Opmaak van een waterbalansmodel en droogtestudie voor Gent

Opdracht uitgevoerd in opdracht van

Disclaimer

Sumaqua en diegenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben de hierin opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van kennis en wetenschap. Desondanks kunnen zich onjuistheden in deze publicatie bevinden. Gebruikers aanvaarden het risico daarvan. Sumaqua sluit, mede ten behoeve van hen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze gegevens.

DOCUMENTIDENTIFICATIE

Titel	Opmaak van een waterbalansmodel en droogtestudie voor Gent
Opdrachtgever	Stad Gent

CONTACT

Contactpersoon	dr. ir. **VINCENT WOLFS**
	Tel.: +32 474 422 003
	Mail: vincent.wolfs@sumaqua.be
Correspondentieadres	Sumaqua
	Sluisstraat 79 bus 3.01
	3000 Leuven

INHOUD

Opmaak van een waterbalansmodel en droogtestudie voor Gent 1

Managementsamenvatting xix

1 Inleiding 1

Deel I: Beschrijving van het huidig watersysteem en de droogtetoestand in Gent 3

2 Beschrijving van het watersysteem van Gent 4

2.1 Oppervlaktewaters 4
2.1.1 Waterlopen 4
2.1.2 Open waters 9
2.1.3 Captaties uit en lozingen naar oppervlaktewaters 12
2.1.4 Schuttingsverliezen 19

2.2 Freatisch grondwater 19
2.2.1 Hydrogeologische opbouw 19
2.2.2 Grondwaterwinningen en bemalingen 23

2.3 Landgebruik en bodem 28

2.4 Saneringsinfrastructuur 49
2.4.1 Rioleringsstelsels 49
2.4.2 Rioolwaterzuiveringsinstallaties 52
2.4.3 Bronmaatregelen 55
2.4.4 Stadswater 56

3 Analyse huidige droogtetoestand watersysteem 59

3.1 Context 59

3.2 Overzicht droogte indicatoren 59

3.3 Meteorologische droogte indicatoren 60
3.3.1 Indicator: Neerslagtotaal 61
3.3.2 Indicator: SP(E)I 65
3.3.3 Indicator: Neerslagtekort of -overschot 67
3.3.4 Indicator: Gecombineerde droogte indicator 69

3.4 Hydro(geo)logische droogte indicatoren 70
3.4.1 Indicator: Debiet op waterlopen 70
3.4.2 Indicator: Waterpeil 73
3.4.3 Indicator: Freatisch grondwaterpeil 84
3.4.4 Indicator: Bodemvocht 92

3.5 Waterkwaliteitsgerelateerde droogte indicatoren 93
3.5.1 Indicator: Verzilting 93
3.5.2 Bespreking waterkwaliteit waterlopen, (recreatie)vijvers en grondwater 97

3.6 Sectorspecifieke droogte indicatoren 99
3.6.1 Indicator: Aantal dagen watervoorraad in buffers of regenwaterputten 99

Deel II: Waterbalansmodel 100

4 Opmaak massabalansmodel Gent 101
4.1.1 Ruimteschalen van het massabalansmodel 101
4.1.2 Tijdschalen van het massabalansmodel 104
4.1.3 Laag I: Oppervlaktewaters 105
4.1.4 Laag II: Freatisch grondwater en natuurlijke infiltratie 112
4.1.5 Laag III: Stedelijk watersysteem 114

5 Resultaten simulatiemodellen huidig watersysteem 123

5.1 Inleiding 123

5.2 Randvoorwaarden voor het model onder het historisch en toekomstig klimaat 123

5.3 Oppervlaktewaters 124
5.3.1 Simulatie 1920-2019 125
5.3.2 Validatie aan metingen 133

5.3.3 Toekomstig klimaat (2050) ... 135

5.4 Freatisch grondwater 137
5.4.1 Simulatie 1920-2019 ... 137
5.4.2 Validatie aan metingen ... 140
5.4.3 Toekomstig klimaat (2050) ... 145

5.5 Stedelijk watersysteem 147
5.5.1 Simulatie 1920-2019 ... 147
5.5.2 Validatie aan metingen ... 149
5.5.3 Toekomstig klimaat (2050) ... 149

5.6 Bodemvocht 150

5.7 Samenvatting 153

5.8 Overzicht belangrijkste veronderstellingen 154

Deel III: Kwetsbaarheden en impacts ... 156

6 Beschrijving van de droogte impacts onder het huidig en toekomstig klimaat ... 157

6.1 Natuur 157
6.1.1 Groen in het buitengebied en waardevol groen ... 159
6.1.2 Groen in de sterk verstedelijkte omgeving ... 169
6.1.3 Vijvers, poelen en andere stilstaande wateren ... 170
6.1.4 Impact op waardevolle bodems ... 171

6.2 Infrastructuur en gebouwen 173

6.3 Landbouw 178

6.4 Scheepvaart 183

6.5 Verzilting 184

6.6 Drinkwater 185

Deel IV: Uitwerking van een proactief Gents droogtebeleid ... 187

7 Visie ... 188

7.1 Op naar een Gents proactief droogtebeheer 188

7.2 Krachtlijn 1: Waterbeschikbaarheid beschermen en verhogen 188

7.3 Krachtlijn 2: Watergebruik beperken en verduurzamen 194

7.4 Krachtlijn 3: Voorkomen en verkleinen van de negatieve droogte-impacts van klimaatverandering 195

8 Analyses ter ondersteuning van de uitwerking van de visie 198

8.1 Inleiding 198

8.2 Beschrijving gekwantificeerde droogtebeheerstrategieën 198

8.2.1 Scenario 1: Toepassen van retourbemaling 199

8.2.2 Scenario 2: Afbouwen van freatische grondwaterwinningen 199

8.2.3 Scenario 3: Verminderen van drainage via de riolering 200

8.2.4 Scenario 4: Overtollig water van verharding infiltreren in de 8 klimaatassen 201

8.2.5 Scenario 5: Gerichte ontharding 203

8.2.6 Scenario 6: Gedifferentieerd bronmaatregelenbeleid 205

8.2.7 Scenario 7: Inrichting heropening Kolveniersgang en andere overwelfde waterlopen 206

8.3 Resultaten massabalansmodel scenario-onderzoek 206

8.3.1 Definitie adaptatiedoelen en ruimtelijke zones 207

8.3.2 Evaluatie scenario's 208

8.3.3 Samenvatting 212

8.4 Kansenkaarten 216

8.4.1 Kansenkaart: identificatie van de grootste verharde percelen 216

8.4.2 Kansenkaart: slim ontharden 218

8.4.3 Kansenkaart: wateropvang grote daken 221

8.4.4 Kansenkaart: stuwtjes en verondiepen van grachten 223

8.4.5 Kansenkaart: afstromen overtollig water van verharding naar de groenklimaatassen 225

8.5 Aanbevelingen soortenkeuze stedelijk groen 227

9 Afstemming beleid hogere overheden 228

9.1 Vlaanderen 229

9.1.1 Blue Deal 229

9.1.2 Waterbeleidsnota 2020-2025 ... 230

9.1.3 Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen en Beleidsplan Ruimte Vlaanderen ... 231

9.1.4 Vlaams Energie- en Klimaatplan 2021-2030 en het Vlaams klimaatadaptatieplan 2013-2020 ... 233

9.1.5 Stroomgebiedbeheerplannen 2016-2021/2022-2027 en het Actieplan Droogte en Wateroverlast 2019-2021 ... 234

9.1.6 Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringssystemen (CVGP) en 'Leidraad bronmaatregelen'. ... 239

9.1.7 Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening Hemelwater (GSV) en de Watertoets ... 240

9.1.8 Klimaatportaal Vlaanderen ... 241

9.1.9 Vlaams reactief afwegingskader prioritair watergebruik tijdens droogte en waterschaarste ... 241

9.2 Provincie Oost-Vlaanderen 242

9.2.1 Droogteactieplan 2021 ... 242

9.2.2 Provinciaal klimaatplan ... 244

9.3 Farys 244

9.3.1 Beleid gericht op leveringszekerheid drinkwater ... 244

9.3.2 Verkavelingsrichtlijnen FARYS en Ontwerprichtlijnen riolering FARYS ... 245

9.3.3 Opmaak van RWA visies ... 245

9.4 Andere steden en gemeenten 246

9.4.1 Waterplan Antwerpen ... 246

9.4.2 Droogteplan Stad Leuven en Stad Antwerpen ... 246

9.5 Conclusies 247

10 Aanbevelingen voor een actieplan ... 249

10.1 Inleiding 249

10.2 Definitie van typologieën 250

10.3 Overzicht maatregelen en beoordeling 251

10.4 Typologie 1: Binnenstad 252

10.4.1 Afbakening gebied ... 252

10.4.2 Samenvatting uitdagingen op vlak van droogte ... 252

10.4.3 Samenvatting oplossingen ... 253

10.5 Typologie 2: Randstad 257
10.5.1 Afbakening gebied 257
10.5.2 Samenvatting uitdagingen op vlak van droogte 257
10.5.3 Samenvatting oplossingen 257

10.6 Typologie 3: Bebouwing in buitengebied 260
10.6.1 Afbakening gebied 260
10.6.2 Samenvatting uitdagingen op vlak van droogte 260
10.6.3 Samenvatting oplossingen 261

10.7 Typologie 4: Gebieden met waardevolle natuur 263
10.7.1 Afbakening gebied 263
10.7.2 Samenvatting uitdagingen op vlak van droogte 263
10.7.3 Samenvatting oplossingen 264

10.8 Typologie 5: Agrarische gebieden 267
10.8.1 Afbakening gebied 267
10.8.2 Samenvatting uitdagingen op vlak van droogte 268
10.8.3 Samenvatting oplossingen 268

10.9 Typologie 6: Industrie 271
10.9.1 Afbakening gebied 271
10.9.2 Samenvatting uitdagingen op vlak van droogte 271
10.9.3 Samenvatting oplossingen 272

10.10 Aanbevolen generieke acties en tools voor het nemen van maatregelen 275

10.11 Actiedomein 1: Politiek draagvlak, beleid en afstemming binnen de stadsorganisatie 276

10.12 Actiedomein 2: Kennisopbouw impacts droogte in Gent 281

10.13 Actiedomein 3: Kennisopbouw oplossingen 282

10.14 Actiedomein 4: Realisaties op het terrein 285

10.15 Actiedomein 5: Communicatie & sensibilisering 285

10.16 Actiedomein 6: Samenwerking 286

10.17 Actiedomein 7: Monitoring 287

11 Referenties 289

Bijlagen 291

LIJST FIGUREN

Figuur 1: Samenvatting van de vergunde grondwaterwinvolumes (m³/jaar) uit diepe en ondiepe lagen. xx

Figuur 2: Neerslagtekort berekend op basis van het meteostation van Vinderhoute, en vergeleken met de historische jaargangen in Ukkel. xxi

Figuur 3: Droogtetoestand voor 6 locaties van november 1990 tot november 2020. xxii

Figuur 4: Massabalansen [m³/maand] van het bodemvocht en grondwater in een gemiddelde winter (links) en zomer (rechts) maand in het huidig klimaat. De linkerhelft van elke figuur toont de inkomende stromen, de rechterhelft de uitgaande. xxiv

Figuur 5: Evolutie van het aantal dagen met significante droogtestress voor het huidig en toekomstig klimaat. De rode kleur geeft gebieden aan die sterker verdrogen. xxv

Figuur 6: Massabalansen [m³/maand] van de onbevaarbare oppervlaktewaters in een gemiddelde zomermaand in het huidig klimaat en in de zomer van 2018. De linkerhelft van elke deelfiguur toont de inkomende stromen, de rechterhelft de uitgaande. xxvi

Figuur 7: Massabalans [m³/maand] van het Kanaal Gent-Terneuzen. xxvii

Figuur 8: Gevoeligheidskaart verdroging Gent (opgemaakt op basis van de Gentse biologische waarderingskaart versie 2019). xxviii

Figuur 9: Aangegeven droogteschade in de landbouw voor 2017, 2018 en 2019 in Gent. xxix

Figuur 10: Samenvatting van de visie. xxx

Figuur 11: Samenvattende impact van elk individueel scenario op schaal van gans het grondgebied Gent. De groene balkjes geven aan in hoeverre een individueel scenario de impact van klimaatverandering (2050) op de massabalansen (van grondwater en oppervlaktewater) kan opvangen. xxxi

Figuur 12: Ruimtelijke typologieën met bijhorende scoring van de effectiviteit en inzetbaarheid van maatregelen per typologie (figuur rechts: binnenstad; de overige typologieën zijn beschreven in Hoofdstuk 10). xxxiii

Figuur 13: 7-sporen actieplan voor een proactief droogtebeleid. xxxiii

Figuur 14: Overzichtskaart van de grootste waterlopen in het bekken Gentse Kanalen. 4

Figuur 15: Overzichtsfiguur van de verschillende gecategoriseerde waterlopen op grondgebied Gent. 5

Figuur 16: Schematische weergave van de bevaarbare waterlopen rond Gent. 6

Figuur 17: Schematische voorstelling van het peilbeheer in en rond Gent op de bevaarbare waterlopen (bron: Stad Gent, 2018). 7

Figuur 18: Extract uit het beheerplan van de Bourgoyen-Ossemeersen (bron: Groendienst Gent). 10

Figuur 19: Waterlopen in de Vlaamse Hydrografische Atlas (versie 2011) rond de Blaarmeersen (bron: Groendienst Gent, Harmonisch Park- en Groenbeheerplan). 11

Figuur 20: Grachten en RWA uitlaten binnen het sport- en recreatiepark Blaarmeersen (bron: Groendienst Gent, Harmonisch Park- en Groenbeheerplan). 12

Figuur 21: Overzicht van de dossiers waarvoor captatie- en lozingsgegevens geïnventariseerd werden, onderverdeeld per sector. 14

Figuur 22: Overzicht van de gekende captaties uit oppervlaktewaters. 16

Figuur 23: Overzicht van de gekende captaties uit oppervlaktewaters per sector. 17

Figuur 24: Overzicht van de locaties waar lozingen op de oppervlaktewaters geïnventariseerd werden. 18

Figuur 25: Overzicht van de gekende lozingen naar oppervlaktewaters per sector. 19

Figuur 26: Zuid-noord profiel door het Centraal Vlaams Systeem en het Sokkelsysteem (bron: VMM – Afdeling Operationeel Waterbeheer). 20

Figuur 27: Hydrogeologische eenheid die het eerst voorkomt onder de quartaire laag (de quartaire aquifer is niet getoond). 21

Figuur 28: Doorsnedes van de hydrogeologie (basiseenheden links, HCOV-codering rechts) voor 4 locaties: Gentbrugse Meersen, Bourgoyen Ossemeersen, Wondelgem en ter hoogte van de monding van de Moervaart in het Kanaal Gent-Terneuzen. 22

Figuur 29: Gemiddelde jaarlijkse grondwatervoeding in het Vlaams Centraal Systeem (Batelaan et al., 2007) 23

Figuur 30: Overzicht van de grondwatervergunningen exclusief bemalingen en permanente drainages (dd. november 2020). Groen wijst op diepe grondwaterlagen, rood op ondiepe (freatische) winningen. 24

Figuur 31: Verdeling van de grondwaterwinvolumes waarover heffingen betaald moeten worden (diepe + ondiepe lagen) per sector. 25

Figuur 32: Overzicht van de vergunde volumes voor 2018, 2019 en 2020 (tot november). 26

Figuur 33: Samenvatting van de veronderstelde reële winvolumes op grondgebied Gent [m³/jaar]. .28

Figuur 34: Samenvatting van het landgebruik opgedeeld naar groen, verharding en water voor gans het grondgebied Gent 29

Figuur 35: Landgebruiksverdeling naar oppervlaktes van de percelen op Gents grondgebied (exclusief wegenis, pleinen, waterlopen en spoorwegen). 30

Figuur 36: Bodemafdekking van stad Gent (%), met aanduiding van de waters. 31

Figuur 37: Gemiddelde verhardingsgraad per zone. 32

Figuur 38: Verdeling van de perceelsgrootte van de residentiële percelen op gans grondgebied Gent. 34

Figuur 39: Histogram van de hoofdgebouwen op residentiële percelen. 35

Figuur 40: De 100 percelen met het meeste verharding (in absolute termen) voor gans het grondgebied Gent (links) en Gent exclusief het havengebied rond het Kanaal Gent-Terneuzen (rechts). 36

Figuur 41. Bodemkaart die de verschillende bodemtexturen aangeeft voor stad Gent (bron: GeoPunt). 38

Figuur 42: Kartering van de (zeer) waardevolle bodems van de stad (bron: stad Gent). 39

Figuur 43: Extract van de infiltratiekaart van Stad Gent die aangeeft waar in principe infiltratie dan wel buffering met vertraagde afvoer als bronmaatregel voor hemelwater verplicht wordt (bron: Stad Gent). 40

Figuur 44: Historgram van de resultaten van de 167 infiltratiemetingen. 41

Figuur 45: Gemeten infiltratiecapaciteiten in mm/u (infiltratiecapaciteiten > 200 mm/u werden verwijderd). 42

Figuur 46: Biologische waarderingskaart Gent (versie 2019; bron: Groendienst Gent). 45

Figuur 47. Kwetsbaarheidskaart verdroging 2018 (bron: GeoPunt en Vriens en Peymen (2017)). Zie ook §6.1.1.1 voor een kwetsbaarheidskaart die werd opgemaakt in het kader van voorliggende droogtestudie. 47

Figuur 48. Landbouwgebruikerspercelen in Gent (opname 2018; bron: GeoPunt). 48

Figuur 49: Verdeling van de teelten op grondgebied Gent (opname 2018; bron: GeoPunt). 49

Figuur 50. Synopsis van het rioleringssysteem met belangrijkste onderdelen. 50

Figuur 51: Percentielverdeling van de effluent-instroom voor de RWZI van Gent. 53

Figuur 52: Berekend globaal droogweerdebiet voor de RWZI van Gent tussen 1 januari 2000 en 31 december 2017. 54

Figuur 53: Transportnet met volumes (toestand 2019; bron: toelichting Farys aan de Gemeenteraad Gent dd. 28.05.2020). 56

Figuur 54: Productiecapaciteit toestand 2019, rekening houdend met besliste projecten (bron: toelichting Farys aan de Gemeenteraad Gent dd. 28.05.2020). 57

Figuur 55: Aanvoercapaciteit toestand 2019, rekening houdend met besliste projecten (bron: toelichting Farys aan de Gemeenteraad Gent dd. 28.05.2020). 57

Figuur 56: Gesorteerde neerslagtotalen van de hydrologische zomerperiodes zoals geobserveerd in Ukkel (1920-2019). 61

Figuur 57. Procentuele verandering van de maandgemiddelde neerslag tegen het jaar 2100. 65

Figuur 58: SPI-1 en SPI-3 toestand voor het station van Vinderhoute voor het hydrologisch zomerseizoen van 2018. 66

Figuur 59: SPI-1 en SPI-3 toestand voor het station van Vinderhoute voor het hydrologisch zomerseizoen van 2020. 67

Figuur 60. Neerslagtekort berekend op basis van het station van Vinderhoute voor de jaren 2017, 2018 en 2019, en vergeleken met de historische jaren (grijze en zwarte lijnen) 68

Figuur 61. Projecties van de maximale jaarlijkse neerslagtekorten voor het historisch (groen) klimaat, en het klimaat in 2050 (oranje) en 2100 (rood); zie ook Willems & Wolfs (2019) voor meer informatie. 69

Figuur 62. Droogte indicatoren zoals gebruikt in het CIW Draaiboek coördinatie waterschaarste en droogte (versie 5.0, dd. 24/06/2019) voor het bepalen van de droogtestatus groen-geel-oranje-rood. 70

Figuur 63: Debiet van de Leie in Deinze tussen 1/1/2017 en 1/11/2019. Gegevens van 2020 zijn niet beschikbaar. 72

Figuur 64: Debiet van de Ringvaart in Evergem tussen 1/1/2017 en 1/10/2020 72

Figuur 65: Waterpeilen op de Leie (geobserveerd te Sint-Martens-Latem; station lei02a-1066) van 1 januari 2016 tot oktober 2020. 74

Figuur 66: Waterpeilen op de Ringvaart in Evergem (opwaarts van de Westbekesluis; station rvg04e-1066) van 1 januari 2016 tot oktober 2020. 74

Figuur 67: Waterpeilen op het Kanaal Gent-Terneuzen (Zelzate; station kgt04a-1066) van 1 januari 2018 tot oktober 2020. 75

Figuur 68: Waterpeilen op de Ledebeek (Destelbergen; station kgt04a-1066) van 1 januari 2016 tot oktober 2020. 76

Figuur 69: Foto van het droogvallen van de Ledebeek in Destelbergen ter hoogte van de Eenbeekstraat (bron: VMM). 76

Figuur 70: Waterpeilen op de Rosdambeek (Afsnee; station OW019-AFW-1073) van midden februari tot november 2020. 77

Figuur 71: Overzicht van de locaties met waterpeiltijdreeksen van pompgemalen ontvangen van Farys. De gemalen van de Provincie Oost-Vlaanderen en de Polder Moervaart en Zuidlede zijn niet opgenomen. “Riolering” betekent dat er water van een rioleringsstreng verpompt wordt (naar riolering of oppervlaktewater), “oppervlaktewater” betekent dat er tussen waterlopen verpompt wordt. 78

Figuur 72: Gemeten waterpeilen van de Rietgracht aan de Veenakkerstraat (Groene Banaan) van september 2019 tot eind juni 2020. 79

Figuur 73: Gemeten waterpeilen van de Rietgracht aan de Gentbrugse Meersen (uitlaat naar de Schelde) van september 2019 tot eind juni 2020. 79

Figuur 74: Gemeten waterpeilen aan de Veldekensstraat in Destelbergen van maart tot eind juni 2020. 80

Figuur 75: Gemeten waterpeilen aan Booiebos in Baarlevelde van juni 2019 tot juni 2020. 81

Figuur 76: Foto van het Astridpark (16 september 2020; bron: Groendienst Gent). 82

Figuur 77: Foto van de vijver in het Frans Tochpark (28 augustus 2020; bron: Groendienst Gent). 83

Figuur 78: (Links) Overzicht van de grondwatermeetnetten (DOV) en de recentere meetcampagnes van stad Gent. 85

Figuur 79: Locaties waarvan de meetreeksen van grondwaterstanden (tijdreeksen) geïnventariseerd werden. 86

Figuur 80: Visualisatie van de tijdreeksen van de 159 geïnventariseerde grondwaterlocaties. 87

Figuur 81: Verschil tussen de minimale en maximale geobserveerde stijghoogtes (van de meetreeksen die minstens 1 jaar lang zijn). 88

Figuur 82: Trendanalyse van GHG en GLG van de 6 meetpunten in en rond Gent van het primair grondwatermeetnet. 90

Figuur 83: Grondwaterstandsindicator van september 2019 tot september 2020 voor Drongen (links) en Desteldonk (rechts). 91

Figuur 84: Droogtetoestand voor 6 locaties van november 1990 tot november 2020. 92

Figuur 85: Historische metingen voor de geleidbaarheid van 2005 tot en met 2019 op de Ringvaart tussen de spoorwegbrug en de R4 (bron: Willems et al., 2021). 94

Figuur 87: EC-waarden gemeten in de Ringvaart rond Gent aan de Ringvaartweg, tussen spoorwegbrug en R4, en vergelijking met het 2-maanden debiet naar het kanaal Gent-Terneuzen wanneer onder 13 m3/s (bron: Willems et al., 2020). 95

Figuur 88: Zoutprofiel van het KGT tussen februari 2019 en maart 2020 (bron: RWS Zee en Delta). .96

Figuur 89. Schematische voorstelling van het massabalansmodel. 102

Figuur 90: GIS-zones: de ruimtelijke bouwstenen van het massabalansmodel. 104

Figuur 91: Omvang van het massabalansmodel (oranje) en de belangrijkste waterassen (blauw) in en rond Gent (gebaseerd op Willems et al., 2020). 106

Figuur 92: OW-zones (van de onbevaarbare waterlopen) in massabalansmodel Gent. 108

Figuur 93: GW-zones in het massabalansmodel Gent.... 113

Figuur 94: Opdeling van de riolering op grondgebied Gent in zones in het massabalansmodel. 118

Figuur 95: In- en uitstromen (m³/maand) voor alle onbevaarbare oppervlaktewateren op grondgebied Gent in een “gemiddelde” wintermaand. 125

Figuur 96: In- en uitstromen (m³/maand) voor alle onbevaarbare oppervlaktewateren op grondgebied Gent in een “gemiddelde” zomermaand. 126

Figuur 97: In- en uitstromen (m³/maand) voor onbevaarbare oppervlaktewateren in OW-zone 4 (Oude Leie) voor een “gemiddelde” winter- (links) en zomermaand (rechts). 127

Figuur 98: Afstroming vanuit gescheiden stelsels en verharding die quasi direct afstroomt naar oppervlaktewaters (per OW-zone).... 128

Figuur 99: Vergelijking van de massabalansen tijdens hydrologische zomers: gemiddeld (linksboven), 1976 (rechtsboven), 2016 (linksonder) en 2018 (rechtsonder). Opgelet, de schalen in de figuur zijn verschillend. 130

Figuur 100: Gesimuleerde peilen op de Gentse binnenwateren. 131

Figuur 101: Resultaten massabalansmodel van het Kanaal Gent-Terneuzen voor de periode 2005 – 2019. 132

Figuur 102: Resultaten massabalansmodel van het Kanaal Gent-Terneuzen voor augustus 2019. In deze periode zijn er significante watertekorten opgetreden. 133

Figuur 103: Vergelijking van de gesimuleerde waterpeilen van de Ledebeek (blauw) versus de metingen (oranje).... 134

Figuur 104: Rosdambeek: metingen (blauw) en modelsimulatie (oranje) voor 2017 tot en met 2019.. 134

Figuur 105: Aantal “droge dagen” per jaar zoals gesimuleerd voor de Rosdambeek in het huidig (blauw) en toekomstig klimaat (2050; hoge impact; rode kleur). Een droge dag wordt hierbij gedefinieerd als een terugval tot minstens 5 cm onder het streefpeil. 137

Figuur 106: In- en uitstromen (m³/maand) voor het freatisch grondwater op grondgebied Gent in een “gemiddelde” winter- en zomermaand voor het historisch klimaat (1920-2019).... 137

Figuur 107: In- en uitstromen (m³/maand) voor het freatisch grondwater op grondgebied Gent voor de historische jaargangen 1976 en 2018. 139

Figuur 108: Gesimuleerde grondwaterstanden rond het natuurgebied Bourgoyen-Ossemeersen. 140

Figuur 109: Gesimuleerd versus gemeten grondwaterpeil in de GW-zone 1 (Sint-Denijs-Westrem/Zwijnaarde). 140

Figuur 110: Overzichtsfiguur van de locaties met grondwaterpeilmetingen rond de Gentbrugse Meersen. ... 141

Figuur 111: Gesimuleerd versus gemeten grondwaterpeil in de GW-zone 4 (Gentbrugse Meersen). ... 142

Figuur 112: Gesimuleerd versus gemeten grondwaterpeil in GW-zone 4 (Gentbrugse Meersen). ... 142

Figuur 113: Overzichtsfiguur van de locaties met grondwaterpeilmetingen rond de Bourgoyen-Ossemeersen. ... 143

Figuur 114: Gesimuleerd versus gemeten grondwaterpeil in GW-zone 5 (Bourgoyen-Ossemeersen). ... 143

Figuur 115: Gesimuleerd versus gemeten grondwaterpeil in GW-zone 5 (Bourgoyen-Ossemeersen), noordwestelijke kant van het natuurdomein. ... 144

Figuur 116: Gesimuleerd versus gemeten grondwaterpeil in GW-zone 2 (haven). ... 144

Figuur 117: In- en uitstromen (m³/maand) voor het freatisch grondwater op grondgebied Gent in een "gemiddelde" winter- en zomermaand voor het toekomstig klimaat (2050). ... 146

Figuur 118: Samenvattende figuur van de te verwachten grondwaterstandsdalingen ten gevolge van klimaatverandering. ... 147

Figuur 119: In- en uitstromen (m³/maand) van het verstedelijkt watersysteem op grondgebied Gent in een "gemiddelde" wintermaand voor het huidig klimaat. ... 148

Figuur 120: In- en uitstromen (m³/maand) van het verstedelijkt watersysteem op grondgebied Gent in een "gemiddelde" zomermaand voor het huidig klimaat. ... 149

Figuur 121: In- en uitstromen (m³/maand) van het verstedelijkt watersysteem op grondgebied Gent in een "gemiddelde" zomermaand voor het klimaat in 2050. ... 150

Figuur 122: Aantal droogtedagen (i.e. een dag waarop significante droogtestress optreedt) voor het huidig en toekomstig klimaat voor een droogtesituatie die zich gemiddeld eens per 10 jaar voordoet. ... 151

Figuur 123: Aantal droogtedagen (i.e. een dag waarop significante droogtestress optreedt) voor het huidig en toekomstig klimaat voor een droogtesituatie die zich gemiddeld eens per 50 jaar voordoet. ... 152

Figuur 124: Impact van klimaatverandering (2050) op het aantal droogtedagen voor een "matig" droge situatie (die zich gemiddeld eens per 10 jaar voordoet). ... 153

Figuur 125: Gevoeligheidskaart verdroging van Gent (op basis van de biologische waarderingskaart Gent versie 2019). ... 161

Figuur 126: Kwetsbaarheidskaart verdroging voor Gent, opgemaakt op basis van de biologische waarderingskaart van Gent (inventarisatie 2019). ... 162

Figuur 127: Kwetsbaarheidskaart meest waardevolle natuur. ... 164

Figuur 128: Bodemkaart met bodemonderzoeken OVAM van Rozebroeken. ... 165

Figuur 129: Zones aangeduid in het rood met geplande residentiële ontwikkelingen. ... 167

Figuur 130: Watervlakken (blauw; bron: Watervlakken Geopunt) met aanduiding van de biologische waardering (groen = minder waardevol; oranje is waardevol; paars is zeer waardevol). ... 170

Figuur 131: (Zeer) waardevolle bodems in Gent. ... 172

Figuur 132: Plaatsen in België waar er op geringe diepte tertiaire plastische klei van de Formaties van Boom en Kortijk kan voorkomen (WTCB, 2018). 174

Figuur 133: Voorkomen van klei in de bovenste laag (0-125 cm-MV), gebaseerd op de bodemkaart (bron: DOV). 175

Figuur 134: Voorkomen van klei in de in de bovenste 5 meter van de bodem, gebaseerd op de bodemkaart (bron: DOV). 176

Figuur 135: Detail van grondmechanische kaart 14.5.8 met aanduiding van de gronden met klei- en veencomplexen die wellicht gevoelig zijn voor differentiële zettingen door verdroging, wat kan leiden tot schade aan gebouwen en infrastructuur bij verdroging. 177

Figuur 136: Detail van grondmechanische kaart 14.5.8 met aanduiding van de gronden met klei- en veencomplexen die wellicht gevoelig zijn voor differentiële zettingen door verdroging, wat kan leiden tot schade aan gebouwen en infrastructuur bij verdroging. 178

Figuur 137: Aangegeven droogteschade voor de jaren 2017, 2018 en 2019. 179

Figuur 138: Aandeel van het areaal met droogteschade in Gent voor het jaar 2018. 180

Figuur 139: Gemiddeld aantal droogtedagen voor het huidig en toekomstig (2050) klimaat voor de verschillende landbouwgebruikspercelen (2018). 181

Figuur 140: Aantal droogtedagen bij extreme droogte (T50) voor het huidig en toekomstig (2050) klimaat voor de verschillende landbouwgebruikspercelen (2018). 181

Figuur 141: Landbouwpercelen met een veronderstelde irrigatienood. 182

Figuur 142: Gemiddeld debiet naar het Kanaal Gent-Terneuzen voor de periode 2010 – 2020. 184

Figuur 143: Illustratie van het toekomstbeeld van de Kikvorsstraat in Gent waar “slim onthard” wordt. Rechts onderaan op de foto is er een verlaging voorzien van de boorduur, zodat het hemelwater van de overblijvende verharding afstroomt naar de groene (en ontharde) zone waar het kan infiltreren. 191

Figuur 144: Foto van een groenklimaatas met ruimte om water op te vangen en te laten infiltreren (Fotograaf: Olmo Peeters). 193

Figuur 145: De Nieuwe Dokken in Gent, waar grijs en zwart water gezuiverd en vervolgens hergebruikt wordt als proceswater in de naburige zeepfabriek Christeyns. 194

Figuur 146: De groenklimaatassen met aanduiding van het ingeschatte potentieel voor ruimte voor water (rood: beperkte kansen, groen: zeer veel kansen). 202

Figuur 147: Gerealiseerde ontharding op het Drongenplein in Gent. Boven: oude situatie, onder: huidige situatie (bron: stad Gent). 204

Figuur 148: Afbakening van de deelzones waarvoor de grondwaterresultaten gerapporteerd worden. 208

Figuur 149: Samenvattende impact van elk individueel scenario op schaal van gans het grondgebied Gent. De groene balkjes tonen in hoeverre elk scenario erin slaagt om de negatieve impact van klimaatverandering op te vangen. Een balk van 100% betekent dat, op vlak van globale massabalansen, de impacts volledig opgevangen zouden worden door dat scenario. 213

Figuur 150: Impact van elk individueel scenario per deelzone voor het herstel van de grondwaterreserve (rood: beperkte impact; groen: grote impact). De groene balk toont in hoeverre elk scenario erin slaagt om de negatieve impact van klimaatverandering op te vangen. Een balk van 100% betekent dat, op vlak van globale massabalansen, de impacts volledig opgevangen zouden worden door dat scenario. 214

Figuur 151: De 100 percelen met de grootste verharde oppervlakte op grondgebied Gent. 217

Figuur 152: De 100 percelen met de grootste verharde oppervlakte, exclusief de percelen die direct aan het Kanaal Gent-Terneuzen grenzen. 218

Figuur 153: Lokale depressies in het publiek domein waar mogelijks kansen zijn voor slimme ontharding. 220

Figuur 154: Zoom naar de Kartuizerlaan (centrum Gent) met mogelijke kansen voor slimme ontharding op de parkeerplaatsen, en het meer zelfvoorzienend maken van het groen. 221

Figuur 155:Grote daken (elk met een oppervlakte groter dan 5.000 m²) voor het (collectief) opvangen en gebruiken van regenwater. 222

Figuur 156: Clusters van grote daken (elk met een oppervlakte groter dan 5.000 m²) voor het (collectief) opvangen en gebruiken van regenwater. 223

Figuur 157: Potentieelkaart voor stuwen met indicatie van type stuw en belangrijke waterassen (waterlopen en baangrachten met RWA-functie). 225

Figuur 158: Klimaatassen en zones die (topografisch) kunnen afwateren naar de klimaatassen. 226

Figuur 159: Gebiedsprioritering uit de stroomgebiedsbeheerplannen 2022-2027 (versie vooronderzoek). 237

Figuur 160: Afbakening van de ruimtelijke typologieën. 251

Figuur 161: Prioritaire maatregelen voor de binnenstad. 254

Figuur 162: Prioriteiten typologie “randstad” 258

Figuur 163: Prioriteiten typologie “bebouwing in het buitengebied”. 261

Figuur 164: Prioriteiten voor typologie “waardevolle natuur” 264

Figuur 165: Prioriteiten voor de typologie agrarische gebieden. 268

Figuur 166: Prioriteiten typologie “industrie”. 272

Figuur 167: Cijfers van inboet voor de verschillende soortengroepen (BP: bosplantsoen; CN: coniferen; FR: fruitgoed; GLB: grote loofbomen; HE: heesters; LB: loofbomen; RZ: rozen; VP: vaste planten). 291

Figuur 168: Gezondheidstoestand van de geïnventariseerde bomen per wijk (boven) en aantal bomen opgenomen in de inventarisatie (onder). 292

Managementsamenvatting

Inleiding

Van 2017 tot en met 2020 werd Vlaanderen getroffen door periodes van extreme droogte. Reactieve maatregelen werden getroffen, zoals captatie-, sproei- en vaarverboden, alsook sensibiliserende maatregelen om het waterverbruik te beperken. Het is echter duidelijk dat naast een doordachte en afgestemde reactieve aanpak ook een proactief beleid nodig is. Dergelijk proactief beleid streeft naar een verhoogde en duurzame waterbeschikbaarheid op korte- en langere termijn om zo het watersysteem van Gent robuuster te maken tegen periodes van (extreme) droogte. Met voorliggende studie wil Stad Gent invulling geven aan een dergelijke proactief Gents droogtebeleid.

Deze studie is onderverdeeld in 4 onderdelen. In het eerste deel wordt een beschrijving gegeven van het watersysteem, gevolgd door een analyse van de (historische) droogtetoestand in Gent. In deel twee wordt een waterbalansmodel opgemaakt en gebruikt om de watervraag- en het –aanbod tegen elkaar af te wegen, en dit voor verschillende beleidsscenario's en het toekomstig klimaat. In het derde luik van de studie wordt dieper ingegaan op de kwetsbaarheden en impacts van klimaatverandering op vlak van droogte in Gent. Het vierde luik omvat ten slotte concrete aanbevelingen voor het uitwerken van een droogtebeleid, o.a. in de vorm van gebiedsspecifieke maatregelen, acties en suggesties tot afstemming met het beleid van hogere overheden.

De belangrijkste elementen van elk van deze 4 delen worden hieronder samengevat:

- Beschrijving van het watersysteem en de droogtetoestand in Gent
- Opmaak en resultaten van het waterbalansmodel van Gent
- Kwetsbaarheden en impacts van klimaatverandering op vlak van droogte
- Aanbevelingen voor een proactief Gents droogtebeleid

We verwijzen naar het volledige rapport voor meer details.

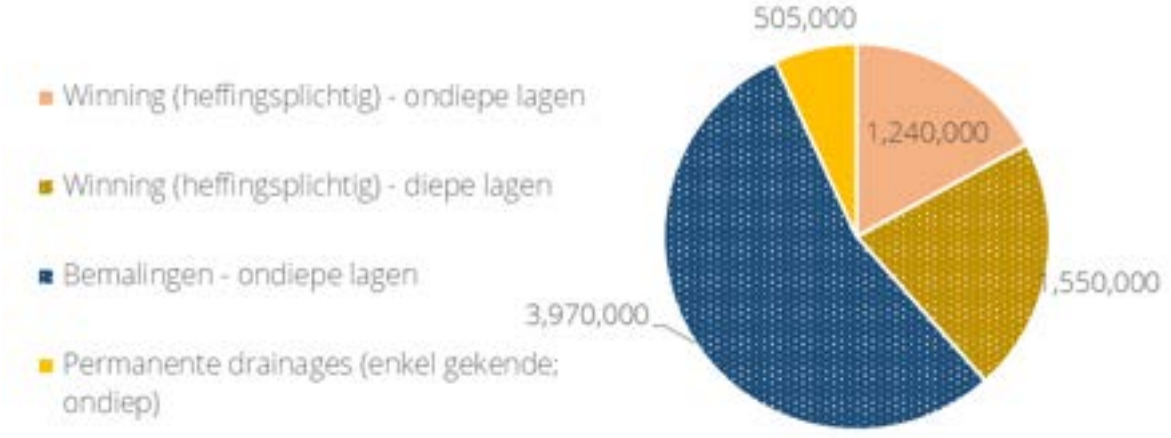
Deel I: Beschrijving van het watersysteem en de droogtetoestand in Gent

Deze studie beschouwt het integrale watersysteem van Gent. Dit bestaat uit de oppervlaktewaters (zoals de bevaarbare en onbevaarbare waterlopen, grachten en vijvers), de hydrologie (natuurlijke afstroming en infiltratie van regenwater), riolering met bijhorende bronmaatregelen, en het drinkwaternet. De tekst hieronder bespreekt enkele van de belangrijkste karakteristieken van het watersysteem, gevolgd door analyses van de waargenomen droogtetoestanden.

Stad Gent is voor 36% verhard volgens de bodemafdekkingskaart Vlaanderen 2015, oftewel 57,3 miljoen m² verharding (een meer gedetailleerde studie van Informatie Vlaanderen uit 2018 die o.a. ook rekening houdt met overhangend groen gaf een verhardingsgraad van 41.0% aan). Door de aanwezigheid van de haven is de verhardingsgraad hoger dan in andere centrumsteden zoals Mechelen (23.8%) of Leuven (28%). Afvoer van regenwater van verharding zorgt voor verminderde infiltratie, wat leidt tot verdroging van de bodem. De 100 grootste verharde percelen op gans het grondgebied Gent beslaan 1075 hectare verharding (oftewel 19% van de totale verharding in Gent). Buiten het havengebied beslaan de 100 grootste verharde percelen 517 hectare (oftewel 12% van de verharding van Gent exclusief de haven). De bodemkarakteristieken laten op vrijwel het ganse grondgebied infiltratie toe. De wenselijkheid om in te zetten op infiltratie is afhankelijk per deelgebied, en wordt verder besproken in deel 4 van de studie en voorliggende samenvatting.

Er werden 368 grondwatervergunningen geïnventariseerd op grondgebied Gent met een totaal jaarlijks vergund volume van 7.26 miljoen m³ (waarvan 5.72 miljoen m³ uit ondiepe lagen en 1.55 miljoen m³ uit diepe lagen). De kleine meerderheid (4.47 miljoen m³) is gerelateerd aan tijdelijke

bemalingsvergunningen en permanente drainages. De overige 2.78 miljoen m³ betreffen voornamelijk industriële grondwaterwinningen. Daarnaast zijn er ook 2335 geregistreerde eigenwaterwinners. Dit zijn particulieren met een grondwaterwinningsput voor eigen gebruik. Wellicht zijn er in de praktijk nog meer niet-geregistreerde eigenwaterwinners en (permanente) drainages. Bovenstaande cijfers geven bovendien enkel een zicht op de vergunde volumes, en niet de reëel gewonnen volumes.



Figuur 1: Samenvatting van de vergunde grondwaterwinvolumes (m³/jaar) uit diepe en ondiepe lagen.

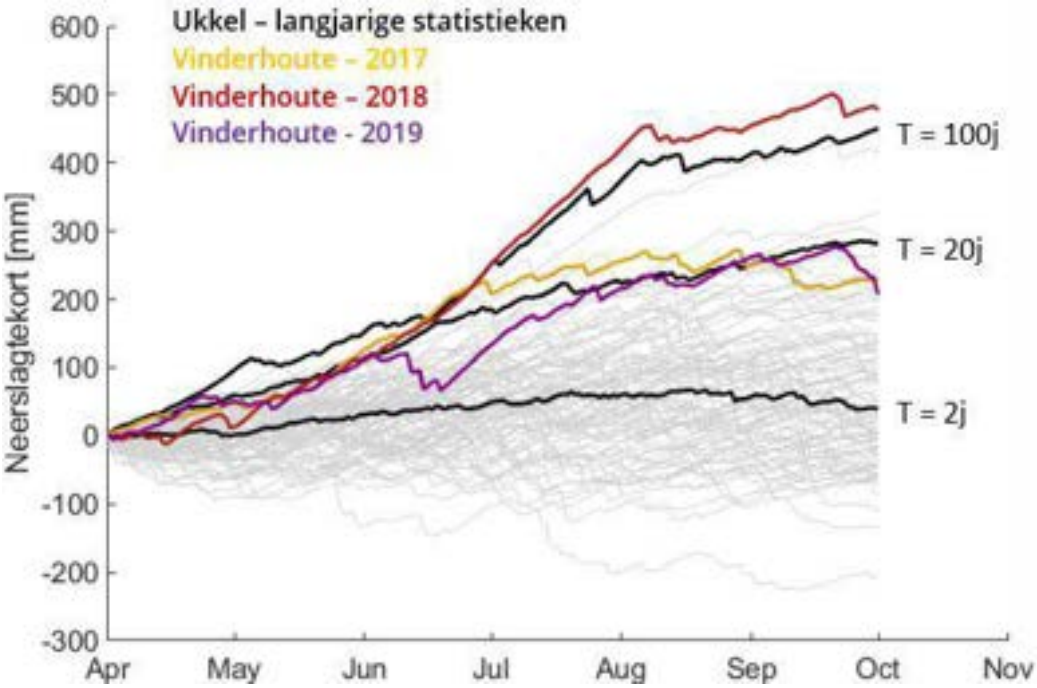
Op de rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI) komen parasitaire debieten toe: water dat afgevoerd wordt via de riolering maar geen neerslag of afvalwater betreft. Het water is bijvoorbeeld afkomstig van bemalingen, lekkende rioleringsbuizen of permanente drainages. Dergelijk parasitair debiet is dus de afvoer van grondwater via de riolering, en zorgt rechtstreeks voor verdroging in gerioleerde gebieden. Zo komt circa 35.000 m³ per dag toe op de RWZI van Gent tijdens winterperiodes (in de zomer werd verondersteld dat het parasitair debiet zeer beperkt is). Op de RWZI van Destelbergen komt circa 10.000 m³/dag toe in de winter, en in Moerbeke 3.500 m³/dag. Deze cijfers zijn per inwoner vergelijkbaar met bijvoorbeeld Brugge en Mechelen, maar significant hoger dan Antwerpen en Leuven (waar over het algemeen een lagere grondwaterstand is).

Drinkwater dat gebruikt wordt in Gent, wordt buiten het grondgebied gewonnen en aangevoerd door Farys. Het drinkwater dat Farys verdeeld is voor ongeveer 51% afkomstig van Water-Link, 31% van Vivaqua, 12% eigen productie en 4% van De Watergroep. Aangezien de drinkwaterproductie van Water-Link en Vivaqua voornamelijk gebeurt vanuit waterlopen die gevoed worden door de Maas, is er een sterke afhankelijkheid tussen het drinkwater in Gent en de Maas. Dit houdt een zeker risico in, aangezien de Maas zelf ook gevoelig is voor periodes van droogte. Farys zet samen met de andere drinkwatermaatschappijen en AquaFlanders in op investeringen op de drinkwaterbeschikbaarheid te verzekeren en redundantie van de drinkwaterverdeling te vergroten tegen calamiteiten. Dit wordt verder besproken in het rapport in §2.4.4 (p.56). Een aandachtspunt blijven piekverbruiken in de zomer die hoger kunnen zijn dan de aanvoercapaciteit van de infrastructuur.

Volgende paragrafen gaan dieper in op de waargenomen droogtetoestanden in Gent de afgelopen jaren. Hierbij werden de droogtes van o.a. 2017, 2018, 2019 en 2020 geanalyseerd aan de hand van een reeks indicatoren, en vergeleken met de historische uitzonderlijk droge jaren 1921 en 1976. Uit de metingen in Gent blijkt dat er de afgelopen jaren tussen de 280 en 378 mm (oftewel liter per vierkante meter) neerslag gevallen is. Dit ligt ver onder de gemiddelde jaarlijkse neerslag van 800 mm. De jaren 2017 tot en met 2020 vallen echter nog net buiten de top 5 van droogste jaren van de afgelopen eeuw (121 tot 270 mm per jaar gemeten in Ukkel). De neerslaghoeveelheden varieerden

weinig over het grondgebied van Gent. De waarnemingen in Gent liggen bovendien in lijn met die van Ukkel, maar zijn in 2018 iets lager in Gent dan in Ukkel door enkele onweersbuien die in Ukkel geregistreerd. Ten gevolge van klimaatverandering verwachten we veranderende neerslagpatronen. Klimaatmodellen geven aan dat winters tegen 2100 30% natter kunnen worden, en zomers tot 40% droger (maar met meer hevige buien).

Naast de neerslaghoeveelheid bepalen ook temperatuur en verdamping de extremiteit van droogte. Daarom werd het neerslagtekort in Gent geanalyseerd: dit is de totale verdamping van water min de hoeveelheid neerslag. Een groter neerslagtekort is een indicatie van een sterkere droogte. In 2017 en 2019 bedroeg het neerslagtekort telkens ongeveer 250 mm, wat overeenkomt met een situatie die zich eens in de 20 jaar voordoet. Het jaar 2018 was aanzienlijk droger, en kende een neerslagtekort van circa 500 mm. Dit is een situatie die zich gemiddeld maar eens per 100 jaar voordoet. Klimaatmodellen geven aan dat een situatie die nu eens per 20 jaar voorkomt (zoals de jaren 2017 en 2019) tegen 2050 elke 9 jaar kunnen voorkomen, en tegen 2100 elke 5 à 6 jaar. Een historische droogte die zich nu eens per eeuw voordoet, zoals die van 2018, blijft een uitzonderlijke situatie die zich ook in het toekomstig klimaat wellicht slechts eens per 50 jaar zal voordoen. Ook de opeenvolging van droge periodes zoals de afgelopen jaren, zal wellicht uitzonderlijk blijven.

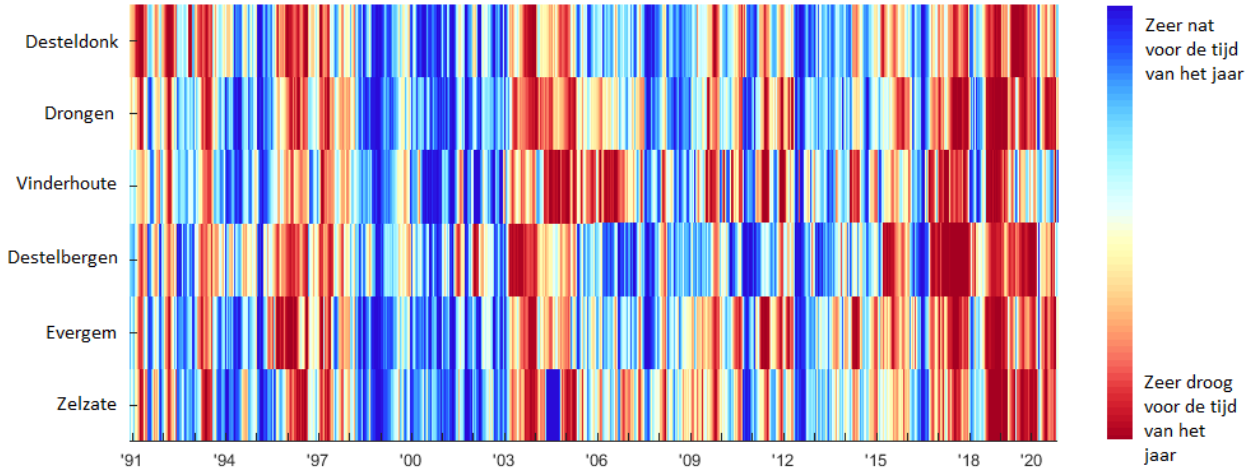


Figuur 2: Neerslagtekort berekend op basis van het meteostation van Vinderhoute, en vergeleken met de historische jaargangen in Ukkel.

Ten gevolge van de verminderde neerslag en hoge neerslagtekorten werden ook droogteverschijnselen waargenomen op de oppervlaktewaters. Op het Kanaal Gent-Terneuzen zakte het gemiddeld debiet over 2 maanden zeer vaak en gedurende langere periodes onder de drempelwaarde van 13 m³/s zoals gestipuleerd in het verdrag met Nederland, en dit zowel in 2017, 2018, 2019 als 2020. Het Waterbouwkundig Laboratorium toonde via modelsimulaties bovendien aan dat er structurele tekorten zijn om aan dit verdrag te kunnen voldoen: naar schatting werden de drempelwaarden in 37 van 43 onderzochte jaargangen niet gehaald. Merk op dat het debiet op het Kanaal Gent-Terneuzen sterk afhankelijk is van de neerslag, verdamping en het beheer van waterlopen in het ganse Leie- en Scheldebekken, en dus niet enkel afhankelijk van het waterbeheer van Stad Gent. Ook op de Ringvaart werden waterpeilen onder de streefwaarden genoteerd in 2017

tot en met 2020, met reactieve maatregelen zoals gegroepeerd schutten en diepgangbeperkingen voor de commerciële en recreatieve scheepvaart als gevolg. Op de onbevaarbare waterlopen zijn er geen debietmetingen beschikbaar, maar wel een beperkt aantal peilmeters. Hieruit is af te leiden dat de Ledebeek in Destelbergen zeer snel kan droogvallen, zoals zelfs in de relatief natte zomer van 2016 gebeurde. De Groendienst van Stad Gent geeft ook aan dat verdroging in de Rosdamvallei gebeurt, maar er zijn te weinig langjarige metingen beschikbaar om dit kwantitatief te kunnen onderzoeken. Verder zijn er ook meldingen van historische verdroging ten gevolge van een onaangepast waterbeheer, o.a. in de Rietgracht (Gentbrugse Meersen) en Veldekensstraat (Destelbergen). De metingen en waarnemingen wijzen ook op droogvallende vijvers en vijvers met sterk verminderde waterpeilen, o.a. aan Halewijn, het Astridpark, Citadelpark, Frans Tochpark en Pieter Cieterslaan. Voor meer details omtrent de geanalyseerde waarnemingen van oppervlaktewaters verwijzen we naar §3.4 (p.70).

Daarnaast werden er 159 meetreeksen van **grondwaterpeil** geïnventariseerd en verzameld. Er werd een langetermijnanalyse uitgevoerd op 6 stations met metingen sinds 1990 in en net buiten Gent. In deze analyse werden er geen significante dalende trends waargenomen. Enkel een grondwaterpeilmeting op de zandige heuvelrug in Drongen vertoonde een daling van circa 1.2 cm/jaar in de afgelopen 30 jaar. Wel is duidelijk waarneembaar dat van 2017 tot eind 2020 de grondwaterpeilen "zeer laag" tot "laag" stonden. Pas sinds het voorjaar van 2021 is er een herstel tot normale peilen. Op vlak van grondwater zijn de afgelopen 4 jaren (2017-2020) alleszins de meest droge in de laatste 30 jaar. Voor meer informatie over de analyses van grondwaterstanden verwijzen we naar §3.4.3 (p.84).



Figuur 3: Droogtetoestand voor 6 locaties van november 1990 tot november 2020.

De afgelopen jaren werden ook sterk verhoogde **zoutconcentraties** waargenomen op het Kanaal Gent-Terneuzen, de Ringvaart en Moervaart. In 2017 tot en met 2020 werd de drempelwaarde uit het Vlaams reactief afwegingskader voor waterschaarste van 2100 µS/cm frequent overschreden. Zo werden waarden tot 6800 µS/cm op de Ringvaart genoteerd in augustus – september 2017, 6100 µS/cm in september 2018 en 5500 µS/cm in augustus 2019. Deze hoge zoutconcentraties kunnen problematisch zijn voor het aquatisch leven in de waterlopen, de omliggende natuur, landbouw, industrie en captatie verhinderen voor de watergift van stedelijk groen. Paragraaf 3.5.1 (p.93) gaat dieper in op de analyses rond verzilting.

We verwijzen naar het volledige rapport voor een bespreking van bodemvocht en andere waterkwaliteitsparameters.

Deel II: Waterbalansmodel

Binnen deze studie werd een waterbalansmodel voor gans het grondgebied Gent opgesteld. Dit model beschrijft de werking van het integraal watersysteem op een benaderende en kwantitatieve manier. Via dit model kunnen stromen en tekorten in kaart gebracht worden voor het huidig en het toekomstig klimaat. Het model houdt rekening met de variabiliteit van meteorologische condities. Bovendien laat het model toe om oplossingsscenario's door te rekenen, en op die manier het beleid te ondersteunen. Het model werd opgebouwd uit 3 lagen, en omvat daarmee alle belangrijke onderdelen van het watersysteem:

- Oppervlaktewaters, bestaande uit de gecatalogeerde waterlopen en open waterlichamen.
- Freatische laag, inclusief het landgebruik (verharding en verdamping via landbouw en groen) en het ondiep grondwater.
- Stedelijk watersysteem, bestaande uit de riolering, bronmaatregelen en RWZI's.

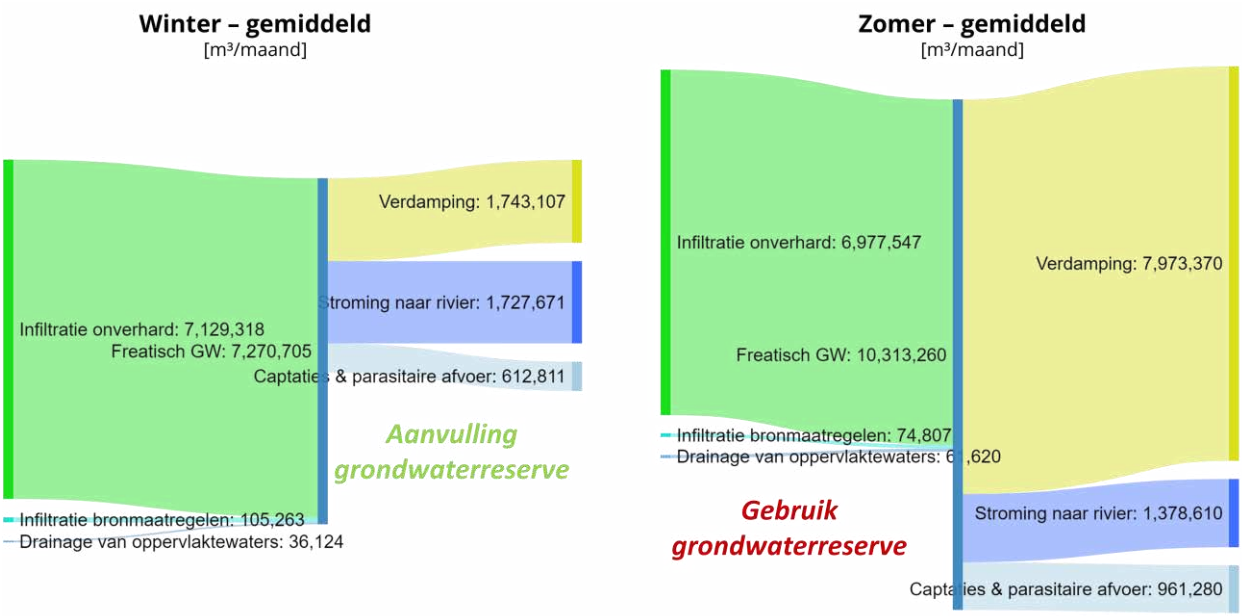
De interactie tussen deze verschillende lagen zit vervat in het model. Bovendien houdt het model rekening met captaties, winningen en lozingen.

Het massabalansmodel werd gebruikt om de waterbeschikbaarheid voor het huidig en het toekomstig klimaat in kaart te brengen, alsook onder diverse beleidsscenario's (zie verder). Voor het huidig klimaat werden de meteorologische observaties van Ukkel gebruikt van 1919 tot en met 2018. Deze gegevens zijn ook representatief voor stad Gent. Voor het toekomstig klimaat werden scenario's van klimaatmodellen gesimuleerd. Meer specifiek werd het "laag waterbeschikbaarheidsscenario" gebruikt voor tijdshorizonten 2050 en 2100, conform de aanpak van hogere Vlaamse overheden. De werkelijke klimaatverandering zal met grote waarschijnlijkheid tussen de resultaten van het "huidig" klimaat en het gesimuleerde "toekomstig klimaat" bevinden. Er werd in deze analyses geen rekening gehouden met veranderingen van bevolkingsaantal, noch met een toename van de verharding. Beide zouden met grote waarschijnlijkheid tot een grotere druk op het watersysteem leiden. Tot slot moet opgemerkt worden dat de resultaten van het massabalansmodel niet als exact geïnterpreteerd moeten worden, maar wel in grootteordes.

Resultaten: freatisch grondwater en bodemvocht

Figuur 4 toont de gesimuleerde massabalansen voor het freatisch (ondiep) grondwater en bodemvocht van Gent voor een gemiddelde winter- en zomermaand. De bodem reageert als een spons: in de winter infiltreert er meer water dan dat er afgevoerd wordt via de ondergrond (via verdamping van planten, drainage of voeding van rivieren), terwijl er in de zomer meer water uitstroomt dan dat er binnenkomt. In een gemiddelde wintermaand wordt op die manier zo'n 3 miljoen m³ per maand gestockeerd in de bodem, die weer opgebruikt wordt in de zomer. Dit is een onderdeel van de natuurlijke hydrologische cyclus. In droge jaren, zoals in 2017 tot en met 2020 is de grondwateraanvulling veel beperkter. Hierdoor ontstaat een onbalans, met dalende grondwaterpeilen als gevolg. In 2018 bedroeg de verdamping in een gemiddeld grootteorde 12 miljoen m³ per maand in de zomer op grondgebied Gent. Dit leverde een tekort in het bodemvocht en grondwater van 7 miljoen m³ per maand op, wat de sterke grondwaterpeildalingen veroorzaakt heeft. Doordat ook de winters droog waren, vond er amper aanvulling plaats van de grondwaterreserves, met langdurige te lage grondwaterpeilen als gevolg.

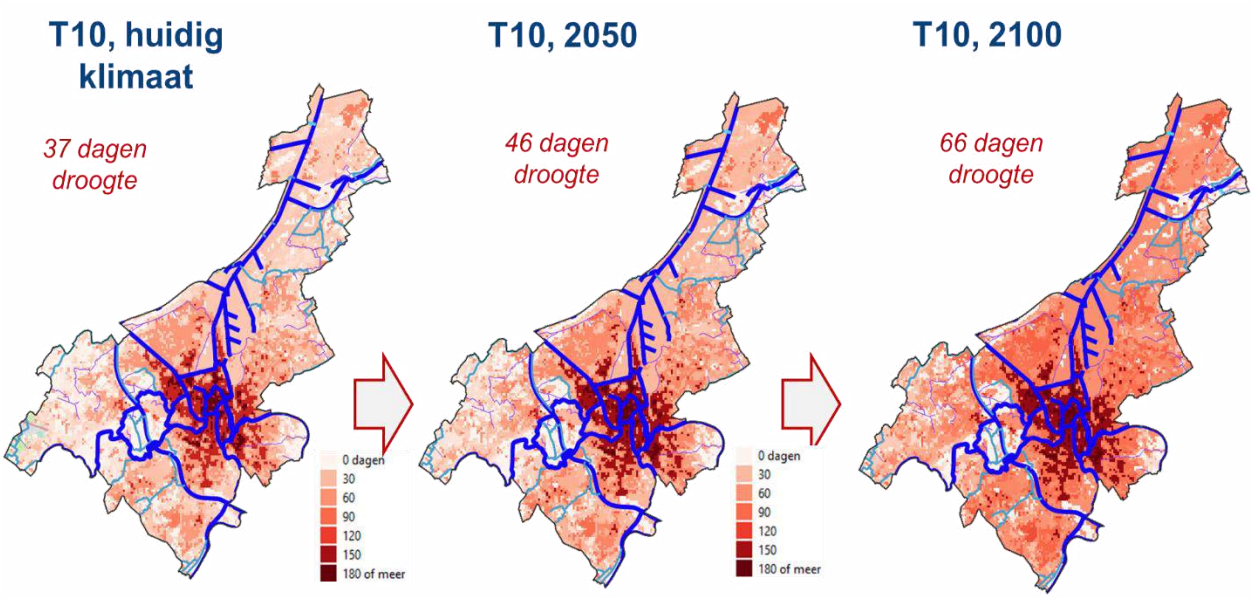
Verharding verstoort de natuurlijke cyclus doordat er minder water kan infiltreren, en sneller wordt afgevoerd richting rioleringen en waterlopen. Gemiddeld stroomt er grootteorde 2 miljoen m³ regenwater per maand af via verharding in Gent, waarvan maar een beperkte fractie infiltreert (ruwe schattingen gemaakt in het kader van deze studie wijzen op grootteorde 0.1 miljoen m³ per maand; zie ook verder).



Figuur 4: Massabalansen [m³/maand] van het bodemvocht en grondwater in een gemiddelde winter (links) en zomer (rechts) maand in het huidig klimaat. De linkerhelft van elke figuur toont de inkomende stromen, de rechterhelft de uitgaande.

Ten gevolge van klimaatverandering zullen droge jaren frequenter voorkomen, hoewel de opeenvolging van droge periodes zoals 2017 tot en met 2020 uitzonderlijk zullen blijven (droogtes zoals 2017 en 2019 kunnen in de toekomst mogelijks eens per 9 jaar voorkomen; een droogte zoals in 2018 ongeveer eens per 50 jaar; zie ook de cijfers hierboven). Klimaatverandering brengt hogere temperaturen, waardoor de verdamping ook significant kan toenemen: tot 1.2 miljoen m³ verdamping per zomermaand extra tegen 2050, oftewel +15% in vergelijking met het huidig klimaat. Deze bijkomende (natuurlijke) watervraag zorgt ervoor dat de grondwaterreserves nog meer aangesproken worden in de zomer, en er tot 50% minder bodemwater naar de waterlopen zal stromen in de zomer. Dit laatste zorgt voor lagere debieten en wellicht ook droogval op de kleinere (onbevaarbare) waterlopen in Gent. Zo resulteert klimaatverandering in een structureel lagere grondwaterstand over het ganse grondgebied. De modelsimulaties geven aan dat tegen 2050 grondwaterdalingen te verwachten zijn met 40 cm onder de zandheuvelruggen (zoals in Drongen en Baarle), 20 cm in de omgeving van Sint-Amandsberg en Sint-Denijs-Westrem, 15 cm in de Bourgoyen en 10 cm in het centrum. Dit zijn gemiddelde cijfers die niet als absoluut geïnterpreteerd kunnen worden, en lokale grotere of kleinere veranderingen zijn mogelijk. Uit de grootteordes van de veranderende volumes en tekorten kan evenwel met zekerheid geconcludeerd worden dat significante inspanningen nodig zullen zijn om de effecten van klimaatverandering op vlak van droogte op te vangen.

Klimaatverandering zal ook leiden tot een verminderd bodemvocht. Het bodemvocht is het water in de ondiepe ondergrond, en vormt een belangrijke waterbron voor vegetatie. Ten gevolge van klimaatverandering verwachten we dat het aantal dagen met droogtestress voor planten van 37 dagen per jaar in het huidig klimaat naar 46 tegen het jaar 2050 kan toenemen voor een “matige” droogte die zich eens per 10 jaar voordoet, en van 55 dagen per jaar naar 62 tegen 2050 voor extreme droogtes die zich eens per 50 jaar voordoen. Ook hier zijn de grootste impacts te verwachten in de zandrijke gronden, aangezien deze minder goed water kunnen vasthouden. De meersengebieden blijven natter, maar ook daar zijn impacts te verwachten voor o.a. de grondwatergebonden vegetaties. Deze worden verder in deze samenvatting besproken.

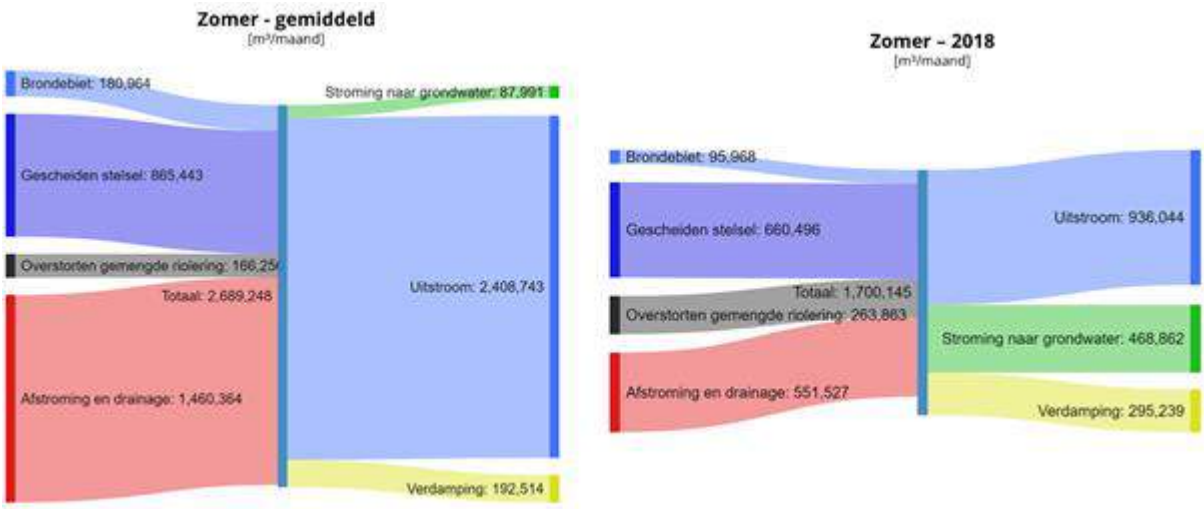


Figuur 5: Evolutie van het aantal dagen met significante droogtestress voor het huidig en toekomstig klimaat. De rode kleur geeft gebieden aan die sterker verdrogen.

Resultaten: Oppervlaktewaters

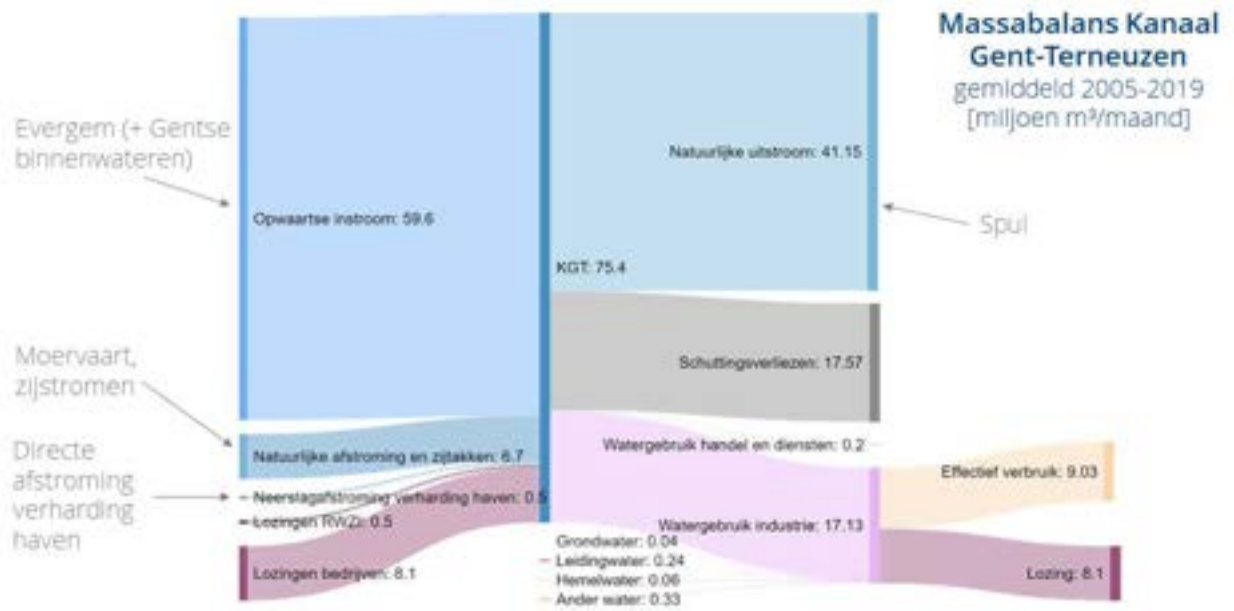
De onbevaarbare en bevaarbare waterlopen in Gent reageren anders op periodes van droogte. Ook het beheer van deze waterlopen, de impacts van droogte en opties op vlak van droogtebeheer verschillen grondig. Onbevaarbare en bevaarbare waterlopen worden dan ook apart besproken.

Figuur 6 toont de massabalans voor de onbevaarbare waterlopen in Gent voor een gemiddelde zomermaand en de zomer van 2018. Uit de stroomdiagrammen is af te leiden dat de opwaartse brondebieten die afkomstig zijn van buiten Gent beperkt zijn. Voor de Rosdambeek/Duivebeek en Scheidbeek vormen de opwaartse brondebieten wel de belangrijkste instroom, maar voor andere waterlopen zijn lokale voedingen op grondgebied veelal belangrijker. Natuurlijke afstroming op grondgebied Gent en afstroming van verharding via gescheiden rioleringen vormen een belangrijke bron voor de onbevaarbare waterlopen. Voor meer informatie omtrent deze stromen verwijzen we naar §5.3 (p.124) in het volledige rapport. Het is ook duidelijk dat de massabalans van de waterlopen in droge jaren er sterk anders uitziet. Vanzelfsprekend liggen de debieten significant lager dan in een gemiddelde maand. Daarnaast maken rioleringsoverstorten een groter aandeel uit van de instroom, wat een bijkomende uitdaging brengt op vlak van waterkwaliteit voor de onbevaarbare waterlopen.



Figuur 6: Massabalansen [m³/maand] van de onbevaarbare oppervlaktewaters in een gemiddelde zomermaand in het huidig klimaat en in de zomer van 2018. De linkerhelft van elke deelfiguur toont de inkomende stromen, de rechterhelft de uitgaande.

Voor de **bevaarbare waterlopen** werd een massabalansmodel opgemaakt van het **Kanaal Gent-Terneuzen** (zie Figuur 7). De analyse beperkt zich tot de periode 2005 tot en met 2019 wegens een gebrek aan gegevens voor andere periodes. De instroom vanuit Evergem (en de Gentse binnenwateren) vormt de belangrijkste bron van het kanaal. De gemiddelde instroom van die bron bedraagt 60 miljoen m³ per maand (jaarrond). Het meeste water gaat naar de natuurlijke uitstroom (het "spuivolume"): circa 41 miljoen m³ per maand. De schuttingsverliezen ten gevolge van scheepvaart zijn de 2de grootste uitgaande stroom met grootteorde 18 miljoen m³ per maand. De waterinname door industrie bedraagt grootteorde 17 miljoen m³ per maand, waarvan echter ongeveer een 9 miljoen m³ per maand effectief verbruikt wordt (en de rest terug geloosd wordt op het kanaal). In de maand augustus 2019 daalden de inkomende stromen tot grootteorde 18 miljoen m³ per maand, waardoor er onvoldoende water was om zowel alle captaties als scheepvaartbewegingen te onderhouden. Dit heeft geleid tot gegroepeerd schutten, lagere waterpeilen en belangrijke diepgangbeperkingen. Verder in deze samenvatting gaan we in op de economische schade hiervan. Voor meer informatie over de modelresultaten voor het Kanaal Gent-Terneuzen verwijzen we naar §5.3 (p.124).

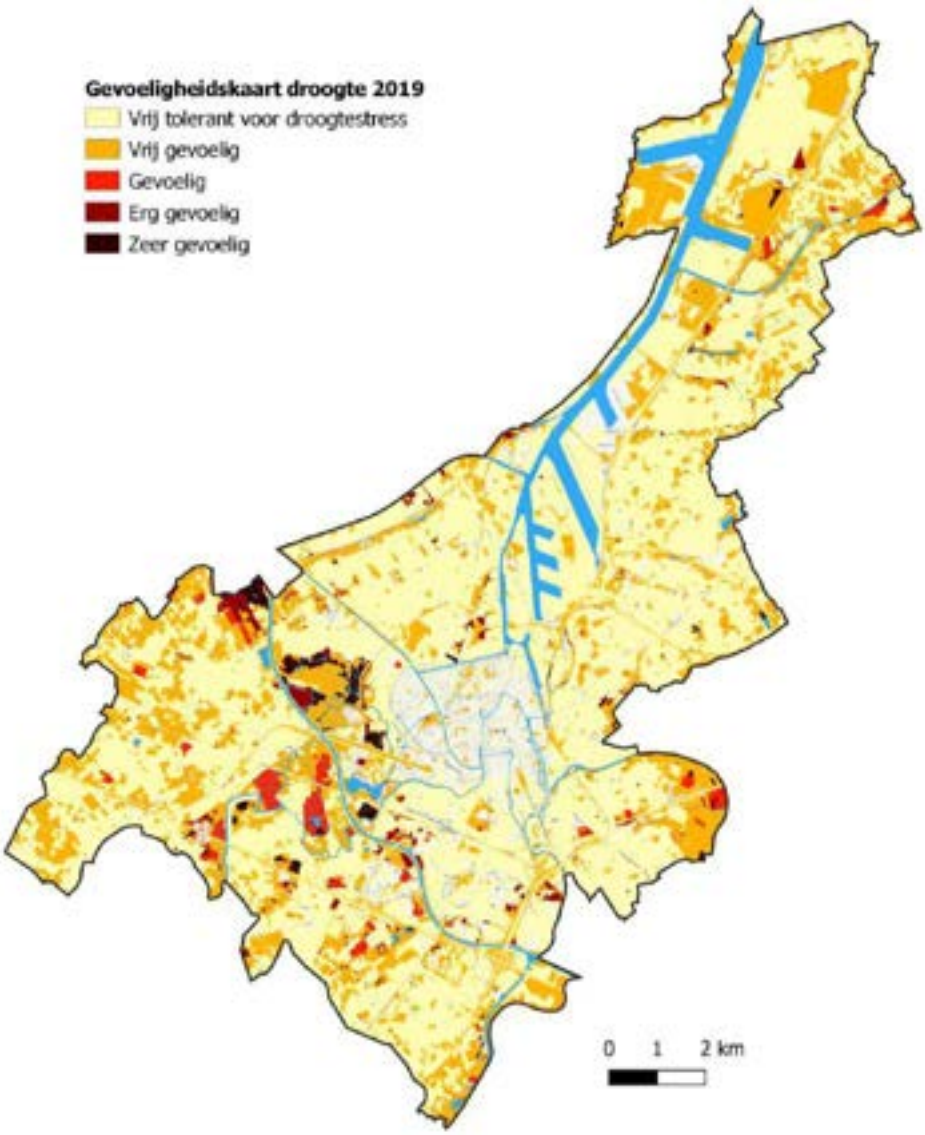


Figuur 7: Massabalans [m³/maand] van het Kanaal Gent-Terneuzen.

Deel III: Kwetsbaarheden en impacts van klimaatverandering op vlak van droogte

In het kader van deze studie werd de impact van klimaatverandering op droogte onderzocht. Volgende impacts worden besproken (1) natuur, (2) scheepvaart en verzilting, (3) infrastructuur en gebouwen, en (4) drinkwater.

De toenemende droogte heeft een grote impact op de Gentse natuur. De verdroging van de grondwaterafhankelijke vegetaties vormt een van de belangrijkste bedreigingen. Grondwaterafhankelijke vegetaties zijn zeer kwetsbaar voor verdroging, en komen talrijk voor in Gent (o.a. in de Rosdambeekvallei, Vinderhoutse bossen, het Rozebroekpark, ...). Daarnaast is het beperken en voorkomen van verdroging van vegetaties in totaliteit een belangrijke uitdaging, inclusief het stedelijk groen. Ten derde neemt het risico op droogvallende vijvers nog toe. Gent telt vele (soms relatief kleine) vijvers met waardevolle elementen die echter sterk geïmpacteerd worden door droogte, zoals bijvoorbeeld de kasteelparken. Ten vierde vormt ook verdroging van waardevolle bodems, zoals veenbodems, een belangrijk aandachtspunt. Door droogte kunnen deze bodems irreversibel veranderen, waarbij bovendien broeikasgassen kunnen vrijkomen. In het kader van deze studie werd op basis van de Gentse biologische waarderingskaart (versie 2019) een kwetsbaarheids- en gevoeligheidskaart voor verdroging (zie Figuur 8) opgemaakt, alsook een impactkaart verdroging voor de meest waardevolle natuurelementen en kwetsbare vijvers. We verwijzen naar §6.1 (p.157) van het volledige rapport voor een bespreking van individuele waardevolle natuurzones en opgemaakte kaarten.



Figuur 8: Gevoeligheidskaart verdroging Gent (opgemaakt op basis van de Gentse biologische waarderingskaart versie 2019).

De afgelopen jaren werden grote schades gerapporteerd in de landbouwsector ten gevolge van verdroging. In 2018 werd 1.500 hectare areaal met droogteschade gerapporteerd (zie ook Figuur 9), wat ongeveer de helft is van het totale areaal in Gent. Vooral voor de teelten maïs, aardappelen en grasland werd veel droogteschade gerapporteerd in Gent, zowel in absolute termen als voor hun aandeel in het totale areaal in Gent. Het voorspellen van de toekomstige droogteschade aan teelten is niet eenvoudig, aangezien dit afhankelijk is van vele factoren. Op basis van simulaties van het bodemvocht wordt verwacht dat het aantal dagen met droogtestress voor de meeste gewassoorten met grootteorde 30% zal toenemen in een gemiddeld jaar tegen 2050. In §6.3 (p.178) is er meer informatie terug te vinden over deze analyses.

Figuur 9: Aangegeven droogteschade in de landbouw voor 2017, 2018 en 2019 in Gent.

De afgelopen jaren werden ook significante economische schades gerapporteerd voor de scheepvaart ten gevolge van diepgangbeperkingen en gegroepeerd schutten. In 2017, 2018, 2019 en 2020 konden de streefpeilen op de bevaarbare waterlopen niet gehandhaafd worden, waardoor dergelijke maatregelen telkens van kracht waren. De zomer van 2019 was het meest extreem, met diepgangbeperkingen (van 15 cm) op het Kanaal Gent-Terneuzen van juli tot en met eind september. De economische verliezen werden ingeschat op €500.000 voor 2017, €490.000 voor 2018, €1.240.000 voor 2019 en €150.000 voor 2020. In paragraaf 6.4 (p.183) wordt dieper ingegaan op deze schades. Het bleek niet mogelijk om kwantitatieve inschattingen te maken van de impact van klimaatverandering op deze economische schades in deze studies. Bovendien hebben beleidskeuzes en het beheer van de Gentse Kanalen een belangrijke impact hierop. Verwacht wordt dat klimaatverandering de waterbeschikbaarheid zal doen afnemen, met grotere en frequentere economische schades voor de scheepvaart als gevolg.

Klimaatverandering leidt tot een lagere instroom naar het Kanaal Gent-Terneuzen, de Ringvaart en de Moervaart, wat resulteert in meer verzilting. Verzilting heeft verschillende negatieve gevolgen: (1) het leidt tot een snellere degradatie van de stalen infrastructuur in de waterlopen en kadeconstructies, (2) heeft een impact op industriële processen, (3) beperkt de mogelijkheden voor watercaptatie voor het irrigeren van vegetaties en gewassen, (4) heeft mogelijks negatieve langetermijnimpacts op grondwater en (5) kan vegetaties in onmiddellijke omgeving van de waterlopen aantasten. Het afvoerverdrag met Nederland schrijft voor dat het tweemaandelijke gemiddeld uitstroomdebiet 13 m³/s moet bedragen om verzilting tegen te gaan, maar studies geven aan dat er 37 van de 43 geanalyseerde jaargangen niet voldaan was aan deze voorwaarde. Er zijn dus structurele tekorten om dit verdrag te vervullen, en bijgevolg ook om de verzilting tegen te gaan. De nieuwe zeesluis in Terneuzen kan de problematiek van verzilting nog vergroten. De verzilting onder het toekomstig klimaat alsook de impact van de nieuwe zeesluis worden onderzocht in lopende studies onder leiding van de Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie en North Sea Port. Paragraaf 6.5 (p.184) bespreekt verzilting in meer detail.

Verdroging kan ook risico's met zich mee brengen voor de stabiliteit van infrastructuur en gebouwen. Door verdroging van het bodemvocht kunnen in bepaalde grondsoorten differentiële zettingen ontstaan, met grote schade als gevolg. Schade door lage grondwaterstanden komt veel minder

frequent voor in Vlaanderen. De meest kwetsbare grondsoorten voor dergelijke verdroging komen niet voor op grondgebied Gent, maar enkele zones in en rond de haven, alsook veengebieden en gebieden met alluviale afzettingen kunnen wel gevoelig zijn voor verzakkingen door droogte. De kennis in Vlaanderen rond dit fenomeen is nog in volle ontwikkeling, en de zones die mogelijks gevoelig zijn voor deze zettingen werden dan ook wellicht onvolledig en slechts rudimentair in kaart gebracht in deze studie (zie §6.2, p.173). Bijkomend in situ grondonderzoek in deze zones is alleszins aangewezen.

Deel IV: Uitwerking van een proactief Gents droogtebeleid

Om de toenemende risico's rond droogte te beperken, is een doordacht en toekomstgericht proactief droogtebeheer nodig. In het laatste deel van de studie werden daarom analyses uitgevoerd ter ondersteuning van de uitwerking van dergelijk beheer.

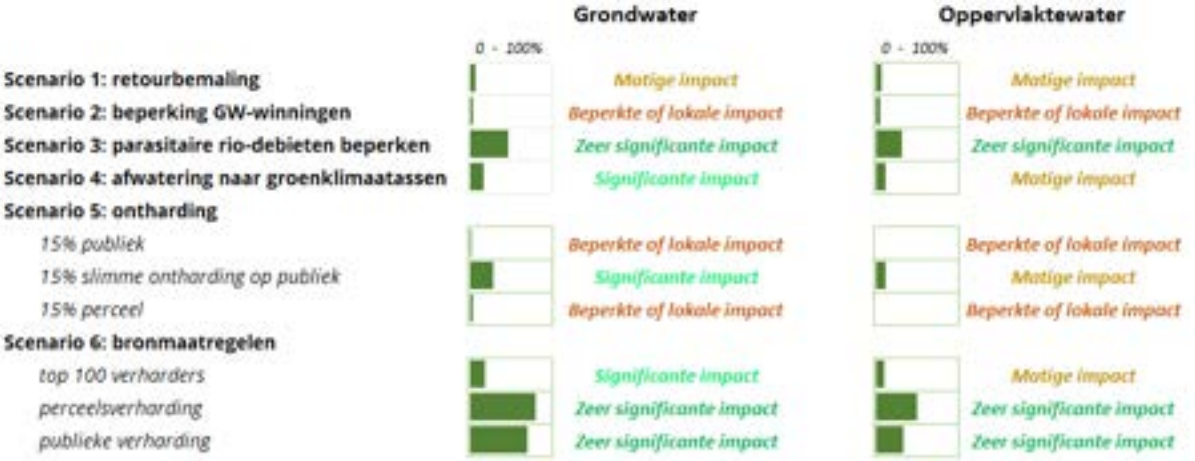
Visie

Een visie werd uitgewerkt rond 3 krachtlijnen, zoals samengevat in Figuur 10. De krachtlijnen werden vertaald naar een actieplan met bijhorende kaarten (zie verder). De eerste krachtlijn zet in op het verhogen en beschermen van de waterbeschikbaarheid. Deze krachtlijn draait om het beschermen van de diverse waterbronnen, zoals het vermijden van afvoer, het opvangen en infiltreren van hemel-, grond- en oppervlaktewater. Vele groenblauwe maatregelen, zoals ontharding of de aanleg van wadi's, alsook een doordacht ruimtelijk beleid en aangepast wetgevend kader vallen onder deze krachtlijn. De tweede krachtlijn streeft naar duurzaam en efficiënt watergebruik. Het zet dus in op het zo weinig mogelijk aanwenden van de waterbronnen, onder andere door het capteren van het "teveel" aan water in natte periodes, het stimuleren van waterbesparende technieken en het gebruiken van minder hoogwaardig water (bijvoorbeeld regenwater in plaats van leidingwater) waar mogelijk. De derde krachtlijn zet in op het voorkomen en verkleinen van de negatieve droogte-impacts van klimaatverandering. Via deze krachtlijn wordt dus getracht om de "weerbaarheid" van het waterlandschap en de maatschappij te verhogen. Ook het monitoren van de droogtetoestand en -impacts behoort toe tot deze krachtlijn. Het verbeteren van de waterkwaliteit is ook een belangrijk punt binnen deze krachtlijn. Hoofdstuk 7 (p.188) geeft meer tekst en uitleg bij de visie.

Figuur 10: Samenvatting van de visie.

Impact van beleidsscenario's op vlak van droogte

Ter ondersteuning van de vertaling van deze visie naar de praktijk werden diverse **beleidsscenario's doorgerekend in het massabalansmodel**. Telkens werd geëvalueerd in welke mate een beleidsscenario de negatieve gevolgen van klimaatverandering kan opvangen op vlak van grond- en oppervlaktewater. Volgende scenario's werden begroot: (1) toepassen van retourbemaling in plaats van afvoer van bemalingswater, (2) afbouwen van freatische grondwaterwinningen, (3) het verminderen van drainage via de riolering, (4) overtollig water van verharding infiltreren in de 8 klimaatassen, (5) gerichte ontharding en (6) een gedifferentieerd bronmaatregelenbeleid. Hoofdstuk 8 geeft meer informatie over de doorgerekende scenario's.



Figuur 11: Samenvattende impact van elk individueel scenario op schaal van gans het grondgebied Gent. De groene balkjes geven aan in hoeverre een individueel scenario de impact van klimaatverandering (2050) op de massabalansen (van grondwater en oppervlaktewater) kan opvangen.

Figuur 11 vat de resultaten samen (Figuur 150 op p.214 van het rapport toont de impact per zone in het model). Uit de simulaties blijkt dat sowieso een combinatie van verschillende strategieën nodig is om de gevolgen van klimaatverandering op te vangen. Geen enkele geïsoleerde strategie volstaat om de risico's in 2050 gelijk te houden aan die van vandaag. **In het bebouwd gebied kunnen de toenemende risico's op vlak van droogte globaal gezien opgevangen worden door in te zetten op een combinatie van strategieën**. Wel is duidelijk dat bronmaatregelen op privaat en publiek domein een zeer grote impact kunnen hebben op de grondwaterreserves en het herstel van de basisafvoeren naar waterlopen. Slim ontharden, waarbij verharding doordacht en maximaal haalbaar wordt verwijderd en waarbij de overgebleven verharding afwatert naar de ontharde locaties, blijkt eveneens een goede strategie te zijn met grote impact. Dit is een na te streven voorkeursstrategie in (dicht) stedelijk gebied. Het integreren van de groenklimaatassen in een hemelwatercascade voor het opvangen van het overtollig water van omliggende verharding is een derde belangrijke strategie in een integraal hemelwaterbeleid. Deze aanpak kan wellicht ook een grote positieve impact hebben op het mitigeren van wateroverlast. Indien de groenklimaatassen ambitieus worden vormgegeven met voldoende ruimte voor wateropvang en –infiltratie, zijn zij in staat om een belangrijke aanvulling van het grondwater te realiseren, en zorgen zij voor een sterk verhoogde weerbaarheid van het aanwezige groen tegen periodes van extreme droogte. Het scenario waar ingezet wordt op de afbouw van parasitaire rio-debieten (zoals bijvoorbeeld het beperken van lekkende rioleingsleidingen, bemalingen, verkeerde aansluitingen van oppervlaktewaters op riolering, ed.) kan een grote impact hebben op de grondwatertoestand. Het volledig stoppen van parasitaire afvoer zal echter moeilijk haalbaar zijn vanuit praktisch oogpunt, maar het beperken van de afvoer moet samen gebeuren met het aanmaken van een asset-managementplan. Scenario's die inzetten op retourbemaling of het afbouwen van grondwaterwinningen zijn ook effectief, maar kunnen de toenemende droogte niet opvangen. Zij zijn, voor zover praktisch realiseerbaar, wel interessante complementaire acties. Een

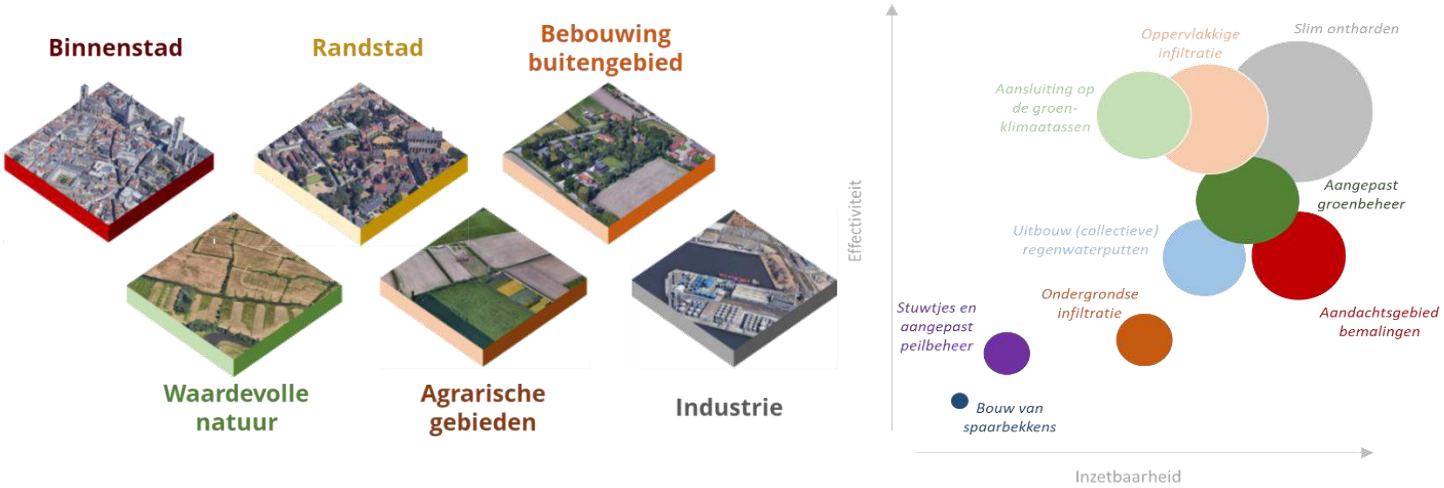
doordacht ruimtegebruik, waarbij "bron-" en "infiltratiegebieden" beschermd worden van bebouwing en drainage is cruciaal in de strijd tegen droogte, maar de impact hiervan werd niet gekwantificeerd.

De doorgerekende strategieën slagen er evenwel niet in om de toenemende droogte op te vangen voor de meer landelijke en natuurlijke gebieden, zelfs wanneer deze vergaand geïmplementeerd zouden worden. De doorgerekende strategieën hebben slechts een beperkte impact op onder andere Baarle, Drongen, de Oude Leievalle, de omgeving van de Blaarmeersen, de natuurgebieden en agrarische gebieden. Bijkomende inspanningen zijn voor deze landelijke gebieden bijgevolg nodig, voornamelijk voor het beperken van drainage (o.a. door het verondiepen of dempen van grachten, het plaatsen van stuwtjes, verhogen van de aan- en afslagpeilen van pompen), een doordacht landgebruik met bescherming van waterrijke gebieden, en bijvoorbeeld meer droogteresistente teeltkeuzes voor landbouw.

Er wordt verwacht dat de kleine onbevaarbare waterlopen in Gent in de toekomst, zelfs na implementatie van maatregelen, vaker zullen kunnen droogvallen dan vandaag. Hun brondebieten zijn vaak immers dermate klein dat ze sterk afhankelijk blijven van meteorologische condities. Hiermee samenhangend zijn de verhoogde risico's rond slechtere waterkwaliteit. Klimaatverandering brengt immers meer extreme neerslag, waardoor rioleringsoverstorten frequenter en sterker zullen werken. Deze hebben een sterk negatieve impact op de waterkwaliteit van de ontvangende waterloop. Door de kleinere debieten op de onbevaarbare waterlopen, is er minder verdunning van polluenten, met een slechtere waterkwaliteit als gevolg. De conclusie is dat het absoluut nodig is om een integraal waterbeleid uit te werken, waarbij maatregelen onderzocht worden voor droogte, wateroverlast én waterkwaliteit tegelijk. De visie, conclusies en het bijhorend kaartmateriaal uit deze studie moet dus ingepast worden in een breder en integraal kader, inclusief verdere afstemming op klimaatadaptatie.

