Deze kan wijzen op een kunstmatige aanvulling van de grondwaterstanden of de aftopping van de waterstand door overlaten.

De resultaten van de analyse worden weergegeven in de tabel in Bijlage B.o.

Voor een aantal van de tijdreeksen werd met succes een model gefit. Vervolgens werd een simulatie uitgevoerd over de periode 1/1/2008-1/1/2019. De langetermijn simulatie bevestigt de resultaten van (korte) beschikbare registraties: Een aantal vijvers vertonen een grotere fluctuatie van de oppervlaktewaterstanden DH (Boekenbergpark, de vijvers in het park van Merksem en Park Sorghvliedt) dan gemiddeld. Op deze locaties worden significante fluctuaties (variatie DH) waargenomen van meer dan 50 cm. Dezelfde amplitude wordt berekend door simulatie over de periode 2009 – 2018.

3.3 Conclusies onderzoeksvragen

De conclusies van de trendanalyse worden geformuleerd als antwoord op de onderzoeksvragen:

Kan in de meetreeksen een evolutie worden vastgesteld?

Met uitzondering van de grondwaterstandsmetingen in de stadskern vertonen de meetreeksen een sterke correlatie met de meteorologie. Voor een periode zonder sterke variatie in meteorologische condities werden geen trends berekend in de beschikbare grondwaterstandsmetingen.

Ingeval een trend kan worden waargenomen, is deze lokaal of gebiedsdekkend?

Er werden geen lange termijn trends waargenomen in de meetreeksen.

Gebeurt de eventuele evolutie geleidelijk of zijn er plotse wijzigingen. Is er een link te leggen met de wijziging in meteorologie en/of met antropogene invloeden.

Indien een trend werd waargenomen is deze lokaal en kan deze worden gerelateerd aan antropogene factoren. In het bijzonder in de binnenstad worden meetreeksen aangetroffen met plotse daling (interval 1 maand) van de grondwaterstanden als gevolg van bemalingen. Na stopzetten van de bemaling herstelt de grondwaterstand zich terug tot het oorspronkelijk niveau.

Hebben bovenstaande meteorologische factoren tevens invloed op de waterstanden van de waterlichamen en de basisafvoer op de waterlopen? Is deze evolutie voor heel de stad min of meer gelijk of zijn er geografische verschillen waar te nemen?

In het studiegebied zijn de beschikbare tijdreeksen van afvoeren beperkt tot de tijdreeks van het Groot Schijn te Wijnegem. Over de beschikbare meetperiode van 30 jaar kunnen geen trends in de gemiddelde afvoer of waterstand worden afgeleid.

3.4 Antropogene invloed op de grondwaterstanden

De antropogene factoren met potentieel permanente invloed op de grondwaterstanden zijn drainage van het beschikbare grondwater (sectie 3.4.1), het verhinderen van de laterale grondwaterstroming door ondergrondse structuren (sectie 3.4.2), drainage door rioleringen (sectie 3.4.3) en het verhinderen van de lokale aanvulling van grondwater als gevolg van de verhardingsgraad (sectie 3.4.4).

3.4.1 Drainages

Voor de drainages wordt onderscheid gemaakt tussen permanente en tijdelijke installaties. Onder permanente installaties vallen grondwaterbemaling voor winning van grondwater (grondwaterwinningen – sectie 3.4.1.1) en permanente drainages voor evacuatie van overtollig grondwater (sectie 3.4.1.2).

Tijdelijke drainages worden doorgaans ingezet in het kader van bouwwerkzaamheden (sectie 3.4.1.3)

3.4.1.1 Grondwaterwinningen

Permanente grondwaterwinningen zijn de thans actieve grondwaterwinningen uit de VMM databank vergunningen, beschikbaar op DOV (op datum 6/12/2018). Voor een overzicht van de vergunde debieten binnen de stadsgrenzen wordt verwezen naar sectie 0.

3.4.1.2 Permanente drainages

3.4.1.2.1 Bemaling Craeybeckxtunnel

Binnen de stadsgrenzen worden op de gewestwegen enkel de Ring R1 en de Craeybeckxtunnel gedraineerd.

Onder de Craeybeckxtunnel bevinden zich drainageleidingen dwars op de rijrichting. De verzamelleiding van deze drainage loopt in de langs richting en mondt uit ten noorden van de tunnel. Hier bevindt zich een pompkelder uitgerust met 3 pompelpompen (capaciteit niet bekend). Het overtollige water wordt afgevoerd naar de vijver in het Nachtegalenpark.

3.4.1.2.2 Bemaling Ring R1

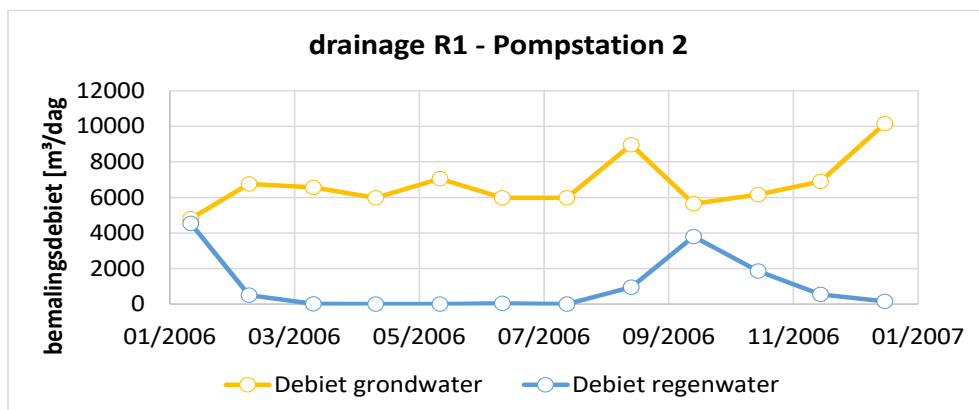
Sedert de aanleg midden '60 wordt door middel van drainagekoffers aan weerszijden van de ring overtollig grond- en regenwater afgevangen en door middel van 2 pompstations afgevoerd.

Pompstation 1 bevindt zich ter hoogte van cultuurcentrum De Singel en bemaalt het zuidelijke deel van de ring van Schelde tot en met aansluiting met de E19 naar de Schelde.

Pompstation 2 ten zuiden van de aansluiting met de E313 bemaalt het oostelijke deel van de Ring en voert af naar het Lobroekdok. Voor dit pompstation werden voor het jaar 2006 de draaiuren van de vijzels ter beschikking gesteld door AWW. Omgerekend naar de ontwerpcapaciteiten van deze vijzels werd in 2006 een totaal debiet bemaald door de grondwatervijzels (debiet grondwater) van 6740 m³/dag of 2.5 miljoen m³ per jaar

Berekeningen met het grondwatermodel in WP 2 wijzen op een gemiddelde grondwateronttrekking van 7600 m³/dag of 2.8 miljoen m³ per jaar. Het pompstation 2

staat volgens de berekeningen in voor ca. 70% van de bemaling van de Ring R1. Het totaal bemaalde grondwaterdebit voor beide pompstations wordt daarmee begroot op ca. 4.0 miljoen m³ per jaar.



Figuur 3-14 : bemalingsdebit grond- en oppervlaktewatervijzels Pompstation 2 Ring R1

3.4.1.2.3 Drainage parkings & ondergrondse structuren

De grondwaterdiepte binnen de grenzen van de stad bedraagt hooguit 6 meter onder maaiveld. Het is daarom niet ondenkbeeldig dat een permanente drainage werd voorzien voor niet waterkerende wanden in de stad.

Door de stad Antwerpen wordt melding gemaakt van de permanente bemaling van de parking onder het administratief centrum Den Bell met een dagelijks onttrokken debiet tussen 200 en 400 m³/dag. Over de overige parkings en andere ondergrondse structuren is geen kennis van eventuele bemaling.

Voor geen van de ondergrondse constructies wordt melding gemaakt in de vergunningen databank van de VMM.

3.4.1.3 Tijdelijke drainages

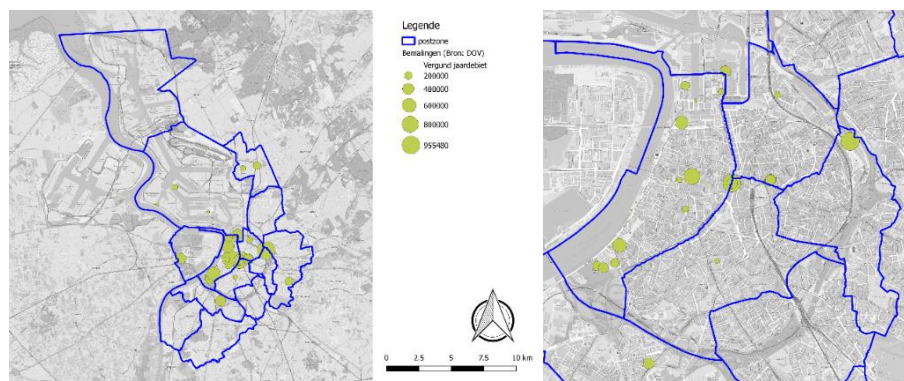
Bemalingen in functie van bouwwerkzaamheden zijn in principe tijdelijk van aard. De eventuele grondwaterstandsval herstelt zich doorgaans relatief snel (< 1 jaar) naar de oorspronkelijke toestand.

Debeten van tijdelijke bemalingen werden geselecteerd uit de vergunningendatabank van de VMM. Vanaf het jaartal 2017 worden in de databank de bestemmingen vermeld. De vergunningen met bestemming “tijdelijke bemaling” worden per jaar en per district gesommeerd in Tabel 3-4 en grafisch weergegeven in Figuur 3-15. Voor beide jaren 2017 en 2018 werd voor de stad een totaal debiet vergund van 3,5 miljoen m³/jaar. De databank geeft echter geen melding van de wijze van bemaling (dieptebronnen, oppervlakkige bemaling, retourbemaling). Het effectief onttrokken debiet is niet gekend. De VMM databank geeft slechts 1 coördinaat voor de positionering van de bemaling, ook voor weergave van werken gespreid over meerdere honderden meters.

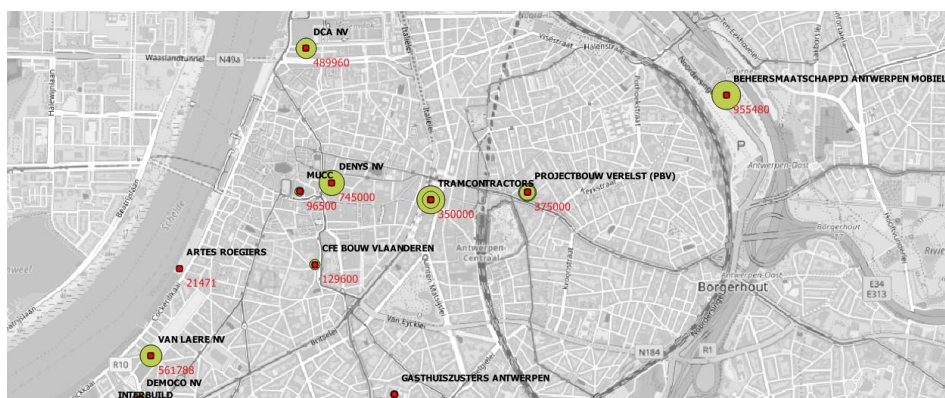
Binnen het district 2000 wordt een bemalingsdebit van ca. 1 miljoen m³ per jaar vergund aan de bouwfirmat Tramcontractors voor de aanleg van de Noorderlijn met bemalingszone t.h.v. het Operaplein. De vergunning voor het jaar 2017 van ca. 1 miljoen m³/jaar werd voor het jaar 2018 gereduceerd tot 350 000 m³. Binnen het district Borgerhout werd ca. 1 miljoen m³/jaar vergund voor rekening van de Beheersmaatschappij Antwerpen Mobiel NV ten behoeve van de heraanleg van de Noordersingel.

Een gelijkaardige informatiebron van bemalingslocaties vormt de vergunningendatabank van het milieuloket van de Stad Antwerpen. Uit de databank

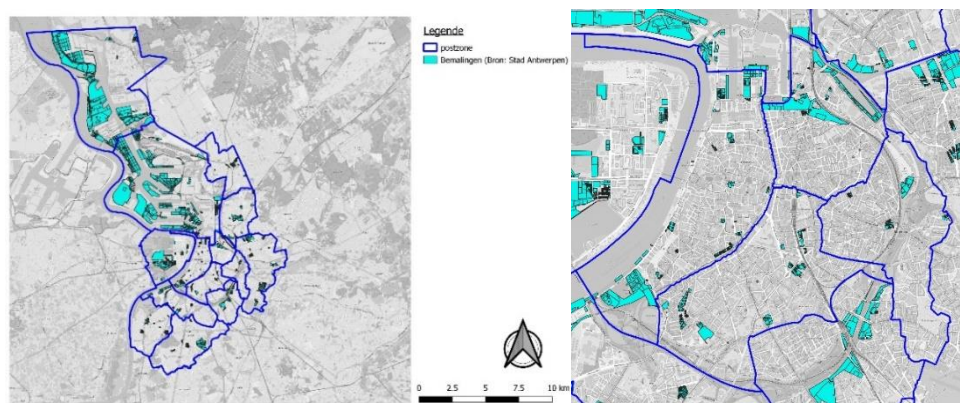
vergunningen voor een Vlare 53 – inrichting werden de tijdelijke inrichtingen weerhouden. De in de databank vermelde kadastrale percelen werden vervolgens gekoppeld aan het CADMAP bestand en in Tabel 3-5 gesommeerd per jaar en district waarin de bemaling plaatsvindt en vervolgens grafisch weergegeven in Figuur 3-17. Voor de vergunningsjaren 2003 – 2016 werd voor 500 000 à 700 000 m³ aan vergund debiet aangevraagd. Voor de jaartallen 2017 en 2018 bedraagt het vergund debiet ca. 3,5 miljoen m³/jaar, gelijkaardig aan de databank vergunningen van de VMM. De in Figuur 3-17 weergegeven kadastrale percelen hebben betrekking op de vergunningaanvraag niet noodzakelijke op de percelen waar bemaling wordt voorzien.



Figuur 3-15: VMM databank vergunningen 2017 & 2018 met de bestemming van de tijdelijke bemaling



Figuur 3-16: VMM databank vergunningen 2017 & 2018 met de bestemming van de tijdelijke bemaling – zoom stad en opgave vergund jaardebiet 2018



Figuur 3-17: Databank Stad Antwerpen vergunningen rubriek 53. Bemalingen actief in 2018.

Tabel 3-4: VMM vergunningsdatabank grondwateronttrekkingen. Selectie van tijdelijke vergunningen voor drainage of bemalingen, gesommeerd per jaar per stadsdistrict

	2017 [m³]	2018 [m³]
2000	1 068 129	903 482
2018	664 940	596 116
2020	0	262 800
2030	189 840	356 628
2040	0	0
2050	0	35 682
2060	580 800	479 835
2100	0	205 020
2140	590 000	912 500
2170	0	0
2180	90 000	175 000
2600	0	0
2610	0	0
2660	0	0
Totaal	3 183 709	3 927 062

Tabel 3-5: Totaal jaarlijks vergund bemalingsdebiet tijdelijke inrichtingen per district en per jaar

Postcode	District	2013 [m³]	2014 [m³]	2015 [m³]	2016 [m³]	2017 [m³]	2018 [m³]
2000	Antwerpen	278 240	25 680	106 680	31 402	1 053 001	512 907
2018	Antwerpen	10 670	22 370	71 040	26 352	186 480	552 168
2020	Antwerpen	0	0	31 292	0	0	131 520
2030	Antwerpen	29 280	0	135 980	388 408	670 926	270 858
2040	Antwerpen	183 800	125 500	55 200	970	115 824	42 995
2050	Antwerpen	0	119 320	15 720	18 800	73 696	0
2060	Antwerpen	0	0	3 400	127 720	364 560	376 380
2100	Deurne	57 600	307 440	10 980	41 280	39 870	755 330
2140	Borgerhout	600	0	1 200	18 000	0	0
2170	Merksem	0	13 440	93 120	3 960	132 450	33 961
2180	Ekeren	0	0	0	62 400	126 720	272 280
2600	Wilrijk	30 024	0	26 400	0	141 600	439 200
2610	Berchem	0	8 100	0	0	44 745	66 704
2660	Hoboken	240	0	42 480	0	335 577	4 455
Totaal		590 454	621 850	593 492	719 292	3 285 449	3 458 759

3.4.4 Verharding

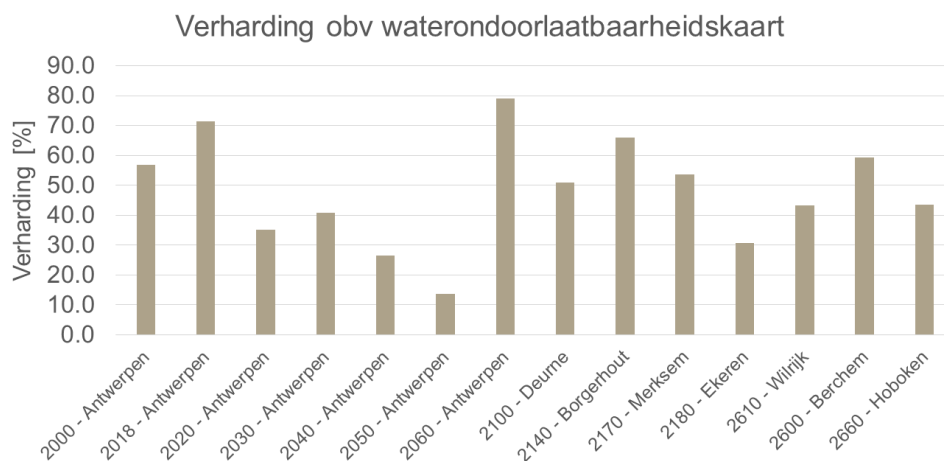
De verhardingsgraad werd per wijk, district en stad gesommeerd op basis van de AGIV Waterondoorlaatbaarheidskaart (WOK), met 5m resolutie, opname 2012.