Actieplan

In de visie en bijhorende analyses werden strategieën naar voren geschoven voor integratie in een proactief droogtebeleid. Om de vertaalslag naar het terrein en de praktijk te ondersteunen, werden kansenkaarten aangemaakt. Deze kansenkaarten zoomen onder andere in op de grootste verharde percelen, kansen voor slim ontharden, clusters van grote daken voor collectieve hemelwateropvang, het potentieel voor wateropvang in de groenklimaatassen en kansen voor het implementeren van stuwtjes. De kansenkaarten zijn terug te vinden in §8.4 op p. 216 van het rapport. Daarnaast werden ook ruimtelijke typologieën gedefinieerd. Voor elke ruimtelijke typologie werd de effectiviteit en inzetbaarheid van diverse maatregelen (kwalitatief of kwantitatief) gescoord. Op die manier werd inzichtelijk gemaakt op welke strategieën best prioritair ingezet wordt. Voor een beschrijving per typologie wordt verwezen naar §10.2 (p.250).



Figuur 12: Ruimtelijke typologieën met bijhorende scoring van de effectiviteit en inzetbaarheid van maatregelen per typologie (figuur rechts: binnenstad; de overige typologieën zijn beschreven in Hoofdstuk 10).

De inzichten uit de studie zijn tot slot vertaald naar aanbevelingen om op te nemen in een actieplan dat afgestemd is op het beleid van andere actoren. Hiertoe geeft Hoofdstuk 9 van het rapport een beschrijving van het beleid en de acties die o.a. vanuit de Vlaamse Overheid, de Provincie Oost-Vlaanderen, Farys, North Sea Port en andere steden en gemeenten genomen worden.

De voorgestelde acties zijn samengevat in een actieplan met 7 sporen, zoals geïllustreerd in Figuur 13. Het plan zet in op (1) politiek draagvlak, beleid en afstemming binnen de stadsorganisatie, (2) kennisopbouw rond klimaatimpacts op droogte, (3) kennisopbouw rond oplossingen, (4) realisaties op het terrein, (5) communicatie en sensibilisering, (6) samenwerking en (7) monitoring. Het plan bestaat uit 25 generieke acties, aangevuld met een 25-tal acties die specifiek zijn aan een of meerdere typologieën. We verwijzen naar Hoofdstuk 10Error! Reference source not found. in het rapport voor een bespreking van deze acties.

Figuur 13: 7-sporen actieplan voor een proactief droogtebeleid.

Volgende prioritaire acties worden gesuggereerd:

- Inpassen van de droogtevisie in RWA-visies en hemelwaterplannen.
- Slim ontharden: in kaart brengen van mogelijke locaties en realisatie hiervan.
- Proeftuin "droogteresistent stedelijk groen" opstarten.
- Goede voorbeelden rond maatregelen in de picture plaatsen.
- Opzetten van een aangepaste communicatiecampagne gericht op burgers.
- Beperken van drainage van de Rietgracht in de Gentbrugse meersen.

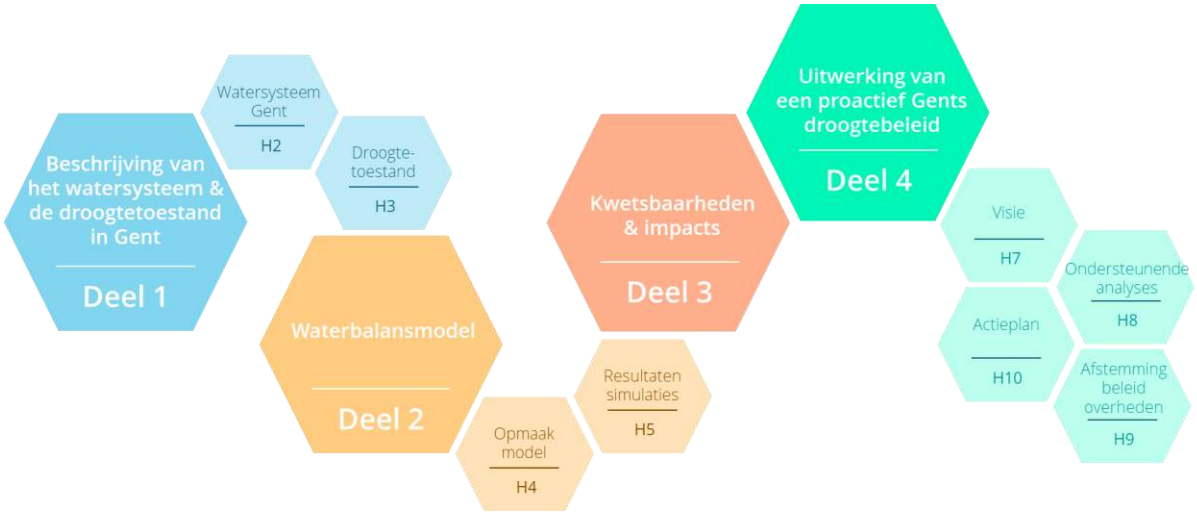
- Onderzoek naar vernatten van de Gentbrugse meersen (vloeiweidesysteem / permanente doorstroming / inpassing GGG).
- Onderzoek naar bevloeiing van de meest waardevolle natuurgebieden.
- Uitvoeren van een grachteninventarisatie met in kaart brengen van het peilbeheer.
- Opstarten van een GGOR-studie (Gewenste Grond- en Oppervlaktewater Regime) voor (een van) de geïdentificeerde prioritaire gebieden.
- Samenwerking opstarten voor het identificeren van haalbaarheid en wenselijkheid bouw spaarbekkens voor landbouw.
- Overleg opzetten met Provincie Oost-Vlaanderen en Aquafin voor in kaart brengen van opties voor gebruik RWZI water.
- Opzetten van een participatief traject voor de grootste percelen
- Faciliteren en stimuleren van gesprekken tussen landbouw en industrie om water collectief op te vangen en nuttig te gebruiken.
- Verder ontwikkelen van groenklimaatassen die meer aansluiten op de industrie- en koppelingsgebieden, met bovendien ruimte voor bovengronds water en infiltratie.

De naar voren geschoven actiepunten zijn dan wel gefocust op droogtebeleid, maar passen in een ruimer integraal verhaal. Hoewel droogte en wateroverlast tegengestelde problemen zijn, hebben ze veelal dezelfde oplossingen: het vasthouden van water aan de bron en maximaal inzetten op infiltratie. Deze acties moeten dan ook tezamen uitgewerkt worden in een integraal waterplan. Een synergie is evident, en wordt waar mogelijk reeds aangehaald in de beschrijving van de actiepunten.

1 Inleiding

Van 2017 tot en met 2020 werd Vlaanderen getroffen door periodes van extreme droogte. Reactieve maatregelen werden getroffen, zoals captatie-, sproei- en vaarverboden, alsook sensibiliserende maatregelen om het waterverbruik te beperken. Het is echter duidelijk dat naast een doordachte en afgestemde reactieve aanpak ook een proactief beleid nodig is. Dergelijk proactief beleid streeft naar een verhoogde en duurzame waterbeschikbaarheid op korte- en langere termijn om zo het watersysteem van Gent robuuster te maken tegen periodes van (extreme) droogte. Met voorliggende wetenschappelijk onderbouwde studie wil Stad Gent invulling geven aan een dergelijke proactief Gents droogtebeleid.

Deze studie is onderverdeeld in 4 onderdelen, zoals samengevat in onderstaande figuur.



Deel 1 beschrijft het watersysteem en de droogtetoestand in stad Gent. Hoofdstuk 2 zoomt daarbij in op het Gents watersysteem, en geeft een beschrijving van de oppervlaktewaters, het freatisch grondwatersysteem, gegevens van grondwaterwinningen en bemalingen, een analyse van het landgebruik en de bodemgesteldheid, en tot slot de saneringsinfrastructuur en drinkwatervoorziening. Hoofdstuk 3 gaat in op de waargenomen droogtetoestanden in Gent. Het hoofdstuk geeft een overzicht van de onderzochte droogte-indicatoren, en bespreekt de waarnemingen van de afgelopen jaren voor dit gamma aan indicatoren.

Deel 2 omvat de opmaak en het gebruik van het waterbalansmodel. Hoofdstuk 4 is een technisch hoofdstuk dat de opmaak van het massabalansmodel in detail beschrijft. Hierbij worden ook diverse systeemkarakteristieken van de oppervlaktewaters, grondwater en het stedelijk watersysteem meer in detail beschreven. Deze vormen immers de parameters van het model. Ook de ruimte- en tijdsschalen alsook de gebruikte scenario's voor het simuleren van klimaatverandering worden in Hoofdstuk 4 beschreven. Hoofdstuk 5 gaat vervolgens dieper in op de resultaten. Het geeft kwantitatieve inzichten in de waterstromen van oppervlaktewaters, grondwater en het stedelijk watersysteem voor het historisch klimaat, waarbij ook een validatie gebeurt aan beschikbare metingen. Dit hoofdstuk geeft ook de prognoses onder klimaatverandering, en kaartmateriaal rond onder andere bodemvocht en grondwaterdalingen. Op het eind van het hoofdstuk is een bondige samenvatting toegevoegd, tezamen met een overzicht van de belangrijkste modelveronderstellingen en –onzekerheden.

Deel 3 gaat in op de kwetsbaarheden en impacts ten gevolge van droogte in Gent. Hoofdstuk 6 geeft hierbij een beschrijving van de impacts voor natuur, met onderscheid van (waardevol) groen in het buitengebied, stedelijk groen, vijvers en de impact op waardevolle bodems. Daarnaast omvat hoofdstuk 6 ook een impactanalyse van droogte op landbouw, scheepvaart, verzilting, drinkwater en stabiliteitsrisico's van infrastructuur en gebouwen.

Deel 4 omvat de uitwerking van en aanbevelingen voor een proactief droogtebeheer. In Hoofdstuk 7 wordt op basis van de inzichten uit de voorgaande delen van de studie een visie uitgewerkt voor een Gents proactief droogtebeleid. Deze visie is opgebouwd rond 3 krachtlijnen. In hoofdstuk 8 worden specifieke analyses uitgevoerd ter ondersteuning van de uitwerking van deze visie. Zo geeft het hoofdstuk een overzicht van mogelijke beleidsscenario's, elk toegepast op Gent. In deze beschrijvingen zijn ook kerncijfers te vinden, bijvoorbeeld rond de groenklimaatassen. Het hoofdstuk beschrijft vervolgens de impact van deze mogelijke scenario's op de droogterisico's aan de hand van simulatieresultaten van het massabalansmodel. Een samenvatting van de conclusies is terug te vinden in §8.3.3. Hoofdstuk 8 zoomt ook in op de kansenkaarten die in het kader van deze studie werden opgemaakt rond (1) de grootste verharde percelen, (2) slim ontharden, (3) wateropvang van grote daken, (4) het plaatsen van stuwtjes en verondiepen van grachten, (5) het opvangen van overtollig afstromend water van verharding in de groenklimaatassen. Tot slot omvat het hoofdstuk enkele aanbevelingen rond de soortenkeuze voor stedelijk groen. Hoofdstuk 9 geeft een uitgebreid overzicht van andere lopende initiatieven en het beleid van (hogere) overheden en partners. Telkens wordt de reflectie gemaakt wat die initiatieven en beleidsacties betekenen op vlak van droogtebeleid in Gent. Hoofdstuk 10, tot slot, omvat het actieplan. Dit laatste hoofdstuk vormt de vertaalslag van het studiewerk naar de praktijk. Het hoofdstuk beschrijft 6 ruimtelijke typologieën (binnenstad, randstad, bebouwing in het buitengebied, waardevolle natuur, agrarische gebieden en industrie) waarvoor telkens een kwantitatieve en/of kwalitatieve inschatting werd gemaakt van de effectiviteit en inzetbaarheid van maatregelen. Deze analyse vormt dus de leidraad voor een gebiedsspecifieke aanpak, en beschrijft prioritaire en secundaire acties per typologie. Naast deze acties werden ook 25-tal generieke acties geformuleerd, onderverdeeld over 7 pijlers.

Deel I: Beschrijving van het huidig watersysteem en de droogtetoestand in Gent

2 Beschrijving van het watersysteem van Gent

Deze sectie beschrijft de nodige data voor het opmaken van het massabalansmodel dat opgemaakt wordt voor het kwantificeren van de impact van maatregelenscenario's op droogte (zie Hoofdstuk 4 en verder).

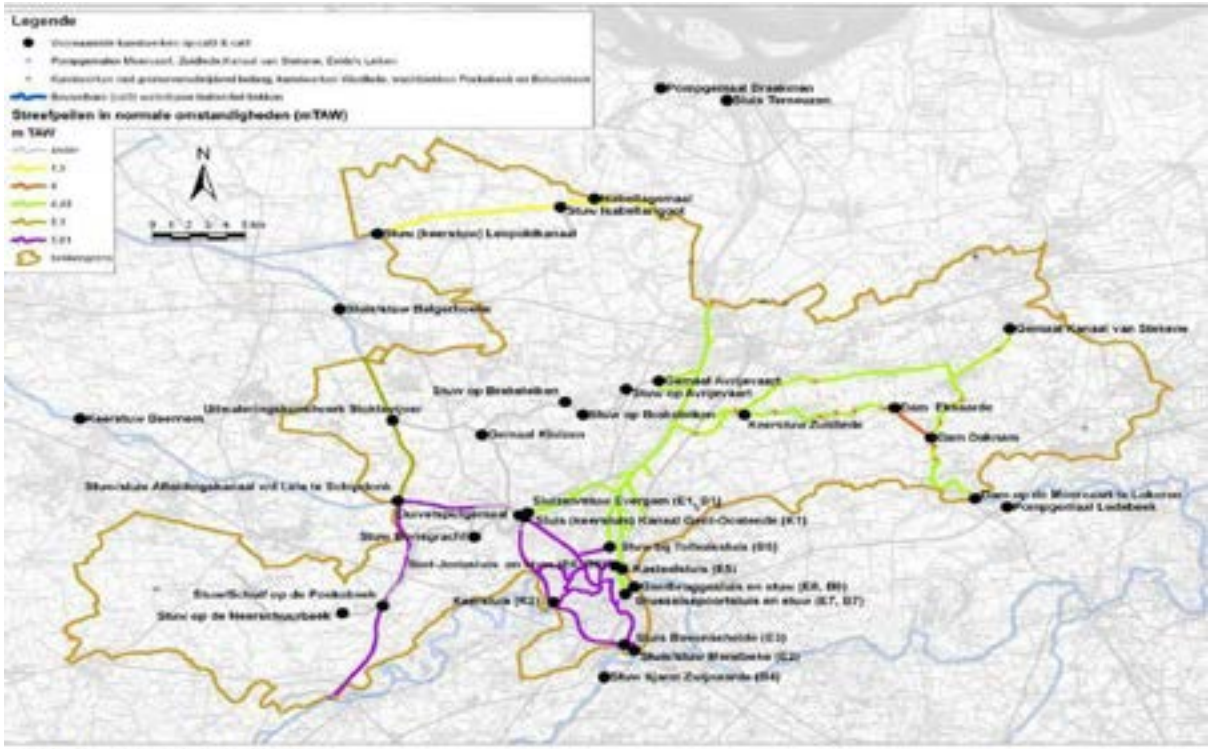
Volgende elementen worden beschreven:

- Oppervlaktewaters (§2.1), met de waterlopen, open waters, captaties en lozingen.
- Freatisch grondwater (§2.2), met de hydrogeologische opbouw, grondwaterwinningen en –bemalingen, en grondwaterpeilmetingen
- Landgebruik en bodem (§2.3), met kerncijfers en kaarten inzake verharding, bodemgesteldheid, natuur en landbouw
- Riolering en bronmaatregelen (§2.4)

2.1 Oppervlaktewaters

2.1.1 Waterlopen

De structuur van stad Gent wordt voor een groot deel bepaald door de oppervlaktewaters. De stad ligt strategisch op een knooppunt van enkele van de belangrijkste waterlichamen in Vlaanderen: de Schelde, Leie en de Gentse kanalen (o.a. het Groot Pand en het Kanaal Gent-Terneuzen). De stad ligt dan ook in 4 verschillende administratieve bekkens: (1) het Leiebekken, (2) Bekken van de Gentse kanalen, (3) het Bovenscheldebekken en (4) het Benedenscheldebekken. Onderstaande beschrijvingen zijn gebaseerd op de stroomgebiedbeheerplannen van deze vier bekkens. Figuur 14 toont de kaart met de belangrijkste waterlopen in het bekken van de Gentse Kanalen.

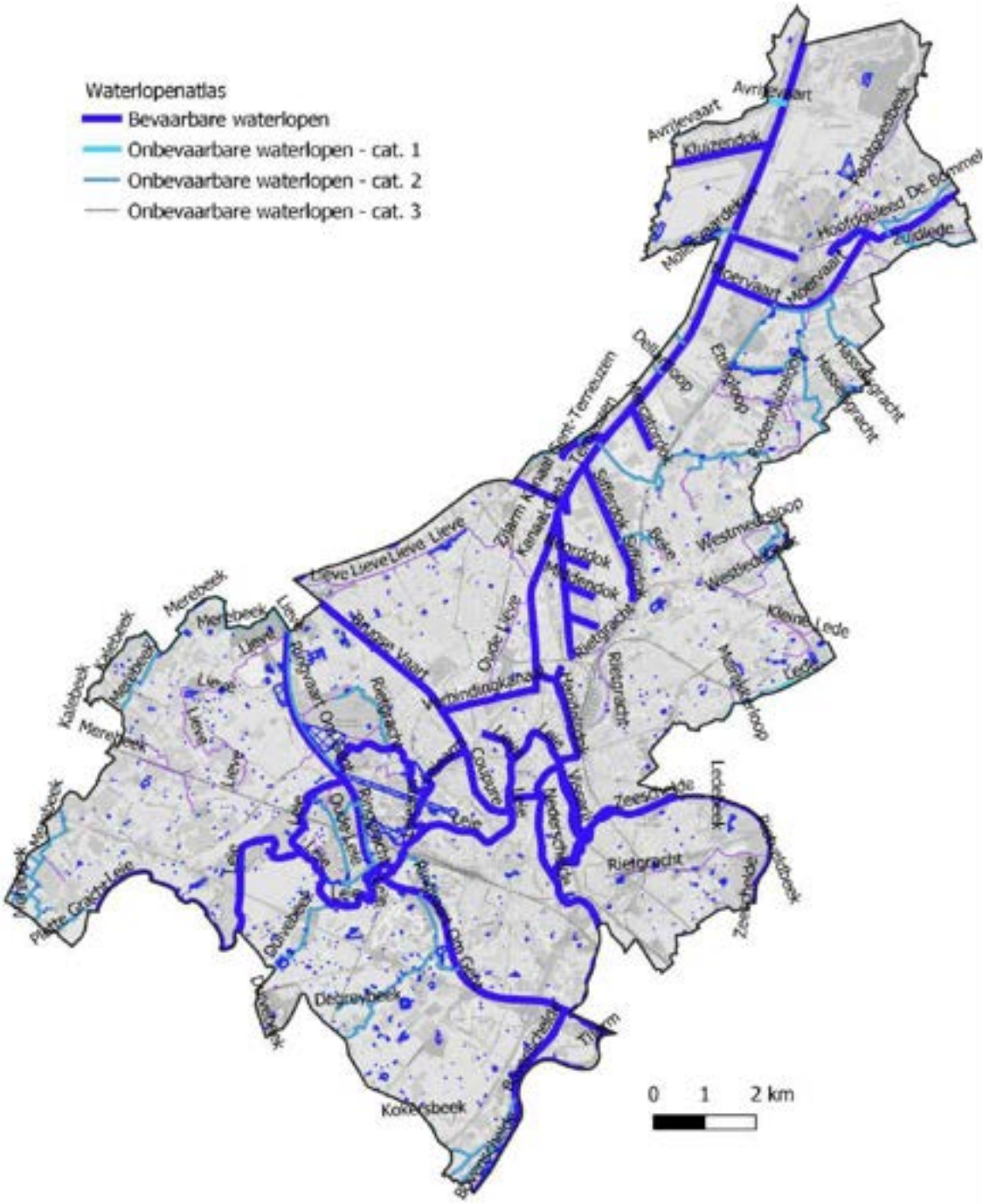


Figuur 2: Hydraulica-kaart

Figuur 14: Overzichtskaart van de grootste waterlopen in het bekken Gentse Kanalen.

In de loop der eeuwen heeft de mens een grote stempel gedrukt op het waterbeheer van de waterlopen in en rond Gent. Men legde een uitgebreid netwerk aan van kanalen met bijhorende kunstwerken, sneed meanders af, en draineerde gebieden om te kunnen gebruiken voor landbouw en andere menselijke activiteiten. De algemene doelstelling hierbij was het laaggelegen gebied zo snel mogelijk te ontwateren, en tegelijk scheepvaart mogelijk te maken. De afvoer wordt voorzien via een complex van grote afvoerwegen (kanalen), in combinatie met detailafwatering via onbevaarbare waterlopen.

Figuur 15 toont de gecategoriseerde waterlopen op grondgebied Gent, tezamen met de open waters. De figuur maakt onderscheid tussen de bevaarbare waterlopen en de verschillende categorieën.

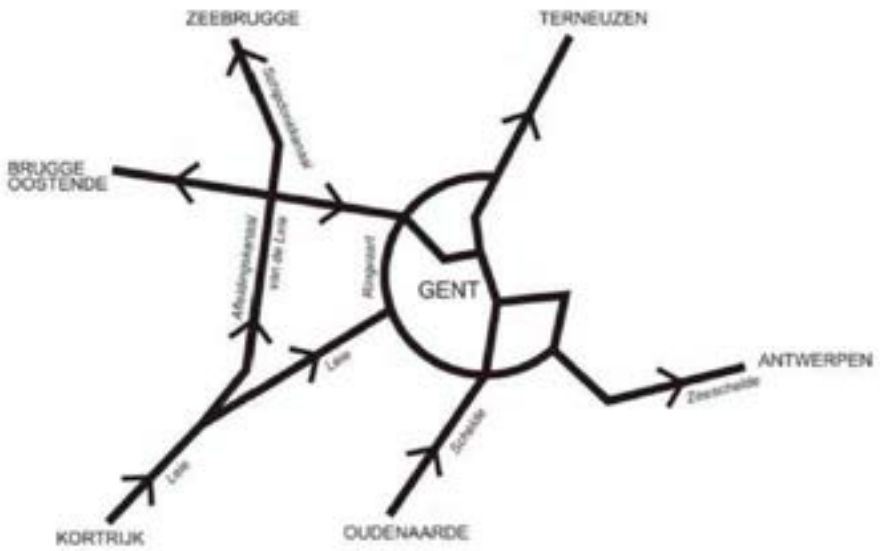


Figuur 15: Overzichtsfiguur van de verschillende gecategoriseerde waterlopen op grondgebied Gent.

Hierna wordt een beknopt overzicht gegeven van de belangrijkste waterlopen op het grondgebied. Merk op dat het geenszins de bedoeling is om een volledige beschrijving te geven van het watersysteem. Daarvoor wordt verwezen naar de stroomgebiedbeheerplannen van het Scheldebekken, met de bekkenspecifieke delen van (1) het Leiebekken, (2) Bekken van de Gentse kanalen, (3) Bovenscheldebekken en (4) Benedenscheldebekken.

Bevaarbare waterlopen

Figuur 16 toont een schematische weergave van hoe de verschillende grote bevaarbare waterlopen samenwerken in en rond Gent. Vanuit Frankrijk stroomt de Leie richting Gent. In Deinze splitst de Leie op in het Afleidingskanaal van de Leie dat op jaarbasis circa 85% van het Leiewater afvoert, en een tweede deel dat het natuurlijke en meanderend traject van de Leie verder zet. Dit laatste deel wordt de "toeristische" Leie genoemd, en deze mondt uit in de Ringvaart. Het Afleidingskanaal van de Leie splitst zelf ook nog op in een zuidelijk pand (Deinze-Schipdonk) en een noordelijk pand (Schipdonk-Eeklo). Het zuidelijk pand komt in Schipdonk in het Kanaal Gent-Oostende terecht, en het noordelijk deel verlaat het bekken van de Gentse kanalen in Eeklo-Maldegem (aan inkom Vaart van Eeklo). Van daaruit stroomt het verder om gravitair te lozen in de Noordzee te Zeebrugge. Vanuit de Ringvaart vertrekt ook het Kanaal Gent-Oostende. Dit kruist het Afleidingskanaal van de Leie ter hoogte van Zomergem-Nevele, om zo via Sas Slijkens in Oostende uit te monden in de Noordzee. Daarnaast stroomt ook de Bovenschelde af naar Gent, waar het overgaat in de getijgebonden Zeeschelde. Deze stroomt verder naar Antwerpen. In het noorden van Gent loopt ten slotte het Kanaal Gent-Terneuzen dat afwatert naar Terneuzen in Nederland, om zo in verbinding te staan met de Noordzee. Dit kanaal wordt ook nog gevoed door o.a. de Moervaart (bevaarbare loop).



Figuur 16: Schematische weergave van de bevaarbare waterlopen rond Gent.

De afvoer van water op de hoofdassen wordt voor een groot deel bepaald door de opwaartse debieten vanuit de Leie en Bovenschelde. De Ringvaart vormt de schakel tussen al deze bevaarbare waterlopen. De precieze afwateringsrichting wordt bepaald in functie van de plaatselijke risicosituatie op vlak van overstromingen. De laatste jaren is er echter ook meer en meer aandacht nodig voor droogte en waterschaarste. Met name verzilting en diepgangbeperkingen voor scheepvaart ten gevolge van te beperkte wateraanvoer vormen reële problemen. Dit werd reeds uitgebreider toegelicht in §3.4.1 en §3.5.1.

Figuur 17 toont schematisch een samenvatting van het peilbeheer van de bevaarbare waterlopen in en rond Gent. Het zuidelijk deel van de Ringvaart heeft een streefpeil van 5.61 m TAW, het noordelijk deel dat aansluit op het Kanaal Gent-Terneuzen 4.45 m TAW. Rond de Zeeschelde en de omliggende

meersengebieden (Gentbrugge) is het waterpeil tijgebonden. Er wordt verwezen naar Tabel 12 voor een completer overzicht van de streefpeilen en minimale peilen die gelden.

Figuur 17: Schematische voorstelling van het peilbeheer in en rond Gent op de bevaarbare waterlopen (bron: Stad Gent, 2018).

Het Kanaal Gent-Terneuzen wordt gevoed door enkele waterlopen die er rechtstreeks in uitmonden. De Moervaart is de belangrijkste hiervan. De stroomgebieden omvatten (Vanderkimpen et al., 2019):

- Rechteroever:
    - Moervaart, Durmekanaal, Zuidlede, Langlede en de Stekense Vaart: 24.000 ha
    - Havenstraat/Sifferdok (Oostakker): 2.000 ha
- Linkeroever:
    - Avrijvaart: 5.900 ha
    - Caelene: 600 ha
    - Burggravenstroom: 750 ha
    - Molenvaardeken: 530 ha

De Gentse binnenwateren binnen de Ringvaart rond Gent omvatten de historische samenvloeiing van de Leie en Schelde, een verbinding naar het Kanaal Gent-Terneuzen en het Kanaal Gent-Oostende. Een deel van de Bourgoyen vormt hierop echter een uitzondering: dit gebied watert deels via een sifon onder de Ringvaart af naar de Meirebeek. Het grootste deel van de Bourgoyen staat dus niet rechtstreeks in verbinding met de bevaarbare oppervlaktewaters. Een studie van INBO in opdracht van Stad Gent (Packet et al., 2011) onderzocht het inlaten van Leiewater in de "Afgraving" van de Bourgoyen i.h.k.v. het vernatten van de Bourgoyen en verdunnen van nutriëntenbelastingen, maar concludeerde dat dit niet mogelijk was zonder doorgedreven zuivering vooraleer het water in te laten. Verder watert een gedeelte van watering De Assels via sifons onder de Ringvaart naar de binnenstad. Via een reeks stuwen en sluizen op de hoofdassen kunnen de Gentse binnenwateren volledig afgesloten worden van het omringend watersysteem. Dit gebeurt doorgaans al ter bescherming tegen hoogwater, maar werd in april 2020 nog uitgevoerd om te verhinderen dat een vervuilingsgolf op de Schelde na een dijkbreuk bij een Franse suikerraffinaderij de waterkwaliteit in de Gentse binnenwateren catastrofaal zou verslechteren.

Zoals hierboven beschreven kunnen de Gentse binnenwateren verdeeld worden in 2 zones met elk een eigen streefpeil (Vanderkimpen et al., 2019). Het zuidelijke deel heeft hetzelfde streefpeil als het Westervak van de Ringvaart en het Groot Pand (5,61 mTAW). Het noordelijke deel heeft hetzelfde streefpeil als het Noordervak van de Ringvaart en het Kanaal Gent- Terneuzen (4,45 mTAW). De verschillende zones worden van elkaar en van de getijwateren gescheiden door een aantal stuwen en sluizen. De Tolhuissluis en -stuw, de Sint-Jorissluis en -stuw, de Brusselsepoortsluis en -stuw en de Scaldissluis vormen de overgang tussen de noordelijke en de zuidelijke zone. De Gentbruggesluis en -stuw vormden ooit de verbinding tussen de noordelijke zone en de tijgebonden Zeeschelde, maar zijn momenteel buiten gebruik. De Kasteelsluis staat altijd open. Via de keersluizen K1 en K2 en de sluis E3 wordt een beperkte hoeveelheid water binnengelaten om de binnenwateren te verversen. Het overtollige water stroomt vervolgens via de Tolhuisstuw naar het Kanaal Gent-Terneuzen. Bij een dreigende was worden de kunstwerken K1, K2 en E3 gesloten om de binnenstad te beschermen tegen wateroverlast.

De Moervaart en Zuidlede zijn de belangrijkste afvoerwegen richting het Kanaal Gent-Terneuzen in het gebied ten oosten van het kanaal. Dit gebied wordt aangeduid als de Moervaart-Zuidlede depressie omwille van de lagere ligging van het landschap, en is dan voorzien van een groot aantal gemalen. De Moervaart stroomde oorspronkelijk oostwaarts naar de getijde-Durme, maar voert nu zijn water af in westelijke richting naar het Kanaal Gent-Terneuzen. De verbinding met de Durme werd afgedamd in Lokeren. De Zuidlede vormt een tweede hoofdader voor de afwatering van het gebied. De Zuidlede stroomt in de Moervaart op Gents grondgebied, enkele kilometers voor deze laatste in het Kanaal Gent-Terneuze uitmondt. De zijlopen van deze waterlopen worden in de meeste gevallen opgepompt naar deze twee hoofdassen. Ook het Kanaal van Stekene mondt uit in de Moervaart. Naast deze stromen die het Kanaal Gent-Terneuzen voeden vanuit oostelijke richting, zijn er ook stromen die langs westelijke kant uitmonden in het kanaal. Zo stroomt de Avrijevaart, die op zich gevoed wordt door de Burggravenstroom en de streng Lieve-Brakeleiken-Sleidingsvaardeken, via een pompgemaal (Spiedamgemaal te Evergem) eveneens af naar het Kanaal Gent-Terneuzen.

Onbevaarbare waterlopen

Het grondgebied Gent telt een zeer groot aantal onbevaarbare waterlopen. Onderstaande tekst somt kort enkele van de belangrijkste onbevaarbare waterlopen op.

De Rosdambeek is een waterloop van 2de categorie die uitmondt in de Leie. Het opwaartse deel van deze waterloop wordt aangeduid als de Duivebeek, het afwaarts deel als de Rosdambeek. De uitlaatconstructie werd recentelijk vernieuwd, en wordt besproken in §3.4.2.

Het gebied van Drongen tot Vinderhoute wordt gekenmerkt door verschillende waterlopen die allen richting Vinderhoute afwateren. Zo stroomt er een deel van de Lieve (O246) van 3de categorie, de

Merebeek (ook aangeduid als **Meirebeek**) van 2de categorie, en de **Oude Kale** (ook aangeduid als **Kalebeek**) van 2de categorie. De Oude Kale en Meirebeek wateren af via het gemaal van Vinderhoute (ook bekend als het Duivelsputgemaal) in het Kanaal Gent-Oostende. Via een sifon onder het Kanaal Gent-Oostende kan ook water doorgestuurd worden naar de Lieve om aangewend te worden voor het waterproductiecentrum van Kluizen.

Rond het centrum van Gent stroomt de historische **Rietgracht.** De Rietgracht werd in de 13de eeuw gegraven, en vormde toen de grens van het rechtsgebied van stad Gent. De Rietgracht liep destijds bijna volledig rond Gent, maar werd in de loop der eeuwen herhaaldelijk herlegd. Er zijn nu nog enkele stukken (historische) Rietgracht terug te vinden, zoals bijvoorbeeld in Sint-Amandsberg en aan de grens met Sint-Denijs-Westrem (waar deze aangeduid wordt als "Maalte"). Ook zijn er delen van de Rietgracht terug te vinden die parallel lopen aan de Ringvaart, en volgt bijvoorbeeld de Grensstraat in Wondelgem nog de loop van de oude Rietgracht. **Er loopt ook een waterloop met dezelfde naam doorheen Gentbrugge en Ledeberg**. Deze sneed vroeger een bocht van de Schelde af, en maakte deel uit van de verdedigingswerken rond Gent (maar is in tegenstelling tot de historische Rietgracht geen onderdeel geweest van de afbakening van het grondgebied van Gent). In de 19de eeuw werd een deel van de Schelde rechtgetrokken. Dit liet een oude Scheldemeander achter die de Gentbrugse Meersen doorkruist, en voor een deel opgevuld werd. Dit stuk wordt ook Rietgracht genoemd, maar is dus een oud stuk Schelde en geen onderdeel van de in de 13de eeuw gegraven gracht.

In het stroomgebied rond de Moervaart zijn ook verschillende waterlopen terug te vinden die afwateren naar de Moervaart. Zo stromen bijvoorbeeld de **Rodenhuizeloop**, de **Lange Kromme Windgracht**, het **Hoofdgeleed** en de **Bommels** allen af naar de Moervaart. Dit zijn in hoofdzaak allen waterlopen van 2de categorie, maar de opwaartse stukjes zijn soms ook 3de categorie. Daarnaast stroomt nog de naamloze waterlopen met code **O1335** (en opwaarts code O1337) door Oostakker rechtstreeks naar het Kanaal Gent-Terneuzen. De Moervaart is een depressie die sterk gekarakteriseerd wordt door de werking van pompen. Zo brengen o.a. de gemalen van Rodenhuyze, Sint-Kruis-Winkel, De Lange Lede, Kalve Brug, Kalve Terwest, de Keierstraat, de Leebrugse Meersen en Spletteren wateren naar de Moervaart, om zo af te voeren naar het Kanaal Gent-Terneuzen. De Moervaart en de Zuidlede vormen samen met het Kanaal van Stekene de belangrijkste waterafvoerwegen richting het Kanaal Gent-Terneuzen in het gebied ten oosten van het Kanaal Gent-Terneuzen. Het gebied (Moervaart, Durmekanaal, Zuidlede, Langlede en de Stekense vaart) beslaat in totaliteit ongeveer 24.000 hectare (Vanderkimpen et al., 2019).

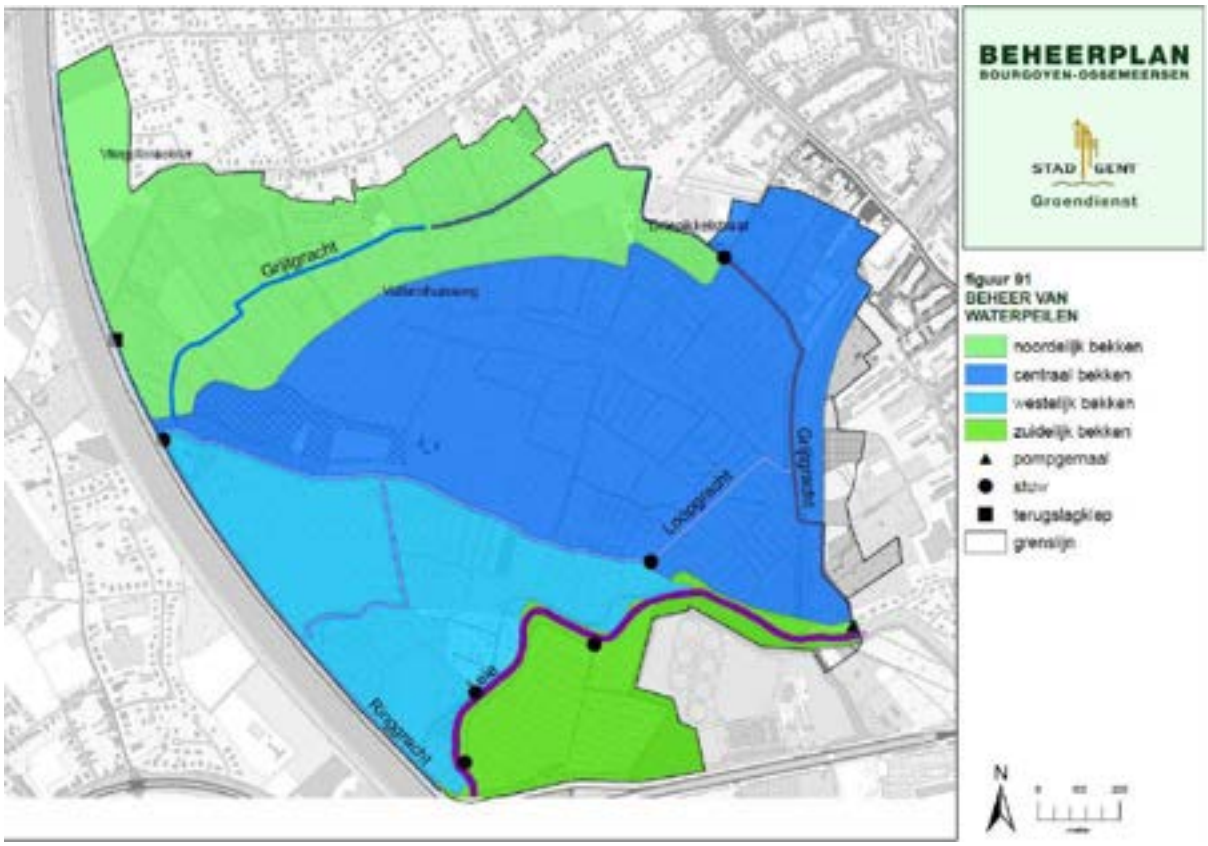
Op de grens van Destelbergen en Oude Bareel loopt de **Ledebeek** (1ste categorie). Een deel van de Ledebeek watert af naar het gemaal in Lokeren, om zo uit te monden in de Durme. Een ander deel van de Ledebeek stroomt af richting de Zeeschelde. De Ledebeek wordt op zijn beurt gevoed door kleinere waterlopen, zoals de **Kleine Lede** (3de categorie), **Westledebeek** (3de categorie) en de **Westmeersloop** (3de categorie).

In Sint-Denijs-Westrem is de **Scheidbeek** (2de categorie; ook Grietgracht genoemd) terug te vinden, die uitgeeft op de **Leebeek** (2de categorie). Deze wateren op hun beurt af in de **Ringgrachten** die parallel lopen aan de Ringvaart, en finaal ook daarin uitmonden (of rechtstreeks uitgeven op de Ringvaart zonder tussenkomst van de Ringgrachten).

2.1.2 Open waters

Naast de waterlopen telt stad Gent een groot aantal (stilstaande) oppervlaktewaters. In totaal werden 814 van dergelijke open waters geïnventariseerd (bron: Geopunt). Het betreft zeer kleine (private) vijvers tot de grotere publieke open waters. Hiervan zijn de Afgraving van het natuurdomein Bourgoyen-Ossemeersen, de Watersportbaan, Blaarmeersen en de zandwinningsputten van Lochristi de belangrijksten. Deze worden kort toegelicht.

De Afgraving van het natuurgebied Bourgoyen-Ossemeersen is een jonge en zeer ondiepe plas van ongeveer 12,7 hectare (Packet et al., 2011). De Bourgoyen-Ossemeersen is een Vlaams "wetland", en een representatief voorbeeld van de alluviale Leievallei. Het is een zeer belangrijk overwinteringsgebied voor vogels (o.a. de slobeend), en het gebied kent een hoge plantensoortenrijkdom met kenmerkende zeldzame soorten van vochtige graslanden, bermen en sloten. Via een VLM natuurinrichtingstraject werd de Loopgracht over een afstand van bijna 2 kilometer in haar oorspronkelijke staat en diepte hersteld. Ook de "Afgraving" is ontstaan na het afgraven van de "Schapenweide" in 2006 binnen dit natuurinrichtingsproject om het historisch landschap te herstellen, en oefent een grote aantrekkingskracht uit op de avifauna. Voor de avifauna is een constant peil van circa 5,43 m TAW in de zomer noodzakelijk, maar in droge zomers is het onmogelijk om het waterpeil op dit constante peil te houden zonder de externe aanvoer van water (Packet et al., 2011). Bij het droogvallen van de waterbodem bestaat de kans dat wilgen in snel tempo gaan kiemen. Een te sterke en algemene ontwikkeling van wilgenstruweel zou het verlies van open water betekenen, en finaal een verlies van biodiversiteit en soortenrijkdom. Daarom wordt gepoogd om in de droogste perioden het waterpeil voldoende hoog te houden. Technisch gezien kan dat door water uit de nabijgelegen Leiearm gravitair te laten afwateren naar de plas, evenals vanuit de Ringsloot. Ook het gebruiken van het effluent van de nabije RWZI van Gent is een optie voor bevloeiing. Onderzoek van INBO toonde echter aan dat beide opties niet wenselijk zijn zonder doorgedreven zuivering (Packet et al., 2011). Zoals eerder ook besproken is er tevens een sifonverbinding vanuit het gebied naar de Meirebeek.



Figuur 18: Extract uit het beheerplan van de Bourgoyen-Ossemeersen (bron: Groendienst Gent).

De Blaarmeersen is een recreatiegebied dat oorspronkelijk een meersengebied was langs de Leie (zie ook Figuur 19). Via een herinrichtingsproject dat van start ging in 1976 werden de meersen opgehoogd, waardoor een groot deel van de natuurlijke vegetatie verloren ging. Tijdens een meetcampagne in het kader van de opmaak van het ontwikkelingsplan en harmonisch park- en

groenbeheerplan voor de Blaarmeersen (2013) werden monsternames uitgevoerd, die ook de sterk verstoorde bodem bevestigden. Er werden ook restanten van plastic en afval gevonden, wat mogelijks een indicatie is van de aanwezigheid van een vroegere stortplaats. De huidige zwemvijver is ontstaan door een afgraving die paste in het stedelijk inrichtingsproject. Een deel is verdiept tot 15 m-MV om te duiken.

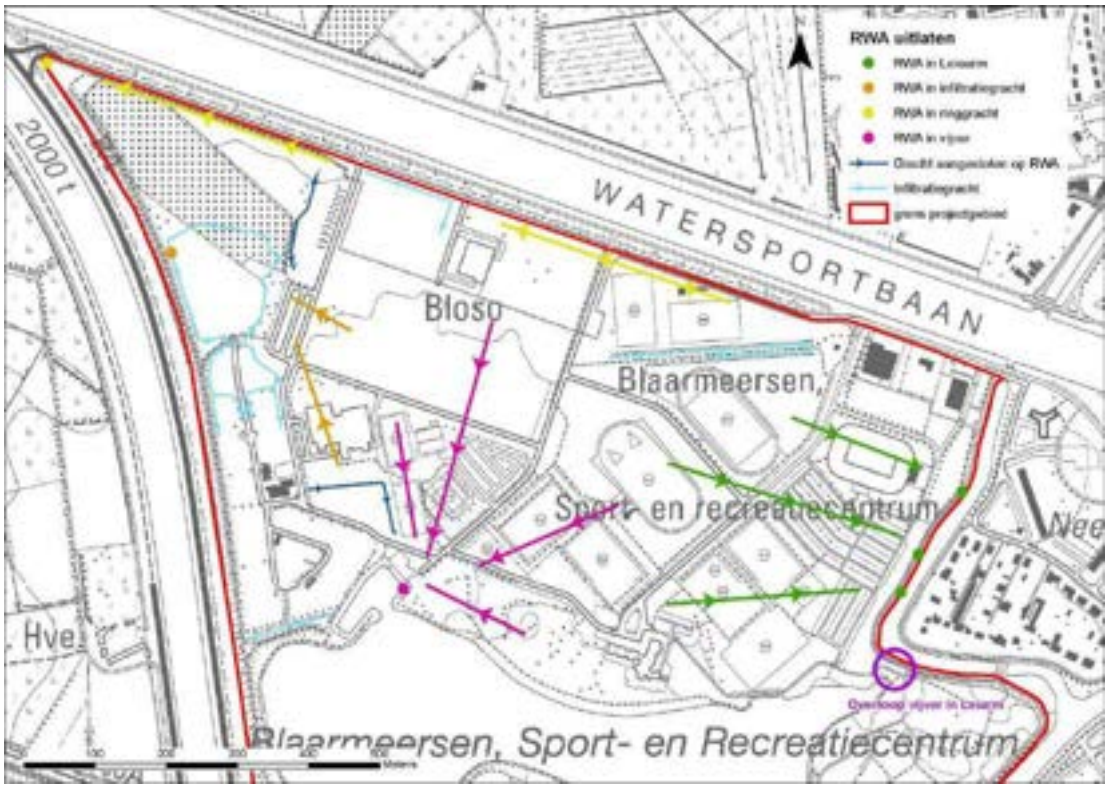
Figuur 19: Waterlopen in de Vlaamse Hydrografische Atlas (versie 2011) rond de Blaarmeersen (bron: Groendienst Gent, Harmonisch Park- en Groenbeheerplan).

De waterhuishouding van de vijver van de Blaarmeersen wordt bepaald door een overloop naar de Leiearm. Dit is een buis van circa 35 meter lang met terugslagklep bij de monding in de Leiearm. Het peil van de vijver fluctueert bijgevolg mee met het grondwater en neerslag. Er zijn schommelingen waargenomen van grootteorde 10 à 15 cm (Achtergrondnota Blauwalgenproblematiek Blaarmeersen; Groendient Gent; interim versie rapport 10 augustus 2020). Te hoge peilen van de vijver worden via de overloop afgetopt tot de waterhoogte van de Leie, die een streefpeil heeft van 5.70 m TAW. Er zijn, naast de voeding door grondwater, 4 voedingsbronnen voor de vijver: (1) directe neerslag, (2) oppervlakkige neerslagafstroming vanuit het park, (3) waterafvoer via slikkers van verharding en wegenis, (4) afstromend hemelwater van straat- en dakoppervlaktes (Harmonisch Park- en Groenbeheerplan, 2013). Deze worden ook samengevat in Figuur 20.

De meetcampagne en analyse die uitgevoerd werden in het kader van de opmaak van het Harmonisch Park- en Groenbeheerplan (2013) wees uit dat de oppervlaktewateren rondom de Blaarmeersen (Ringvaart, Leie, Watersportbaan) een drainerende werking hebben op het grondwatersysteem van de Blaarmeersen. In drogere periodes zakt de stijghoogte van de peilbuizen nabij de vijver relatief snel terug tot het niveau van het Leie-streefpeil. De zandige ondergrond zorgt voor hoge infiltratiewaarden, en dus dergelijke snelle respons. In nattere periodes is er een opbolling in het grondwaterprofiel waarneembaar (bijvoorbeeld tot 6.28 m TAW gemeten op 4/4/2012, en 6.48 m TAW gemeten op 3/5/2012 op dezelfde locatie), die echter onderbroken wordt door de vijver en andere oppervlaktewaters.

Volgens de inventarisatie in het kader van het Harmonisch Park- en Groenbeheerplan (2013) komen er geen vervuilde lozingen meer toe op de vijver. Het DWA-water van het domein wordt afgevoerd naar de riolering.

Voor een uitgebreide beschrijving van de (historische) waterkwaliteit wordt verwezen naar het interim rapport Achtergrondnota Blauwalgenproblematiek Blaarmeersen opgemaakt door de Groendienst Gent (interim versie rapport 10 augustus 2020).



Figuur 20: Grachten en RWA uitlaten binnen het sport- en recreatiepark Blaarmeersen (bron: Groendienst Gent, Harmonisch Park- en Groenbeheerplan).

De Watersportbaan werd aangelegd in de jaren ’50. De uitgegraven aarde werd gebruikt om de omgeving op te hogen en bebouwbaar te maken. Het water staat in verbinding met verschillende aanpalende rivieren en kanalen, zoals de Coupure, het Kanaal Gent-Oostende en de Leie. Een zijarm van de Leie stroomt dwars door de Watersportbaan. In 2019 besliste Stad Gent om de Watersportbaan in 2021 uit te baggeren voor de roeisport.

De stad Gent kent ook een verschillende parkvijvers, zoals bijvoorbeeld in het Citadelpark, park De Vijvers, Frans Toch park, Astridpark. Deze worden in de meeste gevallen gevoed door neerslag- en grondwater. In de laatste jaren merkt men wel een verlaging van het waterpeil op ten gevolge van de droogte.

Daarnaast zijn er op het grondgebied Gent verschillende wetlands die niet permanent onder water staan, zoals diverse meersengebieden. Deze worden besproken bij het “freatisch grondwater”, aangezien het geen open waters betreffen.

2.1.3 Captaties uit en lozingen naar oppervlaktewaters

Voor het inschatten van de totale jaarlijkse captaties wordt verder gewerkt op de uitgebreide inventarisatie die gebeurde in het kader van de studie “Opmaak van het Vlaams reactief afwegingskader voor prioritair watergebruik bij waterschaarste” (verder aangeduid in de tekst als

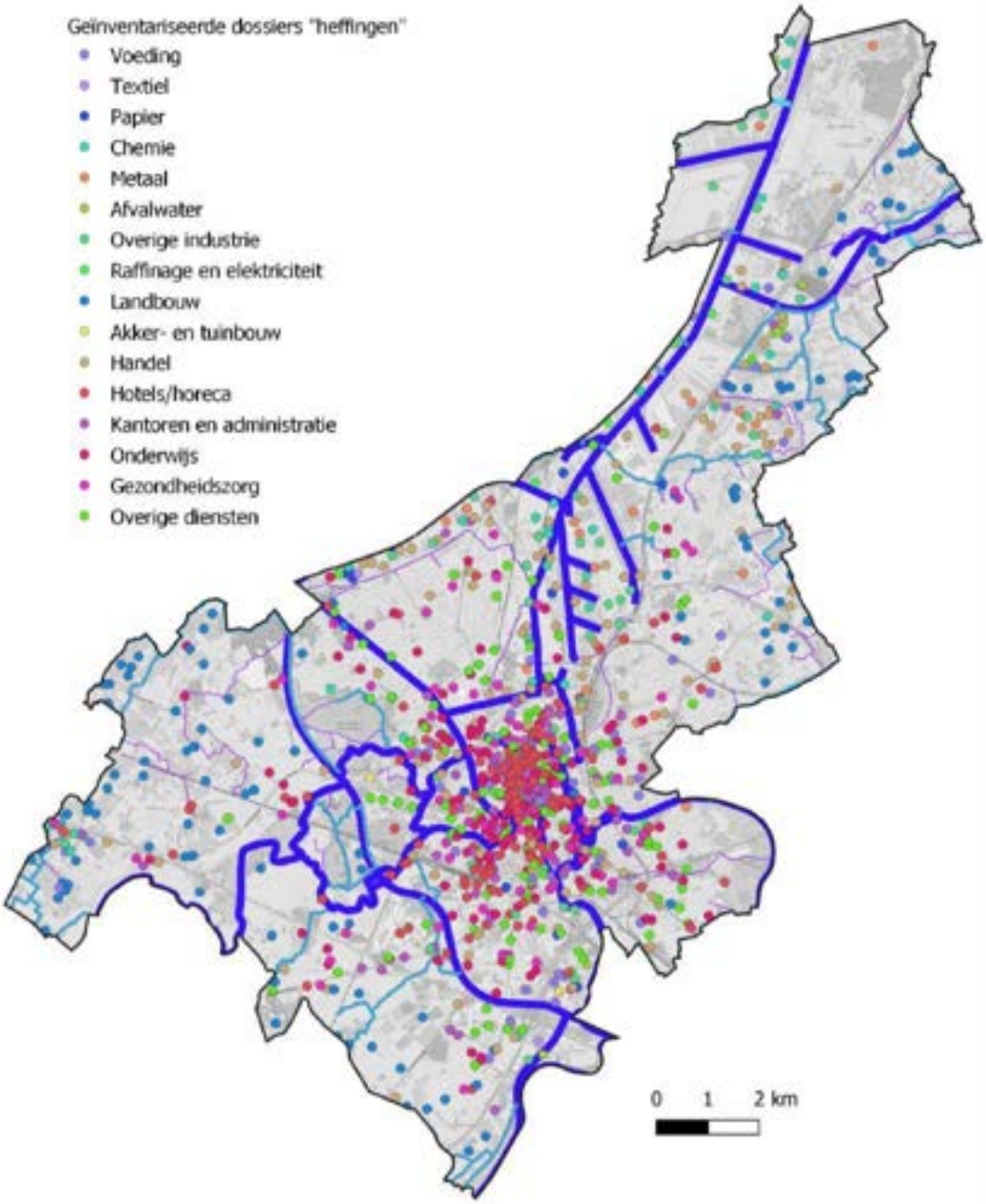
"VRAG"). Sumaqua voert deze studie uit in een ruimer consortium in opdracht van de Vlaamse overheid. Onderstaande tekst geeft een samenvatting van de belangrijkste gegevens. Voor een uitgebreidere bespreking wordt verwezen naar Willems et al. (2020).

In de VRAG-studie (Willems et al., 2020) werd de watervraag gekwantificeerd voor bedrijven (industriële bedrijven, de energiesector, de land- en tuinbouw, de handel en diensten) door gegevens van verschillende bronnen omtrent waterverbruik en onttrekkingen te combineren. Zo werd gebruik gemaakt van de Heffingendatabank van VMM. Deze databank omvat de volumes waarover volgens VLAREM heffingen betaald moeten worden, en omvat bijgevolg grootverbruikers (>500 m³/jaar) met een eigen winning. Daarnaast werd ook gebruik gemaakt van vergunningsgegevens voor watercaptaties en lozingen van afvalwater (beschikbaar voor bedrijven met een klasse 1 en 2 activiteit). Bovendien werd gebruik gemaakt van de rapportering i.h.k.v. het integraal milieuverslag (IMJV). De Vlaamse bedrijven die conform VLAREM vergunningsplichtig zijn als klasse 1 of 2 bedrijf én boven de drempelwaardes emitteren. Tot slot werd in de VRAG-studie ook gebruik gemaakt van de rapportering van bedrijfslozingen (gekend als '"emissie-rapportering"). Dit omvat de bedrijven die i.h.k.v. een zelfcontroleprogramma continue debietsregistratie opgelegd kregen via hun vergunningen (dit gebeurt bij lozingen van bedrijfsafvalwater met een debiet van 100 m³/uur bij bedrijfsafvalwater zonder gevaarlijke stoffen, of 50 m³/u indien er gevaarlijke stoffen geloosd worden).

Een uitgebreide analyse in de VRAG-studie gaf aan dat de heffingsgegevens de beste bron van informatie vormen voor het inschatten van het waterverbruik van bedrijven. Ze zijn het meest volledig aangezien elke grootverbruiker met een eigen winning dergelijke aangifte moet doen en bijdrage dient te betalen voor de zuivering van het afvalwater. Bovendien gaat het om de werkelijk verbruikte cijfers en niet de vergunde volumes (die soms hoger liggen). Voor alle bedrijven werden de meest recent beschikbare gegevens gebruikt op moment van opmaak (zijnde het volledige jaar 2019). Indien de gegevens van 2019 ontbraken, werden deze van 2018 gebruikt. De gegevens van de heffingendatabank werden vervolgens aangevuld met de gegevens uit de andere bronnen.

De gegevens van de VRAG-studie (Willems et al., 2020) werden gebruikt als basisdatabank voor het inschatten van (1) captaties van grondwater, (2) captaties uit oppervlaktewaters en (3) geloosde volumes. Figuur 21 toont een overzicht van de geïnventariseerde dossiers. Het betreft in totaliteit 1881 dossiers (na aanvulling met gegevens van Stad Gent, zie verder).

Deze paragraaf gaat dieper in op de captaties uit en lozingen naar oppervlaktewaters. Paragraaf 2.2.2 vat de grondwatercaptaties samen.

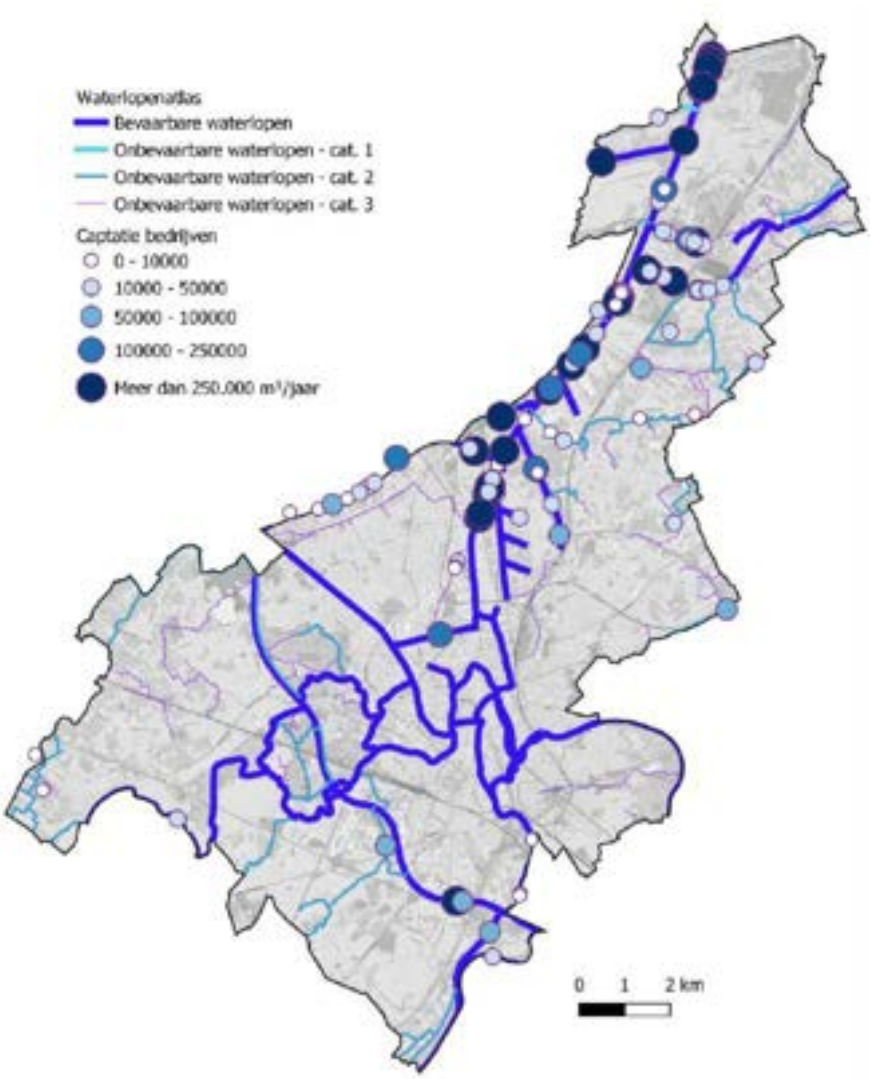


Figuur 21: Overzicht van de dossiers waarvoor captatie- en lozingsgegevens geïnventariseerd werden, onderverdeeld per sector.

Figuur 22 toont het overzicht van de oppervlaktewatercaptaties die geïnventariseerd werden. Merk op dat er voor de onttrekkingen uit de onbevaarbare waterlopen momenteel helaas geen directe captatiegegevens beschikbaar zijn. Volgens de huidige wetgeving is er voor dergelijke onttrekkingen geen vergunning nodig of moet er geen melding gedaan worden. Er is wel een uitvoeringsbesluit goedgekeurd en gepubliceerd dat oplegt dat zulke captaties gemeld moeten worden. Er is nog geen datum vastgelegd waarop de meldingsplicht ingaat. In de toekomst zullen dergelijke gegevens dus wel verzameld en toegepast kunnen worden. In het kader van de VRAG-rapportering werden voor een zeer beperkt aantal bedrijven oppervlaktewatercaptaties geïnventariseerd uit onbevaarbare waterlopen. Voor deze gekende dossiers werd het naburige waterloopsegment geïdentificeerd, en toegevoegd op onderstaande figuur. Op die manier werden voor 732 m³ onttrekkingen (op jaarbasis)

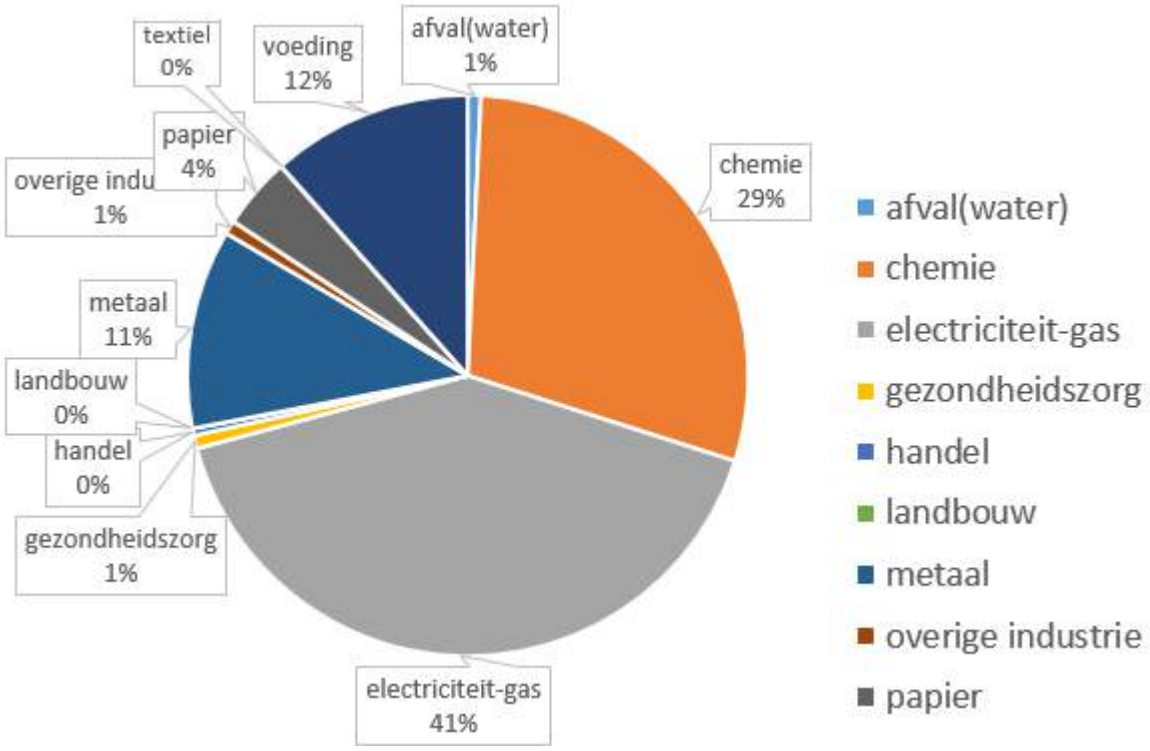
ingeschat uit onbevaarbare waterlopen afkomstig van 4 dossiers. Dit is vermoedelijk een sterke onderschatting van de realiteit, gezien de beperkte beschikbare gegevens van onttrekkingen uit onbevaarbare waterlopen.

Daarnaast zijn ook de onttrekkingsgegevens voor landbouw en natuur zeker niet volledig opgenomen in de opgemaakte databank. Voor de bevaarbare waterlopen en kanalen zijn de ligging van de captatiepunten bekend, maar hoeveel water onttrokken wordt is enkel gekend bij de vergunningsplichtige captaties (> 500 m3/jaar). Voor de onbevaarbare waterlopen zijn de onttrokken hoeveelheden minder gekend aangezien de onttrekkingen niet vergunningsplichtig zijn. Sinds kort is er wel een wetgevend kader voor meldingsplicht, maar aan het uitvoeringsbesluit wordt nog gewerkt. Volgens een ruwe raming o.b.v. de gegevens i.k.v. de IMJV-rapporteringen wordt er door de landbouw in totaal in Vlaanderen 1,25 tot 2 Mm3/jaar water uit de onbevaarbare waterlopen onttrokken in gans Vlaanderen. In het licht van de overige onttrekkingen op het grondgebied van Gent alleen is deze onttrekking gering. Bij gebrek aan nauwkeurigere gegevens omtrent de watervraag vanuit oppervlaktewaters op Gents grondgebied wordt de watervraag vanuit landbouw en natuur (voor verbruikers met een jaarlijks volume <500 m³/jaar) dan ook verwaarloosd.



Figuur 22: Overzicht van de gekende captaties uit oppervlaktewaters.

Analyse van de verzamelde cijfers leert dat er een effectieve jaargemiddelde captatie uit de oppervlaktewaters op grondgebied Gent is van circa 201 miljoen m³ per jaar. Figuur 23 toont de verdeling van dit volume over de verschillende sectoren. Vanzelfsprekend is de sector energie-gas de grootste gebruiker van oppervlaktewaters. Het merendeel van dit water wordt als koelwater gebruikt en vervolgens terug geloosd (zie ook verder in deze paragraaf). Deze volumes zijn dus geen "netto verbruik", maar wel een indicatie van het gecapteerd volume. Op de tweede plaats komt de chemische sector, met een aandeel van ongeveer 29% in het totaal effectief captatievolume uit oppervlaktewaters in Gent. Ook in deze sector zijn er significante lozingsvolumes. Op de derde plaats komt de voedingssector.

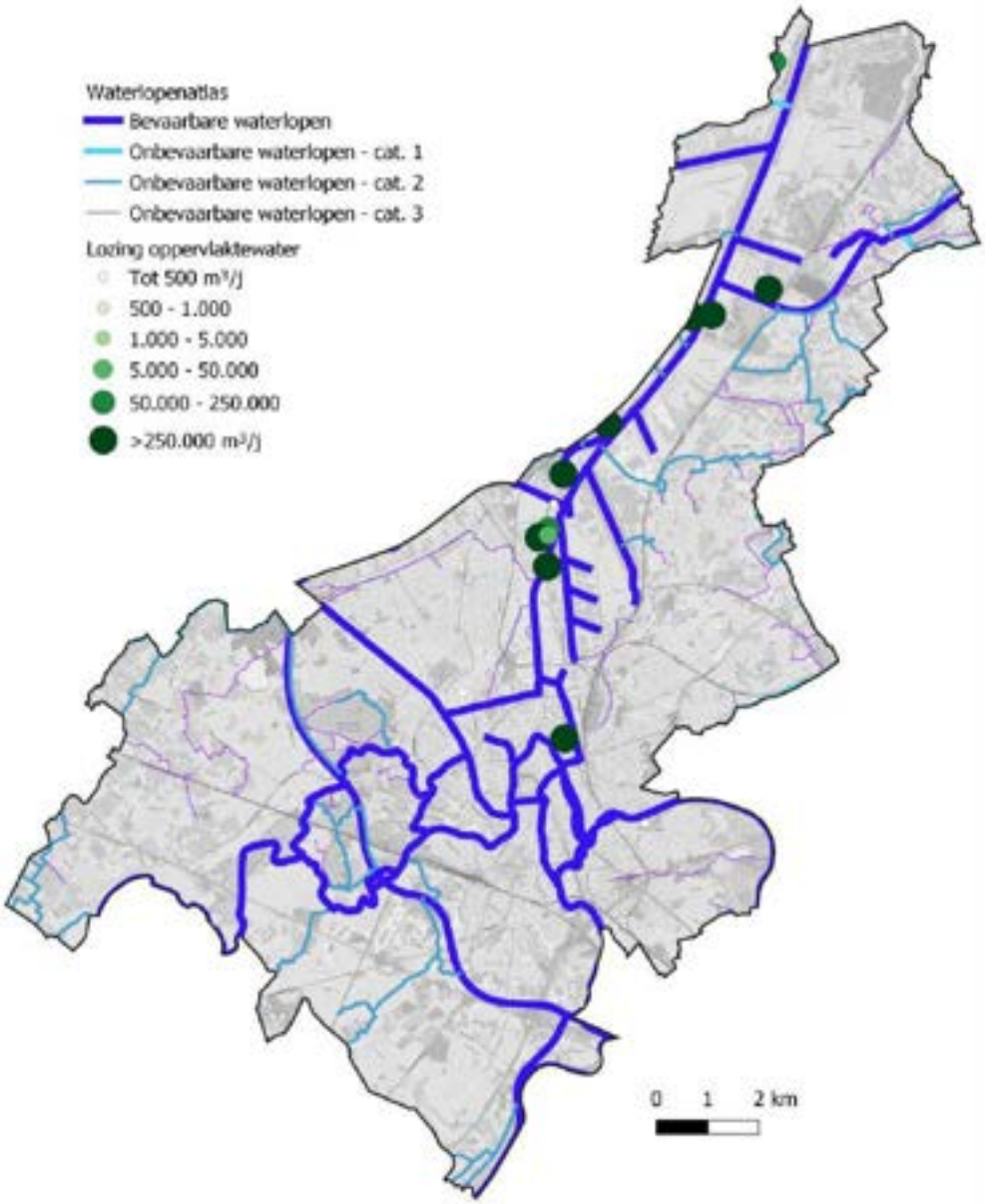


Figuur 23: Overzicht van de gekende captaties uit oppervlaktewaters per sector.

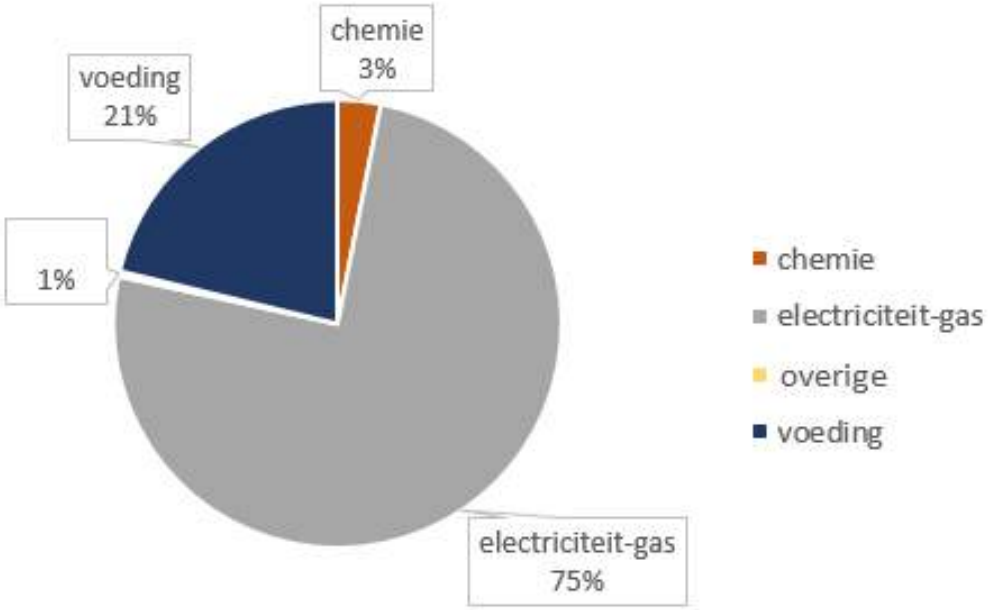
Zoals beschreven worden deze volumes niet integraal "verbruikt", maar komt een deel van de captatie terug terecht in de oppervlaktewaters. Dit is bijvoorbeeld het geval voor koelwater dat gecapteerd wordt in de energie-, chemische of metaalsector. Een groot deel van de gecapteerde volumes worden dus ook opnieuw geloosd. Op basis van IMJV-rapportering en de individuele gerapporteerde bedrijfslozingen werden de lozingen in kaart gebracht. In totaal wordt er gemiddeld na gebruik zo'n 109 miljoen m³ water per jaar geloosd door bedrijven in de oppervlaktewaters op Gents grondgebied.

Figuur 24 toont de geïdentificeerde lozingspunten. Deze bevinden zich voornamelijk langs het Kanaal Gent-Terneuzen, waarlangs de meeste industrie gelegen is. Daarnaast toont Figuur 25 de verdeling van deze lozingsvolumes over de verschillende sectoren. Van de 109 miljoen m³ aan totaal jaarlijks lozingsvolume komt ongeveer 75% van de energiesector. Ongeveer 21% is afkomstig van de voedingssector, en 3% van de chemische industrie. De overige sectoren stellen bijgevolg nog slechts grootteorde 1% voor van de geloosde volumes.

Tot slot moet opgemerkt worden dat de geloosde volumes niet allen volledig afkomstig zijn van onttrekkingen uit oppervlaktewaters. Deze kunnen ook hun oorsprong hebben in grondwateronttrekkingen.



Figuur 24: Overzicht van de locaties waar lozingen op de oppervlaktewaters geïnventariseerd werden.



Figuur 25: Overzicht van de gekende lozingen naar oppervlaktewaters per sector.

Naast bovenstaande bedrijfslozingen is er ook een effluentstroom vanuit de RWZI's naar de oppervlaktewaters. Deze worden apart besproken in §4.1.5.5.

2.1.4 Schuttingsverliezen

Naast de captaties vanuit de oppervlaktewaters, vormen ook schuttingsverliezen bij het versassen van schepen een belangrijk watergebruik. Dit is van belang bij het Kanaal Gent-Terneuzen. Bij de bespreking van verzilting (§3.5.1) wordt dit aspect verder besproken. Zo wordt per versassing circa 28.116 m³ zoetwater afgevoerd richting Noordzee. Uitgaande van 9.000 schuttingen per jaar, komt men dus aan een "verlies" van 8 m³/s, oftewel 253 miljoen m³ per jaar. Dit water moet via de Ringvaart, Moervaart, Avrijevaart en andere kleinere lopen (ook, zij het beperkter, in Nederland) aangevoerd worden. Om de verzilting tegen te gaan, is nog een groter debiet nodig. Schattingen geven aan dat daarvoor 13 m³/s aanvoer nodig is (Willems et al., 2020).

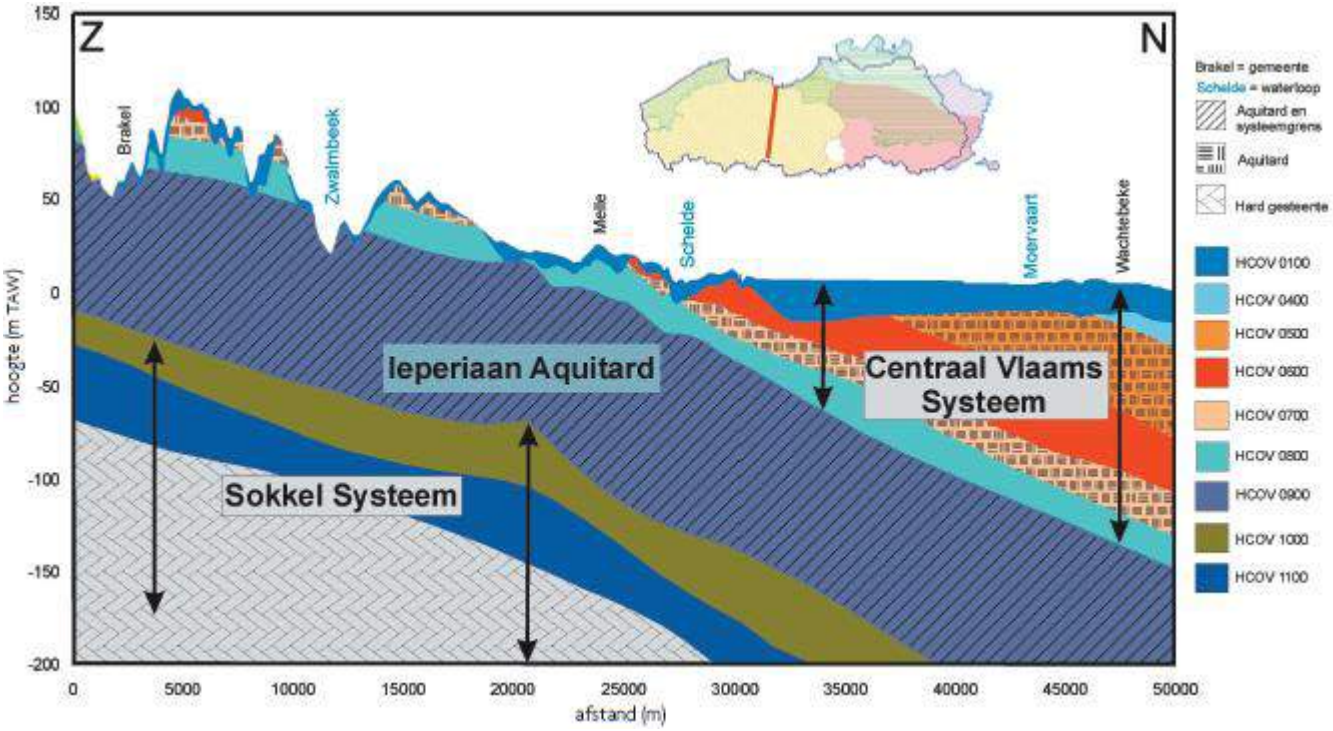
2.2 Freatisch grondwater

2.2.1 Hydrogeologische opbouw

Vlaanderen is opgedeeld in zes grondwatersystemen. Een grondwatersysteem kan beschouwd worden als een complex van verschillende lagen in de ondergrond die als één geïsoleerd geheel werken. De grenzen van de grondwatersystemen zijn dus gebaseerd op de fysische kenmerken van de grondwaterreservoirs, en zijn vaak duidelijke barrières voor de grondwaterstroming zoals dikke kleilagen, geologische begrenzingen, grondwaterscheidingen, etc. (VMM, 2008). Stad Gent ligt volledig binnen het Sokkelsysteem, met daarboven het Centraal Vlaams Systeem. Het grondgebied Gent omvat dus (boven elkaar) 2 grondwatersystemen, die echter nauwelijks met elkaar in verbinding staan.

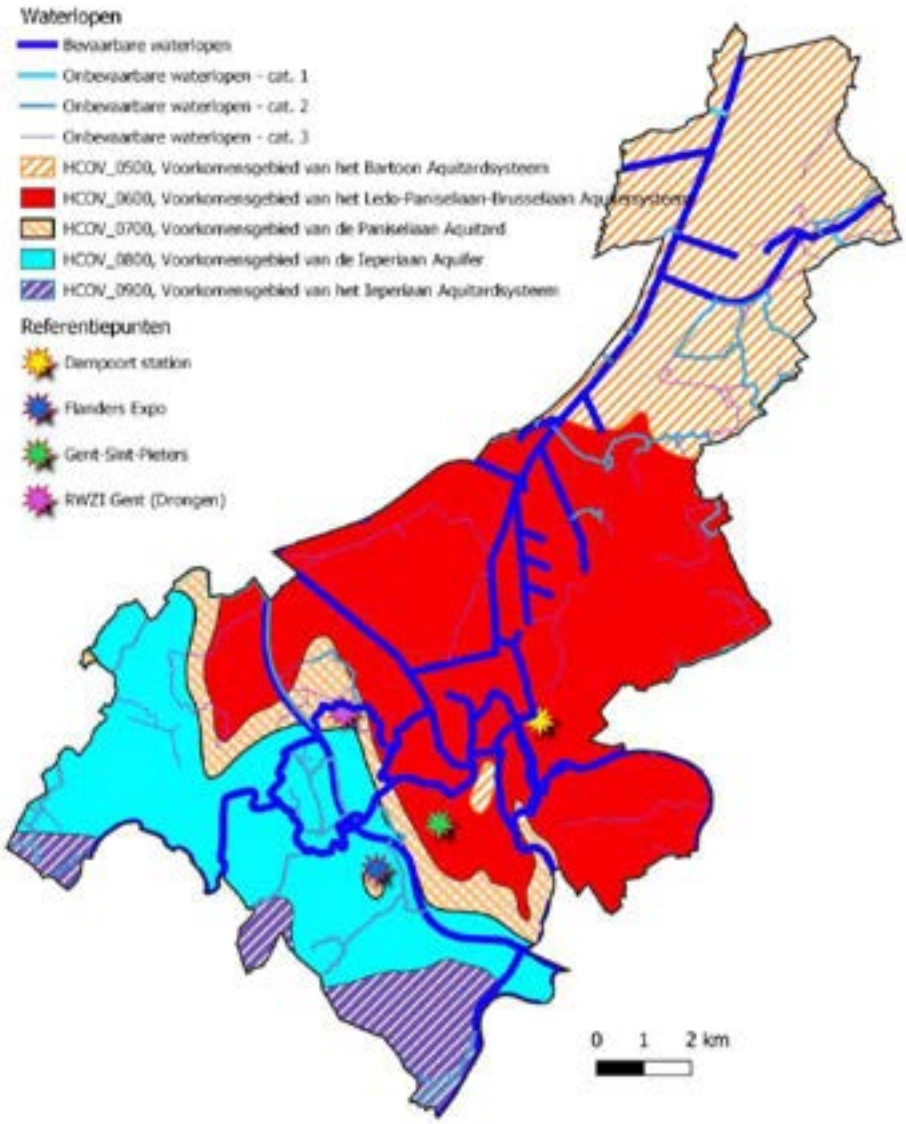
Het Centraal Vlaams Systeem bevat volgende belangrijke aquifers (i.e. een relatief goed doorlatende laag) en aquitards (i.e. een slechtdoorlatende laag): de Quartaire Aquifersystemen (HCOV 0100), het Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0400), het Bartoon Aquitardsysteem (HCOV 0500), het Ledo Paniseliaan Brusseliaan Aquifersysteem (HCOV 0600), de Paniseliaan Aquitard (HCOV 0700) en de Ieperiaan Aquifer (HCOV 0800). Onderaan wordt het Centraal Vlaams Systeem afgesloten door het

Ieperiaan Aquitardsysteem (HCOV 0900), met daaronder het Sokkelsysteem. Al deze lagen komen ook voor op grondgebied Gent, maar het is niet zo dat op elke locatie in Gent al deze lagen tegelijk voorkomen. De lagen hellen licht af naar het noorden, zodat de oudere afzettingen naar het noorden toe dieper voorkomen (VMM, 2008). Figuur 26 toont het zuid-noord profiel doorheen het Centraal Vlaams Systeem en het Sokkelsysteem ter hoogte van Gent. De Schelde en Moervaart zijn hierop aangeduid. Uit de snede is af te leiden dat op de meeste plaatsen in Gent een relatief dikke Quartaire Aquiferlaag aanwezig is (tot circa 20 meter dikte), maar deze laag is dunner dicht tegen de Schelde (ongeveer op as tussen Sint-Pieters en Gentbrugge). Onder de quartaire laag wordt voornamelijk het Bartoon Aquitardsysteem (dus een slecht doorlatende laag) teruggevonden, alsook het Ledo Paniseliaan Brusseliaan Aquifersysteem. De Panesiliaan Aquitard en Ieperiaan Aquifer komen ook als eerste laag voor onder de Quartaire Aquifer in het zuiden van het grondgebied Gent.



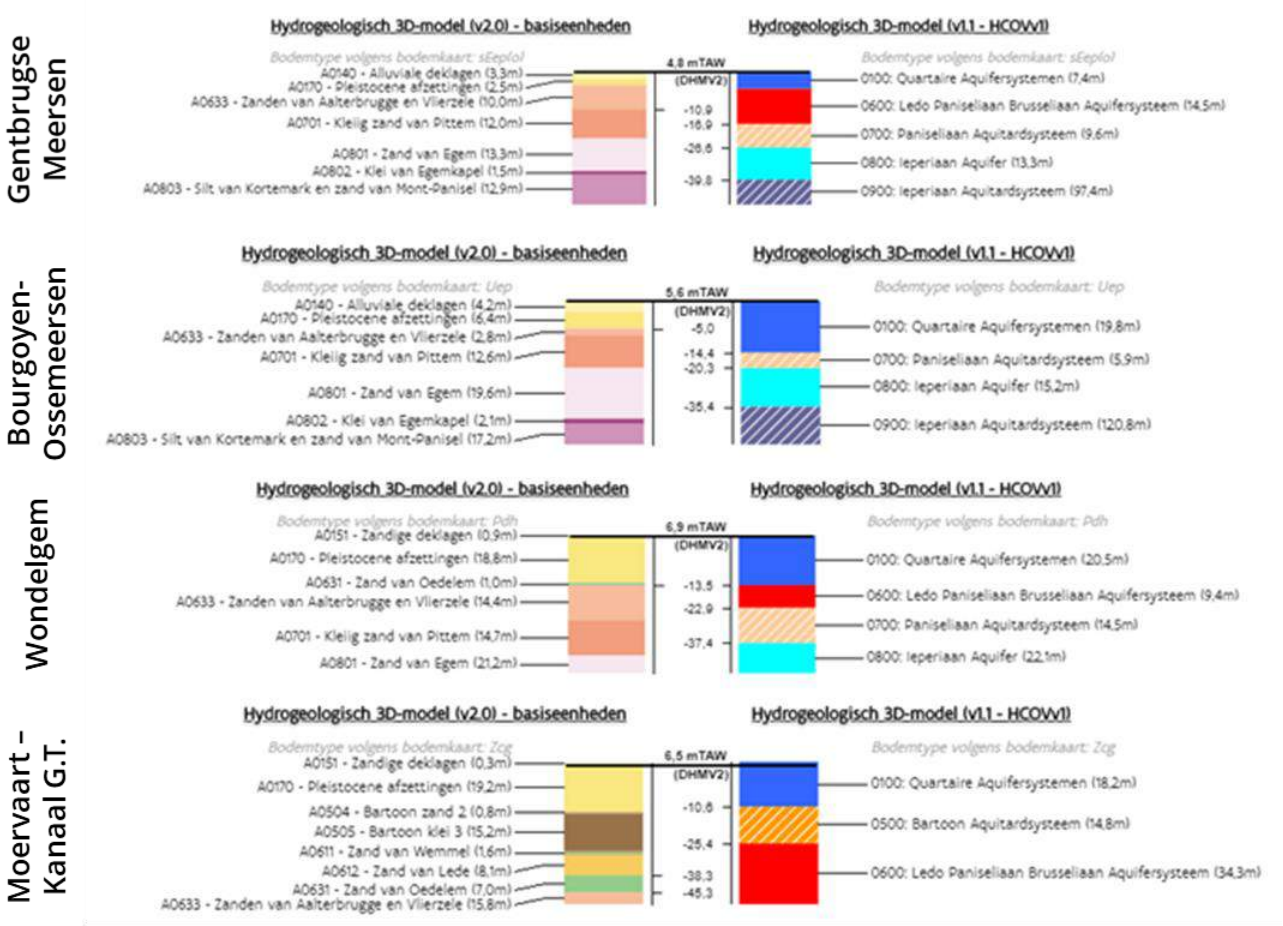
Figuur 26: Zuid-noord profiel door het Centraal Vlaams Systeem en het Sokkelsysteem (bron: VMM – Afdeling Operationeel Waterbeheer).

Figuur 27 toont het voorkomen van de (bovenste) HCOV kartering onder de Quartaire Aquifer. De Quartaire Aquifer is overal aanwezig in Gent als bovenste laag, en daarom niet opgenomen in deze kaart. In het noorden van Gent ligt het jongere Bartoon Aquitardsysteem als eerste onder de Quartaire laag, en naarmate meer zuidwaarts gegaan wordt komen de oudere lagen hoger te liggen (nl. het Ledo-Paniseliaan-Brussel Aquifersysteem, de Paniseliaan Aquitard, de Ieperiaan Aquifer en tot slot het Ieperiaan Aquitardsysteem). Aangezien de Quartaire Aquifer overal behoorlijk dik is (veelal 20 meter, behalve op de as Gent-Sint-Pieters tot Gentbrugge waar de Quartaire Aquifer slechts circa 5 meter dik is), komen deze HCOV-eenheden dieper voor. Het freatisch grondwaterpeil ligt dus overal binnen de Quartaire Aquifer, en boven de andere HCOV-eenheden.



Figuur 27: Hydrogeologische eenheid die het eerst voorkomt onder de quartaire laag (de quartaire aquifer is niet getoond).

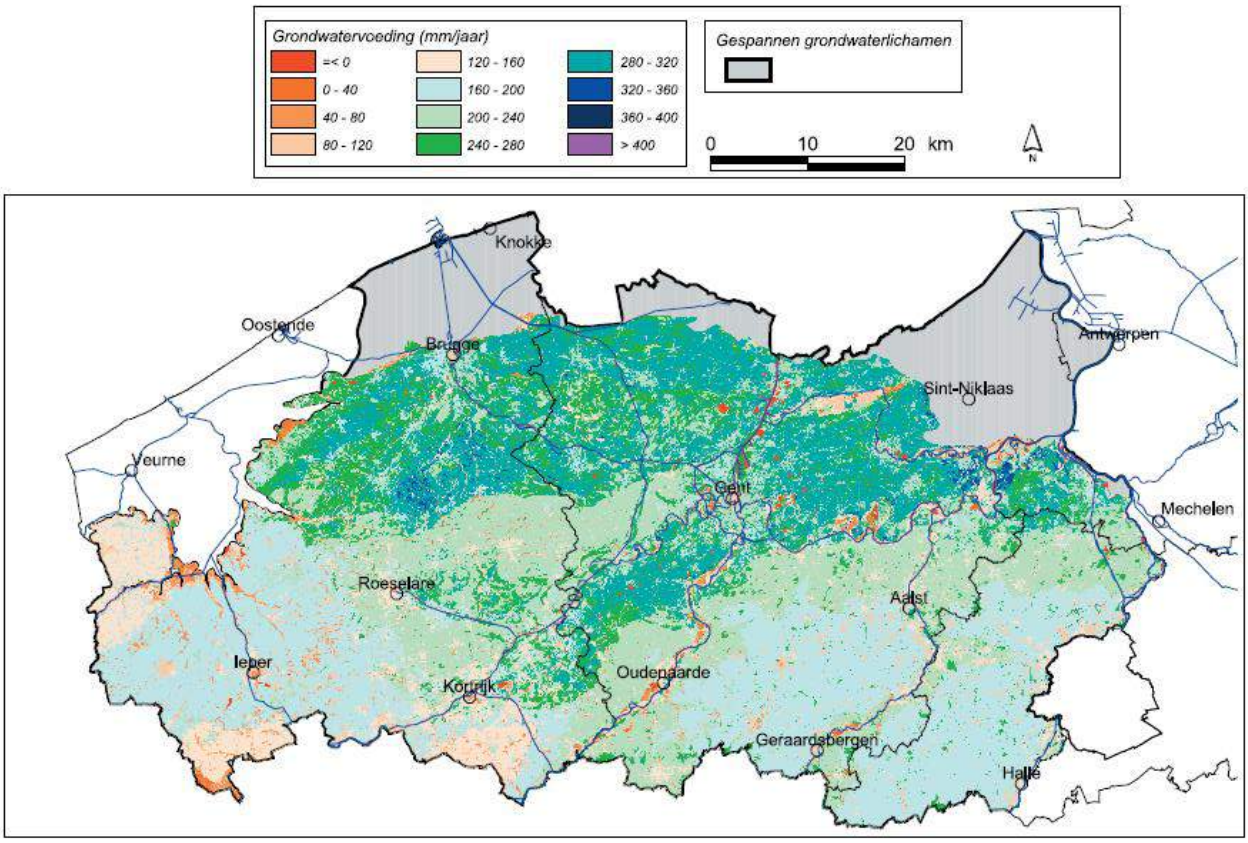
Om de diktes van de verschillende hydrologische eenheden beter te illustreren, toont Figuur 28 vier snedes: ter hoogte van de Gentbrugse meersen (met een dunne Quartaire Aquifer), de Bourgoyen-Ossemeersen, Wondelgem en bij de monding van de Moervaart in het Kanaal Gent-Terneuzen. De snedes zijn beperkt tot 50 m-MV. De rechterhelft van de figuur toont de belangrijkste HCOV-codes, tezamen met hun dikte van voorkomen. De linkerhelft toont de basiseenheden van de hydrogeologie, en toont dus bijvoorbeeld welke afzettingen voorkomen in de Quartaire Aquifer (en andere HCOV-lagen).



Figuur 28: Doorsnedes van de hydrogeologie (basiseenheden links, HCOV-codering rechts) voor 4 locaties: Gentbrugse Meersen, Bourgoyen Ossemeersen, Wondelgem en ter hoogte van de monding van de Moervaart in het Kanaal Gent-Terneuzen.

De bovenste laag, de Quartaire Aquifer, is voor deze studie het meest relevant. Het is immers de laag die dagzoomt en bijgevolg het sterkst geïmpacteerd wordt door meteorologische droogtes. De Quartaire Aquifer op zich bestaat op haar beurt uit verschillende subeenheden, zoals ophogingen (HCOV 0110), Alluviale deklagen (HCOV 0140) of bijvoorbeeld Pleistocene afzettingen (HCOV 0160). De samenstelling van de Quartaire Aquifer is zeer heterogeen. Figuur 28 toont in de linkerkolom de subeenheden die voorkomen bij de vier snedes ter illustratie. Het is alleszins duidelijk dat dit een heterogene samenstelling is, met o.a. Alluviale deklagen, Pleistocene afzettingen, en Zandige deklagen (elk sterk variërend in grootte en dikte). Er wordt verwezen naar de beschrijving van de bodem voor meer inzicht in de opbouw bovenste lagen (zie §2.3.1.3).

Figuur 29 toont tot slot de jaargemiddelde grondwatervoeding volgens de studie van Batelaan et al. (2007). Gemiddeld voor Vlaanderen bedraagt de grondwatervoeding 222 mm met een standaarddeviatie van 83 mm, waarvan gemiddeld 227 mm in de winter en -5 mm in de zomer. Vooral verschillen in bodemtextuur verklaren de ruimtelijke verschillen op deze kaart. Op grondgebied Gent zijn de gesimuleerde grondwatervoedingen in globo iets hoger dan het Vlaams gemiddelde: circa 280 mm/jaar.



Figuur 29: Gemiddelde jaarlijkse grondwatervoeding in het Vlaams Centraal Systeem (Batelaan et al., 2007)

Er zijn geen grondwaterwingebieden voor de productie van drinkwater en bijhorende beschermingszones op grondgebied Gent. Het stroomgebied van de Meirebeek watert wel af naar het waterproductiecentrum van Kluizen, maar het stroomgebied op Gent grondgebied is relatief beperkt in vergelijking met de totale captatieoppervlakte.

2.2.2 Grondwaterwinningen en bemalingen

Gent is een waterrijk gebied door de kruising van verschillende natuurlijke waterlopen, die nog aangevuld werden met (grote en kleine) kanalen. Daardoor heeft de waterintensieve industrie en handel zich in de loop der tijd vooral gericht op het gebruik van de oppervlaktewaters. In vergelijking met de captaties uit oppervlaktewaters zijn de grondwaterwinningen relatief beperkt. De grondwaterwinningen en bemalingen worden in deze paragraaf uitgebreid toegelicht.

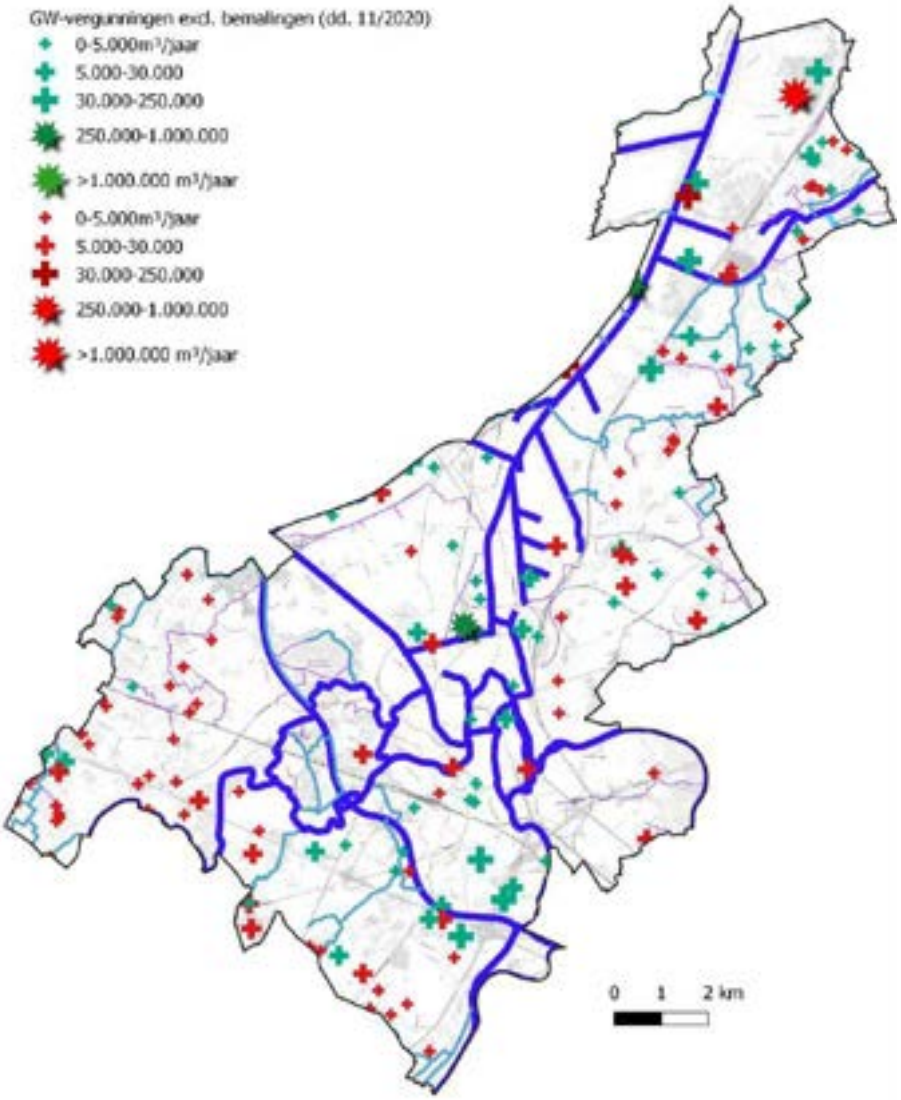
De grondwaterwinningen omvatten 3 soorten winningen:

- Winningen voor watergebruik
- Bemalingen voor (tijdelijke) bouwwerken
- Permanente bemalingen omwille van bouwkundige redenen (drainages)

Om deze winningen in kaart te brengen, wordt eerst een analyse gemaakt van alle actieve vergunningen. Hiertoe werden de actieve vergunningen opgevraagd via GeoPunt uit de DOV databank, en gecombineerd met bemalingsvergunningen van Stad Gent. Omdat wellicht niet alle bemalingen en permanente drainages opgenomen zijn in de DOV databank of door het ontbreken van een opgegeven begin- en einddatum als niet-actief gemarkeerd werden in de analyse, werden alle vergunningen voor bemalingen en permanente drainages (VLAREM rubriek 53.2 en 53.3, 53.4, 53.5) uit de GeoPunt dataset verwijderd, en vervangen door de aangeleverde bemalingsvergunningen van Stad Gent (zie verder).

De actieve vergunningen zoals opgenomen in de DOV databank (exclusief tijdelijke bemalingen en permanente drainages) dd. november 2020 omvatten een totaal vergund volume van 4.81 miljoen m³/jaar, verdeeld over 172 dossiers. Dit omvat zowel diepe (70 dossiers; 2.36 miljoen m³/jaar) als ondiepe (102; 2.46 miljoen m³/jaar) vergunningen. Merk op dat de heffingendatabank (zie hieronder) meer dossiers omvat. Dit is wellicht te wijten aan het selecteren van "actieve" vergunningen uit de DOV-databank. Dossiers waar de datum ontbreekt en dus niet met zekerheid gesteld kan worden of ze nog actief zijn, werden genegeerd. De gegevens van de heffingendatabank hieronder is meer compleet, en omvat bovendien een inschatting van de reëel opgepompte volumes.

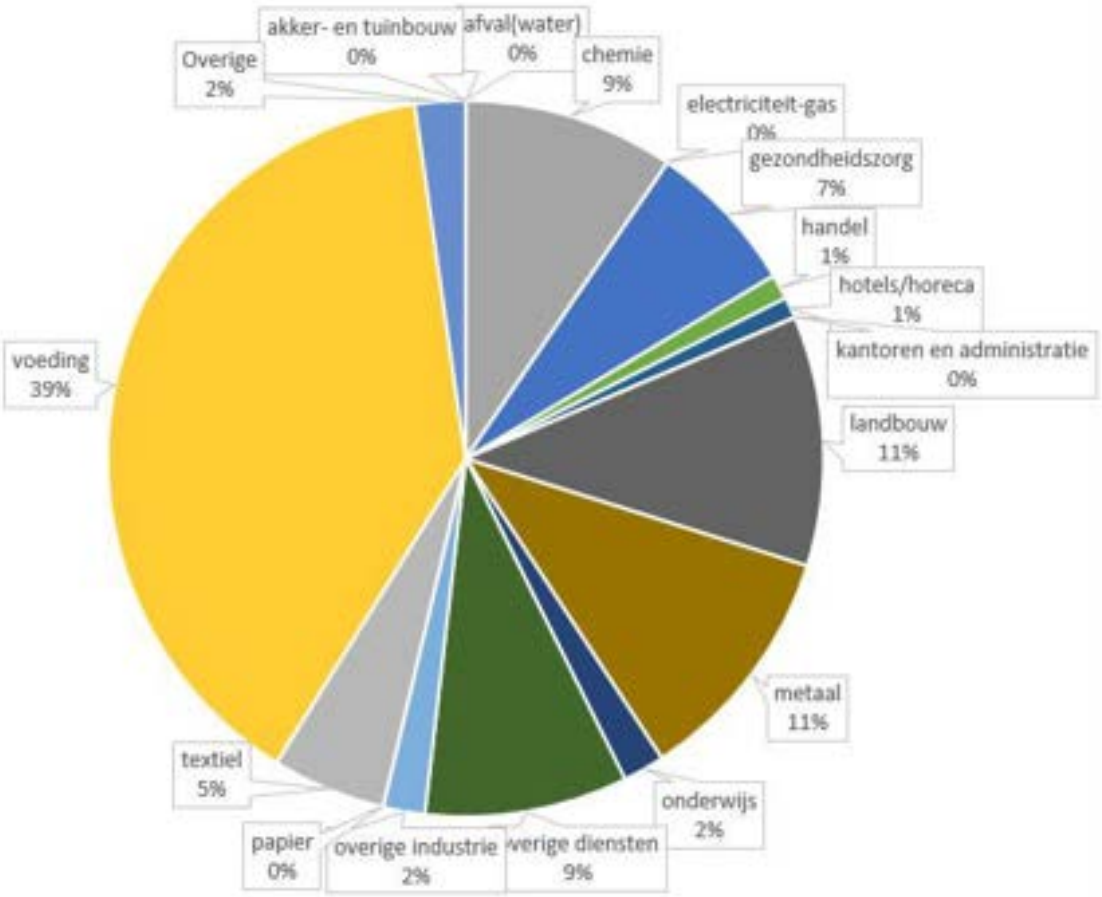
Figuur 30 toont het overzicht van alle geïnventariseerde vergunningen uit de DOV databank (exclusief bemalingen en permanente drainages). De kruisjes tonen de niet-bemalingsvergunningen. De niet-bemalingsvergunningen zijn bovendien onderverdeeld in grondwaterwinningen uit de ondiepe (freatische; rood gemarkeerd) en diepe (groen) grondwaterlagen.



Figuur 30: Overzicht van de grondwatervergunningen exclusief bemalingen en permanente drainages (dd. november 2020). Groen wijst op diepe grondwaterlagen, rood op ondiepe (freatische) winningen.

De vergunde volumes zijn echter niet noodzakelijk de volumes die ook werkelijk gecapteerd worden. In de praktijk worden gewoonlijk hogere volumes aangevraagd dan reëel opgepompt worden. Om de reële volumes in te schatten, werd verder gewerkt op de VRAG-databank (Willems et al., 2020) die reeds beschreven werd in §2.1.3. Deze omvat alle dossiers waarover grondwaterheffingen betaald moeten worden. In de praktijk zijn dit alle winningen, behalve o.a. bemalingen en permanente drainages (die nodig zijn voor bouwkundige constructies) en winningen met een jaarlijks volume kleiner dan 500 m³. Bovendien zijn hier, in tegenstelling tot de vergunde volumes, wél reëel opgepompte volumes beschikbaar.

De geconsolideerde Heffingendatabank omvat 243 dossiers voor grondwaterwinning waarvoor heffingen betaald moeten worden, voor een totaal volume van 2,78 miljoen m³. Dit is dus ongeveer 60% van de vergunde volumes (exclusief bemalingen en permanente drainages). Dit volume is bovendien de som van de diepe en ondiepe winningen. De heffingendossiers werden vervolgens gerelateerd (waar mogelijk) aan vergunningsdossiers om te bepalen of het water uit diepe dan wel ondiepe lagen onttrokken wordt. De analyse gaf aan dat circa 1,24 miljoen m³/jaar uit de ondiepe freatische lagen gewonnen wordt waarover heffingen betaald moeten worden, en 1,55 miljoen m³/jaar uit de diepere lagen. Figuur 31 toont de grondwaterwinvolumes per sector waarover heffingen betaald moeten worden (van zowel diepe als ondiepe lagen).



Figuur 31: Verdeling van de grondwaterwinvolumes waarover heffingen betaald moeten worden (diepe + ondiepe lagen) per sector.

Naast de vergunningen hierboven beschreven, zijn er ook (1) tijdelijke vergunningen voor bemalingen en (2) permanente drainages. Deze werden uit de gerapporteerde data hierboven gefilterd. De hierboven beschreven cijfers zijn dus exclusief deze twee types vergunningen. Om deze types op te nemen in de dataset, werd gebruikt gemaakt van de vergunningsdatabank van Stad Gent. Hiertoe

analyseerde Stad Gent alle tijdelijke bemalingen met VLAREM rubriek 53.2. Sinds april 2019 houdt de stad een geschatte start- en einddatum bij per exploitant. De databank van Omgevingsprojecten omvat 333 vergunningen/aktenames voor nieuwe/hernieuwde vergunningen met rubriek 53.2 op grondgebied Gent voor de periode 1 januari 2018 tot 31 oktober 2020. Dit zijn dus de Omgevingsprojecten die beslist werden in 2018 tot november 2020. Van deze vergunningen/aktenames werd becijferd dat er 183 lopende vergunningen/aktenames zijn in de periode 1/11/2019 tot 31/10/2020 met een totaal opgepompt volume van 3.969.876 m³ over deze periode. Voor de helft van deze dossiers werd als voorwaarde opgelegd dat hergebruik van bemalingswater mogelijk dient te zijn.

Dit cijfer van 3.969.876 m³/jaar ligt ook in lijn met dat van andere jaren (zie Figuur 32). Het kleiner volume van 2018 is mogelijks te wijten aan het feit dat 2018 een overgangsjaar was waarin het aanvragen van een Omgevingsvergunning nieuw was. Het jaar 2020 geeft een kleiner volume omdat enkel tot november meegenomen is in de cijfers.

Gecoordineerde toestand rubriek	2018	2019	2020
53.2.1°a)	8.284,92		
53.2.1°b)		1.970,00	650,00
53.2.2°a)	938.286,14	1.244.890,06	1.298.364,62
53.2.2°b)1°	1.273.608,80	884.766,80	468.907,00
53.2.2°b)2°	946.829,50	2.431.578,36	1.026.398,00
Total	**3.167.009,36**	**4.563.205,22**	**2.794.319,62**

Figuur 32: Overzicht van de vergunde volumes voor 2018, 2019 en 2020 (tot november).

Daarnaast analyseerden de stadsdiensten van Gent ook de permanente bemalingen (VLAREM rubrieken 53.3, 53.4 en 53.5). Gezien het permanente karakter van deze bemalingen werd de ganse databank geanalyseerd met data sinds 1991. In de dataset van de milieuvergunningen en omgevingsprojecten van de stad zijn er 25 vergunningen/aktenames voor rubrieken 53.3, 53.4 en 53.5 op grondgebied Gent gekend. Van deze vergunningen/aktenames wordt becijferd dat er nog 13 permanente drainages actief zijn. Voor 2 dossiers is het opgepompte volume gekend met een totaal van 505.120 m³/jaar. Voor de 11 overige dossiers wordt de drainage aangegeven als "1 stuk", en is het niet mogelijk om een volume te becijferen. Wel werd voor de helft van deze dossiers ook rubriek 53.8 vergund, waardoor de hoeveelheid opgepompt water via de heffingendatabank in rekening gebracht werd. Deze zijn dus wel opgenomen in de totale analyse, maar niet inbegrepen in het getal 505.120 m³/jaar.

Verder wordt opgemerkt dat sommige gekende drainages (zoals de parking van de Vrijdagsmarkt, de sociale woonblokken aan de Jubileumlaan, etc.) ofwel niet vergund zijn, ofwel vergund werden onder een andere rubriek (bijvoorbeeld bedrijfsafvalwater). Deze drainages werden dus niet in rekening gebracht.

In totaliteit werden op deze manier 368 actuele vergunningen geïnventariseerd op grondgebied Gent, voor een totaal jaarlijks vergund volume van 7,26 miljoen m³ (uit de diepe en ondiepe lagen). De kleinere meerderheid hiervan is gerelateerd aan de tijdelijke bemalingsvergunningen en permanente drainages: 4,47 miljoen m³. De overige 2,78 miljoen m³ zijn voornamelijk industriële grondwaterwinningen. Deze winningen omvatten zowel grondwatervergunningen voor de diepe als ondiepe lagen.

Het is zeker dat de inventarisatie niet alle reële winningen omvat. In de praktijk zijn er nog meer winningen. Zo zijn er ook steeds meer particulieren (en bedrijven) die kleine winningen voorzien voor eigen gebruik. Er geldt een meldingsplicht voor dergelijke winningen en bovendien moet er een saneringsbijdrage betaald worden. De saneringsbijdrage is verschillend voor eigen waterwinners die wel of niet aangesloten zijn op het leidingwaternetwerk. Zonder dergelijke aansluiting wordt een

gemeentelijke vergoeding berekend met een vastrecht van €30/jaar per woning, te verminderen met €6/jaar per bewoner (zoals ook voor woningen die enkel aangesloten zijn op het netwerk en geen eigen waterwinner zijn). Daarnaast wordt een variabele prijs aangerekend op basis van een forfaitair waterverbruik van 30 m³/jaar. Voor eigenwinners die ook aangesloten zijn op het leidingwaternetwerk wordt het vastrecht maar één keer aangerekend, en wordt een variabele prijs ingerekend voor eigen waterwinning aan een verbruik van 10 m³/jaar per ingeschreven persoon. Farys gaf aan dat in 2020 er 2335 "eigenwinners" (i.e. particulieren met een grondwaterwinningsput voor eigen gebruik) zijn. Wellicht geeft echter niet elke particulier zo'n winning aan, waardoor het reëel aantal mogelijks nog iets hoger zal liggen. Bovenstaande volumes (en vergunningen) bevatten in totaliteit geen cijfers van de eigenwinners. Er is bovendien het sterke vermoeden dat het aantal eigenwinners, o.a. door de droogte van 2017-2020, snel toeneemt. Aangezien er geringe controle is op de winning bij eigenwinners, is dit echter een zorgwekkende tendens.

Tabel 1: Aantal gekende eigenwinners (particulieren met een winningsput) per deelgemeente (bron: Farys).

Deelgemeente	Aantal gekende eigenwinners
Afsnee	58
Desteldonk	11
Drongen	639
Gent	323
Gentbrugge	67
Ledeberg (Gent)	19
Mariakerke (Gent)	213
Mendonk	4
Oostakker	331
Sint-Amandsberg (Gent)	236
Sint-Denijs-Westrem	106
Sint-Kruis-Winkel	9
Wondelgem	98
Zwijnaarde	221
TOTAAL	2,335

Figuur 33 toont samenvattend de veronderstelde jaarlijkse volumes die uit grondwater gewonnen worden, met onderscheid van de diepe en ondiepe lagen. De getallen zijn uitgedrukt in m³/jaar. In totaliteit wordt verondersteld dat er dus 5,72 miljoen m³/jaar onttrokken wordt uit het freatisch grondwater, en 1,55 miljoen m³/jaar uit de diepere lagen.

Figuur 33: Samenvatting van de veronderstelde reële winvolumes op grondgebied Gent [m³/jaar].

2.3 Landgebruik en bodem

Het landgebruik en de bodemgesteldheid spelen een belangrijke rol in de waterhuishouding en bijgevolg de droogteproblematiek. Verharding die aangesloten is op de riolering zorgt bijvoorbeeld voor een versnelde afvoer en vermindert grondwatervoeding, terwijl vegetatie een watervraag inhoudt. Landgebruik en bodem hebben bijgevolg een directe impact op zowel de watervraag als het –aanbod. Daarom wordt landgebruik in deze sectie geanalyseerd op vlak van (1) verharding, (2) bodemgesteldheid, en (3) natuur en landbouw.

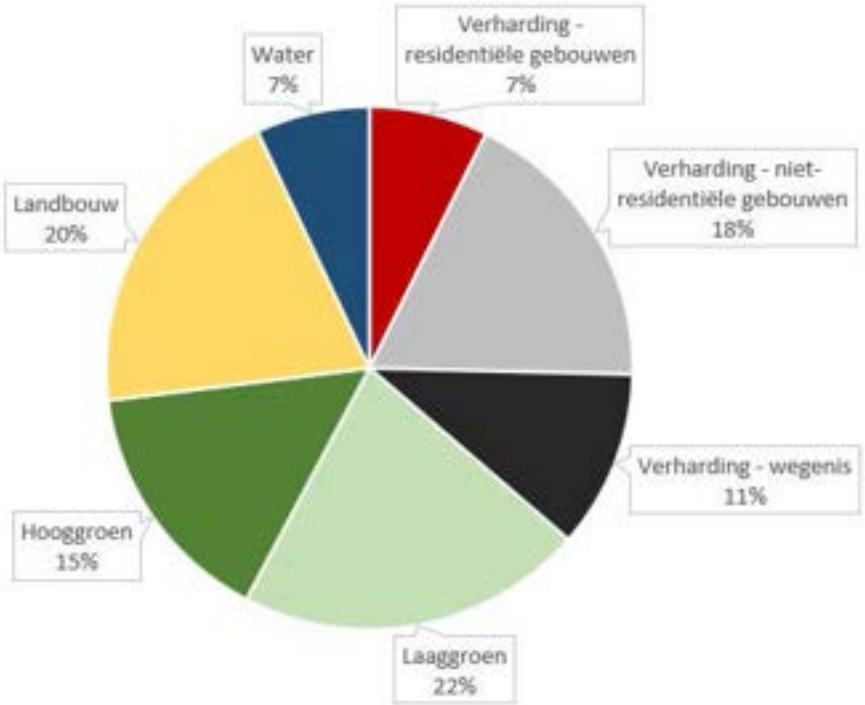
2.3.1.1 Samenvatting landgebruik

Figuur 34 toont samenvattend het landgebruik voor stad Gent, opgedeeld naar groen, verharding en water. Dit werd berekend op basis van een combinatie van verschillende GIS bronnen: de Bodemafdekkingskaart Vlaanderen (2015), de Biologische Waarderingskaart van stad Gent (versie 2019), de Groenkaart Vlaanderen (2012), het Bodemgebruiksbestand Vlaanderen en Brussel, het Grootschalig Referentie Bestand (GRB) en de Landbouwgebruikspercelen (2018). Door de soms beperkte ruimtelijke resolutie van kaarten zijn onderstaande cijfers niet als exact te interpreteren. De berekeningen achter deze cijfers worden verder toegelicht in onderstaande paragrafen §2.3.1.2 - §2.3.1.4.

Uit deze analyse blijkt dat stad Gent voor ongeveer 36% verhard is, oftewel 57,3 miljoen m². Door onder andere de aanwezigheid van de haven ligt dit cijfer significant hoger dan de verharding van andere centrumsteden die op een gelijkaardige manier berekend werden: Mechelen: 23,8% en Leuven 28%. De verharding werd benaderend verder onderverdeeld in categorieën. Zo blijkt grootteorde 20% van de verharding afkomstig van residentiële percelen, 50% van niet-residentiële percelen en de overige grootteorde 30% van wegenis (inclusief spoorwegbeddingen). Informatie Vlaanderen voerde daarnaast een veel gedetailleerdere analyse uit van de aanwezige verharding in Gent (Informatie Vlaanderen, 2018). Die analyse, op basis van de bodembedekkingskaart 2012 geeft aan dat er een afdekkingspercentage (verharding) in Gent is van 41.0 % (±1.2% onzekerheidsmarge). Het verschil tussen beide is in hoofdzaak te wijten aan (1) de fijnere resolutie en classificatie die deels manueel gebeurde door Informatie Vlaanderen en Stad Gent, en (2) correcties voor overhangend groen (in de analyse van voorliggende studie werden deze als “groen” gecategoriseerd, zonder rekening te houden of er verharding onder zit). De schatting van Informatie Vlaanderen is meer betrouwbaar dan de hierboven beschreven 36%, maar niet alle brondata is aanwezig om de nodige

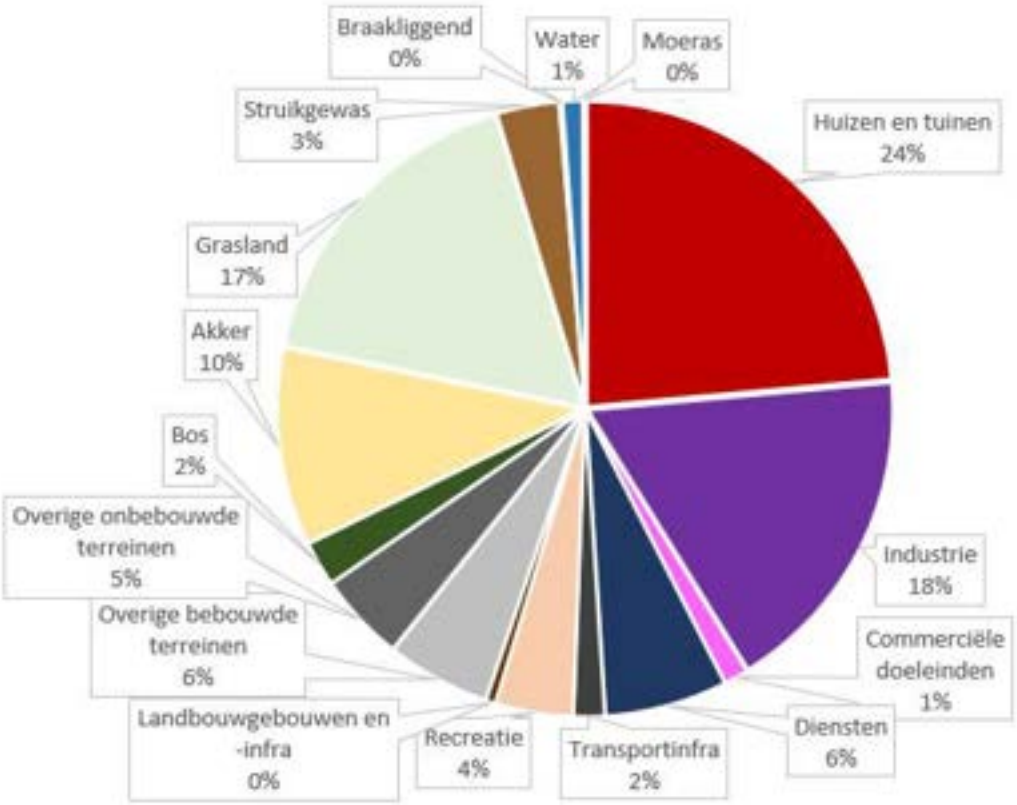
analyses voor de rest van de studie hierop uit te voeren. Daarom wordt verder gewerkt met de uitgebreidere set brondata die 36% verharding aangeeft.

Daarnaast is er ongeveer 22% van het grondgebied "laaggroen" (zoals struiken, graslanden, meersenvegetaties, ...), 15% hooggroen (bomen) en 20% landbouwgronden. De overige (kleine) 7% van het grondoppervlak bestaat uit water.



Figuur 34: Samenvatting van het landgebruik opgedeeld naar groen, verharding en water voor gans het grondgebied Gent

Figuur 35 toont de landgebruiksverdeling naar oppervlaktes van de percelen op grondgebied Gent. Deze verdeling houdt dus geen rekening met wegenis, pleinen, spoorwegen of waterlopen (stilstaande open waters zijn wel opgenomen). De grootste oppervlakte wordt bijgevolg ingenomen door huizen en tuinen, gevolgd door industrie. Op de derde plaats komt grasland (17% van alle perceelsoppervlakte), gevolgd door akkers (10%). Alle overige categorieën nemen minder oppervlakte in.

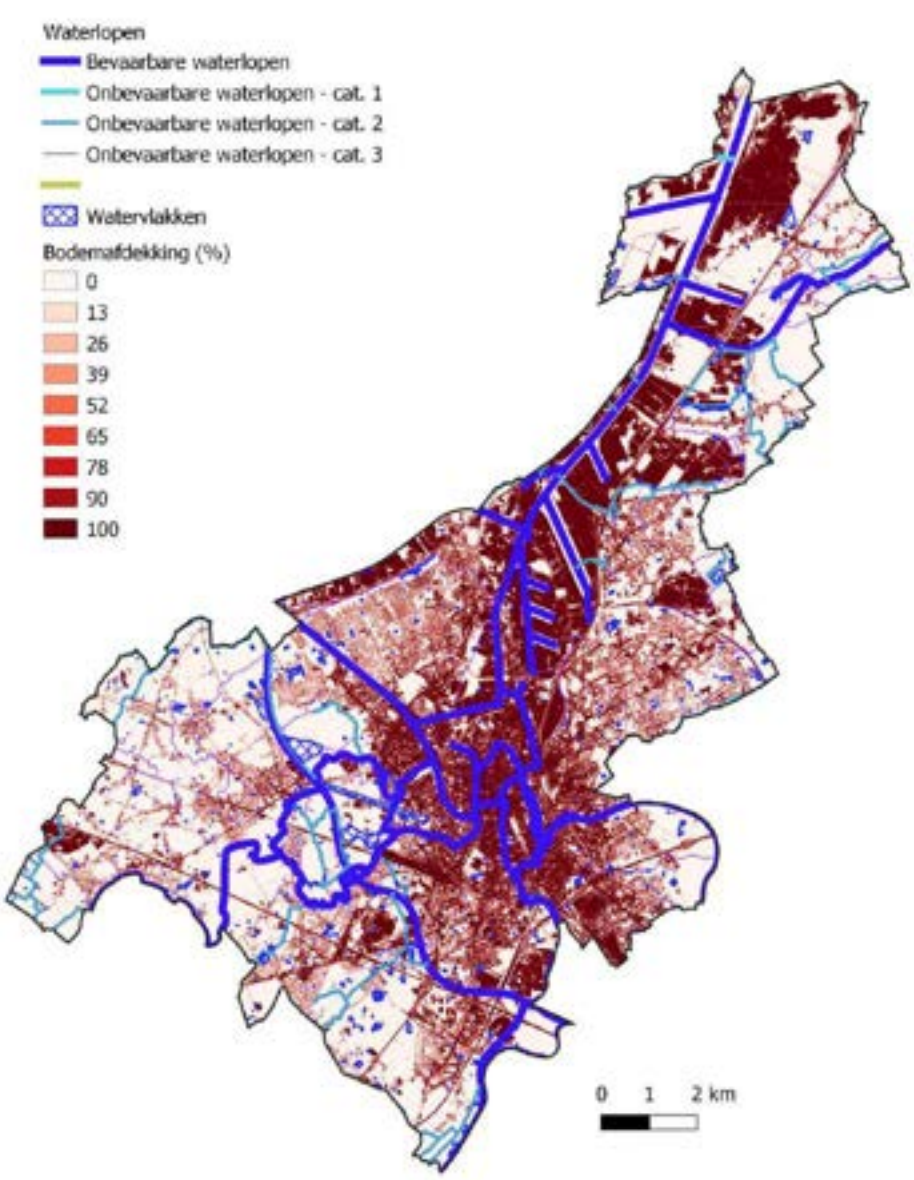


Figuur 35: Landgebruiksverdeling naar oppervlaktes van de percelen op Gents grondgebied (exclusief wegenis, pleinen, waterlopen en spoorwegen).

2.3.1.2 Verharding

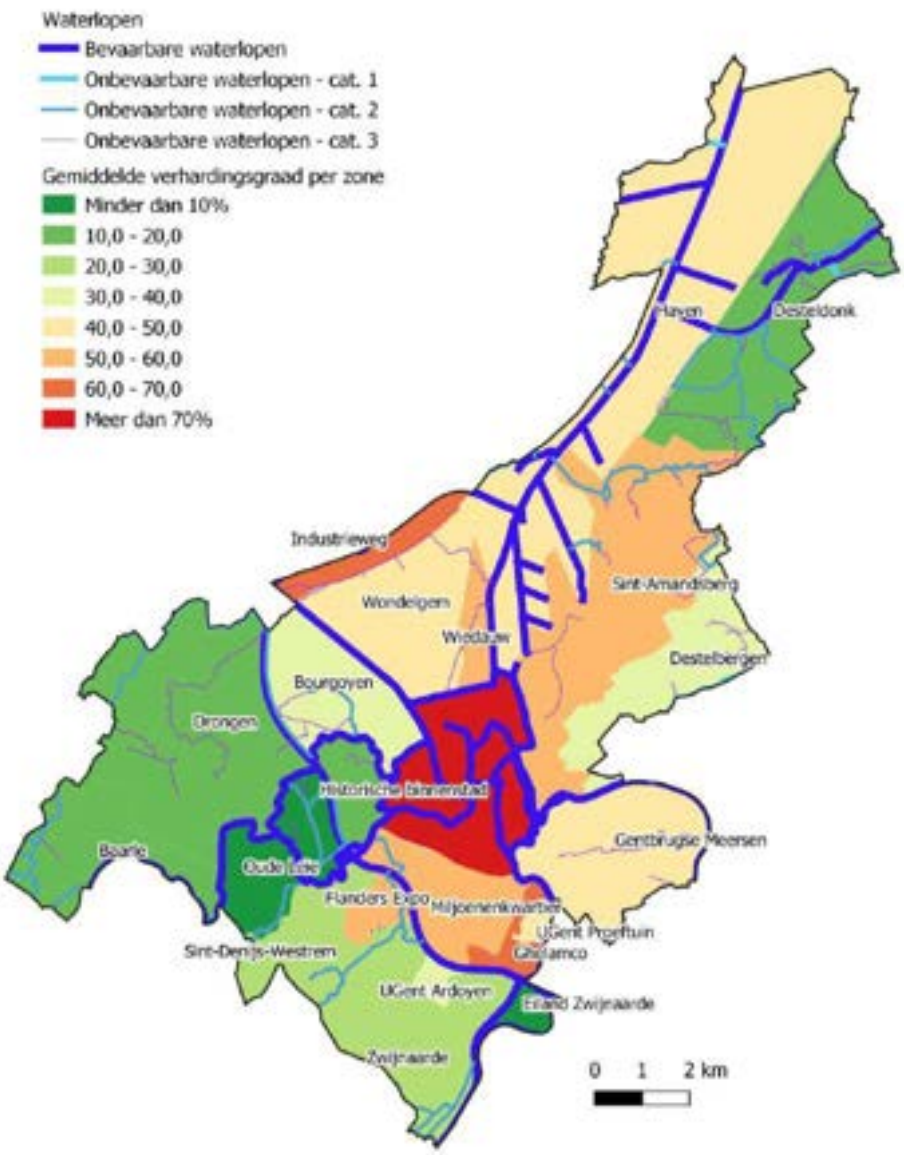
Voor het inschatten van de verharding wordt gebruik gemaakt van de Bodemafdekkingskaart (afgekort als BAK) van de Vlaamse Overheid. Deze kaart toont voor de toestand van 2015 het percentage van de bodem die afgedekt is door (semi-) ondoorlatende materialen voor een pixelgrootte van 5 bij 5 meter. Gebruik van de "Waterondoorlaatbaarheidskaart" geeft quasi identieke resultaten.

Figuur 36 toont de **bodemafdekkingskaart (BAK)** voor Gent. De stedelijke kernen en de verharding in het havengebied springen duidelijk in het oog. Zoals eerder besproken levert een integratie van de Bodemafdekkingskaart (2015) over het ganse grondgebied Gent een globaal verhardingspercentage van circa 36%. Informatie Vlaanderen (2018) geeft aan op basis van een meer gedetailleerde berekening, die o.a. een correctie omvat voor overhangend groen en een nauwkeurigere manuele classificatie omvat, een verhardingspercentage aan van 41% (±1.2%). Omdat niet alle nodige gegevens in kaartvorm beschikbaar zijn, wordt alsnog verder gewerkt met de BAK (2015) kaart.



Figuur 36: Bodemafdekking van stad Gent (%), met aanduiding van de waters.

Figuur 37 toont de gemiddelde verhardingsgraad voor verschillende zones op grondgebied Gent. Deze werd berekend door de gegevens van de bodemafdekkingskaart in GIS te aggregeren over deze zones. De zone rond de Oude Leie, de Blaarmeersen, Drongen, Baarle, het Eilandje van Zwijnaarde en Desteldonk vertonen logischerwijs de laagste verhardingspercentages (grootte orde 10 tot 20%). Het Eilandje van Zwijnaarde zal echter quasi volledig volgebouwd worden. De RWA van het Eilandje zal afwateren naar een buffer/oeverzone, en deels naar de Schelde. De DWA zal aansluiten op een RWZI van Aquafin aanwezig op het Eilandje zelf. Het historisch centrum is veruit het meest verhard (pro rata de oppervlakte van de zone), met een verharding van 71%. De haven heeft een lagere verhardingsgraad van 46%, maar dat is deels te wijten aan de significante oppervlakte die ingenomen wordt door water. Deze haalt de gemiddelde verhardingsgraad immers sterk naar beneden.



Figuur 37: Gemiddelde verhardingsgraad per zone.

Tabel 2 toont een samenvatting van de verharding per zone (zie ook §4.1.1 voor een beschrijving van de zones en verantwoording voor deze afbakening). Ook wordt de omvang van het laaggroen, hooggroen en de oppervlakte van landbouw getoond (deze worden in §2.3.1.4 toegelicht). Merk op dat niet alle verharding zal afwateren naar de riolering. Een deel van de verharding bestaat bijvoorbeeld uit spoorwegbermen (4% van de totale verharding), waar het water vaak alsnog kan infiltreren. Hetzelfde geldt bijvoorbeeld voor wandel- en fietspaden, of sommige delen wegenis. Het is zeer moeilijk om een accurate inschatting te maken van de afwatering van de verharding (naar riolering, of naar omliggend groen). Om dit te doen werden daarom per zone de beschikbare InfoWorks ICM rioleringsmodellen van Gent geanalyseerd. Deze modellen bevatten zeer gedetailleerde informatie op perceelsniveau omtrent de afwatering (die weliswaar ook niet als exact te interpreteren is). Deze gegevens werden geaggregeerd per zone, en hieronder opgenomen in Tabel 2. Dit levert op dat globaal gezien zo'n 57% van de verharding afwatert naar de riolering (de haven buiten beschouwing gelaten). Voor de gebieden waar geen rioleringsmodel van de bestaande toestand van beschikbaar is (Desteldonk, Eilandje-Zwijnaarde, het grootste deel van het havengebied) wordt het gemiddelde genomen van de naburige zone. Op termijn zal het industriegebied van het Eilandje-Zwijnaarde zeer sterk verhard worden (mogelijks verhardingsgraden van 40 tot 60%), maar hiermee werd nog geen rekening gehouden in de studie.

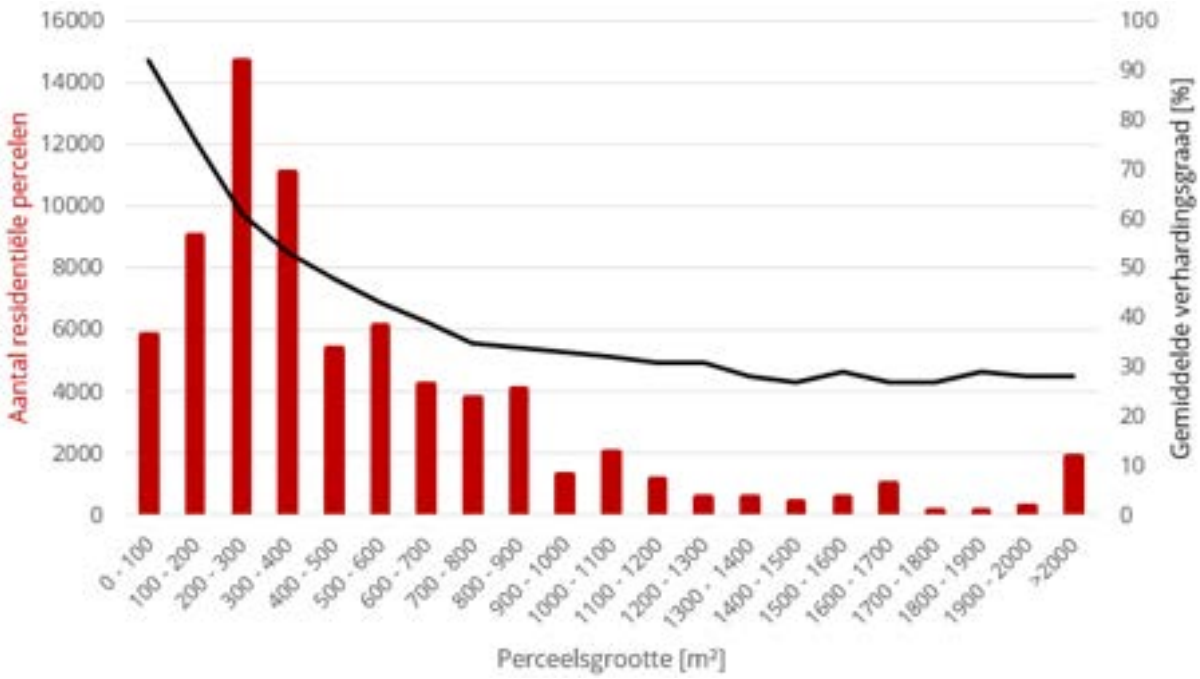
Tabel 2: Samenvattende cijfers van verharding (en landgebruik) per zone.

Zone	Totale opp [ha]	Verharding [ha]	Verh.-graad [%]	Verharding -> rio [ha]	Laag-groen [ha]	Hoog-groen [ha]	Land-bouw [ha]
Zwijnaarde	627	165	26%	79	138	110	191
Haven	2863	1301	45%	1301	494	364	61
Industrieweg	211	130	62%	109	39	20	9
Desteldonk	1270	243	19%	243	210	127	657
Destelbergen	698	233	33%	156	193	146	114
Wondelgem	810	327	40%	289	282	155	15
Sint-Amandsberg	1634	840	51%	483	405	191	209
Gentbrugse Meersen	906	412	45%	296	202	138	141
Ghelamco	133	82	62%	53	28	18	0
Bourgoyen	660	211	32%	204	160	132	122
Baarle	642	119	19%	86	124	74	303
Drongen	1669	232	14%	129	338	226	815
Oude Leie	554	52	9%	26	115	100	264
Eiland Zwijnaarde	117	11	9%	11	29	31	0
UGent Ardoyen	67	26	39%	15	19	16	0
Miljoenen-kwartier	506	261	52%	203	118	110	4
UGent Proeftuin	50	20	40%	16	8	15	4
Flanders Expo	141	75	53%	50	30	27	0
Blaarmeersen	263	42	16%	21	76	77	17
Historische binnenstad	955	676	71%	604	118	117	0
Sint-Denijs-Westrem	805	168	21%	126	197	198	221
Wiedauw	172	103	60%	80	42	17	0

Combinatie met het Grootschalig Referentie Bestand (GRB) laat toe om enkele meer gedetailleerde analyses uit te voeren. Concreet werd de Landgebruikskaart (2016) gecombineerd met de BAK en het GRB. Elk perceel uit het GRB werd een landgebruik toegewezen. Bovendien gebeurde er een analyse van de verhardingsgraad van het perceel. Hierbij moet evenwel opgemerkt worden dat door de ruwe

resolutie van de BAK (5x5 meter) de verhardingsresultaten van kleine percelen op individueel niveau mogelijks niet nauwkeurig zijn. De resultaten voor de kleinste percelen moeten dus met de nodige omzichtigheid geïnterpreteerd worden. Bovendien leerde een manuele analyse van de resultaten dat de Landgebruikskaart zoals beschikbaar bij de Vlaamse Overheid sommige percelen verkeerdelijk categoriseerde als residentieel terrein. Zo werden bijvoorbeeld 2 percelen langs de Farmanstraat aangeduid als residentieel terrein, terwijl dit terreinen zijn die in de praktijk voor industriële toepassingen gebruikt worden in de haven. Ook werd de RWZI van Gent ter hoogte van Bourgoyen-Ossemeersen als residentieel gebied aangeduid. In totaliteit werden er 74.629 percelen als residentieel geïdentificeerd.

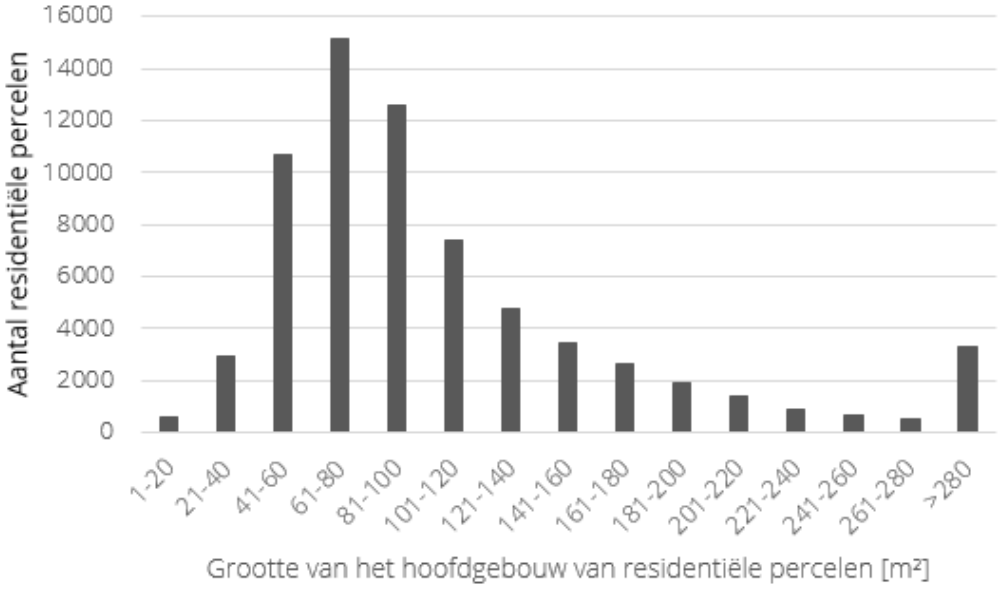
Figuur 38 toont de verdeling van de residentiële percelen naar hun perceelsgrootte, en de gemiddelde berekende verhardingsgraad van die percelen. Hieruit blijkt dat het grootste deel van de residentiële percelen kleiner zijn dan 500 m². De gemiddelde residentiële perceelsgrootte is 406 m². Merk op dat dit zowel huizen omvat, alsook appartementsgebouwen. De gemiddelde verhardingsgraad neemt logischerwijs sterk af met toenemende perceelsgroottes. De kleinste residentiële percelen hebben zeer hoge verhardingsgraden (gemiddeld 92%). Naarmate de percelen groter worden, neemt het verhardingspercentage snel af: percelen tussen 100 en 200 m² zijn gemiddeld nog voor 76% verhard, en percelen tussen 200 en 300 m² voor 61%. Deze gegevens werden afgeleid voor alle individuele zones. De gemiddelde verharding van alle percelen bedraagt 180,2 m². Zoals hierboven reeds beschreven en ook zichtbaar in Figuur 39 zijn er ook enkele grote gebouwen (verkeerdelijk) geclassificeerd als residentieel. Daarom wordt ook de gemiddelde verharde oppervlakte berekend van de 95% percentiel percelen met de kleinste verharding. Deze bedraagt 135 m². Deze 135 m² is wellicht een betrouwbare inschatting van de gemiddelde verharde oppervlakte van residentiële percelen in Gent.



Figuur 38: Verdeling van de perceelsgrootte van de residentiële percelen op gans grondgebied Gent.

Figuur 39 toont de verdeling van de grootte van de hoofdgebouwen van alle percelen die als "residentieel" geclassificeerd werden. In totaal werden 68.953 hoofdgebouwen geïdentificeerd op deze manier (en 31.968 bijgebouwen, maar die werden niet verder geanalyseerd). De gemiddelde oppervlakte van alle residentiële hoofdgebouwen is 151 m². Wederom werd ook de gemiddelde oppervlakte berekend van de 95% kleinste gebouwen (de 95% percentiel van de hoofdgebouw-

verdeling is 272 m²). **De gemiddelde oppervlakte van residentiële gebouwen (tot 95% percentiel) bedraagt nog 97 m². Dit lijkt een veel betere benadering van de gemiddelde dakoppervlakte van een woning (exclusief losstaande bijgebouwen)**. De som van de oppervlakte van alle residentiële hoofdgebouwen bedraagt 10.475.504 m². De som van de 95% kleinste residentiële hoofdgebouwen is nog slechts 6.348.761 m². Dit toont dat de grootste 5% (die deels verkeerdelijk geclassificeerd werden) sterk doorweegt op de gemiddeldes en totalen. De inschatting van de 95% lijkt het meest realistisch.



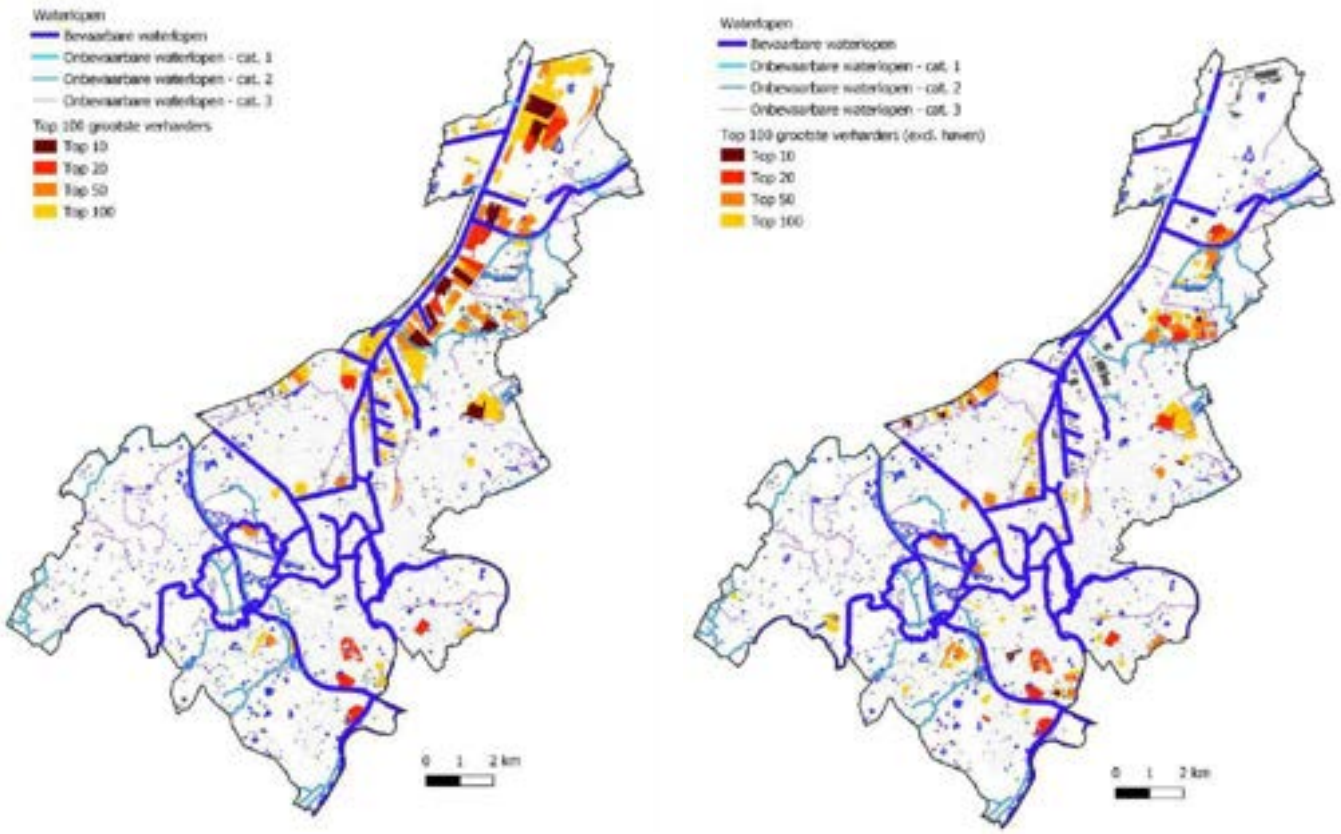
Figuur 39: Histogram van de hoofdgebouwen op residentiële percelen.

Door de gegevens van Figuur 38 en Figuur 39 te combineren, kan dan ook de gemiddelde "restverharding" berekend worden per residentieel perceel. Dit is de verharding van terras, oprit en eventuele bijgebouwen. Dit wordt berekend op basis van beide 95 percentielen zoals hierboven toegelicht: de gemiddelde verharding is 135 m² per residentieel perceel, en de gemiddelde oppervlakte van het hoofdgebouw is 97 m². **Bijgevolg is er gemiddeld 38 m² restverharding voor de residentiële percelen in Gent**. Wederom moet toegevoegd worden dat dit schattingen betreffen. De resolutie van de gebruikte data (5x5 meter) is te beperkt om exacte berekeningen uit te voeren.

Tot slot toont Figuur 40 de percelen met (in absolute termen) de grootste verharde oppervlakte. Zowel percelen uit het havengebied als van de rest van het grondgebied Gent zijn hierbij meegenomen (links), alsook een aparte analyse zonder het havengebied rond het Kanaal Gent-Terneuzen (rechts). Logischerwijs ligt de grote meerderheid van deze "grootste verharders" in de haven.

Tabel 3 toont de totale verharde oppervlakte van de 100 geïdentificeerde percelen, en vergelijkt deze met de totale verharding (dus percelen en wegenis, spoorwegbermen, etc.) in Gent. De 10 percelen met de grootste verharding (incl. de haven) blijken goed voor circa 6% van de totale verharding in Gent. De "top 100" percelen (incl. de haven) zijn zelfs goed voor 19% van de totale verharding. Het spreekt dus voor zich dat inspanningen van deze 100 percelen wellicht een grote impact kunnen hebben op bijvoorbeeld het aanvullen van het grondwater. Wel moet toegevoegd worden dat wellicht niet al deze percelen aangesloten zijn op de riolering. Zeker in het havengebied zijn er percelen die direct afwateren naar de dokken, zonder een bijkomend risico te vormen voor bijvoorbeeld wateroverlast. In de inventarisatie werd dit opgenomen als afstroming naar een gescheiden riolering, die uitgeeft op de dokken. De tweede analyse maakt abstractie van de percelen in de haven. Opnieuw

werden de 100 grootste verharders geïdentificeerd (zie Figuur 40 rechts). Gebouwen rond de Ringvaart werden nog steeds beschouwd. Tabel 3 toont het aandeel van deze verharde percelen in de totaliteit van de verharding in Gent, exclusief het havengebied. Alle verharding van de zone rond de haven werd bijgevolg buiten beschouwing gelaten om een correcte vergelijking mogelijk te maken. De 10 grootste verharders vormen nu een aandeel van 4% van de algehele verharding (excl. de haven). De top 100 omvat circa 12% van de totale verharding.



Figuur 40: De 100 percelen met het meeste verharding (in absolute termen) voor gans het grondgebied Gent (links) en Gent exclusief het havengebied rond het Kanaal Gent-Terneuzen (rechts).

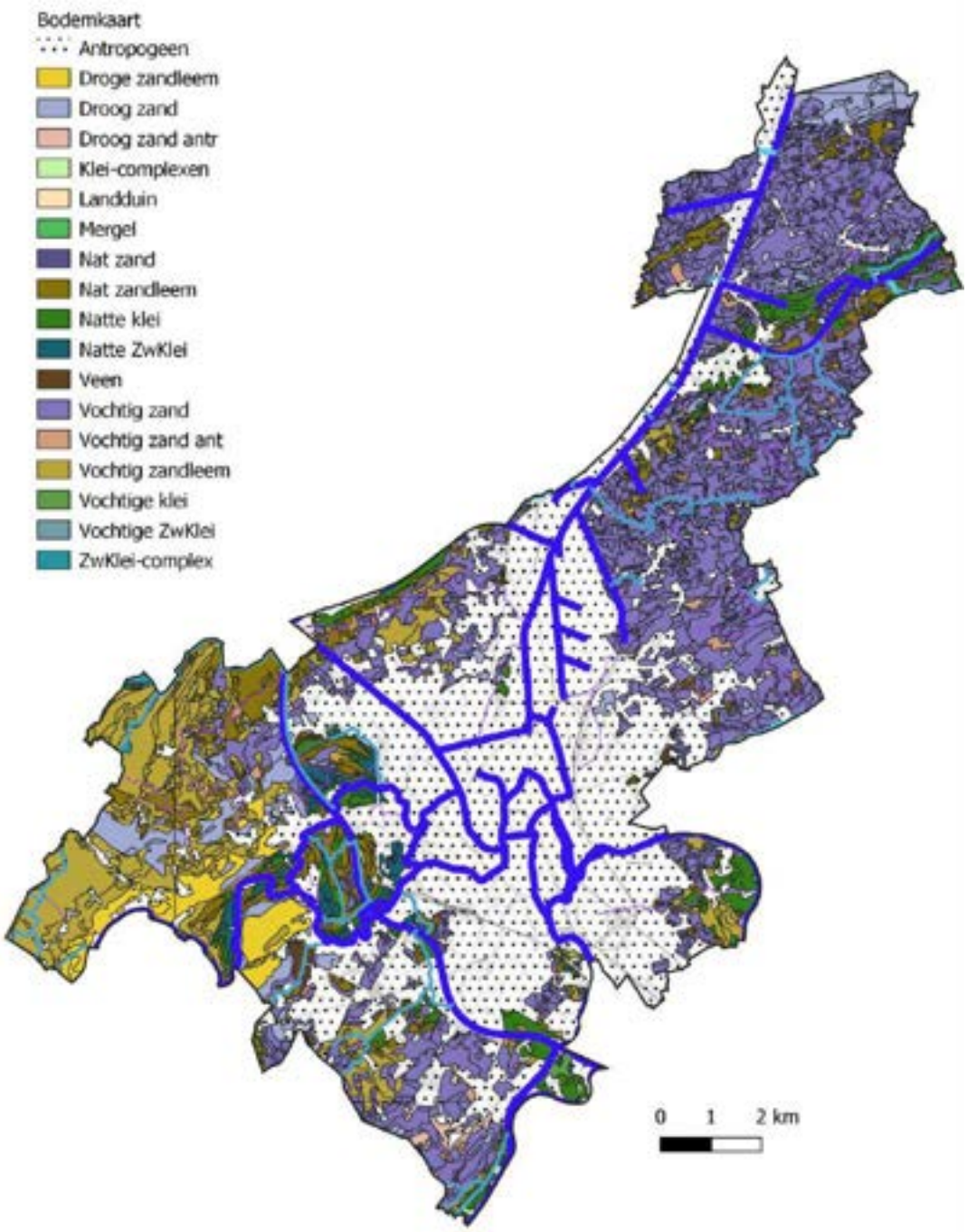
Tabel 3: Verharde oppervlakte van de grootste verharde percelen in Gent, en vergelijking met de totale verharde oppervlakte van de stad.

	Verharde oppervlakte [ha]	Aandeel totale oppervlakte [%]
Top 10 (incl. haven)	320,2	6% (gans Gent)
Top 20 (incl. haven)	476,2	8% (gans Gent)
Top 50 (incl. haven)	785,4	14% (gans Gent)
Top 100 (incl. haven)	1075,0	19% (gans Gent)
Top 10 (excl. haven)	165,0	4% (Gent excl. haven)
Top 20 (excl. haven)	238,9	5% (Gent excl. haven)
Top 50 (excl. haven)	375,8	8% (Gent excl. haven)

Top 100 (excl. haven)	517,1	12% (Gent excl. haven)

2.3.1.3 Bodemgesteldheid

De bodemgesteldheid bepaalt in grote mate de natuurlijke grondwatervoeding en afstroming naar waterlopen. Figuur 41 toont de bodemkaart van België voor grondgebied Gent. Het is duidelijk dat een zeer groot deel van de stad een antropogene bodem heeft. De bebouwde delen van Gent zijn in de loop der eeuwen dan ook vaak artificieel opgehoogd met puin om bebouwing mogelijk te maken. De historische en natuurlijke bodem is op die manier dus sterk verstoord. De overige (nog natuurlijke) gebieden hebben zeer heterogene eigenschappen. Dit is deels het gevolg van de ligging van Gent in voornamelijk alluviale vlaktes van zowel de Schelde als de Leie. In het noorden is een meer homogene samenstelling terug te vinden in de vorm van "nat zand", met uitzondering van de Moervaartvallei waar ook kleiachtige structuren voorkomen. In het westen van Gent zijn eerder lemig zand en zandleem terug te vinden, zowel droger als natter. In het natuurdomein Bourgoyen-Ossemeersen en de alluviale vlaktes direct rond de (oude) Leie zijn (naast zandleem en lemig zand) ook klei en kleiachtige structuren terug te vinden, eigen aan het meersengebied. Historisch dagzoomden deze texturen ook aan de huidige Blaarmeersen, maar door de ophogingen zijn deze nu teruggedrongen en is de bovenste laag een antropogene bodem. Ook in het oosten zijn dergelijke kleïige gronden terug te vinden (o.a. in de Gentbrugse meersen), wederom afgewisseld met zandleem en lemig zand.

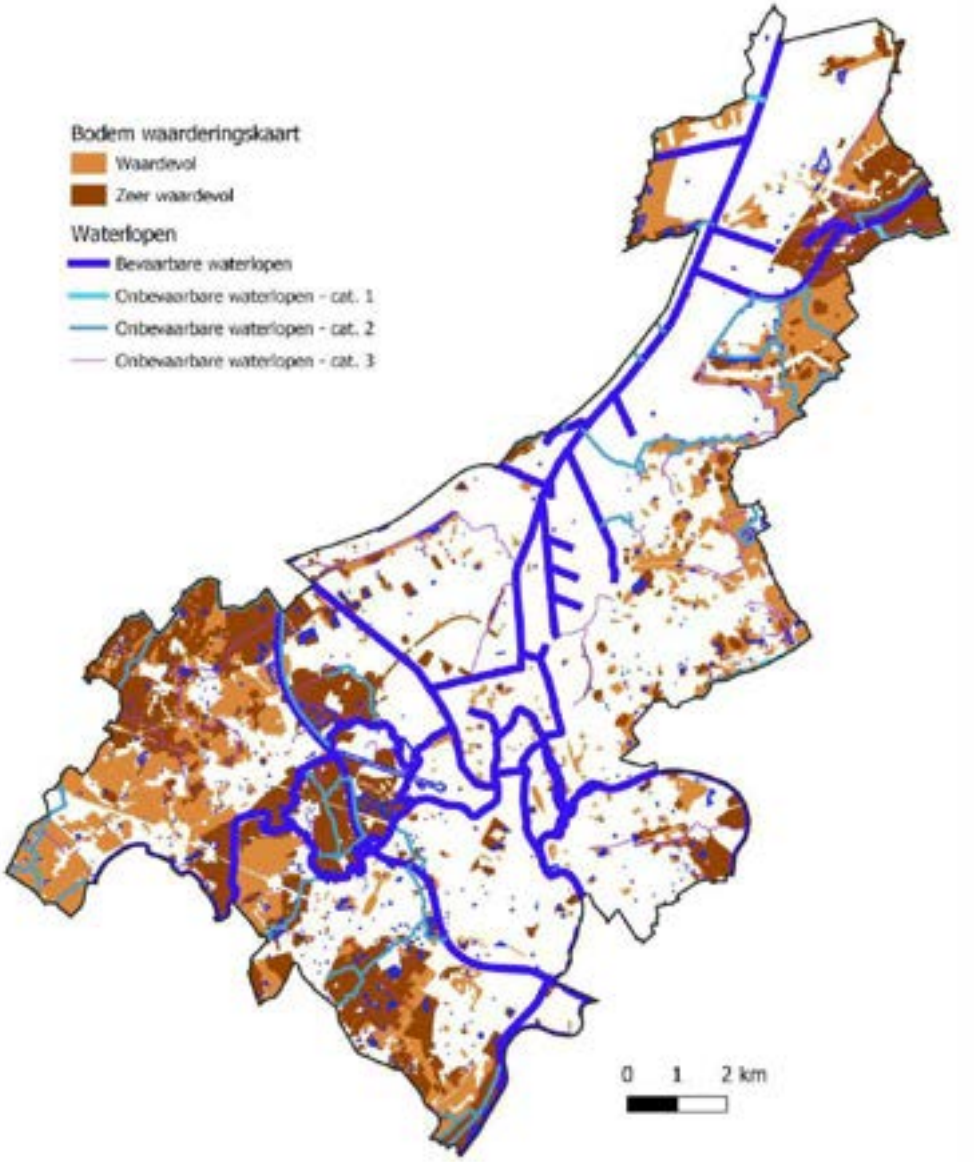


Figuur 41. Bodemkaart die de verschillende bodemtexturen aangeeft voor stad Gent (bron: GeoPunt).

Stad Gent beschikt over een kaartlaag met de "waardevolle" en "zeer waardevolle" bodems. Dit zijn historische bodems die weinig tot geen antropogene verstoring kenden. Het is wel van belang hierbij te vermelden dat deze indeling het resultaat is van een GIS oefening, waarbij de fysische landschapskaart (Ugent, 1995), de bodemkaart en de biologische waarderingskaart zijn gecombineerd. Er zijn al aanpassingen gebeurd op basis van terreinkennis, maar niet voor het hele grondgebied. Zo zijn er nog heel wat opgehoogde gronden die nog niet naar voorkomen in deze kaartlaag.

Figuur 28 toont de kartering van deze (zeer) waardevolle bodems. Doel van deze kaart is te dienen als leidraad bij inrichting en/of beslissingen die impact kunnen hebben op (potentieel) waardevolle

bodems, om deze te behouden en beschermen. Er is logischerwijs een duidelijke inversie ten opzichte van de antropogene gebieden van de bodemkaart (Figuur 27) zichtbaar.



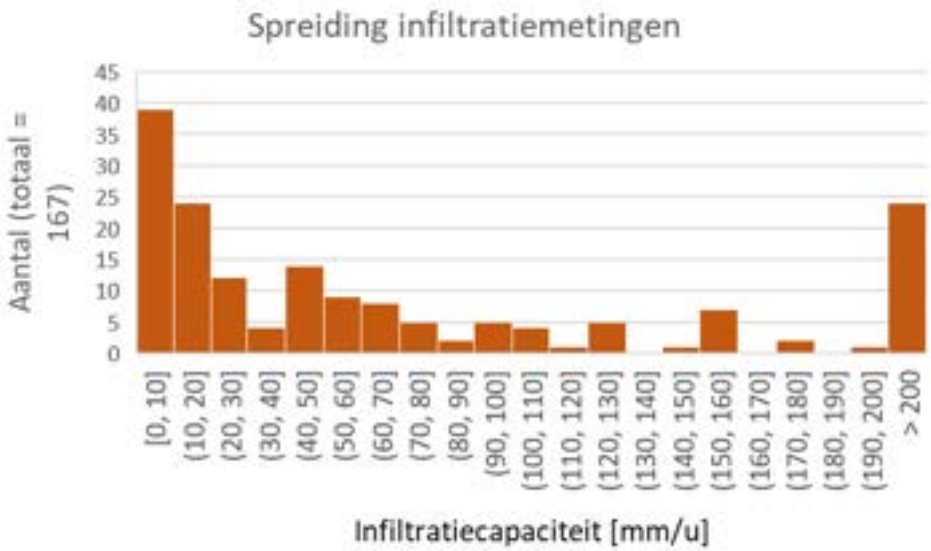
Figuur 42: Kartering van de (zeer) waardevolle bodems van de stad (bron: stad Gent).

Niet alle bodems zijn even geschikt voor het infiltreren van water. In een zandbodem kan vanzelfsprekend veel sneller water infiltreren dan bijvoorbeeld in een kleibodem. Stad Gent maakte daarom een infiltratiekaart op die een eerste ruwe inschatting mogelijk maakt van de zones waar ingezet kan worden op infiltratie (raadpleegbaar via http://extragis.gent.be/geoloketinfiltratie/; zie Figuur 43 voor een extract). Indien een van volgende 2 voorwaarden voldaan is, werd de bodem aangeduid als infiltratiegevoelig: (1) alle bodems waarbij de grondwaterstand voldoende diep is en de infiltratiecapaciteit groter is dan $5{,}6 \cdot 10^{-6}$ m/s (wat overeenkomt met typische grof en fijn zand texturen), of (2) alle bodems in agrarisch gebied waarbij de grondwaterstand voldoende diep is en de infiltratiecapaciteit kleiner is dan $5{,}6 \cdot 10^{-6}$ m/s maar groter dan $2{,}8 \cdot 10^{-6}$ m/s (wat overeenkomt met zandleem texturen). Bodems met drainageklasse e, f, g, h en i of gebieden in overstromingsgevoelig gebied worden beschouwd een hoge grondwaterstand te hebben. In de overige gebieden is men eerder aangewezen op bufferen en vertraagde afvoer als bronmaatregel. Het is echter altijd nodig

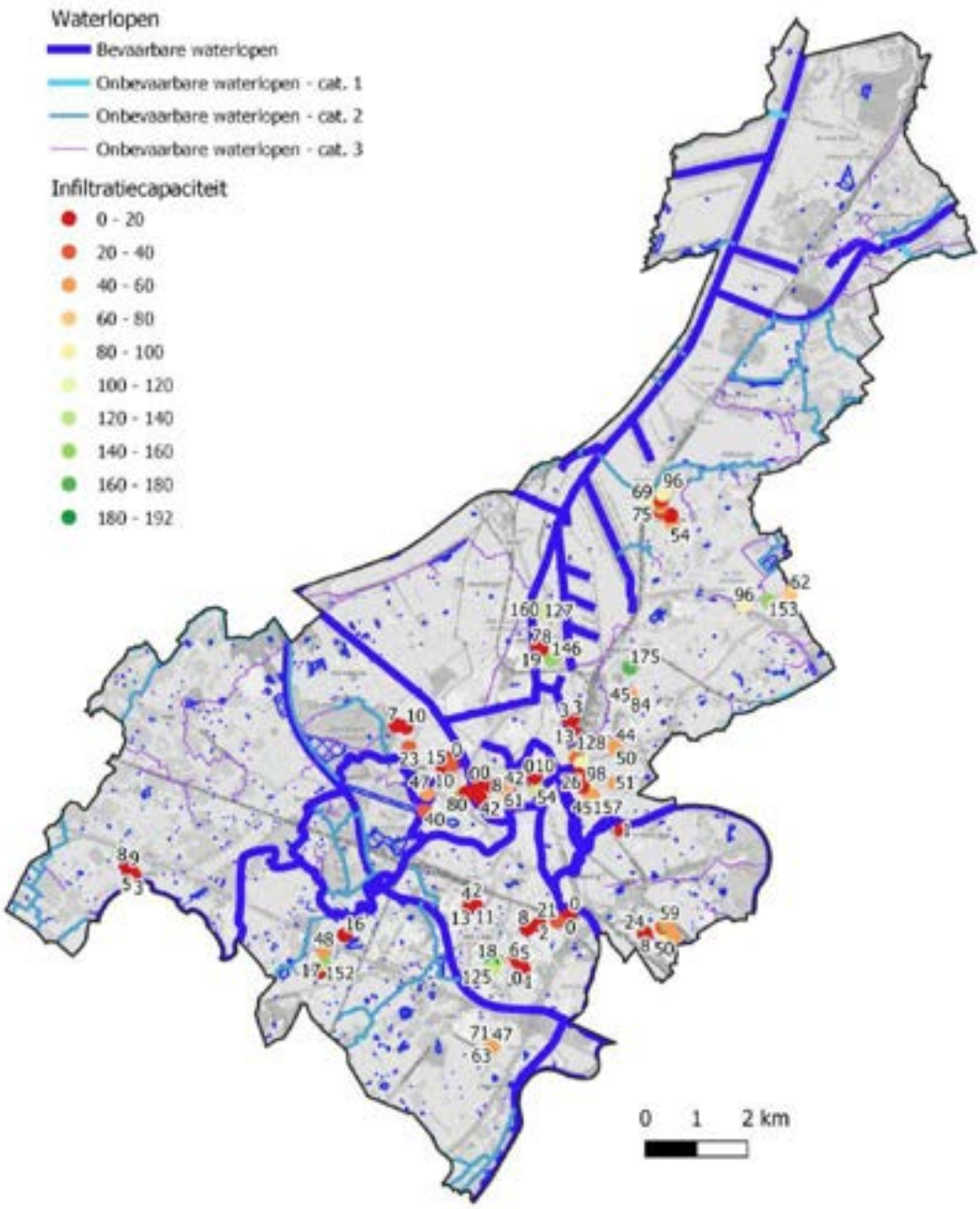
om te beslissen op basis van lokale infiltratiemetingen of men op infiltratie of buffering moet inzetten. Infiltratie heeft de voorkeur waar mogelijk.

Figuur 43: Extract van de infiltratiekaart van Stad Gent die aangeeft waar in principe infiltratie dan wel buffering met vertraagde afvoer als bronmaatregel voor hemelwater verplicht wordt (bron: Stad Gent).

Stad Gent stelde de resultaten van 167 (ondiepe) infiltratiemetingen ter beschikking in het kader van deze studie. Deze metingen werden uitgevoerd met de Dubbele Ring methode, de Porchetmethode en de Soakaway methode. Figuur 44 toont het histogram van de resultaten van deze infiltratiemetingen, en Figuur 45 toont de spreiding over het grondgebied Gent. Er zijn opvallend veel metingen met zeer hoge infiltratiecapaciteiten (>200 mm/u). Hoewel dit kan voorkomen in de praktijk op goed doorlatende zandgronden (zoals grove zandtexturen), lijken deze resultaten onwaarschijnlijk. Zo omvat de databank bijvoorbeeld metingen grootteorde 1000 mm/u ter hoogte van (wellicht ongestoorde) zandleembodems ter hoogte van Vossenbos aan Flanders Expo, wat weinig waarschijnlijk is. Om te bepalen welke infiltratiecapaciteiten representatief zijn voor elke zone, werden alle infiltratiecapaciteiten groter dan 200 mm/u uit de databank geweerd (24 van de 167 metingen). De overblijvende gemiddelde infiltratiecapaciteit is 46 mm/u.



Figuur 44: Historgram van de resultaten van de 167 infiltratiemetingen.



Figuur 45: Gemeten infiltratiecapaciteiten in mm/u (infiltratiecapaciteiten > 200 mm/u werden verwijderd).

Voor elke zone werd bovendien het gemiddelde berekend van de beschikbare infiltratiecapaciteiten (excl. de metingen >200 mm/u). Tabel 4 toont de verkregen infiltratiecapaciteiten. De gemiddelde infiltratiecapaciteit over alle metingen is 46 mm/u. Bij deze tabel moeten enkele kanttekeningen gemaakt worden. De tabel toont gemiddelde infiltratiecapaciteiten. Lokaal kunnen sterk andere infiltratiecapaciteiten van toepassing zijn, aangezien de reële infiltratiecapaciteiten zeer sterk afhankelijk zijn van lokale bodemcondities. Daarnaast werden sommige gemiddeldes berekend op basis van een zeer beperkt aantal metingen, zoals ook zichtbaar in de tabel. De resultaten moeten dus met de nodige voorzichtigheid gebruikt worden. Tot slot waren er slechts metingen beschikbaar in 10 van de 22 geïdentificeerde zones in Gent. Voor de overige zones werden inschattingen gemaakt op de berekende infiltratiecapaciteiten van naburige zones. Voor Desteldonk werd uit veiligheidshalve de infiltratiecapaciteit uit de omliggende zones gedeeld door 2, omdat dit een natter gebied betreft en de gemeten infiltratiecapaciteiten verder van deze zone liggen.

Tot slot moet opgemerkt worden dat in het kader van deze studie met high-level scenario's de impact van verschillende infiltratiecapaciteiten op droogte eerder beperkt is. Analyses tonen aan dat de totale hoeveelheid infiltratie van bronmaatregelen die ontworpen zijn conform de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening Hemelwater of de Code van Goede Praktijk voor het ontwerp van rioleringen immers zeer gelijkaardig is voor infiltratiecapaciteiten vanaf 5 à 10 mm/u. Berekeningen in Sirio geven aan dat ruwweg 95% of meer van het water dat toekomt in de bronmaatregelen zal infiltreren bij deze infiltratiecapaciteiten. Dergelijke infiltratiecapaciteiten zijn quasi overal terug te vinden in Gent. Wel moet benadrukt worden dat verschillende infiltratiecapaciteiten wél een grote impact kunnen hebben op het overstortgedrag en dus wateroverlast en rioleringsoverstorten. Lokale infiltratiemetingen én ontwerpberekeningen op projectniveau zijn dus nodig.

Het historisch centrum van Gent, maar ook vele gronden in de bebouwde gebieden daarbuiten, werden in de loop der eeuwen opgehoogd met puin om ze bouwrijp te maken. Onderzoekster Nele Delbecque van de onderzoeksgroep van prof. Ann Verdoodt (UGent, Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen, Vakgroep Omgeving) voerde verschillende boringen (tot circa 1.25 m-MV) in de wijk Wondelgem, de stationsbuurt Zuid en de historische binnenstad. Zeker in de binnenstad werd zeer veel stenig materiaal teruggevonden in de ondiepe bodem. Zo werden vroeger de lager gelegen moerasgebieden opgevuld, zoals het Zuidpark, Muinkpark, Baudelopark, Eilandje van Zwijnaarde, Rozebroeken, een deel van de Gentbrugse Meersen, rangeerstation Gent-Zeehaven, Nieuw Gent, … Door de lange historie van stad Gent werd ook bovenop oude funderingen gebouwd, waardoor ook daar stenig materiaal in de ondiepe bodem aangetroffen wordt. De impact van deze antropogene stenen in de ondergrond op het infiltrerend vermogen van de bodem is niet gekend, maar vermoedelijk afhankelijk van de continuïteit van het onderliggend puin. Volledig afgesloten lagen, bijvoorbeeld oude betonnen funderingen, zijn uiteraard zeer sterk ondoorlatend. Los puin daarentegen kan mogelijks een positieve invloed hebben op het infiltrerend vermogen, aangezien ze voor discontinue en vaak poreuze insluitingen zorgen in de ondergrond. Zeker 'oud puin' heeft een eerder lage bulkdensiteit en dus een zekere porositeit, wat eventuele percolatie naar het dieper grondwater niet zou verhinderen. Dit werd bevestigd bij de (weliswaar zeer beperkte) staalnames van ir. Nele Delbecque: er waren in de bodemlagen geen reductieverschijnselen waarneembaar die wijzen op een hangende watertafel (boven het puin), wat aangeeft dat er toch percolatie naar dieper grondwater mogelijk moet zijn (bron: persoonlijke communicatie Nele Delbecque dd. 16/7/2020). Bijkomend onderzoek is nodig om hier uitsluitsel over te geven.

Tabel 4: Gemiddelde infiltratiecapaciteit per zone, tezamen met het aantal metingen die gebruikt werden.

Zone	Gemiddelde infiltratiecapaciteit [mm/u]	Aantal metingen
Baarle	6	5
Blaarmeersen	*28 (Miljoenenkwartier)*	0
Bourgoyen	19	12
Destelbergen	72	5
Desteldonk	*32 (helft van het gemiddelde van Destelbergen, Haven en Sint-Amandsberg)*	0
Drongen	*6 (Baarle)*	0
Eiland Zwijnaarde	*60 (Zwijnaarde)*	0
Flanders Expo	*58 (Sint-Denijs-Westrem)*	0

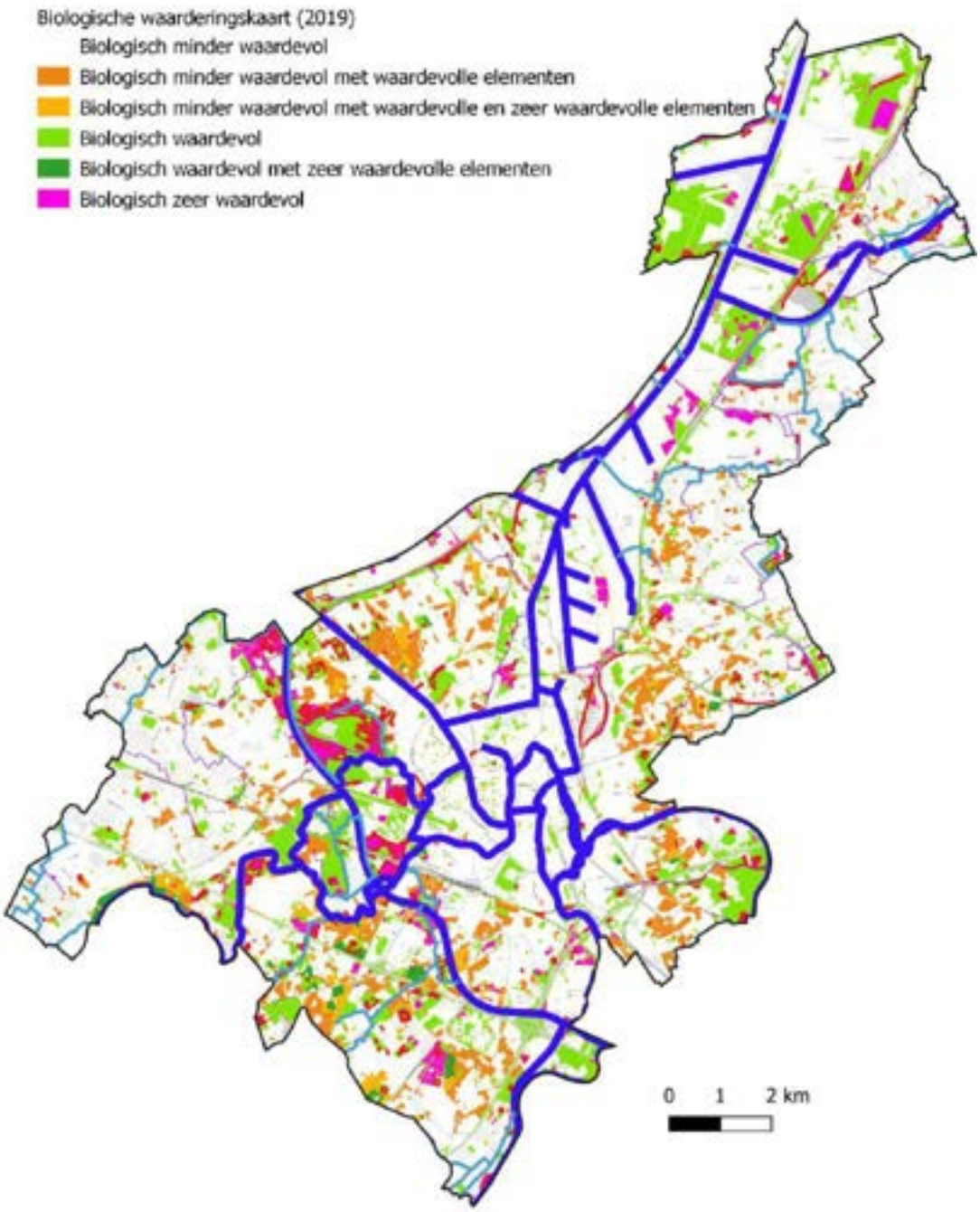
Gentbrugse Meersen	66	10
Ghelamco	*28 (Miljoenenkwartier)*	0
Haven	70	11
Historische binnenstad	41	24
Industrieweg	*70 (Haven)*	0
Miljoenenkwartier	28	22
Oude Leie	*6 (Baarle)*	0
Sint-Amandsberg	54	47
Sint-Denijs-Westrem	58	4
UGent Ardoyen	*60 (Zwijnaarde)*	0
UGent Proeftuin	*28 (Miljoenenkwartier)*	0
Wiedauw	*70 (Haven)*	0
Wondelgem	*30 (historisch centrum en Bourgoyen)*	0
Zwijnaarde	60	3

Er zijn geen grondwaterbeschermingszones op grondgebied Gent.

2.3.1.4 Natuur en landbouw

Natuur en landbouw hebben beide een grote watervraag via verdamping, maar door hun onverharde bodem maken zij ook infiltratie en grondwatervoeding mogelijk. Daarom worden beide geanalyseerd in het kader van deze droogtestudie.

Stad Gent voerde een zeer gedetailleerde inventarisatie en classificatie uit van de karteringseenheden (gebaseerd op vegetatie, bodembedekking en kleinschalige landschapselementen) en hun waardering, en faunistisch belangrijke gebieden. Deze werden samengevat in de biologische waarderingskaart van Gent (versie 2019). Figuur 46 toont deze kaart en de biologisch waardevolle percelen (of percelen met waardevolle elementen). Hierbij springen onmiddellijk enkele zeer waardevolle assen en groenpolen in het oog, die vaak samenvallen met waterassen. Een voorbeeld van dergelijke langgerekte groenas met biologisch (zeer) waardevolle elementen is de bedding van de (historische) toeristische Leie die overgaat naar het sport- en recreatiedomein de Blaarmeersen, het stedelijk natuurreservaat Bourgoyen-Ossemeersen en aansluit op (bebouwde) percelen met waardevolle elementen in de Bloemekenswijk. Ook langs andere (kleine) waterlopen zijn biologisch waardevolle percelen sterk aanwezig, zoals bijvoorbeeld rond de Scheidbeek en Duivebeek (Sint-Denijs-Westrem), de Rietgracht en de Gentbrugse Meersen errond, en de Westledebeek en Westmeersloop (Sint-Amandsberg/Westveld). Ook in het havengebied zijn er grotere biologisch waardevolle clusters terug te vinden, zoals de in hoofdzaak onbebouwde percelen tegen Zandeken en Rieme, of langs (en op) de terreinen van Arcelor Mittal. Tot slot moet opgemerkt worden dat zeker ook de spoorwegbeddingen en percelen volledig ingesloten door wegenis door hun beperkt beheer vaak (zeer) waardevolle biologische elementen bevatten.



Figuur 46: Biologische waarderingskaart Gent (versie 2019; bron: Groendienst Gent).

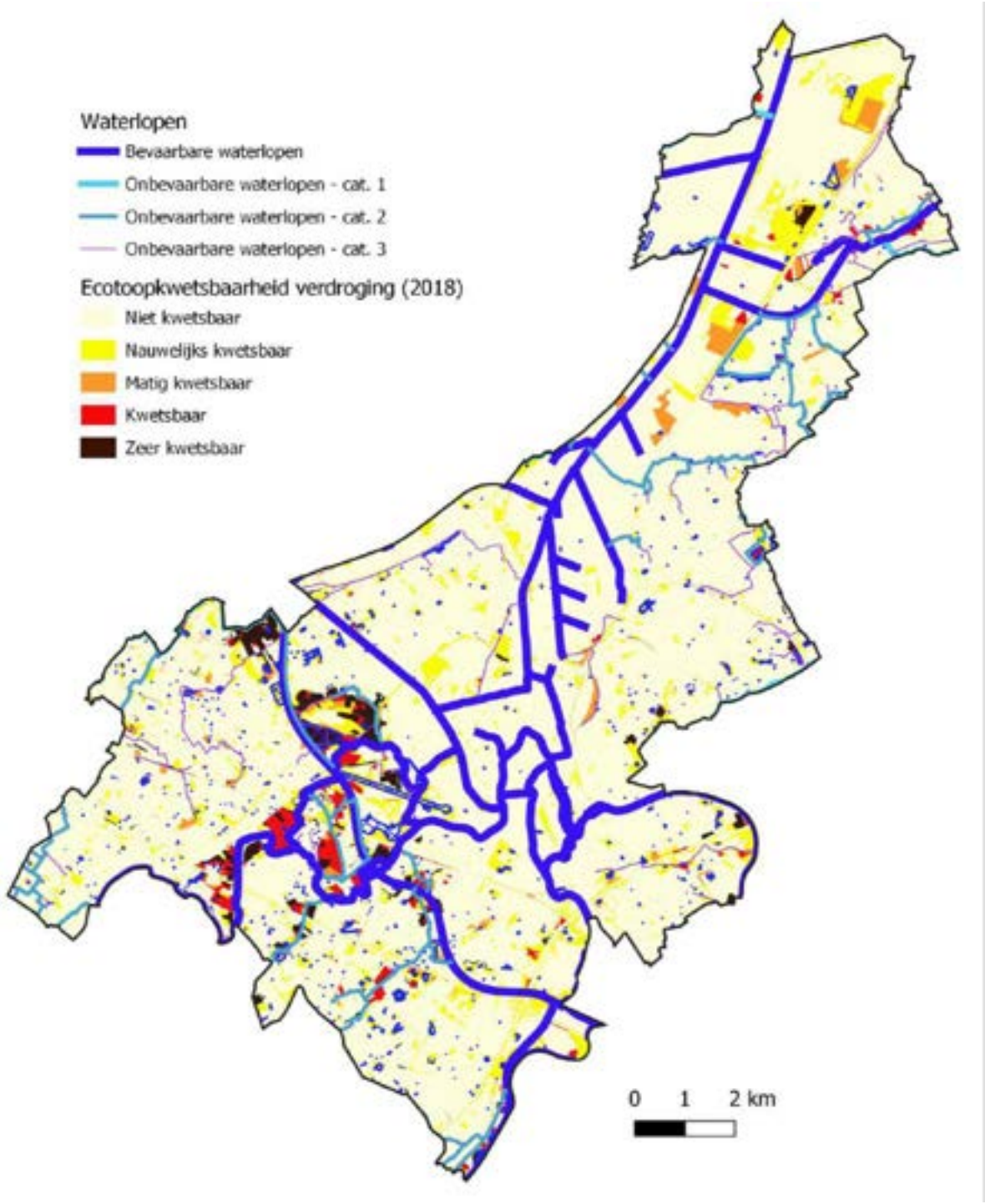
Figuur 47 toont de kwetsbaarheidskaart van Gent voor verdroging van flora. Deze kaart werd door INBO in 2018 geüpdatet (zie Vriens en Peymen (2017) voor meer informatie), en toont de abiotische kwetsbaarheid van ecotopen voor verdroging. Verdroging heeft verschillende impacts op het ecosysteem, en kan zich op verschillende manieren manifesteren. Recessie van ondiep grondwater heeft een rechtstreekse impact op vegetatie, met afname in fotosynthese en groei, en finaal plantmortaliteit als gevolg. Grondwatergebonden vegetaties kunnen door de daling van het grondwater verdwijnen uit het landschap. In het kader van deze studie werden gevoeligheids- en kwetsbaarheidskaarten opgemaakt voor het grondgebied Gent op basis van de Biologische Waarderkingskaart Gent (BWK). We verwijzen hiervoor naar §6.1.1.1.

Onderzoek in het kader van het Vlaams NICHE project (Callebaut et al., 2007) heeft voor verschillende habitats de toelaatbare variaties in GHG en GLG (respectievelijk gemiddeld hoge en lage

grondwaterstanden) bepaald, rekening houdend met de bodemtextuur. Grosso modo kan gesteld worden dat voor de beekbegeleidende bossen, bijvoorbeeld, de laagste grondwaterstanden (GLG) maximaal 1 meter onder het maaiveld mogen zakken. Een verdere daling van het grondwater leidt tot schade, mortaliteit en het verdwijnen van deze vegetatie. Naast een daling van het ondiep grondwater brengt verdroging ook geochemische processen teweeg met onrechtstreeks bodemeutrofiëring en –verzuring tot gevolg. Lagere grondwaterstanden zorgen voor een betere doorluchting van de bodem, waardoor organisch materiaal sneller afgebroken wordt en oxidatieprocessen versnellen. Deze veranderingen hebben ook een directe invloed op de nutriëntencyclus van planten, en het functioneren van ecosystemen (Vriens en Peymen, 2017).

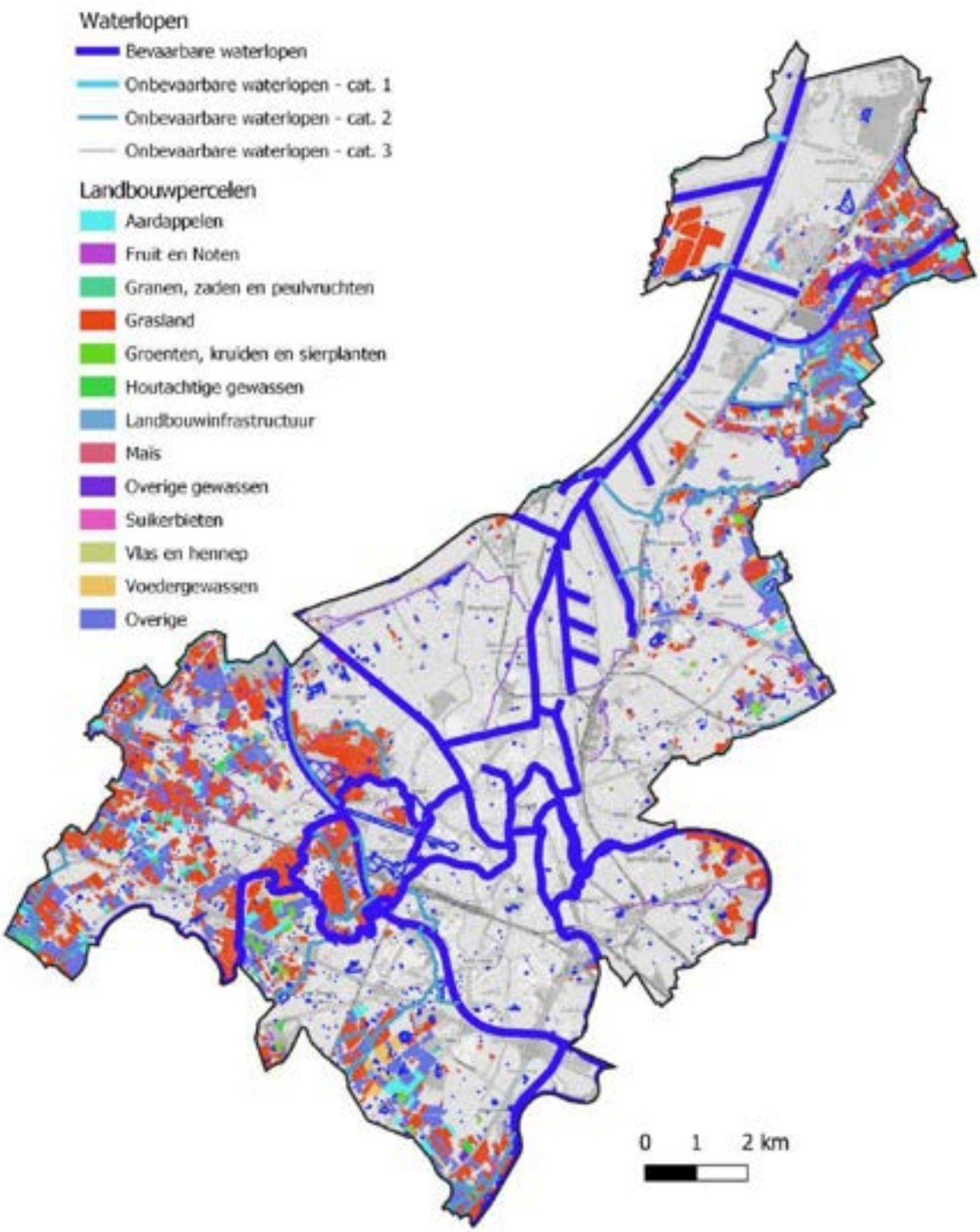
Figuur 47 vat deze gevoeligheid voor verdroging van ecotopen samen. Geel gekleurde gebieden zijn niet of nauwelijks kwetsbaar voor verdroging. Deze ecotopen zijn niet gebonden aan grond- of oppervlaktewaters. De oranje gekleurde gebieden zijn “matig kwetsbaar”, en zijn soms of in beperkte mate grond- of oppervlaktewatergebonden, maar zijn in de huidige toestand vrij ongevoelig voor droogtestress. De gebieden aangeduid in het rood zijn vooral gebonden aan oppervlaktewaters. Lage waterstanden in beken brengen dus (soms pas op langere termijn) schade toe aan de omliggende ecotopen. Donkerbruin gemarkeerde gebieden, tot slot, zijn zeer gevoelig voor droogtestress door hun grondwatergebondenheid. In het kader van de droogtestudie werden bijkomende kwetsbaarheids- en gevoeligheidskaarten opgemaakt op basis van de biologische waarderingskaart van Gent. Deze resultaten zijn terug te vinden in §6.1.1.1 en zijn meer gedetailleerd.

De gevolgen voor verdroging voor fauna zijn moeilijker te bepalen, en minder duidelijk. Het is wel zeker dat veranderingen in vegetatiesamenstelling en –structuur een impact hebben op de faunadiversiteit. Soorten die sterk afhankelijk zijn van natte systemen zijn extra gevoelig voor verdroging. Dit werd niet in kaart gebracht voor Gent.

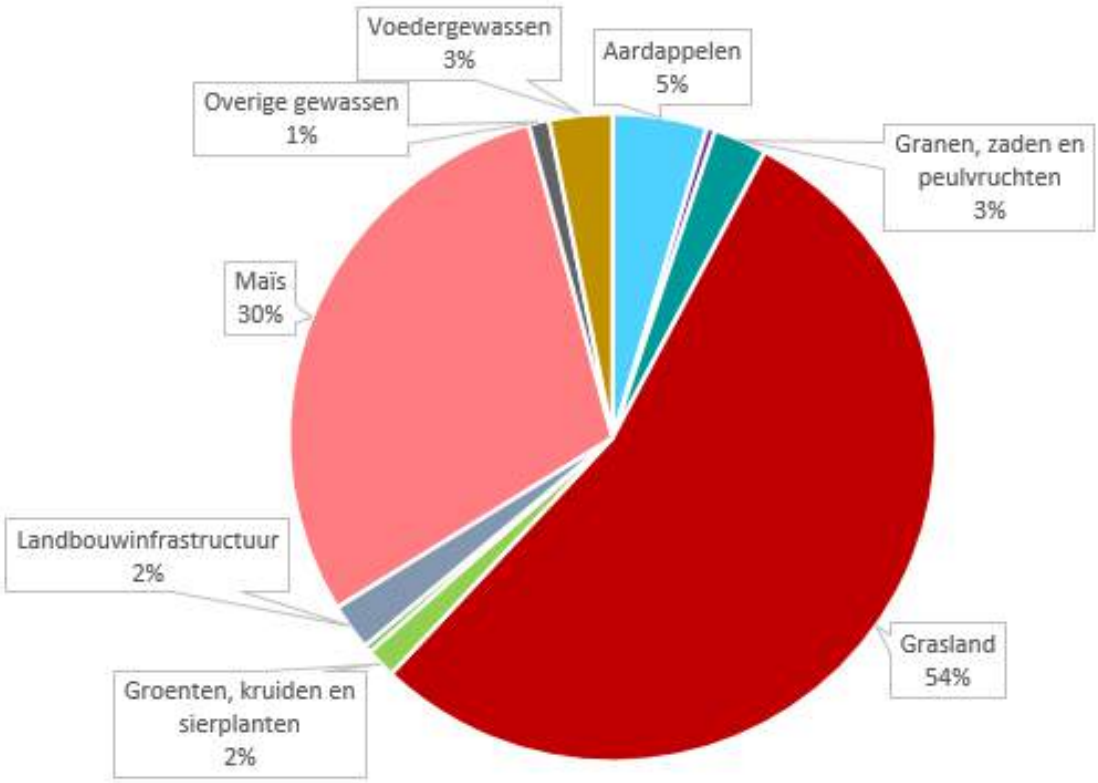


Figuur 47. Kwetsbaarheidskaart verdroging 2018 (bron: GeoPunt en Vriens en Peymen (2017)). Zie ook §6.1.1.1 voor een kwetsbaarheidskaart die werd opgemaakt in het kader van voorliggende droogtestudie.