De WOK is een geografische raster-dataset die de bodembedekking in Vlaanderen weergeeft, toestand 2012. Deze kaart heeft een focus op permeabiliteit van de bodem, meer specifiek de 'Waterondoorlaatbaarheid' en is in hoofdzaak afgeleid van de gekarteerde verharde oppervlaktes van het Grootchalig Referentie Bestand (GRB).

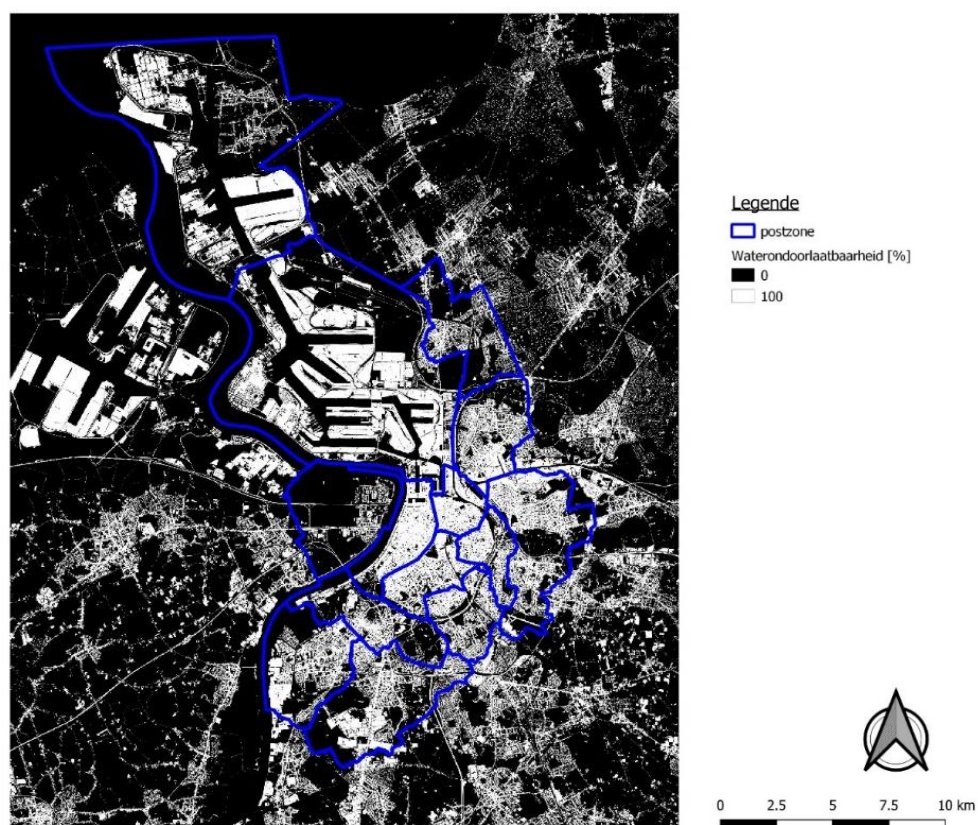
Een totaalbeeld van de verharding (wit – verharding) wordt gegeven in Figuur 3-20, het berekende percentage verhard wordt voorgesteld in Figuur 3-19. Voor de stadskern (postcodes 2000, 2018, 2140 en 2060) bedraagt deze om en bij 2/3^e van de oppervlakte, in de omliggende districten bedraagt de verhardingsgraad om en bij 40 %.

De verhardingsgraad werd aanvullend berekend op basis van het Grootchalig Referentiebestand (GRB). Op districts niveau werd de som gemaakt van de oppervlaktes gebouwen en straatoppervlakte. Het onderscheid tussen beide oppervlaktes kan nuttig worden aangewend voor de begroting van de potentie tot regenwateropvang van daken t.o.v. opvang van wegenis.

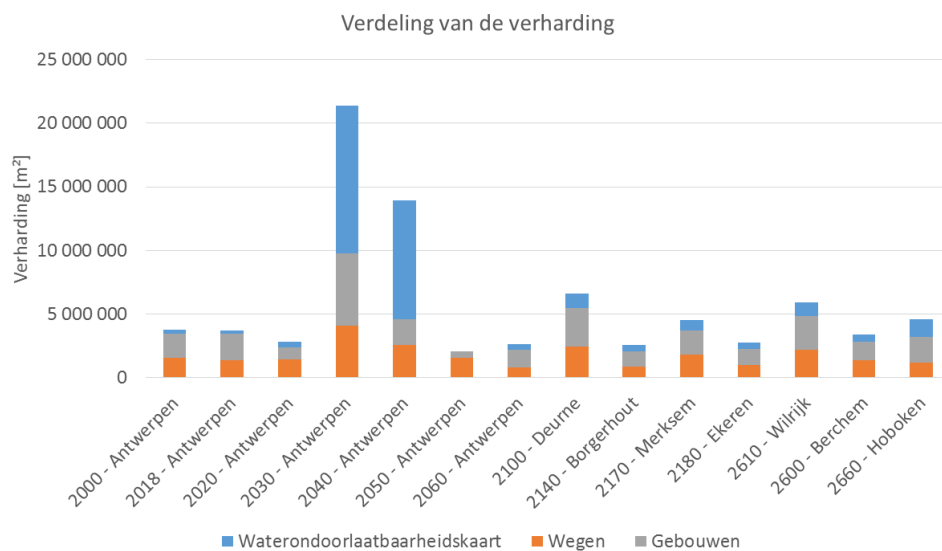
Het totaal van de oppervlaktes volgens GRB is vergeleken met de totale verharde oppervlakte volgens het WOK in Figuur 3-21. In de stadskernen komt het areaal van dakoppervlak en wegenis quasi 100 % overeen met het totaal areaal verharde oppervlakte volgens de WOK. In het havengebied (districten met postcode 2030 en 2040) maken wegenis en dakoppervlak maximaal 50 % uit van de totale verharde oppervlakte volgens de WOK, de overige 50 % van de oppervlakte zijn verhardingen van de kaaien, parkings en bedrijfsterreinen.



Figuur 3-19: Percentage verhard per district volgens WOK Kaart



Figuur 3-20: WOK kaart (wit = verharding)



Figuur 3-21: Totaal verharde oppervlakte per district volgens de WOK kaart met onderverdeling wegen/bebouwing en overige verharde oppervlakte volgens het GRB

3.5 Zuiveringsinfrastructuur

Het afvalwater van de stadsdistricten wordt behandeld in 10 verschillende rioolwaterzuiveringsinstallaties. Voor elk van de zuiveringsgebieden werden door de uitbater Aquafin de geografische afbakening (Figuur 3-22), het aantal inwoners equivalent en de DWA dagdebieten voor de periode 2010-2017 geleverd.

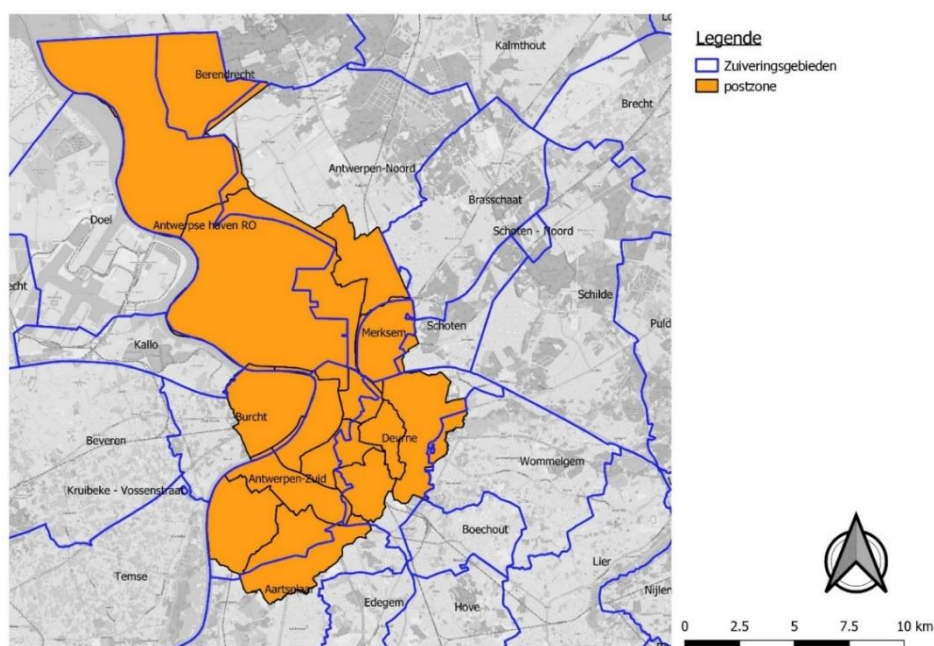
Het totaal bemaald DWA per zuiveringsstation wordt in Figuur 3-23 over de periode 2010-2017 weergegeven per RWZI en per jaar.

Een duurlijn van de DWA dagdebieten over de periode 2010-2017 wordt weergegeven in Figuur 3-24. De 5-percentiel waarden van de dagdebieten worden in Tabel 3-7 weergegeven per zuiveringsinstallatie en per inwoners equivalent.

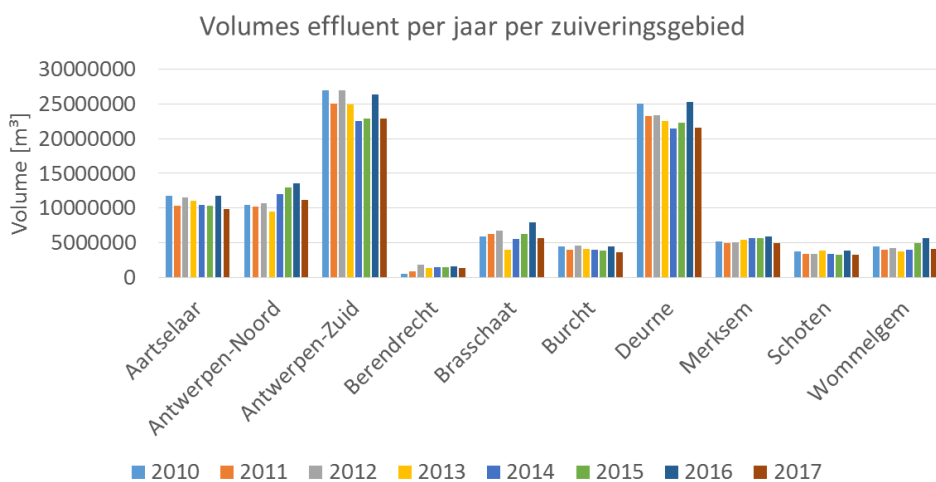
Er wordt verondersteld dat de lage debieten van de RWZI's een maat zijn voor de bemaalde droogweerafvoer (DWA).

Drie van de zuiveringsgebieden (Antwerpen-Zuid, Deurne en Merksem) liggen volledig binnen de grenzen van de stad Antwerpen. Voor deze zuiveringsgebieden is het derhalve mogelijk om het totale waterverbruik te berekenen aan de hand van de waterverbruiken per straat, en deze vervolgens te vergelijken met het 5-percentiel debiet van de zuiveringsinstallaties. Het verschil tussen de bemaalde debieten en waterverbruiken in Tabel 3-7 wijst op een extra bemaling van 60l/inw/dag, of 150 % van het gefactureerde waterverbruik. Behoudens eventuele fouten in de registratie van inwoners, is het extra bemalen debiet bovenop het waterverbruik wellicht het resultaat van 2 volgende verliestermen:

- parasitaire debieten, waaronder:
 - aansluiting van voormalige grachten;
 - rechtstreekse drainage van grondwater door rioleringen;
 - lozing van gedraineerd water (ondergrondse constructies) op het rioleringsstelsel;
- lozing van gewonnen grond- en oppervlaktewater op de riolering.



Figuur 3-22: Afbakening zuiveringsgebieden en grenzen districten



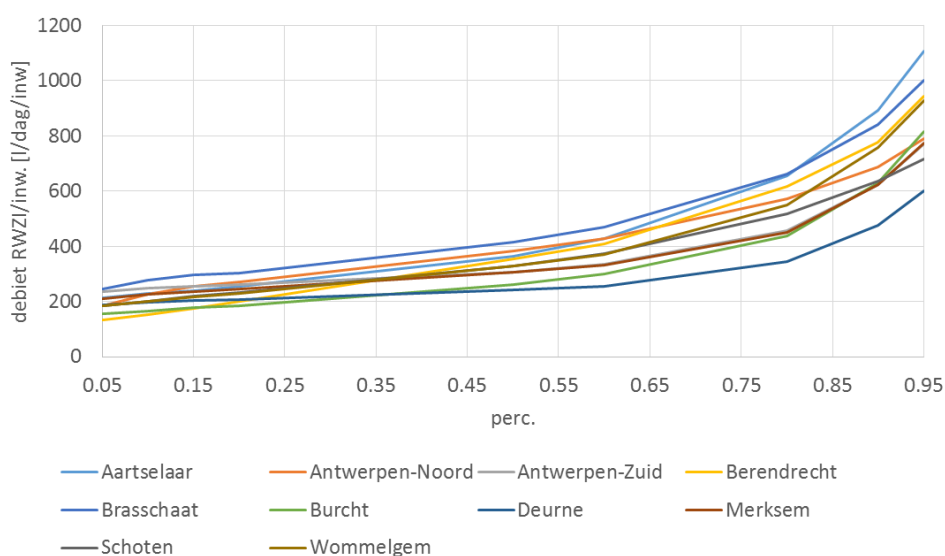
Figuur 3-23: Totaal geloosd effluent 2010 – 2017

Tabel 3-6: Gemiddelde afvoeren en belasting RWZI's Antwerpse regio (Bron: Aquafin, 2018)

Zuiveringsgebied	Gemiddeld jaarvolume	Inwoners 2018	Gem effluent [m³/d/inw]
Aartselaar	10 903 741	64 209	0.465
Antwerpen-Noord	11 315 060	74 701	0.415
Antwerpen-Zuid	24 824 394	184 058	0.370
Berendrecht	1 321 136	9 321	0.388
Brasschaat	6 046 330	36 013	0.460
Burcht	4 135 961	34 185	0.331
Deurne	23 095 051	219 507	0.288
Merksem	5 354 073	40 160	0.365
Schoten	3 533 855	26 382	0.367
Wommelgem	4 431 025	30 514	0.398

Tabel 3-7: 5-Percentieldebieten zuiveringsstations en waterverbruik voor districten Antwerpen volledig gelegen in zuiveringsgebieden

	5 – percentiel debiet [m³/dag]	#inw equivalent anno 2018	5 – percentiel debiet [l/dag/inw.]	Waterverbruik Waterlink [l/dag/inw.]	Verhouding 5-percentiel/ Waterverbruik waterlink
Aartselaar	13 770	64 209	214		
Antwerpen -Noord	13 875	74 701	186		
Antwerpen -Zuid	43 428	184 058	236	167	141%
Berendrecht	1 233	9 321	132		
Brasschaat	8 881	36 013	247		
Burcht	5 272	34 185	154	139	
Deurne	41 216	219 507	188	116	162%
Merksem	8 456	40 160	211	124	170%
Schoten	4 844	26 382	184		
Wommelgem	5 620	30 514	184		
Totaal	146 595	719 050	204		



Figuur 3-24: Duurlijn afvoeren zuiveringsgebieden per inwonerseivalent

3.6 Waterverbruik

3.6.1 Drinkwaterverbruik

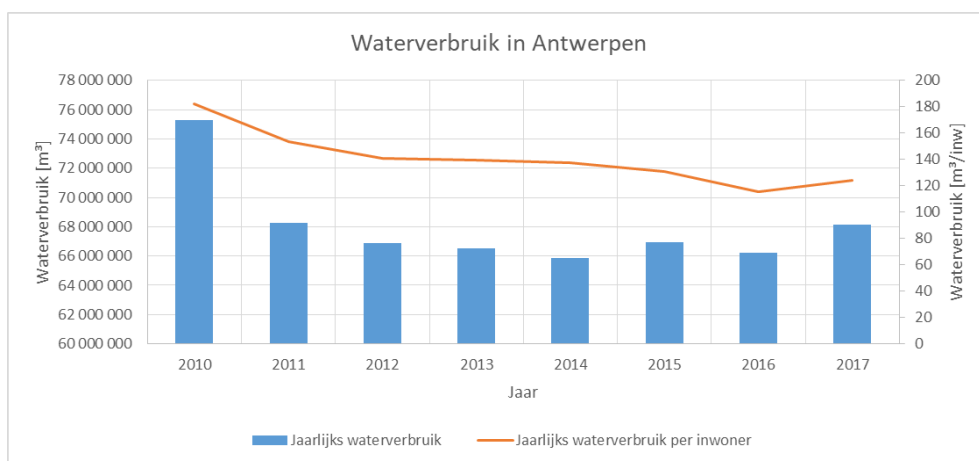
Het drinkwaterverbruik voor de stad wordt berekend op basis van de facturatiegegevens van water-ink voor de periode 2010 – 2017:

- Door water-link werd voor de periode 2010-2017 voor iedere straat het verbruik en aantal gedomicilieerden aangeleverd;
- Voor de jaartallen 2016 en 2017 werden de gegevens voor ieder district per sector (nijverheid, particulieren, stad) gesommeerd;
- Door water-link werd een prognose overgemaakt van de demografische evoluties en het potentieel toekomstig waterverbruik (Tabel 3-8).