Om de aanwezige teelten op grondgebied Gent te identificerend, werd gebruik gemaakt van de Landgebruikspercelen kaart van de Vlaamse Overheid. Deze toont een opname van 2018. Figuur 48 toont de geïdentificeerde percelen en hun bijhorende teelt. Figuur 49 toont de verdeling in Gent over de verschillende teelten. Het is duidelijk dat het merendeel van alle landbouwpercelen (54% naar oppervlakte) uit grasland bestaat. De tweede grootste teelt is maïs 30%, gevolgd door een bredere waaier aan andere teelten maar allen met een veel kleiner aandeel.



Figuur 48. Landbouwgebruikerspercelen in Gent (opname 2018; bron: GeoPunt).



Figuur 49: Verdeling van de teelten op grondgebied Gent (opname 2018; bron: GeoPunt).

Captaties uit waterlopen en grondwatervergunningen in het kader van landbouw werden apart besproken in §2.1 en §2.2.2.

2.4 Saneringsinfrastructuur

De riolering en bronmaatregelen spelen een belangrijke rol in de waterhuishouding. Riolering voert het water versneld af naar de waterlopen (via de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI)in geval van een gemengd stelsel), waardoor het niet de tijd krijgt om te infiltreren in de ondergrond en het grondwater minder gevoed wordt. De verharding die afwatert via de riolering versterkt dus de effecten van meteorologische droogte.

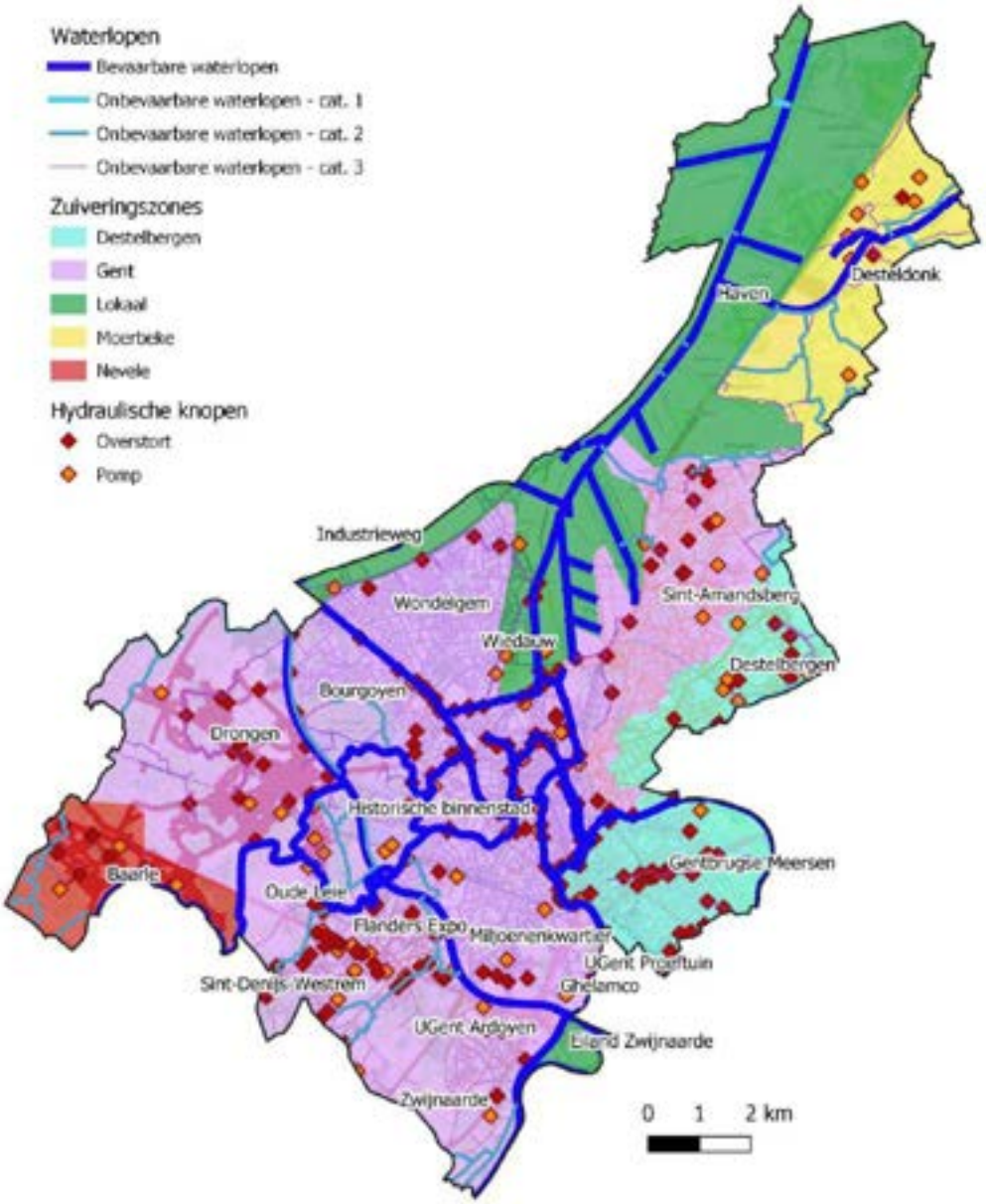
De saneringsinfrastructuur omvat drie belangrijke onderdelen: (1) de rioleringsstelsels zelf die instaan voor de afwatering van afvalwater en hemelwater, (2) de rioolwaterzuiveringsinstallaties die het (gemengd) afvalwater zuiveren en (3) de bronmaatregelen die de afstroming van hemelwater beperken. Elk van deze onderdelen speelt een belangrijke rol in de droogteproblematiek, en wordt dan ook apart toegelicht.

2.4.1 Rioleringsstelsels

Het grondgebied Gent behoort tot 4 zuiveringszones, elk met een of meer (aparte) rioleringsstelsels: Gent, Destelbergen, Moerbeke en Nevele. Voor sommige gebieden, zoals het havengebied direct rond het Kanaal Gent-Terneuzen, zijn er weinig gegevens beschikbaar. Er wordt aangenomen dat de neerslag veelal afwatert naar de dokken, en dat een groot deel van het afvalwater lokaal gezuiverd wordt en vervolgens ook naar de dokken stroomt. De verschillende zuiveringszones zijn ook aangeduid op Figuur 50. Veruit het merendeel van deze stelsels zijn “gemengd”: hemelwater en afvalwater stromen er samen af richting een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). Daarnaast zet men ook al jaren in op het afkoppelen van verharding van de gemengde riolering waar opportuun, om de afstroming van hemelwater via een apart regenwaterafvoerstelsel (RWA; een gescheiden stelsel) te

laten afstromen naar naburige oppervlaktewaters. Figuur 50 toont de gekende gemengde en gescheiden rioleringsleidingen op basis van de Rioleringsdatabank van de Vlaamse Overheid (versie april 2020; bron: GeoPunt). Daarnaast leverde Farys de modellen aan van de stelsels van Drongen, Sint-Denijs-Westrem, Gentbrugge, Oostakker en Sint-Amandsberg, en het centrum en Wondelgem. Deze rioleringsmodellen werden geanalyseerd voor het bepalen van de afwaterende aangesloten oppervlaktes en de werking van het stelsel (zie verder).

Bij hevige buien is de capaciteit van de (gemengde) riolering te beperkt om al het water naar de RWZI te kunnen afvoeren. Dan zal de riolering veelal overstorten naar naburig oppervlaktewater. Figuur 50 visualiseert ook de verschillende overstorten die zijn opgenomen in de Rioleringsdatabank.



Figuur 50. Synopsis van het rioleringssysteem met belangrijkste onderdelen.

Op basis van de ter beschikking gestelde modellen werd de aangesloten verharde oppervlakte per stelsel bepaald. Hiertoe werden alle afstromingsgebieden in de aangeleverde modellen geanalyseerd. Tabel 5 geeft een overzicht van de geïdentificeerde verharde oppervlaktes die (in de Hydronautmodellen) afwateren naar de rioleringsstelsels, met onderscheid van afwatering naar een gemengd of gescheiden (RWA) stelsel, en afzonderlijk voor daken en wegenis (terreinverharding). Dit

onderscheid is belangrijk om in het vervolg van de studies verschillende bronmaatregelen te kunnen doorrekenen. De Hydronautmodellen zijn met veel zorg opgemaakt, en er wordt dan ook verondersteld dat zij de beste bron zijn voor het inschatten van de hoeveelheid verharding die afwatert naar de riolering. Vanzelfsprekend moeten deze cijfers niet als exact geïnterpreteerd worden, en blijven er (significante) onzekerheden bestaan over de reële verhardingsoppervlakte die afwatert via de riolering. In het bijzonder is er een grote onzekerheid over het onderscheid tussen afwatering naar gemengde en gescheiden (RWA) riolering. Vaak is er immers gedeeltelijk een gescheiden stelsel aangelegd, maar watert deze (tijdelijk) in de praktijk nog af naar een gemengd stelsel meer afwaarts. Bijgevolg komt ook dat water terecht in de RWZI en kan dit nog overstorten bij hevige regen. Die afwaterende oppervlakte zou dus ook beschouwd moeten worden als "gemengd" in plaats van "gescheiden".

Er zijn geen Hydronautmodellen beschikbaar voor de zones "Haven" en "Eiland Zwijnaarde", en slechts gedeeltelijk voor de zone "Desteldonk". Bijgevolg werden er veronderstellingen gemaakt omtrent hun afwatering, aangezien dit nodig is als modelinvoer voor het vervolg van de studie. Voor de zones "Haven" en "Eiland Zwijnaarde" werd aangenomen dat alle verharding afwatert via een RWA-stelsel. Dit werd vervolgens evenredig verdeeld over dakoppervlakte en wegenis, aangezien dit weinig uitmaakt voor het model dat gebruikt wordt in het vervolg van de studie. De zone Desteldonk is meer landelijk en betreft een ouder stelsel. Er werd daarom verondersteld dat de ganse verharde oppervlakte van Desteldonk afwatert via het gemengd stelsel. Dit is een veilige aanname vanuit het standpunt van droogte, aangezien dit leidt tot meer afwatering via de riolering, en dus minder lokale infiltratie. Hiervan wordt bovendien 60% toegewezen aan dakoppervlaktes, en de overige 40% aan wegenis. Dit zijn de gemiddelde cijfers voor de andere stelsels waarvoor wel data beschikbaar was. Vanzelfsprekend moeten de modelresultaten van deze 3 zones met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden.

Tabel 5: Overzicht van de opgenomen verharding die aangesloten is op de riolering per type stelsel (gemengd, RWA) van daken en wegenis (bron: Hydronautmodellen Farys). Er zijn geen of slechts gedeeltelijke modellen beschikbaar voor de zones Haven, Desteldonk en het Eilandje van Zwijnaarde. Die cijfers zijn *gemarkeerd* en zijn bijgevolg veronderstellingen.

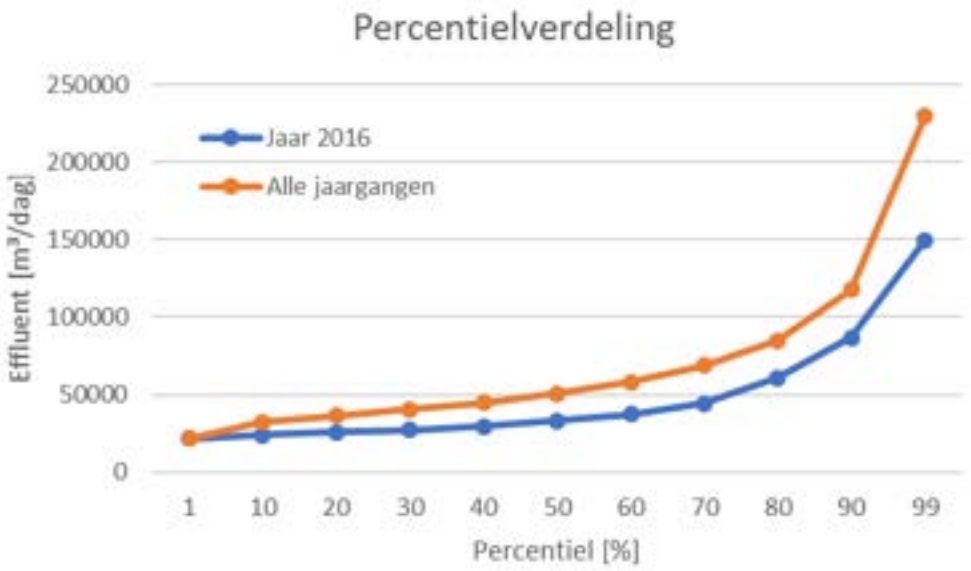
Zone	Gemengd - daken [ha]	Gemengd - wegenis [ha]	RWA - daken [ha]	RWA - wegenis [ha]	Totale som
Zwijnaarde	38.2	18.9	5.7	16.5	**79.3**
Haven	*0.0*	*0.0*	*686.3*	*686.3*	***1372.6***
Industrieweg	36.4	30.9	12.1	29.2	**108.6**
Desteldonk	*145.2*	*96.8*	*0*	*0*	**242**
Destelbergen	71.0	45.6	16.2	23.0	**155.8**
Wondelgem	140.0	104.3	22.8	21.6	**288.7**
Sint-Amandsberg	215.1	121.6	63.3	82.9	**482.8**
Gentbrugse Meersen	133.0	75.6	31.6	56.1	**296.3**
Ghelamco	10.4	10.6	12.8	18.8	**52.7**
Bourgoyen	103.9	74.9	8.2	16.8	**203.8**
Baarle	18.4	8.9	36.8	22.4	**86.4**

Drongen	64.8	39.7	11.3	13.7	**129.4**
Oude Leie	3.4	3.4	11.2	7.6	**25.6**
Eiland Zwijnaarde	*0.0*	*0.0*	*6.1*	*6.1*	***12.1***
UGent Ardoyen	1.3	0.7	8.0	5.3	**15.3**
Miljoenenkwartier	74.6	77.5	12.5	38.1	**202.7**
UGent Proeftuin	4.5	4.6	2.3	4.3	**15.7**
Flanders Expo	5.2	4.7	13.1	26.9	**49.8**
Blaarmeersen	1.5	3.2	4.7	11.9	**21.2**
Historische binnenstad	328.5	204.5	23.7	47.6	**604.3**
Sint-Denijs-Westrem	48.4	37.5	12.8	27.0	**125.6**
Wiedauw	19.6	27.8	16.7	16.0	**80.1**

2.4.2 Rioolwaterzuiveringsinstallaties

Het afvalwater van stad Gent komt terecht in vier grotere publieke rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's): Gent, Destelbergen, Moerbeke en Nevele. De RWZI's ontvangen naast afvalwater ook een deel van het afstromend hemelwater en parasitaire debieten, zoals permanente drainages en de instroom van lekkende rioleringsleidingen. De Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) stelde gegevens ter beschikking van het instromend effluent per RWZI vanaf het jaar 2000 (of later indien de RWZI pas later operationeel werd) tot eind 2017, tezamen met berekening uitgevoerd door VMM. De belangrijkste gegevens worden hieronder verder geanalyseerd om de verschillende toekomende stromen per RWZI te kwantificeren.

Figuur 51 toont de percentielverdeling van de effluentinstroom van de RWZI van Gent voor het jaar 2016 en alle beschikbare jaargangen (2000-2017). Het instromend effluent varieert van circa 30.000 m³/dag (laagste percentielen) tot 230.000 m³/dag (hoogste percentielen). Het laagste getal wordt bereikt op droge zomerdagen, wanneer de parasitaire instroom (drainages en lekkende rioleringsleidingen) wellicht beperkt is, en er geen afstroming is van regenwater. De hoogste effluentdebieten worden verkregen bij hevige neerslag. Merk echter op dat niet al het afstromend hemelwater ook daadwerkelijk de RWZI bereikt: bij hevige neerslag zal een deel overstorten. De overstorten, tezamen met de initiële verliezen, bemoeilijkt een berekening van de aangesloten verharde oppervlakte. Ook zijn er op de RWZI's van Moerbeke, Nevele en Destelbergen nog verharde oppervlaktes van buiten grondgebied Gent aangesloten die afwateren naar deze RWZI's. Daarom wordt de berekening van de potentiële aangesloten verharde oppervlakte niet uitgevoerd in deze studie, aangezien de Hydronautmodellen ook reeds betrouwbare inschattingen geven van de totale afstroming.



Figuur 51: Percentielverdeling van de effluent-instroom voor de RWZI van Gent.

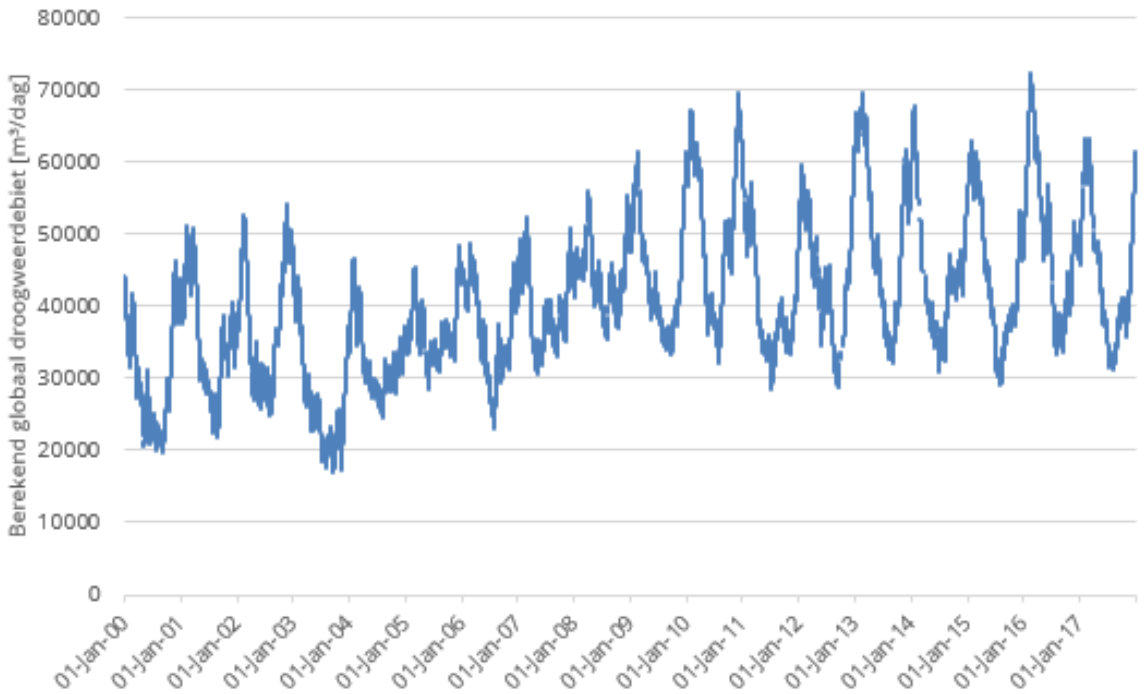
De volledige tijdreeksen van de effluentgegevens worden geanalyseerd om de droogweerafvoer te bepalen. Dit is de som van het instromend afvalwater en de parasitaire debieten. VMM heeft een rekenmethode ontwikkeld op basis van een filtertechniek om de droogweerafvoer te extraheren. Figuur 52 toont het resultaat voor de RWZI van Gent. Het is duidelijk dat (sinds ongeveer 2011) het droogweerdebiet fluctueert tussen ongeveer 30.000 m³/dag en 70.000 m³/dag. De lage debieten komen in de zomer voor, de hoge in de nattere winterperiode. De amplitude tussen beide is een goede inschatting voor het parasitair debiet: wanneer het grondwater hoog staat (in de winter), nemen de parasitaire debieten immers toe, terwijl de toestroom van afvalwater normaliter min of meer constant zal blijven. Het parasitair debiet wordt daarom voor de RWZI van Gent ingeschat op grootteorde 35.000 m³/dag in de winter, en 0 m³/dag in de zomer. Het maximaal parasitair debiet wordt bereikt rond maart – april van elk jaar, omdat dan de grondwaterstanden het hoogst zijn. De aanname van 0 m³/dag parasitair debiet in de zomer is wellicht een onderschatting. Vermoedelijk zal er in de zomer ook nog een parasitair debiet zijn, maar het is op basis van de huidige gegevens niet mogelijk om dit in te schatten. Het parasitair debiet neemt daarmee ongeveer (maximaal) de helft in van de totale droogweerafvoer in de winter. Omgerekend naar een piekafvoer in de winter per aangesloten inwoner equivalent is dit dus een piekafvoer van 0.17 m³/dag/I.E. Merk op dat dit *geen* jaarrond debieten zijn, maar het piekdebiet voorstelt in de winter.

Vanzelfsprekend gaat dit dus om zeer grote volumes freatisch grondwater die worden afgevoerd (een deel is wellicht ook oppervlaktewater). Dergelijke parasitaire debieten volledig vermijden is onhaalbaar, maar wel wordt bijkomend onderzoek aangeraden naar de precieze oorsprong van deze debieten (bijvoorbeeld aangesloten (verdoken) drainages, oppervlaktewaters en lekkende rioleringsleidingen), in combinatie met een plan van aanpak om deze te beperken. Het vergelijken van de diepteligging van rioleringsleidingen met de hoogst optredende grondwaterstanden kan een interessante analyse zijn voor het inschatten van de invloed van lekkende rioleringsleidingen bijvoorbeeld. Ter referentie worden nog ruwe inschattingen meegegeven van de parasitaire piekdebieten in de winter van andere grotere RWZI's in Vlaanderen. Ook deze cijfers zijn niet als exact te interpreteren:

- Brugge: 25.000 m³/dag (voor circa 180.000 I.E., dus een piekdebiet in de winter van 0.14 m³/dag/I.E.)
- Mechelen: 15.000 m³/dag (voor circa 90.000 I.E., dus 0.17 m³/dag/I.E.)
- Antwerpen-Zuid: 12.000 m³/dag (voor circa 180.000 I.E., dus 0.07 m³/dag/I.E.)
- Leuven: 5.000 m³/dag (voor circa 120.000 I.E., dus 0.04 m³/dag/I.E.)

Deze cijfers geven geen directe indicatie van bijvoorbeeld de toestand van de riolering, aangezien ook de hydrogeologische condities en de uitgestrektheid van het stelsel vanzelfsprekend een belangrijke impact hebben op de parasitaire debieten. In gebieden met een lagere grondwaterstand of sterk verdichte rioleringsnetwerken zijn de parasitaire debieten gemakkelijker te reduceren.

Op Figuur 52 is ook een duidelijk stijgende trend waarneembaar tussen 2000 en ongeveer 2011. Dit komt doordat er steeds meer mensen (en dus ook verharde oppervlakte) aangesloten werd op de RWZI. Zo was er tussen 2000 en 2007 een geleidelijke groei van aangesloten inwonerequivalenten (I.E.) van 115.000 naar 152.000. In 2008 werd een bijkomend stuk stelsel aangesloten, waardoor het aantal I.E. steeg naar 181.000. Sinds 2012 is er een groei van ongeveer 188.000 I.E. tot 207.000 I.E. eind 2016, maar dit resulteerde niet in een significante toename van de droogweerafvoer.



Figuur 52: Berekend globaal droogweerdebiet voor de RWZI van Gent tussen 1 januari 2000 en 31 december 2017.

De tijdreeksen van de overige 3 RWZI's vertonen een gelijkaardig verloop. De DWA van Destelbergen varieert tussen de 10.000 m³/dag en 20.000 m³/dag, waardoor een parasitair debiet verondersteld kan worden tot 10.000 m³/dag in de wintermaanden (en niks in de zomermaanden; hoewel dat wellicht een onderschatting is). Ook het aantal I.E. steeg daar significant: van 10.000 I.E. bij de opstart in 2001, tot grootteorde 62.000 I.E. eind 2017. Dit levert bijgevolg een piekafvoer van parasitaire debieten in de winter van 0.16 m³/dag/I.E., wat in lijn ligt met de RWZI van Gent (zie hierboven). De DWA van Moerbeke fluctueert sterker dan die van Destelbergen, wat wijst op een grotere instroom van parasitair water. Zo stroomt er circa 2.000 m³/dag minimaal af in de zomermaanden, maar er worden pieken geregistreerd tot meer dan 6.000 m³/dag DWA in o.a. de winters van 2012-2013, 2015-2016 en 2016-2017. Het parasitair debiet van de RWZI van Moerbeke wordt ingeschat op grootteorde 3.500 m³/dag. De RWZI van Nevele, tot slot, heeft een (doorheen de jaren ongeveer constant) minimaal DWA debiet van 1.000 m³/dag. Er is echter een opvallende neerwaartse trend waarneembaar in de maximale DWA debieten: de DWA bedroeg in de winter 2013-2014 maximaal 4.700 m³/dag, tijdens de winter van 2014-2015 nog 4.000 m³/dag, over de winter van 2015-2016 3.500 m³/dag en 2016-2017 nog 2.700 m³/dag. Het is onduidelijk wat deze structurele daling veroorzaakt. Mogelijke oorzaken zijn rioleringswerken die de parasitaire debieten verminderen, of bijvoorbeeld een structureel dalende grondwatertafel.

2.4.3 Bronmaatregelen

Bronmaatregelen proberen het water zoveel mogelijk lokaal vast te houden, en de natuurlijke watercyclus te herstellen.

Deze studie onderscheidt 4 types van bronmaatregelen: regenwaterputten, infiltratievoorzieningen, buffers met een vertraagde doorvoer en groendaken. Deze 4 types hebben allen een positieve impact op verdroging: ze beperken de afvoer naar de RWZI, met minder rioleringsoverstorten als gevolg. Het uitbouwen van bronmaatregelen zorgt ook voor een beperktere afvoer naar de oppervlaktewaters. Het nadeel van de verminderde afvoer naar rivieren in tijden van droogte door de aanleg van bronmaatregelen weegt niet op tegen de voordelen van deze bronmaatregelen op vlak van duurzame waterhuishouding. De bronmaatregelen houden het water langer vast, en zorgen voor een (zeer sterk) vertraagde afvoer en voeding van de waterlopen. Daarnaast hebben ze elk ook nog andere impacts:

1) Regenwaterputten verminderen de vraag naar leidingwater, waardoor er minder water opgepompt of gecapteerd moet worden. Het drinkwater van stad Gent wordt volledig buiten het grondgebied van Gent geproduceerd. Een dalende leidingwatervraag heeft dan ook geen rechtstreekse impact op het grondwatersysteem lokaal in Gent (maar mogelijks wel op andere grondwater- en oppervlaktewatersystemen van waaruit het Gentse leidingwater gewonnen wordt). In theorie kan het plaatsen van regenwaterput leiden tot een verminderde infiltratie en dus grondwatervoeding, aangezien door het gebruik van het hemelwater het water niet meer kan infiltreren. Toch wordt voor het Gents droogtebeleid alsnog aangeraden om regenwaterputten te plaatsen, omdat dit de algemene droogteproblematiek in Vlaanderen wel vermindert (netto zal er minder drinkwatervraag zijn, en moet er dus minder opgepompt/gecapteerd worden voor de productie), en regenwaterputten bovendien het Gents drinkwatersysteem meer robuust maken tegen piekverbruiken (doordat er ook alternatieve bronnen beschikbaar zijn). Daarnaast wordt de impact van de verminderde infiltratie als erg klein ingeschat, doordat in de huidige toestand het merendeel van het hemelwater dat op verharding valt alsnog afstroomt naar de riolering en waterlopen in plaats van lokaal infiltreert.
2) Infiltratievoorzieningen houden het water vast zodat het kan infiltreren. Op die manier wordt de grondwatertafel lokaal gevoed, en worden droogte-effecten verminderd onmiddellijk rond de infiltratievoorziening.
3) Buffers met vertraagde doorvoer hebben geen rechtstreekse impact op verdroging, tenzij het water alsnog aangewend wordt in tijden van droogte voor hergebruik (maar dat is quasi nergens het geval).
4) Groendaken, tot slot, hebben ook geen noemenswaardige impact op verdroging. Wanneer groendaken geplaatst worden in de plaats van infiltratievoorzieningen zal er vanzelfsprekend minder infiltreren, maar meer water verdampen. In die zin hebben groendaken een (beperkt) negatieve impact op verdroging. In dichte stedelijke bebouwing zorgt de verdamping voor verkoeling, waardoor ze hittestress tegen gaan. Ook bevorderen ze de biodiversiteit, en verbeteren ze de landschapskwaliteit. De implementatie van groendaken moet dus vanuit een integraal klimaatadaptatieperspectief beoordeeld worden, en niet enkel vanuit de droogteoptiek.

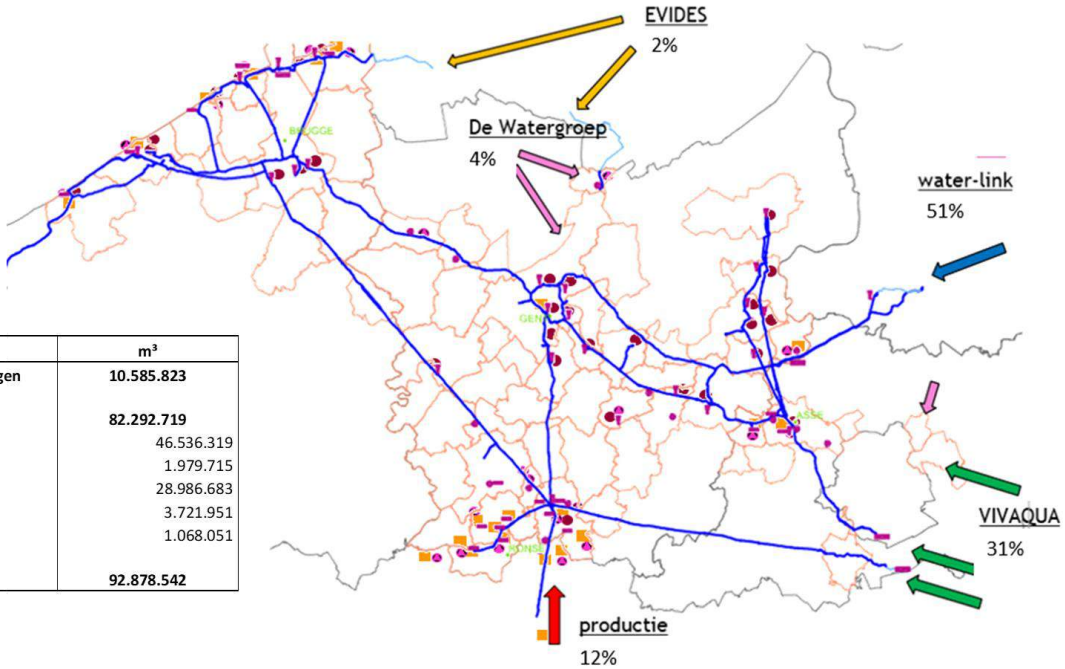
Het is dus belangrijk om te benadrukken dat bronmaatregelen ruimer beoordeeld moeten worden dan louter hun effect op droogte. Ze kunnen immers een sterk positief effect opleveren op de integrale waterhuishouding (droogte, wateroverlast én -kwaliteitsaspecten). Men moet er dus altijd naar streven om zoveel bronmaatregelen als mogelijk uit te bouwen waar deze effectief zijn.

Voor het opmaken van het waterbalansmodel is een inschatting van het aantal aanwezige buffers en andere bronmaatregelen nodig.

Merk op dat de uitbouw van groendaken niet bepaald werd. Een ruwe inschatting op basis van luchtfoto's geeft aan dat alleszins minder dan 5% van de bebouwing voorzien is van een groendak. De impact van groendaken op de algemene waterbalans is anno 2020 in Gent dan ook verwaarloosbaar.

2.4.4 Stadswater

Het stadswatersysteem op grondgebied Gent wordt uitgebouwd en geëxploiteerd door Farys. Farys produceert relatief beperkte hoeveelheden drinkwater, en het merendeel wordt dan ook aangevoerd vanuit andere zones bevoorradingsgebieden. Zo produceerde Farys in 2019 grootteorde 10,5 Mm³ via eigen winningen (allen buiten Gents grondgebied, en bestaande uit voornamelijk een combinatie van grondwater en ontzilting), versus een aankoop van 82,3 Mm³ (toelichting Farys aan de Gemeenteraad dd. 28.05.2020). Van de totale hoeveelheid verdeeld water is ongeveer 51% afkomstig van Water-Link, 31% van Vivaqua, 4% van De Watergroep, 2 % van Evides (Nederland) en de overige 12% van eigen productie. Het water dat in Gent verdeeld wordt is dan ook een mix van deze verschillende bronnen, en niet te herleiden tot 1 lokale winning. De belangrijkste waterbron voor het drinkwatergebied van Farys blijkt evenwel het Albertkanaal, dat op haar beurt gevoed wordt met Maaswater. Ook het water afkomstig van Vivaqua komt hoofdzakelijk uit het Maasbekken. Het Gentse drinkwater is dus voor het grootste deel afkomstig uit het Maasbekken. Het water wordt bijgevolg in hoofdzaak van elders via een uitgebreid transportnetwerk aangevoerd. Dit netwerk is vertakt met bevoorradingszones van andere drinkwatermaatschappijen.

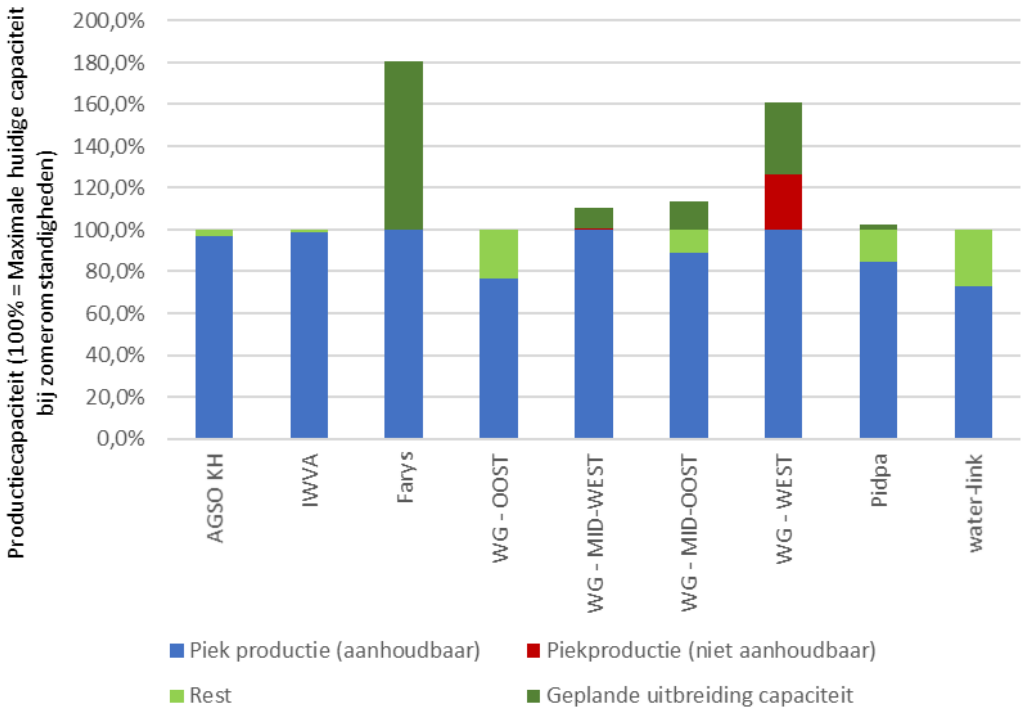


2019	m³
Eigen winningen	**10.585.823**
Aankoop:	**82.292.719**
water-link	46.536.319
Evides	1.979.715
Vivaqua	28.986.683
De Watergroep	3.721.951
Diverse	1.068.051
Totaal:	**92.878.542**

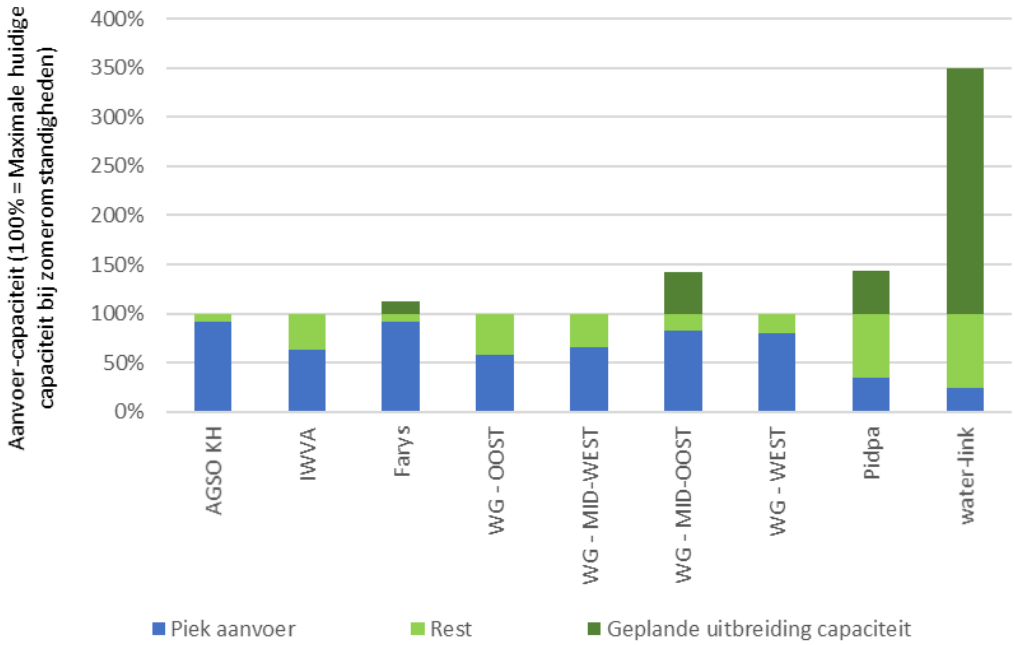
Figuur 53: Transportnet met volumes (toestand 2019; bron: toelichting Farys aan de Gemeenteraad Gent dd. 28.05.2020).

Om de bevoorradingszekerheid verder te verhogen met klimaatverandering indachtig, bouwt Farys de transport en productiecapaciteit verder uit. Dit gebeurt in nauwe afstemming met de andere drinkwatermaatschappijen en AquaFlanders. Figuur 54 en Figuur 55 tonen de productie- en aanvoercapaciteit van de verschillende drinkwaterbevoorradingszones in Vlaanderen voor 2019, rekening houdend met de besliste uitbreidingsprojecten. Verschillende projecten zijn gepland en gerealiseerd om ook de transportcapaciteit bij calamiteiten te verzekeren. Zelfs bij zomerpieken is er

nog marge op vlak van productie- en transportcapaciteit, en er wordt verder geïnvesteerd om die zekerheid nog te verhogen.



Figuur 54: Productiecapaciteit toestand 2019, rekening houdend met besliste projecten (bron: toelichting Farys aan de Gemeenteraad Gent dd. 28.05.2020).



Figuur 55: Aanvoercapaciteit toestand 2019, rekening houdend met besliste projecten (bron: toelichting Farys aan de Gemeenteraad Gent dd. 28.05.2020).

Er zijn bijgevolg geen winningen op grondwatergebied van Gent voor de productie van drinkwater. In buurgemeente Evergem bevindt zich het Waterproductiecentrum (WPC) van Kluizen, uitgebaat door De Watergroep. Dit is een van de belangrijkste oppervlaktewaterproductiecentra in Vlaanderen. De laatste jaren wordt er bovendien ook grondwater opgewaardeerd tot drinkwater. De meeste oppervlaktewaters rond Kluizen zijn dan ook gericht op het voeden van de 2 spaarbekkens van Kluizen. Deze bekkens hebben een totale inhoud van 11.4 Mm^3. Om de vooropgestelde (maximale) drinkwaterproductiecapaciteit van 70.000 m^3/dag te kunnen bereiken is een drinkwaterwingebied van 28.000 hectare aangesloten (Vanderkimpen et al., 2019). Het aanvoergebied begint met de stroomgebieden van de Poekebeek en van de Kale en Meirebeek die via het 'Duivelsputgemaal' in Vinderhoute onder het Kanaal Gent-Brugge in de richting 't Liefken - De Lieve afvoeren. Het gemaal 'De Lieve' te Waarschoot kan vervolgens het water in het Klein Brakeleiken en Brakeleiken overpompen. Deze laatste loopt tot aan het aanvoergemaal van het WPC Kluizen. De spaarbekkens van het WPC Kluizen worden daarnaast ook nog gevoed door de Burggravenstroom en het bekken van de Avrijevaart (= Sleidingevaardeken, Molenvaardeken, Verbindingsloop en Avrijevaart). De oppervlaktewaters op Gents grondgebied wateren bijgevolg, op enkele beperkte uitzonderingen na in Drongen zoals de Merebeek en Lieve, niet af naar dit WPC.

Het natuurlijk integraal watersysteem van Gent is dan ook niet direct gerelateerd aan drinkwaterproductie of –transport. Bijgevolg wordt het stadswatersysteem dan ook niet expliciet verder behandeld in deze studie.

3 Analyse huidige droogtetoestand watersysteem

3.1 Context

Droogte en waterschaarste manifesteert zich verschillend op elk onderdeel van ons watersysteem. Het droogvallen van oppervlaktewaters, zoals beken, grachten en vijvers, zijn de droogte-effecten die mensen eerst waarnemen. Onderliggend kunnen droogte-effecten al veel langer en structureler voorkomen, zoals bijvoorbeeld in een verlaagde grondwatertafel of een drogere bodemvochtbalans. Naast deze kwantitatieve aspecten heeft droogte ook een belangrijke weerslag op de waterkwaliteit. Tijdens periodes van droogte is er minder "verversing" van het water in de oppervlaktewaters, waardoor diverse soorten vervuiling minder snel verdunnen en de waterkwaliteit van de waterloop afneemt en zich ook moeilijker herstelt. Lagere waterstanden zorgen bovendien voor een snellere opwarming van het water, wat ook een impact heeft op de waterkwaliteit en het aquatisch ecosysteem.

Door deze vele facetten van droogte en de verschillende tijd- en ruimteschalen waarop deze zich voordoen, is het niet eenvoudig om dé "droogtetoestand" van een gebied eenduidig te bepalen. Droogte is niet te bevatten in één enkele waarde of beschrijving. Dit hoofdstuk onderzoekt daarom de droogtetoestand aan de hand van een representatieve set van droogte-indicatoren. Deze droogte-indicatoren zijn gedefinieerd zodat ze de verschillende vormen van droogte en waterschaarste op het integrale watersysteem omvatten, rekening houdend met de tijd- en ruimteschaal. De op te nemen tijd- en ruimteschaal is vooral van belang voor het beoogde gebruik en de toepassing die men wil onderzoeken. Volgende eenvoudige voorbeelden illustreren dit. Voor bevaarbaarheid is de ogenblikkelijke (uurlijkse) waterhoogte van belang: een te lage waterhoogte gedurende een uur kan grote veiligheidsrisico's met zich meebrengen. Voor ecosystemen zijn het vooral langetermijneffecten van droogte die van belang zijn. Indicatoren voor ecosystemen beschouwen bijgevolg vooral grotere tijdsschalen, zoals maandelijks tot over jaren heen.

Daarnaast zijn deze indicatoren zodanig gekozen dat ze ook eenvoudig af te leiden zijn in de praktijk, bij voorkeur gebruik makend van de verschillende meetnetten die vandaag al bestaan. Op die manier kan ook in periodes van droogte via deze indicatoren snel een diepgaand inzicht verkregen worden in de actuele droogtetoestand. Dit kan de basis vormen om doeltreffende en optimale maatregelen te treffen om het schaarse water optimaal te beheren, of de impacts van droogte te beperken.

Dit hoofdstuk geeft eerst een overzicht van relevante droogte indicatoren die in Vlaanderen of elders toegepast worden. Hierbij wordt aangegeven of die (al dan niet rechtstreeks) toegepast kunnen worden op grondgebied Gent. Waar mogelijk wordt concreet ingezoomd op de historische periodes van uitzonderlijke droogte. Door bovendien gegevens van langere periodes te beschouwen, is een vergelijking mogelijk ten opzichte van historische periodes: hoe verhoudt de droogte uit 2018 zich bijvoorbeeld met de extreme droogte van 1976? Via klimaatmodellen kan tot slot ingeschat worden hoe deze droogte-indicatoren ten gevolge van klimaatverandering zullen wijzigen. Merk op dat in deze studie een meer integrale impactanalyse van klimaatverandering op het watersysteem gebeurt aan de hand van het opgemaakte massabalansmodel. Die resultaten worden beschreven in hoofdstuk 5.

3.2 Overzicht droogte indicatoren

Tabel 6 geeft een samenvattend overzicht van relevante droogte-indicatoren die typisch in Vlaanderen worden toegepast om de droogtetoestand te beschrijven. De tabel duidt ook aan welke indicatoren in deze studie berekend werden voor het grondgebied Gent voor historische periodes, en voor het toekomstig klimaat. Tot slot toont de tabel welke indicatoren volgens de auteurs van de

studie relevant zijn om op te nemen in een "droogtedashboard" dat in tijden van (dreigende) droogte gebruikt kan worden om de droogtetoestand te beschrijven.

Tabel 6: Overzicht droogtetoestandsindicatoren.

Droogte indicator	Type	Historische analyse	Impact klimaat-verandering	Aangeraden in monitorings-dashboard
Neerslagtotaal	Meteo	X	X	
SP(E)I	Meteo			
(Doorlopend) potentieel neerslagtekort	Meteo	X	X	X
Gecombineerde meteo indicator	Meteo			
Debiet waterlopen	Hydro(geo)logisch	X	(X)	X
Waterpeil waterlopen	Hydro(geo)logisch	X	(X)	X
Waterpeil in vijvers en open waters	Hydro(geo)logisch		(X)	X
Bodemvochtgehalte	Hydro(geo)logisch	X		X
Freatische grondwaterstand	Hydro(geo)logisch	X	(X)	X
Verzilting	Waterkwaliteit	X		X
Waterkwaliteit waterlopen	Waterkwaliteit			X
Waterkwaliteit recreatiewateren	Waterkwaliteit	X		(X)
Waterkwaliteit freatisch grondwater	Waterkwaliteit			
Proliferatie van blauwalgen	Waterkwaliteit	X		X
Botulisme	Waterkwaliteit	(X)		
Watertemperatuur	Waterkwaliteit			
Huishoudens: aantal dagen voorraad in RW-putten	Sectorspecifiek	X	(X)	X
Industrie: aantal dagen voorraad in buffers	Sectorspecifiek		(X)	

3.3 Meteorologische droogte indicatoren

Meteorologische droogte indicatoren worden afgeleid op basis van puur meteorologische condities, zoals neerslag, temperatuur of zonnestraling. Ze zijn dus niet direct gelinkt aan de toestand op waterlopen of in het grondwater, maar helpen wel voor het inschatten van een goede benadering voor deze toestanden. De droogtetoestand is immers nauw gerelateerd aan meteorologische

condities. Omdat dit type indicator gemakkelijk afgeleid kan worden op basis van een beperkte set (algemeen beschikbare) data, zijn deze indicatoren snel inzetbaar.

3.3.1 Indicator: Neerslagtotaal

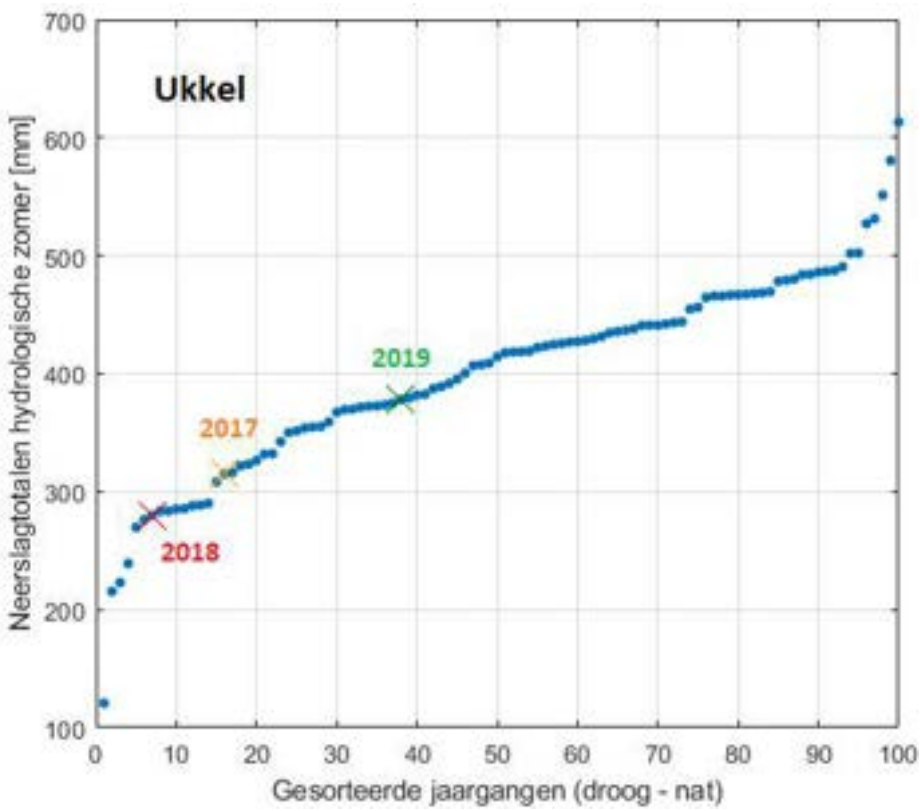
Definitie: som van de gevallen neerslag over een bepaalde periode, bijvoorbeeld de afgelopen 1 of 3 maanden.
Brongegevens:

- Gegevens in real time raadpleegbaar via www.waterinfo.be
- Gegevens van het pluviometernetwerk van stad Gent , Farys en UGent (niet-publiek; locaties en real-time meting raadpleegbaar via https://observatory.ugent.be/live.html)

De meest voor de hand liggende droogte indicator is wellicht de som van de neerslag die over een bepaalde periode gevallen is. Vaak wordt hiervoor een kalenderjaar genomen, of de afgelopen 1 of 3 maanden. In Ukkel worden sinds 1898 nauwkeurige neerslagmetingen bijgehouden. Omdat dit een bijzonder lange en bovendien consistente meetreeks betreft, wordt deze eerst geanalyseerd. Deze reeks wordt ook als de "referentietoestand" beschouwd in Vlaanderen.

Het actuele gemiddelde neerslagtotaal per jaar bedraagt volgens het KMI 852 mm. Een neerslaghoeveelheid van 852 mm is dus de referentie voor een "normaal" jaar in Vlaanderen. Daarnaast berekent het KMI ook classificaties om abnormale periodes aan te duiden.

Naast de jaartotalen is het ook interessant om specifiek in te zoomen op de "hydrologische zomerperiode". Deze periode omvat de maanden april tot en met september. Figuur 56 toont de neerslagtotalen over de hydrologische zomerseizoenen zoals geobserveerd in Ukkel voor 1920 tot en met 2019.



Figuur 56: Gesorteerde neerslagtotalen van de hydrologische zomerperiodes zoals geobserveerd in Ukkel (1920-2019)

De meest droge hydrologische zomerseizoenen zoals geregistreerd in Ukkel zijn ook samengevat in Tabel 7. In tegenstelling tot de verwachting van velen, behoort de zomer van 2018 (net) niet tot de "top 5" van droogste hydrologische zomerseizoenen op vlak van neerslagtotalen. Vooral de zomer van 1921 springt er nog (ruim) bovenuit op vlak van extremiteit, met een neerslagtotaal van slechts 121 mm. Wanneer echter gekeken wordt naar het gecombineerd effect van neerslaghoeveelheden én verdamping, kan geconcludeerd worden dat de zomer van 2018 wel zeer uitzonderlijk was (droog en heet). Het gecombineerd effect van neerslaghoeveelheid en verdamping wordt beschouwd in het "neerslagtekort", en besproken in §3.3.3.

Tabel 7: Droogste hydrologische zomers in Ukkel, tezamen met de geregistreerde neerslaghoeveelheden

Rang (droogste =1)	Jaargang (gesorteerd)	Neerslagtotaal [mm] Ukkel hydrologische zomer (01/04 – 30/09)
1	1921	121
2	1959	216
3	1976	223
4	1949	239
5	1938	270
6	1955	276
7	2018	280
16	2017	315
38	2019	378

Om de neerslagtotalen van Gent te analyseren wordt gebruik gemaakt van de observaties van de pluviometers in beheer bij VMM die raadpleegbaar zijn via de portaalwebsite Waterinfo.be, en de pluviostations van stad Gent, Farys en UGent.

De dichtstbijzijnde stations van de portaalwebsite Waterinfo.be zijn weergegeven in Tabel 8. Deze 3 stations zijn nog actief. Aangezien het station van Vinderhoute de langste meetreeks heeft en zeer dicht tegen het grondgebied Gent ligt, wordt deze reeks als referentiebasis voor Gent gebruikt. De overige reeksen werden echter eveneens geanalyseerd, en blijken in lijn te liggen met de observaties van Vinderhoute.

Tabel 8: Dichtstbijzijnde neerslagstations met publiek beschikbare observaties

Locatie	Stationsnummer	X,Y-coördinaat	Metingen vanaf
Vinderhoute	P03_005	100117; 197676	02/05/2004
Mariakerke	ALMC_30GN06007	101995; 195333	01/01/2019
Ertvelde	P03_041	107553; 206313	03/01/2009

Tabel 9 toont de gemeten neerslagtotalen over de hydrologische zomerseizoenen van 2017 tot en met 2020. Hieruit kan afgeleid worden dat de gegevens van de verschillende stations niet sterk

afwijken voor eenzelfde periode. Enkel voor Vinderhoute (en in mindere mate Ertvelde) valt op dat de neerslaghoeveelheden lager liggen in 2018 dan deze geregistreerd in Ukkel. Met een neerslagtotaal van 219 mm over de zomer zou Vinderhoute zelfs de op 2 na droogste zomerperiode zijn uit de meetreeks van Ukkel sinds 1920. Een nadere analyse geeft aan dat dit verschil veroorzaakt wordt door enkele hevige buien die wel in Ukkel geregisteerd werden, maar niet voorkwamen in Gent. Dergelijke zomeronweders kunnen zeer lokaal voorkomen en veel neerslag genereren, en bijgevolg dergelijke verschillen veroorzaken. Specifiek voor deze vergelijking blijkt dat in Ukkel 2 significante stormen met meer dan 25 mm neerslag voorkwamen begin augustus, maar Gent gespaard bleef van dergelijke onweders (in Vinderhoute werden wel neerslagbuien >15 mm geregistreerd in dezelfde periode). Dergelijke zeer sterke zomeronweders hebben echter maar een beperkt positief effect op de droogtetoestand, aangezien de neerslag veelal snel wordt afgevoerd via de riolering en oppervlaktewaters. Dergelijke zomeronweders veroorzaken meestal wel rioleringsoverstorten, met een negatieve impact op waterkwaliteit als gevolg.

Tabel 9: Gemeten neerslagtotalen voor de hydrologische zomerseizoenen.

	Ukkel	Vinderhoute	Mariakerke	Ertvelde
apr. – sept. 2017	315	299	-	308
apr. – sept. 2018	280	219	-	240
apr. – sept. 2019	378	374	334	340
apr. – sept. 2020	-	375	426	423

Daarnaast werden ook de pluviometers van stad Gent, Farys en UGent geanalyseerd. Deze stations werden in april 2016 geïnstalleerd, en zijn nog actief (dd. november 2020). Volgende stations werden opgezet: "Grumpy" (geïnstalleerd in de Plantentuin), "Sleepy" (Sint-Bavo school), "Bashful" (Provinciehuis), "Sneezy" (Wondelgem), "Happy" (Honda-site) en "Doc" (Melle, bij het KMI).

Tabel 10 toont de gemeten neerslagtotalen voor al deze lokale stations, tezamen met de waarden van Ukkel en Vinderhoute ter vergelijking. Opnieuw liggen de meeste waarden in lijn met deze van de stations van Vinderhoute en Ukkel, hoewel er sporadisch grotere verschillen waarneembaar zijn. Station Grumpy heeft bijvoorbeeld slechts 102 mm gemeten over de zomer van 2018, wat onrealistisch weinig is. Mogelijks was er in de zomer van 2018 een defect aan dit station.

Tabel 10: Gemeten neerslagtotalen voor de hydrologische zomerseizoenen.

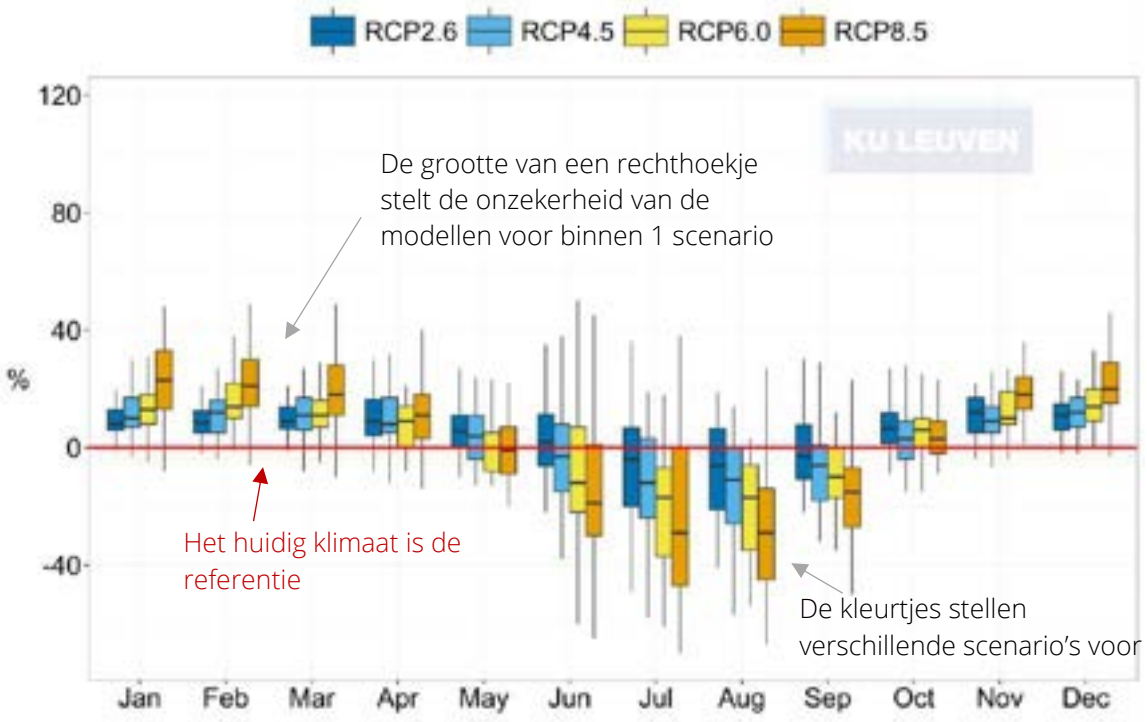
	Ukkel	Vinderhoute	Grumpy (Plantentuin U Gent)	Sleepy (Sint-Bavo school)	Bashful (Provincie-huis)	Sneezy (Wondel-gem)	Happy (Honda-site)	Doc (Melle)
apr. – sept. 2017	315	299	243	244	299	288	273	292
apr. – sept. 2018	280	219	102	220	215	188	232	197
apr. – sept. 2019	378	374	326	325	332	380	378	278
apr. – sept. 2020	-	375						

Het volgende wordt geconcludeerd:

- De hydrologische zomerseizoenen (april tot en met september) van 2017 en 2018 waren uitzonderlijk droog op vlak van neerslagtotalen. Het station van Vinderhoute registreerde over de hydrologische zomer van 2018 slechts 219 mm neerslag, wat significant lager was dan het station van Ukkel (280 mm) en bovendien tot de droogste jaargangen behoort sinds het begin van de metingen.
- De hydrologische zomers van 2019 en 2020 hebben eveneens lage neerslagtotalen (respectievelijk 374 en 375 mm), maar zijn minder uitzonderlijk. In vergelijking met de langjarige neerslagstatistieken hebben deze een percentielwaarde van 35%: dit wil zeggen dat ongeveer 1 op de 3 zomers gelijkaardige of nog lagere neerslaghoeveelheden heeft (volgens de historische observaties 1920 – heden).
- De verschillen tussen de neerslagstations in en rond Gent die ontsloten worden via de portaalwebsite Waterinfo.be zijn relatief beperkt. Voor de lokale meetstations (stad Gent, UGent en Farys) zijn grotere verschillen waarneembaar. De meetperiode is echter onvoldoende lang om significante ruimtelijke of temporele trends af te leiden.

De totale neerslaghoeveelheden zullen in het toekomstig klimaat veranderen. Met grote waarschijnlijkheid worden winters natter, en zomers droger. De KU Leuven – Afdeling Hydraulica kwantificeerde deze veranderingen door rekening te houden met een groot aantal klimaatmodellen en scenario's. De projecties voor het jaar 2100 van Ukkel zijn samengevat in Figuur 57. Deze projecties zijn ook geldig voor Gent. Deze figuur toont de procentuele verandering van de maandgemiddeldes neerslag ten opzichte van het huidig klimaat. De verschillende kleuren stellen verschillende broeikasgasscenario's voor (representative concentration pathway, RCP) , conform de scenario's zoals vastgesteld door het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Deze RCP-scenario's worden ook door de Vlaamse Overheid gebruikt voor klimaatrapportering en -onderzoek. Het donkerblauwe scenario gaat uit van een sterke afname van broeikasgassen, terwijl het oranje scenario een "business-as-usual" scenario voorstelt. De overige liggen hier tussenin. De balkjes op de figuur stellen de onzekerheid voor van de klimaatmodellen.

Uit het onderzoek blijkt dat winters tegen 2100 tot 30% natter kunnen worden dan de winters vandaag, en zomers tot grootteorde 40% droger. Zoals te zien op de figuur voorspellen sommige modellen en scenario's nog extremere veranderingen, maar de onderzoekers raden aan om bij het opmaken van een droogtebeleid met bovenstaande kerncijfers rekening te houden. Veranderingen voor het jaar 2050 kunnen *bij benadering* lineair herschaald worden. Dat betekent dat voor het jaar 2050 rekening gehouden moet worden met circa 10% hogere neerslaghoeveelheden in de wintermaanden, en 15% minder neerslag in de zomermaanden.



Figuur 57. Procentuele verandering van de maandgemiddelde neerslag tegen het jaar 2100.

3.3.2 Indicator: SP(E)I

Definitie: statistische berekening van de afwijking van neerslaghoeveelheden t.o.v. historische referentiegegevens. Berekend conform de methode van McKee et al. (1993).
Brongegevens: gegevens in real-time raadpleegbaar via www.waterinfo.be

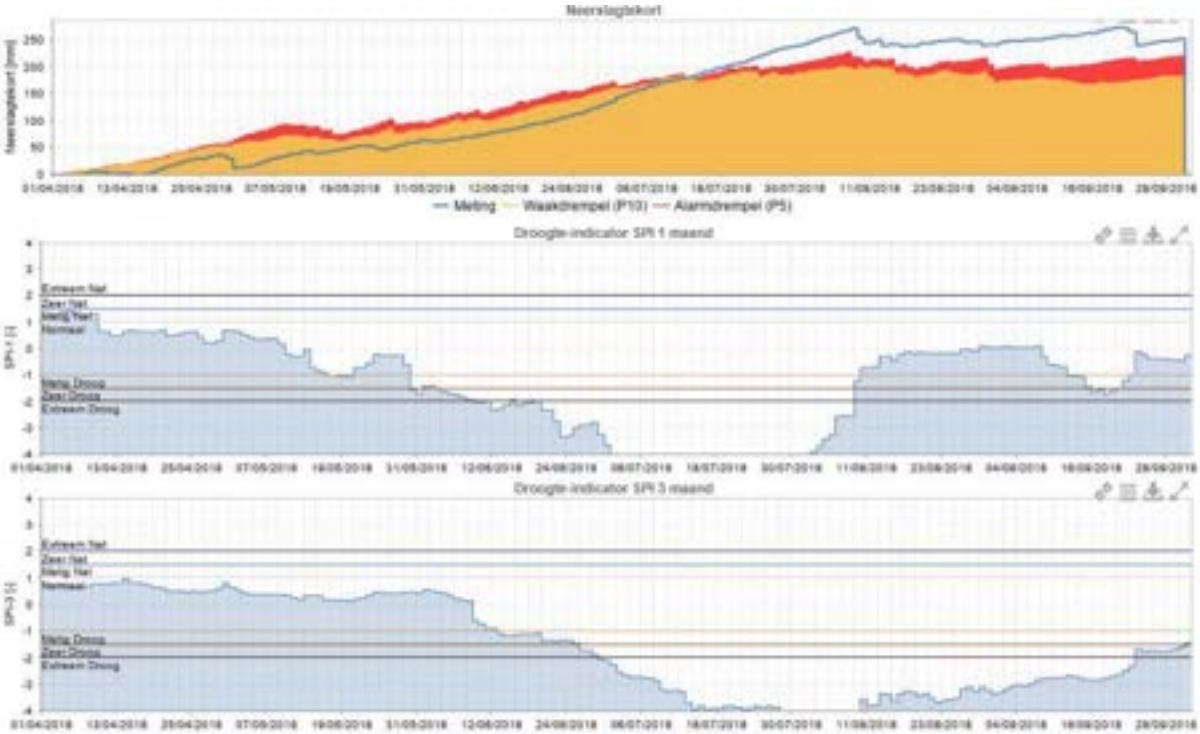
De SP(E)I is een statistische berekening die de afwijking van neerslaghoeveelheden t.o.v. historische referentiegegevens berekend voor een gekozen periode, bijvoorbeeld 1 of 3 maanden (respectievelijk aangeduid als SPI-1 en SPI-3). Dit is een statistische berekening die vaak door experten wordt toegepast. In Vlaanderen wordt de SP(E)I operationeel berekend door KMI, VMM en ILVO. De gegevens van VMM worden voor de pluviometers van stad Gent in real-time gepubliceerd op de portaalwebsite Waterinfo.be. De SPI-indicator werd hier berekend op basis van de methode van McKee et al. (1993). De SPEI-variant (Standardized Precipitation Evaporation Index) maakt gebruik van de neerslag min de referentiegewasverdamping (zie bv. Vicente-Serrano et al., 2010 voor een berekeningsmethode). Deze index is, door het opnemen van ook de verdamping, representatiever voor bijvoorbeeld landbouwtoepassingen, maar de indicator wordt hier niet verder beschouwd. De SPEI-variant overlapt immers deels met het neerslagtekort (zie 2.3.3), die eenvoudiger op te maken en te interpreteren is.

Het "Draaiboek coördinatie waterschaarste en droogte" van de Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid (CIW) vermeldt "drempelwaarden" voor de SPI-indicator om de uitzonderlijkheid te definiëren. Wanneer de berekende indicator deze drempelwaarde overschrijdt, wordt gesproken van een bepaalde "droogtestatus". Deze drempelwaarden worden in de figuren hieronder aangeduid, en wijzen op een "extreem droge" tot "extreem natte" toestand.

Figuur 58 toont de SPI-1 en SPI-3 indicatoren (tezamen met het doorlopend potentieel neerslagtekort ter referentie, zie ook §3.3.3) voor het hydrologisch zomerseizoen van 2018. Hieruit is af te leiden dat vanaf eind mei 2018 een "matig" droge situatie zich al snel omzette tot een "zeer" en zelfs "extreem"

droge situatie wanneer de neerslaghoeveelheden over een bewegend venster van 1 maand geanalyseerd worden (SPI-1; midden op de figuur). Pas met de buien die begin augustus voorkwamen herstelde de situatie zich op vlak van neerslaghoeveelheden berekend over de voorbije maand. De SPI-3 index beschouwt de neerslagtotalen over een duur van 3 maanden. Bijgevolg reageert deze indicator ook trager op neerslaghoeveelheden. Ook voor de SPI-3 index is te zien dat sinds eind mei 2018 een "matig" droge toestand voorkwam, die zich tegen eind juni 2018 verderzette als "extreem droge" toestand. Pas tegen eind september 2018 herstelde de situatie zich enigszins tot een "matig" droge toestand. Dit illustreert dat de buien die in augustus 2018 waargenomen werden weliswaar korte tijd voor een vernatting zorgden, maar zeker niet de grote tekorten van de zomer konden teniet doen. Het bodemvocht reageert trager (eerder zoals de SPI-3 indicator), waardoor de meeste vegetatiesoorten nog steeds een significante droogtestress ondervonden. Het grondwatersysteem reageert nog veel trager dan de SPI-3 indicator.

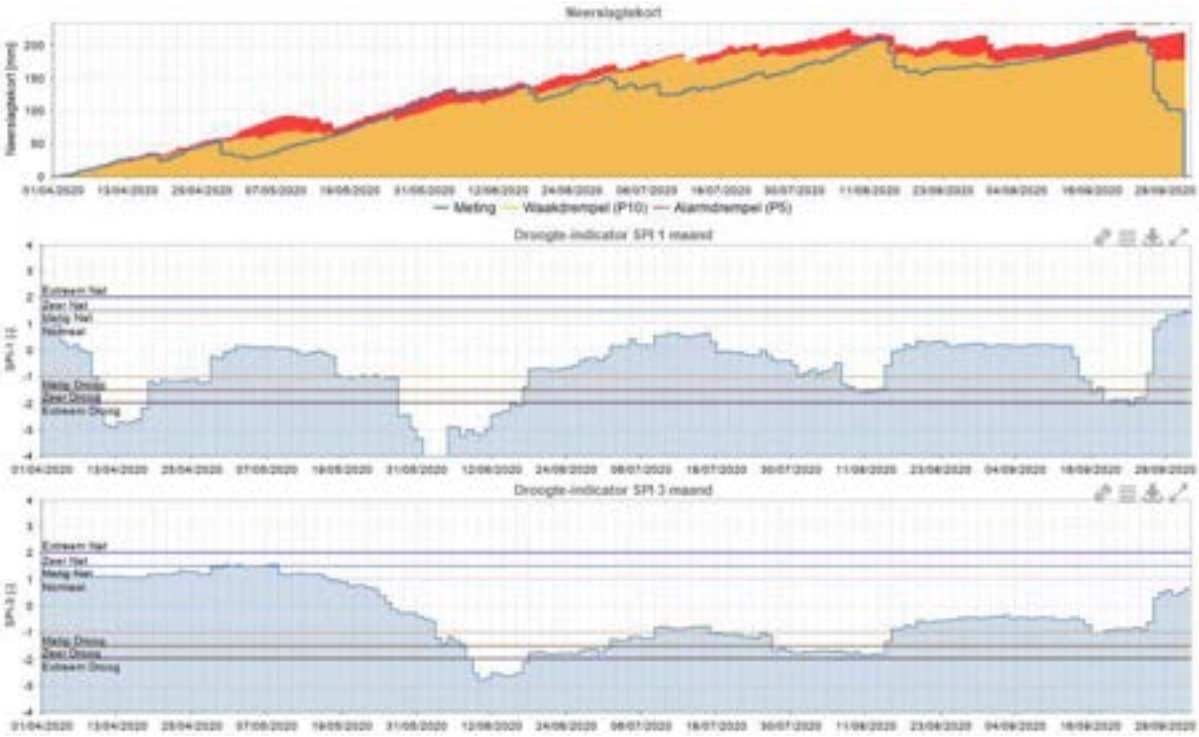
De figuur toont ter info ook de doorlopende neerslagtekorten. Deze worden pas besproken in §3.3.3, maar wordt hier reeds meegegeven zodat de SPI vergeleken kan worden met dit doorlopend neerslagtekort. Ook op vlak van het neerslagtekort is een zeer extreme droogtesituatie waarneembaar vanaf begin juli 2018, die zich voortzette doorheen de ganse zomer. Ook op het eind van de zomer was nog een zeer significant neerslagtekort waarneembaar. De nattere winterperiodes kunnen deze tekorten (deels) opvangen.



Figuur 58: SPI-1 en SPI-3 toestand voor het station van Vinderhoute voor het hydrologisch zomerseizoen van 2018.

Figuur 59 toont een gelijkaardige figuur, maar dan voor de hydrologische zomer van 2020. De neerslagtotalen zijn significant hoger in 2020 dan in 2018 (zie ook §3.3.1), maar ook in de hydrologische zomer van 2020 waren er (kortere) periodes van extreme droogte. Dit is ook waarneembaar in de SPI-1 en SPI-3 indicatoren. In het late voorjaar (juni 2020) gaven zowel de SPI-1 als de SPI-3 indicatoren een "extreem droge" toestand aan. Doorheen het hoogzomer seizoen waren er echter geregeld buien, waardoor de SPI-1 indicator veelal een "normale" droogtetoestand aangaf.

De SPI-3 indicator reageert trager op dergelijke buien, en gaf geregeld nog een “matig” tot “zeer” droge toestand aan.



Figuur 59: SPI-1 en SPI-3 toestand voor het station van Vinderhoute voor het hydrologisch zomerseizoen van 2020.

Er wordt tot slot nog verwezen naar de studie van VMM en Sumaqua (2018) rond de impact van klimaatverandering op de SPI en SPEI-indicatoren.

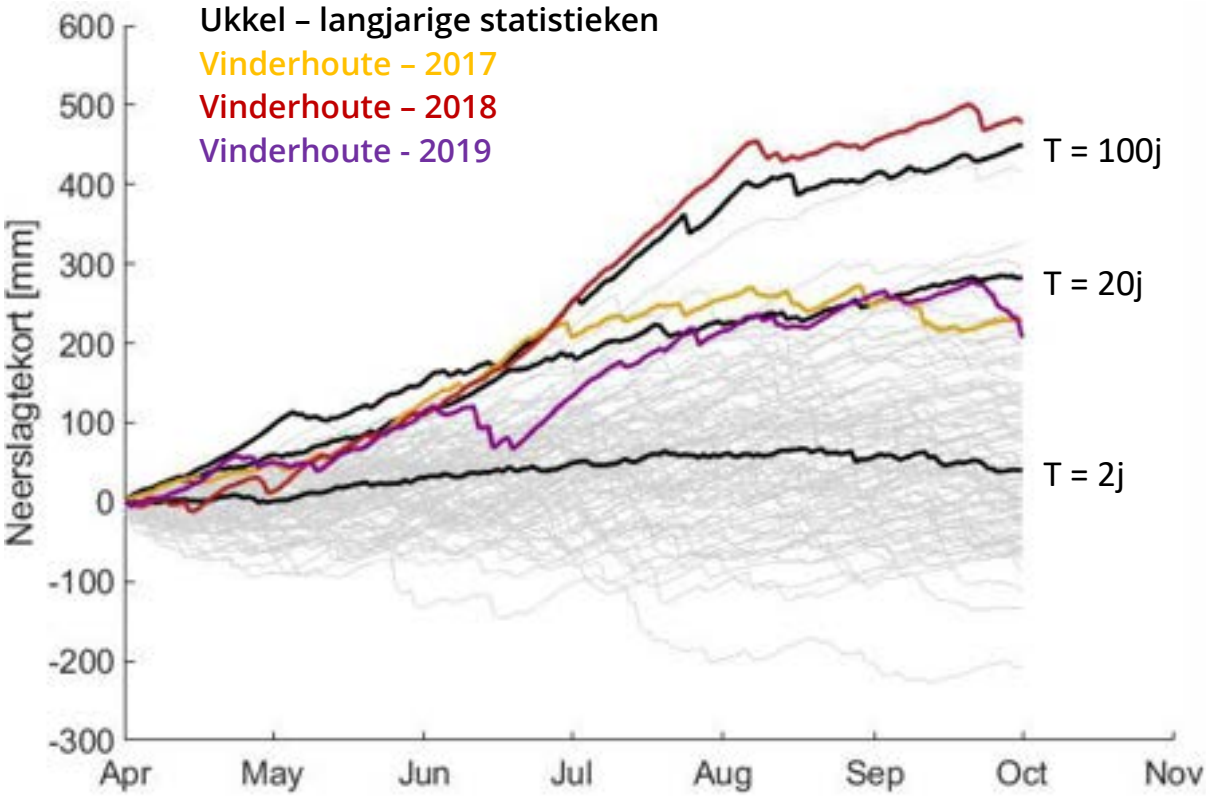
3.3.3 Indicator: Neerslagtekort of -overschot

Definitie: Verschil tussen de neerslag en de potentiële verdamping, vaak cumulatief berekend vanaf begin april.
Brongegevens: brongegevens (neerslag en verdamping) in real-time raadpleegbaar via www.waterinfo.be die gebruikt kunnen worden om het neerslagtekort af te leiden.

Het neerslagtekort (of –overschot), of voluit doorlopend potentieel neerslagtekort genoemd, beschrijft het gecombineerd effect van droogte en hitte. Dit maakt het neerslagtekort een zeer interessante indicator, die bovendien meer inzicht geeft dan enkel de neerslagtotalen. Deze indicator wordt berekend door het verschil tussen de gevallen neerslag en de referentiegewasverdamping dagelijks te sommeren, en dit gedurende het hydrologisch zomerseizoen of groeiseizoen. Het neerslagtekort is bijgevolg een goede benadering voor de droogtetoestand voor landbouw en natuurlijke vegetatie. De indicator is bijgevolg indicatief voor de hoeveelheid neerslag die de landbouw en natuurlijke vegetatie (zoals het hier gebruikte referentiegewas gras) tekort komen om optimaal te groeien. In Willems & Wolfs (2019) werden langetermijnstatistieken afgeleid voor het neerslagtekort. Hierdoor kunnen specifieke zomers (of droogteperiodes) vergeleken worden met historische droogtes.

Figuur 60 toont de analyse van het doorlopend potentieel neerslagtekort berekend op basis van de gegevens van het station van Vinderhoute en de langjarige neerslagsobservaties van Ukkel. De

analyse van het neerslagtekort beperkt zich tot het station van Vinderhoute, omdat deze reeks representatief is voor Gent (zie o.a. ook §3.3.1).



Figuur 60. Neerslagtekort berekend op basis van het station van Vinderhoute voor de jaren 2017, 2018 en 2019, en vergeleken met de historische jaren (grijze en zwarte lijnen)

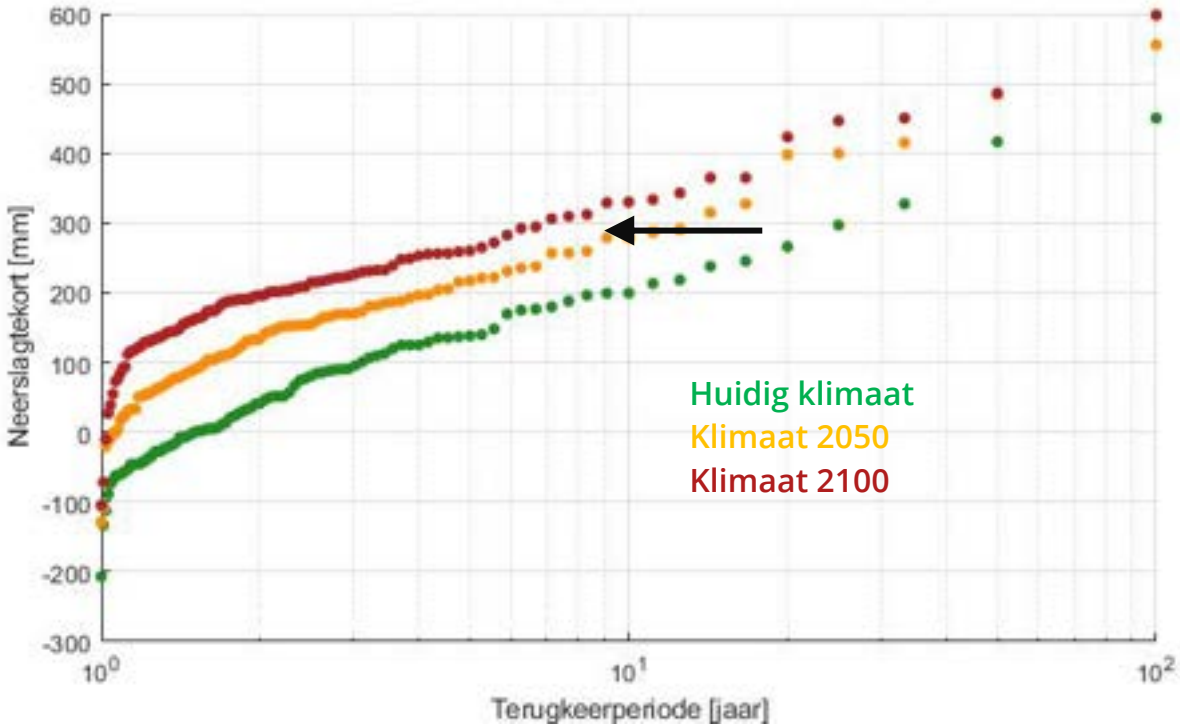
Uit de analyse blijkt dat de hydrologische zomer van het jaar 2017 fluctueerde rond de terugkeerperiode van 20 jaar. Dat betekent dat dergelijke zomer zich in het historisch klimaat gemiddeld eens per 20 jaar voordoet. Anders uitgedrukt, eens per 20 jaar is een gelijkaardige zomer *of* een drogere zomer te verwachten in het historisch klimaat. De zomer van 2018 is veel extremer. Dergelijke droogtetoestand zoals waargenomen in Gent heeft een terugkeerperiode van circa 100 jaar, en was sinds begin juli zelfs de periode met het hoogst geobserveerde neerslagtekort sinds het begin van de metingen. Zelfs op het eind van de zomer bleef het neerslagtekort zo extreem. De berekende neerslagtekorten in Vinderhoute zijn overigens veel extremer dan die berekend in Ukkel in 2018, waar een terugkeerperiode van ongeveer 40 jaar bereikt werd. Een situatie zoals in Ukkel deed zich 3 keer voor in de laatste 120 jaar: 1921, 1976 en 2018. De situatie in Vinderhoute was dus nog iets extremer. In 2019 werd in het late voorjaar (juni) een normale waarde genoteerd voor het neerslagtekort, maar doorheen de zomer (juli-augustus) bouwde zich wederom een neerslagtekort op met een terugkeerperiode van ongeveer 20 jaar.

De neerslagtekorten van de afgelopen jaren zijn dus veel extremer dan de eerder beschreven neerslagtotalen (§3.3.1) op vlak van droogte. Dit komt omdat het neerslagtekort ook rekening houdt met de potentiele evapotranspiratie, die de afgelopen jaren bovengemiddeld hoog was voor zomerperiodes. De potentiële evapotranspiratie wordt immers deels gedreven door de temperatuur en zonnestraling. De combinatie van weinig neerslag (cf. de neerslagtotalen) en de verhoogde evapotranspiratie leidt tot de uitzonderlijke waarden voor het neerslagtekort. Het is dus dit neerslagtekort dat een goede benadering vormt voor de droogtetoestand voor landbouw en (natuurlijke) vegetatie.

Naast de extremiteit per jaar afzonderlijk, heeft ook de opeenvolging van vier dergelijke jaren een cumulatief en versterkend effect. Aangezien het neerslagtekort slechts per jaar afzonderlijk berekend wordt, uit zich dat cumulatief effect niet in de gerapporteerde neerslagtekorten. Het cumulatief tekort heeft echter bijvoorbeeld wel een weerslag op de (freatische) grondwaterstanden (zie ook verder, §3.4.3). Dat wordt bijgevolg niet beschouwd in deze indicator (maar wel in de indicator "freatisch grondwaterpeil").

Tot slot werden ook **klimaatprojecties** aangemaakt van het neerslagtekort. Figuur 61 toont de voorkomensfrequentie van maximale jaarlijkse neerslagtekorten voor het huidig klimaat (groen), en het klimaat in 2050 (oranje) en 2100 (rood). Hieruit kan geconcludeerd worden:

- Zoals te verwachten nemen de neerslagtekorten significant en stelselmatig toe. In de toekomst zullen **droogtesituaties zich dus frequenter en extremer voordoen**.
- **Situaties zoals in 2017 en 2019, die zich in het huidig klimaat gemiddeld eens per 20 jaar voordoen, kunnen zich tegen 2050 ongeveer elke 9 jaar voordoen, en tegen 2100 elke 5 à 6 jaar**.
- **Een situatie zoals in 2018**, die zich in het huidig klimaat gemiddeld eens per 100 jaar voordoet, zal zich in de toekomst ongeveer **elke 50 jaar voordoen**. Dit blijft met andere woorden een uitzonderlijke situatie, ook na klimaatverandering.



Figuur 61. Projecties van de maximale jaarlijkse neerslagtekorten voor het historisch (groen) klimaat, en het klimaat in 2050 (oranje) en 2100 (rood); zie ook Willems & Wolfs (2019) voor meer informatie.

3.3.4 Indicator: Gecombineerde droogte indicator

Definitie: Een indicator die verschillende van voorgaande indices combineert, en door VMM gebruikt wordt om droogtetoestanden te identificeren.
Brongegevens: Niet rechtstreeks raadpleegbaar, wel onderliggende gegevens in real-time raadpleegbaar via www.waterinfo.be

VMM heeft een framework opgemaakt om verschillende droogte (voornamelijk meteorologische) indicatoren te combineren tot één overkoepelende indicator. Figuur 62 toont deze indicator. Ervaringen in de afgelopen jaren hebben echter geleerd dat dergelijke overkoepelende indicator zijn

tekortkomingen heeft. Het vervatten van droogte in één getal of code is immers moeilijk, en zorgt voor een ongenuanceerd beeld. Desondanks werd het mee opgenomen in het overzicht van de indicatoren, omdat het wel een nuttige aanvullende indicator kan zijn aan de overige.

Verantwoordelijk:			IW	VMM	VMM	VMM	VMM	KMI	KMI	KMI	KMI	ILVO	ILVO	ILVO
Status	Beschrijving	Mogelijke matregelen	Q (7dagen)	*Gecombineerde droogte-indicator	Relatieve grondwaterindicator voor impact van droogte op vegetatie	Gecombineerde grondwaterindicator voor impact van droogte op kleinschalige watervoorziening	Geleidbaarheid als indicator voor verzilting	SPI -1	SPI -3	SPI -6	SPI -12	SPEI 1	SPEI 3	Cumulatief neerslagtekort
groen	Normaal	geen	> Q90	SPI-1 > -2 EN SPI-3 > -1.5	Niet voldaan aan condities voor geel, oranje of rood.	Niet voldaan aan condities voor geel, oranje of rood.	<25% van de meetpunten > 2.000 µS/cm	> -1.0	> -1.0	> -1.0	> -1.0	> -1.0	> -1.0	< P75
geel	Droog	Waarschuwing, vrijwillige water beperkingen, preventieve maatregelen	P90>Q dag>P95	SPI-1 ≤ -2 OF SPI-3 ≤ -1.5	>50% peilputten minstens de voorbije 14 dagen onder "relatieve" P30	>50% peilputten onder "relatieve" én "absolute" P30	>25% van de meetpunten > 2.000 µS/cm		- 1.0 tot - 1.5	- 1.0 tot - 1.5	- 1.0 tot - 1.5	-1.0 tot - 1.5	-1.0 tot - 1.5	Overschrijding P75
oranje	Erg droog	Verplichte water beperkingen	P95>Q dag>P99	SPI-1 ≤ -2 OF SPI-3 ≤ -1.5 EN overschrijdingspercentiel neerslagtekort ≤ 10	>50% peilputten minstens de voorbije 14 dagen onder "relatieve" P20	>50% peilputten onder "relatieve" én "absolute" P20	>25% van de meetpunten > 4.000 µS/cm		- 1.5 tot - 2.0	- 1.5 tot - 2.0	- 1.5 tot - 2.0	-1.5 tot - 2.0	-1.5 tot - 2.0	Overschrijding P90
rood	Extreem droog	Uitzonderlijke beperkingen	Q dag<P99	SPI-1 ≤ -2 OF SPI-3 ≤ -1.5 EN overschrijdingspercentiel neerslagtekort ≤ 5	>50% peilputten minstens de voorbije 14 dagen onder "relatieve" P10	>50% peilputten onder "relatieve" én "absolute" P10	>25% van de meetpunten > 8.000 µS/cm		< - 2.0	< - 2.0	< - 2.0	< -2.0	< - 2.0	Overschrijding P95

Figuur 62. Droogte indicatoren zoals gebruikt in het CIW Draaiboek coördinatie waterschaarste en droogte (versie 5.0, dd. 24/06/2019) voor het bepalen van de droogtestatus groen-geel-oranje-rood.

3.4 Hydro(geo)logische droogte indicatoren

Hydrogeologische droogte indicatoren omvatten de indicatoren die betrekking hebben op de waterkwantiteit van grond-, bodem- en oppervlaktewaters. De belangrijkste worden hieronder kort opgelijst en elk afzonderlijk besproken voor Gent, namelijk (1) debiet op waterlopen, (2) waterpeil, (3) freatisch grondwaterpeil (i.e. ondiep grondwater) en (4) bodemvocht.

3.4.1 Indicator: Debiet op waterlopen

Brongegevens: Gegevens zijn raadpleegbaar op www.waterinfo.be

Het debiet is over het algemeen een goede indicator voor toepassingen die afhankelijk zijn van waterlooponttrekkingen en voor het aquatisch leven in de waterloop. Het Hydrologisch Informatiecentrum (HIC) en VMM stellen voor verschillende locaties in en rond Gent tijdreeksen van debieten (afvoer) ter beschikking (zie Tabel 11).

Tabel 11: Overzicht van de gerapporteerde debieten op waterinfo.be in en rond Gent

Waterloop	Locatie	Stationsnaam	Data leverancier	Beschikbaar sinds
Ringvaart	Evergem	Rvg03a-1066	MOW-HIC	17/4/2001
Zeeschelde	Melle (tij-gedeelte)	Zes57a-1066	MOW-HIC	1/1/1971

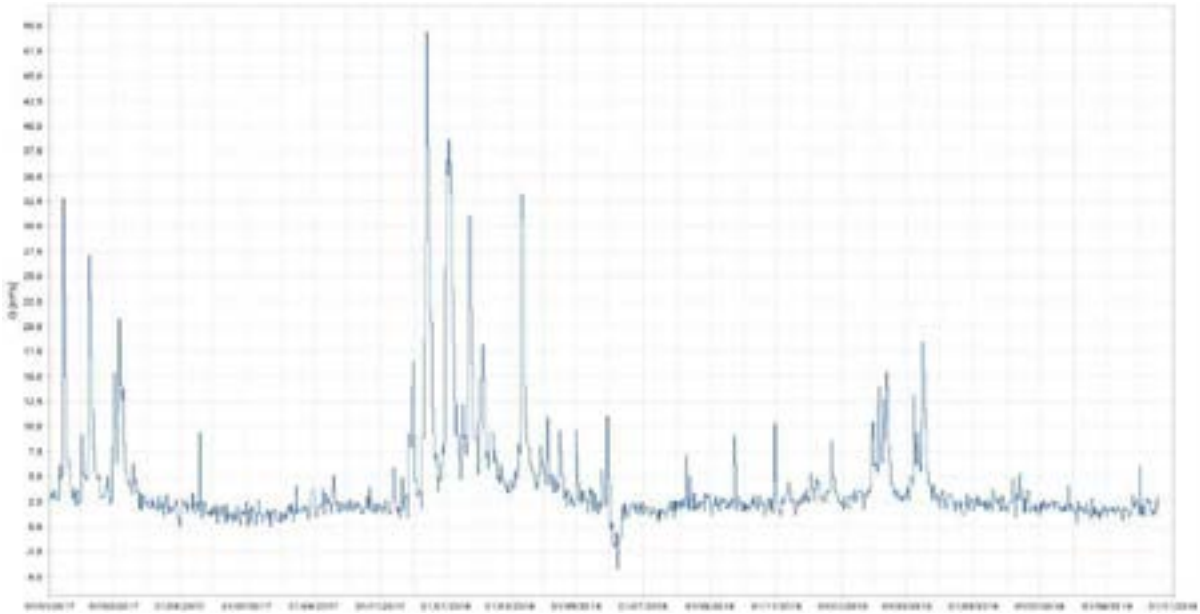
Leie	Deinze	Lei03a-1066	MOW-HIC	13/12/2005
Moervaart	Mendonk	Moe02a-1066	MOW-HIC	01/01/2008
Afleidingskanaal van de Leie	Zomergem	Akl04a-1066	MOW-HIC	22/09/2002

Figuur 63 toont bij wijze van voorbeeld het gerapporteerde debiet van de Leie tussen 1 januari 2017 en 1 november 2019. De locatie van het gerapporteerde debiet bevindt zich net afwaarts van de splitsing van de bovenloop van de Leie in het Afleidingskanaal van de Leie (dat uiteindelijk afwatert naar Knokke-Heist), en de "toeristische Leie" die uitgeeft op de Ringvaart bij Gent en haar meanderend karakter grotendeels heeft behouden. Jaarrond wordt ongeveer 85% van het water afgeleid via het Afleidingskanaal van de Leie. De overige 15% stroomt via de toeristische Leie naar de Ringvaart in Gent. Het getoonde debiet op onderstaande figuur heeft betrekking op de "toeristische Leie".

Doorheen gans het jaar wordt het debiet zodanig geregeld dat er een min of meer constant debiet geldt van ongeveer 2 m³/s. Tijdens natte periodes worden er vanzelfsprekend hogere debieten opgetekend.

Het stroomgebiedsbeheerplan voor de Schelde 2016-2021 – Bekkenspecifiek deel Leiebekken meldt dat er geen grote watertekorten zijn in de waterlopen van het Leiebekken (in vergelijking met andere stroomgebieden). Er zijn dan ook geen grote watercaptaties voor industrie vanuit de Leie volgens de stroomgebiedsbeheerplannen. Verdroging van de valleigebieden doet zich echter wel voor, onder meer in de alluviale Leievallei, de veenrijke valleigebieden rond de Oude Kale en Meirebeek. Deze verdroging leidt tot een degradatie van waardevolle vochtminnende biodiversiteit zoals de meersengebieden rond de Leie. Bovendien wateren sommige van deze stromen af naar het waterproductiecentrum (WPC) Kluizen. Het WPC capteert echter voornamelijk in de nattere winterperiodes, maar de verdroging kan ertoe leiden dat de duur van natte periodes waaruit gecapteerd kan worden vermindert. De Watergroep onderzoekt via een aparte studie de impact van klimaatverandering op de waterbeschikbaarheid van het WPC.

Daarnaast doet er zich ook verdroging voor op de Moervaartdepressie (gebied rond de Moervaart en de Zuidlede). Dit gebied wordt gecontroleerd door gemalen die wellicht onvoldoende peilgestuurd zijn, en dus ook bemalen in periodes van droogte. Een studie naar de gewenste grond- en oppervlaktewaterregimes (GGOR) lijkt wenselijk om het optimaal (dynamisch) peilbeheer te bepalen.



Figuur 63: Debiet van de Leie in Deinze tussen 1/1/2017 en 1/11/2019. Gegevens van 2020 zijn niet beschikbaar.

Figuur 64: Debiet van de Ringvaart in Evergem tussen 1/1/2017 en 1/10/2020

Figuur 64 toont het debiet van de Ringvaart in Evergem. Dit debiet is sterk gereguleerd. Het toevoerdebiet in de Ringvaart om Gent dient immers zowel om het Kanaal Gent-Terneuzen te voeden met zoetwater, alsook het Kanaal Gent-Oostende en de Zeeschelde. Het getoonde debiet is het debiet richting het Kanaal Gent-Terneuzen op de Ringvaart. In ideale omstandigheden wordt er minimaal 13 m³/s afgeleid naar het Kanaal Gent-Terneuzen om verzilting tegen te gaan (en 4 m³/s naar het Kanaal Gent-Oostende, en 10 m³/s naar de Zeeschelde). Deze waarde van 13 m³/s is opgenomen in het internationale verdrag met Nederland omtrent de afvoer van het Kanaal Gent-Terneuzen (zie verder). Het is duidelijk dat dit minimale debiet om de verzilting volledig te compenseren vaak niet behaald kan worden. De Vlaamse Waterweg poogt dan met een equivalent stuwbeheer in Evergem om het peilverloop van het Groot Pand rond Gent gelijk te laten fluctueren met dat van het Kanaal Gent-Terneuzen. Bij tijdelijk te beperkte beschikbare debieten zakken beide

panden, om zo scheepvaart te vrijwaren van beperkingen. In 2019 waren er echter diepgangbeperkingen zowel op het kanaal Gent-Terneuzen alsook op het Groot Pand.

In deze context is het interessant om te vermelden dat er een internationaal verdrag met Nederland geldt voor de afvoer van het Kanaal Gent-Terneuzen (dd. 20/6/1960 en aangepast dd. 5/2/1985). Dit verdrag bepaalt dat men gedurende 2 maanden een gemiddeld debiet van 13 m³/s moet leveren voor het kanaal. Zoals hierboven reeds geïllustreerd wordt dit debiet frequent niet behaald. Zo slaagde men er in 2011 zeven maanden lang niet in om het debiet van 13 m³/s te behalen. Volgens een studie van het Waterbouwkundig Laboratorium (WL, 2012) bleken voor een geanalyseerde periode van 43 jaar er maar liefst 37 periodes te zijn met een debiet lager dan 13 m³/s gemiddeld over 2 maanden.

Er zijn geen debietgegevens beschikbaar voor de kleinere onbevaarbare waterlopen in en om Gent. Hiervoor is men aangewezen op hydrologische modellen, die veelal echter niet gekalibreerd werden voor laagwatersituaties en daardoor minder betrouwbaar zijn als debiet-indicator voor droogte. In dat geval is het meer aangewezen om te werken met een waterpeil-indicator (zie §3.4.2).

3.4.2 Indicator: Waterpeil

Brongegevens:

- Portaalwebsite Waterinfo.be
- Tijdreeksen aangeleverd door Farys ter hoogte van pompstations

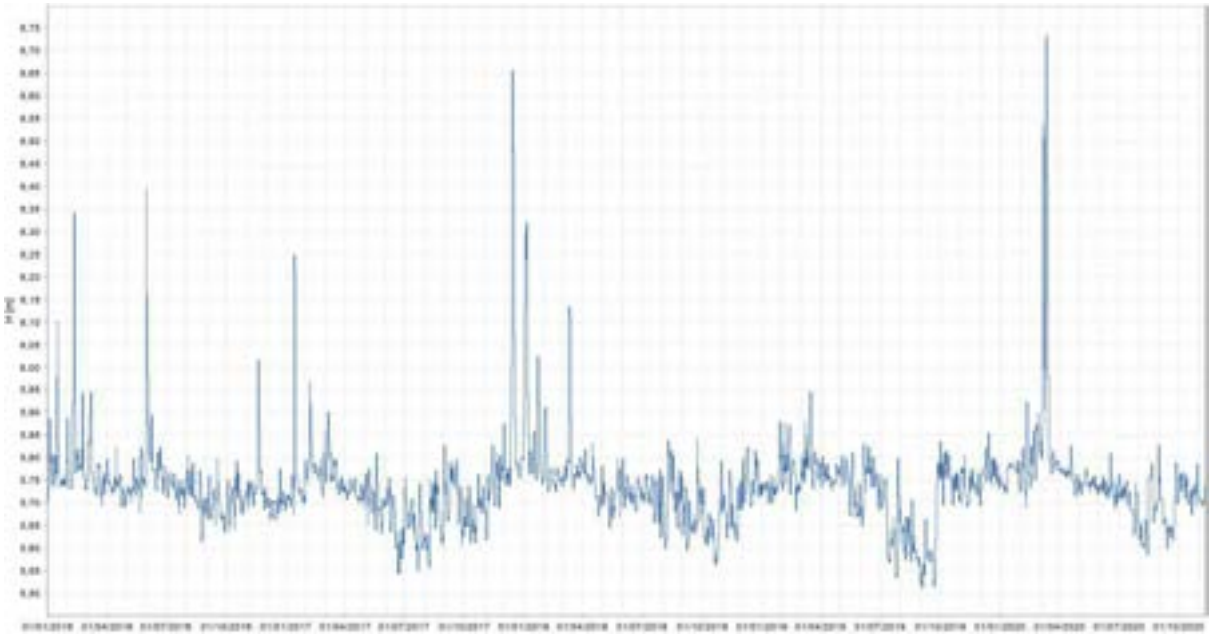
Voor bepaalde toepassingen is niet het debiet, maar eerder de waterhoogte bepalend voor het optreden van waterschaarste. Zeker voor aquatisch leven is vaak eerder de waterdiepte van belang. Zo kan bijvoorbeeld door opstuwing op waterloopjes het debiet volledig wegvallen, maar daardoor blijft er opwaarts wel een waterhoogte behouden die aquatisch leven mogelijk maakt. Bovendien zorgt een voldoende grote waterdiepte ervoor dat het water minder snel opwarmt in de zomer, waardoor nadelige fysicochemische reacties in het slib en water trager gebeuren. Hierdoor verbetert de waterkwaliteit (of verslechtert deze minder snel). Vanzelfsprekend is een minimale waterhoogte belangrijker voor de scheepvaart dan bijvoorbeeld minimale debieten. Tabel 12 vat de streefpeilen en minimumpeilen (i.h.k.v. scheepvaart) voor de bevaarbare waterlopen samen.

Tabel 12: Streefpeilen en minimumpeilen van de bevaarbare waterlopen in en rond Gent.

Waterweg	Streefpeil [m TAW]	Minimumpeil [m TAW]
Leie (Toeristische Leie)	5.61 (winter) en 5.70 (zomer)	5.5
Ringvaart om Gent	5.61	5.5
Doortocht om Gent (binnen de Ringvaart omvat dit o.a. BovenSchelde, Leie, Kanaal Gent-Oostende, het Verbindingskanaal, Reep, ...)	5.61	5.5
Kanaal Gent-Terneuzen	4.45	4.3
Moervaart	4.45 (winter) en 4.60 (zomer)	-

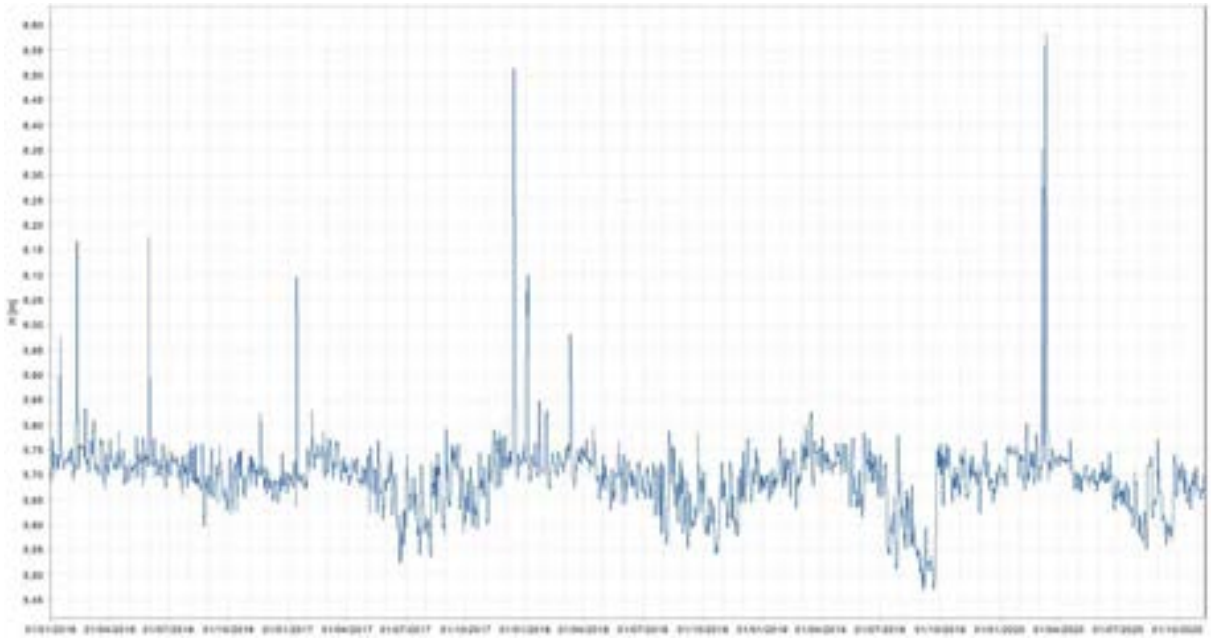
Figuur 65 toont de gemeten waterpeilen op de toeristische Leie te Sint-Martens-Latem (HIC station "lei02a-1066") van januari 2016 tot oktober 2020. In de zomerperiodes van 2017 tot en met 2020 is

er een terugval waarneembaar op de waterpeilen op de Leie tot onder de streefpeilen. De bevaarbaarheid (voor pleziervaart) kwam echter niet in het gedrang. Opwaarts op de Leie werden afgelopen zomers wel diepgangbeperkingen opgelegd, zoals bijvoorbeeld een diepgangbeperking van 20 cm in 2019 tussen de sluis in Sint-Baafs-Vijve en de Zultebrug in Zulte.



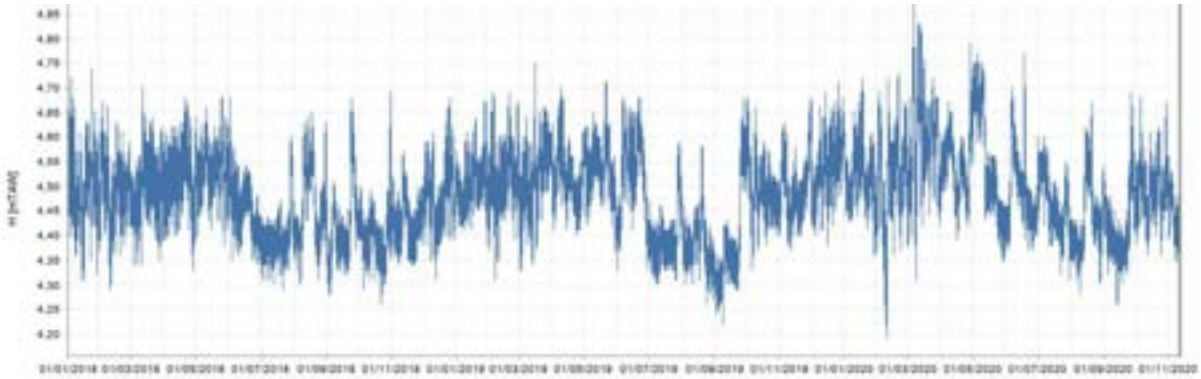
Figuur 65: Waterpeilen op de Leie (geobserveerd te Sint-Martens-Latem; station lei02a-1066) van 1 januari 2016 tot oktober 2020.

Figuur 66 toont de waterpeilen op de Ringvaart in Evergem tussen 1 januari 2016 en oktober 2020. Het streefpeil bedraagt hier (minimaal) 5.61 m TAW, met een minimum peil van 5.5 m TAW om scheepvaart zonder diepgangbeperking mogelijk te houden. Uit de metingen blijkt dat in de zomers van 2017, 2018, 2019 en 2020 de streefpeilen niet altijd gehandhaafd konden worden. In 2019 zakten de peilen zelfs tot beneden de minimale peilen, waardoor diepgangbeperkingen van kracht werden.



Figuur 66: Waterpeilen op de Ringvaart in Evergem (opwaarts van de Westbekesluis; station rvg04e-1066) van 1 januari 2016 tot oktober 2020.

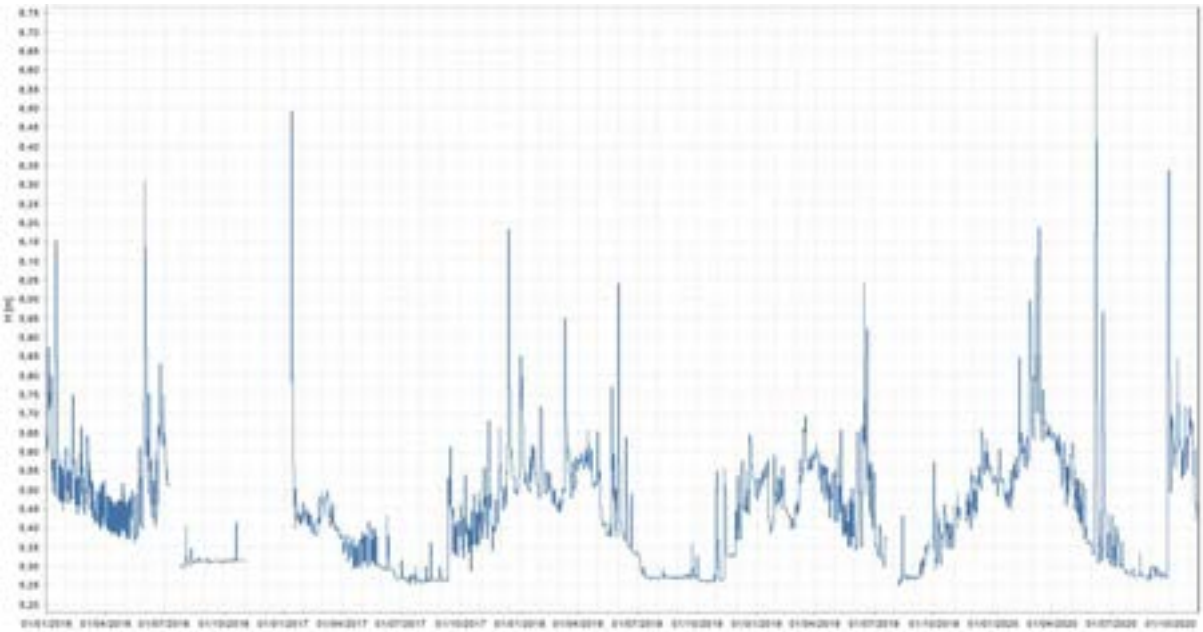
Figuur 67 toont het waterpeil op het Kanaal Gent-Terneuzen ter hoogte van Zelzate van januari 2018 tot oktober 2020. Het streefpeil van het kanaal bedraagt 4.45 m TAW, met een minimum peil van 4.30 m TAW om geen scheepvaart beperkingen te moeten opleggen. De metingen tonen dat ook hier de afgelopen zomers geregeld waterpeilen beneden dit minimumpeil optraden, met diepgangbeperkingen tot gevolg. De zomer van 2019 was op dat vlak bijzonder extreem: van juli tot eind september gold er een diepgangbeperking (van 15 cm), waardoor schepen (voornamelijk van Arcelor Mittal) een deel van hun vracht moesten overladen in Terneuzen (o.a. Het Nieuwsblad, 31.07.2019; De Standaard; 23.07.2019). Ook de andere jaren golden er (over een kortere duur) diepgangbeperkingen, of werd een aangepast beheer gedaan van de sluizen en stuwen wegens uitzonderlijk lage peilen.



Figuur 67: Waterpeilen op het Kanaal Gent-Terneuzen (Zelzate; station kgt04a-1066) van 1 januari 2018 tot oktober 2020.

Naast de grotere bevaarbare waterlopen, worden ook de kleinere onbevaarbare waterlopen sterk geïmpacteerd door droogte. In tegenstelling tot de bevaarbare waterlopen kan water minder gemakkelijk (tot zelfs niet) van de onbevaarbare waterlopen geheralloceerd worden om tekorten op te vangen. In die optiek zijn de onbevaarbare waterlopen zelfs meer kwetsbaar voor droogte. Het aantal meetlocaties op onbevaarbare waterlopen is echter beperkt. Onderstaande worden de beschikbare meetreeksen besproken die verzameld werden via de portaalwebsite Waterinfo.be en die aangeleverd werden doorFarys.

Figuur 68 toont de gemeten waterpeilen op de Ledebeek te Destelbergen (t.h.v. de Eenbeekstraat; station L04_00I). Hierop is te zien dat in zomerperiodes, zelfs in de nog relatief natte zomer van 2016, de waterhoogte tot onder het bereik van de limnigraaf zakt. Navraag bij de Vlaamse Milieumaatschappij leert dat deze waterloop effectief droog valt (zie ook Figuur 69). Deze beek stroomt verder naar het gemaal van Lokeren, waar ze finaal afwatert naar de Durme. Ook dat meer afwaarts traject blijkt nog gevoelig te zijn voor droogval. Daarnaast is er de Ledebeek die afwatert naar de Zeeschelde en die op de grens van Destelbergen loopt, maar waar geen metingen beschikbaar zijn.

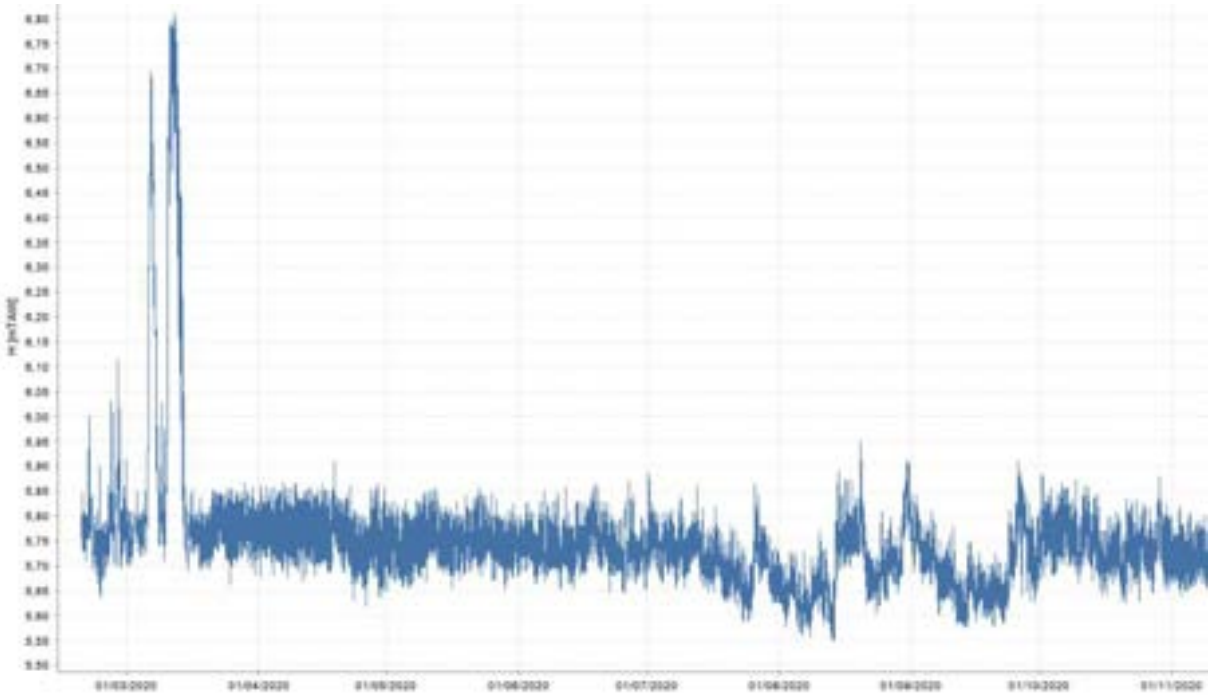


Figuur 68: Waterpeilen op de Ledebeek (Destelbergen; station kgt04a-1066) van 1 januari 2016 tot oktober 2020.

Figuur 69: Foto van het droogvallen van de Ledebeek in Destelbergen ter hoogte van de Eenbeekstraat (bron: VMM).

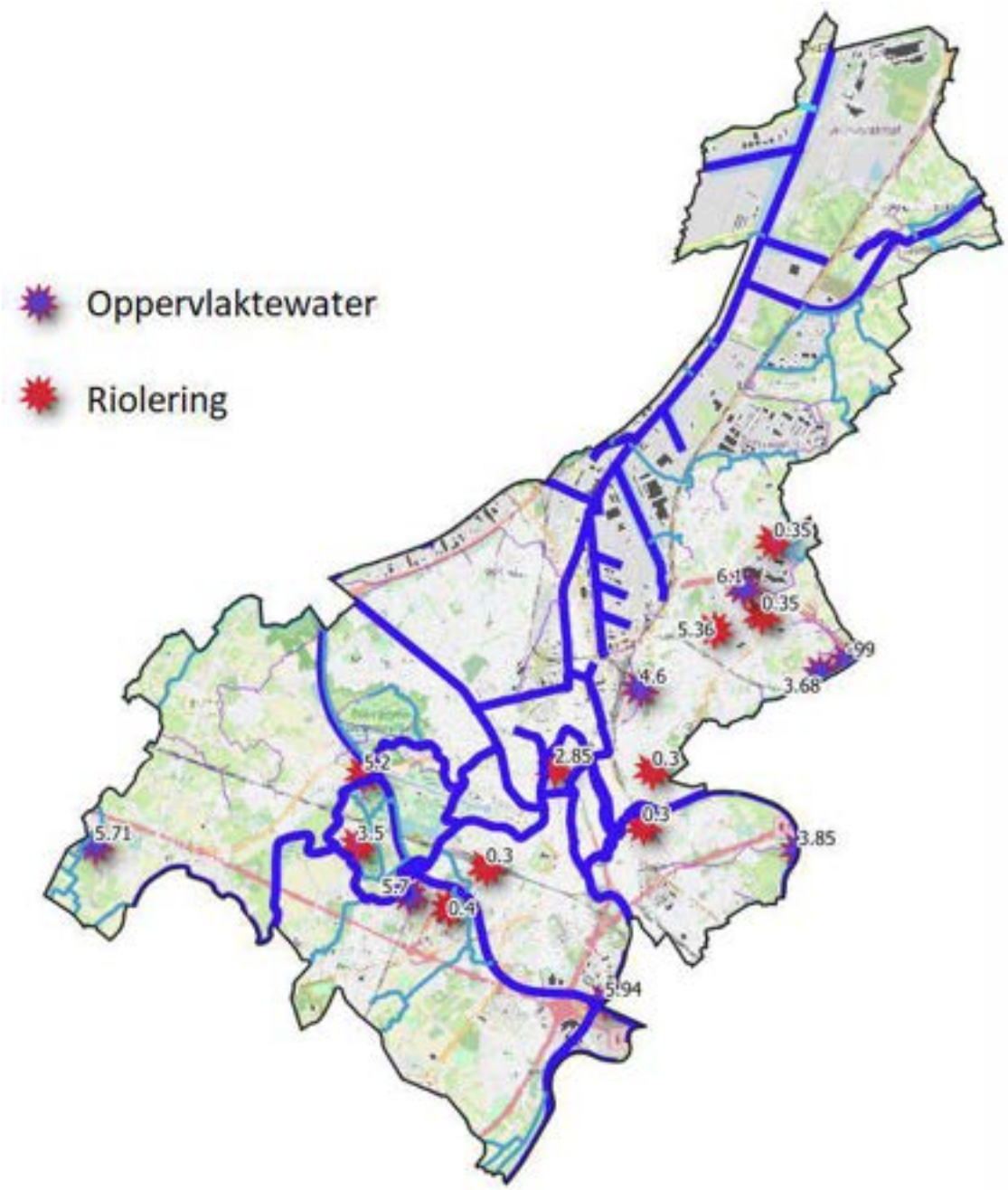
Figuur 70 toont de waterpeilen die gemeten werden op de Rosdambeek bij de samenvloeiing met de Leie. De uitlaatconstructie van de Rosdambeek werd recentelijk vernieuwd. Vroeger vloeide de Rosdambeek in de Leie via een duiker-constructie met terugslagklep, maar tegenwoordig gebeurt dit via een vrije uitstroming (met stuwconstructie om terugstroming te vermijden indien de Leie hoog komt). Er werd ook een pompconstructie voorzien zodat in geval van nood bij dreigende opwaartse wateroverlast alsnog verpompt kan worden naar de Leie.

Sinds midden februari 2020 wordt de waterhoogte aan de uitlaatconstructie van de Rosdambeek gemeten. De metingen tonen aan dat jaarrond de peilen relatief stabiel blijven door o.a. hydraulische sturing. In de zomerperiode valt het waterpeil echter terug. Uit de relatief snelle peilfluctuaties kan afgeleid worden dat het debiet in de stroom wellicht niet terugvalt tot 0 en er dus een (beperkte) stroming blijft bestaan. Dit is echter niet met zekerheid te zeggen, omdat de fluctuaties mogelijks ook het gevolg zijn van schommelingen op de ontvangende Leie. Diverse actoren melden alleszins wel dat de vallei van de Rosdambeek, ook op grondgebied Gent, sterk verdroogd is sinds 2000. De veengronden in deze vallei veraarden, wat een irreversibel proces is. De Stad tracht, o.a. via het gericht verwerven van gronden, om de natte natuur en grondwatergebonden vegetaties te herstellen. Bovendien maakt de Groendienst van stad Gent melding van het verdwijnen van grondwatergebonden vegetaties in de regio. Deze bevindingen zijn ook in overeenstemming met de Stroomgebiedsbeheerplannen van de Leie, die ook melding maakt van verdrogende valleigebieden langs de Leie zelf en de zijtakken van de Leie, met een irreversibele impact op de grondwatergebonden vegetaties die er voorkomen. De beschikbare data van de Rosdambeek is onvoldoende lang om trendanalyses uit te voeren om dit verder te onderzoeken, maar de consensus onder de verschillende actoren rond verdroging is zeer sterk.



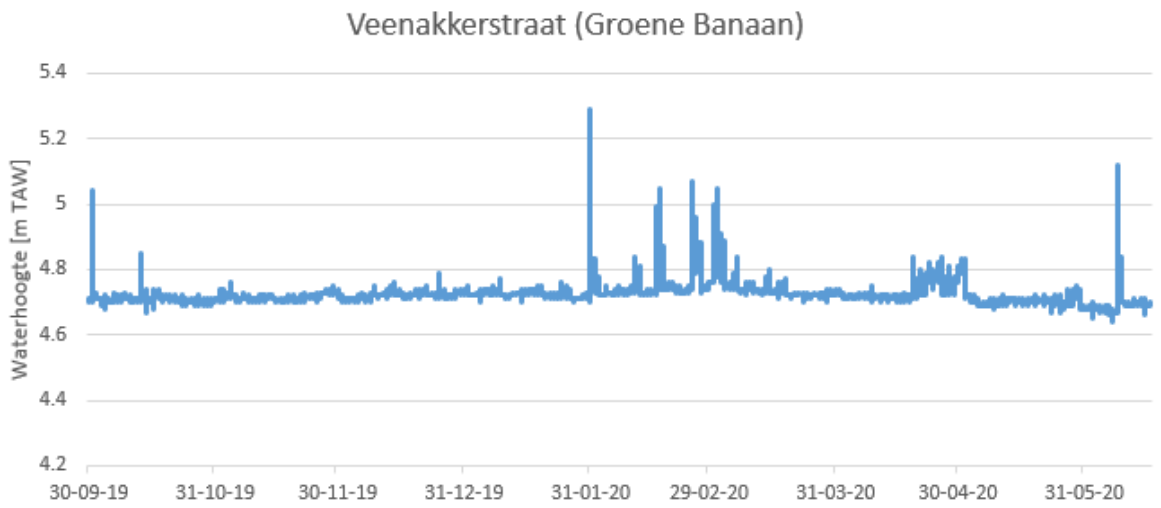
Figuur 70: Waterpeilen op de Rosdambeek (Afsnee; station OW019-AFW-1073) van midden februari tot november 2020.

Naast het eerder beperkt aantal meetlocaties op de onbevaarbare waterlopen die beschikbaar zijn via Waterinfo.be, bezorgde Farys in het kader van deze studie ook de waterpeilmetingen van hun pompinstallaties. In totaliteit werden tijdreeksen voor 26 locaties ontvangen, waarvan echter ook een deel op het rioleringsstelsel liggen en dus minder relevant zijn voor deze studie. Daarom gebeurde er een manuele inspectie van de tijdreeksen om de meest relevante meetlocaties te identificeren. Figuur 71 toont de geïdentificeerde locaties, tezamen met een aanduiding of de bijhorende pompen verpompen vanuit oppervlaktewaters of rioleringen (naar andere rioleringen of oppervlaktewaters).



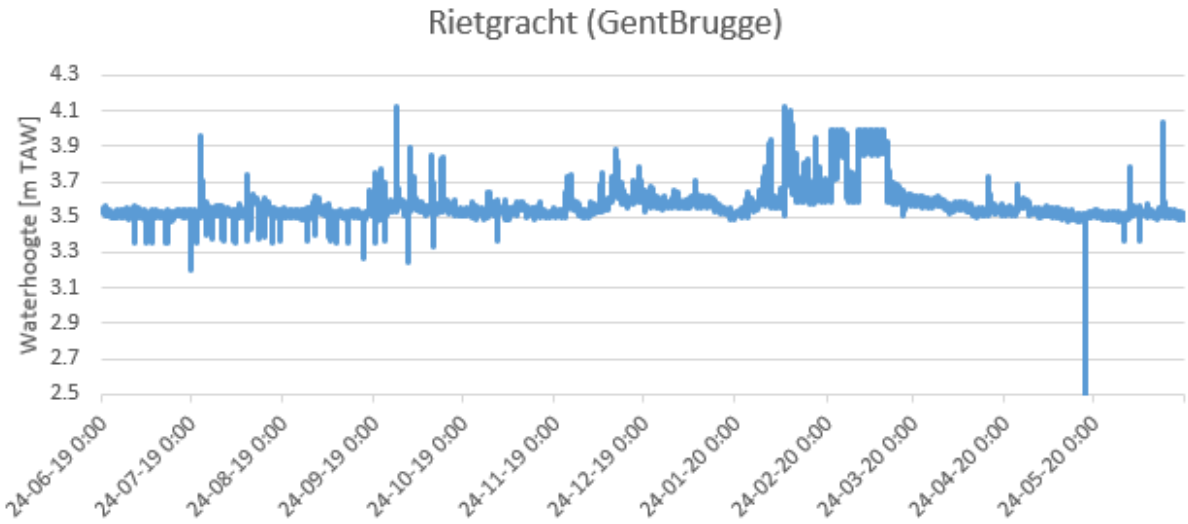
Figuur 71: Overzicht van de locaties met waterpeiltijdreeksen van pompgemalen ontvangen van Farys. De gemalen van de Provincie Oost-Vlaanderen en de Polder Moervaart en Zuidlede zijn niet opgenomen. "Riolering" betekent dat er water van een rioleringsstreng verpompt wordt (naar riolering of oppervlaktewater), "oppervlaktewater" betekent dat er tussen waterlopen verpompt wordt.

Figuur 72 toont de waterhoogtes op de Rietgracht ter hoogte van de Veenakkerstraat van september 2019 tot juni 2020. De zomer van 2020 is bijgevolg niet opgenomen, maar het voorjaar van 2020 was wel zeer droog. Het water uit de Rietgracht watert naar afwaarts af via een overlaat (instelhoogte 4.60 m TAW). Wellicht wordt de Rietgracht gevoed door grondwater uit de omgeving, aangezien deze ook lager gelegen is dan het omliggend terrein. Het gebied rond de Rietgracht is ook opgehoogd met circa 2 meter, en de (deels ingebuisde) Rietgracht bevindt zich op de taludrand van deze ophoging. De Rietgracht werkt dus vermoedelijk drainerend, wat op vlak van droogte ongewenst is. Bijkomende (debiet)metingen over een droge zomerperiode, alsook experimenten met verschillende stuwhoogten, kunnen hier uitsluitsel bieden.



Figuur 72: Gemeten waterpeilen van de Rietgracht aan de Veenakkerstraat (Groene Banaan) van september 2019 tot eind juni 2020.

Eenzelfde dynamiek is waarneembaar op het gedeelte van de Rietgracht die afwatert naar de Schelde (in Gentbrugge). Figuur 73 toont de geobserveerde waterpeilen op de beek zelf, net opwaarts van de uitlaatconstructie naar de Schelde. Er is een stuwpeil ingesteld op circa 3.50 m TAW, met daarnaast ook een dubbele pompinstallatie met startpeilen 4.00 en 4.20 m TAW, en 3.85 m TAW als stoppeilen. Ook hier blijkt dat de waterhoogte quasi nooit onder dit stuwpeil valt, wat aangeeft dat ook in droge periodes de Rietgracht gevoed blijft. De plotse waterdalingen onder de 3.50 m TAW blijken beperkt tot 5-minutenwaarden, waardoor dit vermoedelijk verkeerde metingen zijn. Ook dit deel van de Rietgracht lijkt dus drainerend te werken, wat ook bevestigd wordt door een analyse van de omliggende grondwaterpeilen (die fluctueren tussen de 3 m TAW en 5.5 m TAW, waarbij veruit de meeste metingen continu boven de 3.5 m TAW liggen; zie ook §3.4.3). Momenteel is men bezig met de opmaak van een inrichtingsplan voor het noordelijk deel van de Gentbrugse Meersen en een beheerplan voor de gehele groenpool, waarin ook de waterhuishouding mee wordt bekeken.



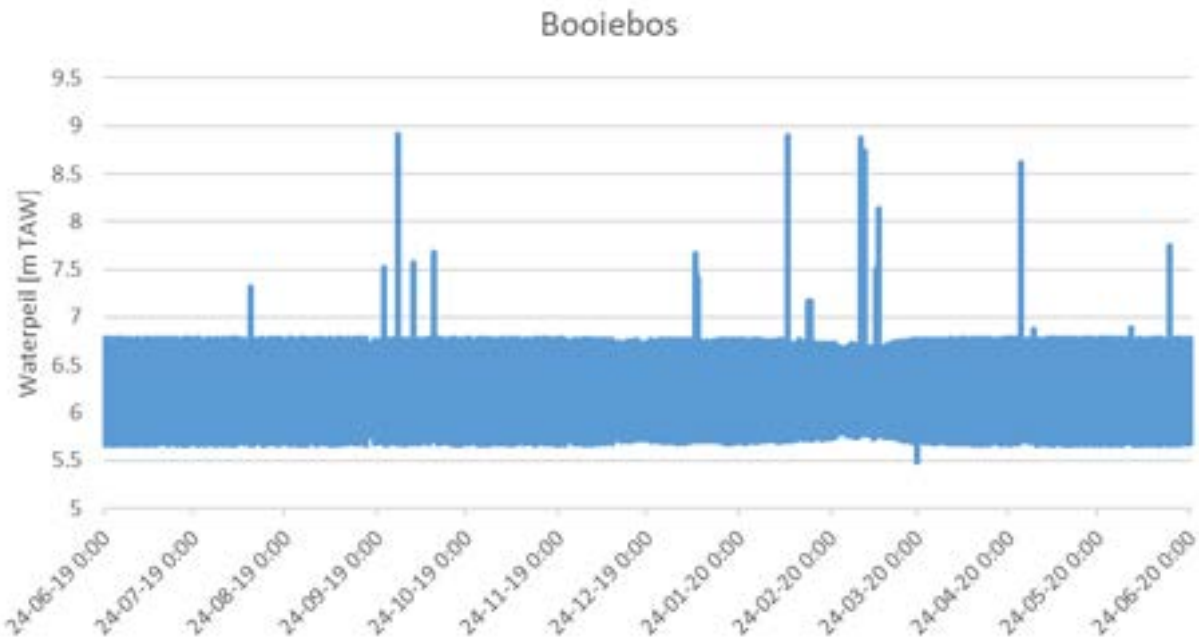
Figuur 73: Gemeten waterpeilen van de Rietgracht aan de Gentbrugse Meersen (uitlaat naar de Schelde) van september 2019 tot eind juni 2020.

Figuur 74 toont de gemeten waterpeilen net opwaarts van het pompstation in de Veldekensstraat in Destelbergen, op de grens van Destelbergen. Dit pompstation bevindt zich op een zeer kleine waterloop. Uit de waterpeilen valt af te leiden dat er in droge periodes weinig tot geen drainage

plaatsvindt. Dit is immers af te leiden uit het traag aanslaan van de pompen, die telkens immers een plotse daling van het waterpeil teweegbrengen. Dit wordt ook bevestigd door een meer gedetailleerde analyse die werd uitgevoerd door Farys in 2019 aan de hand van peilbuismetingen tussen februari 2018 en maart 2019, en een modelleringsstudie. Uit de resultaten van die studie blijkt dat het bekken drainerend werkt (dus grondwater afvoert) in de winterperiode, en op die manier leidt tot een verdroging van de natuur in de onmiddellijke omgeving. In de zomer werkt het bekken echter gewoonlijk infiltrerend, aangezien de grondwaterstand dan tot (ruim) onder de starthoogte van de pompen terugzakt. Het water in het bekken krijgt zo dus de kans om te infiltreren. De uitkomst van de studie was een afgestemd scenario omtrent het beheer van dit bekken en de randinfrastructuur om vernatting te maximaliseren, verdroging te beperken en tegelijk het risico op wateroverlast beheersbaar te houden. De studie merkt tot slot op dat het natuurgebied rond het bekken ook gedraineerd wordt via de zandige bodem naar de nabijgelegen afwaartse waterloop.

Figuur 74: Gemeten waterpeilen aan de Veldekensstraat in Destelbergen van maart tot eind juni 2020.

Figuur 75 toont een waterpeilmeting opwaarts aan de pompinstallatie in Booiebos (Baarleveld). Hier is, in tegenstelling tot de installatie in de Veldekensstraat, wel duidelijk te zien dat deze quasi permanent water verpompt, zelfs in droge periodes (de pomp blijkt dan nog circa eens per dag aan te slaan gedurende ongeveer 15 minuten). Via het InfoWorks model kan bepaald worden welke grachten hierop zijn aangesloten.



Figuur 75: Gemeten waterpeilen aan Booiebos in Baarlevelde van juni 2019 tot juni 2020.

Voor de overige onbevaarbare waterlopen zijn er geen recente metingen beschikbaar die de huidige droogtetoestand kunnen beschrijven. Voor een ruimere bespreking van het watersysteem wordt verwezen naar Hoofdstuk 2. De benaderende kwantificering van de impact van klimaatverandering op massabalansen wordt beschreven in Hoofdstuk 5.

Naast de waterlopen lijden ook de stilstaande oppervlaktewaters zoals vijvers onder verdroging. Zij vormen een direct en herkenbaar beeld voor burgers van “droogte”. De Groendienst van Gent houdt gedeeltelijk bij hoe de waterpeilen in de vijvers zakken in periodes van droogte. Zo werden er o.a. foto’s gemaakt van de vijvers van Halewijn, in het Astridpark, het Citadelpark, het Frans Tochpark en de vijver aan de Pieter Cieterslaan. Bij elk van deze vijvers daalde het waterpeil tijdens de afgelopen droge zomers aanzienlijk onder het “normaal peil”, of kwam de vijver zelfs volledig droog te liggen.

Figuur 76: Foto van het Astridpark (16 september 2020; bron: Groendienst Gent).

Figuur 77: Foto van de vijver in het Frans Tochpark (28 augustus 2020; bron: Groendienst Gent).

Tot slot wordt kort samengevat wat de huidige algemene streefpeilen zijn voor waterlopen vanuit ecologische doelstellingen. Dit sluit immers aan bij de indicator "waterpeil". INBO schoof vanuit wetenschappelijk oogpunt een aangewezen minimale waterdiepte van 65 cm voor bij kleinere beken, en dit zowel voor doelsoorten als andere vissen. Een kleine beek wordt hierbij gedefinieerd als een waterloop met een gemiddelde waterdiepte kleiner dan 1 meter. Dergelijke streefwaarde blijkt echter quasi nergens in Vlaanderen haalbaar. Veel waterlopen hebben nooit (zelfs niet in nattere periodes) de voorgestelde waterdieptes. Daarom werkten VMM, ANB, INBO en de provincies meer haalbare drempelwaardes uit. Deze worden samengevat in Tabel 13. Het lijkt ook wenselijk om in Gent deze minimale debieten voor ogen te houden bij het uitwerken van het beleid en projecten.

Tabel 13: Gesuggereerde minimale waterdieptes langs de onbevaarbare waterlopen i.f.v. de typologie van de waterloop en de graad van ecologische kwetsbaarheid.

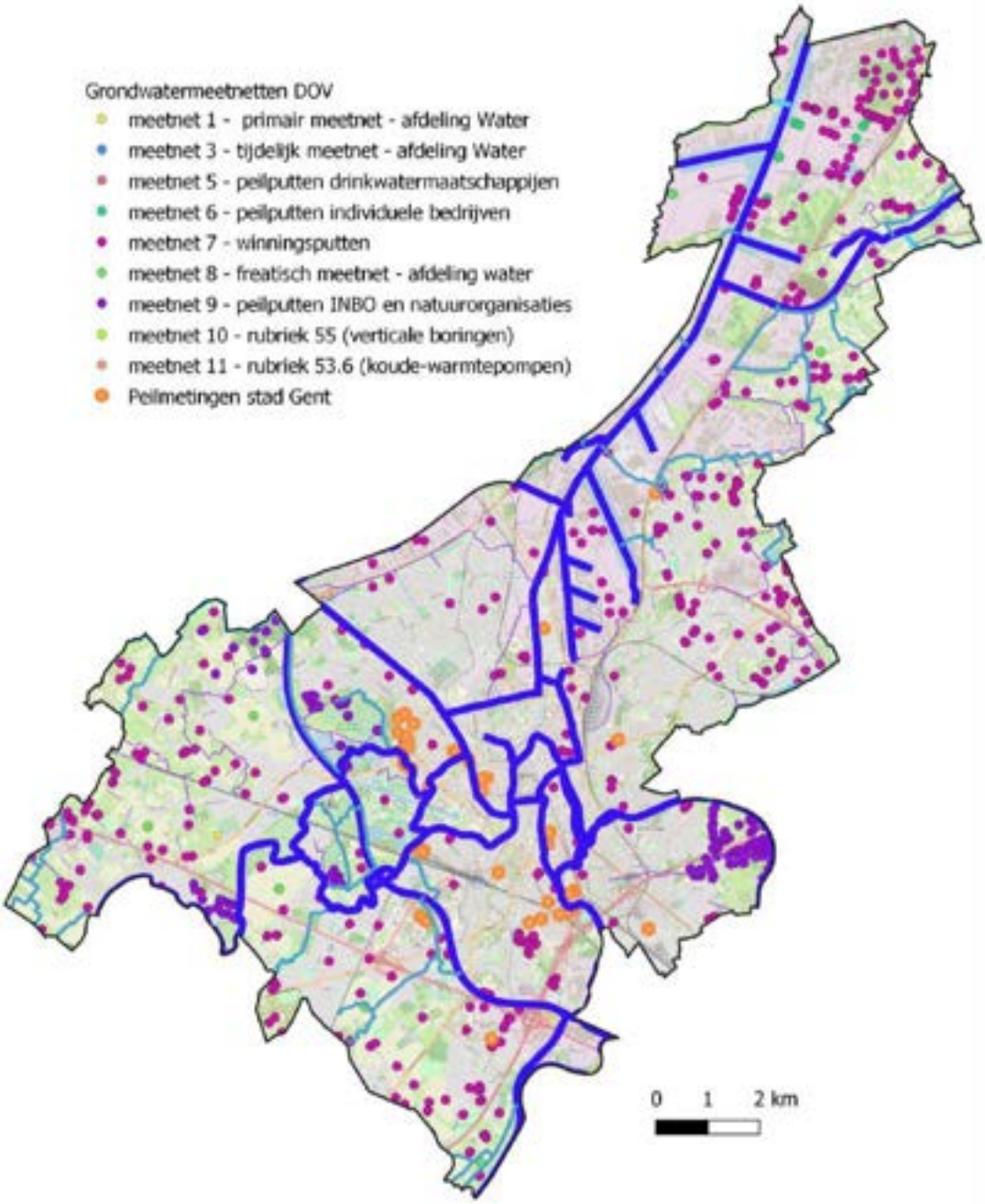
Typologie	Ecologisch zeer kwetsbaar	Ecologisch kwetsbaar	Overige
Kleine beken, incl. bronbeken		25 cm	20 cm
Grote beken	50 cm	40 cm	25 cm
Kleine, grote en zeer grote rivieren	75 cm	50 cm	Geen

3.4.3 Indicator: Freatisch grondwaterpeil

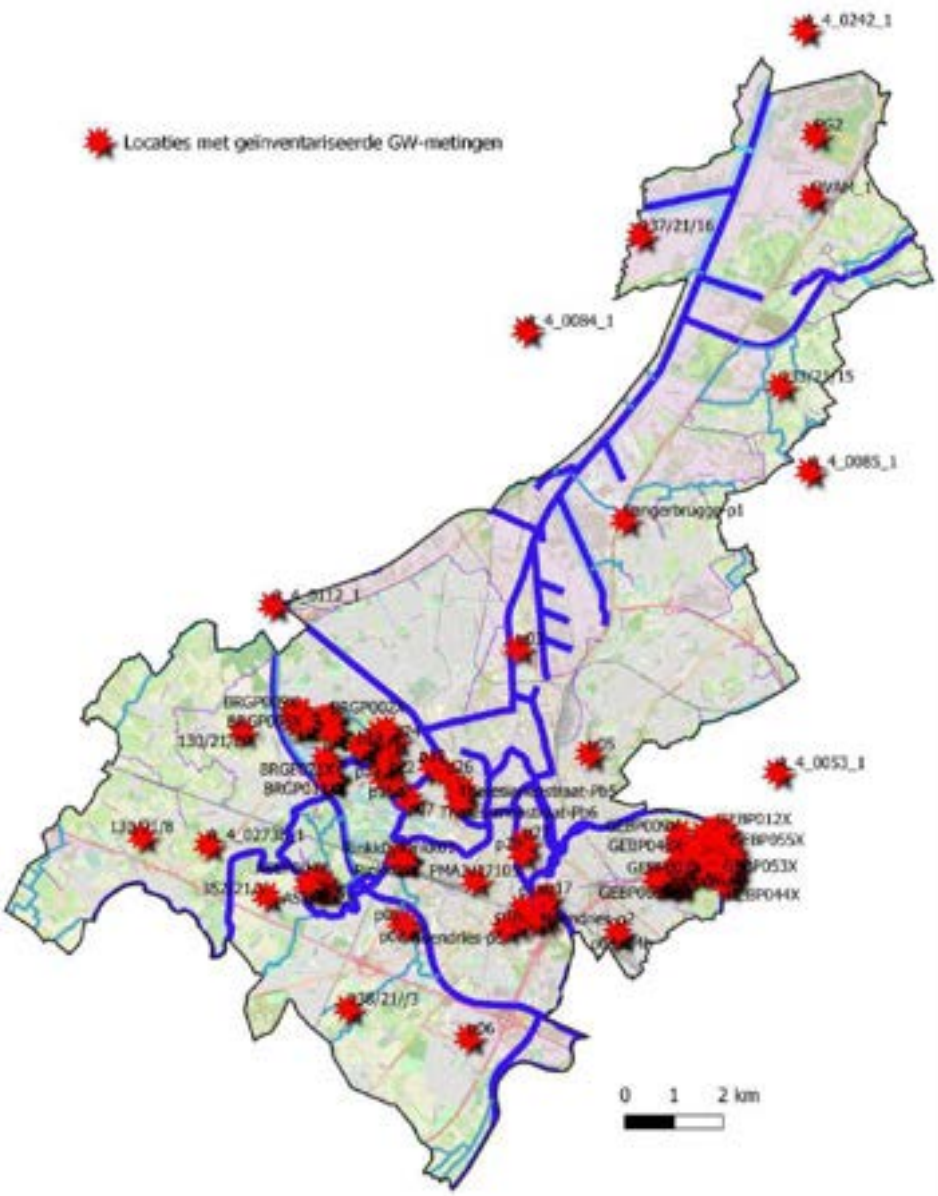
Brongegevens: Combinatie van het DOV grondwatermeetnet, aangevuld met gegevens van private bedrijven en metingen van Stad Gent.

Het freatisch (ondiep) grondwaterpeil is een goede indicator voor grondwaterafhankelijke terrestrische ecosystemen, en voor toepassingen die gebruik maken van freatische grondwateronttrekkingen. De grondwateronttrekkingen worden apart beschreven in §2.2.2.

In het kader van deze studie werden de beschikbare grondwatermetingen uit de verschillende grondwatermeetnetten verzameld via Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV), en uitgebreid met informatie van private bedrijven en metingen van de stad zelf. DOV combineert hierbij de grondwatermeetnetten van VMM Afdeling Operationeel Waterbeheer (primair meetnet, diepere meetputten, en metingen van tijdelijke projecten), meetputten van andere Vlaamse en Belgische overheden en instanties, meetputten van de drinkwatermaatschappijen, gekende meetputten van privé-bedrijven, grondwaterwinningsputten en de WATINA-databank van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO). In totaliteit werden op die manier 818 locaties geïdentificeerd op grondgebied Gent met grondwaterpeilmetingen. Het overgrote deel van de meetlocaties betreft echter private winningsputten, waarvan stijghoogtes dan ook niet publiekelijk gerapporteerd worden. Ook is een groot aantal van de meetlocaties (soms al decennia) buiten gebruik.



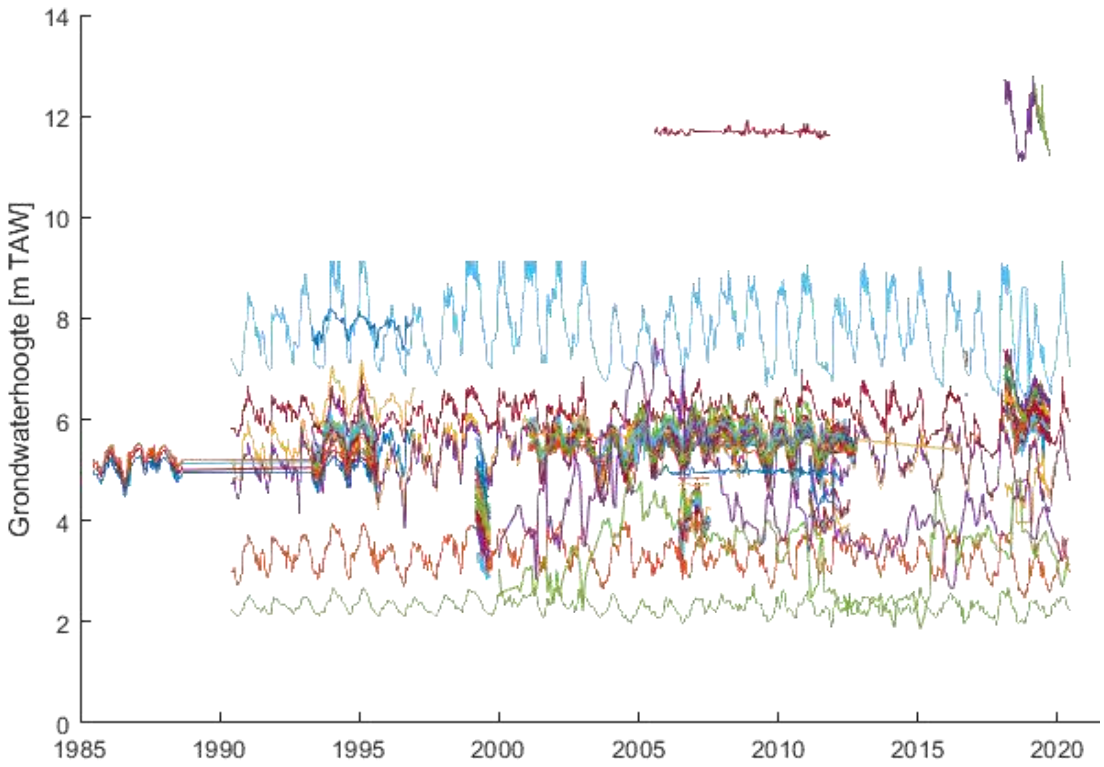
Figuur 78: (Links) Overzicht van de grondwatermeetnetten (DOV) en de recentere meetcampagnes van stad Gent.



Figuur 79: Locaties waarvan de meetreeksen van grondwaterstanden (tijdreeksen) geïnventariseerd werden.

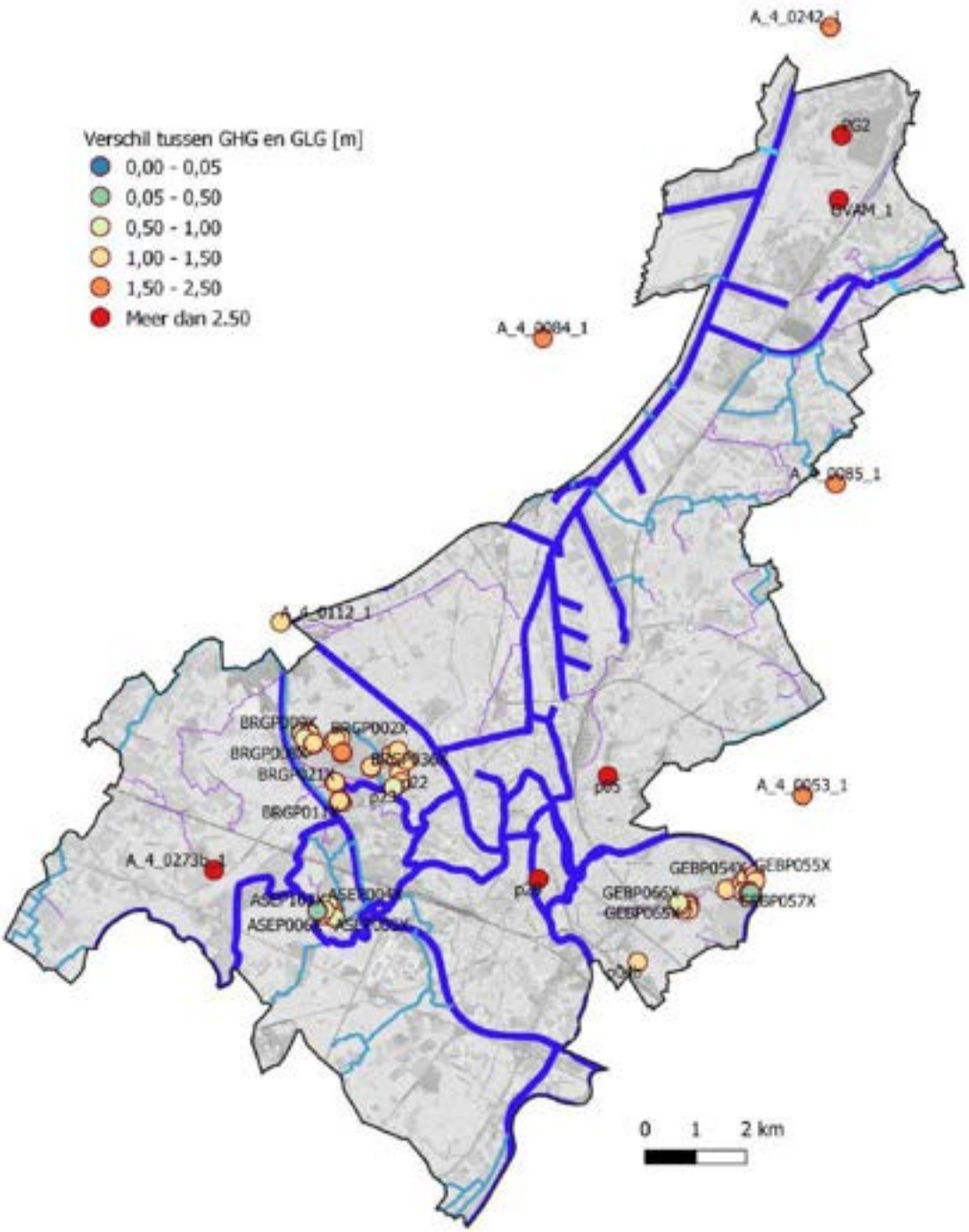
De tijdreeksen met stijghoogtes werden verzameld van in totaal 159 locaties. Figuur 79 vat deze locaties samen. Merk op dat ook de stijghoogtes van de metingen uit het primair meetnet van net buiten het grondgebied Gent opgenomen zijn. Het primair meetnet is immers reeds langere tijd actief (minstens 11 jaar), waardoor trendanalyses mogelijk zijn.

Figuur 80 toont de geïnventariseerde tijdreeksen van de opgemeten grondwaterstijghoogtes, allen uitgedrukt ten opzichte van het in Vlaanderen algemeen gebruikt referentieniveau (m TAW). De tijdreeksen fluctueren tussen de 2 m TAW en 14 m TAW. Op deze ruwe schaal zijn geen zeer grote trends waarneembaar. Verder in deze paragraaf gebeurt een uitgebreidere lineaire statistische trendanalyse.



Figuur 80: Visualisatie van de tijdreeksen van de 159 geïnventariseerde grondwaterlocaties.

Figuur 81 toont de verschillen tussen de minimale en maximale grondwaterstijghoogtes die per locatie geobserveerd werden. Enkel tijdreeksen die minstens een jaar overspannen zijn hierbij meegenomen, aangezien de analyse anders zeker niet representatief is. Door deze laatste voorwaarde blijven er van de 159 geïnventariseerde tijdreeksen slechts een 70-tal over, die bovendien sterk geclusterd zijn in de dicht bemeten (natuur)gebieden. De figuur geeft aan dat alvast in de meersengebieden de fluctuaties tussen het gemiddeld hoog en laag grondwaterpeil (respectievelijk GHG en GLG) beperkt zijn: veelal kleiner dan 1 meter. Dit ligt uiteraard ook in lijn met de verwachtingen gezien de hydrogeologische condities van de meersen. Op de zandruggen in Gent zijn hogere verschillen waarneembaar tussen de GHG en GLG. Ook in het havengebied worden grotere fluctuaties tussen de GHG en GLG genoteerd.



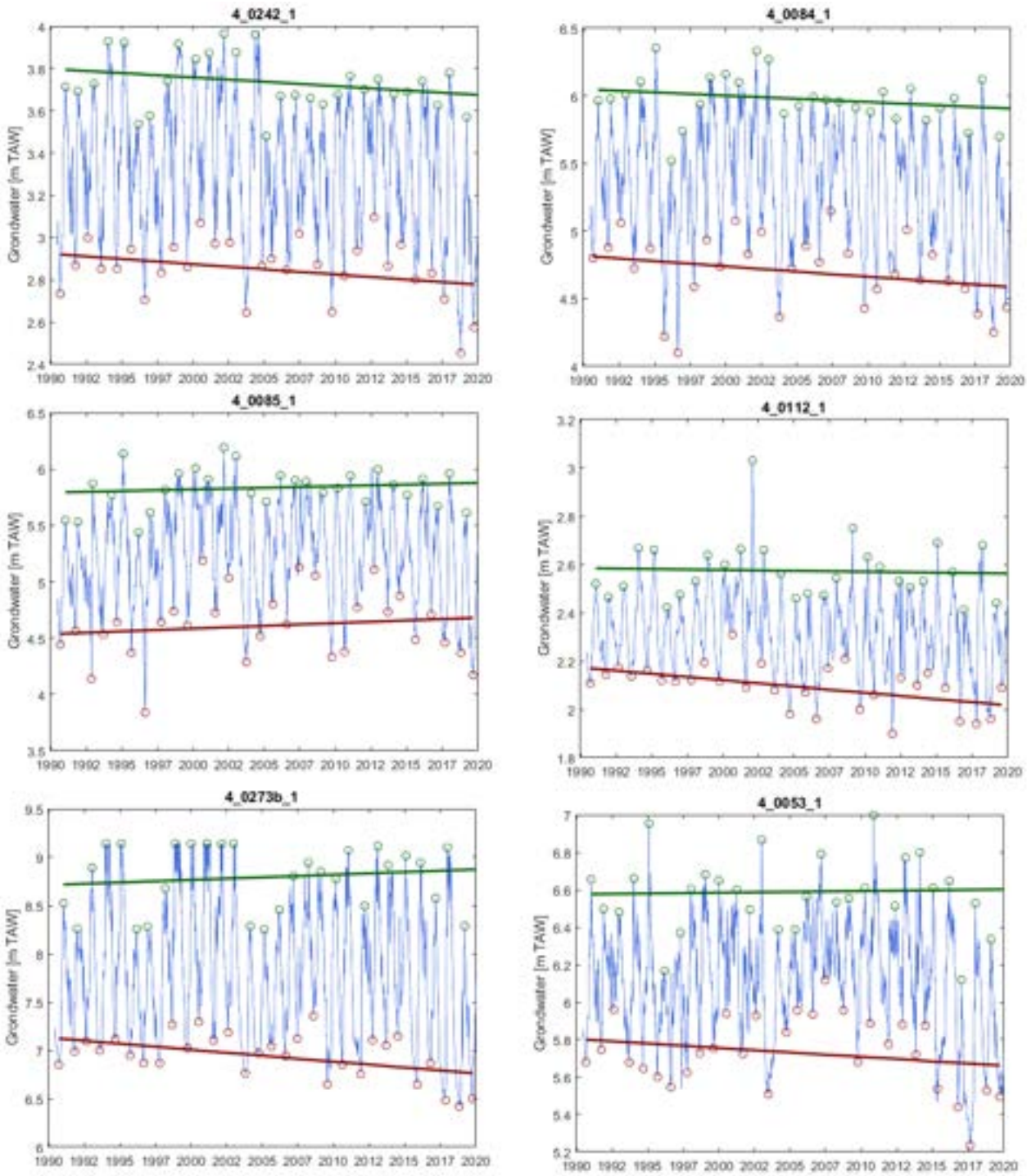
Figuur 81: Verschil tussen de minimale en maximale geobserveerde stijghoogtes (van de meetreeksen die minstens 1 jaar lang zijn).

De 6 lange tijdreeksen (1990 – heden) van het primair meetnet zijn ook geschikt om trendanalyses op uit te voeren. Figuur 82 toont de resultaten van een lineaire trendanalyse op de gemeten grondwaterhoogtes. Voor elk jaar is de minimale en maximale grondwaterstand geïdentificeerd. De rode lijn geeft de gefitte trendlijn weer tegen de GLG's, de groene voor de GHG's. Op basis van deze analyse is te concluderen dat de 6 beschouwde meetpunten geen zeer significante trends vertonen op de GLG of GHG. Bij 5 van de 6 stations is er een beperkte dalende trend te zien op de GLG's, en bij 1 station een stijging. Er is een licht dalende trend waarneembaar op de GHG's, maar ook deze is niet zeer significant.

Het station 4_0273b_1 (Drongen) vertoont de grootste dalende trend op de GLG: circa -1,2 cm/jaar. De laatste erg droge jaren wegen hierbij sterk op de trend. Tot enkele jaren geleden kon er geen duidelijke trend waargenomen worden voor dit station. Het is te verwachten dat van de 6 onderzochte stations de trend hier het grootste is, aangezien dit station zich op de (droge) zandrug in Drongen bevindt. Hierdoor zijn er van nature ook reeds grotere fluctuaties waarneembaar in de grondwaterstand (zie ook Figuur 81). Het freatisch grondwater reageert hierbij dus sterker op hydrologische condities. De GHG van hetzelfde station toont een zeer beperkte stijgende trend, die echter niet significant is.

Het station 4_0085_1 (Desteldonk) vertoont een licht stijgende trend voor zowel de GLG als de GHG. Wel is waarneembaar dat er in 1992 en 1996 zeer lage GLG's genoteerd werden voor dit station (en in 2000 – 2002; en 2007 – 2008) zeer hoge GHG's. Deze extremen zorgen voor een stijgende trend. Welke fysische processen hiervoor aan de basis liggen is niet gekend.

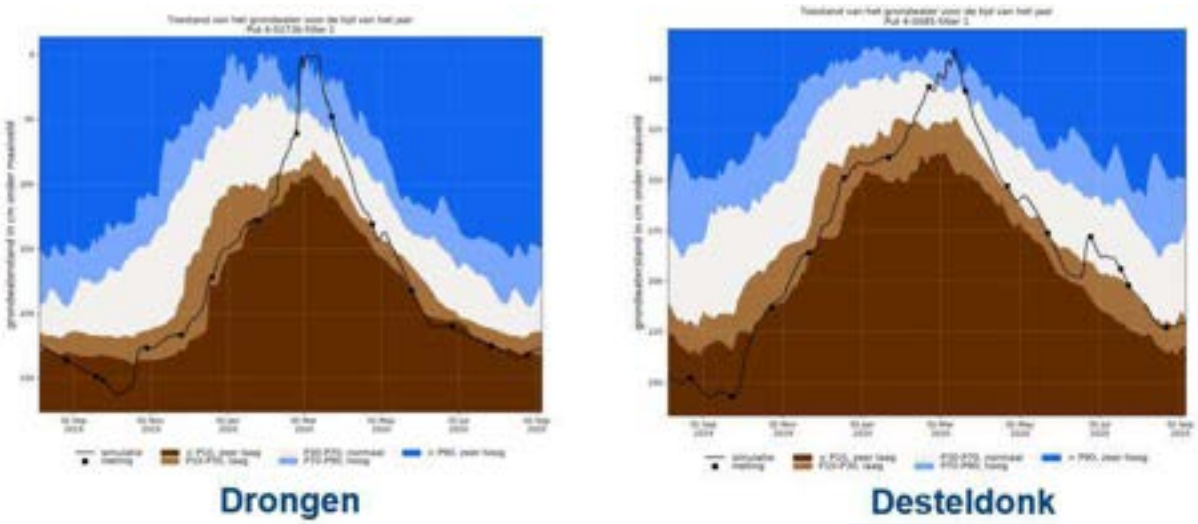
Wel is het nog van belang om mee te geven dat de GHG en GLG evolutie geen volledig beeld geeft van verdroging. Ook het vroeger optreden in het jaar van lage grondwaterstanden kan een belangrijke impact hebben op bijvoorbeeld vegetaties. Voor een gelijke GLG worden dergelijke fenomenen niet geïdentificeerd via deze analyse.



Figuur 82: Trendanalyse van GHG en GLG van de 6 meetpunten in en rond Gent van het primair grondwatermeetnet.

De 6 freatische grondwaterstandtijdreeksen van het primair meetnet worden ook gebruikt in de "Grondwaterstandsindicator" van DOV en VMM om op basis van statistische analyses van de gemeten stijghoogtes te bepalen wat de toestand is van het freatisch grondwater op die locatie. Figuur 83 toont de grondwaterstandsindicator voor Drongen (links) en Desteldonk (rechts). De zwarte lijn stelt de actuele (gemeten/berekende) grondwaterstand voor, terwijl de achtergrondkleuren de extremiteit van die grondwaterstand tonen. Als de zwarte lijn bijvoorbeeld in het donkerblauwe gebied ligt, is die grondwaterstand "zeer hoog" (>percentiel 90; dus zeer nat) voor de tijd van het jaar. De donkerbruine gebieden geven dan weer "zeer lage" (<percentiel 10; dus zeer droge) standen aan. De afgelopen

jaren bleken de grondwaters op de langjarige meetpunten in Gent (Drongen) en rond Gent (Evergem, Zelzate, Destelbergen, Vinderhoute en Desteldonk) allen stelselmatig “laag” tot “zeer laag” te zijn voor de tijd van het jaar. In 2020 waren de grondwaterstanden ook meestal “laag” tot “zeer laag”, zoals op onderstaande figuur gezien kan worden, met in het voorjaar (eind februari - maart) een kortstondig herstel tot een natte tot zeer natte toestand. Dit was echter van zeer korte duur, waarna de waterstanden weer wegzakten.

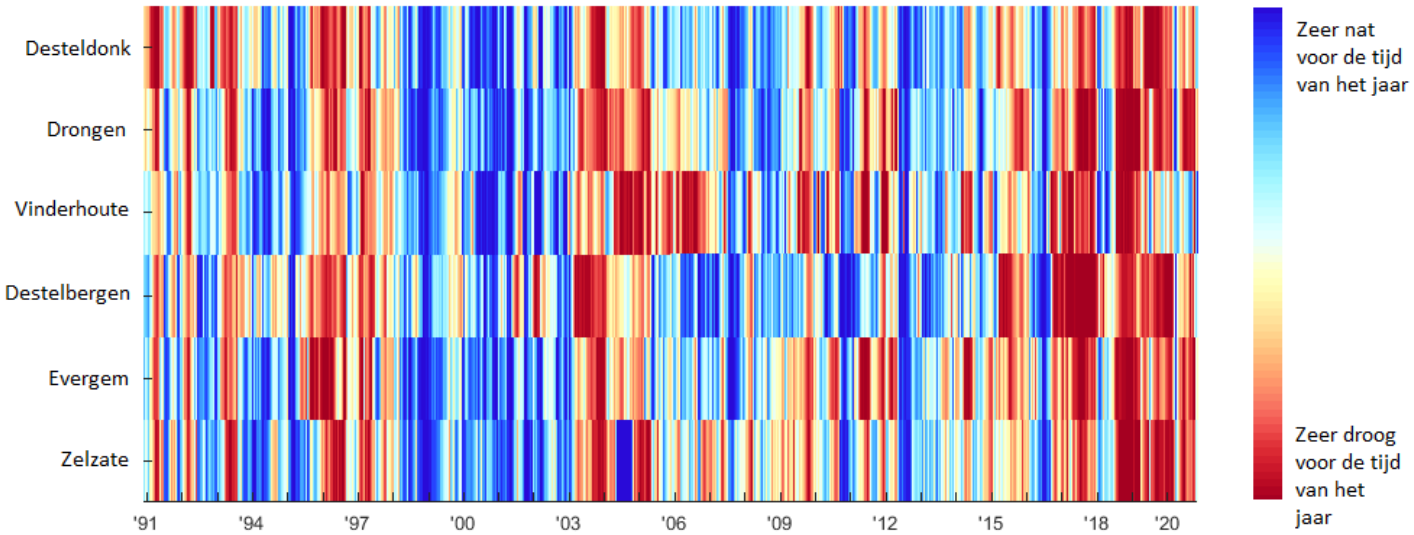


Figuur 83: Grondwaterstandsindicator van september 2019 tot september 2020 voor Drongen (links) en Desteldonk (rechts).

Figuur 84 toont een statistische analyse van de grondwaterstandsindicator op de 6 langetermijntijdreeksen die beschikbaar zijn van gemeten grondwaterstanden in en rond Gent. Telkens werd voor de tijd van het jaar bepaald of de opgemeten grondwaterstand zeer nat tot zeer droog was door deze te vergelijken met de langjarige statistieken. De donkerrode kleuren op deze figuren tonen “zeer lage” grondwaterstanden voor de tijd van het jaar, de donkerblauwe “zeer natte” periodes. Merk op dat dit een relatieve analyse is die dus rekening houdt met de natuurlijke grondwaterfluctuaties doorheen het jaar.

Uit de analyse blijkt dat vanaf 2017 de grondwaterstanden veelal “zeer laag” tot “laag” zijn. Er is een sporadisch herstel waarneembaar, maar dit is telkens van zeer korte duur, en amper zichtbaar op de figuur. De grondwaterstanden van Vinderhoute springen er iets tussenuit, en zijn minder extreem. Mogelijks komt dit doordat de grondwaterstand in Vinderhoute een beperktere amplitude heeft doorheen het ganse jaar, en daardoor anders reageert dan de meeste grondwaterstanden.

In de afgelopen 30 jaar blijkt ook de periode vanaf de zomer van 2003 tot ongeveer 2005 droger te zijn. Ook de winter van 1995 tot 1996 blijkt een drogere periode geweest te zijn. Niets is echter vergelijkbaar met de situatie van de afgelopen 4 jaar, die zich werkelijk zeer duidelijk aftekent als uitzonderlijk droog over de laatste 30 jaar.



Figuur 84: Droogtetoestand voor 6 locaties van november 1990 tot november 2020.

De **impact van klimaatverandering** op de grondwaterstanden werd eveneens bestudeerd. De resultaten hiervan zijn beschreven in §5.4.

3.4.4 Indicator: Bodemvocht

Brongegevens: Geen metingen beschikbaar. VMM publiceert binnenkort statische droogtekaarten op basis van modelsimulaties.

Het bodemvochtgehalte is een van de beste indicatoren voor de droogtetoestand vegetatie, inclusief landbouwgewassen en (vooral regenwaterafhankelijke) terrestrische ecosystemen zoals infiltratiegebieden.

Bodemvocht wordt echter slechts op enkele plaatsen in Vlaanderen gemeten. De sensoren zijn duur, en leveren vaak onbetrouwbare metingen op. Er zijn geen bodemvochtsensoren geïnstalleerd in Gent waarvan de data beschikbaar is via Waterinfo.be. In 2021 werd het project CurieuzeNeuzen in de Tuin gelanceerd. Dit project voorziet een meetnetwerk van 5.000 sensoren in Vlaanderen, voornamelijk in tuinen maar ook op het openbaar domein. De meetcampagne loopt van april tot oktober 2021.

Daarom worden ook bodemvochtmodellen opgemaakt. Die modellen simuleren op basis van bodemkarakteristieken, meteorologische condities en de gewasgroei (en dus watervraag) het bodemvocht. VMM rondt tegen eind 2020 een project af waarbij gebiedsdekkend voor gans Vlaanderen dergelijk bodemvochtmodel wordt opgemaakt. Met dit model worden statische droogtekaarten aangemaakt: kaarten die het bodemvochtgehalte geven voor een bepaalde terugkeerperiode (bijvoorbeeld een situatie die zich slechts eens in de 20 jaar voordoet), en rekening houden met de tijd van het jaar. Dit laatste is belangrijk, omdat een droogte in het voorjaar bijvoorbeeld een grotere impact zal hebben op landbouwgewassen dan een winter-droogte. De resultaten van deze kaarten worden getoond en besproken in §5.6.

Momenteel is echter nog niet voorzien door VMM om deze kaarten “dynamisch” te maken. De kaarten zullen dus nog niet het actuele bodemvocht tonen. Deze indicator is dus nog niet bruikbaar op korte termijn voor Gent.

3.5 Waterkwaliteitsgerelateerde droogte indicatoren

3.5.1 Indicator: Verzilting

Brongegevens: VMM (Geoloket – Waterkwaliteit: geoloket.vmm.be/Geoviews/), metingen van Rijkswaterstaat.

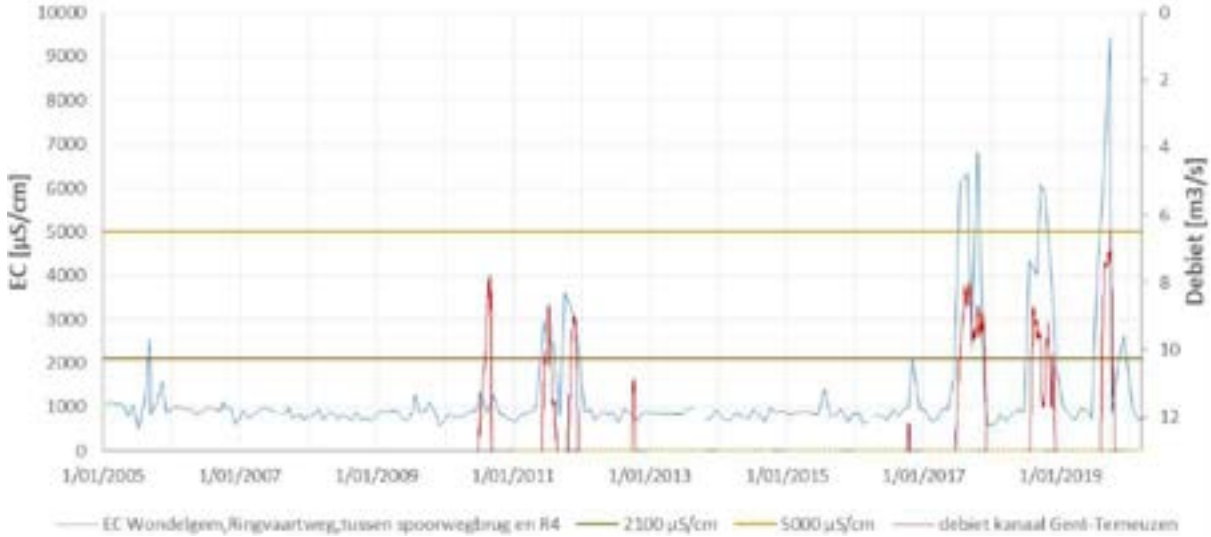
Verzilting is een belangrijke problematiek op het Kanaal Gent-Terneuzen (KGT). Via de versassingen van schepen komt er zoutwater binnen in het KGT. Bij droogte zet de verzilting zich voort tot op de Moervaart en de Ringvaart. Men voert zoetwater aan via o.a. de Ringvaart en de Moervaart om de verzilting te compenseren. In tijden van droogte is er echter vaak te weinig water beschikbaar om de verzilting tegen te gaan.

VMM monitort de verzilting op verschillende waterlopen, waaronder het Kanaal Gent-Terneuzen, de Ringvaart en de Moervaart. De verziltingsgraad wordt gekwantificeerd op basis van de gemeten chloriden en geleidbaarheid.

Figuur 85 toont de gemeten geleidbaarheid (EC, uitgedrukt in µS/cm) op de Ringvaart tussen de spoorwegbrug en de R4. Hieruit blijkt dat de geleidbaarheid, in bijzonder in periodes van droogte, zeer hoge waarden kan bereiken. Als algemene vuistregel geldt dat de bruikbaarheid van water als irrigatiewater sterk verminderd vanaf een geleidbaarheid van 1500 µS/cm. Dierengezondheidszorg Vlaanderen stelt 2100 µS/cm voor als grenswaarde van de geleidbaarheid van water dat als drinkwater voor vee gebruikt kan worden. Ook voor bedrijven zijn er grenswaarden op de geleidbaarheid om het water nog te kunnen gebruiken. In het kader van de opmaak van het "Reactief afwegingskader voor prioritair watergebruik bij waterschaarste" (Willems et al., 2020) werden volgende getallen gemeld door vertegenwoordigers van de industrie: 1500 tot 3500 µS/cm voor koeltorens, en 1000 tot 2000 µS/cm voor de aanmaak van proceswater of ontharders (drinkwaterkwaliteit in de voedingsindustrie).

Figuur 85 geeft aan dat de drempelwaarde van 2100 µS/cm zeer frequent werd overschreden in het verleden. Tijdens de afgelopen jaren werden zeer hoge waardes gemeten tot op de Ringvaart: tot 6800 µS/cm in augustus – september 2017, 6100 µS/cm in september 2018 en 5500 µS/cm in augustus 2019.

Ter referentie toont Tabel 14 de impact van verhoogde geleidbaarheden van irrigatiewater op gewasopbrengst. Deze tabel wordt ook naar voren geschoven door Inagro als voor de land- en tuinbouw.



Figuur 85: Historische metingen voor de geleidbaarheid van 2005 tot en met 2019 op de Ringvaart tussen de spoorwegbrug en de R4 (bron: Willems et al., 2021).

Tabel 14: Impact van verhoogde geleidbaarheid van irrigatiewater op gewasopbrengst.

Gewas	Grenswaarde EC (µS/cm)			
	100 % opbrengst	90 % opbrengst	75 % opbrengst	50 % opbrengst
Aardappel	1.100	1.700	2.500	3.900
Bonen	700	1000	1500	2400
Broccoli	1900	2600	3700	5500
Kolen	1200	1900	2900	4600
Wortelen	700	1100	1900	3100
Ui	800	1200	1800	2900
Spinazie	1300	2200	3500	5700

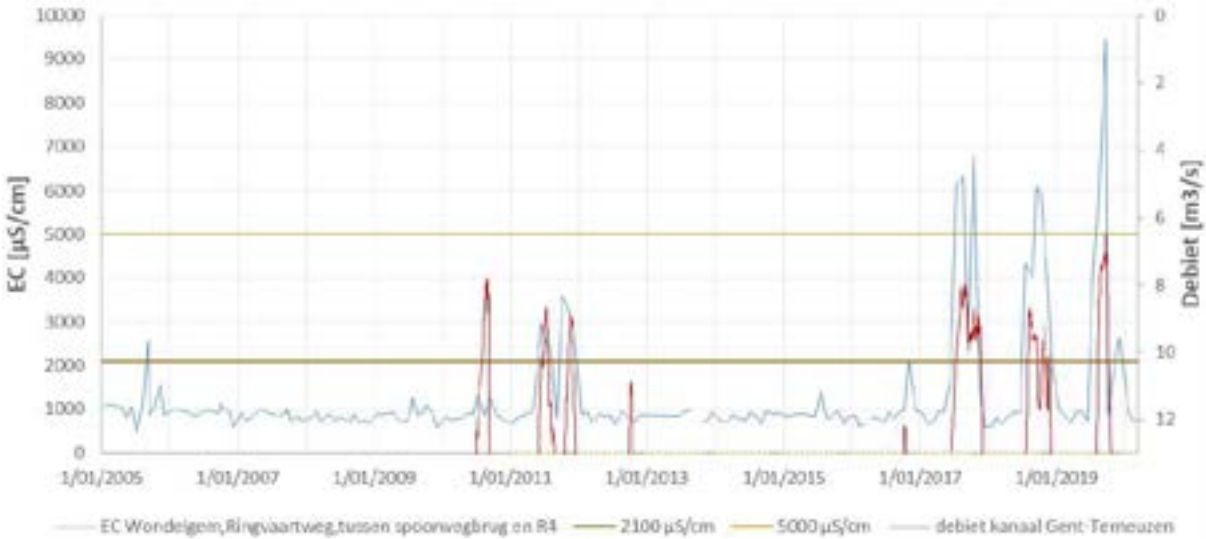
Bron: "Irrigation water quality standards and salinity management strategies, Guy Fipps, Texas A&M Agrilife extensions".

Om de verzilting tegen te gaan, worden de kanalen gespoeld met zoetwater. Voor het Kanaal Gent-Terneuzen bestaat een internationaal verdrag met Nederland (dd. 20/06/1960, en aangepast op 05/02/1985). Dit verdrag bepaalt in hoofdzaak de aanleg en het beheer van infrastructuur en bijhorende kostenverdeling, maar in de marge werden ook afspraken gemaakt rond een minimaal zoetwaterdebiet dat naar Nederland moet stromen om de verzilting tegen te gaan. Deze minimale stroom bedraagt 13 m³/s uitgemiddeld over 2 maanden. Dit getal is gebaseerd op de analyse dat in Terneuzen het schutverlies voor 1 versassing in de Westsluis 28.116 m³ bedraagt. Met 9.000 schuttingen per jaar komt men vervolgens aan een debiet van 8 m³/s om het schutverlies van zoetwater te compenseren (Maatschappelijke Impactstudie van de Vlaamse Overheid dd. 2001). Om verzilting als gevolg van de versassingen tegen te gaan, moet er zoet water worden aangevoerd a rato van 1,4 à 1,8 keer het schutverlies. Aldus komt men aan het protocollair vastgelegde debiet van 13 m³/s (Willems et al., 2020).

Zoals reeds beschreven bij de debiet-indicator (§3.4.1) wordt dit debiet in de zomerperiodes zeer vaak niet gehaald. Het opwaarts beschikbaar zoetwater (voornamelijk op de Ringvaart) is immers ook nodig om het Kanaal Gent-Oostende en de Schelde te voeden, en tegelijk scheepvaart mogelijk te maken op het Groot Pand. Volgens de studie van het Waterbouwkundig Laboratorium getiteld

"Modellering van waterbeschikbaarheid en allocatiestrategieën (724_04)" (WL, 2012) bleken voor een geanalyseerde periode van 43 jaar er 37 periodes te zijn met een debiet lager dan 13 m³/s gemiddeld over 2 maanden. De gemiddelde tekorten over de totale 37 periodes bedragen 1,5 m³/s (of 11,5 %). Het maximum tekort loopt op tot 6,5 m³/s. De gemiddelde duur van deze perioden is 48 dagen, met een maximum van 212 dagen in 1976, wat overeenkomt met een terugkeerperiode van 86 jaar. Die studie werd wel uitgevoerd voorafgaandelijk aan de recente droge jaren en ook de invloed van de nieuwe zeesluis in Terneuzen werd niet beschouwd (Willems et al., 2020). Momenteel wordt er binnen de Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie een nieuw studietraject opgezet om deze verziltingsproblematiek terug in meer detail te onderzoeken en om tot oplossingen te komen.

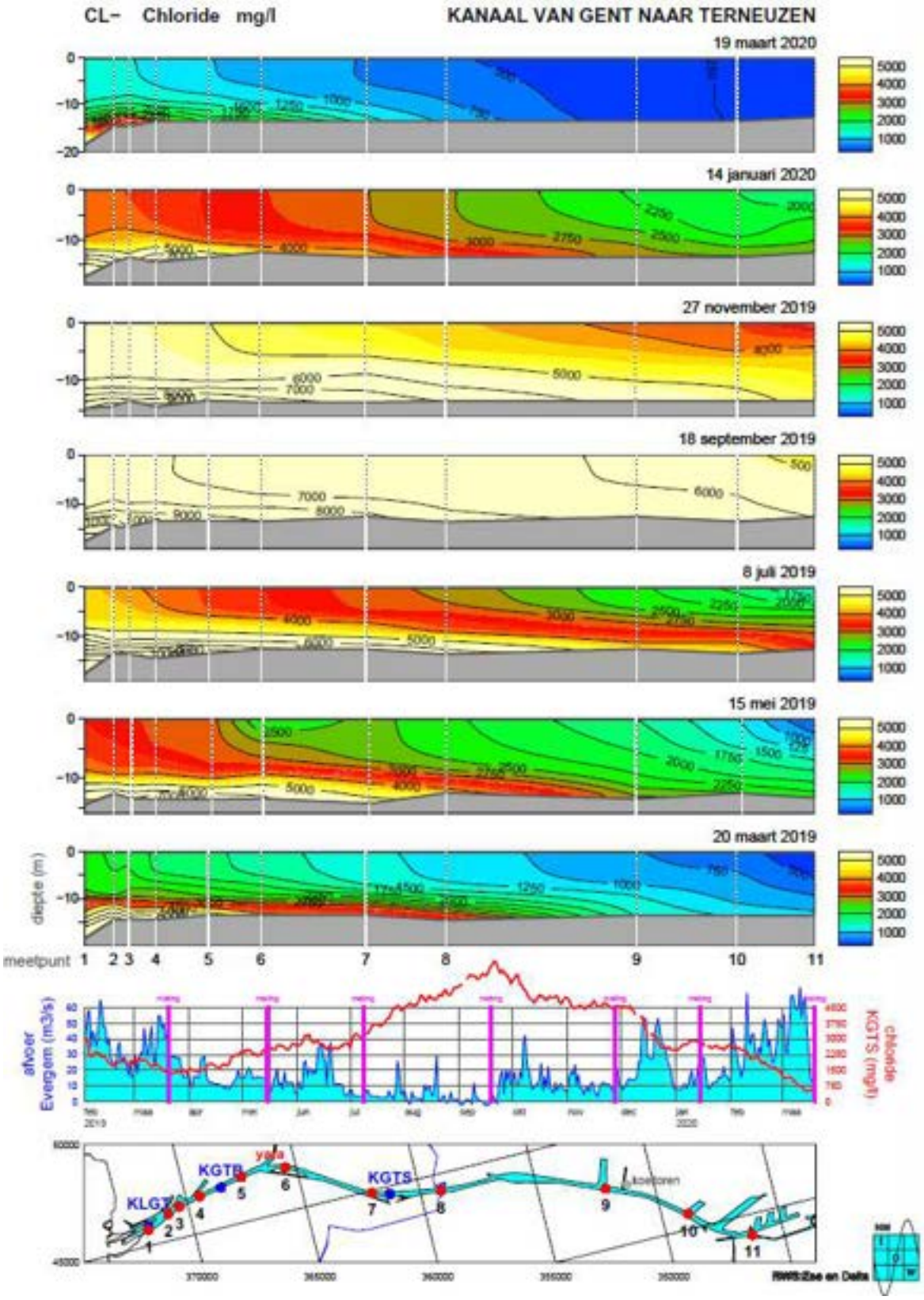
Uit de WL (2012) studies bleek dat bij het aanhouden van een jaargemiddeld debiet van 13 m³/s er zich geen noemenswaardige problemen voordoen met zoutbezwaar in het kanaal Gent-Terneuzen en er zich enkel een beperkte verhoging van de gemiddelde zoutconcentratie voordoet in vergelijking met de huidige situatie. De gemiddelde zoutconcentratie ligt in dat geval dus wat hoger, maar de extremen blijven beperkt. Realiteit is anderzijds wel dat de opeenvolging van droge jaren zorgde voor een toenemend zoutgehalte, en dit zelfs ondanks het winterspoelen van het kanaal (Willems et al., 2020). Dit wordt ook getoond in Figuur 86: deze zet de gemeten geleidbaarheid (EC) op de Ringvaart tussen de spoorwegbrug en de R4 uit tegen de 2-maandelijkse debiet beneden de 13 m³/s (in het rood). Er is een zeer duidelijke correlatie waarneembaar tussen het lagere debiet en de (zeer hoge) geleidbaarheden die gemeten werden. Dit toont toch aan dat wanneer het debiet onder deze drempelwaarde daalt, de geleidbaarheden sterk toenemen. Ook deze kortstondige pieken kunnen problemen veroorzaken voor industrie en mogelijks landbouw. Over de winterperiodes lijken de geleidbaarheden zich wel telkens te herstellen.



Figuur 86: EC-waarden gemeten in de Ringvaart rond Gent aan de Ringvaartweg, tussen spoorwegbrug en R4, en vergelijking met het 2-maanden debiet naar het kanaal Gent-Terneuzen wanneer onder 13 m3/s (bron: Willems et al., 2020).

Figuur 87 toont de gemeten chlorideconcentraties (mg/l). Deze worden enkele keren per jaar bemeten door Rijkswaterstaat door het Kanaal Gent-Terneuzen af te varen. Op bepaalde plaatsen van het traject wordt over de gehele waterdiepte met stappen van circa 1 meter een aantal parameters gemeten. De figuur toont zeer duidelijk de propagatie van de chloridegehaltes naar opwaarts (richting Gent). Wanneer het debiet zakt (zie de op één na onderste subfiguur), neemt het chloridegehalte snel toe. Het afnemen van het chloridegehalte is een proces dat veel tijd (en zoetwater) nodig heeft: in oktober en november werden er zoetwaterdebieten opwaarts geregistreerd van toch grootteorde 10

à 15 m³/s gemiddeld, maar het chloridegehalte bleef nog geruime tijd boven de 4500 mg/l. Pas na de zeer significante winterspoeling nam het chloridegehalte verder af.



Figuur 87: Zoutprofiel van het KGT tussen februari 2019 en maart 2020 (bron: RWS Zee en Delta).

Er zijn amper geleidbaarheidsmetingen beschikbaar op de binnenwateren van stad Gent. Vermoedelijk zal de verzilting zich echter ook verderzetten tot in de binnenwateren via het Handelsdok.

In 2020 startte Stad Gent een meetcampagne voor waterkwaliteit ter hoogte van de overstort en de steiger van het Houtdok. Volgende geleidbaarheden werden gemeten: 1190 µS/cm (13 juli 2020), 1530 µS/cm (27 juli 2020), 2220 µS/cm (10 augustus 2020) en 2130 µS/cm (24 augustus 2020). Er zijn geen metingen beschikbaar van 2017 – 2019, maar vermoedelijk traden toen veel hogere geleidbaarheden op.

Gezien de complexiteit van de verziltingsproblematiek en de potentieel grote impacts, werd recentelijk vervolgonderzoek opgestart. Het Departement Mobiliteit en Openbare Werken startte rond maart 2021 via de Vlaams- Nederlandse Scheldecommissie een studie op waarbij de effecten van verzilting in kaart gebracht worden, alsook de impact van der nieuwe zeesluis. Ook de effecten op biodiversiteit, landbouw, infrastructuur e.d. rond het Kanaal Gent-Terneuzen zullen hierin onderzocht worden.

3.5.2 Bespreking waterkwaliteit waterlopen, (recreatie)vijvers en grondwater

Brongegevens: VMM (Geoloket – Waterkwaliteit) en Kwaliteit Zwemwater (kwaliteitzwemwater.be)

Droogte impacteert ook rechtstreeks de waterkwaliteit. Door lagere opwaartse wateraanvoer wordt een kleiner verdunningseffect gerealiseerd, waardoor de algemene waterkwaliteit afneemt. Dit heeft een sterke impact op verzilting zoals eerder uitgebreid beschreven (§3.5.1), maar ook op andere biologische, chemische en fysische waterkwaliteitsaspecten. Voor drinkwaterproductie zijn verschillende waterkwaliteitsparameters van belang: fosfaten, pesticiden, organische stoffen, nitraat, chloride en andere. Voor ecologie zijn vooral het zuurstofgehalte van het water, eutrofiëring en de zuurtegraad relevant.

In tegenstelling tot de voorgaande paragrafen wordt hier niet 1 indicator besproken. Waterkwaliteit uit zich immers op verschillende vlakken, zoals ook hieronder wordt toegelicht. Omdat de beschikbare informatie rond indicatoren van waterkwaliteit beperkt is, werden deze informatie gebundeld onder “waterkwaliteit”.

Verwacht wordt dat de waterkwaliteit van (stilstaande) oppervlaktewaters ten gevolge van droge periodes zal verslechteren in de toekomst ten gevolge van de beperktere verdunning van nutriënten en schadelijke stoffen. Het probleem zal zich het meest stelen in ondiepe, stilstaande wateren met veel nutriënten. Door langere droge periodes kan voor deze wateren de waterkwaliteit significant verslechteren, met vissterfte en verlies van ander aquatisch leven als gevolg. Dit is bovendien een zelfversterkend proces: vissterfte zorgt voor een verdere verslechtering van de waterkwaliteit, en versnelt op zijn beurt de degradatie van de aquatische kwaliteit. Dit is bijgevolg een zeer belangrijk aandachtspunt voor oppervlaktewaters (waterlopen en vijvers) in Gent. De fundamentele oorzaak ligt dus in de accumulatie van nutriënten in drogere periodes, in combinatie met de verminderde verswateraanvoer. Beide oorzaken dienen aangepakt te worden om het probleem structureel op te lossen.

De toenemende omgevingstemperatuur die gepaard gaat met klimaatverandering heeft ook een negatieve impact op de fysische en chemische waterkwaliteit. Door de stijging van de omgevingstemperatuur stijgt de watertemperatuur. Water met een hogere temperatuur bevat minder zuurstof, wat problemen kan veroorzaken voor het aquatisch leven. Deze verandering brengt ook het belang van natuurlijke oevervegetatie onder de aandacht. Dergelijke natuurlijke oevervegetatie heeft immers een verkoelend effect op het water (naast vele andere voordelen). De afname in zuurstofgehalte wordt bijkomend problematisch doordat ook de waterpeilen van vijvers en oppervlaktewaters afnemen (zie ook §3.4.2). Hierdoor is er nog minder zuurstof beschikbaar voor het aquatisch leven.