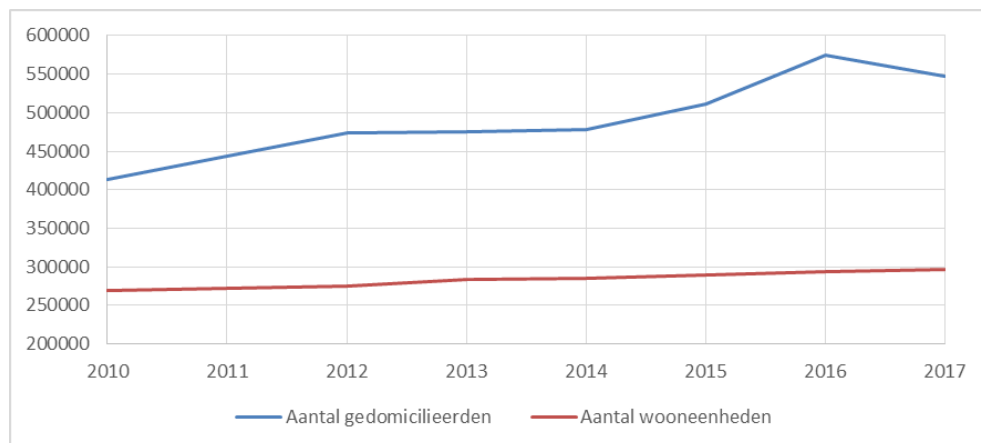
Het totale waterverbruik voor de stad daalt in 2011 van 75 miljoen naar 68 miljoen m³/jaar. Tot 2010 werd door de firma BASF in de haven leidingwater afgenomen, thans wordt het verbruik aangevuld met andere bronnen (Figuur 3-25). Vervolgens wordt een stijging van het waterverbruik over de periode 2011 – 2017 toegeschreven aan een bevolkingsaangroei van 440 000 naar 550 000 inwoners (Figuur 3-26). Binnen de districten, exclusief de havendistricten met postcode 2030 en 2040 is het totaal waterverbruik per jaar relatief constant over de periode 2010-2017 (Figuur 3-27).

De door water-link gemaakte meerjarenplanning houdt rekening met een prognose van de demografische evolutie en toekomstig waterverbruik (B. Moons, water-link, persoonlijke communicatie dd. 14 dec. 2018). De prognose wijst op een vermoedelijk status quo van het drinkwaterverbruik voor de komende 2 decennia (Tabel 3-8).

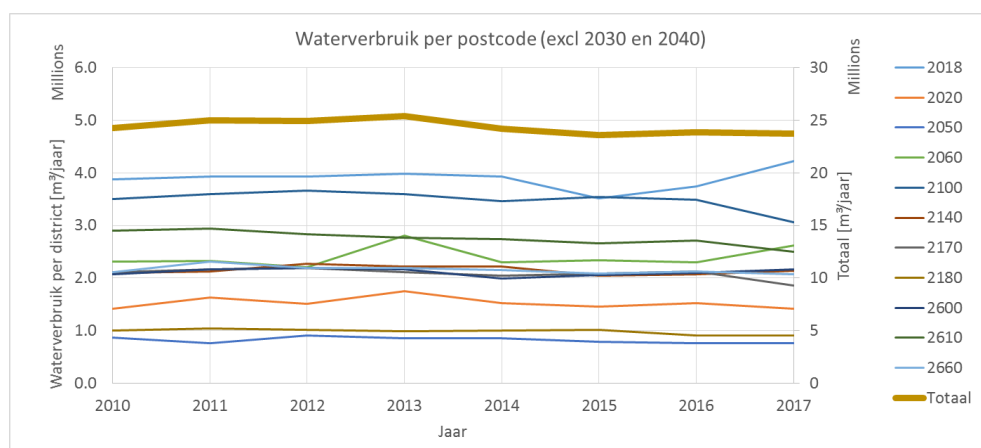
In de havendistricten met postcode 2030 en 2040 wordt het verbruik gedomineerd door de industrie met een aandeel van meer dan 90 % (Tabel 3-9). Het industrieel verbruik neemt af in de districten Hoboken en Wilrijk met een aandeel van 30 % voor de nijverheid langs A12 en Schelde. In de overige districten is het verbruik in hoofdzaak voor rekening van particulieren, met een afname van de staddiensten van ca. 5 %.



Figuur 3-25: Totaal jaarlijks waterverbruik stad Antwerpen en verbruik per inwoner



Figuur 3-26: evolutie aantal gedomicilieerden en woonheden stad Antwerpen 2010 – 2017



Figuur 3-27: Evolutie waterverbruik 2010 – 2017 per district (exclusief havendistricten met postcode 2030 en 2040)

Tabel 3-8: Prognose waterverbruik volgens water-link

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Prognose toe/afname totaal verbruik per inwoner [%/jaar]	-2,00%	-1,80%	-1,50%	-1,50%	-1,50%	-1,50%
Cumulatieve toe/afname verbruik per inwoner [%] t.o.v. 2018	98.00%	96.24%	94.79%	93.37%	91.97%	90.59%
Toe/afname inwonersaantal [%/jaar]	0,85%	0,73%	0,69%	0,66%	0,56%	0,55%
demografische evolutie [%]t.o.v. 2018	100.85%	101.59%	102.29%	102.96%	103.54%	104.11%

Tabel 3-9: percentuele verdeling verbruik sectoren per district

District	Gemiddeld jaarverbruik 2010-2017 [m³/jaar]	Verdeling verbruik			# Inw.	Verbruik/ Inwoner [l/inw/dag]
		Nijverheid	Inwoners	Stad		
2000 Antwerpen	3 112 568	3%	94%	3%	41 137	195
2018 Antwerpen	3 891 829	5%	90%	5%	61 977	155
2020 Antwerpen	1 526 220	4%	90%	6%	28 520	132
2030 Antwerpen	30 753 680	97%	3%	0%	11 363	222
2040 Antwerpen	9 782 929	94%	5%	0%	10 379	129
2050 Antwerpen	819 613	0%	97%	3%	16 160	135
2060 Antwerpen	2 402 140	0%	95%	4%	46 684	134
2100 - Deurne	3 489 518	0%	93%	4%	82 716	107
2140 Borgerhout	2 145 721	1%	93%	4%	47 977	114
2170 - Merksem	2 087 446	8%	83%	7%	46 193	103
2180 - Ekeren	984 985	0%	95%	2%	24 409	105
2600 - Berchem	2 111 314	0%	93%	5%	45 610	118
2610 - Wilrijk	2 753 495	28%	67%	3%	43 069	117
2660 - Hoboken	2 156 583	28%	67%	3%	41 310	96
Totaal verbruik [m³/jaar]	68 018 039	40 939 315	25 453 235	1 144 314		
Totaal verbruik [m³/jaar] exclusief PC 2030 & 2040	27 481 432	1 912 292	24 041 478	1 144 314		
Totaal inwoners / verbruik inwoners					547 504	127
Totaal inwoners / verbruik inwoners exclusief PC 2030 & 2040					525 762	125

District	Gemiddeld jaarverbruik 2010-2017 [m³/jaar]	Verdeling verbruik		
		Nijverheid	Inwoners	Stad
Totaal verbruik	68 018 039	40 939 315	25 453 235	1 144 314
Totaal verbruik [m³/jaar] exclusief PC 2030 & 2040	27 481 432	1 912 292	24 041 478	1 144 314
Gemiddeld verbruik/ inwoner				
Gemiddeld verbruik/ inwoner exclusief PC 2030 & 2040				

3.6.2 Grondwaterverbruik

De actieve grondwaterwinningen in het modelgebied werden opgevraagd uit de VMM databank vergunningen, beschikbaar op DOV (op datum 6/12/2018). In onderstaand overzicht van onttrokken vergunde debieten worden enkel permanente vergunningen weergegeven, tijdelijke vergunningen voor bouwactiviteiten worden geweerd. Er wordt onderscheid gemaakt tussen winningen in de freatische grondwaterlagen boven de Boomse klei en deze in de gespannen niet freatische grondwaterlagen.

Tabel 3-10: Vergunde winningen VMM databank vergunning dd. 6/11/2018

Postcode	Vergund debiet freatisch [m³/jaar]	Vergund debiet niet freatische grondwaterlagen [m³/jaar]	Totaal vergund [m³/jaar]
2000	369 971		369 971
2018	69 700		69 700
2020	20 000		20 000
2030	380 210		380 210
2040	31 000		31 000
2050	18 980		18 980
2060	14 770		14 770
2100	5 000	20 000	25 000
2140		15 500	15 500
2170	2 000		2 000
2180	59 505		59 505
2610		19 150	19 150
2660		300 075	300 075
Totaal	971 136	354 725	1 325 861
Totaal excl. 2030, 2040	559 926	354 725	914 651

4 Algemene waterbeschikbaarheid

De beschikbare gegevens uit sectie 3 m.b.t. de waterbeschikbaarheid in de stad Antwerpen, worden gehergroepeerd en tot een waterbalans verrekend. Watervraag (sectie 4.1) wordt afgewogen tegenover het aanbod (sectie 4.2).

4.1 Watervraag

In de watervraag worden 2 termen onderscheiden:

- Permanente grondwaterwinning;
- Drinkwaterverbruik, met onderverdeling in sectoren en toepassingen:
 - Gezinnen en bedrijven;
 - Watervraag door de stadsdiensten;
 - Watervraag natuur en groenvoorzieningen.

Het drinkwaterverbruik in de stad, met name de watervraag voor gezinnen en bedrijven en door de stadsdiensten zelf volgt uit de verbruiksgegevens van water-link. Het merendeel van het verbruik van de stadsdiensten wordt aangewend in openbare gebouwen, scholen, ziekenhuizen etc. De toepassing van het gevraagde water verschilt derhalve weinig van de watervraag voor gezinnen. Slechts een beperkt deel wordt aangewend voor bevoeiing van perken en plantsoenen.

Met uitzondering van de bevoeiing van de perken en aanplant van bomen gedurende 2 jaar, wordt voor het huidige klimaat vooralsnog geen watervraag begroot voor de instandhouding van de natuurdoelen. Eventueel kan menselijk ingrijpen zoals drainage van ondergrondse parkings en bronbemaling zonder retourbemaling een (al dan niet tijdelijk) en lokaal deficit veroorzaken waardoor een watervraag wordt gecreëerd. Voor tijdelijke en permanente bronbemaling kan de orde van grootte worden bepaald aan de hand van de vergunningsaanvragen. Het totaal vergund debiet wordt in de balans beschouwd als maat voor de watervraag voor natuur- en groenvoorzieningen.

Thans wordt de watervraag in de woonkernen quasi voor 100 % ingevuld door drinkwaterdistributie met een gemiddeld verbruik van 125 l/dag/inwoner. De watervraag kan hoe dan ook worden gediversifieerd volgens de potentiële bronnen en gebruiksfuncties. Het totale gemiddeld waterverbruik op Vlaamse schaal werd anno 2016 begroot op 114 l/inw/dag (Vlaamse Milieumaatschappij, 2018).

Hiervan wordt slechts 1/10 gebruikt voor (Drank en voedsel). Circa 50 l/inw/dag of 44 % van het verbruik vereist drinkwaterkwaliteit (Bad, Douche, Wastafel, Handwas textiel, Vaatwasser, Vaatwas/hand). Voor de overige helft volstaat het gebruik van water met lagere kwaliteitseisen (vb. regenwater) voor toiletspoeling(1/5) wasmachine, poetsen, planten en tuin (Tabel 4-1).

Ook kan meer dan de helft of 56 % van het water worden verzameld en worden opgezuiverd als grijs water. (totaal verbruik verminderd met toiletspoeling, en niet recupereerbaar gebruik zoals planten en tuin, poetsen en voeding). Voor de stad Antwerpen (exclusief postcodes 2030 en 2040) bedraagt het totaal gefactureerd waterverbruik $27.5 \cdot 10^6$ m³/jaar. Een recuperatie van 56 % komt overeen met $15.4 \cdot 10^6$ m³/jaar.

Tabel 4-1: Gemiddeld watergebruik thuis anno 2016, in liter per dag per persoon (Vlaamse Milieumaatschappij, 2018)

Toepassing	Totaal verbruik	Aandeel totaal verbruik	Oorsprong			Kwaliteitseis	potentiële recuperatie
			Leidingwater	Grondwater	Regenwater		
Toilet	21.3	19%	17.2	0.3	3.9	regenwater	neen
Bad	5.1	4%	4.8	0.1	0.2	drinkwater	Grijswater
Douche	23.8	21%	23.2	0.2	0.3	drinkwater	Grijswater
Wastafel	9.4	8%	9.4	0	0	drinkwater	Grijswater
Wasmachine	15.5	14%	12.8	0.2	2.5	regenwater	Grijswater
Handwas textiel	1.1	1%	1	0	0.1	drinkwater	Grijswater
Vaatwasser	2.3	2%	2.2	0	0.1	drinkwater	Grijswater
Vaatwas/hand	6	5%	5.6	0.1	0.4	drinkwater	Grijswater
Drank en voedsel	11.1	10%	10.9	0.1	0.1	drinkwater	neen
Poetsen	5.8	5%	4.7	0.1	1	regenwater	neen
Planten en tuin	7.4	7%	4.1	0.5	2.8	regenwater	-
Andere	4.7	4%	4.1	0.2	0.5	-	-
Lekken	0.1	0%	0.1	0	0	-	-
totaal	113.6		100.1	1.8	11.9		
Totaal met kwaliteitseis regenwater						50 (44%)	
Totaal met kwaliteitseis drinkwater						58.8 (52 %)	
potentiële recuperatie grijswater							63.2 (56 %)

4.2 Aanbod

Onder waterbeschikbaarheid, waarvan de potentiële bronnen worden begroot in deze sectie wordt onderscheid gemaakt tussen de potentiële types van water:

- Drinkwaterproductie;
- Recyclage van grijswater (douches en keuken);
- Grondwateraanvulling door infiltratie;
- Opvang van hemelwater;
- Hergebruik van permanente bemalingen (bemalingen parkings, bemaling van de Ring R1, ...);
- Effluent van RWZI's.

Er wordt in afweging vraag-aanbod vooralsnog abstractie gemaakt van de transportmiddelen en opslagmogelijkheden. Alleen voor de watervraag “drinkwater” is een gebiedsdekkend distributienetwerk beschikbaar (water-link distributienetwerk). Het aanbod via het drinkwaternet kan derhalve over de volledige stad worden verrekend. Dit in tegenstelling tot regenwateropvang, recuperatie van grondwaterbemalingen, grondwaterwinning en effluenten van RWZI's waarvoor vooralsnog geen gebiedsdekkend distributienetwerk bestaat. Vraag en aanbod worden daarom op lokale schaal (districtsniveau) begroot.

4.2.1 Drinkwater

Het aanbod drinkwater in de stad is afhankelijk van de wateraanvoer van de Maas. In opdracht van het Waterbouwkundig Laboratorium van Borgerhout wordt een waterbalansmodel opgemaakt van het stroomgebied van de Schelde en het Maasbekken op regionaal niveau. Met dit model werd ook het effect van klimaatveranderingen doorgerekend en worden strategieën geanalyseerd. De gegevens van de studie zijn thans niet beschikbaar.