De zwemwaterkwaliteit van de open recreatiewaters op grondgebied Gent werd geanalyseerd op basis van metingen door VMM. De Watersportbaan vertoont altijd een “zeer goede” zwemwaterkwaliteit, zelfs in droge zomers 2017, 2018 en 2019 (op 1 meetpunt na op 24 juli 2017

met een slechte waterkwaliteit o.w.v. te veel aanwezige intestinale enterokokken en E. Coli). De duikzone van de Blaarmeersen heeft veelal een "zeer goede" zwemwaterkwaliteit, maar af en toe gold er een recreatieverbod omwille van de aanwezigheid van E. Coli of cyanobacteriën (blauwalg; o.a. in augustus 2019).

Als er geen of weinig stroming op een waterloop of vijver zit in combinatie met een hoge watertemperatuur en een hoog gehalte aan nutriënten, kunnen er cyanobacteriën of blauwalgen bloeien. Dit is bijgevolg een typisch probleem gerelateerd aan periodes van droogte. Ze worden vastgesteld via de blauwgroene, soms roodbruine, olieachtige laag drijvend op het water. Als die laag op het water dikker wordt en het wier dichter op elkaar drijft, sterven de blauwwieren af en kunnen er giftige stoffen vrijkomen die schadelijk zijn voor mens en dier. Door droogte nemen verdunningseffecten af, en neemt de kans op bloei van blauwalgen toe. Blauwalgen werden vastgesteld in augustus 2019 op de zwemvijver van de Blaarmeersen, waardoor er een recreatieverbod gold van 2 weken. In 2020 werden er op meer plaatsen blauwalgen gerapporteerd op Gent grondgebied, o.a. op de Lieve ter hoogte van de Sint Antoniuskaai (27/08/2020), de visvijver Pieter Cieters (2/09/2020) en de Schelde ter hoogte van de Vlaamse Kaai (2/9/2020). Hoewel er geen complete inventarisatie van blauwalgengroei beschikbaar is, lijkt de problematiek in Gent sterk in opmars. Ook in Vlaanderen komt de blauwalgengroei de laatste jaren frequenter voor. De Vlaamse Overheid heeft hiertoe een meldpunt blauwalg opgezet: https://www.vmm.be/contact/blauwalgen-melden

Botulisme wordt veroorzaakt door een bacterie aanwezig in de kadavers van dode vissen en eenden in het water. De giftige stoffen die vrijkomen zijn niet schadelijk voor de mens, maar wel voor vissen en vogels. De ziekte duikt vaak op wanneer het een lange tijd warm is. Dan zit er minder zuurstof in het water, daalt ook het niveau van het water en begint het organisch afval te rotten. De botulisme-bacterie krijgt zo vrij spel. Het komt in Vlaanderen niet veel voor. In Gent was er een vermoeden van botulisme onder andere op de vijver van het Muinkpark (augustus 2020). Vermoedelijk zijn er al vaker niet gemelde voorvallen van botulisme geweest.

Verdroging kan de gebiedseigen waterkwaliteit veranderen. Men spreekt dan ook van diffuse verontreiniging (Van der Velden, 2014). De stadsdiensten van Gent maken ook melding van verslechterende waterkwaliteit van het freatisch grondwater.

De globale waterkwaliteit van de Gentse binnenwateren is anno 2021 nog steeds matig [1]. Overstortwerking, lozingspunten die nog niet zijn aangesloten op de riolering en historische vervuiling vormen nog steeds de grootste vervuilingsbronnen van het oppervlaktewater in de Gentse waterlopen (Stad Gent, 2018). Recent werd echter nog een inventarisatie gedaan van de niet-aangesloten lozingspunten in het centrum. Op basis van een visuele inschatting van lozing tijdens de jaarlijkse waterpeilverlaging op het bovenpand (circa -0.5 meter) werden zo'n 500 mogelijke niet-aangesloten lozingspunten geïdentificeerd. Er loopt een proefproject op de waterloop De Lieve (bevaarbaar deel tussen de Oude Vismijn en het Rabot) om deze geïdentificeerde punten te bevestigen. De Stad levert samen met de rioleringsbeheerder grote inspanningen om ook buiten het centrum de rioleringsgraad te verhogen. Circa 95% van de lozingspunten op gans het grondgebied Gent zijn reeds aangesloten op het openbare rioleringsnet, waarbij een zuiveringsgraad van 89% verkregen wordt (VMM, 2016).

[1] https://www.volvanwater.be/geoloket/geoloket-stroomgebiedbeheerplannen

De waterkwaliteit in de Gentse binnenwateren is er de afgelopen jaar wel op vooruit gegaan. Zo toonde recent onderzoek van ANB op de Leie in het centrum van Gent aan dat de populatie van o.d. palingen, baarzen en brasems sterk toegenomen is. Dit is mede te danken aan de inspanningen van de overheid om lozingspunten aan te sluiten op het openbare rioleringsnetwerk.

De overige waterkwaliteitsparameters werden niet in detail geanalyseerd in deze studie, aangezien de focus ligt op waterkwantiteitsaspecten.

Waterkwaliteit en –kwantiteit zijn sterk gerelateerd aan elkaar. Waar mogelijk wordt in meer gedetailleerde kwantiteitsanalyses met het massabalansmodel de link gelegd met waterkwaliteit (bijvoorbeeld bij het kwantificeren van rioleringsoverstorten).

3.6 Sectorspecifieke droogte indicatoren

3.6.1 Indicator: Aantal dagen watervoorraad in buffers of regenwaterputten

Brongegevens: via sensoren (geen installaties in Gent gekend), of via een vereenvoudigd model.

De vullingsgraad van regenwaterputten (of buffers) kan een interessante indicator zijn om zicht te krijgen op de watervoorraad bij particulieren en professionelen. Het kan in tijden van droogte een optimale waterallocatie mogelijk maken, door bijvoorbeeld overschotten ter beschikking te stellen aan organisaties die water nodig hebben (landbouwers, de Groendienst van Stad Gent, etc.). Ook kan dergelijke indicator nuttig zijn om in te schatten hoe de bevolking de droogte “ervaart”. Op die manier kan communicatie naar burgers en andere actoren gerichter gebeuren.

Het meten van deze indicator is echter niet eenvoudig. Dit kan door (grote) buffers of regenwaterputten te voorzien van sensoren. Het nadeel hiervan is de kostelijke installatie, het onderhoud en de nood aan een ondersteunend dataplatform. Een alternatieve aanpak is het bepalen van de vullingsgraad op basis van hydraulische modellering. Zo kan bijvoorbeeld voor een “typische” regenwaterput van particulieren (met een aangesloten oppervlakte die overeenkomt met de gemiddelde dakoppervlakte van bepaalde typen woningen in Gent) eenvoudig een model opgemaakt worden dat rekening houdt met de actuele neerslag- en verdampingsreeksen.

Deel II: Waterbalansmodel

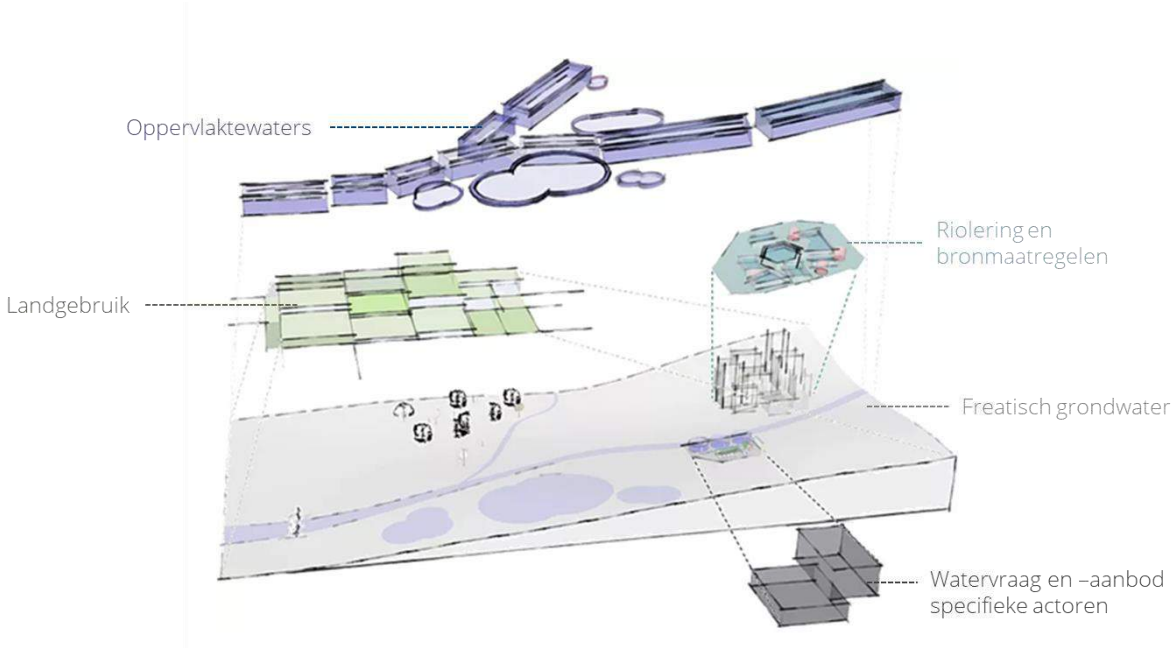
4 Opmaak massabalansmodel Gent

Het watersysteem bestaat uit een complex samenspel van verschillende natuurlijke en antropogene deelsystemen. Om inzicht te krijgen in de stromen tussen deze deelsystemen onder uiteenlopende condities werd een waterbalansmodel opgesteld. Dit waterbalansmodel beschrijft de werking van het integraal watersysteem op een kwantitatieve en vereenvoudigde manier. Door het gebruik van een model kunnen bovendien toekomstige scenario's onderzocht worden, zoals de impact van bepaalde maatregelen en klimaatverandering. Op die manier wordt een onderbouwd en toekomstgericht beleid uitgebouwd.

4.1.1 Ruimteschalen van het massabalansmodel

Het opgesteld model beschouwt onder andere neerslagafstroming, oppervlaktewaters en captaties, freatisch grondwater en winningen hieruit, het stedelijk rioleringsstelsel en bijhorende bronmaatregelen, sectorspecifieke watervragen en -aanbod van bijvoorbeeld landbouw en industrieën, en drinkwaterproductie.

Het model is opgebouwd in 3 lagen die tezamen het systeem beschrijven (zie §Figuur 88). Door elk systeem op een aangepaste schaal te integreren in het model, wordt een ideale balans verkregen tussen een pragmatische aanpak en voldoende detaillering om het systeem correct na te bootsen met het model. Bronmaatregelen zijn zeer kleinschalig, en veelal onafhankelijk van andere watersystemen. Deze worden dan ook op het niveau van 1 individuele maatregel opgenomen in het model, zoals bijvoorbeeld een regenwaterput of een infiltratievoorziening. De riolering bestaat uit verschillende deelzones, en is afhankelijk van de werking van het rioleringssysteem en de rivieren waar de overstorten in uitgeven. De rivieren worden elk apart opgenomen, maar wel ruimtelijk geaggregeerd. Dit betekent dat elke rivier als een apart "reservoir" wordt voorgesteld in het model. Het grondwatersysteem speelt op een zeer grote ruimtelijke schaal. Een bemaling of pompinstallatie heeft vanzelfsprekend een lokale impact, maar de voorgestelde aanpak maakt daar abstractie van. De freatische grondwatervoorraad wordt in dit model als één reservoir behandeld met tragere reactietijd, omdat dit zich in realiteit in hoofdzaak ook zo gedraagt.



Figuur 88. Schematische voorstelling van het massabalansmodel.

Het waterbalansmodel bestaat uit drie lagen die al de bovenstaande deelstromen omvatten:

- Oppervlaktewaters. De laag "oppervlaktewaters" omvat alle grachten, rivieren, kanalen en open waters op het grondgebied van stad Gent. Deze laag bevat ook eventuele captaties van water, effluenten van industrieën, rioolwaterzuiveringsinstallaties en rioleringsoverstorten, en directe verdamping. Deze laag wordt gevoed door een opwaarts debiet (vanuit oppervlaktewaters), door oppervlakkige afstroming en via het freatisch grondwater (beide vanuit de laag "hydrologie en freatisch grondwater").
- Hydrologie en freatisch grondwater. Deze laag omvat de hydrologische afstroming naar waterlopen, de percolatie naar het freatisch grondwater en berging daarin, en captaties van grondwaterwinningen uit freatische lagen. Daarnaast zorgt verdamping door gewassen en natuur een belangrijke watervraag.
- Stedelijk watersysteem. Deze laag beschouwt de gemengde en gescheiden riolering, rioolwaterzuivering, bronmaatregelen (zoals regenwaterputten, infiltratievoorzieningen en bekkens), en de afstromende verharding (en eventueel onverharde oppervlakken) naar de riolering.

Merk op dat het diep grondwater niet opgenomen werd in het massabalansmodel. Diepere grondwaterlagen strekken zich uit op regionaal niveau, en zijn minder gerelateerd aan de droogteverschijnselen die het onderwerp vormen van deze studie. Stad Gent heeft bovendien minder bevoegdheid en mogelijkheden op vlak van droogtebeheer van de diepere grondlagen. Een duurzaam gebruik van diepere grondlagen is evenwel een belangrijk aandachtspunt voor hogere overheden en drinkwaterbedrijven.

Het leidingwater werd niet als afzonderlijke laag opgenomen. Het leidingwater wordt immers quasi uitsluitend van (soms ver) buiten Gents grondgebied aangevoerd (zie ook §2.4.4). Het leidingwater dat terug in het watersysteem komt, zit wel expliciet vervat in het model. Zo komt bijvoorbeeld de droogweerafvoer (die hoofdzakelijk uit leidingwaterverbruik bestaat) toe in de RWZI's, die vervolgens weer lozen in de waterlopen. Ook sommige industriële processen (die gebruik maken van stadswater) lozen effluent in de oppervlaktewaters, en zijn meegenomen in het model.

Tabel 15. Overzicht van de in- en uitgaande stromen per deelsysteem.

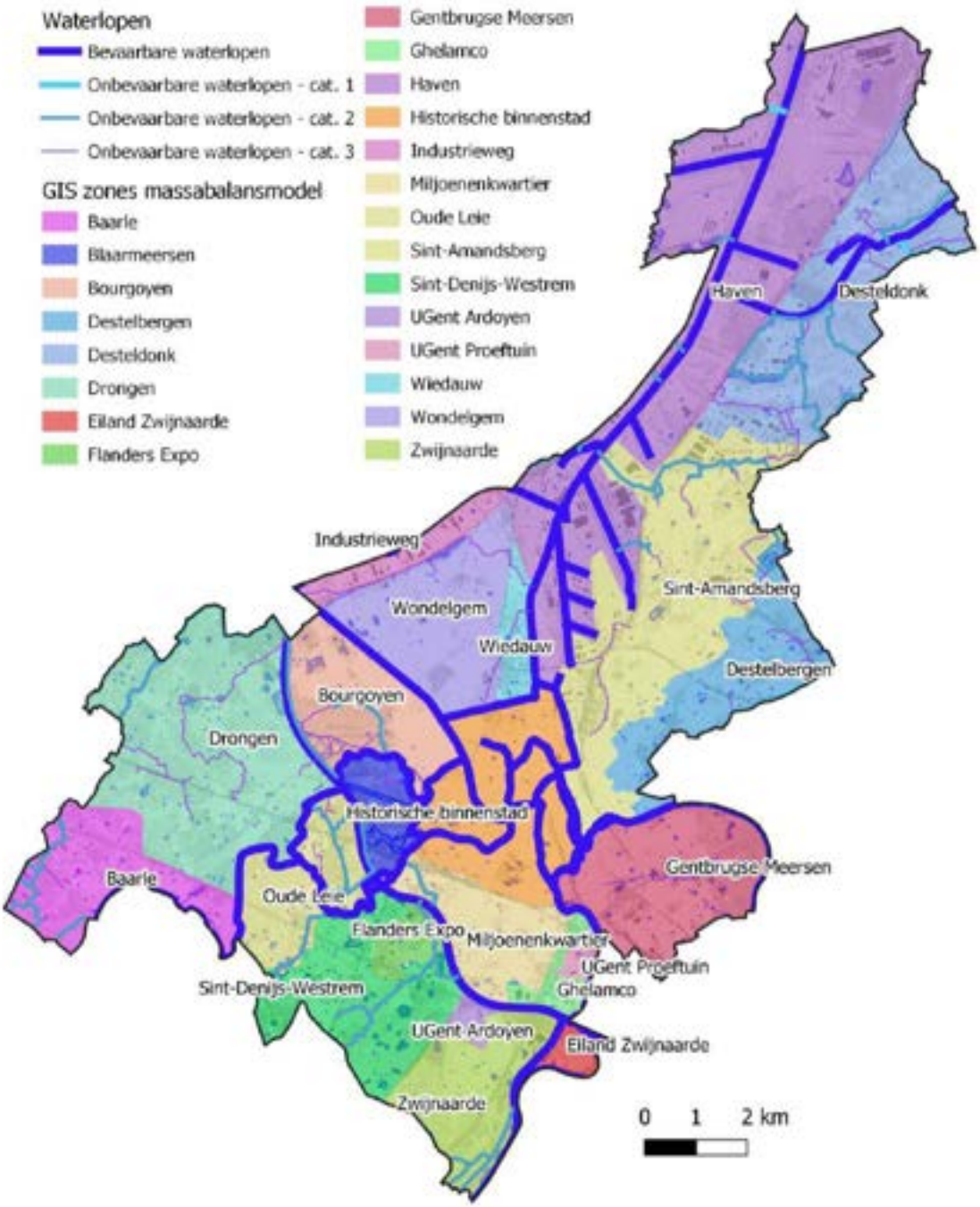
	IN	UIT
Oppervlaktewaters		
	Opwaartse instroom Hydrologische zij-instromen Effluent (RWZI, industrie, ...) RWA stelsels Rioleringsoverstorten Directe neerslag Interactie freatisch grondwater (+/-)	Afwaartse uitstroom Captaties Verdamping Interactie freatisch grondwater (+/-)
Freatisch grondwater		
	Natuurlijke infiltratie Infiltratie van bronmaatregelen Irrigatie Retourbemaling (*) Retourstromen KWO-installaties (*) Interactie oppervlaktewaters (+/-) Interactie dieper grondwater (+/-) (*)	Captaties Verdamping van planten en bodem Interactie oppervlaktewaters (+/-) Interactie dieper grondwater (+/-)(*) Hydrologische afstroming
Stedelijk watersysteem		
(riolering, bronmaatregelen, RWZI)	Neerslagafstroming verharding Afvoer huishoudens en industrie Drainages en bemalingen Parasitaire debieten	RWZI effluent RWA uitstroom Infiltratie via bronmaatregelen Rioleringsoverstorten Verdamping uit open bekkens

(*) niet beschouwd wegens te verwaarlozen.

Naast bovenstaande meerlaagse modelaanpak, wordt ook het integraal watersysteem van Gent verdeeld in ruimtelijke zones. In totaal werden 22 zones geïdentificeerd zoals getoond in Figuur 89. Deze "GIS-zones" vormen de ruimtelijke bouwstenen van het massabalansmodel. De 22 zones werden gedefinieerd door direct rekening te houden met de verschillende fysische eigenschappen van het systeem. Een GIS-zone houdt bijvoorbeeld rekening met de ligging en afstroming van de rioleringsstelsels. Eén GIS-zone overlapt bijvoorbeeld nooit met meerdere rioleringszones of zuiveringsgebieden.
Deze GIS-zones vormen dus een kleinere ruimtelijke afbakening, die in functie van de werking van het watersysteem (per laag, dus OW, GW en RIO) verder geaggregeerd worden. De GIS-zones worden gecombineerd om een gezamenlijk oppervlaktewatersysteem voor te stellen dat over meerdere van deze GIS-zones loopt, of een rioleringssysteem, etc.

Figuur 89 toont de afbakening van de verschillende zones. Merk op dat elke zone de naam kreeg van een (deel van) een deelgemeente, natuurgebied of sector, maar daar niet noodzakelijk volledig mee overlapt. De naamgeving verwijst eerder naar de omgeving die de zone omvat, dit om de latere interpretatie van de modelopbouw en resultaten te vergemakkelijken.

Volgende paragrafen (§4.1.3 - §4.1.5) beschrijven de implementatie van het massabalansmodel aan de hand van deze zones.



Figuur 89: GIS-zones: de ruimtelijke bouwstenen van het massabalansmodel.

4.1.2 Tijdschalen van het massabalansmodel

Waterbeschikbaarheid is zeer variabel in de tijd. Meteorologische condities, zoals neerslagtekorten, verschillen sterk van het ene tot het andere seizoen. Het voorjaar van 2016 was bijvoorbeeld zeer nat, terwijl het voorjaar en de zomers van 2017, 2018, 2019 en 2020 allen uitzonderlijk droog waren

(zie ook §3.3 voor een analyse van historische droogtes). De dynamiek van het watersysteem is zeer sterk gebonden aan deze opeenvolging van natte en droge periodes, en de verschillende onderdelen reageren daar ook elk verschillend op. Het rioleringssysteem, bijvoorbeeld, reageert bijzonder snel: tijdens hevige buien kan het stelsel in enkele minuten gevuld worden, waarna het enkele uren later terug quasi leeg is. Bronmaatregelen bufferen het water, en hebben daardoor een langere leeglooptijd. Een volledig gevulde hemelwaterput kan typisch bijvoorbeeld enkele droge weken overbruggen vooraleer deze droog valt. Het grondwatersysteem heeft een responstijd op seizoenaal niveau: tijdens de zomer daalt de grondwatertafel, terwijl de voorraden gewoonlijk in de winter terug worden aangevuld met stijgende grondwaterhoogtes als gevolg. Het is duidelijk dat het watersysteem een "geheugen" heeft, en het effect van droge en natte periodes een effect hebben op langere tijdschaal.

Daarom simuleert het waterbalansmodel continue tijdreeksen als input. Op die manier kan de variabiliteit in vraag- en aanbod van water mee in rekening gebracht worden. Net als in realiteit is er in het massabalansmodel bijgevolg een nattere periode nodig om de voorraden terug aan te vullen. Een snelle opeenvolging van droge periodes, zoals die van 2017, 2018, 2019 en 2020 leiden tot meer droogte-effecten dan wanneer deze gebeurtenissen apart beschouwd zouden worden.

Om deze variabiliteit goed te omvatten, wordt een 100-jarige tijdreeks van verdamping en neerslag gesimuleerd, gevolgd door een statistische naverwerking van de resultaten. Deze tijdreeks werd opgemeten in Ukkel, maar heeft dezelfde statistieken als de meteorologie in Gent. Door een periode van 100 jaar te beschouwen, kan de variabiliteit in extremen grondig onderzocht worden en dit voor verschillende periodes van het jaar. Voor deze studie wordt gebruik gemaakt van tijdreeksen op dagschaal. Het rioleringssysteem daarentegen wordt omwille van de snelle responstijden gesimuleerd met een tijdstap van 10 minuten. Hierdoor kunnen ook rioleringsoverstorten correct gesimuleerd worden.

Ook ruimtelijk zal Gent doorheen de tijd veranderen uiteraard. De verhardingsgraad, rioleringsinfrastructuur, hydraulische kunstwerken op waterlopen, etc. zullen zelf ook veranderen in de komende decennia. Het massabalansmodel houdt daar echter geen rekening mee, omdat deze evoluties onvoldoende gekend zijn om in het model in te brengen. Het massabalansmodel gaat bijgevolg ook voor simulaties onder het toekomstig klimaat dus uit van een watersysteem dat niet wijzigt. Ook wijzigende verharding is dus niet beschouwd. De resultaten onder klimaatverandering zijn dus te interpreteren alsof er geen actie ondernomen zou worden om deze op te vangen. Verwacht wordt echter dat vooral bijkomende verharding de droogteproblematiek nog kan versterken. De negatieve impact ten gevolge van bijkomende verharding zijn dus nog niet ingerekend, en komen bovenop de effecten van klimaatverandering.

4.1.3 Laag I: Oppervlaktewaters

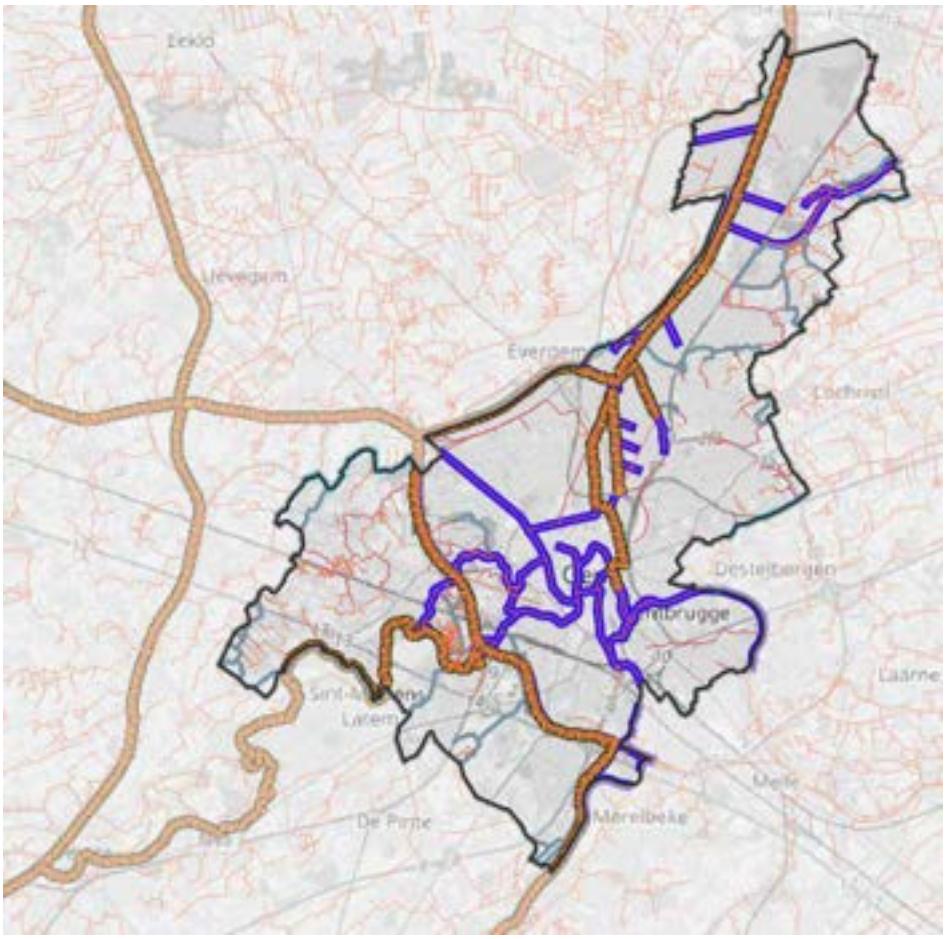
De eerste laag zijn de oppervlaktewaters, zoals rivieren en vijvers. Het massabalansmodel maakt hierbij een onderscheid tussen de bevaarbare en de onbevaarbare waterlopen.

4.1.3.1 Bevaarbare waterlopen

Figuur 90 toont het massabalansmodel dat gebruikt werd voor de modellering van de bevaarbare waterlopen. De bevaarbare waterlopen op Gents grondgebied worden vanzelfsprekend zeer sterk gevoed van meer opwaartse gebieden. Ze hebben een belangrijke transporterende functie van water naar meer afwaartse stromen (zie ook §2.1.1 voor een beschrijving van het watersysteem). Het gebruikte massabalansmodel gaat dan ook veel ruimer dan enkel de bevaarbare waterlopen op Gents grondgebied of zelfs het bekken van de Gentse Kanalen: het omvat de belangrijkste bronnen (zoals opwaartse instromen en lozingen), verbruikers (zoals versassingen van schepen, captaties, uitstroom naar Nederland of de Noordzee) en transportassen. In de directe omgeving van Gent zijn

o.a. het Kanaal Gent-Terneuzen, de verbinding naar de binnenwateren van Gent (tot aan Portus Ganda, maar exclusief de binnenwateren zelf), de Ringvaart, de Boven- en Benedenschelde, de toeristische Leie, het Afleidingskanaal van de Leie en het Kanaal Gent-Oostende opgenomen.

Het model is gebaseerd op het massabalansmodel dat opgemaakt werd in de studie "Opmaak van een reactief afwegingskader voor prioritair watergebruik in periodes van waterschaarste" in opdracht van de Vlaamse Overheid (Willems et al., 2020). Dit model werd opgemaakt op basis van MIKE SHE modellen aangeleverd door het Waterbouwkundig Laboratorium, en verfijnd in samenspraak met de De Vlaamse Waterweg nv en de Vlaamse Milieumaatschappij. Het model simuleert continue tijdreeksen van neerslag en opwaartse instroom vanuit Frankijk op dagschaal via een bakkenmodel. Dit bakkenmodel omvat de berging in een pand op basis van bathymetrische gegevens, tezamen met de belangrijkste hydraulische constructies en streefpeilen. Er wordt verwezen naar Willems et al. (2020) voor meer informatie omtrent de kalibratie en validatie van het model.



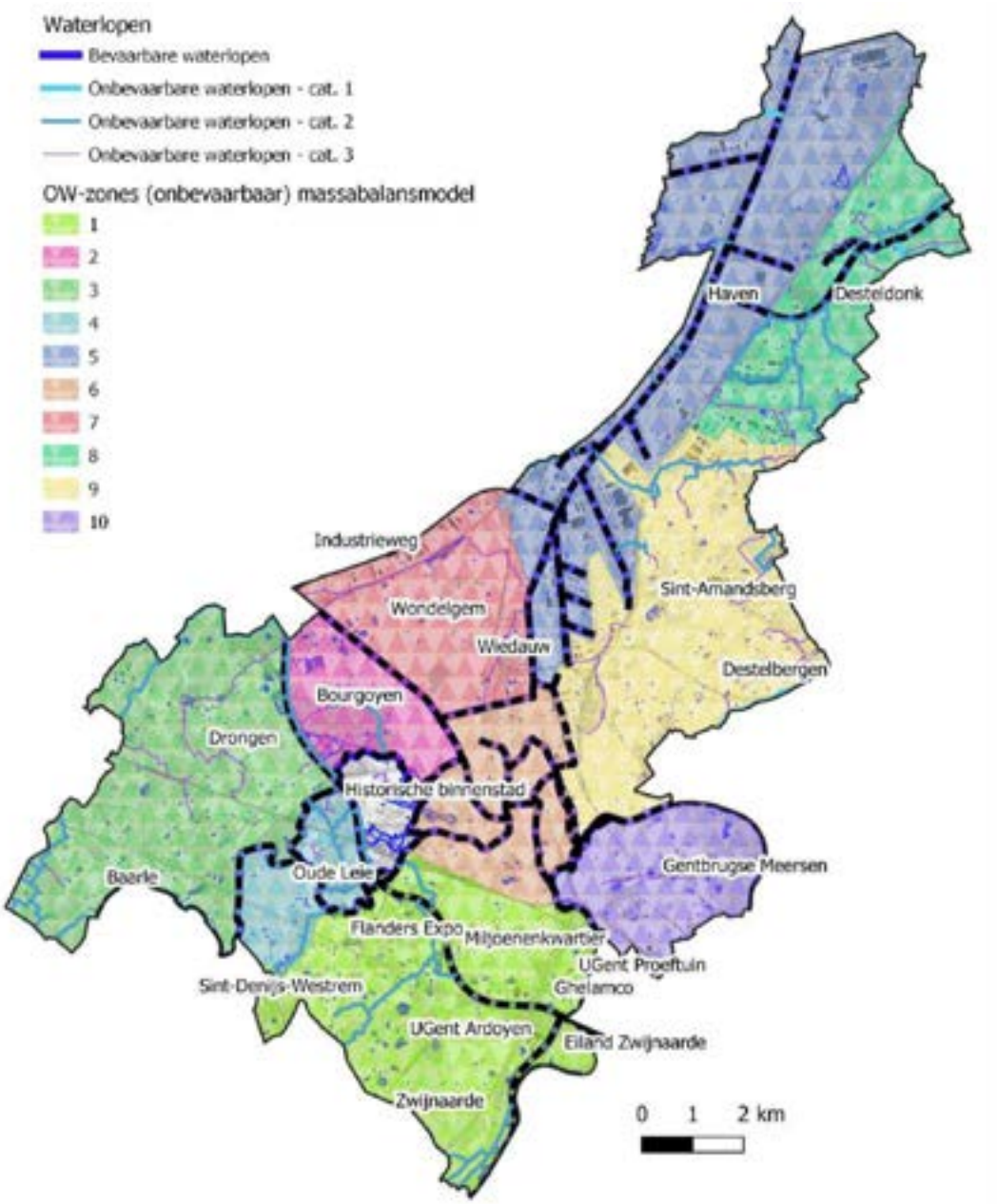
Figuur 90: Omvang van het massabalansmodel (oranje) en de belangrijkste waterassen (blauw) in en rond Gent (gebaseerd op Willems et al., 2020).

4.1.3.2 Onbevaarbare waterlopen

Gent is een waterrijk gebied. Het ligt hoofdzakelijk in een alluviale vlakte op een kruispunt van verschillende natuurlijke waterlopen. In de afgelopen eeuwen hebben de Gentenaars sterk gesleuteld aan het waterbeheer. Er werden kanalen, grachten en waterlopen gegraven om het water versneld af te voeren, waardoor het lokaal oppervlaktewatersysteem (OW) een complex gegeven is. Er wordt verwezen naar §2.1.1 voor een beschrijving van de belangrijkste onbevaarbare waterlopen.

Desondanks kunnen er toch verschillende afgebakende stroomgebieden geïdentificeerd worden die min of meer onafhankelijk functioneren. Op basis van de hydrologische condities, maar ook in functie van de beschikbare data, werden in totaal 11 “oppervlaktewaterzones” (aangeduid als “OW-zone”) geïdentificeerd. De waterlopen in elk van deze zones worden tezamen (dus ruimtelijk geaggregeerd) gemodelleerd. Wanneer er te weinig data is om de waterlopen met enige betrouwbaarheid in een aparte zone te kunnen modelleren, werden deze samengenomen met een naburige zone waar meer informatie beschikbaar is en die hydrologisch gezien toch nog gelijkaardige karakteristieken hebben. Dit is bijvoorbeeld het geval voor de GIS-zones Drongen en Baarle, waar bijvoorbeeld delen van de Lieve (3de categorie O246), een naamloze 3de categorie waterloop (code O247) en de Merebeek (2de categorie; O207) lopen. Er is onvoldoende data beschikbaar om deze elk in een aparte zone te modelleren, en daarom werden deze tezamen opgenomen in een conceptuele voorstelling om de massabalansen in te kunnen schatten (zie verder).

De bevaarbare waterlopen werden elk apart gemodelleerd. De belangrijkste stuwen en sluizen zijn daar allen apart en expliciet in opgenomen (zie ook §4.1.3.1).



Figuur 91: OW-zones (van de onbevaarbare waterlopen) in massabalansmodel Gent.

Het massabalansmodel berekent het volume van elke zone door het aanwezig water in de rivieren in die zone te aggregeren. Dit is vanzelfsprekend een (sterke) vereenvoudiging van de realiteit, maar blijft voldoende betrouwbaar om massabalansen in te schatten. Vanzelfsprekend is het inschatten van zeer lokale overstromingsrisico's niet mogelijk met dit niveau van detaillering, maar dat is ook niet het doel van dit model. Het massabalansmodel focust specifiek op periodes van droogte. Volgende massabalansformule wordt toegepast voor elke individuele zone:

$$V_{rivieren}(t) = V_{rivieren}(t-1) + \Delta t \cdot \left(\sum_i Q_{opw,i}(t) + Q_{bron}(t) + RWZI(t) + \sum_j RWA_j(t) + \sum_n Q_{over,n}(t) + N(t) + GW(t) - Q_{afw}(t) - \sum_z C_{opp,z}(t) - ET_{opp}(t) \right)$$

Hierbij is:

- $V_{rivieren}$ het volume aan water aanwezig in het rivierenstelsel in de beschouwde zone. [m³]
- Q_{bron} is het hydrologisch debiet dat instroomt aan de opwaartse knoop van de rivier. [m³/dag]
- $Q_{opw,\,i}$ het opwaarts inkomend debiet vanuit rivier *i*. [m³/dag]
- *RWZI* is het effluentdebiet van de RWZI. [m³/dag]
- RWA_j is het uitstromend debiet van RWA stelsel *j*. [m³/dag]
- $Q_{over,n}$ is het overstortend debiet van gemengd stelsel *n*. [m³/dag]
- *N* is de neerslag die rechtstreeks op het open water valt. [m³/dag]
- *GW* is de flux tussen de rivier/open water en het freatisch grondwater. Deze flux is voornamelijk positief tijdens de winter (hoge grondwaterstanden, instroom in rivieren), en nul of negatief tijdens droge periodes (lage grondwaterstanden, drainage). [m³/dag]
- Q_{afw} is het uitgaand debiet van de rivier aan de afwaartse rand. [m³/dag]
- $C_{opp,z}$ is een captatiedebiet op locatie *z*. [m³/dag]
- ET_{opp} is de verdamping vanuit het open water. [m³/dag]
- Δt is de duur van 1 simulatiestap (1 dag), en *t* de tijdstap.

De belangrijkste termen worden in de paragrafen hieronder apart toegelicht.

Verschillende onbevaarbare waterlopen, zoals de meesten in OW-zones 2 (GIS-zone "Bourgoyen"), 7 ("Wiedauw", "Wondelgem" en "Industrieweg"), 9 ("Destelbergen" en "Sint-Amandsberg") of 10 ("Gentbrugse meersen") ontspringen in de zone zelf, en hebben bijgevolg geen extern opwaarts brondebiet. Ze worden gevoed door interactie met het grondwater. Ook OW-zone 5 ("Haven") heeft geen brondebiet, maar wordt dan weer gevoed door een instroom vanuit OW-zones 8 ("Desteldonk") en beperkter OW-zone 9 ("Sint-Amandsberg"). De OW-zones 1 ("Zwijnaarde" – "Sint-Denijs-Westrem"), 3 ("Baarle-Drongen), 4 ("Oude Leie") en 8 ("Desteldonk") worden wel gevoed door een extern brondebiet. Voor OW-zones 1en 4 worden opwaarts hydrologische PDM-modellen opgelegd die de instroom voorstellen. Het PDM model van zone 4 (Rosdambeek/Duivebeek) werd overgenomen uit de studie (Antea, 2019). Deze studie kalibreerde de PDM parameters van 16 deelstroomgebieden van de Duivebeek. Van deze parametersets wordt één representatieve set gekozen (aangezien deze niet veel verschillen van gebied tot gebied, en bovendien de impact op de massabalansen bij droogte ver binnen de modelonzekerheid valt). Merk op dat al deze PDM modellen gekalibreerd werden voor hoogwater, maar er zijn geen gegevens om een kalibratie voor laagwater uit te voeren. De parameters van de Scheidbeek (zone 1) werden aangeleverd door de dienst Waterlopen van de Provincie Oost-Vlaanderen. De parameters van alle gebruikte modellen worden hieronder samengevat.

Voor de onbevaarbare waterlopen in zone 8 (de kanaaldorpen, o.a. rond de Moervaart en in Desteldonk) is er geen dergelijk hydrologisch model beschikbaar. De beschikbare debietsmetingen op Waterinfo.be (station Mendonk/Moervaart, moe02a-1066) tonen echter aan dat het debiet op de Moervaart zelf verwaarloosbaar is in tijden van droogte. In de periode 1 mei tot en met 30 september 2018 bedroeg het gemiddeld debiet op de Moervaart (afwaarts van de samenvloeiing met de Zuidlede) zo'n 0.40 m³/s. Over diezelfde periode in 2019 bedroeg het gemiddeld debiet 0.64 m³/s. De debieten op de kleinere waterlopen van 2de en 3de categorie zullen nog (veel) kleiner geweest zijn in die periode. Het is dan ook een aanvaardbare aanname om te veronderstellen dat er in periodes van droogte geen noemenswaardig opwaarts debiet zal instromen in de 2de en 3de categorie waterlopen in deze zone.

De onbevaarbare waterlopen in zone 3 (Baarle-Drongen) ontspringen ook in de zone zelf, met uitzondering van de Merebeek (ook gekend als Meirebeek). Deze loop vormt op veel plaatsen de

grens tussen Gent en de buurgemeenten, en werd niet expliciet opgenomen in het model. Er werd dan ook geen hydrologisch model aangekoppeld dat de instroom van het opwaarts gebied voorstelt.

Ook wordt er in geen enkele zone rekening gehouden met overstorten naar de onbevaarbare waterlopen in gebieden opwaarts van het grondgebied Gent. Aangezien de volumes in totaliteit van dergelijke overstorten beperkt zijn, is de fout vermoedelijk verwaarloosbaar op de meerdaagse massabalans. Er moet tot slot nog opgemerkt worden dat de beschikbare data om een validatie uit te voeren van het OW-model over het algemeen beperkt is. De resultaten moeten dus met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden.

Tabel 16: PDM parameters van de opwaartse brongebieden (bron: Antea i.o.v. de Provincie Oost-Vlaanderen dienst Waterlopen (2019)).

	Opp [ha]	b	Cmin	Cmax	be	K1	K2	Bg	kg	St	kb
OW-zone 1 (Scheidbeek)	428	1	10	400	2.5	8	3	1	4000	10	360
OW-zone 4 (Duivebeek)	2137	0.20	6	430	2.5	10	21	1	18000	0	450

Het **uitgaand debiet** Q_{afw} van elke OW-zone wordt berekend door het volume water boven het streefpeil ogenblikkelijk (met de modeltijdstap, dus 1 dag) over te storten naar afwaarts. Dit is een grove benadering van de realiteit die bovendien onderzoek naar overstromingen in deze configuratie onmogelijk maakt, maar toch voldoende nauwkeurig is voor massabalansberekeningen: het teveel aan water zal in realiteit immers toch (vertraagd) afgevoerd worden naar afwaarts tot een evenwichtstoestand rond (of uiteindelijk onder) het streefpeil zich herstelt. Bij overstromingen zal in realiteit water achterblijven op het land en daar deels kunnen infiltreren, maar de impact van deze overstromingsvolumes (die bovendien vooral in de winter voorkomen) op de grondwaterreserves is zeer beperkt in vergelijking met de massabalansstromen door de waterloop zelf. Deze vereenvoudiging heeft dus slechts beperkte impact op de resultaten van de studie. Bij watertekorten, door bijvoorbeeld verdamping, captaties of een flux naar het freatisch grondwater, kan het peil lager zakken dan het streefpeil. Het model laat dus toe om lagere waterhoogten te simuleren dan de streefpeilen.

De meeste OW-zones wateren af naar de bevaarbare waterlopen. Er wordt geen belemmerde of verdronken stroming gesimuleerd in het model tussen de onbevaarbare en de bevaarbare waterlopen. De peilen van de bevaarbare waterlopen worden immers sterk gestuurd, en verdronken stroming zal zich slechts zelden voordoen. Door de hogere ligging van de onbevaarbare waterlopen ten opzichte van de ontvangende bevaarbare waterlopen (zoals het Kanaal Gent-Terneuzen, het Afleidingskanaal van de Leie, de Zeeschelde of het Kanaal Gent-Oostende) kan het teveel aan water snel afgevoerd worden. De (tijdelijke) piekgolven die dan ontstaan, hebben geen invloed op de droogteproblematiek. Als verdronken stroming zich voordoet, zou dat eerder gebeuren wanneer de peilen in de opwaartse waterlopen tot onder hun streefpeil zakken. Maar in het model zal op dat ogenblik door de modelimplementatie de stroming vanuit de onbevaarbare waterloop naar afwaarts volledig terugvallen tot nul (zie immers de beschrijving van het uitgaand debiet hierboven).

De **waterhoogte** van de waterlopen worden berekend op basis van de geometrie van de waterlopen en het volume water in de waterlopen. Voor sommige waterlopen, zoals de Rosdambeek, de Degreybeek, de Leebeek, delen van de Rietgracht en de Ringgracht zijn er bathymetrische gegevens opgenomen in de Hydronautmodellen die aangeleverd werden door Farys. Bij gebrek aan nauwkeurige bathymetrische gegevens voor de andere lopen, werd het bergend vermogen ingeschat

op basis van een GIS analyse waarbij de lengte en breedte van elke geïnventariseerde riviertak werd bepaald. Deze analyse werd per zone en per categorie waterloop apart uitgevoerd, en overgenomen naar het model. Tabel 17 toont samenvattend de tabel met veronderstelde geometrische gegevens die gebruikt worden per waterlooptak indien meer gedetailleerde bathymetrische gegevens ontbreken.

Tabel 17: Aangenomen geometrie van de waterlopen van categorie 0 tot niet-geklassificeerd indien gedetailleerde bathymetrische gegevens ontbreken. (*) De bathymetrische gegevens van de bevaarbare waterlopen werden overgenomen uit het MIKE basin/SHE model.

	Breedte basis [m]	Breedte op streefpeil [m]	Hoogte streefpeil t.o.v. bodempeil [m]	Bergend vermogen op streefpeil [m³/m]
Categorie 0 (*)				
Categorie 1	6	10	1.5	12
Categorie 2	2	6.8	1.2	5.28
Categorie 3	2	4	1	3
Niet geklasseerd	1	2	0.75	1.13

Daarnaast werd op basis van al het beschikbare bronmateriaal (o.a. tijdreeksen van Waterinfo en aangeleverd door de leden van de stuurgroep, modelgegevens, technische fiches van hydraulische constructies en gemalen, ...) een inschatting gemaakt van het streefpeil per OW-zone. Dit streefpeil bevindt zich meestal ter hoogte van de uitlaat van de OW-zone. De overige waterpeilen in de zone worden niet expliciet gesimuleerd, maar men kan veronderstellen dat deze in een evenwichtstoestand zijn ten opzichte van het waterpeil aan de uitlaat (echter niet noodzakelijk gelijk). Zeker bij droge condities is dat een veronderstelling die standhoudt.

Tabel 18: Geometrische karakteristieken van elke OW-zone.

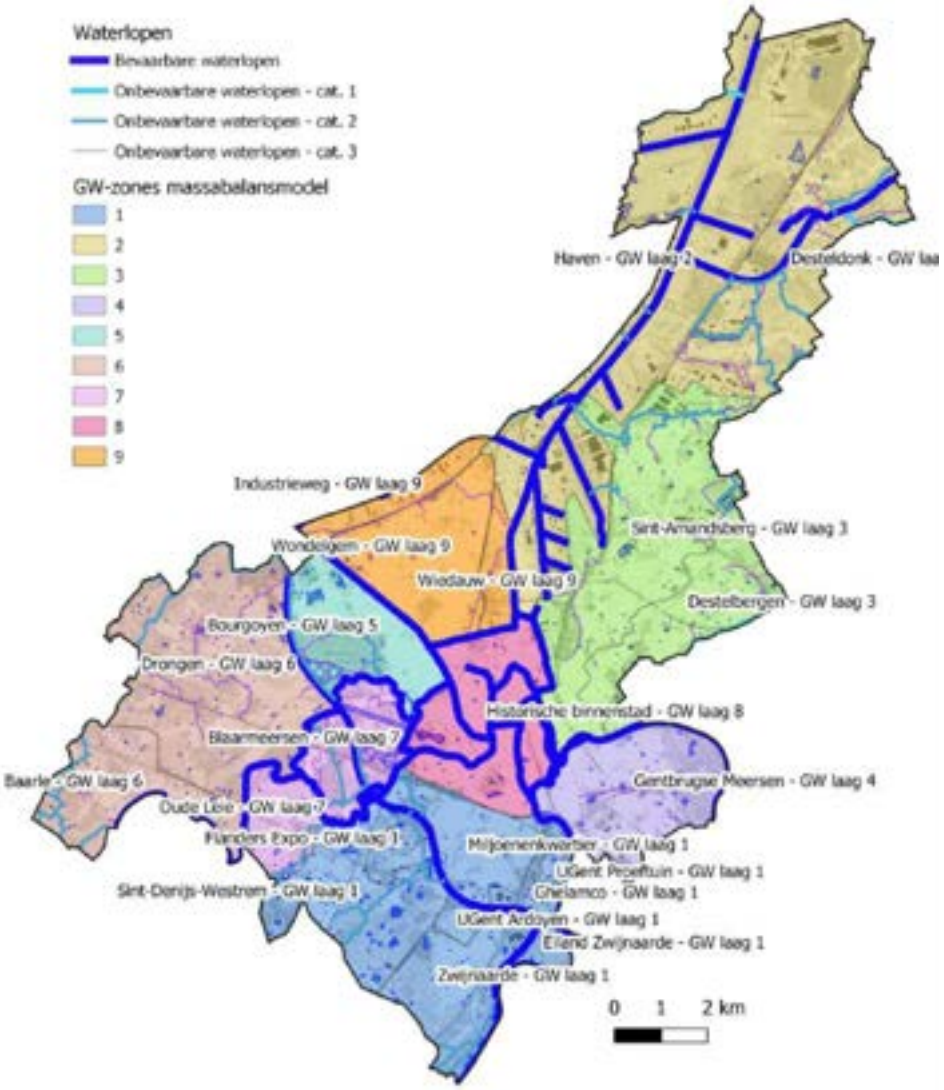
OW-nummer	Gebied	Streefpeil [m TAW]	Totale lengte waterlopen [m]	Berging op streefpeil [1000 m³]
1	Zwijnaarde/UGent Ardoyen/SDW/Miljoenen/UGent Proef/Flanders Expo/SDW/Ghelamco	5.69	31678	474
2	Bourgoyen	5.5	17648	253
3	Baarle/Drongen	5	46085	194
4	Oude Leie	5.6	31962	409
5	Haven	4.40	13060	120
6	Historisch centrum	5.65	17216	643
7	Industrieweg/Wiedauw/Wondelgem	5.65	11238	97
8	Desteldonk	3.83	39599	384

9	Destelbergen/Sint-Amandsberg	4.6	29239	138
10	Gentbrugse Meersen	3.5	15985	333
11	Blaarmeersen	5.65	5838	105
	Totaal		227870	2676

De directe **neerslaginstroming** *N* wordt bepaald door de natte oppervlakte van de waterlopen (circa 2,55 miljoen m² voor de onbevaarbare waterlopen en het deel van de bevaarbare waterlopen dat niet mee opgenomen is in het massabalansmodel – bevaarbaar, bepaald op basis van een GIS-analyse) en watervlakken te vermenigvuldigen met de neerslagintensiteit. De **directe verdamping** ET_{opp} wordt gelijkaardig bepaald door de potentiële evapotranspiratie te vermenigvuldigen met de natte oppervlakte. De berekening van de **stroming** *GW* **tussen de oppervlaktewaters en het freatisch grondwater** wordt nader uitgelegd in §4.1.4. Het effluent van de *RWZI* en uitstroom van *RWA* stelsels zijn beschreven in §4.1.5. De captaties C_{opp} werden eerder al besproken in §2.1.3.

4.1.4 Laag II: Freatisch grondwater en natuurlijke infiltratie

De hydrogeologie van Gent wordt gekenmerkt door een bovenste Quartaire laag die overal voorkomt, maar met een wisselende dikte. Deze Quartaire Aquifer heeft sterk verschillende samenstellingen zoals ook reeds eerder beschreven in §2.2.1(hydrogeologie) en §2.3.1.3 (bodemgesteldheid). Bovendien staat het freatisch grondwater in verbinding met tal van kleinere en grotere waterlopen die verschillend geregeld worden. Daarom wordt het grondwatersysteem in Gent opgedeeld in 9 grondwaterzones (GW-zone) waar min of meer dezelfde grondwatercondities gelden. Figuur 92 bakent de verschillende GW-zones af. Binnen elke GW-zone kunnen evenwel andere grondwaterpeilen voorkomen. In het model wordt elke GW-zone door een apart grondwaterreservoir gemodelleerd, dat vervolgens gelinkt kan worden aan een of meerdere peillocaties per reservoir. Voor elke meetlocatie kan een relatie afgeijkt worden tussen het gesimuleerd volume en de stijghoogte. Zeer lokale effecten, zoals bijvoorbeeld kegelvorming van het grondwaterprofiel ter hoogte van onttrekkingen, worden echter niet beschouwd. Daarvoor is een andere modelmatige aanpak nodig met meer gegevens.



Figuur 92: GW-zones in het massabalansmodel Gent.

De massabalans van het freatisch grondwater wordt voor elke GW-zone apart beschreven door volgende vergelijking:

$$V_{GW}(t) = V_{Gw}(t-1) + \Delta t \cdot \left(\sum_i INF_i(t) + \sum_i GSV_{INF,j}(t) - \sum_j GW_j(t) - ET_{plant}(t) - \sum_z C_{GW,z}(t) - PAR(t)) \right)$$

Met volgende termen:

- V_{GW} het volume aan water aanwezig in het freatisch grondwater. [m³]
- INF_i het natuurlijk infiltratiedebiet. [m³/dag]
- $GSV_{INF,j}$ is het infiltratiedebiet afkomstig van bronmaatregel *j*. [m³/dag]
- GW_j is de flux tussen de rivier/open water van een OW-zone *j* en het freatisch grondwater. Deze flux is voornamelijk positief tijdens de winter (hoge grondwaterstanden), en nul of negatief tijdens droge periodes (lage grondwaterstanden). [m³/dag]
- ET_{plant} is de verdamping van planten die water onttrekken uit de freatische laag. [m³/dag]
- $C_{GW,z}$ is een captatiedebiet uit het freatisch grondwater op locatie *z*. [m³/dag]

- *PAR* is het parasitair debiet dat door de riolering wordt afgevoerd. [m³/dag]
- *Δt* is de duur van 1 simulatiestap (1 dag), en *t* de tijdstap.

De **flux *GW* tussen het freatisch grondwater en de oppervlaktewaters** wordt berekend op basis van volgende weerstandsvergelijking, die gebaseerd is op de stromingsvergelijking van Darcy:

$$GW(t) = \frac{WL_{opp}(t) - WL_{GW}(t)}{R} \cdot A$$

Met:

- WL_{opp} het waterpeil in de waterloop. [m]
- WL_{GW} het freatisch grondwaterpeil. [m]
- *R* de hydraulische weerstand. [dagen]
- *A* de natte oppervlakte van de waterloop. [m²]

Het waterpeil in de waterloop wordt berekend zoals beschreven in §0. De natte oppervlakte wordt op volledig gelijkaardige manier berekend.

Het **freatisch grondwaterpeil** wordt berekend aan de hand van het gesimuleerd volume freatisch grondwater.

Het **natuurlijk infiltratiedebiet *INF*** wordt bepaald door de totale oppervlakte van Gent die niet afwatert naar riolering of bronmaatregelen te vermenigvuldigen met de neerslag. Verharding die niet afwatert naar de riolering maar wel naar groen wordt bijgevolg ook in rekening gebracht, maar met een oppervlaktebergingscomponent van 2 mm en afvoercoëfficiënt van 1. Deze oppervlakteberging stelt plasvorming op verharde oppervlaktes voor. De aanname dat alle neerslag infiltreert vormt een overschatting van de reële situatie, aangezien een deel oppervlakkig zal afstromen naar waterlopen of rioleringen. Echter, aangezien dit model voornamelijk focust op droge periodes, wordt verondersteld dat de impact van deze veronderstelling op de resultaten beperkt zal zijn. Immers, in het droogtemodel zal dit water infiltreren in het freatisch grondwater, waarna het (weliswaar vertraagd) ook zal afstromen naar rivieren. De massabalans blijft bijgevolg gesloten, maar de timing is niet volledig correct. Deze fenomenen doen zich echter enkel voor bij (enkele) extreme gebeurtenissen per jaar in zomerperiodes.

Voor het berekenen van het **verdampingsdebiet vanuit de freatische laag ET_{plant}** wordt gebruik gemaakt van de berekende referentiegewasverdamping (FAO Penman-Monteith methode, Allen et al., 1998), in combinatie met gewasverdampingsfactoren. Voor de referentiegewasverdamping worden de langjarige gegevens van de KMI meetstations in Ukkel gebruikt, aangevuld met lokale meetgegevens. Voor de gewasverdampingsfactoren wordt 1 gehanteerd voor laaggroen en gras, 0,84 voor bomen (Verstraeten et al., 2005) en 1,05 voor landbouwgewassen conform richtlijnen van de FAO. Er wordt gebruik gemaakt van een statische gewasgroei met deze constante factoren, en dus wordt bijvoorbeeld de impact van het afsterven van vegetatie door droogte niet in beschouwing genomen. Door gebruik te maken van de referentiegewasverdamping wordt uiteraard wel rekening gehouden met seizoensvariaties: in de winter is er quasi geen verdamping, in de zomer op warme dagen wordt het maximum bereikt.

De **captaties vanuit het freatisch grondwater $C_{GW,z}$** werden eerder opgelijst in §2.2.2. Deze bedragen 5,72 miljoen m³, uniform verdeeld over het ganse jaar. De **parasitaire debieten** worden verder toegelicht in §4.1.5.5 en Tabel 20.

Het **infiltratiedebiet van bronmaatregelen GSV_{INF}** wordt in §4.1.5 besproken.

4.1.5 Laag III: Stedelijk watersysteem

Het stedelijk watersysteem bestaat uit de **gemengde en gescheiden riolering**, **rioolwaterzuivering**, **bronmaatregelen** (zoals regenwaterputten, infiltratievoorzieningen en bufferbekkens), en

vanzelfsprekend de afstromende verharding (en eventueel onverharde afstromende oppervlakken) naar de riolering. Elk element wordt in volgende paragrafen afzonderlijk beschreven, waarbij ook de interactie tussen de elementen geduid wordt. Gezien de veel snellere responstijd van het stedelijk watersysteem wordt dit gesimuleerd met een tijdstap van 10 minuten. Zo kan beter de verdeling van water bij hevige piekbuien gesimuleerd worden (bijvoorbeeld tussen een overstort en de doorvoer naar afwaarts).

De hoofdfunctie van **bronmaatregelen** is het verkrijgen van een duurzame waterhuishouding die zo dicht mogelijk tegen het "natuurlijk" watersysteem aanleunt. Het tegengaan van droogte is hierbij, naast voorkomen van wateroverlast, één van de belangrijkste doelstellingen. Het spreekt dan ook voor zich dat het correct implementeren van bronmaatregelen in het massabalansmodel van groot belang is. De studie onderscheidt 3 types bronmaatregelen: **regenwaterputten**, **infiltratievoorzieningen** en **buffers met vertraagde doorvoer**.

4.1.5.1 Individuele regenwaterput

Het hydraulisch gedrag van **regenwaterputten** (RWP) is eenvoudig te vervatten in een model. Volgende vergelijking beschrijft het gedrag van 1 individuele regenwaterput:

$$V_{RWP}(t) = V_{RWP}(t-1) + \Delta t \cdot \left(RR_{dak}(t) - Q_{over,RWP}(t) - Q_{hergebruik,RWP}(t)\right)$$

Hierbij is:

- V_{RWP} het volume aan water aanwezig in de individuele regenwaterput. [m³]
- RR_{dak} de neerslagafstroming van het dak, na toepassing van oppervlakteberging (2mm) en een neerslagafstromingscoëfficiënt (0.8) [m³/10 minuten]
- $Q_{over,\mathrm{RWP}}$ is het overstortend debiet van de regenwaterput naar afwaarts [m³/10 minuten]
- $Q_{hergebruik,\mathrm{RWP}}$ is het effectief hergebruik vanuit de regenwaterput [m³/10 minuten]
- Δt is de duur van 1 simulatiestap (10 minuten), en t de tijdstap.

De neerslagafstroming van het dak RR_{dak} is de afstroming van de aangesloten dakoppervlakte, nadat rekening gehouden is met een oppervlakteberging van 2 mm (voor plasvorming op platte daken en vernatting van materiaal), en een neerslagafstromingscoëfficiënt van 0.8 voor algemene verliezen (zoals bijvoorbeeld ter hoogte van de filter bij de regenwaterput). De gemiddelde dakoppervlakte van een woning in Gent werd eerder ingeschat op 97 m² (zie §2.3.1.2).

Het hergebruik $Q_{hergebruik,\ RWP}$ wordt bepaald door op elke tijdstap het gewenst hergebruik te evalueren ten opzichte van het aanwezig watervolume in de regenwaterput. Wanneer de regenwaterput dus droog valt, is er ook geen hergebruik meer mogelijk. Het "potentieel" hergebruik, zijnde het gevraagd hergebruik waar effectief aan voldaan kan worden, wordt ook berekend door het massabalansmodel.

Het overstortdebiet $Q_{over,\ RWP}$ is het debiet dat overstort vanuit de regenwaterput naar afwaarts. In vele gevallen zal dit een infiltratievoorziening zijn, maar bij gebrek daaraan kan bijvoorbeeld ook rechtstreeks overgestort worden in de riolering.

De **parameters** van de regenwaterput die gebruikt worden in het massabalansmodel zijn afgestemd op de doorgerekende scenario's. De geldende normen (GSV Hemelwater) schrijven voor dat minimaal een hemelwaterput van 5.000 liter nodig is voor de meeste situaties (vroeger 3.000 liter). Voor nieuwbouw wordt dan ook (indien verondersteld wordt dat er ee regenwaterput geplaatst moet worden of recentelijk werd) dit volume geïmplementeerd in het model. De lezer wordt verwezen naar §4.1.5.6 voor een beschrijving van het aantal veronderstelde bronmaatregelen (en dus ook regenwaterputten), en §8.2.6 voor een bespreking van het bronmaatregelenbeleid dat doorgerekend werd in het massabalansmodel.

4.1.5.2 Individuele infiltratievoorziening

Het hydraulisch gedrag van een individuele **infiltratievoorziening** (IFV) kan ook vervat worden in een relatief eenvoudig model met een beperkt aantal termen:

$$V_{IFV}(t) = V_{IFV}(t-1) + \Delta t \cdot \left(RR_{omgeving}(t) + Q_{opw,IFV}(t) - Q_{over,IFV}(t) - Q_{inf,IFV}(t)\right)$$

Hierbij is:

- V_{IFV} het volume aan water aanwezig in de individuele infiltratievoorziening. [m³]
- $RR_{omgeving}$ de neerslagafstroming van de omgevingsverharding [m³/10 minuten]
- $Q_{opw,IFV}$ is opwaarts instromend debiet [m³/10 minuten]
- $Q_{over,IFV}$ is het overstortend debiet van de infiltratievoorziening naar afwaarts [m³/10 minuten]
- $Q_{inf,\ IFV}$ is het infiltratiedebiet [m³/10 minuten]
- Δt is de duur van 1 simulatiestap (10 minuten), en t de tijdstap.

De neerslagafstroming van de omgevingsverharding $RR_{omgeving}$ is voor private kavels meestal de verharding van terrassen en opritten (zoals voorgeschreven door de GSV Hemelwater voor de meeste situaties), maar kan ook verharding zijn van bijvoorbeeld wegenis of pleinen. Er wordt in het massabalansmodel rekening gehouden met een oppervlakteberging van 2 mm, en een neerslagafstromingscoëfficiënt van 0.8. Voor private residentiële kavels wordt standaard een afwaterende verharde oppervlakte beschouwd van 38 m² na een GIS-analyse, zoals beschreven in §2.3.1.2.

De opwaartse instroom $Q_{opw,\ IFV}$ bestaat, althans in dit massabalansmodel, enkel uit het overstortend water van regenwaterputten (merk op dat het niet zo is dat afwaarts van elke regenwaterput standaard een infiltratievoorziening geïmplementeerd wordt in het model; ook daar zijn variaties mogelijk).

Het infiltratiedebiet $Q_{inf,IFV}$ wordt bepaald door de natte infiltrerende oppervlakte te vermenigvuldigen met de infiltratiecapaciteit van de bodem. De natte infiltrerende oppervlakte wordt in de simulatie op elke tijdstap bepaald. Vanzelfsprekend zijn zowel de infiltratiecapaciteit als het bepalen van welke oppervlakte "infiltrerend" zijn onzeker. Daarom wordt op deze parameters eveneens een sensitiviteitsanalyse uitgevoerd (zie verder in deze paragraaf). Er is geen invloed van het grondwaterpeil op dit debiet geïmplementeerd in het model.

Als de capaciteit van de infiltratievoorziening bereikt is, zal deze overstorten via de term $Q_{over,\ IFV}$.

Net als bij de **parameters** van de regenwaterput wordt een sensitiviteitsanalyse uitgevoerd om de impact van de onzekerheid van modelparameters op het uiteindelijk studieresultaat te onderzoeken. Opnieuw worden 3 scenario's naar voren geschoven vanuit het oogpunt van "droogte" op stedelijk (maatschappelijk) niveau: een "droog", "midden" en "nat" scenario.

De geldende normen (GSV Hemelwater en de Code van Goede Praktijk) schrijven voor dat een minimale buffering van 250 m³/hectare vereist is (eventuele aftrek toelaatbaar indien een regenwaterput met voldoende hergebruik aanwezig is), en een infiltratieoppervlakte van 4% van de aangesloten verharde oppervlakte. Rekening houdend met de overige gegevens worden de **capaciteit** en **infiltratieoppervlakte** uit de kolom "Midden" verkregen van Tabel 19. Voor het "droog" scenario worden deze getallen aangehouden, aangezien dit reeds de minimale waarden conform de regelgeving zijn. Voor het "nat" scenario wordt naar boven tot praktisch gangbare maten van infiltratievoorzieningen afgerond, die meer infiltratie in de ondergrond toelaten. Vanuit maatschappelijk oogpunt is dat bijgevolg een "nat" scenario.

De **infiltratiecapaciteit** werd eerder beschreven in §2.3.1.3. Op basis van de bodemtextuurkaart en een groot aantal proeven uitgevoerd in Vlaanderen voor gelijkaardige texturen, werd een gemiddelde

infiltratiecapaciteit verondersteld van 46 mm/u. In het "nat" scenario wordt deze waarde verdubbeld, omdat op die manier meer water zal kunnen infiltreren in de ondergrond. In het "droog" scenario wordt die waarde gehalveerd. Er werd per zone een infiltratiecapaciteit opgelegd zoals aangenomen in Tabel 4 (p.43).

Tabel 19. Parameters van de infiltratievoorziening voor de 3 beschouwde scenario's voor residentiële infiltratievoorzieningen.

	Droog	Midden	Nat
Direct aangesloten oppervlakte [m²]	38	38	38
Bergingscapaciteit [m³]	3,8	3,8	5
Infiltratiecapaciteit bodem [mm/u]	*zie waarden in Tabel 4 p.43*		
Correctiefactor infiltratiecapaciteit	÷2	1	x2
Infiltratieoppervlakte [m²]	2,4	2,4	5

4.1.5.3 Individuele buffer met vertraagde doorvoer

Het hydraulisch gedrag van een individuele **buffer met vertraagde doorvoer** kan ook vervat worden in een relatief eenvoudig model met een beperkt aantal termen:

$$V_{buffer}(t) = V_{buffer}(t-1) + \Delta t \cdot \left(RR_{omgeving}(t) + Q_{opw,buffer}(t) - Q_{over,buffer}(t) - Q_{doorvoer,buffer}(t)\right)$$

Hierbij is:

- V_{buffer} het volume aan water aanwezig in de buffer. [m³]
- $RR_{omgeving}$ de neerslagafstroming van de omgeving. [m³/10 minuten]
- $Q_{opw,buffer}$ is opwaarts instromend debiet [m³/10 minuten]
- $Q_{over,buffer}$ is het overstortend debiet van de buffervoorziening naar afwaarts [m³/10 minuten]
- $Q_{doorvoer,buffer}$ is het doorvoerdebiet (via knijpopening, …) naar afwaarts [m³/10 minuten]
- Δt is de duur van 1 simulatiestap (10 minuten), en t de tijdstap.

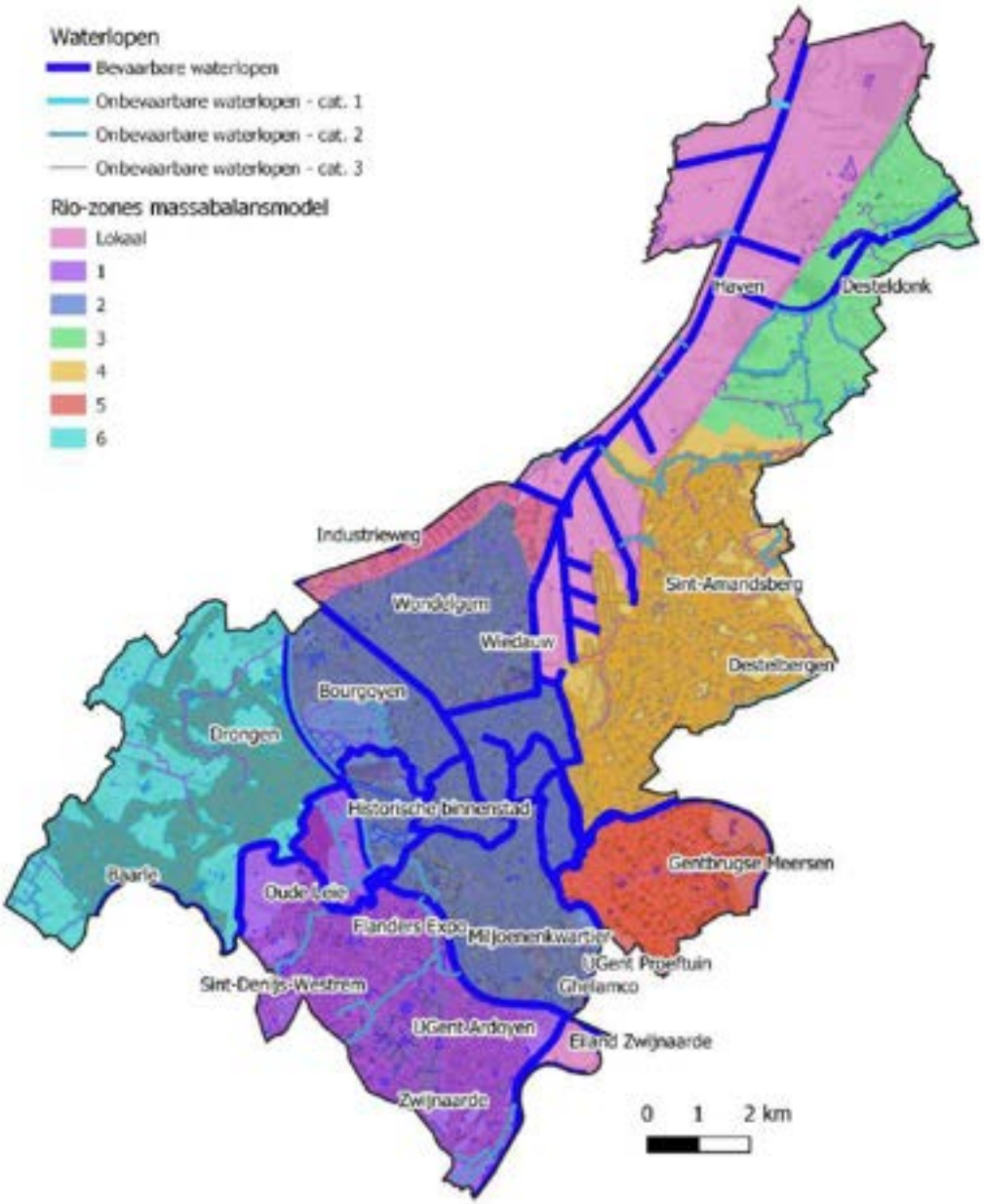
De termen $RR_{omgeving}$, $Q_{opw,buffer}$ en $Q_{over,buffer}$ worden op gelijkaardige wijze berekend als bij de infiltratievoorziening.

Het doorvoerdebiet $Q_{doorvoer,buffer}$ is het debiet dat via een knijpopening, wervelventiel, hydroslide en dergelijke wordt afgevoerd naar afwaarts. Dit debiet is door de regelgeving afgetopt op 20 l/s/ha. Dit wordt bijgevolg ook zo geïmplementeerd in het massabalansmodel.

4.1.5.4 Riolering

De riolering van Gent werd beschreven in §2.4.1. Deze bestaat uit een combinatie van gemengde en gescheiden stelsels, die bovendien naar verschillende RWZI's afwateren. Het grondgebied Gent overspant dus verschillende zuiveringsgebieden. Figuur 93 toont de opdeling van de riolering in 6 zones (aangeduid als "RIO-zones"), met daarnaast enkele zones die volledig lokaal (via RWA) afwateren. De indeling is gebaseerd op een analyse van de verschillende rioleringsstelsels, en houdt rekening met verschillende afstromingsrichtingen (naar de verschillende RWZI's).

De afstroming van enkel (gescheiden) DWA wordt niet beschouwd. Dat zit immers inherent vervat in de modellering van de RWZI's (zie §4.1.5.5).



Figuur 93: Opdeling van de riolering op grondgebied Gent in zones in het massabalansmodel.

In elke RIO-zone wordt een gemengd en gescheiden stelsel verondersteld. Het gemengd en gescheiden stelsel worden op een gelijkaardige conceptuele manier gemodelleerd, maar hebben uiteraard wel verschillende bronnen en "uitgangen". Algemeen kan de massabalans van de riolering als volgt gemodelleerd worden:

$$V_{rio}(t) = V_{rio}(t-1) + \Delta t \cdot \left(RR_{omgeving}(t) + Q_{opw,rio}(t) - Q_{over,rio}(t) - Q_{doorvoer,rio}(t)\right)$$

Hierbij is:

- V_{rio} het volume aan water aanwezig in de buffer. [m³]
- $RR_{omgeving}$ de neerslagafstroming van de omgeving. [m³/10 minuten]
- $Q_{opw,rio}$ is opwaarts instromend debiet [m³/10 minuten]
- $Q_{over,rio}$ is het overstortend debiet van de riolering [m³/10 minuten]
- $Q_{doorvoer,rio}$ is het doorvoerdebiet naar afwaarts [m³/10 minuten]
- Δt is de duur van 1 simulatiestap (10 minuten), en t de tijdstap.

De termen $RR_{omgeving}$, $Q_{opw,rio}$ en $Q_{over,rio}$ worden op gelijkaardige wijze berekend als bij de infiltratievoorziening en buffervoorziening. Het opwaarts instromend debiet is het overstortend en doorvoerdebiet van alle bronmaatregelen.

Het doorvoerdebiet $Q_{doorvoer,rio}$ van de riolering wordt gesimuleerd op basis van de methodologie zoals voorgesteld in Wolfs et al. (2018a, b). Het model werd beperkt gekalibreerd op basis van modelsimulaties met het Hydronaut model. Concreet werden de maximale doorstroomdebieten van de gemengde stelsels uit de Hydronautmodellen afgeleid i.f.v. verschillende neerslagintensiteiten, en werd hiervoor een relatie afgeijkt en geïmplementeerd voor elke afzonderlijke gemengde rioleringszone. Door deze beperkte kalibratie is het model minder geschikt om situaties van wateroverlast te simuleren, maar wel voldoende nauwkeurig om de dynamiek bij droge en normale condities te simuleren. Ook is het model in staat om overstortwerking (volumes) voldoende nauwkeurig te simuleren. Deze eigenschappen zijn belangrijk voor de onderbouwing van het droogteplan.

Tabel 5 (p.51) beschreef eerder de verharde oppervlaktes die verbonden zijn met elk van de rioleringsstelsels, met onderscheid van gemengde en gescheiden riolering. Die verharde oppervlaktes werden geïmplementeerd in het model, en (deels) uitgerust met bronmaatregelen (zoals beschreven in de vorige paragrafen).

De regenwaterafvoer van de gescheiden stelsels wordt verondersteld ter plaatse te blijven, en dus af te stromen in de overeenkomstige oppervlaktewaterzone (OW-zone). Van daaruit kan het via de oppervlaktewaters verder naar afwaarts stromen. De gemengde stelsels worden aangesloten conform de zuiveringsgebieden op de RWZI's van Gent (Drongen), Destelbergen, Moerbeke en Nevele.

4.1.5.5 RWZI

Het afvalwater van Gent stroomt naar 4 RWZI's zoals beschreven in §2.4.2: Gent (Drongen), Destelbergen, Moerbeke en Nevele. Het massabalansmodel veronderstelt 3 instromen:

- Afstroming van regenwater van verharding
- Afvalwater (=onderdeel van de DWA-instroom)
- Parasitair water (=onderdeel van de DWA-instroom)

Er wordt verondersteld dat al het water dat toekomt in de RWZI, ook onmiddellijk doorstroomt als effluent naar de ontvangende waterloop. De vertraging die er in realiteit geïntroduceerd wordt door het zuiveringsproces is van ondergeschikt belang voor het kwantificeren van droogtestress, en werd bijgevolg niet meegenomen in het model.

De DWA-instroom werd van elk apart geanalyseerd. Er werden per RWZI 2 termen gekwantificeerd: een constant veronderstelde DWA-instroom die de toestroom van afvalwater voorstelt, en een 2de term die parasitaire debieten voorstelt (de instroom van bijvoorbeeld lekkende leidingen en permanente drainages). Uit de analyse (§2.4.2) bleek duidelijk dat, zoals te verwachten, het parasitair debiet een sterk tijdsvariabel verloopt kent. Op het eind van het nat seizoen (maart-april) zijn de parasitaire debieten het grootst. Dat is ook de periode dat het grondwater typisch het hoogste staat. In september staat het grondwater gewoonlijk het laagste. Het massabalansmodel veronderstelt een sinusoïdale instroom tussen 0 m³/dag op 30 september, en een maximaal parasitair debiet zoals in de tabel hieronder opgenomen op 30 maart van elk jaar. Er is geen directe koppeling gemaakt tussen de gesimuleerde grondwaterstand en het parasitair debiet, maar de parasitaire debieten worden uiteraard wel afgetrokken van de freatische grondwatervolumes. Tabel 20 toont de berekende DWA-instroom. Deze waarden werden opgenomen in het massabalansmodel.

Tabel 20: Berekende constante DWA en parasitaire debieten. Zie §2.4.2 voor meer uitleg.

	Constante DWA	Max. parasitair debiet eind maart
Gent (Drongen)	30.000 m³/dag	35.000 m³/dag
Destelbergen	10.000 m³/dag	10.000 m³/dag
Moerbeke	2.000 m³/dag	3.500 m³/dag
Nevele	1.000 m³/dag	1.500 m³/dag

Naast de DWA-instroom is er ook de instroom van hemelwater afkomstig van verharding. Deze wordt opgenomen in het massabalansmodel door de bijhorende gemengde stelsels aan te sluiten op de RWZI's.

De RWZI van Gent (Drongen) loost naar een effluentgracht langs de Drongensesteenweg, die vervolgens rechtstreeks op de Ringvaart loost. Deze verbinding wordt opgenomen in het massabalansmodel. De overige RWZI's lozen in oppervlaktewaters buiten Gent. Deze uitstroom wordt bijgevolg "verwijderd" uit het massabalansmodel.

4.1.5.6 Aantal bronmaatregelen geïmplementeerd in het model

Deze paragraaf vat kort de implementatiegraad van bronmaatregelen in het massabalansmodel samen. Er zijn 5 parameters die de implementatiegraad bepalen:

- Het percentage residentiële verharding met bronmaatregelen: Dit is het percentage van de residentiële verharding dat verondersteld wordt te beschikken over bronmaatregelen, zoals een regenwaterput (met hergebruik) en eventueel een infiltratievoorziening. Hierbij werden volgende aannames gemaakt:
    - Type 1 perceel: indien de dakoppervlakte groter is dan 90% van de perceelsoppervlakte, worden geen bronmaatregelen verondersteld bij gebrek aan ruimte.
    - Type 2 perceel: Indien de dakoppervlakte kleiner is dan 90% van de perceelsoppervlakte, maar groter dan 80%, wordt enkel een regenwaterput (5.000 liter) verondersteld.
    - Type 3 perceel: Indien de dakoppervlakte kleiner is dan 80% van de perceelsoppervlakte, maar groter dan 50% wordt altijd een regenwaterput (5.000 liter) voorzien. Dit wordt daarnaast gecombineerd met een infiltratieput indien het perceel groter is dan 250 m². Indien het perceel kleiner is dan 250 m², wordt er geen infiltratieput geplaatst voor dit type perceel.
    - Type 4 perceel: Indien de dakoppervlakte kleiner is dan 50% van de perceelsoppervlakte, wordt een regenwaterput en infiltratieput voorzien.
    - Type 5 perceel: alle bronmaatregelen in deze worden ontworpen conform de GSV Hemelwater. Zoals eerder beschreven zal ruwweg 95% van het hemelwater hierbij lokaal blijven bij deze bronmaatregelen. Verscherpingen van deze verordening zullen dus weinig impact hebben op dit scenario.

  Voor elk type perceel werd op basis van een uitgebreide GIS-analyse op het GRB van Gent en de landgebruikskaart een overeenkomstige gemiddelde dakoppervlakte en terreinoppervlakte berekend. De bronmaatregelen werden vervolgens conform de GSV toegepast op die oppervlaktes. Er wordt voor alle residentiële percelen een hergebruik van

100 l/dag/kavel verondersteld. De infiltratiecapaciteiten die gebruikt worden in de modellering zijn afhankelijk van de zone in het model, en zijn beschreven in §2.3.1.3.

De parameter "percentage residentiële verharding met bronmaatregelen" wordt toegepast op elk type perceel (behalve type 1, aangezien daar sowieso geen bronmaatmaatregelen verondersteld worden). Er wordt verondersteld dat 20% van de residentiële percelen bronmaatregelen heeft. Merk op dat dit een ruwe inschatting betreft, die niet op basis van een GIS analyse werd uitgevoerd.

- Het percentage niet-residentiële perceelsverharding met bronmaatregelen: idem aan de residentiële percelen, maar zonder inzet op hergebruik. Het generiek inschatten van het hergebruik is immers niet haalbaar voor niet-residentiële percelen. Er wordt verondersteld dat 15% van de niet-residentiële perceelsverharding vandaag voorzien is van bronmaatregelen. Dit betreft een ruwe inschatting, aangezien er onvoldoende gegevens beschikbaar zijn om dit te valideren.

- Het percentage wegenis met bronmaatregelen: idem aan de niet-residentiële percelen. Er wordt in het model verondersteld dat 10% van de wegenis voorzien is van bronmaatregelen. Dit betreft eveneens een ruwe inschatting, aangezien er onvoldoende gegevens beschikbaar zijn om dit te valideren.

- Het percentage van niet-residentiële bronmaatregelen met een vertraagde doorvoer: dit is het percentage van de niet-residentiële bronmaatregelen die uitgebouwd zijn in de vorm van een buffer met een vertraagde doorvoer naar afwaarts (in plaats van de inzet op infiltratie). In het verleden werd dit type bronmaatregel het vaakst toegepast met als doel om de wateroverlastrisico's te beperken. Bij te lage infiltratiecapaciteiten of zeer hoge grondwaterstanden wordt dit type bronmaatregel nu nog toegepast. Dit type bronmaatregel heeft geen impact op droogte. Er wordt verondersteld dat 75% van de *bestaande* niet-residentiële bronmaatregelen met een vertraagde doorvoer werdn uitgevoerd.

- Het percentage van niet-residentiële bronmaatregelen met enkel infiltratie: aansluitend op het vorig punt, maar dan inzet op infiltratie (in plaats van vertraagde afvoer). Er wordt verondersteld dat 25% van de *bestaande* niet-residentiële bronmaatregelen infiltrerend werden uitgevoerd.

Tabel 21. Scenario's "droog", "midden" en "nat" van de sensitiviteitsanalyse

	Geïntegreerd in het model voor de huidige toestand
% residentiële verharding met bronmaatregelen	20
% niet-residentiële perceelsverharding met bronmaatregelen	15
% wegenis met bronmaatregelen	10
% van niet-residentiële bronmaatregelen met vertraagde doorvoer	75
% van niet-residentiële bronmaatregelen met enkel infiltratie	25

5 Resultaten simulatiemodellen huidig watersysteem

5.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van de simulaties met het opgemaakte massabalansmodel. Hierbij wordt zowel het historisch als het toekomstig klimaat gesimuleerd. Veranderingen in landgebruik (zoals bijkomende verharding) werden niet in beschouwing genomen. Paragraaf 5.2 gaat dieper in op de gebruikte randvoorwaarden.

Het watersysteem is sterk verweven: de oppervlaktewaters en het freatisch grondwater staan in directe verbinding met elkaar, en de riolering leidt tot afstroming naar de RWZI die op haar beurt weer afstroomt naar sommige oppervlaktewaters, etc. Het watersysteem werd dan ook integraal gemodelleerd, inclusief al deze verbindingen. We verwijzen naar Hoofdstuk 4 voor een beschrijving van de opmaak van dit integraal massabalansmodel. De resultaten in dit hoofdstuk worden evenwel samengevat per deelsysteem: (1) de oppervlaktewaters, (2) het freatisch grondwater en de hydrologie, en (3) het stedelijk watersysteem. Zo kunnen de resultaten gemakkelijker geïnterpreteerd worden.

Dit hoofdstuk is als volgt opgebouwd:

- Beschrijving van de gebruikte randvoorwaarden voor het model onder het historisch en toekomstig klimaat (§5.2)
- Resultaten van de oppervlaktewaters (§5.3), het freatisch grondwater (§5.4) en het stedelijk watersysteem (§5.5), met telkens:
    - Een bespreking van de resultaten van de historische simulatie 1920-2019
    - Een validatie van de modelresultaten aan beschikbare metingen, waarbij dus geen kalibratie meer gebeurde
    - Een bespreking van de resultaten van het toekomstig klimaat (met tijdshorizon 2050)
- Samenvatting van de resultaten (§5.6)
- Bespreking van de belangrijkste modelonzekerheden en –veronderstellingen (§5.8)

De resultaten van het massabalans mogen echter niet als "exact" geïnterpreteerd worden, maar eerder als grootteorde inschatting van de realiteit. Deze cijfers zijn namelijk het resultaat van een modellering en zijn dus onderhevig aan onzekerheden (zie ook §5.8 voor een beschrijving hiervan). Het is bijvoorbeeld onmogelijk om deze brongegevens exact te kennen zonder uitvoerige meetcampagnes op een groot aantal locaties en onder uiteenlopende weersomstandigheden, wat in de praktijk niet realiseerbaar is. Ook werden bepaalde aannames gemaakt bij gebrek aan meer gedetailleerde gegevens. Deze staan uitvoerig beschreven doorheen Hoofdstuk 4, en zijn bondiger samengevat in §5.8.

5.2 Randvoorwaarden voor het model onder het historisch en toekomstig klimaat

Waterbeschikbaarheid is zeer variabel in de tijd. De ene zomer is er een uitzonderlijke droogte, terwijl de zomer erna het daarentegen terug erg nat kan zijn. Er is wel een zekere afhankelijkheid tussen deze periodes: extreme droogtes kunnen geruime tijd na de periode van weinig neerslag nog steeds aanhouden. Vooral de grondwatertafel is onderhevig aan zo'n (multi-)seizoenale fluctuaties. In een normaal jaar worden de grondwaterreserves in de winterperiode terug aangevuld door de combinatie van grotere hoeveelheden neerslag en minder verdamping. In de zomer worden die

grondwaterreserves aangesproken door mens en natuur omdat er minder neerslag valt. Een opeenvolging van droge periodes (ook in de winter) kan echter die wederaanvulling verhinderen, waardoor de droogte effecten alsmaar toenemen. Dit was bijvoorbeeld het geval in de zomers van 2017, 2018, 2019 en 2020. Deze zomers waren allen uitzonderlijk droog (zie ook Hoofdstuk 2), en de grondwatervoorraden werden niet volledig aangevuld tijdens winters door te lage neerslaghoeveelheden. Hierdoor werden historisch lage grondwaterstanden gemeten, die bovendien zeer lange tijd zo laag bleven. Hetzelfde principe werd vastgesteld bij vegetatie: de veerkracht van vegetatie neemt af ten gevolge langere of meerdere opeenvolgende periodes van droogte, wat onomkeerbare schade kan teweegbrengen.

Om dit soort tijdsafhankelijke effecten correct te kunnen simuleren, worden continue tijdreeksen van 100 jaar gesimuleerd in het massabalans. Deze periode beslaat 1920 tot en met 2019. Voor deze periode werden de tijdreeksen van neerslag en potentiële verdamping bepaald op basis van observaties in Ukkel. Er wordt gekozen om te werken met meteogegevens van Ukkel en niet die van Gent, omdat deze consistente meetdata opleveren voor dergelijk lange periode. Indien gewerkt wordt met lokale neerslagdata zouden er door het gebruik van verschillende meetstations vertekende resultaten verkregen kunnen worden. Op lange termijn (zoals de 100 jarige periode beschouwd in het massabalansmodel) zijn identieke meteorologische condities te verwachten tussen Gent en Ukkel.

Voor deze periode worden 2 "klimaatscenario's" bestudeerd:

1. Het historisch klimaat. Dit is het klimaat zoals geobserveerd van 1920 tot en met 2019. Dit klimaatscenario is bijgevolg rechtstreeks te vergelijken met observaties op het terrein.
2. Het klimaat 2050 – "laag waterbeschikbaarheidsscenario". In dit scenario wordt het klimaat van het jaar 2050 gesimuleerd. Vanzelfsprekend is het onmogelijk om het toekomstig klimaat exact te voorspellen. Er zijn onzekerheden in de klimaatmodellen zelf, maar ook omtrent de drivers van klimaatverandering, zoals bijvoorbeeld de mondiale broeikasgasuitstoot. Daarom werd een groot aantal klimaatmodellen beschouwd met uiteenlopende scenario's. Uit deze brede band aan tijdreeksen van klimaatverandering werd één scenario geselecteerd voor deze studie dat de bovengrens geeft van de te verwachten klimaatverandering op vlak van droogte en waterbeschikbaarheid. Er zijn scenario's die lagere impacts voorspellen, maar ook nog extremere scenario's die meer droogte voorspellen. In lijn met het MIRA Klimaatrapport en de aanpak van het Klimaatportaal Vlaanderen wordt het "hoge impact" scenario gebruikt voor deze impactstudie. De werkelijke klimaatverandering zal zich met grote waarschijnlijkheid tussen de resultaten van het "huidig" klimaat en het gesimuleerde "toekomstig klimaat" bevinden.

Merk op dat er in geen enkel scenario rekening gehouden wordt met bevolkingsgroei, noch met toename van verharding. Beide zullen naar alle waarschijnlijkheid de druk op het watersysteem in de toekomst nog verder vergroten. In de scenario analyses wordt echter uitgegaan van een status quo wat betreft verharding en bevolking aan de toestand van 2016-2020. Op die manier kunnen de effecten van klimaatverandering an sich beter bestudeerd worden.

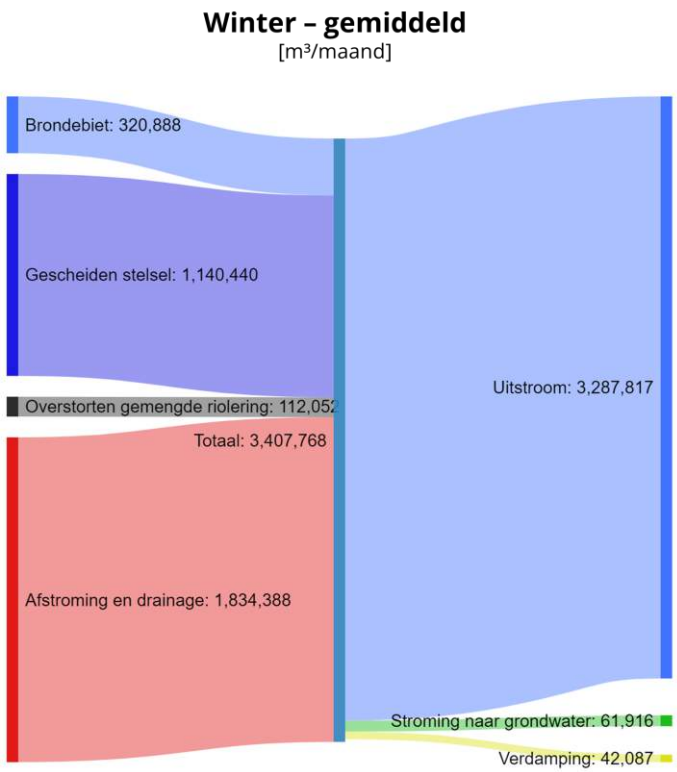
5.3 Oppervlaktewaters

Deze paragraaf beschrijft de simulatieresultaten van de oppervlaktewaters. De oppervlaktewaters in Gent werden in het massabalansmodel onderverdeeld in de bevaarbare en onbevaarbare lopen, en apart gemodelleerd. De onbevaarbare oppervlaktewaters werden verder onderverdeeld in 11 aparte modellen in functie van hun systeemgedrag. De onderverdeling en beschrijving van het model zijn terug te vinden in §4.1.3.

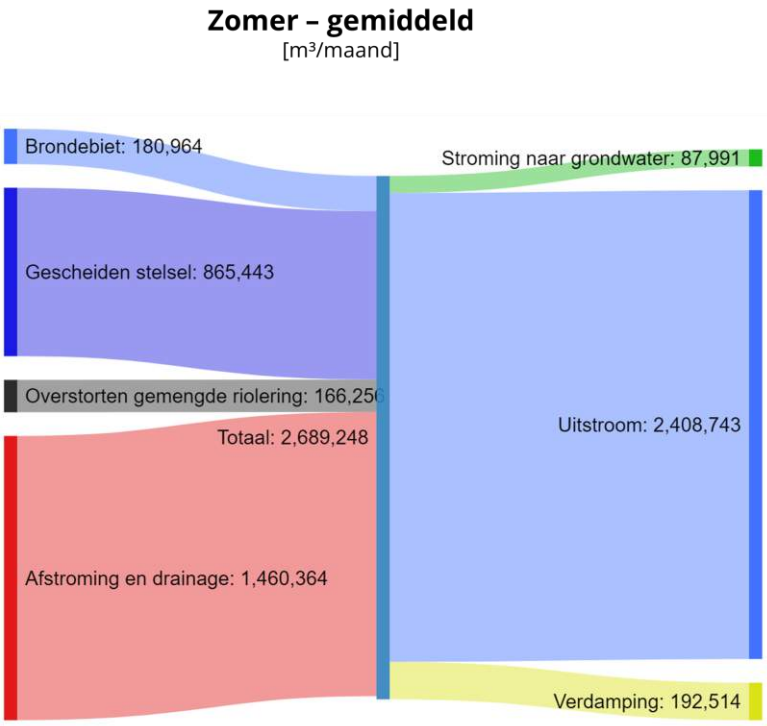
5.3.1 Simulatie 1920-2019

Figuur 94 en Figuur 95 tonen de maandelijkse in- en uitstromen van alle onbevaarbare oppervlaktewaters voor respectievelijk een gemiddelde winter- en zomermaand voor de simulatie van 1920-2019. De winter wordt hierbij gedefinieerd als de hydrologische winter die loopt van begin oktober tot eind maart, en de hydrologische zomer van begin april tot eind september. Vanzelfsprekend werd hierbij de "huidige toestand" gesimuleerd van de oppervlaktewaters (2016-2020), en werd er dus geen rekening gehouden met aanpassingen aan de oppervlaktewaters doorheen de afgelopen eeuw. De figuren tonen de som van alle onbevaarbare oppervlaktewaters op het grondgebied Gent.

De figuren tonen de verschillende inkomende en uitgaande stromen. De breedte van elke stroom op de figuur is proportioneel met de volumes die in realiteit optreden. Voor de opmaak van deze "Sankey-diagrammen" wordt gewerkt met een vaste lay-out in dit rapport: (1) de inkomende stromen (links op de figuur), (2) het samenkomen van de stromen in de laag die beschouwd wordt (in dit geval de oppervlaktewaters; centraal op de figuur) en (3) de uitgaande stromen (rechts op de figuur).