4.2.2 Recyclage van grijswater

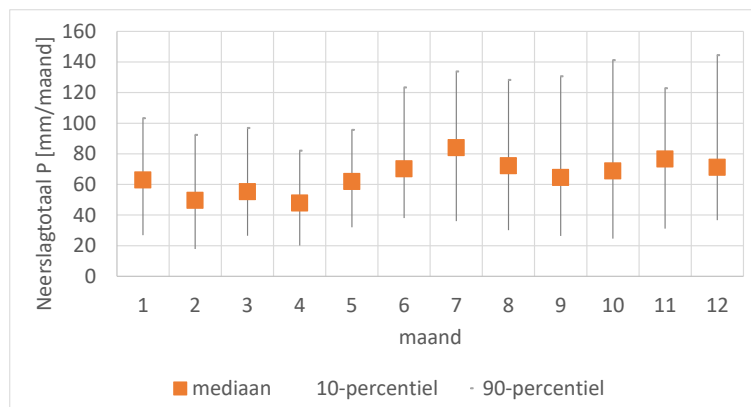
Zie hoger, bij watervraag.

4.2.3 Recuperatie hemelwater

De potentie tot recuperatie van neerslag is functie van de beschikbare verharde oppervlakte en opslagmogelijkheden. In geval van onbeperkte opslag kan men over de jaargemiddelde neerslagrecuperatie beschikken. In voorliggende balans wordt (arbitrair) rekening gehouden met een maximale opslag gedurende 1 maand.

Naast een gemiddelde seizoenale variatie dient men rekening te houden met de interjaarlijkse spreiding van de neerslag. Een korte analyse van de beschikbare tijdreeksen van de stad Antwerpen over de periode 1900 – 2005 wijst op een gemiddelde mediaan neerslag van 65 mm/maand met een gemiddelde minimum (10-percentiel) van 30 mm/maand (Figuur 4-1). Voor recuperatie van verharde oppervlaktes wordt tevens rekening gehouden met een interceptie en verdamping op het oppervlak van 10 %. Er wordt een netto neerslag berekend van 58,5 mm/maand.

De berekende oppervlaktes uit sectie 3.4.4 (dakoppervlakte en opvang van wegenis) worden vermenigvuldigd met 58.5 mm/maand of 700 mm/jaar . De resulterende volumes worden per district weergegeven voor achtereenvolgens dakoppervlak en wegenis. Mits uitsluiting van de havendistricten met postcode 2030 en 2040 kunnen opvang van wegenis en gebouwen instaan voor nagenoeg 100 % van het totale verbruik. Als voorwaarde wordt een voldoende buffer verondersteld en de mogelijkheid tot opwaardering naar drinkwaterkwaliteit, dan wel water van lagere kwaliteit. Zo wordt het opzuiveren van de hemelwater van wegenis tot drinkwater afgeraden. Opvang en zuivering van neerslag van gebouwen komt overeen met ca. de helft van het totale waterverbruik en kan voldoen aan de watervraag met lagere kwaliteitseisen voor toiletspoeling, wasmachine, poetsen, planten en tuin.



Figuur 4-1: Gemiddelde mediaan, 10- en 90 percentieltotalen Neerslag.

Tabel 4-2: potentieel volume neerslagrecuperatie per district

Postcode	Oppervlakte GRB [1000 m²]		Potentiële opvang neerslag 700 mm/jaar [1000 m³]		Gemiddeld jaar-verbruik 2010-2017 [m³/jaar] (cf. Tabel 3-9)	% van verbruik		
	(W)egen	(G)ebouwen	(W)egen	(G)ebouwen		W	G	Tot.
2000 - Antwerpen	1 586	1 886	1 110	1 320	3 113	36%	42%	78%
2018 - Antwerpen	1 386	2 047	970	1 433	3 892	25%	37%	62%
2020 - Antwerpen	1 404	985	983	689	1 526	64%	45%	110%
2030 - Antwerpen	4 080	5 678	2 856	3 975	30 754	9%	13%	22%
2040 - Antwerpen	2 585	2 035	1 810	1 424	9 783	18%	15%	33%
2050 - Antwerpen	1 588	463	1 112	324	820	136%	40%	175%
2060 - Antwerpen	834	1 362	584	953	2 402	24%	40%	64%
2100 - Deurne	2 446	3 049	1 712	2 134	3 490	49%	61%	110%
2140 - Borgerhout	860	1 224	602	857	2 146	28%	40%	68%
2170 - Merksem	1 807	1 895	1 265	1 326	2 087	61%	64%	124%
2180 - Ekeren	1 006	1 229	704	860	985	71%	87%	159%
2600 - Berchem	1 377	1 468	964	1 028	2 111	46%	49%	94%
2610 - Wilrijk	2 212	2 644	1 549	1 851	2 753	56%	67%	123%
2660 - Hoboken	1 169	2 014	818	1 410	2 157	38%	65%	103%
Totaal	24 340	27 979	17 038	15 286	68 018	25%	29%	54%
Totaal excl Haven 2030 & 2040	17 675	20 266	12 373	14 186	27 481	45%	52%	97%

4.2.4 Recuperatie grondwater

De grondwateraanvulling werd berekend in het kader van de opbouw van het grondwatermodel, onderdeel van werkpakket WP2. De grondwatervoeding is seizoensgebonden met een hogere grondwatervoeding tijdens de wintermaanden dan tijdens de zomermaanden. In Tabel 4-3 worden voor ieder district de seizoens en jaarlijkse sommen weergegeven t.o.v. het totale jaarverbruik. Met uitzondering van de districten met postcode 2050 (linkeroever) en 2180 (Ekeren) is de totale grondwatervoeding beduidend kleiner dan de watervraag.

Hierbij moet worden vermeld dat grondwatervoeding slechts beperkt beschikbaar is voor recuperatie. Na infiltratie wordt reeds een deel afgevangen door lokale hydrografie en drainage door de riolering, en voorts wordt de grondwatervoeding gesolliciteerd door tijdelijke en permanente bemalingen. De grondwatervoeding komt derhalve niet overeen met het onder de grondwatertafel beschikbare volume maar moet worden beschouwd als een bovengrens van het beschikbare grondwater. Bovendien kan de waterkwaliteit niet steeds worden gegarandeerd door potentiële antropogene verontreinigingen en dient men rekening te houden met het zoet-zout evenwicht van het grondwater in de omgeving van de Schelde. De in Tabel 4-3 vermelde waarden zijn daarom louter informatief.

In de balans voor de waterbeschikbaarheid kan rekening worden gehouden met het debiet van de huidige permanente bemalingen en drainages. Vooralsnog wordt de bemaling van de Ring R1 als enige bron van permanent bemalingswater beschouwd. Volgens de debietsmetingen uitgevoerd ter hoogte van pompgemaal 2 en de resultaten van de grondwatermodellering kan een totaal van 4.0 miljoen m³ per jaar in rekening worden gebracht.

Tabel 4-3: Grondwatervoeding zomer/winter per district

district	Gemiddelde grondwatervoeding per m ² [mm]			Totale grondwatervoeding district [1000 m ³ /jaar]	% van totaal verbruik
	Zomer	Winter	jaar		
2000 - Antwerpen	18	43	61	404	13%
2018 - Antwerpen	32	80	112	585	15%
2020 - Antwerpen	54	144	198	1599	105%
2030 - Antwerpen	24	92	117	6145	20%
2040 - Antwerpen	33	112	144	7621	78%
2050 - Antwerpen	50	174	224	2586	315%
2060 - Antwerpen	26	61	87	287	12%
2100 - Deurne	52	133	185	2419	69%
2140 - Borgerhout	37	84	121	473	22%
2170 - Merksem	48	128	176	1482	71%
2180 - Ekeren	64	185	248	2257	229%
2600 - Berchem	47	145	192	2639	125%
2610 - Wilrijk	38	101	139	796	29%
2660 - Hoboken	47	133	180	1898	88%
Totaal				31 190	46%

4.2.5 Nazuivering effluent RWZI's

In sectie 3.5 worden de totale door de RWZI bemaalde debieten weergegeven. Het totaal bemaalde debiet is een combinatie van DWA, grondwater drainage, parasitaire debieten en RWA neerslagafvoer.

Neerslagafvoer naar de RWZI's wordt niet in rekening gebracht in de waterbalans. De kortstondige aanvoer van neerslagwater naar de RWZI's noopt tot hoge opslagvolumes voor hergebruik en distributie. Bovendien wordt de neerslagafvoer reeds verrekend in het potentieel tot recuperatie van neerslagwater van gebouwen en wegenis. Er wordt enkel rekening gehouden met het basisdebiet (hierna verwezen als 5-percentieldebiet). Er wordt aangenomen dat enkel dit basisdebiet in aanmerking komt voor valorisatie door opzuivering.

Het berekende 5-percentieldebiet is een maat voor de afvalwaterproductie in de stad, vermeerderd met het thans door de riolering gedraineerde grondwater. Volgens de schattingen in sectie 3.5 bedraagt dit 150 % van het gefactureerde waterverbruik.

Indien geen lokale recuperatie en opzuivering van grijswater wordt toegepast (schatting 50 % van het drinkwaterverbruik – sectie 4.1) komt de volledige basisafvoer van de RWZI's in aanmerking voor opzuivering. In de balans wordt vooralsnog enkel rekening gehouden met debietrecuperatie van de op grondgebied Antwerpen gelegen RWZI's Antwerpen-Noord, Antwerpen-Zuid, Berendrecht, Burcht, Deurne en Merksem. Het totaal bemaalde 5-percentiel voor de 6 RWZI's bedraagt 113 500 m³/dag of ca. 42 miljoen m³/jaar. In geval van lokale recuperatie van grijs water wordt het 5 percentdebiet verminderd met 14 miljoen m³/jaar.

4.3 Balans

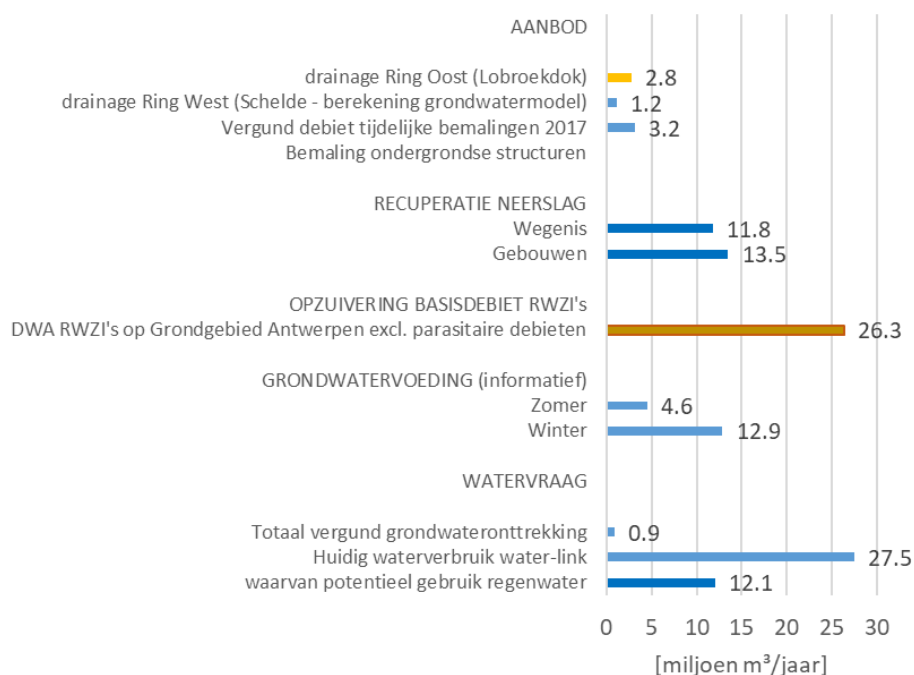
De bovenvermelde brontermen worden, exclusief voor de havendistricten met postcode 2030 en 2040 gesommeerd en weergegeven in Figuur 4-2.

Het totale (drinkwater-)waterverbruik voor de stad bedraagt ca. $27.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$. Volgende potentiële brontermen kunnen (mits eventuele, beperkte behandeling) hieraan gedeeltelijk invulling geven:

- Het neerslagtotaal voor de stad bedraagt $26.6 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$, een cijfer vergelijkbaar met het totale waterverbruik. Mits voldoende opslag zou neerslagrecuperatie van gebouwen kunnen instaan voor meer dan 50 % van het totale verbruik, overeenkomstig het waterverbruik waarvoor geen drinkwaterkwaliteit wordt vereist (watervraag “potentieel gebruik regenwater”);
- De totale grondwaterbemaling van de freatische laag voor drainage van de ring bedraagt ca. $4.0 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$ of 4 maal het vergund debiet voor permanente grondwaterwinning ($0.9 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$);
- Het totale basisdebiet van de RWZI's in de stad bedraagt in totaal ca. $42 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$. Indien het grijs water lokaal wordt gerecupereerd ($15.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) blijft er $26.0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ over voor opzuivering in de RWZI's;

Het totaal vergund debiet anno 2018 voor tijdelijke bemalingen in het kader van de bouwwerken bedraagt ca. $4.0 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$. Het werkelijk onttrokken debiet is niet gekend. Een verhoogde infiltratie van de thans afgevoerde neerslag van wegenis ($14.2 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$) kan ruimschoots instaan voor compensatie van het vergunde debiet.

Totaal Stad excl. haven (postcodes 2030 2040)



Figuur 4-2: Termen waterbeschikbaarheid en waterverbruik totaal exclusief havendistricten

5 Referenties

AnteaGroup (2014). plan-MER Oosterweelverbinding. plan-MER Oosterweelverbinding - Deelrapport 5: Bodem en grondwater.

Baetens J., Van Eerdenbrugh K. & Mostaert F. (2005). WATERSYSTEEM VAN HET ALBERTKANAAL EN DE KEMPENSE KANALEN. WATERSYSTEEM VAN HET ALBERTKANAAL EN DE KEMPENSE KANALEN - INVENTARISATIE VOOR DE OPMAAK VAN ZOETWATERSTRATEGIEËN. Waterbouwkundig Laboratorium, WL Rapporten, 720_4. Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek: Antwerpen.vi, 64 + kaarten, bijlagen pp.

Brouwers J., Peeters B., Van Steertegem M., van Lipzig N., Wouters H., Beullens J., Demuzere M., Willems P., De Ridder K., Maiheu B., De Troch R., Termonia P., Vansteenkiste T., Craninx M., Maetens W., Defloor W. & Cauwenberghs K. (2015). MIRA klimaatrapport 2015: over waargenomen en toekomstige klimaatveranderingen. Vlaamse Milieumaatschappij (VMM)/KU Leuven/VITO/KMI.

De Urbanisten, Witteveen en bos & Common Ground (2018). Waterplan Antwerpen - Analyse document.

Frijters E., Klijn O., Driessen B., et al. (2018). Stad Antwerpen. Metabolisme Antwerpen: Stad van Stroom: eindrapport.

IMDC (2010). Onderzoek over de toepassing van het hemelwaterbesluit in het Antwerps havengebied op de rechteroever, in het bijzonder de mogelijke rol van infiltratie in het tegengaan van de verzilting van het grondwater (K2205). Deelrapport Post 2 - Meerwaarde van Infiltratie. I/RA/11358/10.160/FAP.

IMDC (2013a). Ontwikkeling van een numeriek modelinstrument voor de waterhuishouding op de Linkerscheldeoever. Fase 2: Opbouw van het modelinstrument Deelrapport 4.1 'Opbouw en kalibratie van het numerieke modelinstrumentarium in de huidige toestand – Grondwatermodel.' I/RA/11412/13.164/RAD.

IMDC (2013b). Ontwikkeling van een numeriek modelinstrument voor de waterhuishouding op de Linkerscheldeoever. Fase 2: Opbouw van het modelinstrument Rapport 5.1 'Modellering ontwikkelingsstappen 1, 2 en 3 – Grondwatermodel.' I/RA/11412/13.064/SOV.

Openbare Ruimte & Infrastructuur, Agentschap Wegen en Verkeer, AWW (2019). Standaardbestek 250 voor de wegenbouw versie 4.1.

Posad, Arcadis, One architecture, 3E (2016). Robuuste ruimte voor water en energie - conceptstudie duurzame herinrichting bedrijvenzone Albertkanaal.

Rattez (2017). Watering: recycling Antwerp's ring infrastructures (master thesis). KU Leuven. KU Leuven.

rio-link (2018a). Hemelwaterplan Antwerpen - District Antwerpen.

rio-link (2018b). Hemelwaterplan Antwerpen - District Deurne.

rio-link (2018c). Hemelwaterplan Antwerpen - District Berchem.

rio-link (2018d). Hemelwaterplan Antwerpen - District Borgerhout.

rio-link (2018e). Hemelwaterplan Antwerpen - District Merksem.

rio-link (2018f). Hemelwaterplan Antwerpen - Andere districten.

Stad Antwerpen (2013). Groenplan Antwerpen: Groenplan Analyse deel 3: milieu.

Van Wingham A. & De Vocht P. (1968). Afwatering en Drainering van de Kleine Ring rond Antwerpen. *Het Ingenieursblad*, 37(24), 849–858.

Vlaamse Milieumaatschappij (2018). Watergebruik door huishoudens – het watergebruik in 2016 bij de Vlaming thuis.

Willems P., De Niel J. & Tabari H. (2015). Modelleren en beleidsaanbevelingen ten aanzien van neerslag in Antwerpen. 'Modelleren en beleidsaanbevelingen ten aanzien van neerslag in Antwerpen – Samenvatting en beleidsaanbevelingen', studie KU Leuven voor Stad Antwerpen. KU Leuven.

Bijlage A Overzicht inventarisatie

A.1 Literatuurstudie

A.1.1 Grondwaterstudie en -modellering

Onderzoek over de toepassing van het hemelwaterbesluit in het Antwerps havengebied op de rechteroever, in het bijzonder de mogelijke rol van infiltratie in het tegengaan van de verzilting van het grondwater (K2205) (IMDC, 2010).

Studiegebied: Antwerps havengebied op de rechteroever van de Schelde.

Onderzoek naar de rol van infiltratie in het Antwerps havengebied op rechteroever in het tegengaan van de verzilting van het grondwater (K2205), in toepassing van het hemelwaterbesluit.

Bruikbaarheid droogtestudie:

Volgende gegevens kunnen nuttig zijn i.k.v. de opmaak van het grondwatermodel:

- Metingen van elektrische geleidbaarheid, peilmeting/grondwaterstanden, grondwateranalyses, metingen resistiviteit, geofysische boorgatmetingen en zoetwaterstijghoogtemetingen;
- Opmaak van een grondwatermodel met aandacht voor verontreinigde bodems als mogelijke randvoorwaarde.

Betreffende de oppervlakte- en grondwaterhuishouding en waterkwaliteit van het watersysteem wordt geconcludeerd dat infiltratie van hemelwater de instroom van brak water uit de dokken vermindert. Echter omwille van het risico voor verspreiding van bodemverontreiniging door infiltratie, is het aangewezen in dit gebied een afwijking op de infiltratieplicht toe te laten. De verminderde infiltratie zal niet leiden tot significante wijziging van de heersende grondwaterstromingsprocessen en grondwaterkwaliteit. Bij sterke afname van infiltratie kan er dan wel weer een uitbreiding verwacht worden van verzilting.

Het aansnijden van het grondwater in dit gebied daarentegen kan het zoet-zoutwaterevenwicht verstoren. Er is echter nauwelijks vraag in het havengebied voor grondwater. Als proceswater wordt voornamelijk leidingwater gebruikt maar er is ook een toename in het hergebruik van hemelwater. Als koelwater wordt dokwater gebruikt.

Met betrekking tot droogte is het volgende nuttig om te weten: Een effect van verdroging in en rond de haven is uit te sluiten omdat de ophoging van het gebied de facto een potentieel grondwaterreservoir heeft gecreëerd boven het oorspronkelijke maaiveld. Door het strikte peilbeheer in de dokken en de polders zal er echter ook geen vernatting van het gebied optreden.

Ontwikkeling van een numeriek modelinstrument voor de waterhuishouding op de Linkerscheldeoever

Fase 2: opbouw van een modelinstrument

Rapport 4.1 “Opbouw en kalibratie van het numerieke modelinstrumentarium in de huidige toestand – grondwatermodel” (IMDC, 2013a)

Rapport 5.1 “Modellering ontwikkelingsstappen 1, 2 en 3 – grondwatermodel” (IMDC, 2013b)

Studiegebied: Havengebied en omliggende landbouw- en natuurgebieden op linkeroever van de Schelde.

Grondwater- en oppervlaktewatermodel voor gebied op linkeroever van de Schelde: het havengebied en omliggende polders.

Opbouw van een grondwatermodel voor de bestaande toestand en de modellering van drie ontwikkelingsstappen van het beschouwde gebied. Algemene conclusie van de resultaten vermelden een stijging van de zoetwaterstijghoogtes rondom de Waaslandhaven ten gevolge van terreinwerken, voornamelijk door en ter hoogte van de natuurcompensatiegebieden. De grondwaterstromingen in hetzelfde gebied worden ook complexer door de aanleg van de verschillende natuurcompensatiegebieden en eveneens treedt er een snelle verzilting op van de ondergrond van deze gebieden. Onder alle opgehoogde terreinen daarentegen zal het grondwaterreservoir verzoeten.

Bruikbaarheid droogtestudie:

Voor het gebied op linkeroever van de Schelde opgenomen in de droogtestudie kunnen volgende gegevens nuttig zijn i.k.v. de opmaak van het grondwatermodel:

- Oppervlaktewaterhuishouding: Hydrologie en hydraulica van deelstroomgebied dat afwatert via de Tophatgracht en locatie van kunstwerken, overstorten en uitlaten. Ook werking van de pompinstallatie;
- Modelopbouw grondwatermodel;
- Modelparameters: doorlatendheden, stijghoogtes, concentraties, rivieren, infiltratie en drainage, randvoorwaarden.

Modelresultaten ter validatie: zoetwaterstijghoogte, grondwaterstromingen en zoet-zout waterverdeling.

A.1.2 Infrastructuurwerken

Afwatering en drainering van de Kleine Ring rond Antwerpen (Van Winghem and De Vocht, 1968)

Studiegebied: Omgeving van het tracé van de Ring rond Antwerpen tussen aansluitingscomplex van de Kennedytunnel en verkeerswisselaar van Merksem. Deze werd over een lengte van 6,5 km. ca. 8 m onder het maaiveld werd ingegraven

Het artikel levert een technische beschrijving van de voornaamste karakteristieken van de gekozen oplossingen voor de drainering en afwatering van de Kleine Ring.

Bruikbaarheid droogtestudie:

De beschrijving van de werking van de bemaling (hoe verloopt het afvangen van het water, welke dieptes worden bemaald, ...) is voldoende gedetailleerd om te gebruiken in het grondwatermodel dat wordt opgemaakt in de huidige studie.

A.1.3 Waterbalansen

Groenplan Antwerpen : Groenplan analyse : deel 3 (Stad Antwerpen, 2013)

Studiegebied: Stad Antwerpen

In de stad Antwerpen worden veel groengebieden gekenmerkt door ofwel een leem- of kleibodem ofwel hoge grondwaterstanden of door een combinatie van beide. Vooral in de beekvalleien van de Struisbeek, het Schijn en het Schoon Schijn is er nauwelijks infiltratiemogelijkheid aanwezig.

In Deurne zijn langsheen de stadsgrens nog enkele gebieden aanwezig die zandige bodems omvatten en waar het grondwaterpeil nog redelijk laag is: Silsburg, Ertbrugge en Bremweide. Ook de omgeving van het fort van Merksem vertoont gelijkaardige kenmerken. In deze gebieden zou de huidige inrichting geoptimaliseerd kunnen worden met wadi's, vijvers of grachten om het infiltratievermogen er zo optimaal mogelijk te benutten.

In Hoboken [...] de Hobokense Polder, die weliswaar zowel qua bodemstructuur als grondwaterstand een beperkte infiltrerende capaciteit heeft [...].

Vooraf in de kernstad (75%) en de districten Merksem (47%), Deurne (42%), Borgerhout en Berchem - extra muros (51% en 47%) en het district Hoboken zijn hogere afdichtingsgraden aanwezig.

Vooraf in de beekvalleien van de Struisbeek, het Schijn en het Schoon Schijn is er nauwelijks infiltratiemogelijkheid aanwezig. Deze open ruimten vervullen een bufferfunctie ten aanzien van de bebouwde omgeving. Behoud van deze waterbuffers is niet alleen belangrijk omwille van de beperking van negatieve milieueffecten, maar ook omwille van de ecologische waarden die in deze groengebieden aanwezig zijn en die in grote mate afhankelijk zijn van hun vochtige leefmilieu. **Verdroging** zou er zowel op fauna als flora negatieve effecten genereren.

Plan-MER Oosterweelverbinding - Deelrapport 14: Niet-technische samenvatting (AnteaGroup, 2014)

Studiegebied: Ring Antwerpen R1

Door een toename van de verharde oppervlakte wordt de infiltratie van neerslag naar het grondwater verminderd en kan **verdroging** optreden. Een aandachtzone is het natuurgebied **Blokkersdijk** en het **Sint-Annabos**. Hier moeten eventuele verdrogings- en vernattingseffecten gemilderd worden (eventueel uit te zoeken op project-MER niveau). De verdroging ten gevolge van de toename aan verharde oppervlakte wordt voor deze aandachtzone als matig negatief beoordeeld (relevant voor Oosterweel tracé en Oosterweel-Noord tracé), maar strekt zich niet uit tot in (de verdrogingsgevoelige delen van) natuurgebied Blokkersdijk.

Bij het gedeelte van het Meccano tracé gesitueerd ten zuiden van de E34 zijn er droogtegevoelige zones van belang waar het tracé in sleuf of op maaiveldniveau kruist. Ze zijn evenwel minder gevoelig dan het natuurgebied Blokkersdijk en het Sint-Annabos. Het verdrogingseffect ten gevolge van de toename aan verharde oppervlakte wordt voor de aandachtzones langsheen het Meccanotraccé bijgevolg als verwaarloosbaar beschouwd.

Bruikbaarheid droogtestudie:

Bijlage 1: lijst van waterwinningen met bijhorende informatie.

Plan-MER Oosterweelverbinding - Deelrapport 5: Bodem en grondwater (AnteaGroup, 2014)

Studiegebied: Ring Antwerpen R1

Droogtegevoelige gebieden : Gezien de sterke verstedelijking wordt het studiegebied bijna volledig geklasseerd als (nagenoeg) niet kwetsbaar voor verdroging, met her en der weinig kwetsbare patches. Lokaal zijn er evenwel belangrijke kwetsbare tot zeer kwetsbare gebieden, zoals het natuurgebied **Blokkersdijk** en het **Sint-Annabos** op Linkeroever, het natuurreserveaat **Oude Landen** te Ekeren, diverse stroken van de **oever van de Schelde**, de **grachten rondom diverse forten** en de **poldergebieden** langsheen de Schelde in het zuidwesten van het studiegebied. (zie ook de kaart met kwetsbaarheid voor verdroging).

Waterplan Antwerpen – Analyse document (De Urbanisten et al., 2018)**Studiegebied:** Stad Antwerpen

Het doel van het Waterplan is het bewerkstelligen van een waarlijk watersensitief Antwerpen met een wervende visie op de gehele stad, een aantrekkelijk waterverhaal en aansprekende projecten. Het Waterplan is daarvoor opgebouwd uit overkoepelende doelen, een stadsdekkend groenblauw raamwerk (verbeeld in een visiekaart), een actieplan per waterstructuur in de vorm van een uitgewerkte hemelwatercascade en een stadsdekkende projectenkaart. De overkoepelende doelen zullen ervoor moeten gaan zorgen dat water in de toekomst een belangrijkere rol gaat spelen in het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit in de stad. Ook is het van belang dat middels het Waterplan het waterbewustzijn wordt vergroot en dat de stad met hulp van haar inwoners bestand wordt gemaakt tegen een veranderend klimaat waarin er meer ruimte zal zijn voor water en er meer relatie zal worden gelegd met de natuurlijke watersystemen van de stad.

Bruikbaarheid droogtestudie:

Het Waterplan schept het ruimtelijk kader waarin de maatregelen en strategieën die uit de droogtestudie volgen zich kunnen situeren. Daarnaast werd de droogtestudie bewust voor een groot deel parallel aan het Waterplan uitgevoerd, zodat beiden elkaar kunnen ‘kruisbestuiven’ om aldus tot een synergie te komen.

Metabolisme van Antwerpen, stad van stromen (Frijters et al., 2018)

Studiegebied: Stad Antwerpen

Bruikbaarheid droogtestudie:

Informatie over bemaling van de Ring. Voor bemalingsdebieten wordt verwezen naar (Rattez, 2017) waarin een volume van 2.334.000 m³ regenwater per jaar wordt vermeld. Frijters et al. vermeldt eveneens een gemiddeld bemalingsvolume van 4.000 m³ grondwater per dag, echter zonder bronvermelding.

+ overige structuren met een continue grondwaterbemaling:

- parking en metrostation Groenplaats;
- Kelderruimtes Boerentoren.

Voorstellen van oplossingen voor drinkwateropgave in Antwerpen:

- Inperken watervraag;
- Uitbouw robuust watersysteem;
- Grondwatertafel optrekken.

Robuuste ruimte voor water en energie – Conceptstudie duurzame herinrichting bedrijventoneel Albertkanaal (Posad, Arcadis, One architecture, 3E, 2016)

Studiegebied: Bedrijventoneel Albertkanaal Antwerpen, Schoten en Wijnegem

Bruikbaarheid droogtestudie:

Uitwerking Projectplan alternatieve productie van water met drinkwaterkwaliteit (analyse watervraag- en aanbod).

Projectplan klimaatbestendige ruimte: Voorstel maatregelen i.f.v. de hemelwateropgave, bieden kansen voor het tegengaan van verdroging door voeding van het grondwater.

Gevoeligheid van het projectgebied voor **droogte** bij een ‘business as usual’ scenario

- Weinig risico op waterkwantiteit;
- Risico voor waterkwaliteit (verzilting), óók in het Albertkanaal;
- Lozingsdebieten RWZI's in bijlage B (periode 2012-2014).

Watersysteem van het Albertkanaal en de Kempensen Kanalen (Baetens et al., 2005)

Studiegebied: Albertkanaal en Kempense Kanalen.

Inventariseert alle mogelijke waterfluxen naar de kanalen en biedt dus inzichten in het watersysteem en de waterketen, zo ook schattingen van de waterverliezen van de kanaalpanden.

Let op: veel gegevens zijn niet relevant. De waterbalansen van de kanaalpanden Wijnegem-Antwerpen en Olen-Wijnegem zijn relevant m.b.t. het watervoorziening van Antwerpen. Het Water-link waterproductie centrum te Oelegem onttrekt water uit het pand Olen-Wijnegem. Water-link plant een investering voor een nieuwe waterinname afwaarts van de sluis te Wijnegem (pand Wijnegem-Antwerpen) alsook een ontziltingsinstallatie voor opzuivering tot drinkwater.

Hemelwaterplan Antwerpen – overkoepelende nota (rio-link, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2018e, 2018f).

Studiegebied: Stad Antwerpen, beschrijvende nota per district.

Het hemelwaterplan (HWP) Antwerpen bevat een integrale visie over de hemelwateropgave in relatie tot de ondergrondse rioleringsinfrastructuur. Hoe kan Antwerpen snel evolueren naar een robuust en klimaatresistent afvoersysteem, binnen de huidige wettelijke en budgettaire randvoorwaarden?

Een hoofdstuk is gewijd aan de werking van het afwateringssysteem en biedt bijgevolg een **overzicht** van de **bestaande oppervlaktewateren en het rioleringsstelsel**.

Per district wordt een deelrapporten gewijd aan een meer gedetailleerde uiteenzetting van de waterhuishouding:

- Stadspark vijver – Wateraan- en afvoer en invloed van droogte;
- Vijver Boekenbergpark – wateraan- en afvoer en invloed van droogte;
- Rivierenhof – plassen en grachten.

A.1.4 Klimaat

MIRA Klimaatrapport 2015 (Brouwers et al., 2015).

Studiegebied: Vlaanderen.

In het rapport wordt de vertaalslag gemaakt van de recente klimaatscenario's naar neerslaghoeveelheden, neerslagintensiteiten en verwachte evapotranspiratie.

Modellering en beleidsaanbevelingen ten aanzien van neerslag in Antwerpen – Samenvatting en beleidsaanbevelingen (Willems et al., 2015)

Studiegebied: Stad Antwerpen.

De verandering van het neerslag- en evapotranspiratiepatroon ingevolge de in het MIRA klimaatrapport vermelde scenario's worden toegepast op de neerslagtijdreeksen van de stations op grondgebied van de Stad Antwerpen. De resulterende geperturbeerde tijdreeksen worden onveranderd toegepast in de impactanalyse voor de berekening van de grondwatervoeding onder klimaatsprojectie.