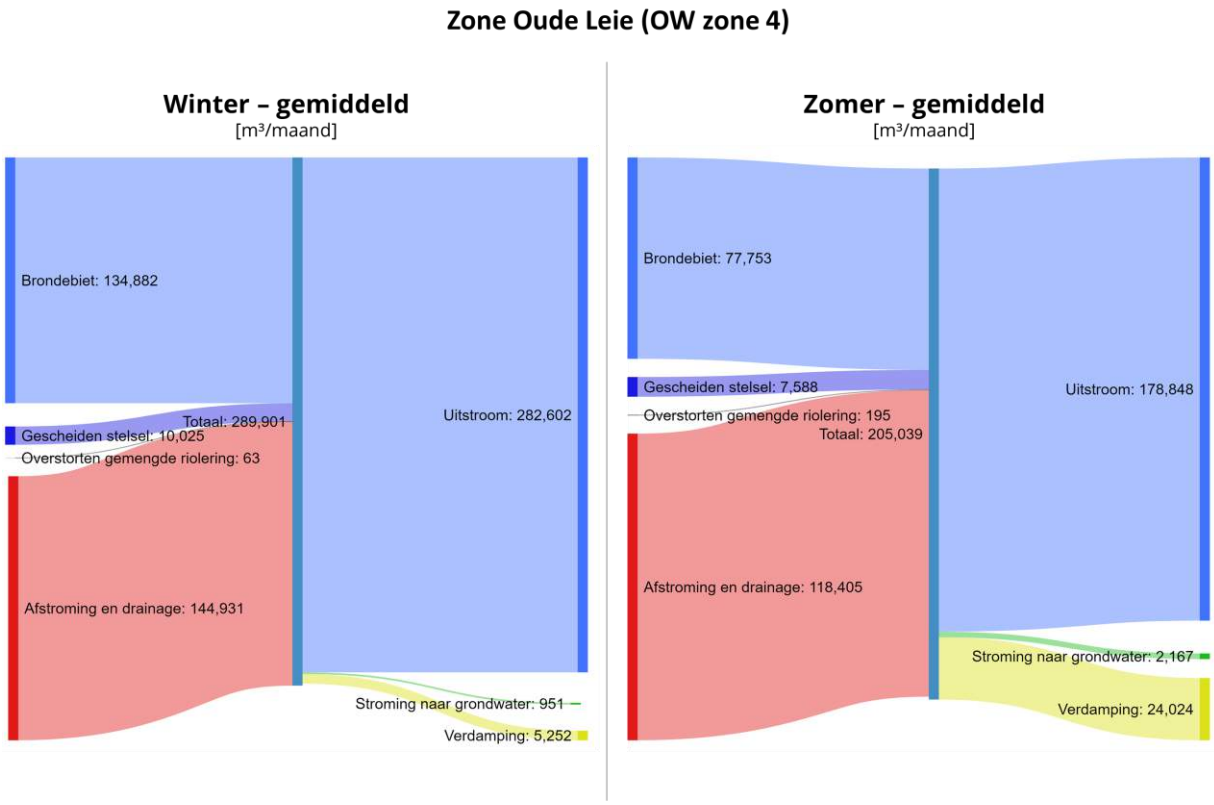
Figuur 94: In- en uitstromen (m³/maand) voor alle onbevaarbare oppervlaktewateren op grondgebied Gent in een "gemiddelde" wintermaand.



Figuur 95: In- en uitstromen (m³/maand) voor alle onbevaarbare oppervlaktewateren op grondgebied Gent in een "gemiddelde" zomermaand.

De paragrafen hieronder bespreken eerst de inkomende stromen, gevolgd door de uitgaande stromen. Tot slot wordt ingegaan op de individuele zomerperiodes van 1976, 2016 en 2018. De jaren 1976 en 2018 waren uitzonderlijk droog, en behoren tot de droogste zomers van de afgelopen 50 jaar (zie ook de bespreking van de meteorologische droogte-indicatoren in §3.3). De zomer van 2016 is een voorbeeld van een recente "nattere" zomer.

Uit bovenstaande stroomdiagrammen is af te leiden dat de opwaartse brondebieten die afkomstig zijn van buiten Gent ("Brondebiet") in totaliteit beperkt zijn, en variëren tussen grootteorde 180.000 en 320.000 m³/maand in een *gemiddelde* zomer- en wintermaand respectievelijk. In droge periodes kunnen de instromende debieten dus zeer sterk terugvallen (zie ook Figuur 98 voor enkele droge historische zomers), terwijl in natte periodes vanzelfsprekend veel grotere instromen te verwachten zijn. Over de verschillende deelstroomgebieden van de oppervlaktewaters zijn echter wel grote verschillen waarneembaar in het aandeel van de opwaartse brondebieten t.o.v. de totale stroom. In het gebied van Sint-Denijs-Westrem (OW-zone 1) is er bijvoorbeeld de instroom van de Scheidbeek, en in de zone rond de Oude Leie (OW-zone 4) is er de Duivebeek/Rosdambeek. Voor die deelgebieden is de opwaartse instroom uiteraard van groot belang. Figuur 96 toont ter illustratie de massabalans van OW-zone 4 (het gebied rond de Oude Leie; zie ook Figuur 91 voor een kartering van de zones op p. 108). Voor die zone vormt het opwaarts brondebiet van de Duivebeek/Rosdambeek ongeveer de helft van het totaal debiet in de oppervlaktewaters in die zone in wintermaanden. In de zomermaanden valt het debiet vanzelfsprekend terug, en wordt het relatief aandeel van lokale grondwaterdrainage belangrijker. Ook verdampt er dan meer water uit de lopen zoals te zien is in de stroomdiagrammen.



Figuur 96: In- en uitstromen (m³/maand) voor onbevaarbare oppervlaktewateren in OW-zone 4 (Oude Leie) voor een "gemiddelde" winter- (links) en zomermaand (rechts).

Daarnaast vormt "Afstroming en drainage" een belangrijke bron voor de onbevaarbare oppervlaktewaters in Gent. Dit is globaal beschouwd de belangrijkste bron in de meeste deelstroomgebieden in Gent voor de onbevaarbare oppervlaktewaters (behalve voor de zones waar opwaartse instroom is, zoals de zone rond de Oude Leie en Sint-Denijs-Westrem/Zwijnaarde; en ter hoogte van de effluentuitstroom van de RWZI Gent-Drongen). "Drainage" wordt hierbij gedefinieerd als de stroming via de bodem van grondwater naar oppervlaktewaters, en "afstroming" is de oppervlakkige afstroming naar de waterlopen. De gemiddelde volumes die via de oppervlakte afstromen en vanuit het grondwater (op natuurlijke wijze) gedraineerd worden naar de waterlopen bedragen grootteorde 1,8 tot 2 miljoen m³/maand. De gedraineerde volumes nemen vanzelfsprekend toe in de maanden met hogere grondwaterstanden. Aangezien de hoogste grondwaterstanden typisch verwacht worden in maart-april, zijn deze schommelingen niet zichtbaar in de Sankey-figuren: de grens tussen de hydrologische winter en zomer valt net samen met de hoogste en laagste te verwachten grondwaterpeilen.

Drainage en afstroming zijn "lokale" bronnen van water. Voor de waterstand en –kwaliteit van veel onbevaarbare oppervlaktewaters zijn het dus vooral lokale ingrepen op grondgebied Gent die een verschil kunnen maken, zoals bijvoorbeeld het plaatsen van stuwen of het voorzien van meanders. Voor gebieden waar een opwaartse instroom belangrijk is (bijvoorbeeld via de Duivebeek/Rosdambeek, de Scheidbeek, etc.) spelen ook ingrepen stroomopwaarts een rol in de lokale waterhuishouding.

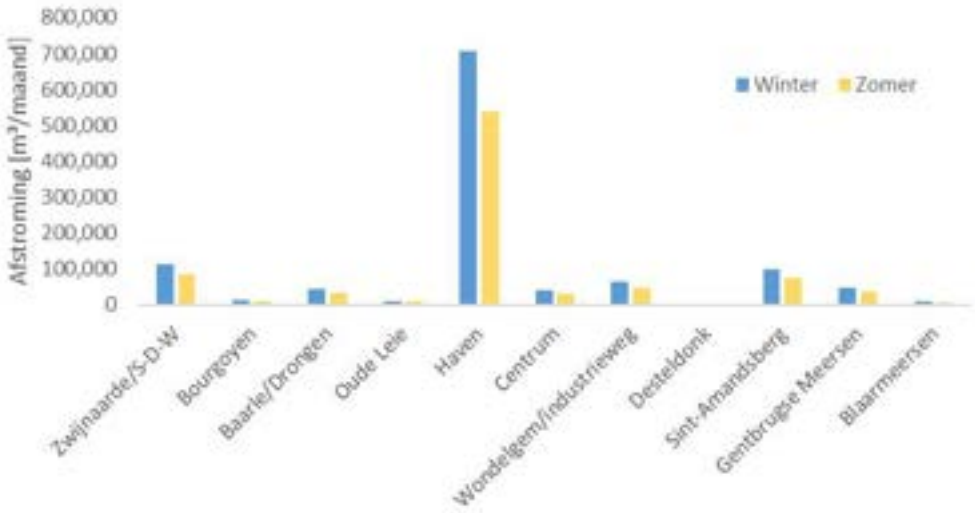
Op niveau van gans Gent vormt ook het effluent van de RWZI van Gent (Drongen) een belangrijke instroom naar de oppervlaktewaters. Jaarrond is er ongeveer een te verwachten effluentuitstroom van circa 1,9 miljoen m³/maand. De RWZI effluenten komen terecht in een kleine en onbevaarbare effluentgracht langs de Drongensesteenweg die op haar beurt afwatert naar de Ringvaart. Daarnaast is er een "nood"-overstortconstructie voorzien op de Oude Leiearm waarlangs een deel van het effluent kan worden geloosd in periodes met hoge waterstand of bij hoge debieten in het

afvoerkanaal naar de Ringvaart. Deze noodoverstortconstructie werd niet opgenomen in het model. Het massabalansmodel simuleert bijgevolg altijd dat het effluent terechtkomt in de onbevaarbare effluentgracht. Hoewel het effluentwater ogenschijnlijk een zeer grote waterbron vormt voor de onbevaarbare waterlopen, zal al het effluentwater quasi ogenblikkelijk via de effluentgracht terechtkomen in de bevaarbare waterlopen. Het effluentwater van de RWZI heeft dus amper een nuttige bijdrage in het verhelpen van watertekorten in de onbevaarbare waterlopen. De getoonde massabalansen bevatten daarom het RWZI effluent niet, maar deze werden wel geïmplementeerd in het model.

Verder vormt de afstroming via gescheiden stelsels een directe afstroming naar oppervlaktewaters een belangrijke bron voor de (vooral bevaarbare) waterlopen in zones waar dergelijk gescheiden stelsel aangelegd is. Op niveau van gans Gent wordt gesimuleerd dat er zo'n 850.000 tot 1.1 miljoen m³/maand in een gemiddelde zomer- en wintermaand wordt afgevoerd via gescheiden stelsels of quasi direct terechtkomt in de waterlopen. Figuur 97 toont de verdeling van de afstroom van gescheiden stelsels per deelstroomgebied van de onbevaarbare oppervlaktewaters. Hieruit blijkt dat de afstroming van gescheiden stelsels en de quasi directe afstroming van verharding naar oppervlaktewaters in hoofdzaak gerealiseerd in het havengebied.

In de overige deelstroomgebieden is de bijdrage van gescheiden stelsels aan de massabalans klein of minimaal.

De afstroming in het havengebied naar waterlopen gebeurt quasi volledig naar het Kanaal Gent-Terneuzen. Hoewel de volumes in vergelijking met de rest van het grondgebied groot zijn, is de impact op de ontvangende waterloop relatief beperkt. In een gemiddelde zomermaand bedraagt de afstroming richting het Kanaal Gent-Terneuzen ongeveer 500.000 m³. In een droge zomer zoals die van 2018 viel dat volume terug tot 380.000 m³/maand (gemiddeld over de ganse hydrologische zomer). Om verzilting te beperken, werd ingeschat dat een debiet van 13 m³/s nodig is op het Kanaal Gent-Terneuzen (zie ook §6.5). Dit komt overeen met ongeveer 33,7 miljoen m³/maand. Bijgevolg is de bijdrage aan deze doelstelling beperkt tot grootteorde 1 à 2%.



Figuur 97: Afstroming vanuit gescheiden stelsels en verharding die quasi direct afstroomt naar oppervlaktewaters (per OW-zone).

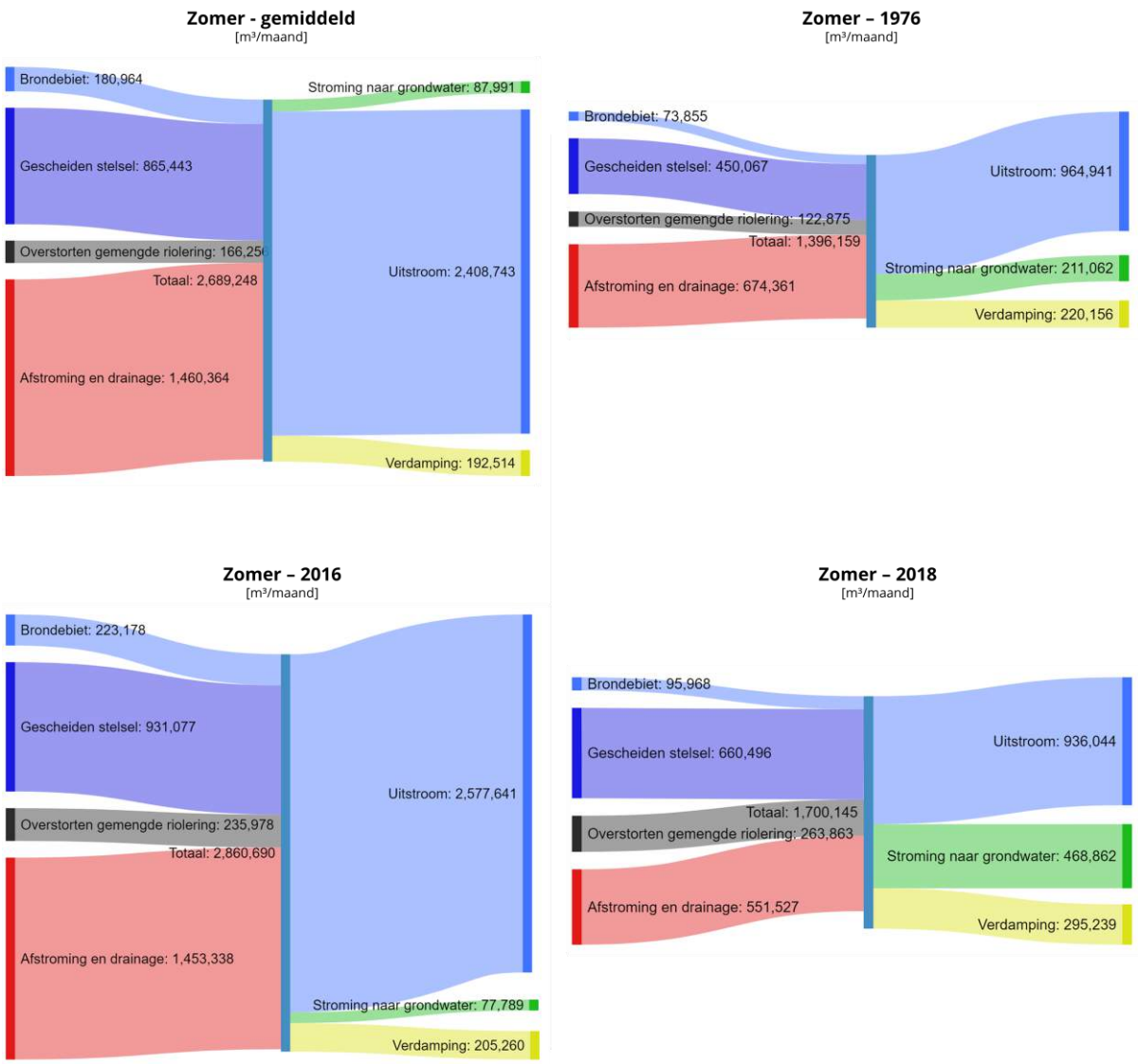
Tot slot vormen de overstorten van gemengde riolering een (weliswaar ongewenste) bron voor de onbevaarbare waterlopen. De gemengde riolering heeft vanzelfsprekend een beperkte afvoercapaciteit. Huidige rioleringsstelsels worden zodanig ontworpen dat er ongeveer 7 tot 10 keer per jaar een overstorting optreedt naar de nabije oppervlaktewaters. Tijdens zo'n overstort komt er dus (vervuild) rioleringswater terecht in de oppervlaktewaters. Het massabalansmodel simuleert dat

er gemiddeld op die manier zo'n grootteorde 100.000 tot 150.000 m³ water terecht komt in de oppervlaktewaters per maand.

Aan de uitgaande kant is vanzelfsprekend vooral de "uitstroom" naar (bevaarbare en onbevaarbare) waterlopen de grootste stroom. De simulaties geven aan dat er gemiddeld zo'n grootteorde 4,7 (zomer) tot 5,3 miljoen m³ (winter) per maand wegstroomt via deze onbevaarbare oppervlaktewaters en zo dus "verdwijnt" uit het systeem. De verdamping uit de onbevaarbare waterlopen is relatief beperkt in deze optiek: zo'n 40.000 m³/maand in de winterperiode, en grootteorde 200.000 m³/maand in de zomer. Tot slot vindt er soms ook een stroming plaats vanuit de oppervlaktewaters naar het grondwater. Dit treedt op wanneer de grondwaterpeilen lager liggen dan het peil in de waterloop. De modelsimulaties geven aan dat dergelijke grondwatervoeding zeer beperkt is (grootteorde 10.000 tot 15.000 m³/maand), zeker in vergelijking met de drainage van grondwater naar de oppervlaktewaters. Deze cijfers moeten met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden en zijn zeker niet als exact te beschouwen. Voor meer onderbouwde cijfers zijn bijkomende grondwatermetingen nodig, en/of een zeer gedetailleerd lokaal grondwatermodel.

Voorgaande stroomdiagrammen tonen "gemiddelde" situaties voor hydrologische zomers en winters. Om meer inzicht te geven in de massabalans tijdens extremere periodes, tonen onderstaande figuren de massabalansen van de hydrologische zomers 1976, 2016 en 2018. De zomers van 1976 en 2018 zijn enkele van de meest extreme zomers van de afgelopen 50 jaar (zie ook de bespreking van de meteorologische droogte-indicatoren §3.3) De zomer van 2016 is een recentere natte zomer. Onderstaande figuur toont alle onbevaarbare oppervlaktewaters tezamen voor de gemiddelde hydrologische zomer (berekend over de periode 1920-2019) en de geselecteerde individuele zomers.

Het RWZI debiet blijft logischerwijs min of meer constant. Dit debiet is immers minder gedreven door meteorologische droogte (neerslagtekorten), maar wordt ook gekenmerkt door droogweerafvoer (stadswater, en (onbedoelde) drainage van grondwater). Enkel in 1976 wordt een merkbare terugval gesimuleerd, wat veroorzaakt werd door zeer weinig neerslag in de zomer van 1976. In de hydrologische zomerperiode van 2018 viel bijvoorbeeld nog altijd meer neerslag dan in de hydrologische zomer va 1976. Dit is ook te zien aan de gesimuleerde afvoer van gescheiden stelsels. Wel was de neerslag meer extreem in 2018, wat leidde tot een grotere verhouding van rioleringsoverstorten versus afvoer via de riolering tot bij de RWZI. Hoewel de zomer van 2018 dus natter was dan die van 1976, zijn de massabalansen van 2018 toch extremer vanuit een droogteperspectief. Zo is het duidelijk dat de voeding van waterlopen vanuit grondwater ("Afstroming en drainage") zeer sterk teruggevallen is doordat ook 2017 al een droog jaar was. De grondwaterstanden waren daardoor bij aanvang van 2018 reeds lager dan normaal. Dit wordt ook uitgebreider besproken in §5.4 bij de analyse van de gesimuleerde grondwaterpeilen, maar manifesteert zich hier ook in een beperktere voeding. Er is zelfs te zien dat voeding van het grondwater vanuit de oppervlaktewaters gesimuleerd wordt op verschillende plaatsen in Gent tijdens de zomer van 2018 ("Stroming naar grondwater"). Dit wijst erop dat de grondwaterstanden lager kwamen te liggen dan de oppervlaktewaters. Doordat sommige oppervlaktewaters opgestuwd worden en instroom van opwaarts ontvangen, kan het grondwater op die manier (beperkt en enkel lokaal) gevoed worden. Dit toont vooral de extremiteit van de droogtetoestand. Er zijn te weinig validatiedata voorhanden om de gesimuleerde cijfers zeer grondig te valideren, maar alleszins is wel duidelijk dat (relatief gezien over de simulatie) 2018 alleszins de meest extreme droogteperiode betrof voor de oppervlaktewaters uit de simulatie van 1920-2019.

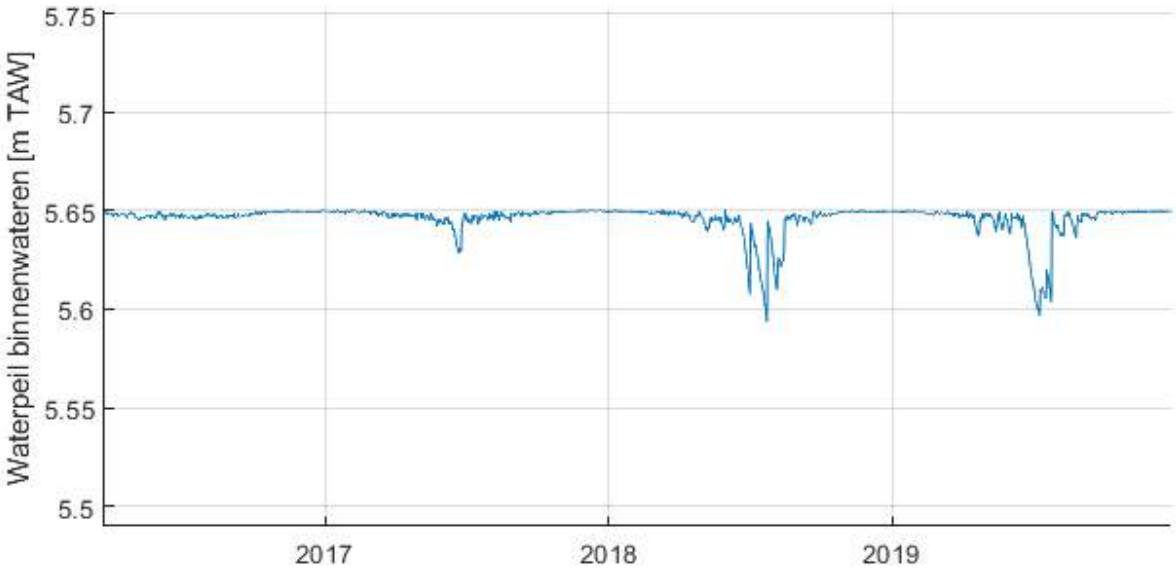


Figuur 98: Vergelijking van de massabalansen tijdens hydrologische zomers: gemiddeld (linksboven), 1976 (rechtsboven), 2016 (linksonder) en 2018 (rechtsonder). Opgelet, de schalen in de figuur zijn verschillend.

De **bevaarbare waterlopen** worden quasi volledig gevoed door een opwaartse instroom vanuit het Leie- en Scheldebekken. De werking van de oppervlaktewaters werd eerder uitgebreid beschreven in §2.1.2. De instroom vanuit de Leie en Schelde is hierbij de belangrijkste stroom, die vervolgens verder verdeeld wordt naar onder andere de Ringvaart, het Kanaal Gent-Oostende, het Kanaal Gent-Terneuzen en de binnenwateren van Gent. De precieze verdeling wordt bepaald op basis van een zeer groot aantal indicatoren, zoals de ogenblikkelijke waterstanden langs deze verschillende kanalen en waterkwaliteitsaspecten. Deze indicatoren omvatten gans Vlaanderen, en zelfs gedeeltelijk Frankijk (zoals de aanvoer). Het was daarom niet mogelijk om de randvoorwaarden voor de ganse 100-jarige periode (1920-2019) in kaart te brengen in het kader van deze studie. Daarom werden de bevaarbare waterlopen onderverdeeld in 2 delen en apart beschouwd: de bevaarbare binnenwateren van Gent, en de overige (zie ook de verdeling in Figuur 90 bij de beschrijving van het massabalansmodel). Voor de bevaarbare binnenwateren van Gent werd wel een 100-jarige simulatie uitgevoerd, waarbij echter verondersteld werd dat er geen invoer vanuit de Ringvaart mogelijk is tijdens periodes van uitzonderlijke droogte. Dit lijkt een veilige aanname te zijn om de gevoeligheid voor watertekorten van de bevaarbare binnenwateren in Gent te evalueren. Normaliter worden immers de

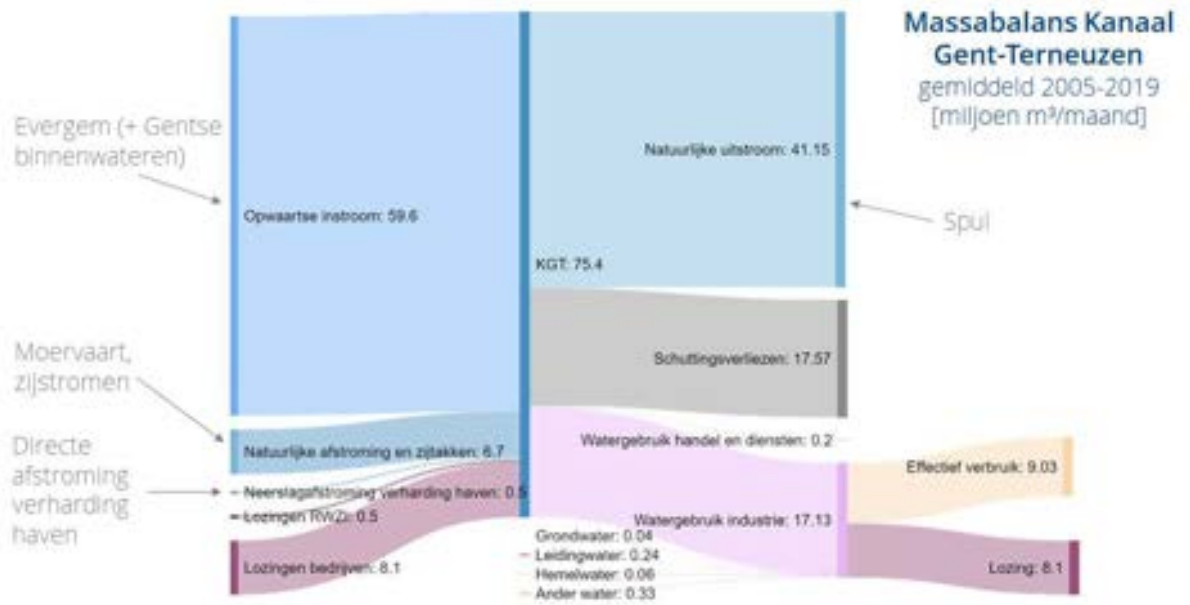
binnenwateren (continu) gevoed vanuit de Ringvaart. Door te veronderstellen dat dergelijke voeding niet mogelijk is, kan het potentieel van de binnenwateren om zelf op peil te blijven bij periodes van droogte onderzocht worden. Figuur 99 toont het gesimuleerd waterpeil op de Gentse binnenwateren voor de periode van 2016 tot en met 2019. Uit de 100-jarige simulatie (1920 tot 2019) bleek het waterpeil in de Gentse binnenwateren slechts tijdens 6 hydrologische zomers significant terug te vallen: 1921, 1922, 1923, 2017, 2018 en 2019. In alle andere periodes werd het streefpeil gehandhaafd in de simulatie, wat erop wijst dat de grondwaterpeilen voldoende hoog boven dit streefpeil van de oppervlaktewaters bleven, en op die manier zorgden voor een (netto) voeding. Lokaal kan het grondwaterpeil zeker wegzakken tot onder de oppervlaktewaters, maar over de ganse zone beschouwd blijft de instroom vanuit het grondwater naar de oppervlaktewaters dan groter. Tijdens 1921 (een van de meest extreme droge jaren van de afgelopen eeuw) viel het grondwaterpeil in de simulatie echter sterk terug, en was het grondpeil nog niet hersteld tot het normaal peil in 1922 en 1923. Daarom werden in die jaren nog lagere voedingen vanuit het grondwater naar de oppervlaktewaters gesimuleerd, met een waterdaling in de oppervlaktewaters als gevolg. Ook in de periodes 2017, 2018 en 2019 zakte het gesimuleerd grondwaterpeil weg, waardoor de voeding naar het oppervlaktewater verminderde. Ook dit zorgde voor het niet kunnen handhaven van het streefpeil in de simulaties. In 1976 werd geen significante terugval gesimuleerd. Dit omdat vooral in de jaren ervoor nog voldoende neerslag was gevallen om een grondwaterreserve op te bouwen.

Merk op dat deze simulaties niet één-op-één vergeleken kunnen worden met wat zich in realiteit afspeelde. In de praktijk zal men immers de binnenwaters voeden met water vanuit de Ringvaart, en stromen de binnenwateren (deels) af naar het Handelsdok om zo naar het Kanaal Gent-Terneuzen verder te stromen. Deze verbindingen werden bewust uitgeschakeld in het massabalansmodel als "stress-test" voor periodes van extreme droogte. Hoewel een directe validatie niet mogelijk is, kan hieruit wel geconcludeerd worden dat vooral de laatste jaren (2017-heden) uitzonderlijk zijn op vlak van droogte voor de bevaarbare oppervlaktewaters. Bovendien kan voorzichtig geconcludeerd worden dat de grondwatervoeding relatief stabiel is naar de bevaarbare binnenwaters in het huidig klimaat. Het (gedeeltelijk) droogvallen van de binnenwaters is bijgevolg heel onwaarschijnlijk, zelfs indien er geen voeding mogelijk is vanuit de Ringvaart. Echter, het volledig afsluiten van de binnenwaters van de omgeving gedurende dergelijke lange periodes is niet wenselijk omwille van waterkwaliteitsredenen. Zo zou bijvoorbeeld vervuiling van (gemengde) rioleringsoverstorten accumuleren met een nefaste impact op waterkwaliteit en het aquatisch leven.



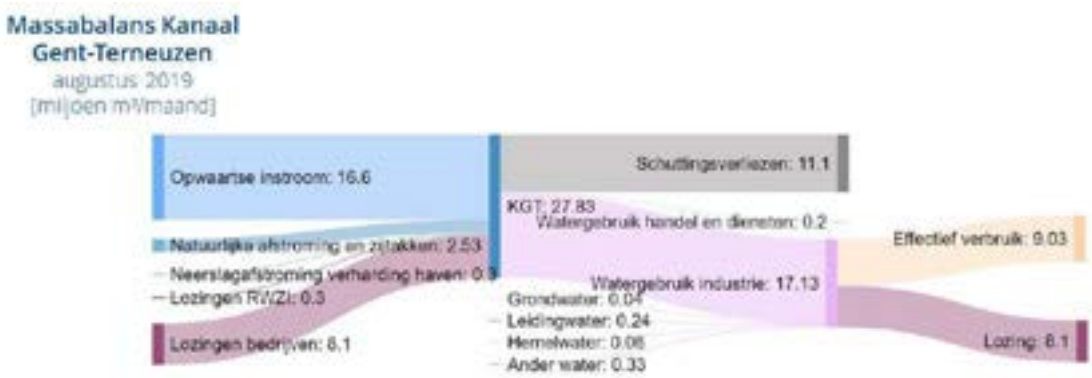
Figuur 99: Gesimuleerde peilen op de Gentse binnenwateren.

Tot slot werd ook de massabalans gesimuleerd van **het Kanaal Gent-Terneuzen**. Voor dit kanaal kon er geen 100-jarige simulatie uitgevoerd worden, omdat de randvoorwaarden die de voeding van het kanaal bepalen (zoals het knooppunt in Evergem) niet bepaald konden worden voor zo'n lange periode. In plaats daarvan werd een simulatie uitgevoerd van 2005 tot en met 2019. Figuur 100 toont de gemiddelde maandelijkse volumes per inkomende en uitgaande stroom. Op vlak van **inkomende stromen** is de opwaartse instroom vanuit Evergem (en de Gentse binnenwateren) veruit het grootste. De gemiddelde maandelijkse instroom bedraagt grootteorde 60 miljoen m³. De tweede grootste bron is de natuurlijke afstroming van o.a. de Moervaart, Avrijevaart, Burggravenstroom, Caelene (Nieuwe Kale) en andere. De lozingen van bedrijven omvatten een groter maandelijks volume, maar deze zijn quasi allen eerst onttrokken uit het kanaal. Deze kunnen dus niet beschouwd worden als een netto bron. De neerslagafstroming van verharding en effluentstroom van een RWZI zijn beperkt, elk circa 0.5 miljoen m³ in een gemiddelde maand. Op vlak van **uitgaande stromen** is in een gemiddelde maand de natuurlijke uitstroom, het "spuivolume" het grootst: circa 40 miljoen m³/maand. De schuttingsverliezen ten gevolge van scheepvaart en versassingen is het 2de grootste netto verbruik, met grootteorde 18 miljoen m³/maand. Het watergebruik door industrie bedraagt ongeveer 17 miljoen m³/maand, maar dit water wordt niet allen "verbruikt". Net iets meer dan de helft zou verbruikt worden, en ongeveer een 8 miljoen m³ wordt terug geloosd op het kanaal. De captaties door industrie uit het kanaal zijn wellicht een grootteorde groter dan alle andere gebruikte waterbronnen tezamen (grondwater, leidingwater, hemelwater en ander water).



Figuur 100: Resultaten massabalansmodel van het Kanaal Gent-Terneuzen voor de periode 2005 – 2019.

Figuur 101 toont de resultaten van het massabalansmodel van het Kanaal Gent-Terneuzen voor de **maand augustus 2019**. Dit was een periode met significante watertekorten, waardoor o.a. ook diepvaartbeperkingen van kracht waren (zie ook §2.1.1). De zeer sterk verminderde inkomende (en uitgaande) stromen ten opzichte van de gemiddelde situatie in de figuur hierboven springen in het oog. De opwaartse instroom daalde met ongeveer 75% tot 16.6 miljoen m³/maand. Ook andere inkomende bronnen namen af. De inkomende debieten zijn te beperkt om de gewenste uitgaande stromen (op vlak van captaties en schuttingen) te realiseren. Het model bevestigt dus dat er inderdaad tekorten waren, en er beperkingen op watergebruik van kracht geweest moeten zijn. Door gegroepeerd te schutten kunnen de schuttingsverliezen beperkt worden, met echter economische gevolgen door langere wachttijden voor de scheepvaart.



Figuur 101: Resultaten massabalansmodel van het Kanaal Gent-Terneuzen voor augustus 2019. In deze periode zijn er significante watertekorten opgetreden.

Er werden geen modelsimulaties uitgevoerd voor het toekomstig klimaat. Het bleek immers niet mogelijk om het hydrologisch en hydraulisch gedrag van alle randvoorwaarden die de waterbeschikbaarheid van het kanaal bepalen te kwantificeren voor het toekomstig klimaat. Hiervoor is een grootschaliger model nodig, evenals bijkomend onderzoek. Verwacht wordt dat de situatie zoals in 2019 zich in de toekomst vaker zal voordoen.

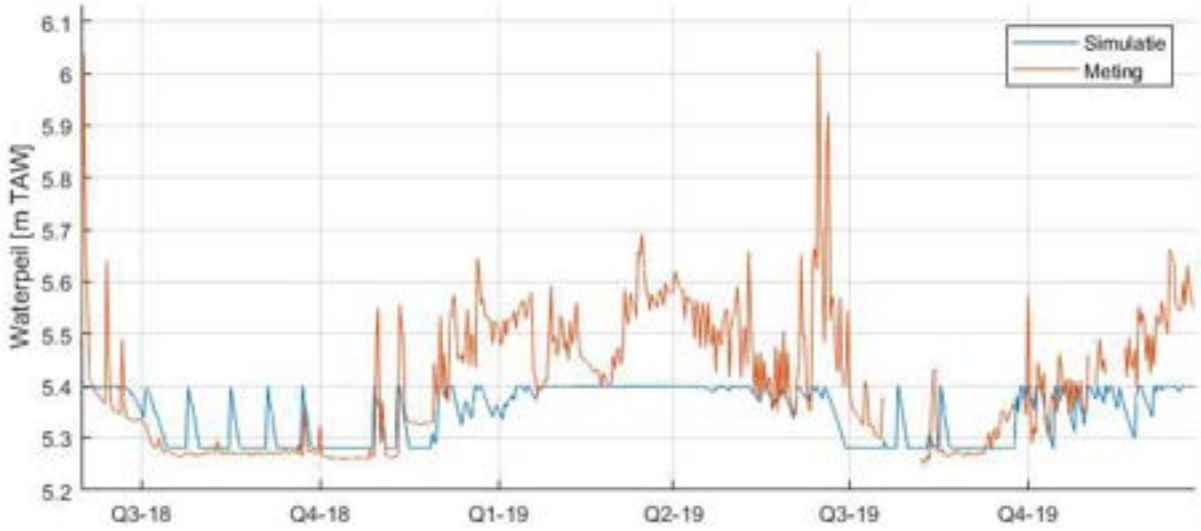
5.3.2 Validatie aan metingen

Deze paragraaf poogt de simulatieresultaten van de oppervlaktewaters van het massabalansmodel te valideren aan beschikbare data.

De gemeten peilen op de Ledebeek (in Destelbergen, dus net afwaarts van het model) tonen dat de Ledebeek geregeld volledig droogvalt. Dit werd ook bevestigd door de Vlaamse Milieumaatschappij, die waterbeheerder is van de Ledebeek, en besproken bij Figuur 68 en Figuur 69 (p. 76). De waterpeilen van de Ledebeek werden ook gesimuleerd in het massabalansmodel (als onderdeel van OW-zone 9), en vergeleken met de metingen in Figuur 102. Ook het massabalansmodel simuleert langere periodes van totale droogval in onder andere 2018 en 2019, wat op hoofdlijnen overeenkomt met de metingen. Deze droogval wordt veroorzaakt doordat de verdamping en drainage van oppervlaktewater naar het grondwater in die periodes groter is dan de aanvoer (en dus bovendien het grondwaterpeil lager staat dan de oppervlaktewaters). Deze processen lijken dus op hoofdlijnen goed vervat in het model.

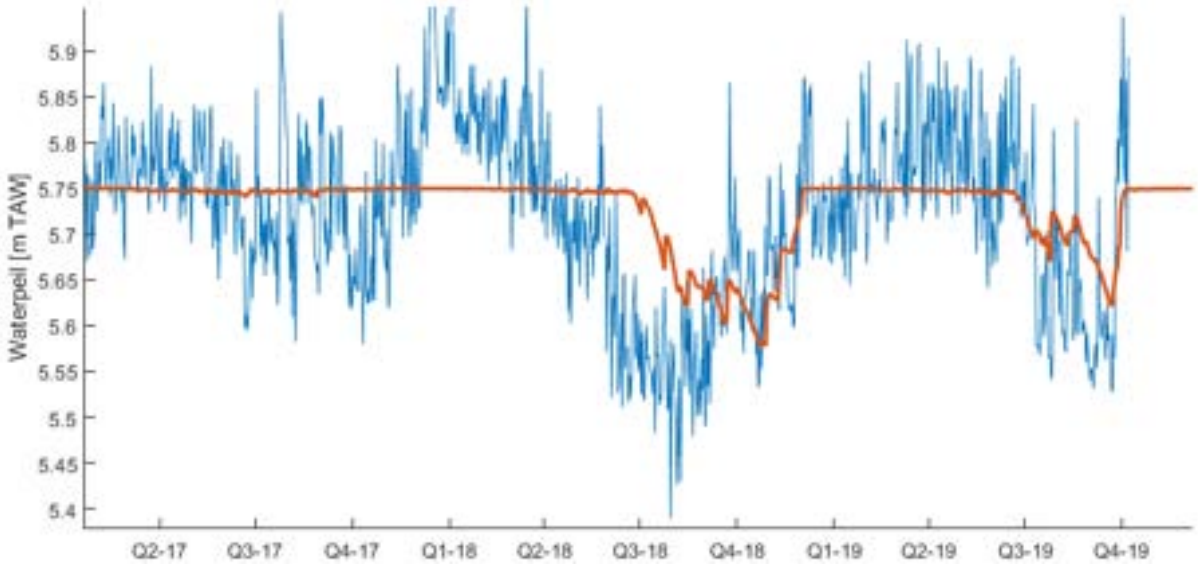
Het model simuleert daarnaast nog enkele piekafvoeren tijdens deze periodes van droogval, terwijl deze in de metingen minder vaak terugkomen. Deze piekafvoeren worden veroorzaakt door zeer hevige maar kortdurende buien. De afwijking tussen het model en de meting kan verklaard worden doordat enerzijds de meteoreeks van Ukkel gebruikt wordt en niet de lokale tijdreeks (en in realiteit deze piekbuien dus niet voorkwamen, aangezien die zeer lokaal kunnen zijn), en anderzijds doordat het model de respons van het watersysteem overschat. De precieze oorzaak van dergelijke overschatting in het model kan van verschillende processen komen: zo kunnen de rioleringsoverstorten, de directe afstroming over land bij hevige buien of de aanvoer van een gescheiden stelsel naar de Ledebeek overschat zijn. De precieze oorzaak is zonder bijkomende metingen echter niet te achterhalen. Om overparameterisatie van het model te vermijden werd het model dan ook niet verder verfijnd. Daarnaast valt zeer duidelijk op dat de waterhoogten van het simulatiemodel niet hoger uitkomen dan 5.4 m TAW, terwijl in realiteit het peil zeker in de winter langdurig hoger staat. Dit komt omdat er in het model een artificieel streefpeil voor deze loop geïmplementeerd werd van 5.4 m TAW. Doordat er geen gegevens beschikbaar zijn om het model te kalibreren, werd in het model een overlaat op deze hoogte geïmplementeerd. Al het water boven dit peil stort bijgevolg ogenblikkelijk over in de simulaties. Dit is vanzelfsprekend een vereenvoudiging van de realiteit, maar de verwachte impact hiervan is eerder beperkt. Het zijn immers vooral de droge

periodes die verder geanalyseerd worden, en niet de periodes met hogere waterstanden. De belangrijkste onnauwkeurigheid die hierdoor geïntroduceerd wordt is een iets te hoge ingeschatte drainage van grondwater tijdens natte periodes.



Figuur 102: Vergelijking van de gesimuleerde waterpeilen van de Ledebeek (blauw) versus de metingen (oranje).

Verder zijn er vanaf april 2014 ook metingen aangeleverd door de Provincie Oost-Vlaanderen van de Rosdambeek (o.a. ter hoogte van Afsnee aan het pompstation). De metingen vertonen in de zomer van 2018 en 2019 een daling van het waterpeil tot onder het streefpeil. In 2018 werd een daling genoteerd van ongeveer 20 cm (uitgemiddeld over een tijdsvenster van 2 weken), en in 2019 ongeveer 15 cm. Ook het massabalans simuleert dalingen in die periodes, maar onderschat de meetresultaten. In 2018 treedt de daling in het massabalansmodel te laat op, maar in 2019 komt de daling wel overeen met de waarnemingen. Ook is de terugval in waterpeil voor beide periodes iets onderschat. In 2017 was er amper een terugval waarneembaar in de metingen, en ook in het massabalansmodel is de terugval uiterst beperkt (maar zit in een evenwichtstoestand waarbij er nét geen daling plaatsvond). Om overparameterisatie van het massabalansmodel te vermijden werd het model niet verder verfijnd aan deze metingen. Er zijn immers verschillende mogelijke oorzaken die de te beperkte terugval kunnen verklaren. Over het algemeen toont deze validatie echter wel dat het massabalansmodel erin slaagt om eenzelfde dynamiek te simuleren als de waarnemingen.



Figuur 103: Rosdambeek: metingen (blauw) en modelsimulatie (oranje) voor 2017 tot en met 2019..

Tot slot kan de grootte van de RWZI uitstroom van Gent-Drongen gevalideerd worden. De 50-percentiel van de gemeten RWZI effluenten bedraagt 65.000 m³/dag. Dit cijfer werd afgeleid op basis van een langjarige meetreeks van het effluent van de RWZI. Dit cijfer kan dus beschouwd worden als de gemiddelde dagelijkse instroom, en komt overeen met een gemiddelde maandelijks debiet van 1,978 miljoen m³. Dit cijfer ligt zeer dicht tegen de gesimuleerde waarden in het massabalansmodel (1,85 miljoen m³/maand in de winter, en 1,9 miljoen m³/maand in de zomer). Het massabalansmodel rekent met een droogweerafvoer en een benaderend parasitair debiet die beiden uit dezelfde effluentmeetreeks werden afgeleid, aangevuld met de gesimuleerde neerslagafvoer. De zeer goede overeenkomst bevestigt dat de grootteorde van de neerslagafvoer correct is, en dus de aannames rond verbonden verharding met de riolering en de veronderstelde verliesfactoren eveneens in de juiste grootteorde zijn.

5.3.3 Toekomstig klimaat (2050)

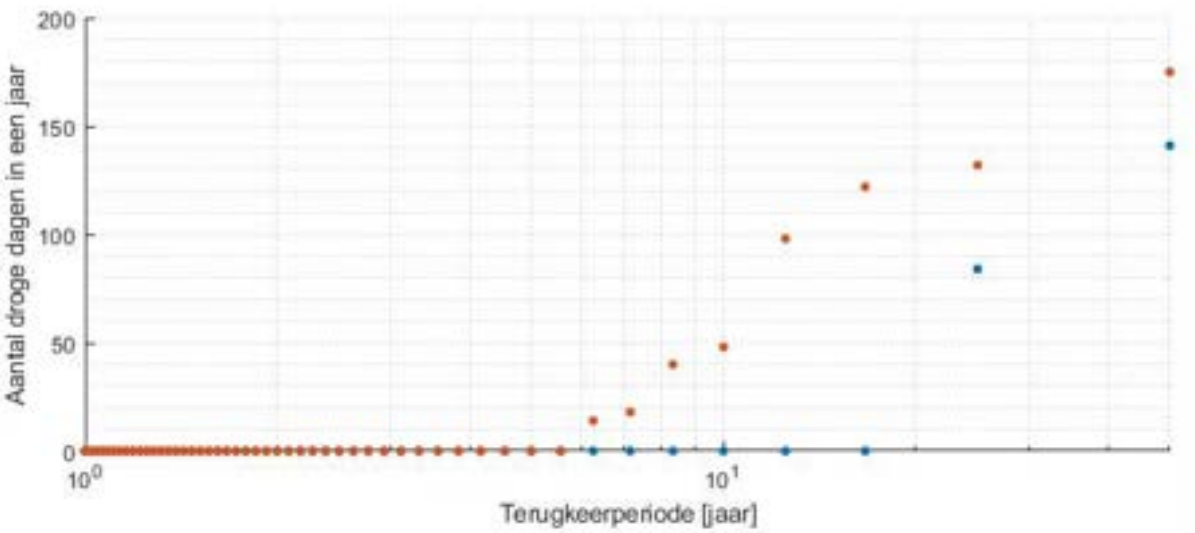
Deze paragraaf beschrijft de simulatieresultaten voor het toekomstig klimaat met tijdshorizon 2050. De beschouwde klimaatscenario's gaan uit van een hoge impact op waterbeschikbaarheid. Met grote waarschijnlijk zal de reële klimaatverandering zich bijgevolg situeren tussen de resultaten zoals gerapporteerd onder het "historisch klimaat" (1920-2019) en de hier getoonde resultaten met klimaatverandering. Voor meer informatie over deze klimaatscenario's wordt verwezen naar §5.2.

Error! Reference source not found.Error! Reference source not found. toont de massastromen na klimaatverandering voor een gemiddelde hydrologische winter- en zomermaand. In de wintermaanden valt vooral de zeer sterke daling van de voeding vanuit het grondwater naar de oppervlaktewaters op: in het historisch klimaat stroomde er in een gemiddelde wintermaand nog zo'n grootteorde 1,83 miljoen m³ per maand naar de oppervlaktewaters, maar in het toekomstig klimaat is dat nog slechts grootteorde 1,2 miljoen m³ per maand. Dit is een afname van de structurele voeding van waterlopen van bijna 35%. Deze afname is te wijten doordat meer neerslag in de winter nodig zal zijn om de grondwaterreserves (die in het toekomstig klimaat nog sterker afnemen in de zomer) terug aan te vullen. Het massabalansmodel simuleert bijgevolg dat een grotere fractie van het hemelwater fungeert als aanvulling op de grondwaterstanden, en er bijgevolg minder water beschikbaar is om de oppervlaktewaters te voeden. In de zomermaanden is de afname nog iets groter: van zo'n 1,46 miljoen m³ per maand naar grootteorde 0,94 miljoen m³ per maand in het toekomstig klimaat. Deze cijfers moeten niet als exact geïnterpreteerd worden, maar de relatieve afname is wel een zeer duidelijke te verwachten trend. Ook is de grootteorde van deze daling wel betrouwbaar, wat een indicatie geeft voor de te realiseren extra infiltratievolumes om deze verminderde voeding op te vangen. Gelijkaardig aan deze trends zijn de toename van de stroming vanuit de oppervlaktewaters naar het grondwater. Deze worden veroorzaakt door hogere oppervlaktewaterpeilen dan het omliggend grondwater. Al deze resultaten wijzen op een sterke en structurele daling van het grondwaterpeil tegen 2050 (zie ook verder §5.4 waar dit expliciet besproken wordt).

De afname van de uitstroom van gescheiden stelsels blijft relatief beperkt. Dit komt o.a. doordat de neerslag meer tijdens "piekbuien" zal vallen in de toekomst, waardoor bijvoorbeeld oppervlaktebergingsverliezen (plasvorming) iets kleiner worden. Dit is ook te zien in de gesimuleerde rioleringsoverstorten: deze nemen zowel in de winter als in de zomer toe doordat er meer extreme buien voorkomen. De brondebieten (de instroom vanuit opwaartse waterlopen) nemen af met grootteorde 10 à 15% ten opzichte van het huidig klimaat. Deze daling wordt veroorzaakt door een combinatie van minder neerslag en hogere verdamping. Belangrijk hierbij is om te vermelden dat dit om "gemiddelde" hoeveelheden gaat over de hydrologische winter- of zomerperiode. Periodes van droogte zullen vaker voorkomen, en dan kan de afname veel groter zijn. Tot slot neemt ook de verdamping toe met zo'n 15% in de zomermaanden.

In totaliteit verwachten we dat de debieten van de onbevaarbare oppervlaktewaters afnemen met gemiddeld zo'n 30% in de zomermaanden tegen 2050. Hierbij werd het RWZI effluent, dat relatief constant blijft en deze afname dus zou beperken, bewust niet meegerekend. Zoals eerder beschreven zal het RWZI effluent in de huidige toestand quasi onmiddellijk overstorten naar de bevaarbare waterlopen, en vormt dit geen structurele oplossing voor de droogteproblematiek van de onbevaarbare waterlopen. Deze 30% reductie houdt dan ook geen rekening met de voeding van de RWZI effluenten. Opnieuw moet opgemerkt worden dat deze 30% reductie een gemiddelde is. Er zullen veel vaker periodes van droogte optreden dan vandaag, en bovendien zullen er hierbij veel periodes zijn waarbij de afname van afvoerdebiet groter is dan deze 30%. Deze analyse toont alvast het belang aan van het maximaal vasthouden van water in de ondergrond, om zo vertraagd af te geven aan de oppervlaktewaters. Zonder ingrepen zouden de onbevaarbare waterlopen veel vaker droog komen te staan, met bovendien nefaste gevolgen voor de waterkwaliteit. Er zou grootteorde zo'n 700.000 m³/maand meer water "vastgehouden" moeten worden in de ondergrond om klimaatverandering op te vangen (dit is bijvoorbeeld ongeveer 35% van het RWZI effluent om dit tekort in perspectief te plaatsen). In de scenario-analyses worden oplossingsscenario's doorgerekend om dit trachten te realiseren.

Figuur 104 toont tot slot het aantal gesimuleerde dagen met een terugval van het waterpeil tot minstens 5 cm onder het streefpeil op de Rosdambeek, en dit voor een simulatie van 50 jaar voor het huidig en toekomstig klimaat. In het huidig klimaat zien we dat er 2 jaargangen zijn in de 50-jarige simulatie met dergelijke terugval. In het toekomstig klimaat (2050 hoge-impact klimaatscenario) is dat toegenomen tot 8 op de 5 jaar, oftewel ongeveer eens elke 6 jaar.

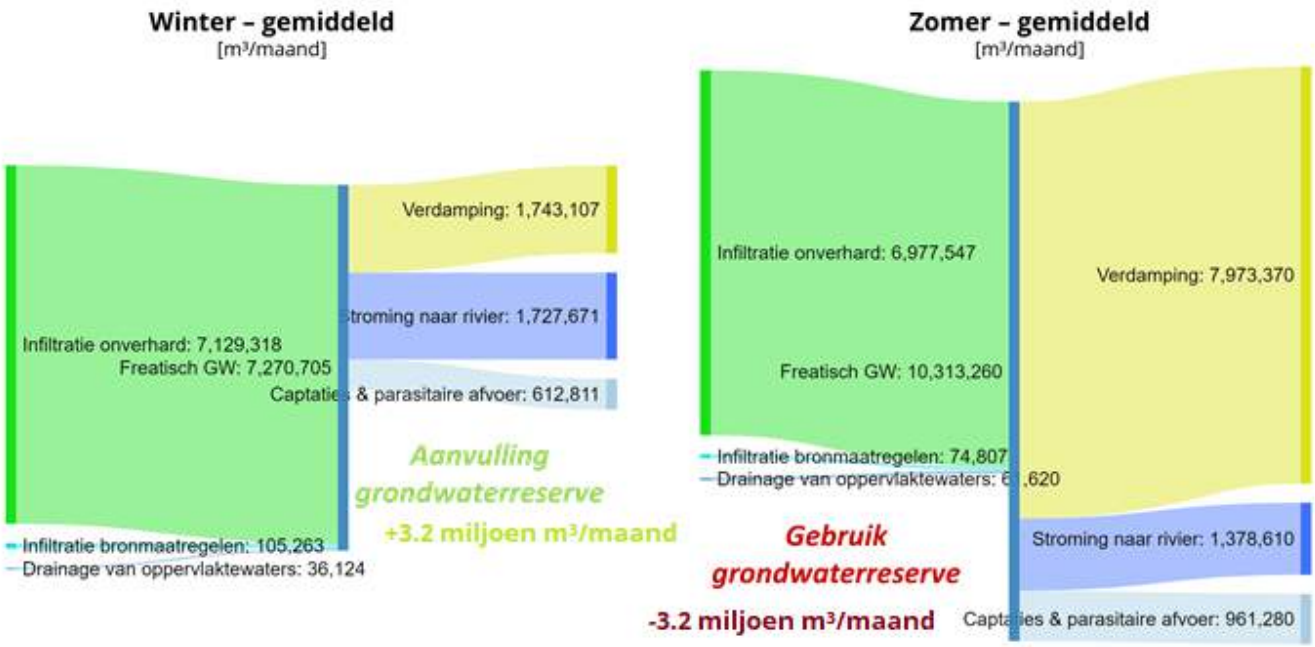


Figuur 104: Aantal "droge dagen" per jaar zoals gesimuleerd voor de Rosdambeek in het huidig (blauw) en toekomstig klimaat (2050; hoge impact; rode kleur). Een droge dag wordt hierbij gedefinieerd als een terugval tot minstens 5 cm onder het streefpeil.

5.4 Freatisch grondwater

5.4.1 Simulatie 1920-2019

Figuur 105 toont de massastromen van en naar het freatisch grondwater voor de historische simulatie van 1920-2019. Hierbij wordt het ganse freatisch (ondiep) grondwatersysteem beschouwd op grondgebied Gent.

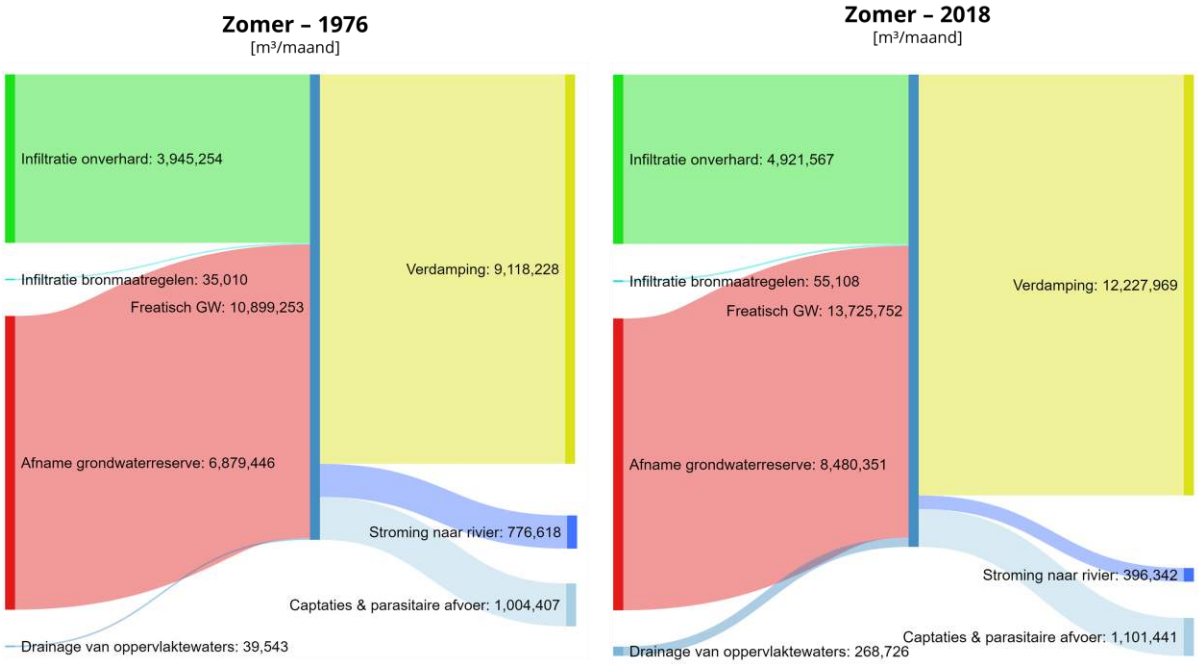


Figuur 105: In- en uitstromen (m³/maand) voor het freatisch grondwater op grondgebied Gent in een "gemiddelde" winter- en zomermaand voor het historisch klimaat (1920-2019).

Aan de inkomende zijde vormt logischerwijs de infiltratie van het regenwater dat op onverharde oppervlakken valt de belangrijkste inkomende bron om het grondwater te voeden. Dit is gemiddeld ongeveer een 7 miljoen m³/maand dat op die manier infiltreert. Infiltratie via bronmaatregelen vormt maar een zeer beperkt aandeel van de grondwatervoeding in totaliteit: zo'n 75.000 (zomer) tot 100.000 m³ (winter) per maand. Dit precieze getal is uiteraard sterk afhankelijk van de veronderstellingen die gemaakt zijn voor de implementatiegraad van bronmaatregelen in het model (zie hiervoor §4.1.5.6), maar het toont alleszins aan dat dit aandeel nog beperkt is in de algehele grondwatervoeding (tussen de 1 en 4%, afhankelijk van de beschouwde zone). Het aandeel van de infiltratie van bronmaatregelen is relatief gezien het grootst voor het centrum (4% van de algemene grondwatervoeding). Dit wordt verklaard doordat daar minder onverharde oppervlaktes zijn, en de implementatie van bronmaatregelen dus relatief gezien sneller leidt tot een groter aandeel van de grondwatervoeding. Hoewel de voeding via bronmaatregelen (nu nog) veel beperkter is dan de natuurlijke infiltratie van verharde oppervlakken, is infiltratie via bronmaatregelen wel uiterst belangrijk. Vaak verhoogt het lokaal de grondwatertafel, wat verdrogingsverschijnselen in parken en tuinen tegengaat.

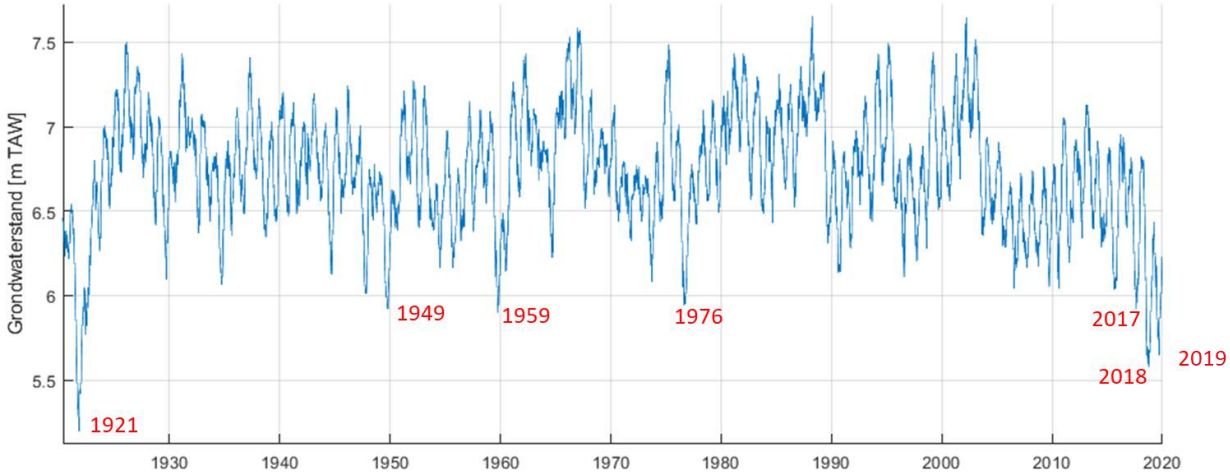
Tijdens zomers is de vraag naar water vanuit het ondiep grondwater veel groter dan de aanvulling door neerslag. Daarom zal in een gemiddelde hydrologische zomermaand het grondwaterpeil (en dus het volume aan water in de ondergrond) afnemen. Dit wordt getoond door de rode stroom in de figuur hierboven ('Afname grondwaterreserve'). In een gemiddelde winter gebeurt het omgekeerde, en is er een overschot aan inkomend water ('Aanvulling grondwaterreserve'). Zo is er tijdens een gemiddelde hydrologische wintermaand een overschot van zo'n 3,3 miljoen m³ water, wat de grondwaterreserve structureel bijvult. Hierdoor stijgen de grondwaterstanden in de winterperiode. De gemiddelde tekorten in de zomer zijn ongeveer even groot (over de 100-jarige simulatie zijn deze uiteraard quasi identiek, maar voor de individuele jaargangen kunnen deze wel sterk verschillen), wat zorgt voor de wederkerende oscillaties van de grondwaterpeilen tussen winter en zomer. Merk op dat de cijfers hierboven in de praktijk niet te verifiëren zijn op basis van metingen. Daarom zijn deze cijfers met de nodige voorzichtigheid te interpreteren.

Daarnaast zal ook een deel van het grondwater niet zo lang in de ondergrond gestockeerd worden, en wordt dit **afgevoerd naar de oppervlaktewaters**. Dit aandeel is vanzelfsprekend in de winter hoger (1,6 miljoen m³/maand) dan in de zomer (1,4 miljoen m³/maand). De afvoer naar oppervlaktewaters blijft evenwel beperkt ten opzichte van de **verdamping**. Deze bedraagt in de hydrologische winterperiode zo'n 1,7 miljoen m³/maand, en in de zomer gemiddeld 8 miljoen m³/maand. In de zomermaanden is dit vanzelfsprekend veruit de grootste "verbruiker" van het bodemvocht en ondiep grondwater. Tot slot zijn er de **captaties** (grondwaterwinningen) en **parasitaire afvoeren** (zoals lekkende rioleringsleidingen of permanente drainages). Deze bedragen grootteorde 600.000 tot 950.000 m³/maand.



Figuur 106: In- en uitstromen (m³/maand) voor het freatisch grondwater op grondgebied Gent voor de historische jaargangen 1976 en 2018.

Figuur 106 toont de gemiddelde maandelijkse in- en uitstromen tijdens de hydrologische zomers van **1976 en 2018**. In deze uitzonderlijk droge zomers zien de massabalansen er sterk verschillend uit van de eerder gepresenteerde gemiddelde zomers. Zo lag tijdens die zomers de voeding vanuit infiltratie van onverharde oppervlakken veel lager dan gemiddeld (zo'n 4 miljoen m³ in 1976 en 5 miljoen m³ in 2018, tegen zo'n 7 miljoen m³ gemiddeld over de afgelopen 100 jaar). Bovendien was de verdamping ook hoger tijdens 1976 en 2018 door de hogere temperaturen en meer uren zonnestraling: zo'n 9 miljoen m³ in 1976 en 12 miljoen m³ in 2018, versus gemiddeld 8 miljoen m³ in de afgelopen 100 jaar. **De verminderde neerslag en verhoogde verdamping leiden tot een zeer grote afname van de grondwaterreserves tijdens die zomers**: 7 miljoen m³/maand in 1976 en 8,5 miljoen m³/maand in 2018, tegen gemiddeld zo'n 3,3 miljoen m³. Dit leidde dan ook tot een significante daling van de grondwaterpeilen. Figuur 107 toont alvast een gesimuleerde grondwaterstand in het gebied Bourgoyen-Ossemeersen voor de periode 1920-2019 (zie ook verder in §5.4.2 voor enkele grondwaterpeilsimulaties en validatie aan metingen). De meest droge jaren zijn hierbij aangeduid. De laagste peilen werden in 1921 gesimuleerd. Dit was ook het meest extreme jaar op vlak van meteorologische droogte, met slechts een neerslagtotaal over de zomer van iets meer dan 100 mm (versus 280 mm in 2018, zie ook §3.3). Uit de figuur is af te leiden dat vooral de laatste jaren er een sterke verdroging waarneembaar is. De opeenvolging van droge jaren zorgt voor een daling van de grondwaterpeilen, en maken een herstel tot de "normale" langjarige peilen onmogelijk.

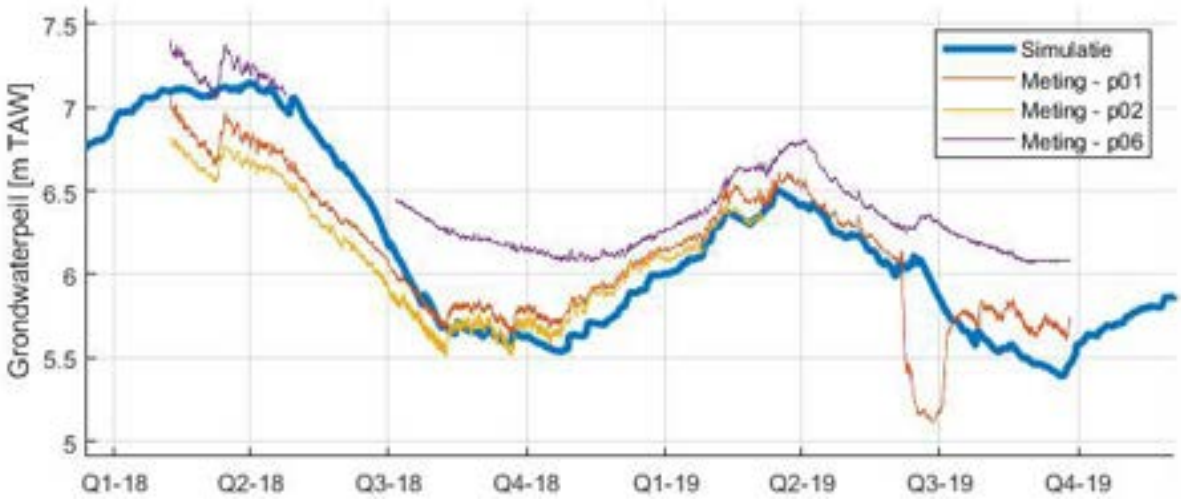


Figuur 107: Gesimuleerde grondwaterstanden rond het natuurgebied Bourgoyen-Ossemeersen.

5.4.2 Validatie aan metingen

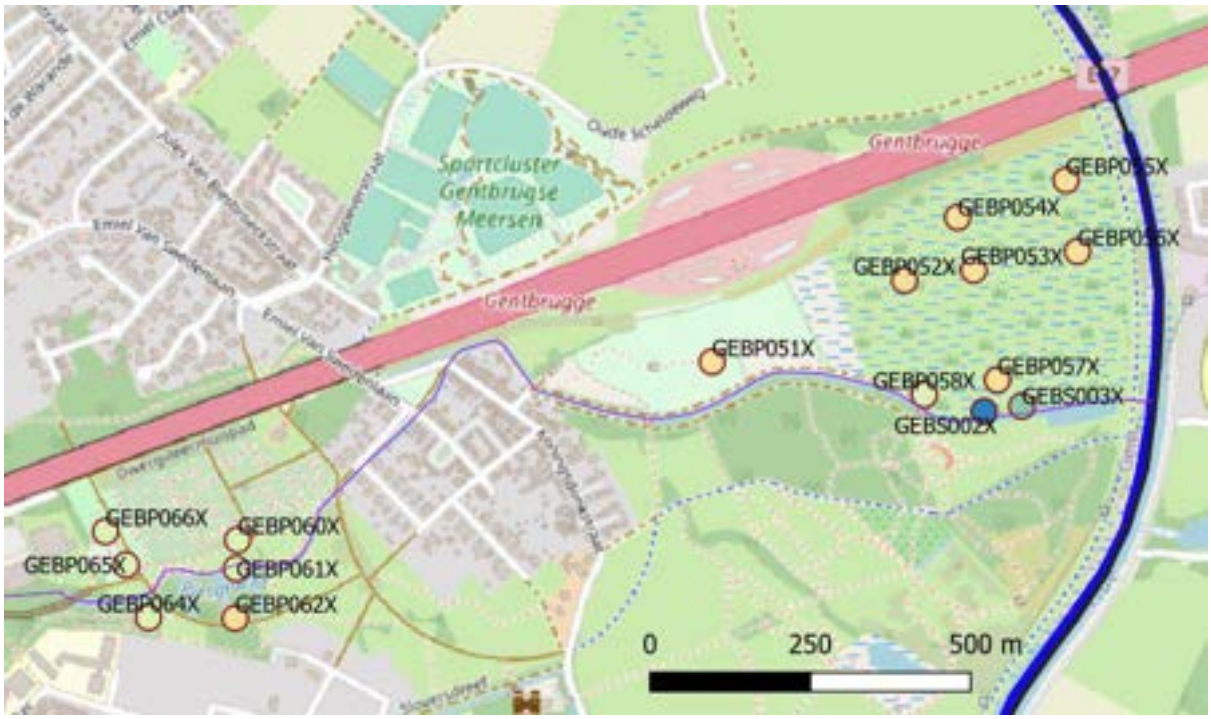
De grondwaterstromen (massabalansen) kunnen niet gevalideerd worden aan metingen. Daarom wordt bij deze validatie gefocust op een vergelijking van de gesimuleerde en gemeten grondwaterpeilen.

Figuur 108 toont het gesimuleerd versus gemeten grondwaterpeil uit GW-zone 1 (Sint-Denijs-Westrem/Zwijnaarde). Het gesimuleerd peil wordt vergeleken met de metingen van peilbuizen p01 (Vossenbossen The Loop), p02 (circa 140 meter van p01) en p06 (Schaarkensstraat). Dit zijn de enige 3 locaties waarvoor metingen beschikbaar zijn in die zone. De metingen overspannen een periode van ongeveer 2 jaar. In de gemeten grondwaterpeilen van p01 is er in de zomer van 2019 een tijdelijke daling waarneembaar ten gevolge van een bemaling. De simulatie vertoont een grondwaterpeil dat relatief gelijklopend is met de gemeten peilen (en de lokale bemaling uiteraard niet volgt, want deze individuele bemaling werd niet geïmplementeerd). De oscillaties lijken iets sterker in het model dan in realiteit, met ook een sterker dalende flank in het voorjaar van 2018 dan gemeten. De dalende flank van de gemodelleerde grondwaterstand vertoont wel een goede recessie in het voorjaar en de zomer van 2019.

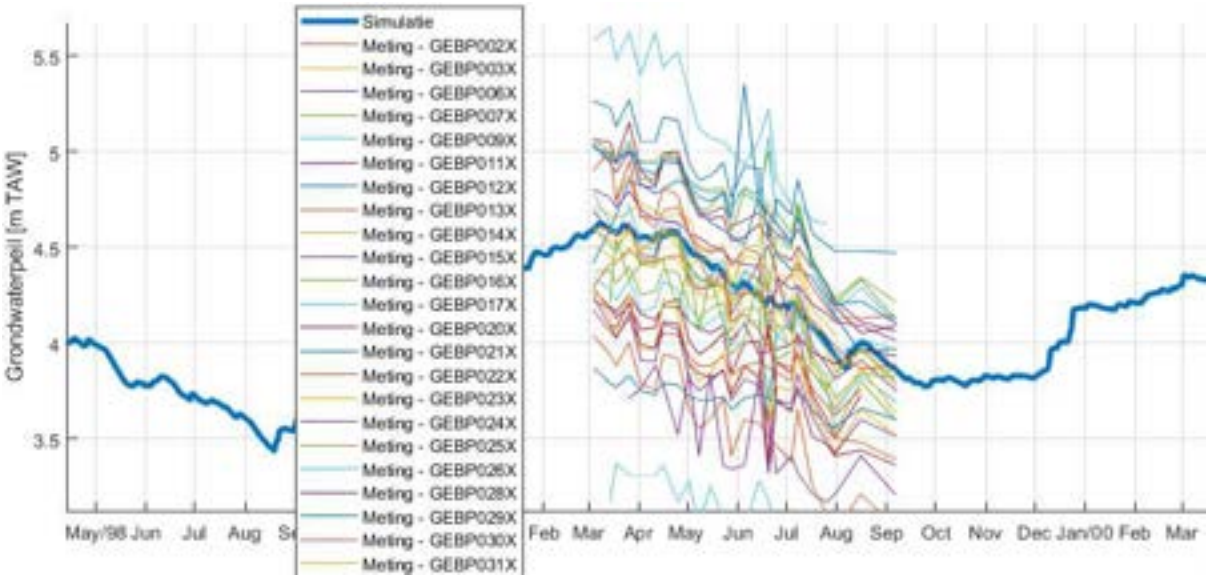


Figuur 108: Gesimuleerd versus gemeten grondwaterpeil in de GW-zone 1 (Sint-Denijs-Westrem/Zwijnaarde).

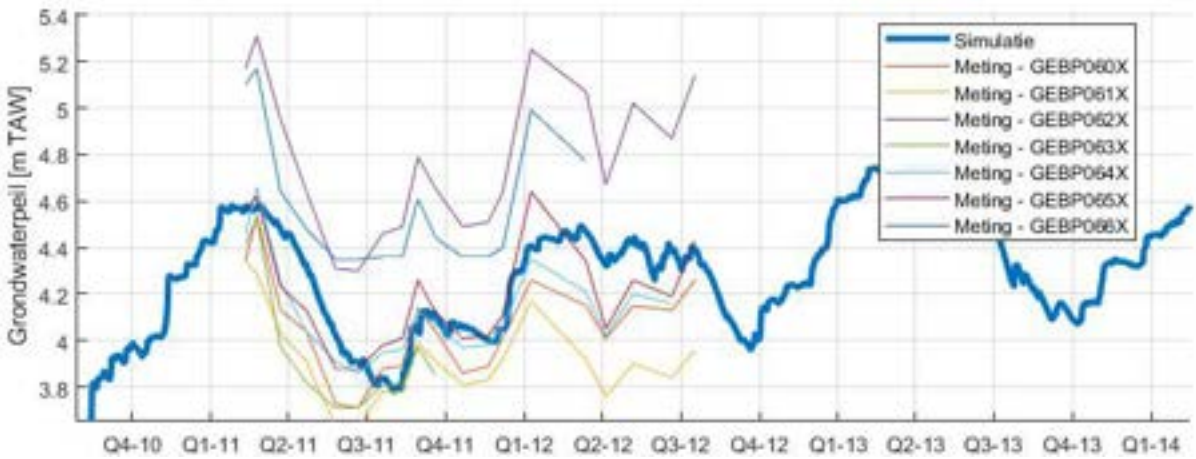
In de Gentbrugse Meersen zijn er meer grondwaterpeilmetingen terug te vinden (zie Figuur 109). Dit gebied werd gemodelleerd in GW-zone 4. Figuur 110 en Figuur 111 tonen de gesimuleerde grondwaterpeilen, en vergelijken deze met de beschikbare metingen. Deze gesimuleerde grondwaterpeilen zijn in het model allen gebaseerd op het freatisch grondwatervolume dat in GW-zone 4 gesimuleerd wordt. Het volume werd hierbij vertaald naar peilen op verschillende locaties op basis van de berging in de ondergrond, zoals beschreven in §4.1.4. Enkel deze bergingsparameter werd ruwweg afgeijkt per locatie waar een grondwaterpeil gesimuleerd wordt om overparameterisatie te vermijden. Dit komt dus neer op een eenvoudige schaling aan de hand van 1 parameter per locatie. Ondanks deze vereenvoudigde maar robuuste aanpak is er een relatief goede overeenkomst terug te vinden tussen de gesimuleerde en gemeten peilen. Ter hoogte van de cluster van de meetpunten GEBP002X – GEBP0046X wordt slechts 1 (gemiddeld) waterpeil gesimuleerd, omdat het duidelijk is dat de andere peilen een eenvoudige translatie van dit peil zijn. Hetzelfde geldt voor de andere gesimuleerde cluster.



Figuur 109: Overzichtsfiguur van de locaties met grondwaterpeilmetingen rond de Gentbrugse Meersen.



Figuur 110: Gesimuleerd versus gemeten grondwaterpeil in de GW-zone 4 (Gentbrugse Meersen).

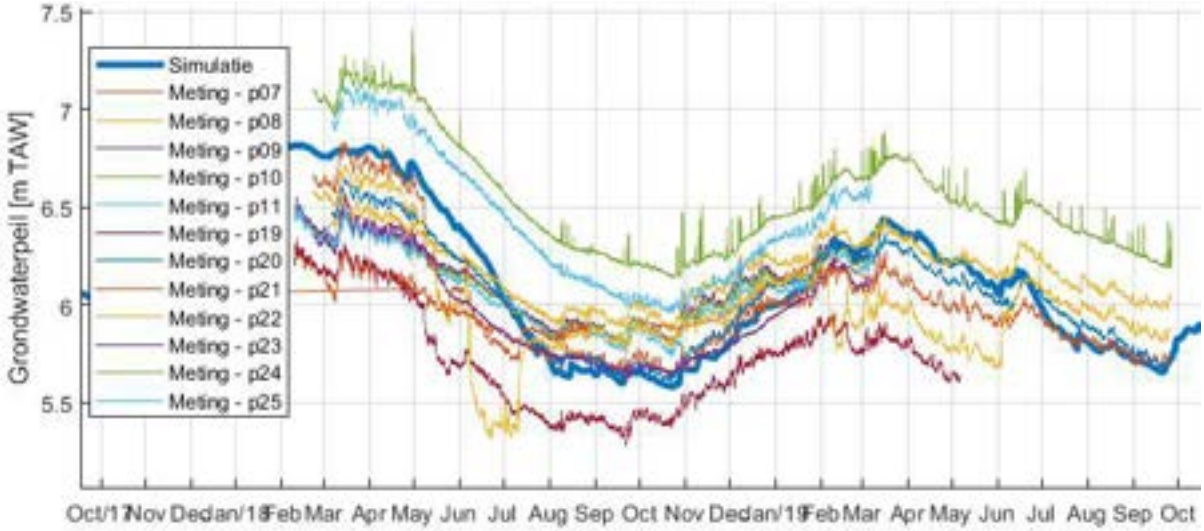


Figuur 111: Gesimuleerd versus gemeten grondwaterpeil in GW-zone 4 (Gentbrugse Meersen).

Ook in de omgeving van de Bourgoyen-Ossemeersen is een groter aantal peilbuismetingen terug te vinden, zowel in het natuurgebied als tussen de bebouwing (zie Figuur 112).

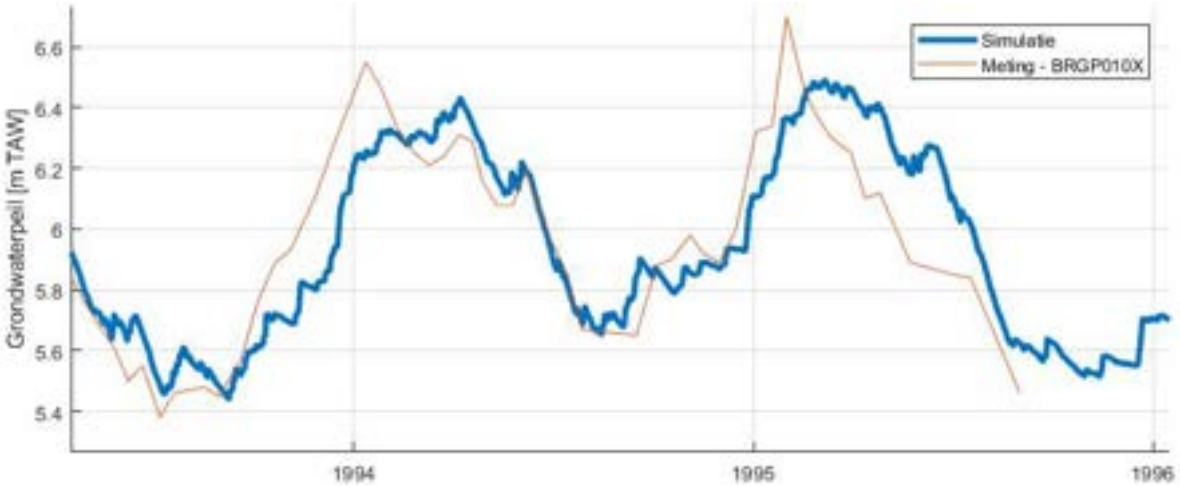
Figuur 112: Overzichtsfiguur van de locaties met grondwaterpeilmetingen rond de Bourgoyen-Ossemeersen.

Figuur 113 toont de gesimuleerde versus gemeten grondwaterpeilen van de peilbuizen in het bebouwde gebied. Opnieuw geldt hier dat er slechts 1 grondwaterpeil berekend werd. De overige zijn een translatie van het gemeten peil op de geselecteerde locatie. Er is een goede overeenkomst waarneembaar, hoewel de dalende flank te snel en sterk gesimuleerd wordt.



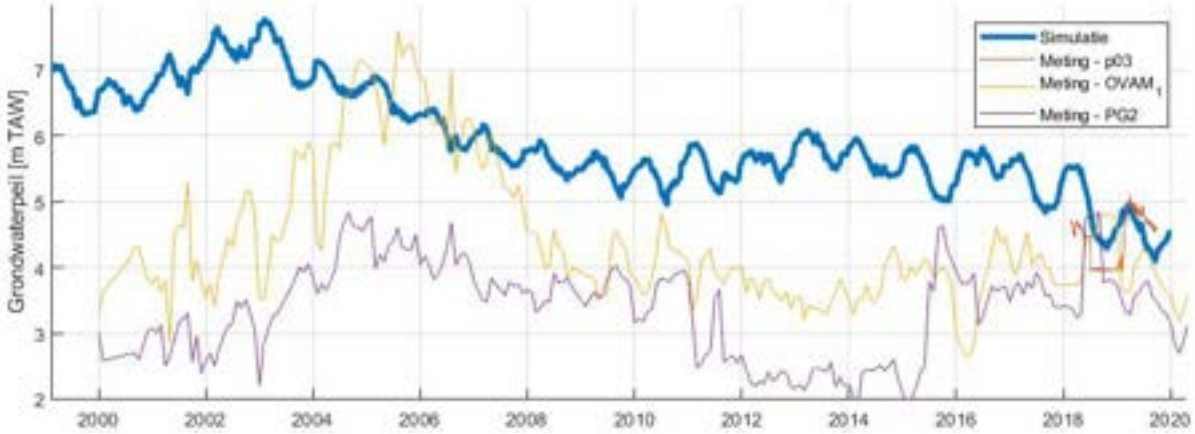
Figuur 113: Gesimuleerd versus gemeten grondwaterpeil in GW-zone 5 (Bourgoyen-Ossemeersen).

Figuur 114 toont een gemeten grondwaterpeil uit de cluster in het noordwesten van het natuurgebied. Ook daar is een relatief goede overeenkomst waarneembaar tussen de gesimuleerde en gemeten grondwaterstanden.



Figuur 114: Gesimuleerd versus gemeten grondwaterpeil in GW-zone 5 (Bourgoyen-Ossemeersen), noordwestelijke kant van het natuurdomein.

Ook op de andere locaties en in de andere GW-zones van het model zijn gelijkaardige overeenkomsten waarneembaar tussen de gesimuleerde en gemeten grondwaterstanden. Enkel in GW-zone 2 (de haven) zijn er zeer grote afwijkingen tussen het model en de gemeten grondwaterstanden. Figuur 115 toont de gesimuleerde grondwaterstand, en vergelijkt deze met de grondwaterstanden die via Arcelor Mittal aangeleverd werden. De gemeten grondwaterstand vertoont geen directe link met de meteorologische condities: zo is er sinds 2002 eerder een droge periode aangebroken, zoals ook zichtbaar in de simulaties, terwijl in de meetreeks van de grondwaterpeilen net een stijgende trend waarneembaar is. Dit kan niet verklaard worden met zekerheid. Mogelijks spelen antropogene invloeden een grote rol op de (gemeten) grondwaterstanden. Alleszins kan bijgevolg de grondwaterstand zoals gesimuleerd in GW-zone 2 (de haven) niet gevalideerd worden, en zijn deze resultaten dan ook onvoldoende betrouwbaar om duidelijke conclusies m.b.t. grondwaterpeilen aan te koppelen.



Figuur 115: Gesimuleerd versus gemeten grondwaterpeil in GW-zone 2 (haven).

Er wordt geconcludeerd dat de gesimuleerde grondwaterpeilen in lijn liggen met de gemeten peilen. Bijsturing van de modelparameters is lokaal nog mogelijk om een betere overeenstemming te krijgen tussen de modelresultaten en metingen, maar door de beperkte data dreigt overfitting. Hierdoor zou het model onnauwkeuriger worden bij extrapolatie, zoals bij het simuleren van de impact van scenario's en het toekomstig klimaat.

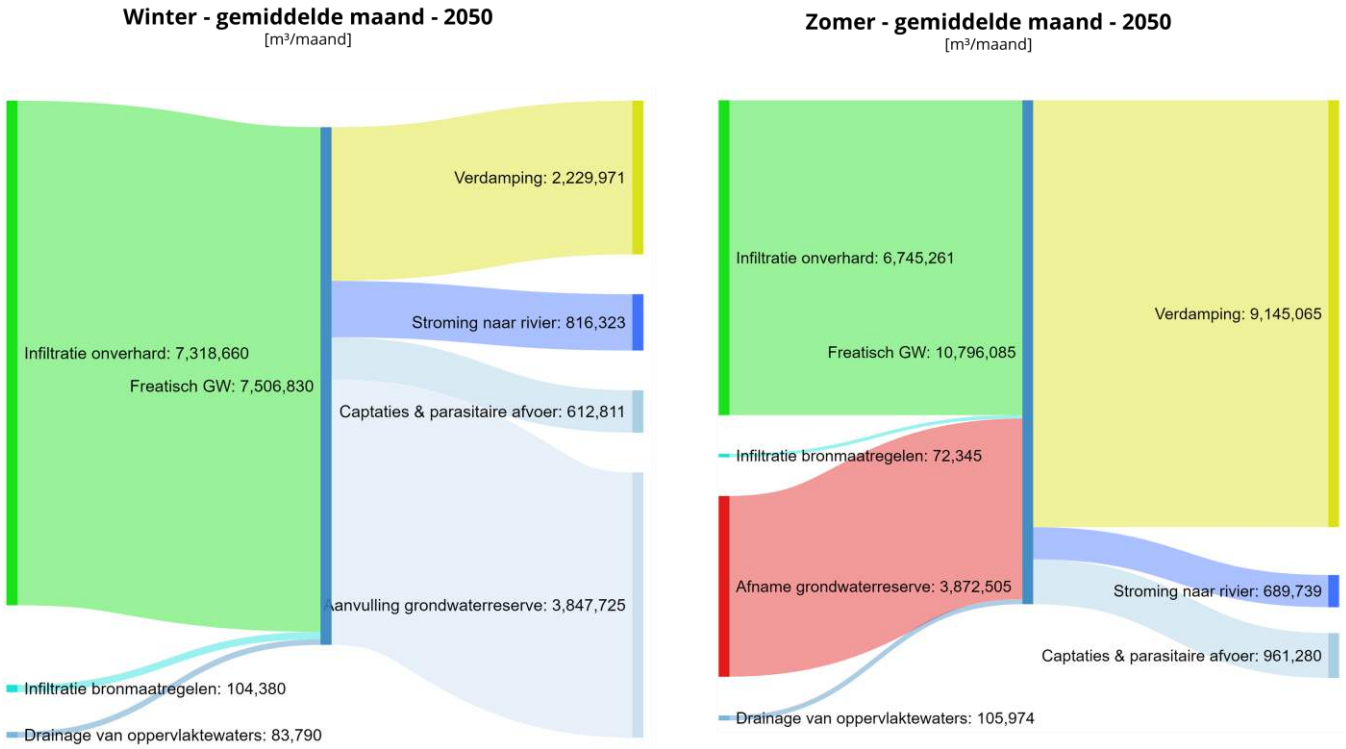
5.4.3 Toekomstig klimaat (2050)

Vervolgens werd ook het toekomstig klimaat 2050 gesimuleerd. Figuur 116 toont de gesimuleerde massabalansen voor een gemiddelde hydrologische winter- en zomermaand.

Aan de **"inkomende" zijde** verandert er weinig voor de wintermaanden t.o.v. het huidig klimaat. De infiltratie van onverharde terreinen neemt iets toe, doordat de winters iets natter worden (+200.000 m³/maand). De infiltratie via bronmaatregelen blijft ook gelijkaardig, en de drainage van oppervlaktewaters naar grondwater neemt licht toe (maar blijft zeer beperkt in totaliteit). In de zomermaanden is er een afname van de infiltrerende volumes ten gevolge van minder neerslag van ongeveer 250.000 m³/maand. Het model simuleert echter een sterke stijging van de verdamping: van circa 8 miljoen m³/maand in het huidig klimaat, naar grootteorde 9 miljoen m³/maand in het toekomstig klimaat. **Dit betekent een extra watervraag vanuit het natuurlijk systeem van gemiddeld ongeveer 1 miljoen m³/maand tijdens de zomer**. Dit is een stijging van ongeveer 12% ten opzichte van het huidig klimaat. **Dit zorgt ten eerste voor een nieuw hydrologisch evenwicht met structureel lagere grondwaterpeilen, waardoor er ook minder grondwater naar de oppervlaktewaters stroomt**. Dit werd ook reeds besproken in §5.3.3 bij het analyseren van de oppervlaktewaters. **Zowel in de zomer als in de winter zou de voeding van oppervlaktewaters vanuit het grondwater met ongeveer de helft kunnen afnemen door deze toename in verdamping en vermindering in neerslag**. Ten tweede zien we dat de grondwaterreserve sterker wordt aangesproken, en er dus grotere oscillaties optreden tussen de winter- en zomer grondwaterstanden. Dit is ook logisch te verklaren, doordat winters (iets) natter worden, en zomers droger.

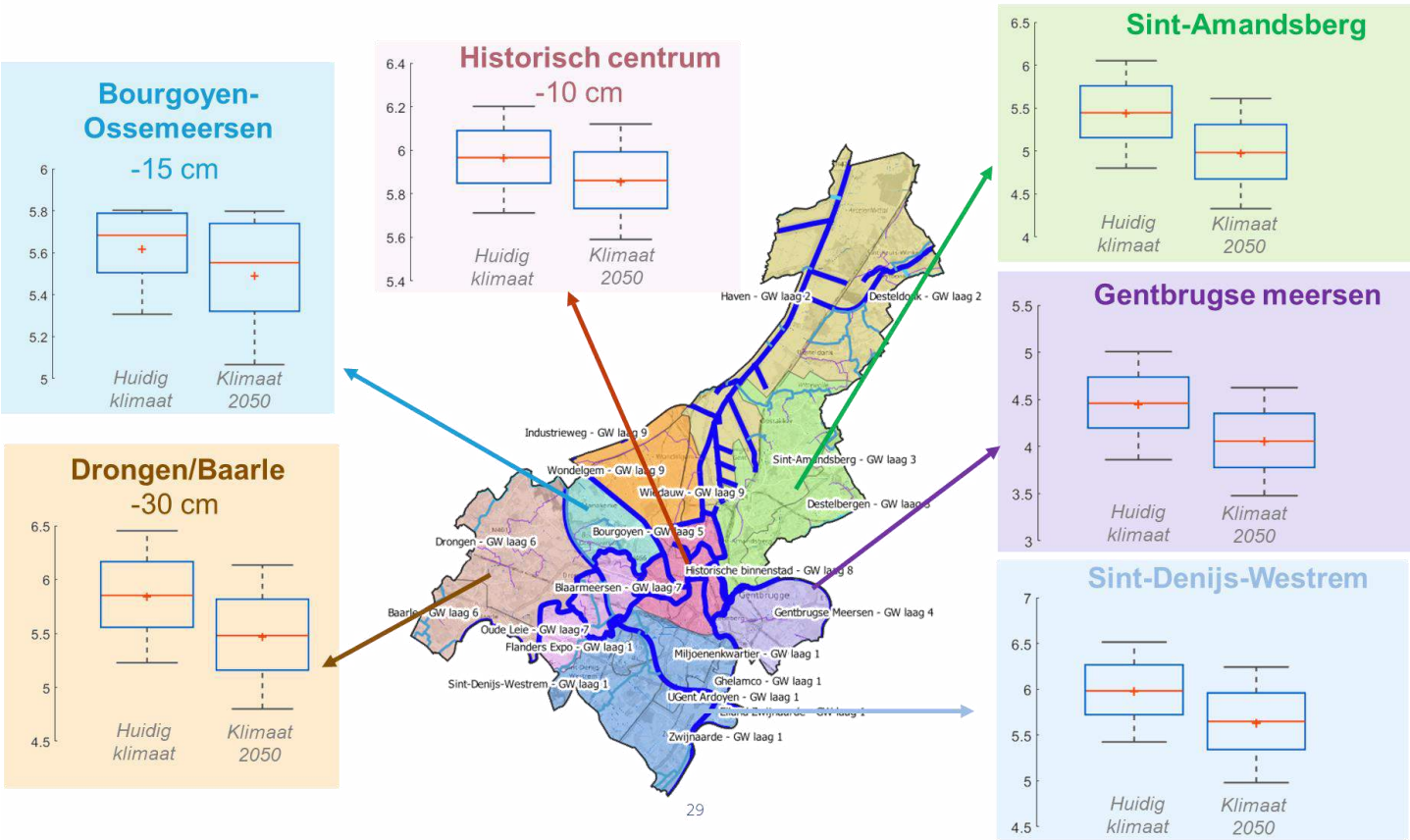
Aan de **uitgaande zijde** zien we een toename van de verdamping in de wintermaanden van ongeveer een 30%, maar vooral de veel beperktere stroming naar de rivier springt in het oog: van gemiddeld 1,6 miljoen m³ per maand in de winter in het huidig klimaat naar 0,8 miljoen m³ per maand in het toekomstig klimaat.