A.2 Overzicht beschikbare GIS-data en hydrometrie

Tabel Bijlage 5-1: Databronnen

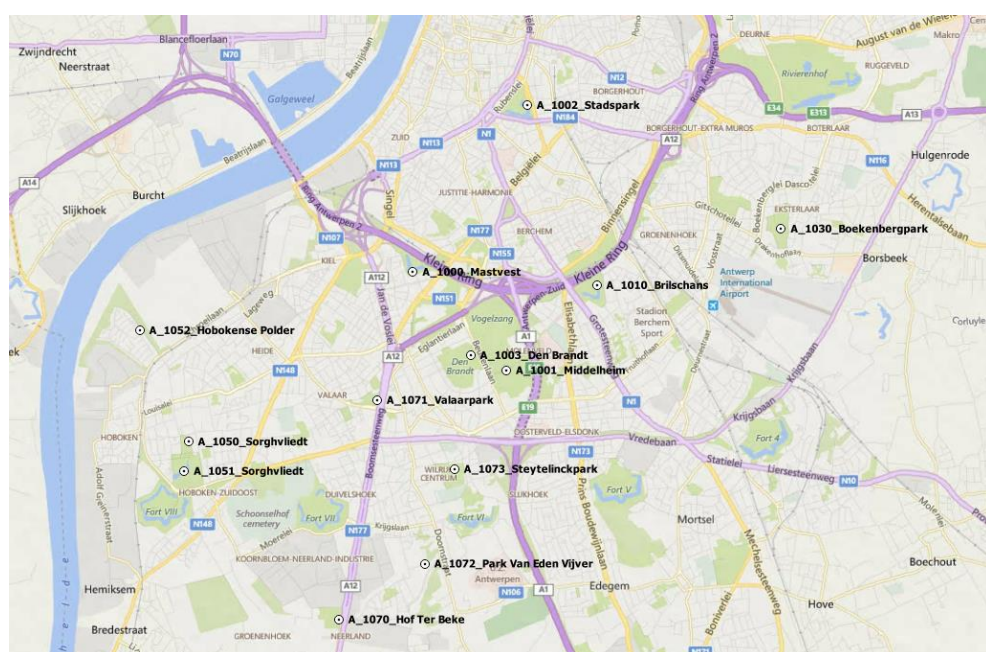
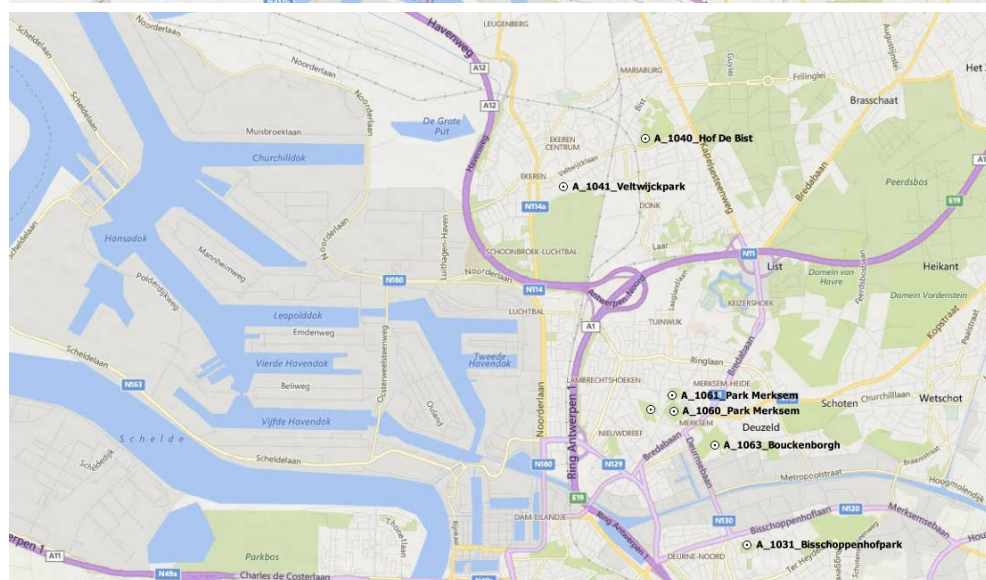
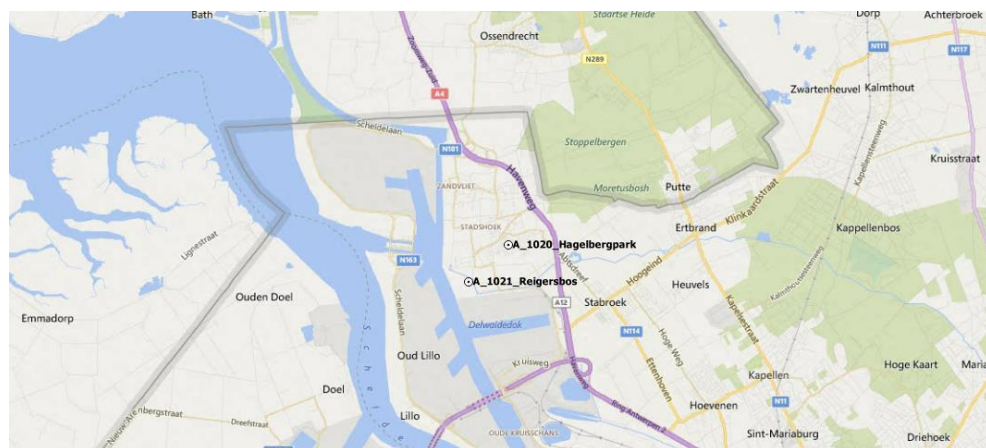
Data	Bron	format
Administratieve indeling	Stad	GIS
BAK - Bodemafdekkingskaart	Geopunt	GIS
Bodemdalingskaart Nederland		Website
Captatievergunningen + lozingen		
drainage ring		Document/Data
Gegevens Aquafin	Aquafin	
Geleidsbaarheidmetingen nabij steendok		Document
Huidige+Historische winningen	DOV	GIS
Infiltratiegevoeligheid	ABO	Document/GIS
Inventarisatie vijvers	Stad	Document/GIS
Kennedytunnel (documenten Toon)	IMDC	Document
Lijst data Erfgoed-Natuur	TE (Nele/Ewald)	Document
Natuur Stad Antwerpen (Grachten, groeninventaris, landbouwgebruik, openbaarbosgebied, samenvolkstuinen)	Stad	GIS
Neerslagreeksen (waterinfo/KNMI)		Data
neerslagreeksen stad	Stad	Data
Nieuwsbrief Nature Today (Impact droogte op grasland en herstel naderhand)		Website
NoordZuid Treintunnel		Document/GIS
Parkings	Stad	GIS/Data
Peilgegevens	Stad/Watina/DOV/Pidp	Data
Pidpa debieten	Pidpa	Data
Plan-MER Oosterweel		Document
PPT Lissabon		Document
Project-MER Oosterweel		Document
Riolering Antwerpen	Stad	GIS
RWZI dagdebieten		Data
Shape Schelde/Dokken		GIS
shapes slibwanden premetro tunnel	Stad	Document/GIS
Shapes Tunnels		GIS
Verbruik leidingwater	Waterlink	Data
Vergunde permanente bemaling in de stad (grondwatervergunningen)	Stad	Data
Vergunningen in de stad Antwerpen -> regenwaterputten		Data
Verspreiding van vervuiling	OVAM	
Vlakwa		Website
Water- en energiestudie Albertkanaal		Document/Data
Waterbalans studie (WL-Waterlink)		
Waterpeilen kanalen		Document
Waterplan – analysefase	Stad	Document

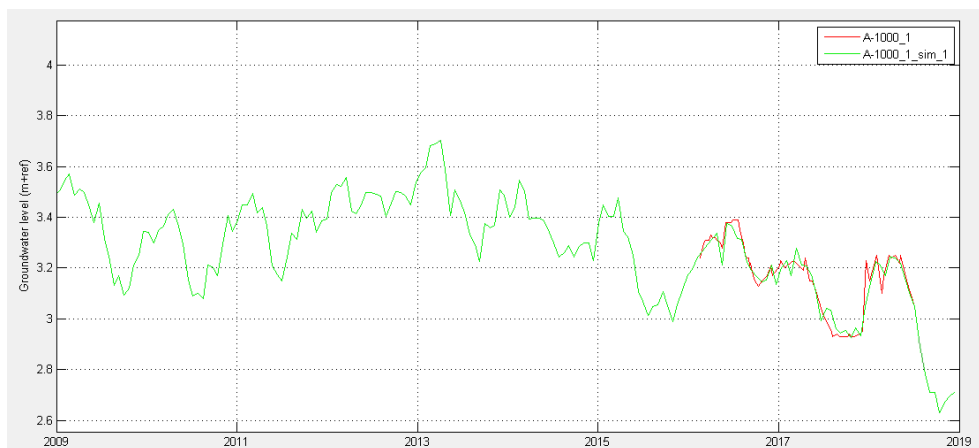
Data	Bron	format
WOK - Waterondoorlatendheidskaart	Geopunt	
Zuiderdokken		GIS

Bijlage B Analyse Grondwater

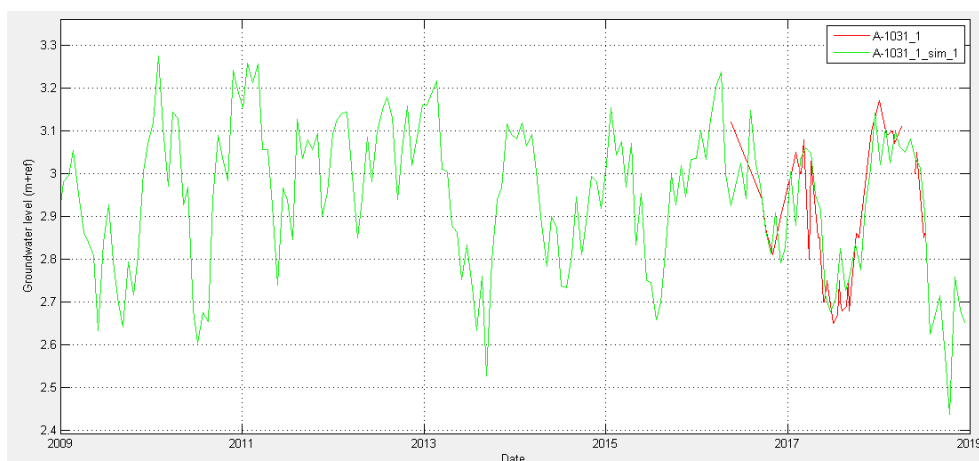
B.1 Analyse waterstanden stadsvijvers

	X Lambert72 [m]	Y Lambert72 [m]	waargenomen waterstanden						simulatie grondwatervoeding gemiddelde waterstanden gesimuleerd				
			van	tot	gemiddelde waterstand tijdreeks [mTAW]			Variatie [m]	2009 - 2018 [mTAW]				Variatie [m]
					GLG	MGL	GHG		modelfit	GLG	MGL	GHG	
A_1000_Mastvest	151819	209184	18/05/16	02/07/18	3.04	3.17	3.3	0.3	X	3.11	3.28	3.44	0.3
A_1001_Middelheim	153042	207904	18/05/16	02/07/18	13.05	13.08	13.15	0.1					
A_1002_Stadspark	153312	211355	13/05/15	03/11/17	1.17	1.38	1.71	0.5					
A_1003_Den Brandt	152574	208100	18/05/16	01/06/18	11.7	11.87	12.08	0.4					
A_1010_Brilschans	154223	209013	13/09/16	05/07/18	niet voldoende registraties								
A_1020_Hagelbergpark	147100	226206	18/05/16	14/09/16	niet voldoende registraties								
A_1021_Reigersbos	146028	225215	09/06/16	02/07/18	2.38	2.48	2.54	0.2					
A_1030_Boekenbergpark	156633	209750	18/05/16	02/07/18	6.74	7.14	7.71	1.0	X	6.74	7.33	7.86	1.1
A_1031_Bisschoppenhofpark	156442	213522	18/05/16	03/07/18	2.67	2.88	3.07	0.4	X	2.72	2.95	3.13	0.4
A_1040_Hof De Bist	155004	219198	19/05/16	02/07/18	3.42	3.77	3.97	0.6	X	3.44	3.80	4.14	0.7
A_1041_Veltwijckpark	153859	218523	19/05/16	06/07/18	niet voldoende registraties				X	2.14	2.68	3.18	1.0
A_1050_Sorghvliedt	148883	206975	19/05/16	03/07/18	13.63	13.92	14.25	0.6	X	13.65	13.97	14.27	0.6
A_1051_Sorghvliedt	148828	206592	13/09/16	03/07/18	niet voldoende registraties								
A_1052_Hobokense Polder	148246	208424	13/09/16	03/07/18	0.74	0.76	0.79	0.1					
A_1060_Gemeentepark Merksem	155404	215391	18/05/16	02/07/18	3.39	3.69	4.07	0.7	X	3.38	3.79	4.17	0.8
A_1061_Hof Van Roosendael Merksem	155384	215606	19/05/16	02/07/18	3.23	3.58	3.95	0.7	X	3.32	3.70	4.04	0.7
A_1062_Runcvoortpark Merksem	155085	215406	18/05/16	02/07/18	2.89	3.17	3.5	0.6	X	2.94	3.28	3.60	0.7
A_1063_Bouckenborgh	155980	214913	30/06/16	02/07/18	3.43	3.53	3.66	0.2					
A_1070_Hof Ter Beke	150849	204659	13/06/16	02/07/18	11.19	11.33	11.45	0.3	X	11.18	11.36	11.52	0.3
A_1071_Valaarpark	151351	207516	13/06/16	03/07/18	niet voldoende registraties				X	11.78	12.07	12.33	0.6
A_1072_Park Van Eden Vijver	151976	205386	22/06/16	03/07/18	niet voldoende registraties				X	10.31	10.87	11.35	1.0
A_1073_Steytelinckpark	152363	206619	19/05/16	03/07/18	15.38	15.42	15.47	0.1					

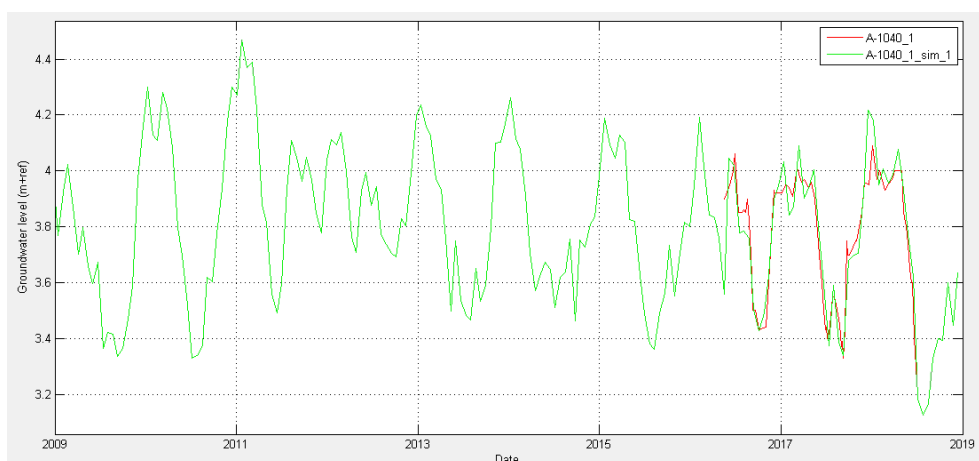




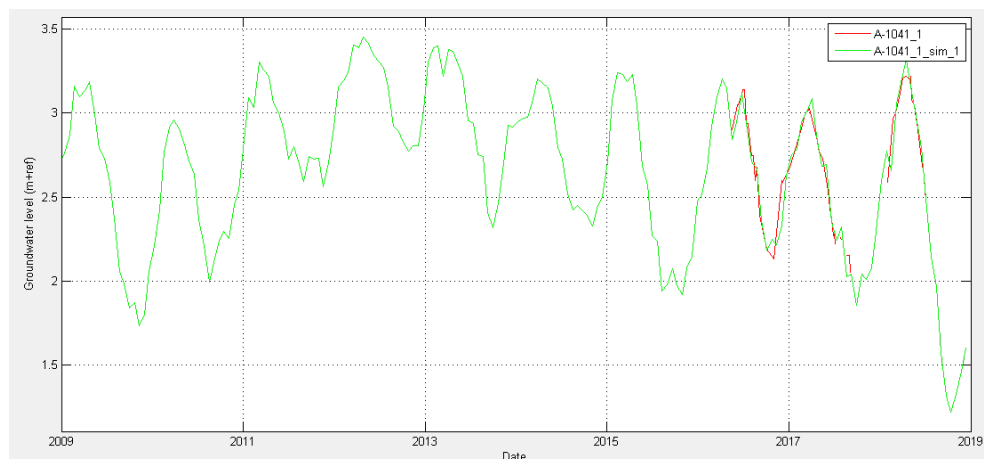
Figuur Bijlage B-1 : A-1000 vijver Mastvest te Hoboken (rood: waargenomen oppervlaktewaterstand, groen: gesimuleerde waterstand)



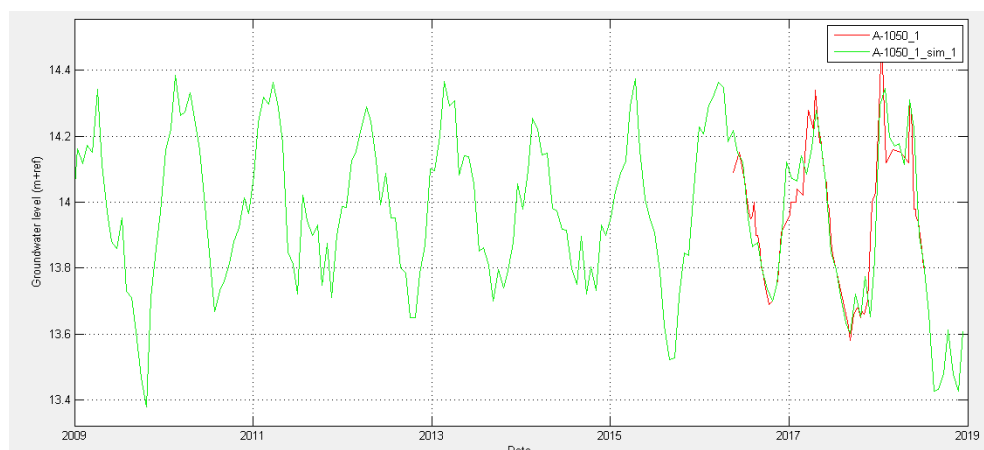
Figuur Bijlage B-2: A-1030 in de vijver Boekenbergpark te Deurne



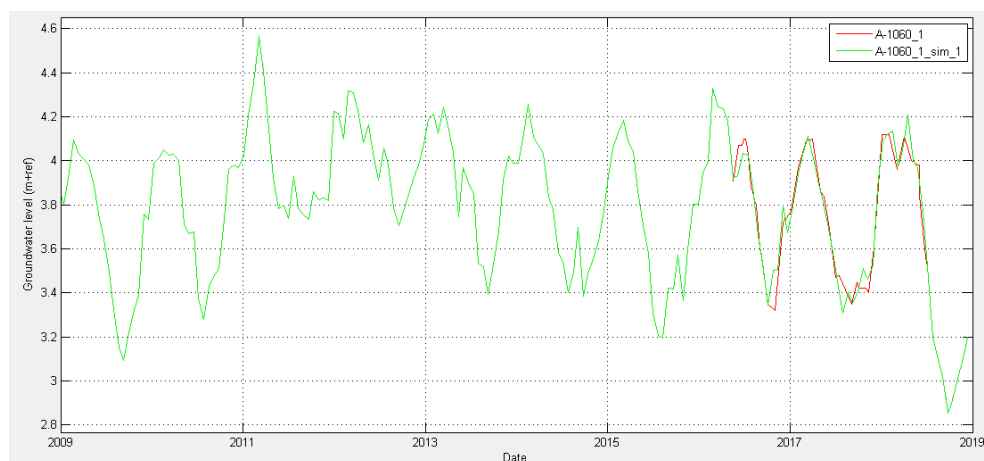
Figuur Bijlage B-3 : A-1040 Hof De Bist



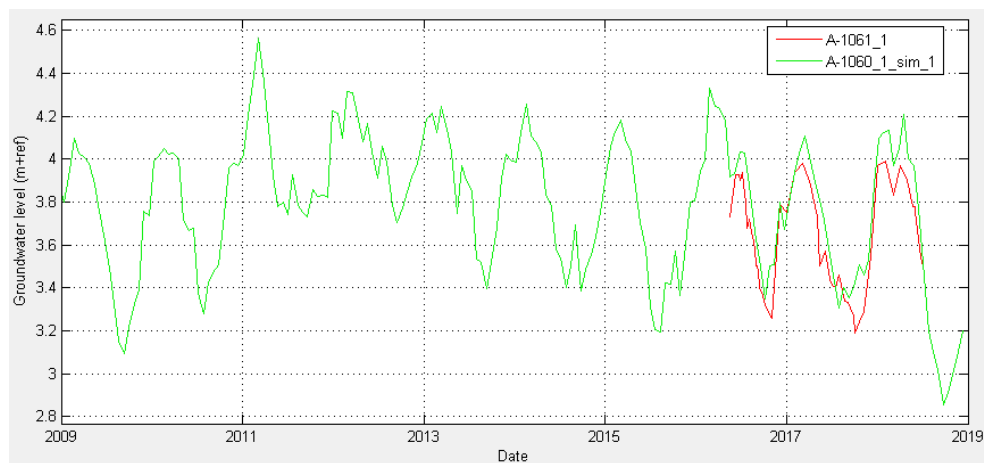
Figuur Bijlage B-4 : A-1041 vijver Veltwijckpark



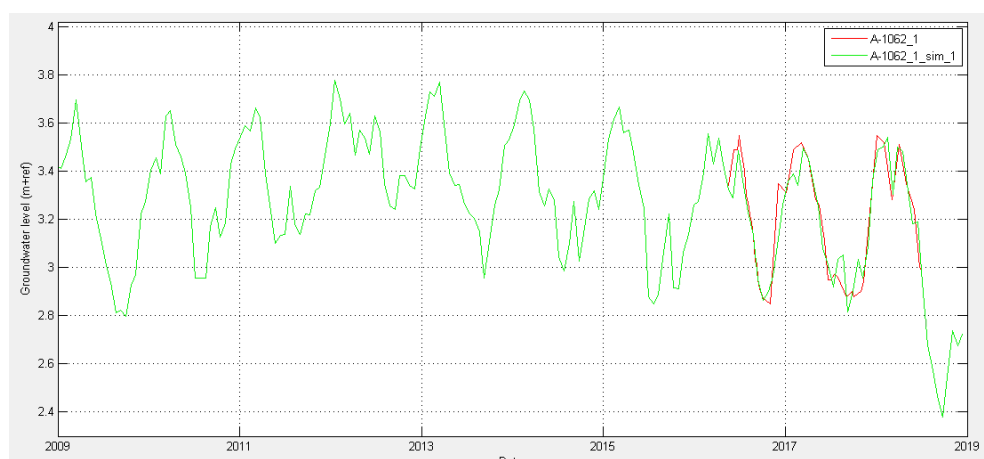
Figuur Bijlage B-5: A-1050 vijver Sorgvliet



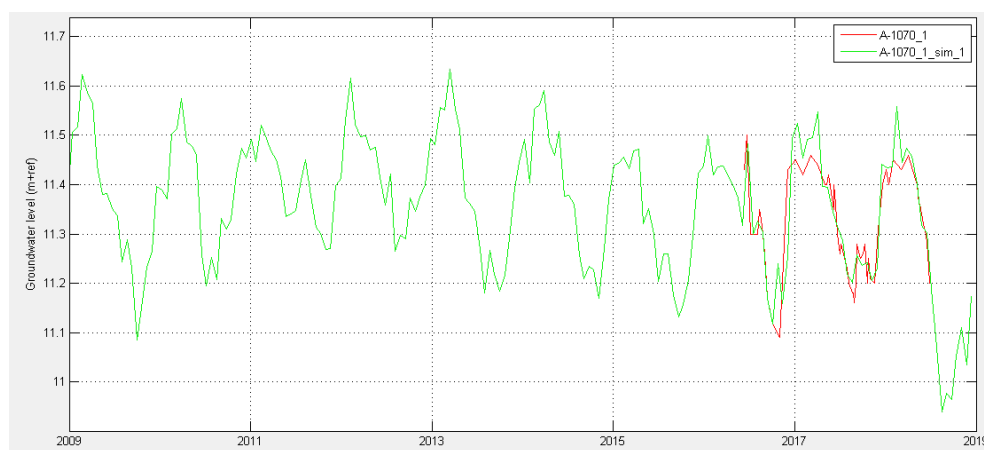
Figuur Bijlage B-6 : A-1060 vijver Gemeentepark Merksem



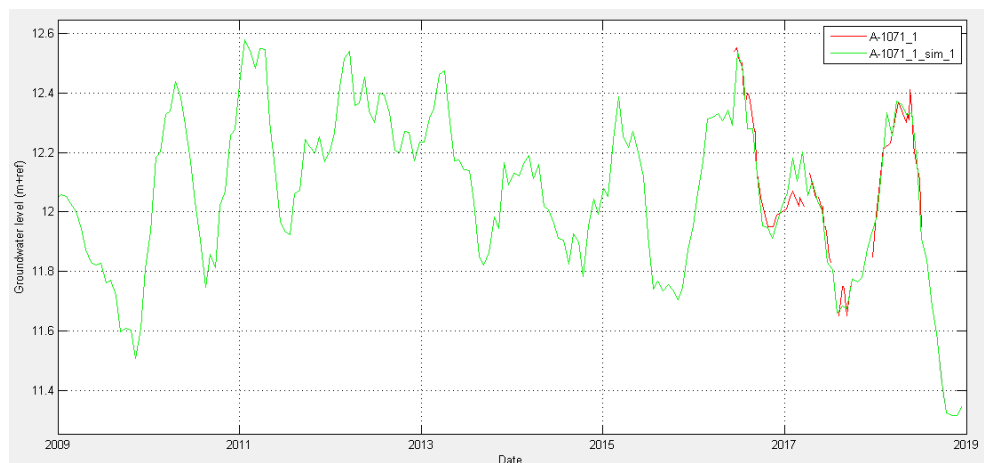
Figuur Bijlage B-7: A-1061 Hof Van Roosendael Merksem



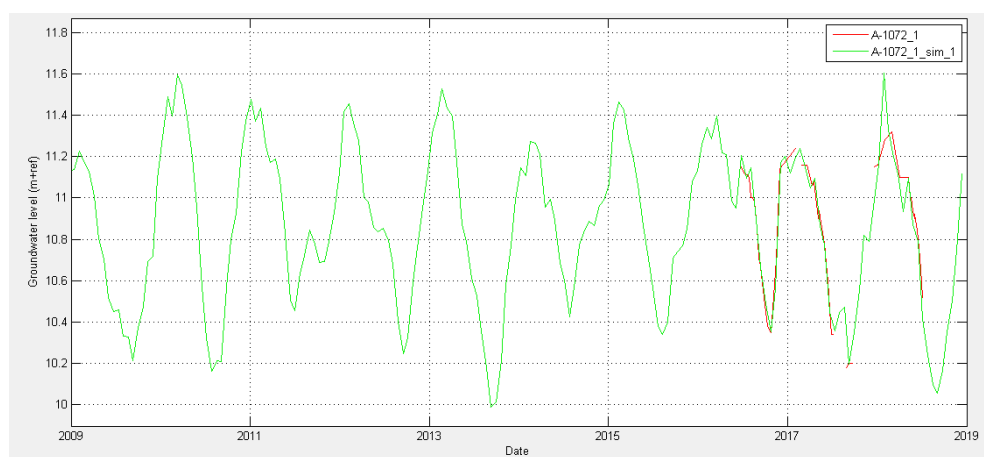
Figuur Bijlage B-8 : A-1062 vijver Runcvoortpark Merksem



Figuur Bijlage B-9 : A-1070 vijver Park Hof ter Beke

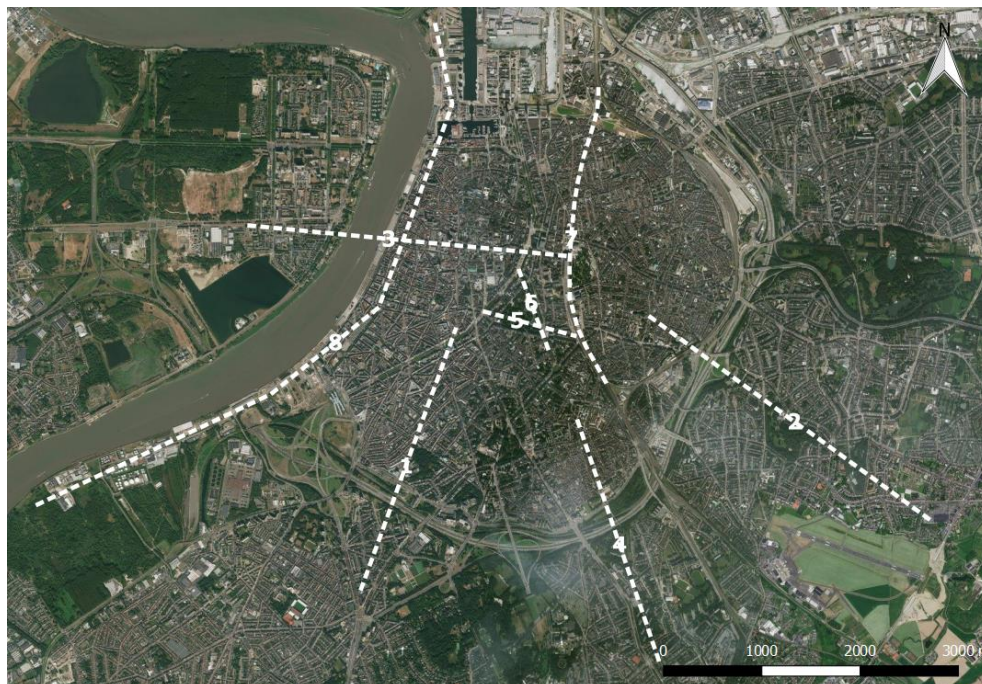


Figuur Bijlage B-10 : A-1071 vijver Valaarpark

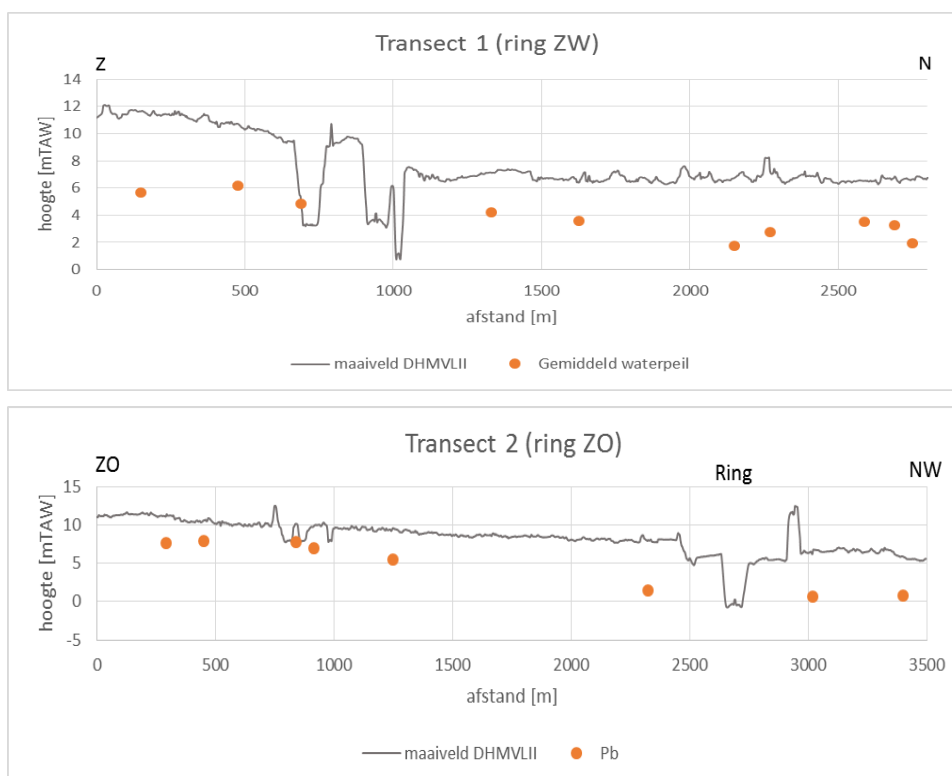


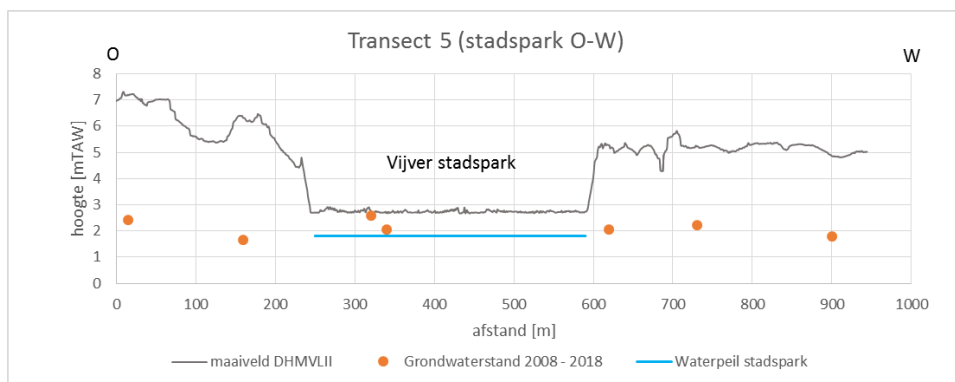
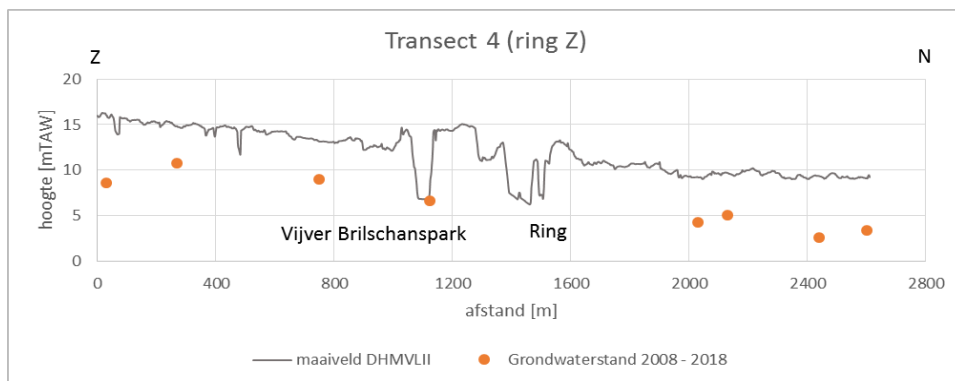
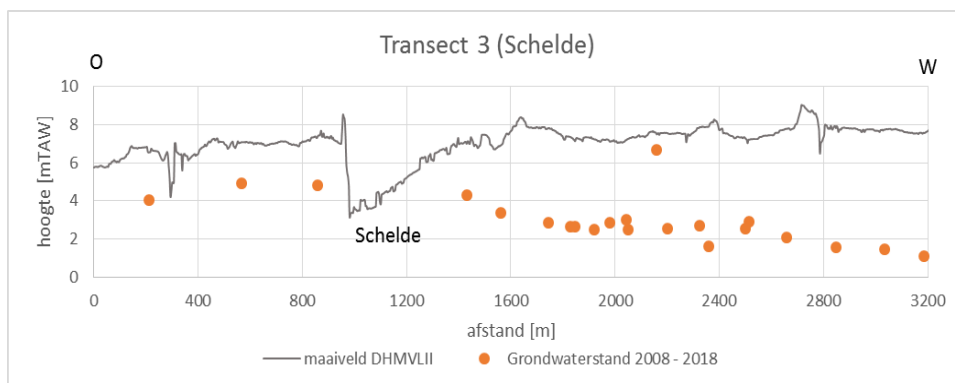
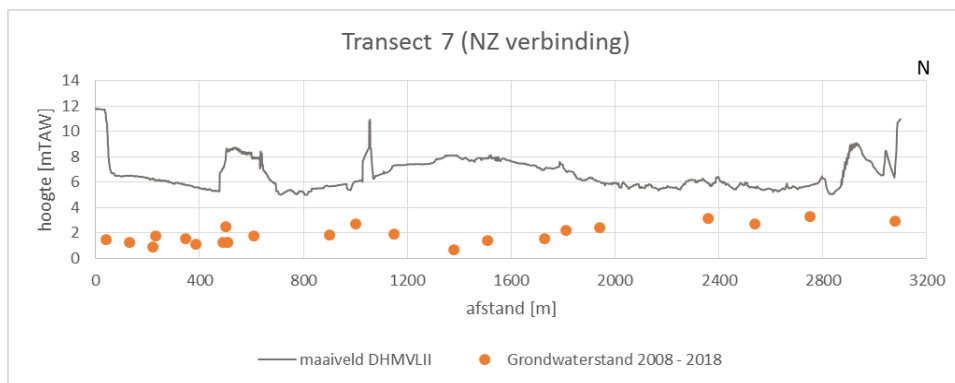
Figuur Bijlage B-11 : A-1072 in de vijver Park Van Eden

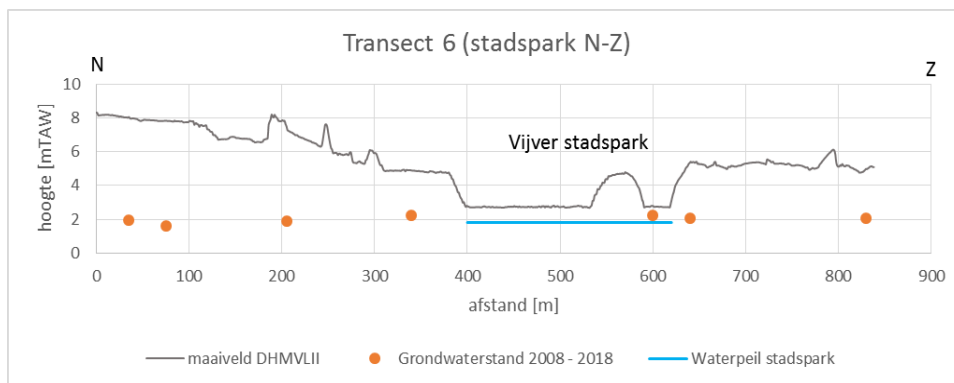
B.2 Transsecten gemiddelde grondwaterstanden



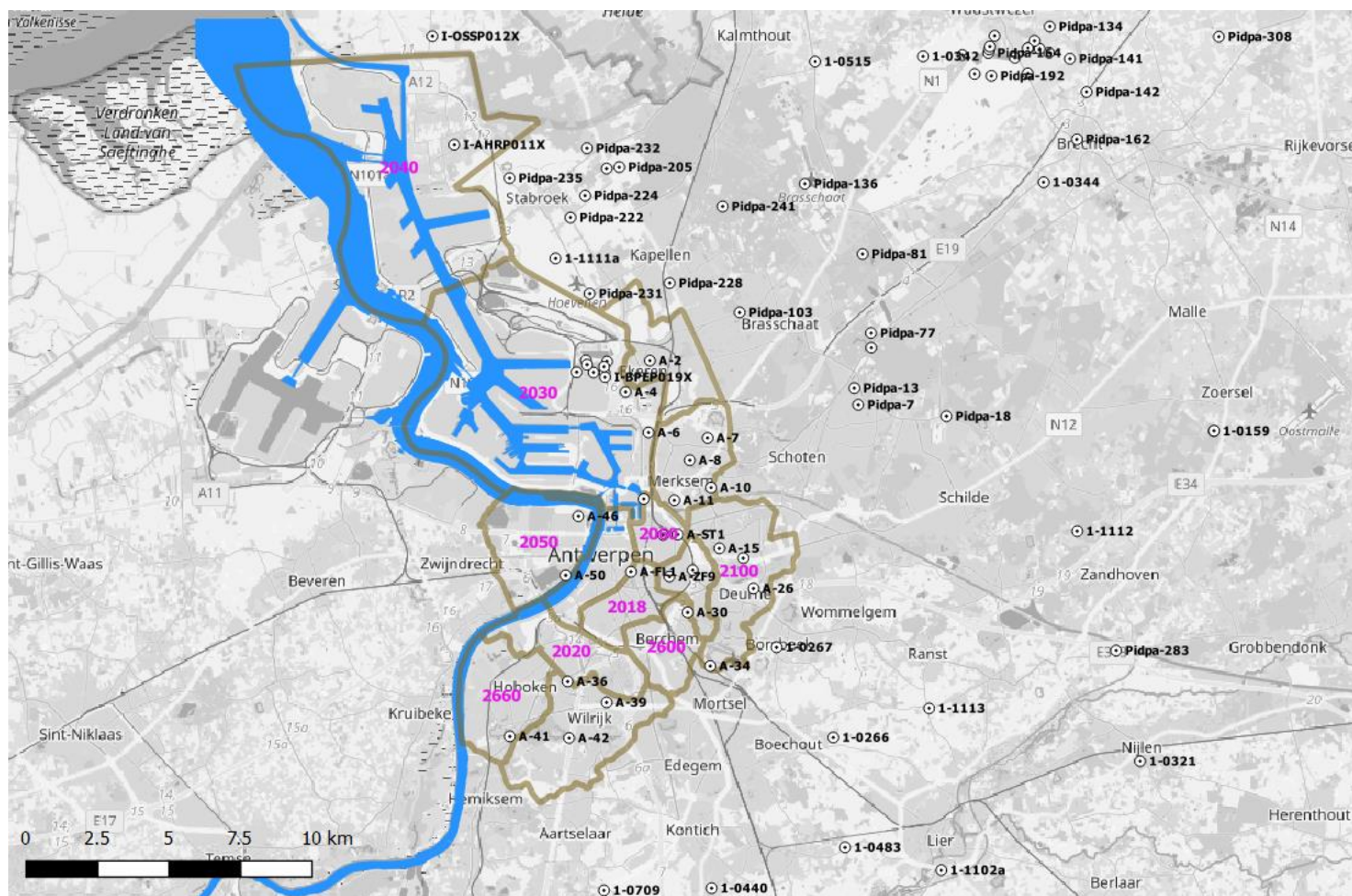
Figuur Bijlage B-12 : Ligging van de dwarsprofielen voor weergave van de gemiddelde grondwaterstanden







B.3 Trendanalyse Grondwaterstanden lange termijn gedrag



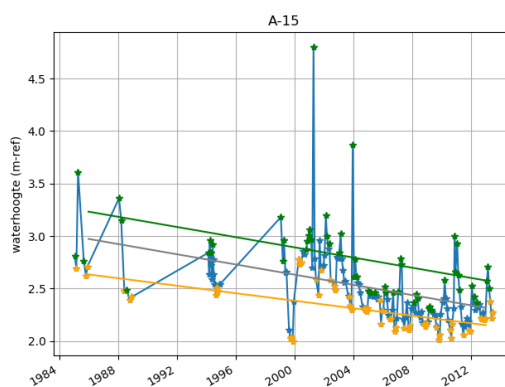
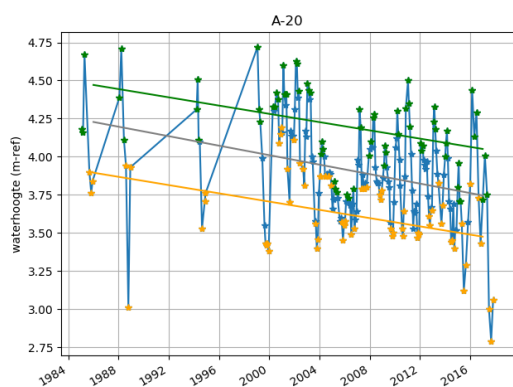
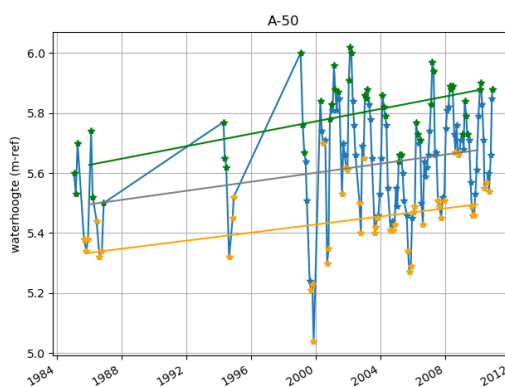
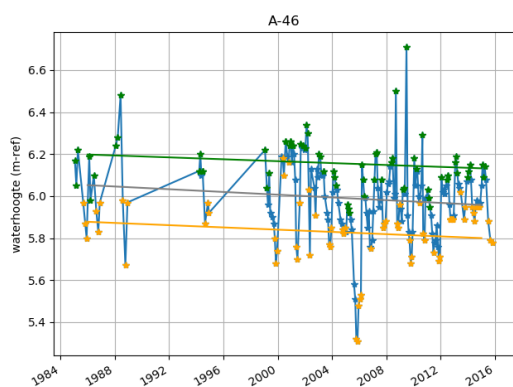
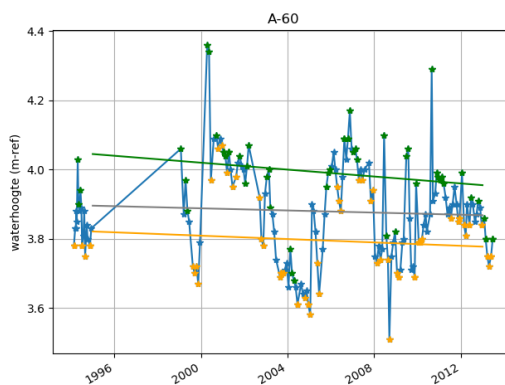
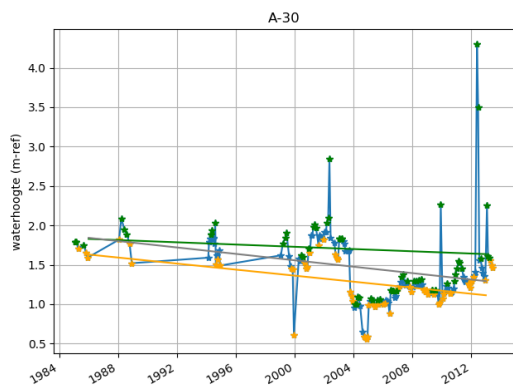
Figuur Bijlage B-13: locatie geanalyseerde grondwaterstandsmetingen

B.3.1 Hoboken – Wilrijk

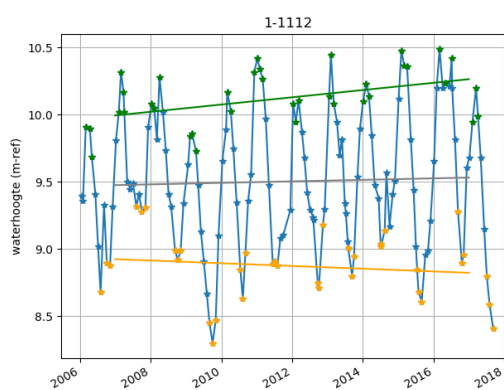
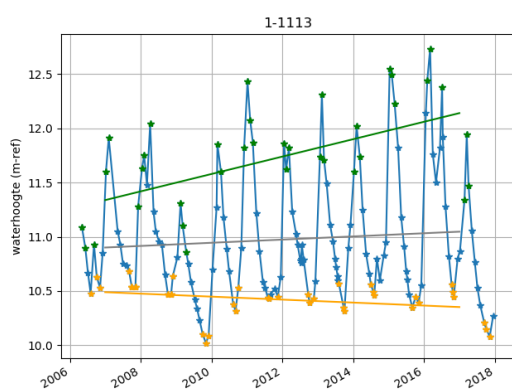
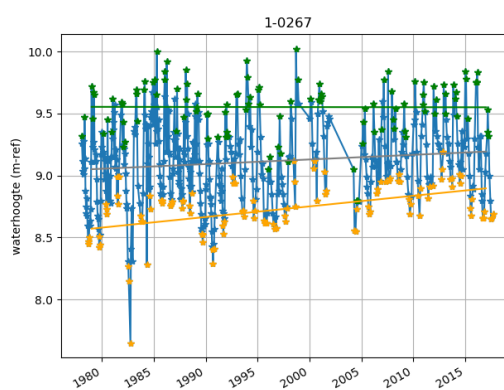
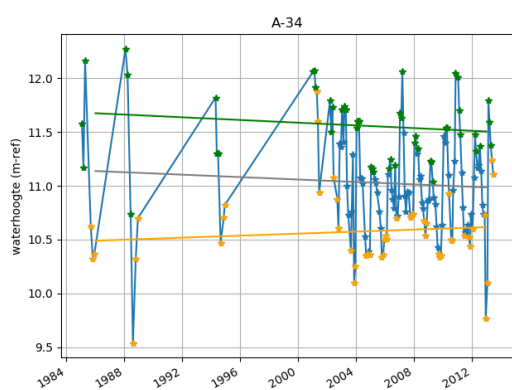
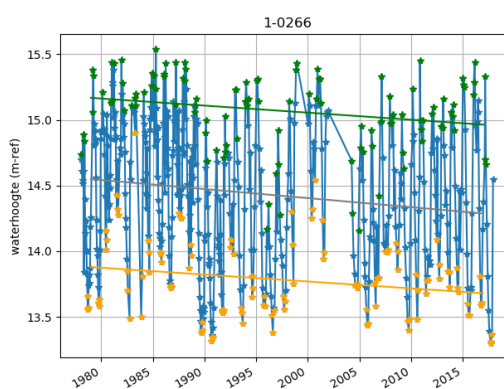
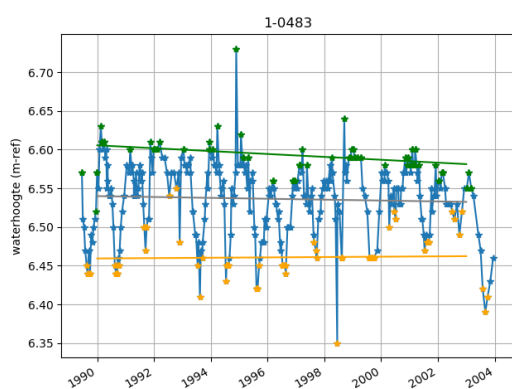
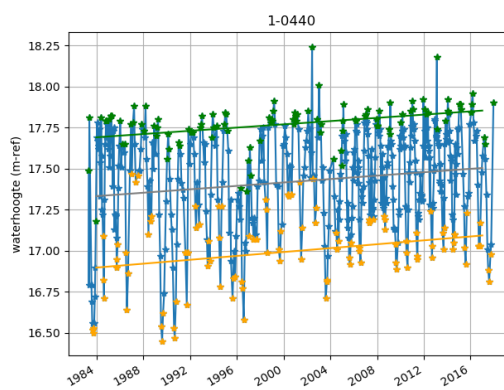
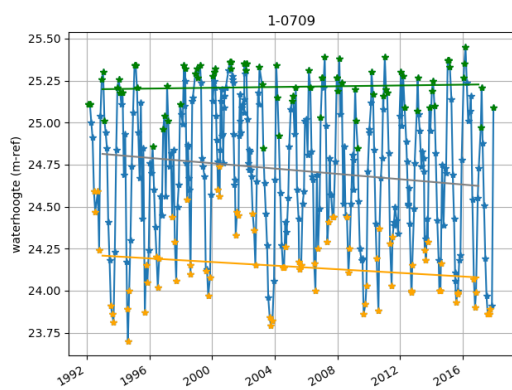


B.3.2 As Stadskern - Rivierenhof





B.3.3 As Kontich- Mortsel - Ranst



B.3.4 As Deurne - Merksem – Brasschaat