De simulaties geven aan dat een "gemiddelde" zomermaand in het toekomstig klimaat 2050 op vlak van massabalansen evenwel minder extreem zal zijn dan de zomers van 1976 of 2018 bijvoorbeeld. Wel zullen de extremen nog extremer worden, en bovendien frequenter voorkomen.



Figuur 116: In- en uitstromen (m³/maand) voor het freatisch grondwater op grondgebied Gent in een "gemiddelde" winter- en zomermaand voor het toekomstig klimaat (2050).

Ten gevolge van klimaatverandering zal er zich een nieuw evenwicht instellen op vlak van grondwaterstijghoogtes. Door de hogere verdamping en beperktere neerslag in de zomer, zullen de minimale grondwaterpeilen verder dalen. Figuur 117 toont de te verwachten dalingen in grondwaterstanden voor enkele typische situaties op grondgebied Gent. De boxplots tonen het bereik van de grondwaterstanden (nat en droog) over de ganse simulatie van 100 jaar, en dit voor het huidig en toekomstig klimaat. Als samenvatting is ook de afname van het gemiddeld peil benaderend weergegeven. De te verwachten gemiddelde afnames in grondwaterstand liggen tussen de 10 cm en 40 cm. In de nattere meersengebieden zal de grondwaterafname beperkter zijn. Dit komt omdat deze grondwaterpeilen gevoed worden door de (ondergrondse) waterstromen uit de ruimere omgeving. De zandige heuvelruggen echter, zoals in Drongen en Baarle bijvoorbeeld, ondervinden de grootste impacts door klimaatverandering. De zandlagen kunnen water minder goed vasthouden en hebben een hogere porositeit, waardoor grotere grondwaterschommelingen te verwachten zijn. Door hun hogere ligging ontvangen zij ook minder water uit de omgeving (en stroomt er water af naar elders). Er zijn vanzelfsprekend lokaal (grote) afwijkingen mogelijk. De werkelijke verandering van de grondwaterpeilen zal afhangen van zeer lokale omstandigheden en bodemtexturen.



Figuur 117: Samenvattende figuur van de te verwachten grondwaterstandsdalingen ten gevolge van klimaatverandering.

5.5 Stedelijk watersysteem

5.5.1 Simulatie 1920-2019

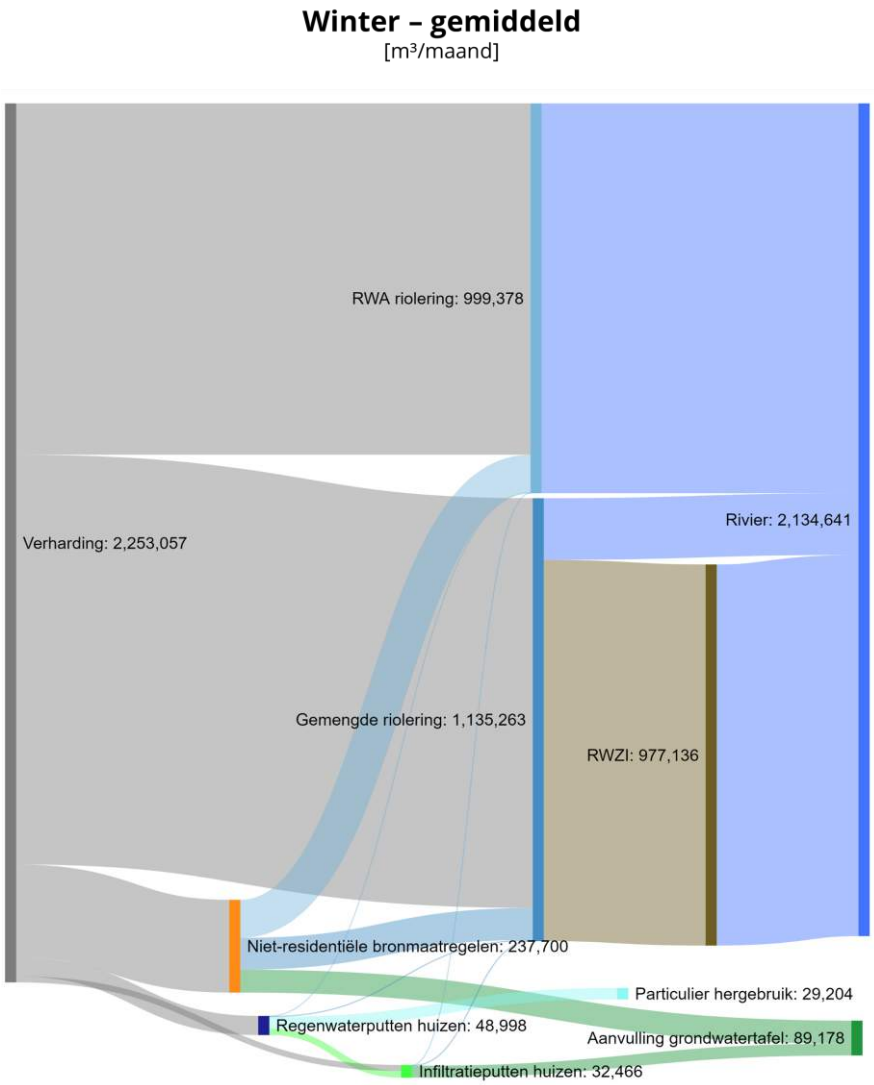
Deze paragraaf beschrijft de simulatieresultaten van het massabalansmodel van het luik "stedelijk watersysteem" voor het huidig klimaat. Onder het stedelijk watersysteem worden de bronmaatregelen (regenwaterputten, infiltratievoorzieningen en buffers met vertraagde afvoer), gemengde riolering en gescheiden riolering verstaan. De droogweerafvoer wordt niet beschouwd in de analyse.

Figuur 118 toont de resultaten voor een gemiddelde hydrologische wintermaand, en Figuur 119 van een zomermaand. In tegenstelling tot de oppervlaktewaters en het grondwater zijn de massabalansen niet sterk verschillend tussen winter en zomer. Dit komt omdat dit systeem, in tegenstelling tot de andere, minder beïnvloed wordt door de verdamping. Globaal gezien is er vanzelfsprekend een iets grotere afvoer in de winter, doordat de winters natter zijn dan de zomers. De overstorten van rioleringen zijn in de zomer iets groter, doordat er meer extreme buien vallen in zomerperiodes. Die leiden tot een sterkere overbelasting van de riolering, met meer overstorten als gevolg. Aangezien voor de rest de verschillen tussen winter- en zomer beperkt zijn, worden beide tezamen besproken.

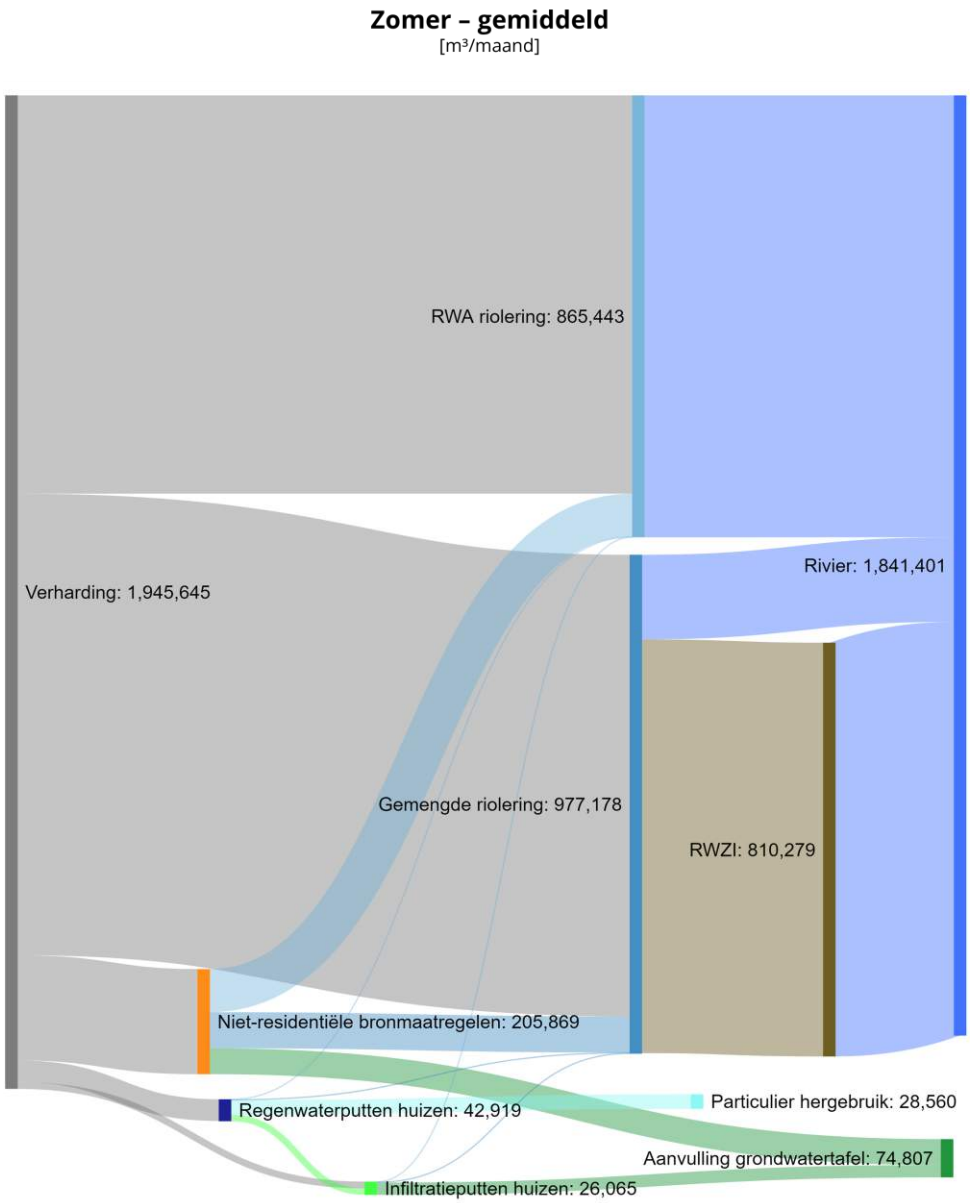
In totaliteit stroomt er in Gent gemiddeld ongeveer een 2 miljoen m³ per maand neerslag van verharding af naar bronmaatregelen of de riolering. Hiervan gaat het merendeel naar het gemengd stelsel (grootteorde 1 miljoen m³/maand). Hiervan komt het overgrote deel terecht in de RWZI (ongeveer 85%), en de rest stort over naar de oppervlaktewaters. De verdeling tussen beide kon niet met zekerheid gevalideerd worden, en is dan ook te beschouwen als een benadering.

Daarnaast stroomt er ongeveer een 900.000 m³ neerslag per maand af naar gescheiden riolering, die rechtstreeks afwatert naar de oppervlaktewaters. Zoals besproken in §5.3.1 en getoond in Figuur 97 is deze afstroming bijna uitsluitend afkomstig van de verharding in de haven.

Tot slot werden aannames gemaakt rond het aantal bronmaatregelen dat reeds geïmplementeerd is op Gents grondgebied, en dit zowel voor de wegenis, en residentiële en niet-residentiële verharding. Deze aannames zijn beschreven in §4.1.5.6. Uitgaande van deze veronderstellingen geeft het model aan dat er gemiddeld zo'n 29.000 m³ regenwater per maand hergebruikt zou worden door particulieren in Gent, en er in totaliteit zo'n 75.000 (zomer) à 90.000 m³ (winter) regenwater infiltreert in de bodem. Deze infiltratie is afkomstig van zowel particuliere als niet-residentiële bronmaatregelen. Tot slot werd een relatief groot aandeel bronmaatregelen met vertraagde doorvoer verondersteld (75%) voor de niet-residentiële bronmaatregelen. In het verleden werd immers vaker ingezet op buffers met een vertraagde afvoer in plaats van infiltratie. Dergelijke bronmaatregelen dragen echter niet bij tot een oplossing voor de droogteproblematiek (maar wel voor het beperken van risico's op wateroverlast, mits een goede uitvoering). Dit wordt ook gevisualiseerd in het stroomdiagram: de uitstroom komt finaal in de RWZI, waar het op zijn beurt verder stroomt richting de oppervlaktewaters.



Figuur 118: In- en uitstromen (m³/maand) van het verstedelijkt watersysteem op grondgebied Gent in een "gemiddelde" wintermaand voor het huidig klimaat.



Figuur 119: In- en uitstromen (m³/maand) van het verstedelijkt watersysteem op grondgebied Gent in een "gemiddelde" zomermaand voor het huidig klimaat.

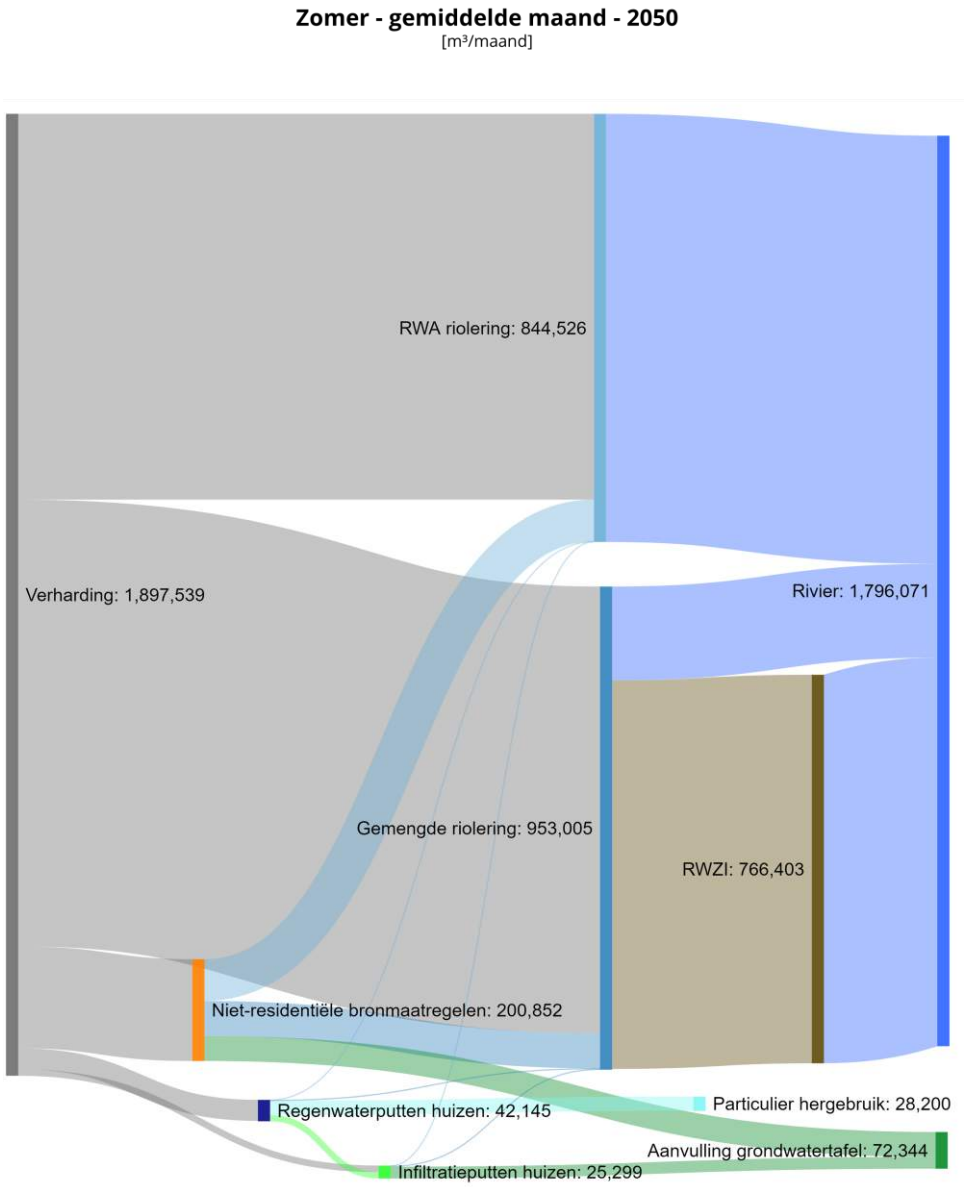
5.5.2 Validatie aan metingen

De modellen werden enkel gevalideerd aan de RWZI gegevens (zie §5.3.2 voor een validatie van de RWZI gegevens van Gent-Drongen). Merk op dat in de voorstelling in de figuren hierboven enkel de neerslagafstroming vervat zit. Dit is dus niet de totale instroom naar de RWZI, die ook bepaald wordt door de parasitaire debieten en de droogweerafvoer. Er werd geen validatie uitgevoerd aan de hydronautmodellen van de riolering, aangezien de hydronautmodellen zelf focussen op hoogwaters.

5.5.3 Toekomstig klimaat (2050)

Figuur 120 toont de massabalans van het verstedelijkt stelsel voor een gemiddelde hydrologische zomermaand onder het toekomstig klimaat (2050). De verschillen met een hydrologische wintermaand zijn opnieuw relatief beperkt, en worden daarom niet apart getoond. In de wintermaanden is er in totaliteit ongeveer 600.000 m³/maand meer afstroming van verharding, en

stort relatief gezien iets minder over in vergelijking met een gemiddelde zomermaand. Ten gevolge van klimaatverandering is de afvoer in de zomer nog iets verder gedaald, en de afvoer in de winter toegenomen. Vooral de toename van rioleringsoverstorten valt echter op. Dat is een zeer belangrijk aandachtspunt in de droogteproblematiek.



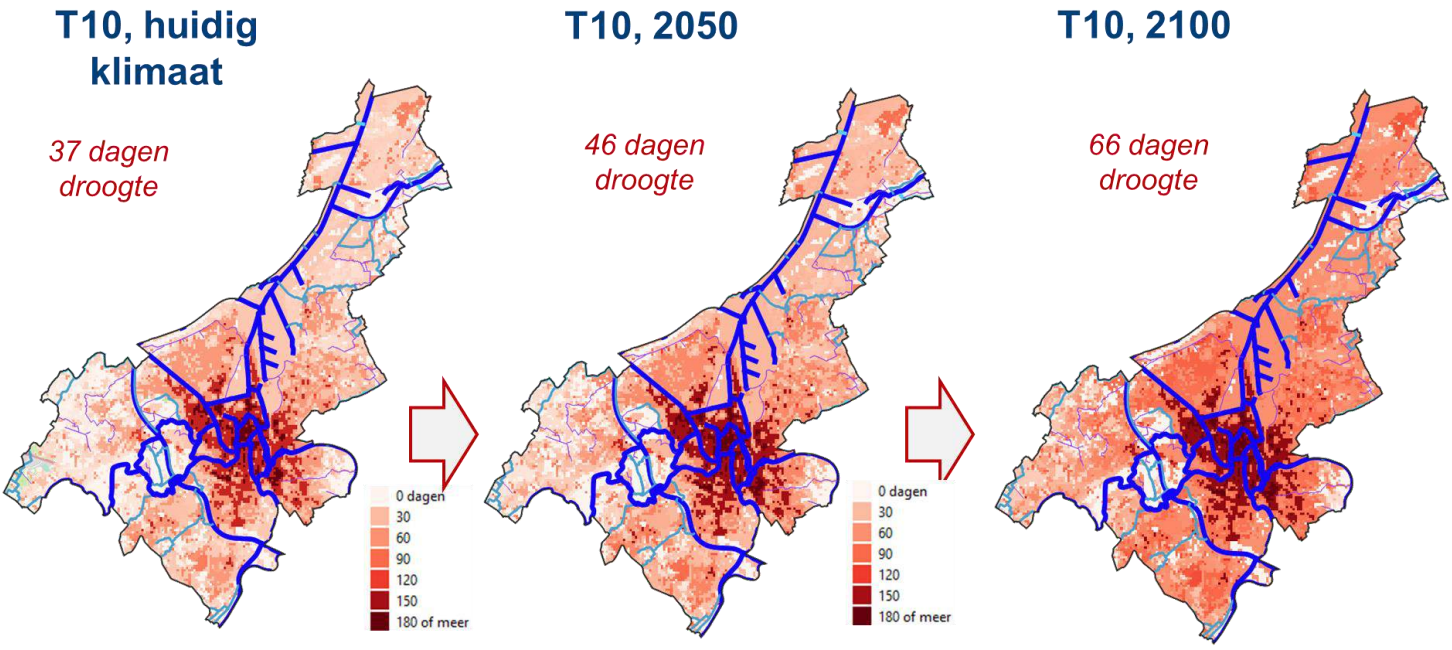
Figuur 120: In- en uitstromen (m³/maand) van het verstedelijkt watersysteem op grondgebied Gent in een “gemiddelde” zomermaand voor het klimaat in 2050.

5.6 Bodemvocht

De Vlaamse Milieumaatschappij heeft droogtekaarten gepubliceerd die aangeven hoe het bodemvocht kan veranderen ten gevolge van klimaatverandering. Deze kaarten zijn gebaseerd op modelsimulaties (een ander model dan het massabalansmodel dat in het kader van deze studie werd opgesteld), en beschouwen het bodemvocht in de bovenste 70 cm van bodem. Deze

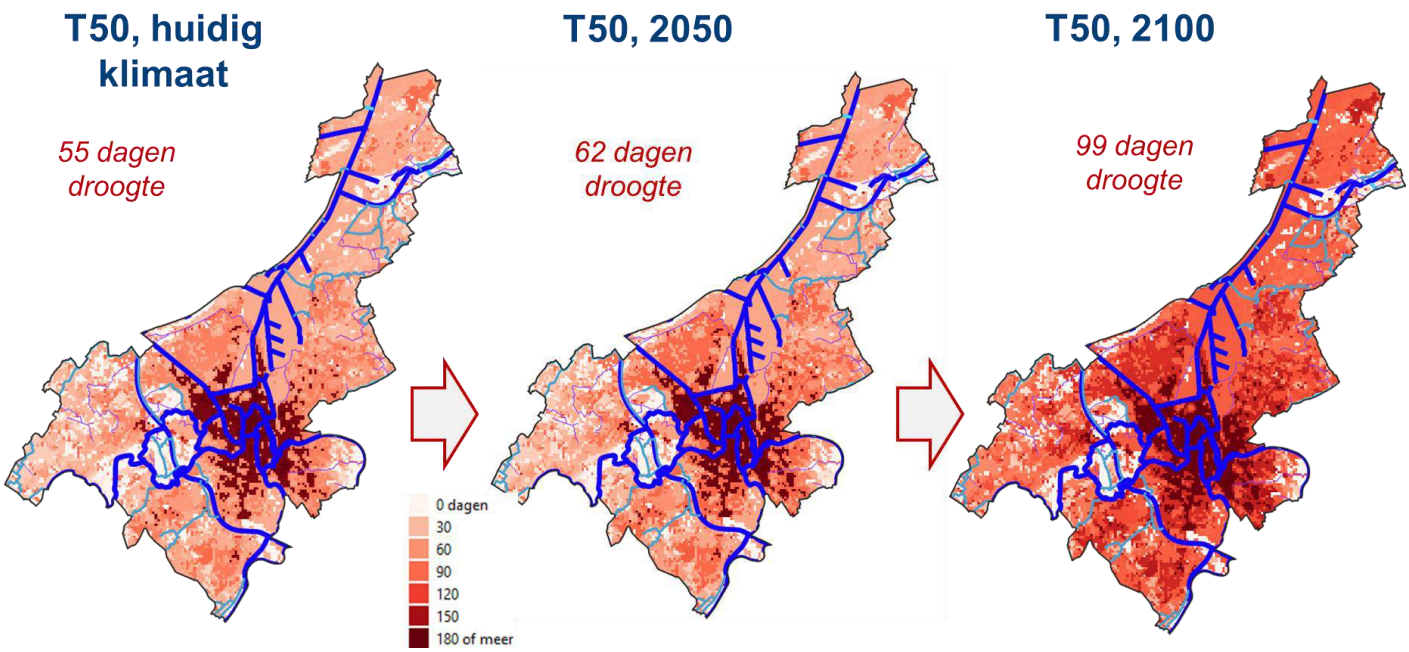
bodemvochtresultaten werden vertaald naar een aantal "droogtedagen", rekening houdend met de voorkomende vegetaties op hoofdlijnen. Een droogtedag is hierbij gedefinieerd als een dag waarop er significante droogtestress optreedt. De bodemvochtkaarten werden opgemaakt voor een terugkeerperiode van 10 jaar (een "matige" droogtesituatie die zich eens in de 10 jaar voordoet) en 50 jaar (een "zeer uitzonderlijke" droogtesituatie die eens per 50 jaar voorkomt), en dit zowel voor het huidig als toekomstig (2050 en 2100) klimaat. Dezelfde hoge-impact klimaatscenario's werden gebruikt als voor de massabalansberekeningen.

Figuur 121 toont de droogtesituatie die zich eens per 10 jaar voordoet, en dit voor het huidig en toekomstig klimaat. Het is duidelijk dat het aantal droogtedagen sterk toeneemt: van gemiddeld 37 droogtedagen in het huidig klimaat, naar 46 tegen 2050 en 66 in 2100. Vooral het verstedelijkt gebied springt in het oog als een droog gebied, omdat ten gevolge van de verharding daar reeds een sterke verdroging is opgetreden.



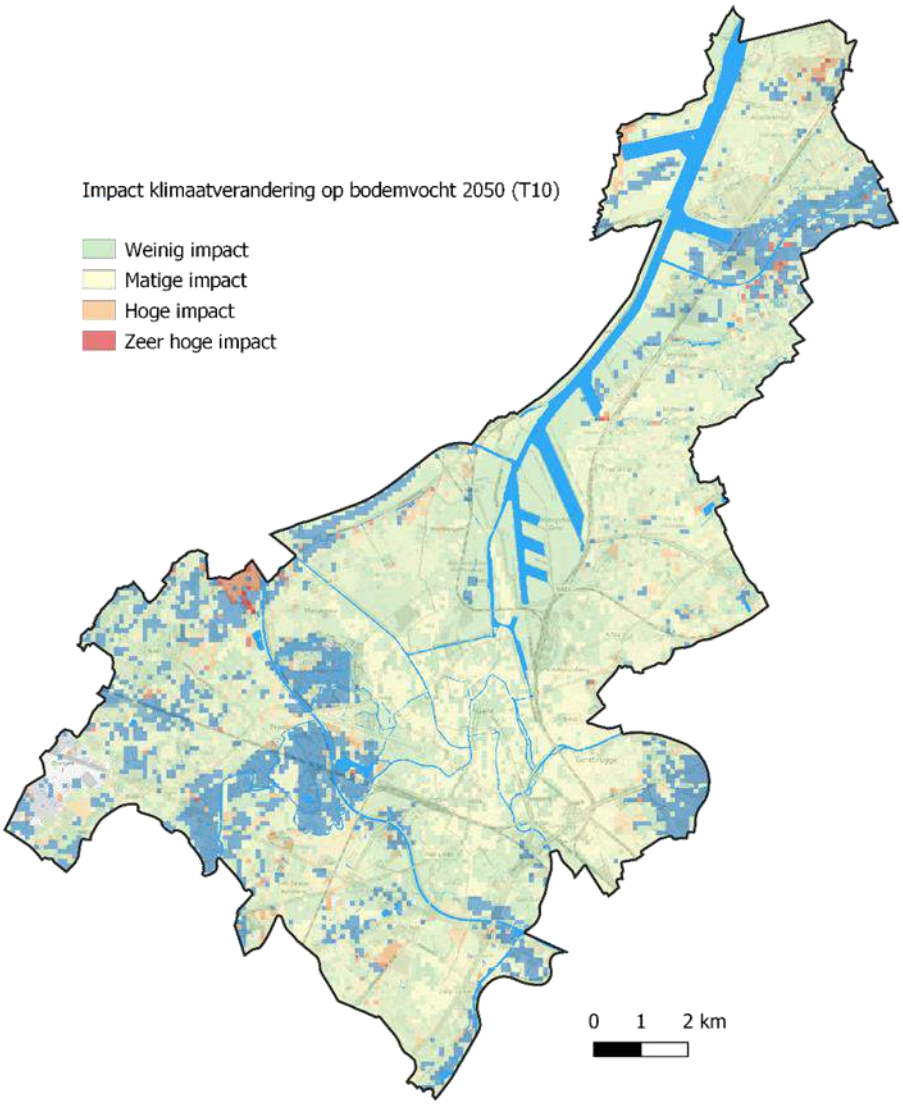
Figuur 121: Aantal droogtedagen (i.e. een dag waarop significante droogtestress optreedt) voor het huidig en toekomstig klimaat voor een droogtesituatie die zich gemiddeld eens per 10 jaar voordoet.

Figuur 122 toont dezelfde kaarten, maar dan voor een uitzonderlijke droogtesituatie die zich gemiddeld slechts eens per 50 jaar voordoet. Het aantal droogtedagen neemt tot 2050 beperkter toe van 55 tot 62, maar tegen 2100 wordt een sterkere toename verwacht tot 99 dagen. Het ganse grondgebied kleurt dan rood, en wordt dus zeer sterk geïmpacteerd door droogte.



Figuur 122: Aantal droogtedagen (i.e. een dag waarop significante droogtestress optreedt) voor het huidig en toekomstig klimaat voor een droogtesituatie die zich gemiddeld eens per 50 jaar voordoet.

Tot slot toont Figuur 123 de verandering van het aantal droogtedagen ten gevolge van klimaatverandering (2050) voor een matig droge situatie die zich eens per 10 jaar voordoet. Deze kaart is een verschilkaart van het aantal droogtedagen, en toont bijgevolg welke gebieden het meest geïmpacteerd worden op vlak van bodemvochtsveranderingen. Overal in Gent is een gelijkaardige situatie te zien, met veelal "matige" impacts. De Vinderhoutse bossen springen in het oog: daar zijn zeer hoge impacts te verwachten. Dit komt mede door de zandige bodems en grondwatergebonden vegetaties in dat gebied. Ook elders komen regelmatig hogere impacts voor, zij het op meer individuele locaties. De meersengebieden lijken minder geïmpacteerd te worden op de kaart, maar enige voorzichtigheid bij de interpretatie is op dat vlak nodig. Deze kaarten zijn immers gebaseerd op het bodemvocht in de bovenste 70 cm van de bodem. De meersengebieden herbergen vele grondwatergebonden vegetaties die zeer gevoelig zijn, ook voor bodemvochtdalingen op minder dan 70 cm diepte. Daarnaast zijn zij ook gevoelig voor waterkwaliteitsveranderingen, die niet geanalyseerd zijn in deze kaart. We verwijzen naar §6.1 voor een uitgebreidere evaluatie van de impact van droogte op (waardevolle) natuur in Gent.



Figuur 123: Impact van klimaatverandering (2050) op het aantal droogtedagen voor een "matig" droge situatie (die zich gemiddeld eens per 10 jaar voordoet).

5.7 Samenvatting

De vorige paragrafen beschrijven kwantitatief de waterstromen in Gent en de impact van klimaatverandering daarop. We verwijzen naar de voorgaande paragrafen voor meer informatie en grootes van de individuele stromen.

Een van de belangrijkste impacts van klimaatverandering is dat er significant meer verdamping zal plaatsvinden in de zomer (+1.2 miljoen m³ per maand, oftewel +15%) door de hogere temperaturen en meer zonneschijn. Deze bijkomende (natuurlijke) watervraag zorgt ervoor dat de grondwaterreserve meer aangesproken wordt in de zomer, en er minder water naar de oppervlaktewaters zal stromen (0.5 miljoen m³ per maand, oftewel -50%). Dit laatste zorgt voor lagere debieten en wellicht ook droogval op de kleinere (onbevaarbare) waterlopen in Gent. De impact van klimaatverandering op de bevaarbare waterlopen werd niet gekwantificeerd. De winters worden evenwel natter, met een bijkomende grondwateraanvulling van 0.6 miljoen m³/maand in de winter, terwijl de zomers droger worden. Dit alles resulteert in een structureel lagere grondwaterstand over

het ganse grondgebied, met de grootste te verwachten dalingen onder de zandheuvelruggen (tot -40 cm tegen 2050 in vergelijking met vandaag).

Deze veranderingen zorgen ook voor een verdroging van het bodemvocht. Het aantal "droogtedagen" (dit zijn dagen waarop significante vegetatiestress optreedt) neemt toe: van 37 dagen per jaar naar 46 tegen het jaar 2050 voor een "matige" droogte die zich eens per 10 jaar voordoet, en van 55 dagen per jaar naar 62 tegen 2050 voor extreme droogtes die zich eens per 50 jaar voordoen. Ook hier zijn de grootste impacts te verwachten in de zandrijke gronden, aangezien deze minder goed water kunnen vasthouden. De meersengebieden blijven natter, maar ook daar zijn impacts te verwachten voor o.a. de grondwatergebonden vegetaties.

De impact van droogte op de bevaarbare waterlopen werd enkel geanalyseerd voor de periode 2005 tot en met 2020. De bevaarbare waterlopen worden immers gevoed vanuit een zeer ruim opwaarts stroomgebied, en de impact van droogte is sterk afhankelijk van het gevoerde beheer in Evergem (van waaruit het opwaartse water verder verdeeld wordt). Van de afgelopen 10 zomers waren er 6 zomers met watertekorten om de verzilting tegen te gaan. Dit aantal zal vermoedelijk nog sterk toenemen in de toekomst.

De concrete impacts worden verder besproken in Hoofdstuk 6.

5.8 Overzicht belangrijkste veronderstellingen

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van simulaties met het massabalansmodel. Waar mogelijk werd het model gevalideerd aan de hand van metingen. Vanzelfsprekend werd nog steeds een groot aantal aannames gemaakt om alle processen te simuleren. Het is dan ook belangrijk om deze aannames kort op te lijsten, en deze in het achterhoofd te houden bij het interpreteren van de resultaten. Daarnaast mogen de resultaten van het massabalansmodel niet als "exact" geïnterpreteerd worden, maar eerder als grootteorde inschatting van de realiteit.

Belangrijkste onzekerheden voor gelinkt aan de oppervlaktewaters:

- Het brondebiet werd bepaald op basis van hydrologische modellen. Deze modellen werden in eerdere studies gekalibreerd aan hoogwatermetingen. De resultaten zijn dus mogelijks minder betrouwbaar voor periodes van droogte. Hierdoor kunnen de opwaartse brondebieten over- of onderschat worden. Dit impacteert enkel de zones rond de Duivebeek/Rosdambeek, en de Scheidbeek.
- De afmetingen van de waterlopen, en dus het bergend vermogen, is niet gekend.
- De uitstroom van kleinere waterlopen werd vereenvoudigd gemodelleerd, evenwel rekening houdend met de hydraulische constructies waar mogelijk Bij gebrek aan metingen kon dit niet uitgebreid gevalideerd worden. De impact hiervan op de gepresenteerde resultaten is wellicht beperkt, maar verhindert ruimtelijk zeer gedetailleerde analyses op of langs de kleinere waterlopen.

Belangrijkste onzekerheden gerelateerd aan het ondiep grondwater en bodemvocht:

- Verdamping werd vereenvoudigd gemodelleerd op basis van de potentiële evapotranspiratiereeksen in combinatie met een statisch gewasmodel. Hierbij werd (constante) gewasspecifieke informatie gebruikt van de meest voorkomende vegetaties in Gent. In realiteit zullen gewassen echter mogelijks sterven bij extreme droogte en/of hitte, waardoor ook de verdamping van deze gewassen reduceert. Idem zal bij uitzonderlijk lage grondwaterstanden geen water meer beschikbaar zijn voor gewassen, waardoor eveneens de verdamping afneemt. Hiermee werd geen rekening gehouden. Dit kan mogelijks de grondwaterstanden (en dus ook indirect de andere toestanden van het watersysteem) impacteren. Concreet kan mogelijks de impact van klimaatverandering hierdoor iets te groot ingeschat worden.

- Alle gekende freatische grondwateronttrekkingen werden opgenomen in het model zoals beschreven in §2.2.2. Deze onttrekkingen werden uniform jaarrond verdeeld. Mogelijks zijn er winningen niet gekend, worden andere volumes opgepompt, of is de verdeling over het jaar anders. Ook zijn niet van alle winningen de precieze locaties gekend. De opgepompte volumes van de winningen met onbekende locatie werden verdeeld over de grondwaterzones in het model pro rata de winningsvolumes met gekende locatie.
- De modellering van stromen tussen de waterlopen en freatische laag gebeurde op een vereenvoudigde, fysisch gebaseerde manier. Er zijn geen gegevens beschikbaar om dit te valideren, maar de gebruikte aanpak is gangbaar in de literatuur en werd waar mogelijk gekalibreerd aan grondwaterstanden.
- De interactie tussen diepe en freatische grondwaterlagen werd buiten beschouwing gelaten, net als de flux binnen de ondiepe lagen binnen en buiten het grondgebied Gent. Er zijn geen gegevens beschikbaar om dit te kalibreren. Verwacht wordt dat deze stromen zich opheffen (inkomende stromen dezelfde grootteorde als de uitgaande stromen).

Belangrijkste onzekerheden gerelateerd aan **het stedelijk watersysteem**:

- Het rioleringsmodel werd niet uitgebreid gekalibreerd aan simulaties met een hydrodynamisch model, maar werd gebaseerd op enkele kernparameters van het rioleringsstelsel (die wel afgeleid werden uit simulaties). De impact van het niet uitgebreid kalibreren van dit model is verwaarloosbaar klein, omdat deze studie focust op periodes van droogte.
- De verharde oppervlaktes en hun aansluiting op riolering (of bronmaatregelen) werd bepaald op basis van de gegevens opgenomen in de Hydronautmodellen, en aangevuld met gedetailleerde verhardingskaarten, gegevens uit het GRB en de rioleringsdatabank. Hoewel deze analyse zeer nauwgezet gebeurde, kunnen afwijkingen voorkomen.
- De bronmaatregelen werden geïmplementeerd volgens de beste schatting van de parameters. Voor meer uitleg wordt verwezen naar §4.1.5.6.
- Het leidingwaterverbruik en de parasitaire debieten (zoals drainage via lekke leidingen) werden ingeschat op basis van een analyse van de effluentgegevens van de RWZI's (zie ook §4.1.5.5). Het leidingwaterverbruik is een constante doorheen het jaar, terwijl de parasitaire debieten een sinusoidaal verloop volgen in het model, met een beginnend debiet eind december, een maximaal debiet eind maart/begin april, en vervolgens tegen eind juni terug naar 0 valt. Er is geen informatie bekend over de verdeling van de parasitaire debieten over de afzonderlijke rioleringszones, waardoor het parasitair debiet verdeeld werd over de rioleringszones pro rata hun aangesloten verharde oppervlakte. Dit is wellicht een voldoende nauwkeurige aanname voor het simuleren van periodes van droogte in het kader van deze studie.

Deel III: Kwetsbaarheden en impacts

6 Beschrijving van de droogte impacts onder het huidig en toekomstig klimaat

Dit hoofdstuk beschrijft de impact van droogte op natuur (§6.1), infrastructuur en gebouwen (§6.2), landbouw (§6.3), scheepvaart (§6.4), verzilting (en de gevolgen daarvan; §6.5) en drinkwater (§6.6). De impact op fauna werd niet onderzocht, aangezien er nog minder kennis is omtrent de gevolgen van verdroging op fauna. Veranderingen in vegetaties en waterkwaliteit in sloten en andere oppervlaktewaters ten gevolge van verdroging hebben echter ongetwijfeld ook repercussies op de faunadiversiteit. Soorten die rechtstreeks afhankelijk zijn van natte systemen zijn hierbij extra gevoelig.

6.1 Natuur

De toenemende droogte heeft een grote impact op natuur. In deze tekst bespreken we de impacts van droogte op groenzones in het buitengebied (§6.1.1), stedelijk groen (§6.1.2), open wateren (vijvers en poelen; zie §6.1.3) en waardevolle bodems (§6.1.4). Merk op dat de impact van droogte op fauna niet beschouwd wordt in de studie, maar wel een aandachtspunt is. Verdroging kan bijvoorbeeld leiden tot verminderde plasvorming, wat kan leiden tot minder insecten wat op zijn beurt leidt tot een verminderde voedingsbron voor o.a. vogels. Natuurpunt meldt dat deze impact duidelijk waarneembaar is op o.a. de broedvogelpopulatie in o.a. de Oudlandpolder. Ook andere impacts zijn te verwachten, zoals verminderde drinkwatermogelijkheden voor dieren.

De uitgevoerde modelsimulaties met het massabalansmodel en het Vlaams droogte-instrumentarium (kaarten beschikbaar gesteld via de Vlaamse Milieumaatschappij) tonen aan dat er een sterke daling te verwachten is van het bodemvocht onder droge condities. Paragraaf 5.6 gaat dieper in op deze kaarten. Concreet wordt verwacht dat het gemiddeld aantal “droogtedagen” toeneemt van 37 in het huidig klimaat naar 46 in het klimaat 2050 bij een droogtesituatie die eens in de 10 jaar voorkomt. Voor extremere droogteperiodes die slechts eens in de 50 jaar voorkomen wordt een toename verwacht van 55 naar 62 aantal droogtedagen. De toename is verschillend per gebied. Over het algemeen worden droge zandige bodems meer geïmpacteerd, doordat deze water minder goed kunnen vasthouden. We verwijzen naar paragraaf 5.6 voor de ruimtelijke spreiding van deze toename. Bij deze kaarten en bodemvochtresultaten moeten 2 kanttekeningen gemaakt worden. Ten eerste tonen de kaarten enkel het gemiddeld bodemvocht uitgemiddeld over de bovenste 70 cm van de bodem. Grondwaterafhankelijke vegetaties zijn in vele gevallen echter zeer gevoelig voor zowel een grondwaterdaling als schommelingen, en het bodemvocht uitgemiddeld over de bovenste 70 cm is geen goede indicator. De resultaten van het bodemvocht (en de bijvoorbeeld beperkte veranderingen van het bodemvocht in de meersen- en valleigebieden) zijn dus een te positieve inschatting voor het evalueren van de grondwaterafhankelijke vegetaties. Ten tweede werd het stedelijk systeem vrij rudimentair geïmplementeerd in het Vlaams droogte-instrument dat gebruikt werd om de bodemvochtberekeningen uit te voeren. Deze resultaten zijn voor een stad als Gent dus niet als exact te interpreteren. Wel is het zo dat er een sterke achteruitgang verwacht wordt van het bodemvocht in stedelijke omgevingen doordat er minder neerslag valt in de zomer en bovendien de neerslag in meer extreme vorm valt (en via verharding nog vaak wordt afgevoerd). Hangende grondwatertafels in de stedelijke omgeving kunnen hierdoor ook krimpen of verdwijnen.

De effecten van deze veranderingen kunnen aanzienlijk schommelen afhankelijk van de seizoenen en de standplaatscondities (Richtlijnenboek fauna en flora, Departement Omgeving, 2012). Een vermindering van de hoeveelheid beschikbaar ondiep bodemvocht beïnvloedt rechtstreeks de

vegetatie. Vooral bij hogere temperaturen (in de zomer) heeft een lage waterbeschikbaarheid impact op de fotosynthese, de transpiratie en het koolhydraatmetabolisme, met een afname in groei en eventueel plantenmortaliteit als gevolg. De daling van de waterbeschikbaarheid zorgt voor een vochttekort bij planten en verschuivingen in de samenstelling van de vegetatie. De vegetatie van bepaalde (grond)waterafhankelijke habitattypes kan volledig verdwijnen en vervangen worden door andere vegetaties.

Daarnaast is een verdere verlaging van de grondwaterstanden te verwachten. In het centrum bedragen volgens simulaties met het massabalansmodel de gemiddeld te verwachten dalingen tegen 2050 grootteorde 10 cm (onder de heuvelruggen in het centrum kan dat veel meer zijn, maar dit werd niet geanalyseerd). In het buitengebied varieert de te verwachten gemiddelde daling tussen 40 cm onder de zandruggen tegen 2050, tot 15 cm in de meersengebieden. De veranderingen voor overige gebieden liggen tussen beide in (zie ook §5.4.3).

Naast het kwantitatief aspect van grondwaterverlagingen, kan droogte ook resulteren in een wijziging van de chemische grondwatersamenstelling (kwalitatief aspect; Richtlijnenboek fauna en flora, Departement Omgeving, 2012). Een verlaagde grondwaterstand werkt ook de afbraak van organisch materiaal in de hand omdat de bodem meer lucht bevat, waardoor nutriënten in toenemende mate vrijgesteld worden (interne eutrofiëring). Ook bij bodems met een hoog aandeel aan organische stof kan die versnelde afbraak uiteindelijk leiden tot een irreversibele daling van het bodemoppervlak (inklinken van organische bodems). Veenbodems hebben typisch hoge gehaltes organistische koolstof, net als klei- en leembodems. Permanente graslanden hebben doorgaans ook hogere koolstofgehaltes. Daarnaast worden ook andere oxidatieprocessen versneld. Ammonium wordt omgezet naar nitraat, sulfides naar sulfaten, methaan naar CO2. Deze veranderingen hebben een directe invloed op de nutriëntencyclus van planten en het functioneren van ecosystemen. Bovendien, als de invloed van gebufferd kwelwater wegvalt, kan de invloed van regenwater toenemen, wat kan leiden tot verzuring. Door het samenspel van deze processen wijzigt de soortensamenstelling van een vegetatie. Het is dus duidelijk dat grondwaterafhankelijke vegetaties zeer gevoelig zijn voor verdroging.

Op hoofdlijnen zijn de belangrijkste te verwachten impacts van droogte op (waardevolle) natuur in Gent volgende vier:

1. Verdroging van grondwaterafhankelijke natuur. Zoals hierboven beschreven dalen kweldebieten, grondwaterstanden en bodemvochtgehaltes, waardoor grondwaterafhankelijke terrestrische ecosystemen verdrogen en mogelijk verdwijnen. Voorbeelden zijn de dotterbloemgraslanden en kwelgebonden vegetaties, zoals die bijvoorbeeld voorkomen in de Rosdambeekvallei, het Rozebroekpark, de Vinderhoutse bossen, etc. Dit wordt nader besproken in §6.1.1 onder "waardevolle natuur in het buitengebied" (hoewel niet alle grondwaterafhankelijke systemen echter in het buitengebied vallen, zoals bijvoorbeeld het Rozebroekpark dat in een bebouwde omgeving ligt).
2. Verdroging van vegetaties. De afname van het bodemvocht, grondwaterdalingen en inkrimpen tot zelfs verdwijnen van hangende grondwatertafels heeft een impact op vegetaties. Naast verdroging van grondwatergebonden vegetaties, werd grootschalige droogteschade gerapporteerd in Gent aan beuken. Beuken blijken in het algemeen in Vlaanderen zeer sterk te lijden onder droogte. De impact op stedelijke vegetaties wordt besproken onder §6.1.2.
3. Droogvallende vijvers. Gent telt vele (relatief kleine) vijvers en open wateren, vaak gelegen in kasteelparken. Ten gevolge van de droogte daalt het waterpeil of kunnen deze zelfs droogvallen. Dit wordt verder besproken in §6.1.3.
4. Verdroging van waardevolle (veen)bodems. In het buitengebied van Gent, maar ook fragmentarisch binnen enkele meer verstedelijkte gebieden, zijn er nog niet-antropogene, waardevolle bodems terug te vinden. De droogte kan een grote impact hebben op deze

bodems, in bijzonder op veenbodems die ten gevolge van droogte kunnen "veraarden". Dit is een irreversibel proces, dat ook klimaatmitigatie tegenwerkt doordat hierdoor broeikasgassen kunnen vrijkomen. Dit wordt verder besproken in §6.1.4

Met het RUP Groen wil Stad Gent bestaande groengebieden in Gent planologisch beschermen en nieuwe ontwikkelingen als bosuitbreiding, natuurontwikkeling of parken mogelijk maken. Dit RUP kadert ook in de doelstelling van het stadsbestuur Gent om een klimaatrobuuste stad te worden.

Het RUP Groen vertrekt hierbij vanuit volgende doelstellingen en is dus een zeer waardevol instrument met oog op beschermen van deze gebieden tegen verdere verdroging:

- planologisch beschermen van bestaande groengebieden, waaronder zowel parken als waardevolle natuur en bos;
- de herbestemming van bijkomende groenzones in functie van de realisatie van de gewenste groenstructuur.

6.1.1 Groen in het buitengebied en waardevol groen

Deze paragraaf focust op het groen in het buitengebied, alsook waardevol groen (zoals gekarteerd in de biologische waarderingskaart van Gent) over het ganse grondgebied. Stedelijk groen in het algemeen wordt apart behandeld in de volgende sectie.

Deze paragraaf bespreekt eerst de gevoeligheden en kwetsbaarheden van vegetaties aan droogte aan de hand van kaartmateriaal. Vervolgens wordt een aparte impactkaart besproken die specifiek focust op de meest waardevolle vegetaties in Gent. Tot slot worden enkele belangrijke droogte-impacts uitgelicht voor verschillende gebieden in Gent.

6.1.1.1 Gevoeligheid- en kwetsbaarheidskaarten verdroging

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) maakt ecotoopgevoeligheids- en –kwetsbaarheidskaarten op voor verdroging, eutrofiëring en verzuring (zie ook Vriens en Peymen, 2017) voor gans Vlaanderen. Hierbij werd op basis van onderzoek een score toegekend voor de gevoeligheid en kwetsbaarheid voor elk van deze verschillende milieudrukken voor meer dan 1.000 ecotopen die voorkomen in Vlaanderen. Stad Gent brengt via inventarisaties ook het voorkomen van ecotopen in kaart op het eigen grondgebied. Zo publiceerde de Stad nog in 2021 een vernieuwde versie van de Biologische Waarderingskaart (BWK) Gent (op basis van inventarisaties tot en met 2019).

Deze beide informatiebronnen werden gecombineerd, zijnde de gevoeligheid- en kwetsbaarheidskengetallen per ecotoop en het voorkomen van ecotopen op basis van de biologische waarderingskaart Gent. Dit leverde specifieke gevoeligheids- en kwetsbaarheidskaarten voor verdroging op voor Stad Gent, die hieronder worden besproken. De biologische waarderingskaart van Gent is echter iets meer verfijnd dan de Vlaamse versie. Gent gebruikt een 25-tal bijkomende karterngseenheden, waarvan tuincomplexen (eenheden 1 tot en met 3) en gazon met meer algemene soorten (hg) ruimtelijk gezien het meeste voorkomen. Voor deze eenheden zijn er geen gevoeligheidsgetallen beschikbaar. Deze werden dan ook niet gekarteerd. Daarnaast wordt er in de biologische waarderingskaart van Gent voor sommige gebieden gewerkt met een vaste eerste eenheid die echter geen info geeft over de waardevolle ecotopen. De ecotopen worden in een tweede eenheid opgenomen. Het betreft de karteringseenheden park (kp), kasteelpark (kpk), opgehoogd terrein (kz), talud (kt) en begraafplaatsen (kk).

De gevoeligheid van een ecotoop voor verdroging wordt hierbij gedefinieerd als de mate waarin een milieudruk impact kan hebben op een karteringseenheid (Vriens en Peymen, 2017). Het gevoeligheidsgetal geeft een indicatie van de mate waarin de huidige vegetatie in het algemeen zal

wijzigen als gevolg van gewijzigde milieuomstandigheden (i.c. verdroging). De gevoeligheidsgetallen zijn verkregen van INBO, en volgende interpretatie geldt:

1. De ecotoop is tolerant voor droogtestress
2. De ecotoop is niet gebonden aan grond- of oppervlaktewater, maar is wel gevoelig voor droogtestress.
3. De ecotoop is soms of in beperkte mate grond- of oppervlaktewatergebonden, of is in de huidige toestand vrij ongevoelig voor droogtestress.
4. De ecotoop is vooral gebonden aan oppervlaktewateren.
5. De ecotoop is grondwatergebonden, zeer gevoelig voor droogtestress.

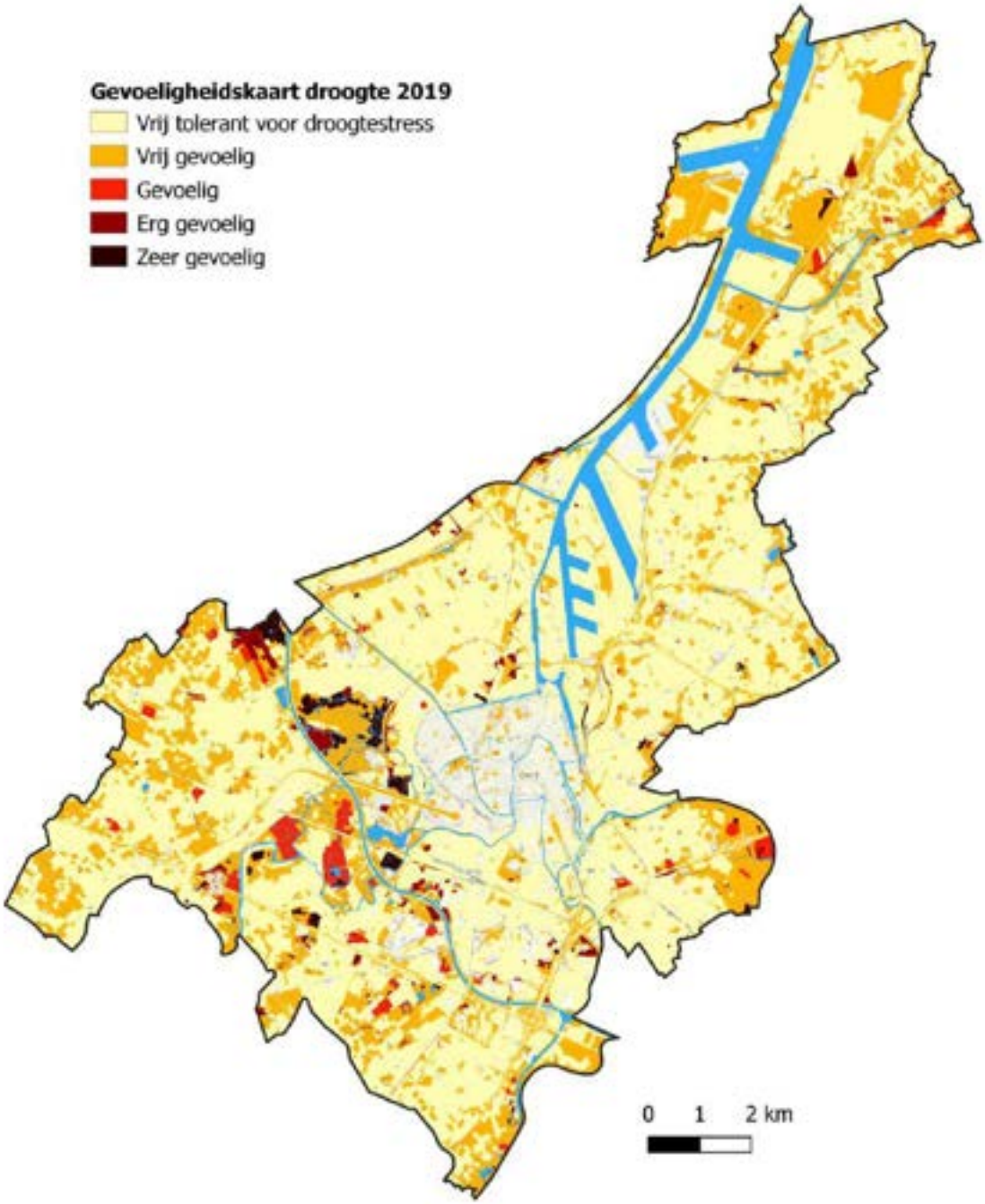
De kwetsbaarheid is de combinatie van de gevoeligheid van een ecotoop voor droogte en de biologische waardering van de ecotoop. De kwetsbaarheid wordt bepaald via volgende matrix (Vriens en Peymen, 2017):

		1	2	3	4	5	gevoeligheid
Waardering	1	1	1	2	2	2	
	2	1	2	3	3	4	
	3	1	3	3	4	4	

Voor waardering geldt: 1 is biologisch minder waardevol, 2 is biologisch waardevol en 3 is biologisch zeer waardevol volgens de BWK.

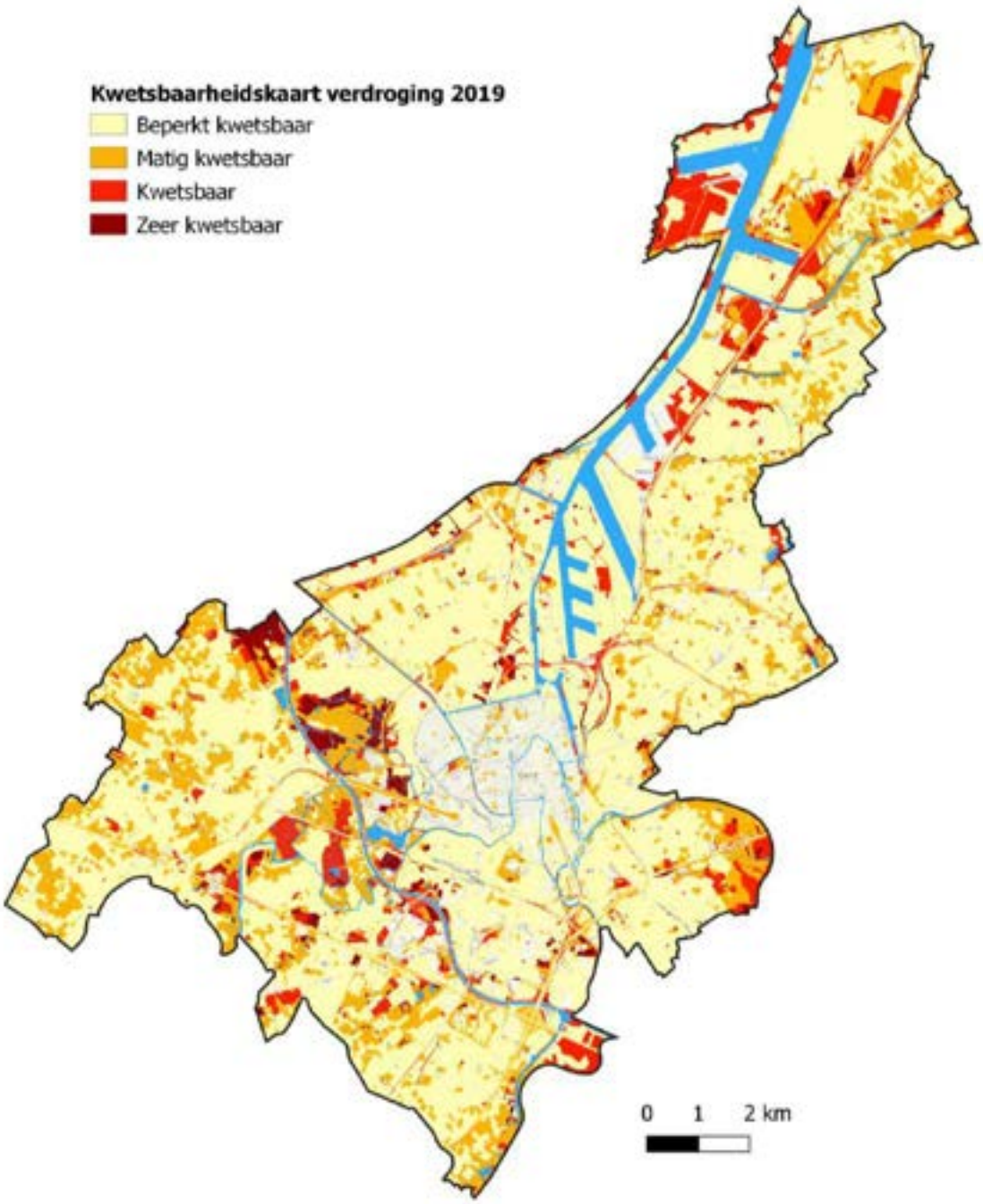
Zeer gevoelige ecotopen die ook een hoge biologische waarde hebben, krijgen dus de hoogste kwetsbaarheidsscore.

Figuur 124 toont de gevoeligheidskaart voor verdroging voor Gent (op basis van de biologische waarderingskaart Gent) op basis van de inventarisatie en het onderzoek uitgevoerd in 2019. Onmiddellijk springen de meest gevoelige zones in het oog waar grondwatergebonden vegetaties voorkomen, zijnde de Vinderhoutse bossen, het natuurgebied Bourgoyen-Ossemeersen, Malemmeersen, Sneppemeersen, de Rosdambeekvallei, enkele percelen in de vallei van de Leie, een beperkte oppervlakte van de Gentbrugse Meersen, een sporadisch perceel in de Moervaartvallei en in het noordelijk havengebied. Dit zijn de gebieden die het meest gevoelig zijn voor verdroging (grotere clusters met “zeer” gevoelige gebieden). Daarnaast is een zeer groot aantal gebieden ook (sporadisch zeer) gevoelig voor droogte. Het betreft in hoofdzaak dezelfde gebieden als waar ook grondwatergebonden vegetaties voorkomen, aangevuld met o.a. de vallei van de Moervaart, het gebied Assels, de Scheidbeekvallei, tal van percelen in het stroomgebied van de Meirebeek (grondgebied Drongen/Baarle) en percelen in de haven.



Figuur 124: Gevoeligheidskaart verdroging van Gent (op basis van de biologische waarderingskaart Gent versie 2019).

Figuur 125 toont de kwetbaarheidskaart voor verdroging, die dus de combinatie is van de biologische waarderingskaart en de gevoeligheid. Logischerwijs vertoont deze kaart een grote gelijkenis met de gevoeligheidskaart voor verdroging, maar er wordt meer nadruk gelegd op de waardevolle percelen. Een aantal percelen in Baarle en Drongen, bijvoorbeeld, vallen hierdoor in een lagere kwetsbaarheidsklasse. Het betreft bijvoorbeeld soortenarme graslanden.



Figuur 125: Kwetsbaarheidskaart verdroging voor Gent, opgemaakt op basis van de biologische waarderingskaart van Gent (inventarisatie 2019).

De concrete impact van de toenemende droogte op deze kwetsbaarheden en gevoeligheden is moeilijk te bepalen. De opgemaakte bodemvochtkaarten tonen wel de afname van het bodemvochtgehalte, maar deze kaarten focussen op individuele extreme periodes van droogte (bijvoorbeeld een situatie die eens per 10 jaar of per 50 jaar voorkomt). Het is net de opeenvolging van droge periodes bijvoorbeeld die het voorkomen van ecotopen kan bemoeilijken. Daarnaast tonen de bodemvochtkaarten de afname van het bodemvocht in de bovenste 70 cm van de bodem. Voor veel soorten, echter, zijn veranderingen op geringere diepte reeds van groot belang. In het bijzonder is dit het geval voor de grondwatergebonden vegetaties. De bodemvochtkaarten zijn in de huidige vorm bijgevolg minder geschikt om de impact op (grondwatergebonden) vegetaties in te schatten. Naast veranderingen in bodemvochtgehalte zal ook de waterkwaliteit veranderen, met ook een impact op het voorkomen van de meest gevoelige vegetaties. Ook dit is zeer moeilijk te bepalen, en

werd bijgevolg niet gekwantificeerd. Daarom kan niet gezegd worden binnen deze studie welke veranderingen op vlak van ecotopen precies te verwachten zijn.

Gezien de sterke verdroging op vlak van bodemvocht en grondwaterstanden die verwacht wordt, raadt de studie aan om een "voorzichtigheidsprincipe" te hanteren voor alle (zeer) gevoelige en kwetsbare zones. De afgelopen jaren is immers reeds een sterke verdroging waargenomen op het terrein, met het inkrimpen (en verdwijnen) van grondwatergebonden en andere gevoelige vegetaties. Het is dan ook van groot belang om bijkomende acties te ondernemen die zorgen voor vernatting en een grotere waterbeschikbaarheid, en deze vegetaties beschermen.

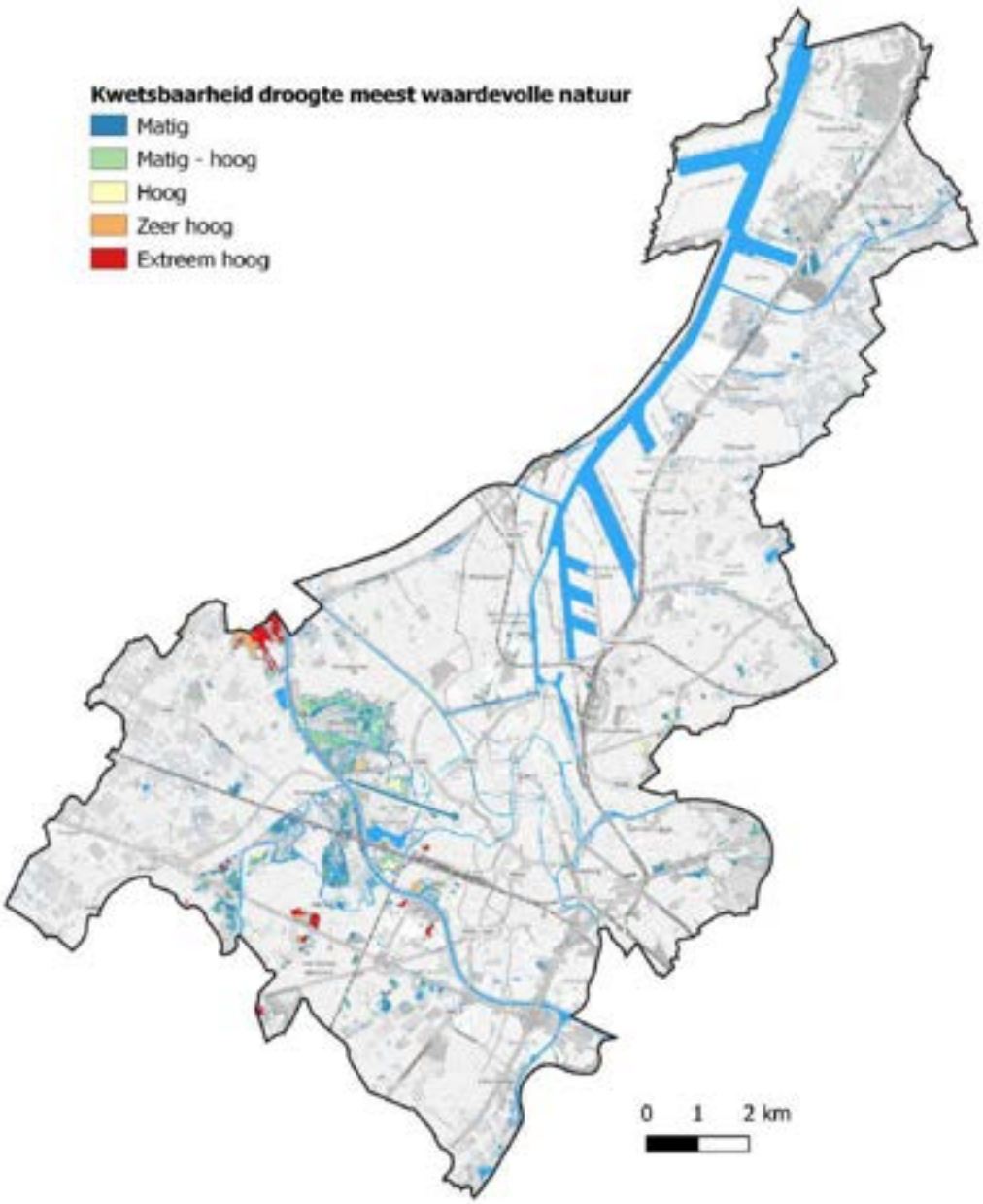
6.1.1.2 Impactkaart meest waardevolle vegetaties

Deze paragraaf toont een aparte potentiële impactanalyse die specifiek focust op de meest waardevolle vegetaties. Het is van belang om op te merken dat veel meer ecotopen kwetsbaar zijn voor verdroging dan enkel in deze paragraaf toegelicht, zoals ook reeds geduid in de vorige sectie.

Voor het karteren van de potentiële impact op de meest waardevolle vegetaties werd een zeer gelijkaardige aanpak gehanteerd als in de opdracht voor de opmaak van het Vlaams reactief afwegingskader voor waterschaarste en droogte (Willems et al., 2021). Concreet werden onderstaande kaarten gecombineerd. Voor elke 5 x 5 meter pixel op grondgebied Gent werd een score berekend op basis van deze kaartlagen zoals weergegeven:

- Watersysteemkaart (Staes en Meire, 2020). Gebieden die gelegen zijn in groene (tijdelijk natte) of blauwe (permanent natte) gebieden, krijgen een score 1, de overige 0.
- Ecotoopkwetsbaarheidskaart verdroging (zie ook §6.1.1.1). Gebieden met een kwetsbaarheid groter dan 3 krijgen een score 2, groter dan 2 een score 1, en de overige 0.
- Biologische waarderkingskaart Gent. De zeer waardevolle percelen krijgen een score 3, de waardevolle een score 2, de percelen met een complex van minder tot zeer waardevolle een score 1, en de overige een score 0.
- Habitat-kaart. De gebieden met habitats krijgen een score 4, met potentiële habitat 3, onzekere habitats een 2 en de overige een score 1.

Alle scores worden met elkaar vermenigvuldigd, en genormaliseerd. Op die manier wordt de focus dus zeer sterk gelegd op de meest waardevolle percelen.



Figuur 126: Kwetsbaarheidskaart meest waardevolle natuur.

Figuur 126 toont het resultaat van de analyse. Enkel de meest waardevolle gebieden waar potentieel de hoogste impact te verwachten is, zijn weerhouden. De Vinderhoutse bossen springen duidelijk naar voren in de kaart. In deze bossen is ook al sterke verdroging waargenomen op het terrein de afgelopen decennia, wat mogelijks deels veroorzaakt wordt door het nabijgelegen Duivelsputgemaal (Vinderhoute) dat waterlopen in het stroomgebied op een artificieel lager peil houdt (o.a. om overstromingsrisico's te beperken). In kader van de opmaak van een beheerplan voor deze Groenpool loopt op dit moment een ecohydrologische studie waarin ook de waterhuishouding wordt herbekeken met oog op het nemen van maatregelen tegen verdere verdroging.Daarnaast zijn er enkele gebieden in de valleien van de Rosdambeek en Leie die onder de hoogste potentiële impactklasse vallen, alsook percelen rond het Vossenbos.

Het gebied van de Bourgoyen-Ossemeersen is het grootste aaneengesloten gebied dat geïdentificeerd wordt in de kaart. Dit is een uniek natuurgebied dat bevloeid wordt vanuit de omliggende kleinere waterlopen in de winter. De "afgraving" wordt op een artificieel peil gehouden

om maximale natuurwaarden te creëren. Verdroging manifesteert zich hier ook echter reeds geruime tijd, zoals ook o.a. onderzocht in Packet et al. (2011).

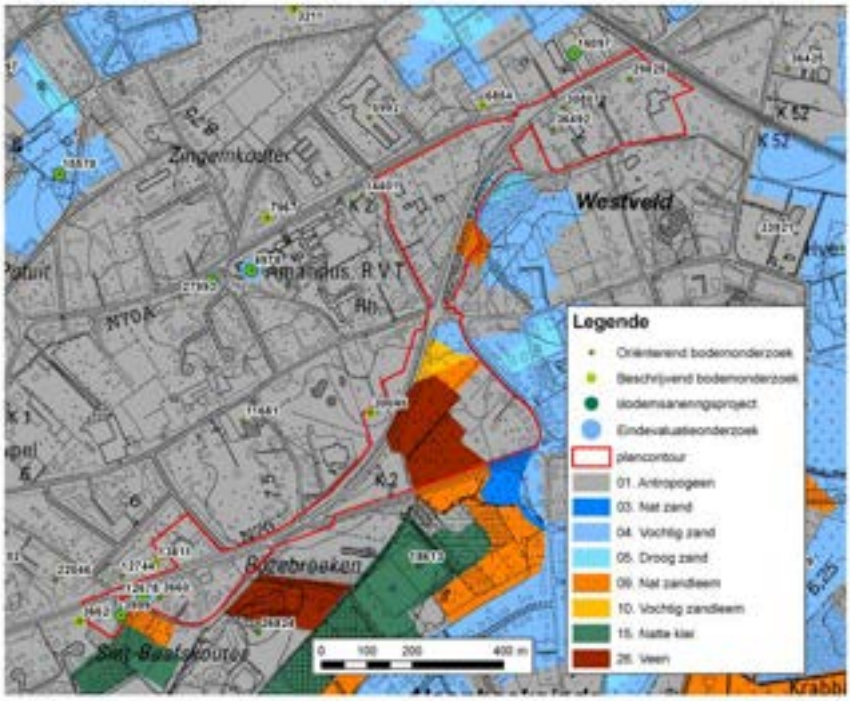
Er wordt dieper ingegaan op enkele problematieken van natuurgebieden in §6.1.1.3.

6.1.1.3 Uitgelichte locatiespecifieke droogte-impacts

Deze paragraaf licht enkele locatiespecifieke droogte-impacts toe. Ook worden mogelijke oplossingen voor de problematieken kort aangeraakt waar mogelijk. Hoofdstuk 8 en en het Actieplan in Hoofdstuk 10 (met name §10.7.3 die focust op natuur) gaan echter dieper in op de oplossingen.

Rozebroeken (Sint-Baafskouterpark)

Dit gebied is gelegen in Sint-Amandsberg. Zoals de naam doet vermoeden is dit een van nature zeer nat gebied. Een deel van het gebied ligt de grondwaterkwetsbaarheidskaart binnen categorie Ca13, wat wil zeggen dat het grondwater zeer kwetsbaar is. De niet antropogene bodem binnen het plangebied hebben drainageklasse c tot f, wat wil zeggen dat theoretisch het grondwater zich op een gemiddelde diepte van 0 tot 90 cm kan bevinden onder het maaiveld. Het gebied heeft dus vochtige tot zeer natte bodemcondities. Het gebied bevat een aantal zones die zeer gevoelig zijn (type 1) voor grondwaterstromingen (ondiep grondwater). Er zijn enkele niet-infiltratiegevoelige zones bekend. Dit zijn voornamelijk kleiige of venige zones die gevoelig zijn voor grondwaterveranderingen. Een voorbeeld van zo'n veenbodem is de driehoek die gevormd wordt tussen de Koerspleinstraat, Nieuwelaan en de Alfons Braeckmanlaan. Veenbodems, en bodems met veenbijmenging, zijn zeer gevoelig voor verdroging. De impact van verdroging op waardevolle bodems wordt verder besproken in §6.1.4.



Figuur 127: Bodemkaart met bodemonderzoeken OVAM van Rozebroeken.

Ten gevolge van verdroging wordt een verder verlies aan kwelwater verwacht, waardoor waardevolle graslanden bedreigd worden. Een voorbeeld hiervan zijn de dotterbloemgraslanden aan de noordelijke schapenweide, maar eveneens de schapenweide aan de Herlegemstraat verdroogt. De oorzaken kunnen echter velerlei zijn, en zijn wellicht een combinatie van o.a. de toenemende verharding, bemalingen, drainage, … De verharding is geen lokaal probleem, maar omringt ondertussen de ruime omgeving van het Rozebroeken. Er zijn recent al enkele knelpuntlocaties

vastgesteld door de Groendienst en Farys, waarna lokaal al enkele locaties zijn voorzien van zandzakjes om het water langer op te houden. Bijkomend onderzoek is nodig of de grachten langs de Rozebroekbeek drainerend werken op de omgeving. In dat geval zal immers het bijkomend afleiden van water naar de natuur slechts beperkt effectief zijn, aangezien dit bijkomend water door deze grachten terug gedraineerd zou worden. In dat geval is het verondiepen van grachten nodig, en/of het plaatsen van stuwtjes (zie ook §§10.7.3).

Bloemekenspark

Het Bloemekenspark bevindt zich in de gelijknamige wijk, op de grens met de wijk Rabot. Het Bloemekenspark bevindt zich in het brongebied van de Lieve. Er komen grondwater- en oppervlaktewatergebonden vegetaties voor, zoals vochtig wilgenstruweel. Ook zijn er nog niet-antropogene bodems aanwezig die bestaan uit veen.

Ten tijden van de bouw van de nabijgelegen brandweerkazerne is er een stijging waargenomen van de grondwaterspiegel. De damplanken aan de Roggestraat stuwden het grondwater afkomstig van de Bloemekenswijk op. Het Bloemekenspark was het jaarrond waterhoudend in die periode. Deze zaken wijzen op een gevoelig grondwatersysteem waarbij (ruimtelijk relatief beperkte) verstoring in de waterhuishouding een grote impact kunnen hebben.

De laatste jaren zakt in de zomer het water echter zodanig dat het park volledig droog staat. Het is niet duidelijk of dit enkel het gevolg is van de algemene verdroging of er ook andere elementen een invloed hebben gehad, zoals bijvoorbeeld door bouwwerken en/of rioleringswerken in de omgeving of door het ruimen van de Lieve.

Het is duidelijk dat er in de toekomst aandacht moet zijn voor het niet verstoren van de grondwaterhuishouding en voldoende vooronderzoek (metingen, boringen). De nabijgelegen FNO site wordt nog volop ontwikkeld. Men moet waken dat eventuele bemalingen of werkzaamheden in de ondergrond niet zorgen voor een verdere drainage of verdroging van het gebied. Daarom is het, reeds bij planning van nieuwe ontwikkelingen, van groot belang de hydrologie en de mogelijke impact op het watersysteem te onderzoeken. Zo kunnen tijdig randvoorwaarden worden meegegeven en de impact zo klein mogelijk gehouden worden . Gezien de grote hoeveelheid verharding in de omgeving kan men ook overwegen om verharding te laten afstromen naar deze zone in een RWA-visie. Men moet hierbij wel waken over de waterkwaliteit van het afstromend water, en bovendien erop letten dat de samenstelling van het grondwater niet fundamenteel verandert. Zuivering van het afstromend hemelwater via riet is een optie die onderzocht kan worden in dat kader.

Tijdens een plaatsbezoek op 13/07/2021 werd vastgesteld dat het waterpeil zeer hoog staat in het gebied ten gevolge van een periode van aanzienlijke regen. In het park zelf stond ook water op het maaiveld. Dit wijst erop dat het ook een deels neerslaggebonden systeem is.

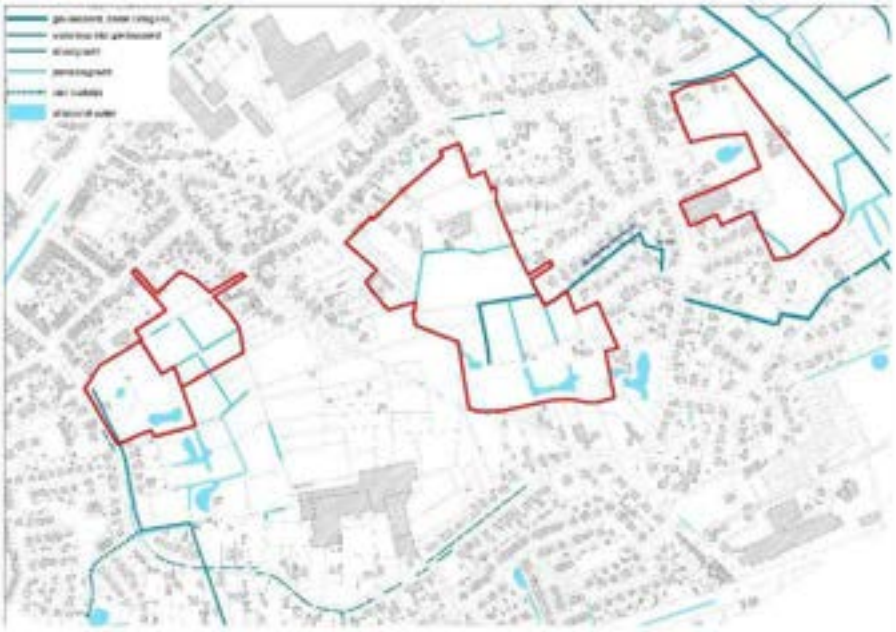
Oude Bareel

Tussen de spoorlijn Gent-Antwerpen en R4 ligt de zone Oude Bareel. Bepalend in de omgeving van Oude Bareel is de oost-west georiënteerde Ledebeek (nr S202 ten zuiden van de wijk), die oostwaarts richting Lochristi/Destelbergen stroomt. Ter hoogte van Oude Bareel zijn de noord-zuid georiënteerde zijbeken van deze Ledebeek te vermelden: Achtenkouterloop nr 17 (2 delen) en Achtendriesloop. Aan de westzijde van deze zandrug is er een duidelijke oost-west-gradiënt: van hoger/droog in het oosten naar lager/nat in het westen.

In de Oude Bareel komt op enkele centrale percelen zeer waardevolle zuur eikenbos voor, alsook eiken-berkenbos. In het westen is er een biologisch waardevolle natte kwelzone, met onder andere een zeer waardevolle veedrinkpoel in permanent cultuurgrasland. Bovendien zijn er op grotere schaal waardevolle bodems . Waardevolle graslanden zijn in dit gebied al deels verdwenen ten gevolge van ophoging maar ook door drainage.

In dit gebied bevindt zich ook een bufferbekken met pompgemaal dat beheerd wordt door de Polder Moervaart en Zuidlede in de Veldekensstraat in Oostakker. Het bekken en de aangrenzende waterloop wordt bewust op een peil lager dan de gemiddeld hoogste grondwaterstand gehouden om voldoende buffering te creëren om wateroverlast op te vangen. Een ecohydrologische studie (2019) uitgevoerd door Antea in opdracht van Farys, gaf aan dat er ten gevolge van het gemaal in het natuurgebied grenzend aan het bekken verdroging is opgetreden door het feit dat de bodem van het bufferbekken onder de gemiddelde hoogste grondwaterstand ligt. Dergelijk voorbeeld toont de nood aan voldoende vooronderzoek en een integrale aanpak die bij het zoeken naar oplossingen tegen wateroverlast ook de risico's op verdroging beschouwt (zie ook Actieplan in §10.7.3). .

Figuur 128 toont vier zones waar nog nieuwe residentiële ontwikkelingen gepland staan. Ook bij dergelijke projectontwikkelingen is het van belang te waken over het vermijden van verdere verdroging, zowel tijdens de bouw alsook op langere termijn. In het bijzonder sluit de beoogde ontwikkeling in het oosten aan op (zeer) waardevolle graslanden en nattere zones. Verder zijn er in dit gebied ook verschillende erg diepe baangrachten die wellicht drainerend werken op de ruimere omgeving. In kader van de opmaak van dit masterplan wordt daarom de hydrologie van dit gebied mee beschouwd om de inrichting zo optimaal mogelijk af te stemmen op het watersysteem.



Figuur 128: Zones aangeduid in het rood met geplande residentiële ontwikkelingen.

Rosdambeekvallei

De Rosdambeekvallei bevindt zich in het zuiden van Gent. De vallei wordt gekenmerkt door waardevolle grondwatergebonden natuur, zoals alluviaal elzenbos, en het kasteelpark Borluut. Daarnaast bestaat bijna het ganse valleigebied dat grenst aan de Rosdambeek uit waardevolle bodems volgens de Gentse bodemwaarderingskaart (zie Figuur 42). In het valleigebied werden veel percelen echter geheel of gedeeltelijk opgehoogd in de tweede helft van de twintigste eeuw, waardoor in de bovenste lagen antropogene texturen te vinden zijn. Hieronder bevinden er zich nog waardevolle bodems.

De Groendienst van stad Gent geeft aan dat er reeds een belangrijke verdroging is opgetreden van deze bodems. Veenlagen zijn bijvoorbeeld veraard ten gevolge van verdroging die veroorzaakt zou zijn door verdieping van de beek. Hierdoor daalt ook het grondwaterpeil, met verdroging van de omliggende gronden als gevolg. Ook de grondwatergebonden vegetaties staan onder druk. Ten gevolge van klimaatverandering zullen deze problemen met zekerheid verder toenemen. De precieze impacts van klimaatverandering op deze vegetaties en bodem vergt verder onderzoek op fijnere

schaal. Ook in dit gebied bevindt zich een deelgebied uit het Groen RUP. Hier zal dus ook de waterhuishouding een grote rol spelen bij de (her)inrichting er van.

Groene Banaan en Hogeweg

De omgeving van Groene Banaan en Hogeweg was vroeger een meersengebied. Nu is het groen in de omgeving een kwelgebied, dat voor een groot deel gevoed wordt door het opgehoogde spoorwegterrein. Ten gevolge van de kwel komen er relatief grote hoeveelheden water naar boven.

Op de Rietgracht ter hoogte van het Veenakkerpad, verpompte in het verleden een pomp dit instromend kwelwater naar het nabijgelegen dok. Het lage aanslagpeil van de pomp werd in het verleden zo ingesteld om de risico's op wateroverlast (in deze dicht bebouwde typologie) voldoende laag te houden. Rond 2016 is de pomp uitgeschakeld omdat uit de modellering bleek dat de pomp geen wezenlijk positief effect had op het voorkomen van wateroverlast. Door het uitschakelen van de pomp werd zo bovendien ongewenste drainage van grondwater en verdroging voorkomen (zie ook §10.5.3).

Vinderhoutse bossen

De Groenpool Vinderhoutse bossen is een bijzonder waardevol moerasbos. Quasi het ganse gebied bestaat uit waardevolle bodems, die deels veenhoudend zijn. Het merendeel van het gebied bestaat uit elzenbossen met zeggen, wilgenstruweel en permanent cultuurgrasland.

De Groendienst van de stad rapporteert een significante achteruitgang van de grondwatergebonden vegetaties ten gevolge van verdroging. Er zijn meerdere mogelijke oorzaken, zoals drainage door nabijgelegen grachten, veranderingen in meteorologische condities of drainage door het nabijgelegen Duivelsputgemaal. Verder onderzoek is nodig om de oorzaken van verdroging te bepalen. In kader van de opmaak van een beheerplan voor deze Groenpool loopt op dit moment een ecohydrologische studie die de impact van verdroging op het SBZ onderzoekt en waarin de waterhuishouding wordt herbekeken met oog op het nemen van maatregelen tegen verdere verdroging.

Gentbrugse meersen

De Gentbrugse meersen is een van nature nat gebied. Honderden jaren werd er op het zuidelijk deel een vloeiweidesysteem toegepast, waarbij in de winter sporadisch water werd binnengelaten uit de Schelde om zo vernatting te realiseren. Ook bevond er zich een meander van de Schelde die het (noordelijk deel) doorkruiste. In de jaren '50 van vorige eeuw werd het gebied deels omgevormd tot een stortplaats, waardoor het gebied op sommige plaatsen sterk vervuild raakte en er waakzaam moet worden omgesprongen met afgravingen in dit gebied.

De Gentbrugse meersen worden doorkruist door de Rietgracht. Op de Rietgracht bevindt er zich een gemaal in beheer door Farys. De start- en stoppeilen van dit gemaal zijn laag ingesteld om de risico's in de opwaartse woonwijk te beperken. Hierdoor treedt echter ook verdroging op (zie o.a. Haskoning, 2008).

Op vlak van natuurwaarden zijn er enkele natte weilanden terug te vinden die als biologisch zeer waardevol te beschouwen zijn. De meeste percelen hebben een "waardevolle" kartering in de voorlopige versie van de biologische waarderingskaart van Gent (inventarisatie van 2019).
Momenteel is men bezig met de opmaak van een inrichtingsplan voor het noordelijk deel van de Gentbrugse Meersen en een beheerplan voor de gehele groenpool, waarin ook de waterhuishouding mee wordt bekeken. Het lijkt wenselijk om de na te streven natuurwaarden voor het gebied te bepalen, afgestemd op de waterbeschikbaarheid die hersteld of gecreëerd kan worden. Dit dient samen bekeken te worden met het in ontwikkeling zijnde Sigmaplan, dat de aanleg van een gecontroleerd overstromingsgebied met gereduceerd tij (GGG) onderzoekt. Voor het Noordelijk deel van de

Gentbrugse meersen wordt in het inrichtingsplan vooropgesteld om regenwater langer vast te houden en om in droge periodes Schelde water gecontroleerd in te laten.

6.1.2 Groen in de sterk verstedelijkte omgeving

Verdroging heeft ook een grote impact op het groen in de verstedelijkte omgeving. Het grootste probleem is de daling van de waterbeschikbaarheid voor het groen, met name in de vorm van afnemend bodemvochtgehalte, dalende grondwaterstanden (enkel op locaties waar het grondwater slechts ondiep zit) en het inkrimpen en verdwijnen van hangende grondwatertafels (voornamelijk in het centrum op de hoger gelegen locaties). Naast de verdroging hebben andere klimaateffecten ook een grote impact, zoals de toenemende hittestress en opkomst van exoten. Door het warmere voorjaar bloeien bloesems ook vroeger, terwijl er wel nog periodes van vorst kunnen optreden. Dit gebeurde bijvoorbeeld ook in het voorjaar van 2021, met significante schade aan bloesems als gevolg. Deze andere klimaateffecten worden evenwel niet verder behandeld in deze tekst.

De verdroging leidt tot een hogere inboet. Inboet is het heraanplanten van vegetaties die afgestorven zijn. De groendienst van de stad geeft aan dat er bij de soortenkeuze reeds rekening gehouden wordt met het vaker voorkomen van droogtes. De ervaringen op het terrein geven aan ook dat jonge aanplant het consistent veel slechter doet dan de (meeste) oudere bomen of spontane zaailingen. Er is veel bewatering nodig om het jonge plantgoed in leven te houden. De watergift is de afgelopen jaren dan ook sterk toegenomen, maar er zijn (nog) geen concrete cijfers beschikbaar over de hoeveelheden gebruikt water om te irrigeren.

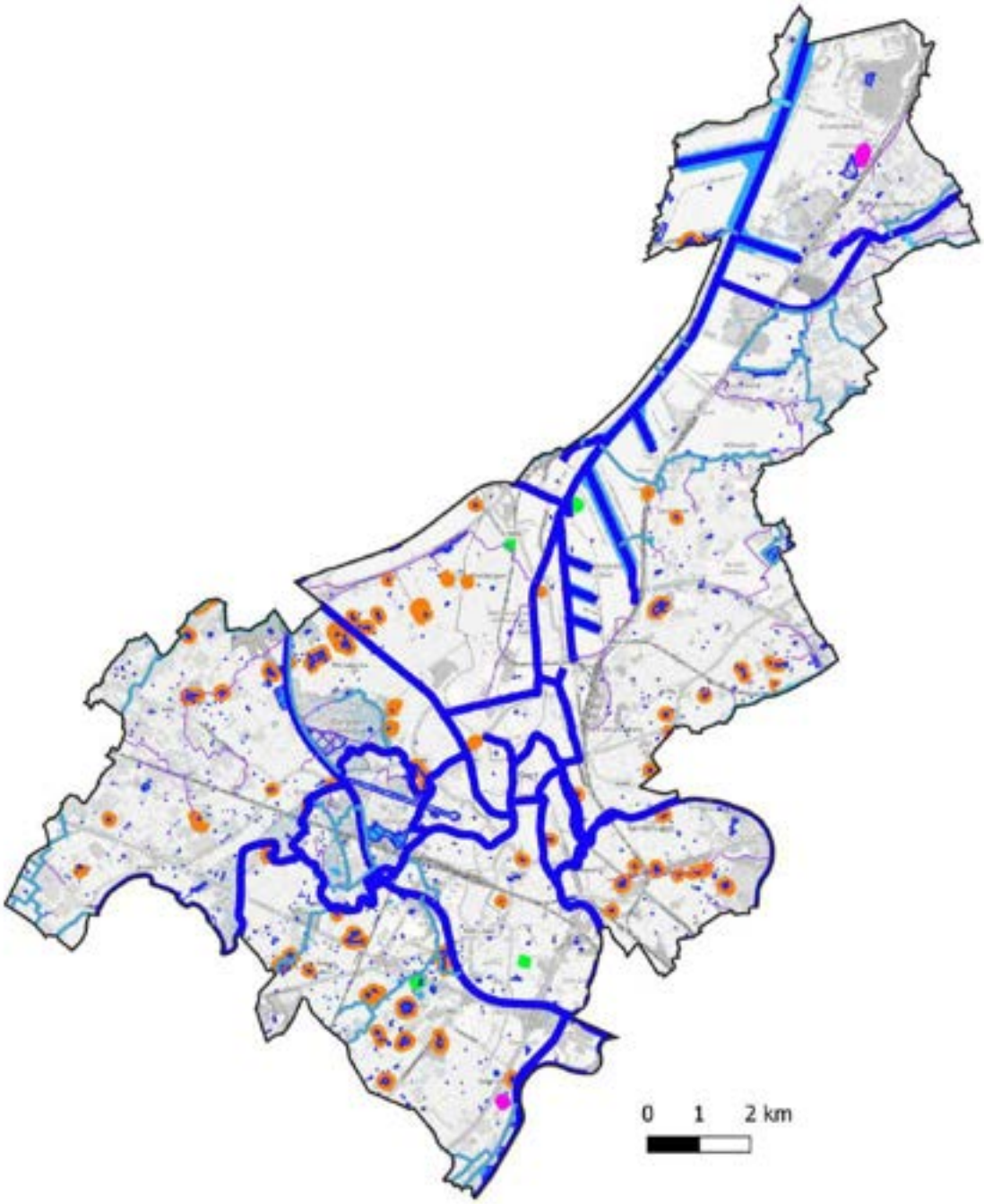
We verwijzen naar Bijlage A voor een bespreking van de beschikbare inboetcijfers voor stad Gent, de gezondheidstoestand van geïnventariseerde bomen en enkele niet-kwantitatieve beschouwingen rond de impact van verdroging op stedelijk groen.

Verwacht wordt dat ten gevolge van klimaatverandering het stedelijk groen verder onder druk zal komen te staan. In bijzonder op locaties met veel verharding in combinatie met dieper gelegen grondwater kan de verdroging een grote impact hebben. Dit is bijvoorbeeld het geval voor het Citadelpark in het centrum. Het is daarom van belang om het stedelijk domein aangepast in te richten zodat afstromend hemelwater kan infiltreren en dit water ter beschikking komt van vegetatie (zie ook de kansenkaart voor slimme ontharding in §8.4.2; en Actie 16 uit het actieplan §10.10. In de uitgewerkte visie (zie Deel IV van dit rapport) gaan we hier dieper op in.

Daarnaast is ook een aangepast groenbeheer belangrijk om de gevolgen van klimaatverandering op te vangen. Dit omvat o.a. een voldoende watergift voorhet jonge plantgoed. Hiertoe is het nodig om duurzame waterbronnen in kaart te brengen en zo nodig bijkomend te voorzien. Men moet rekening houden met toenemende verzilting op o.a. de Ringvaart en het Kanaal Gent-Oostende, alsook een dalende waterbeschikbaarheid en captatieverboden, zodat waterinname uit het kanaal in de toekomst mogelijks beperkt zal worden. Daarnaast is een aangepaste soortenkeuze van belang die meer resistent is tegen extreme droogte (en hitte). Door bij aanplant van groen ook schimmels zoals mycorrhiza te voorzien, kan de potentiële wateropname van planten bevorderd worden. Deze schimmel breidt het netwerk van de wortels van de plant immers sterk uit. Ook kan een aangepast beheer van het bestaand groen helpen in de strijd tegen droogte. De groendienst heeft positieve ervaring met mulchen. Dit is het voorzien van een beschermende laag (organisch materiaal) op de bodem. Op die manier wordt de directe verdamping vanuit de ondergrond beperkt, en kan er op die manier meer water vastgehouden worden in de bodem.

6.1.3 Vijvers, poelen en andere stilstaande wateren

Gent telt een groot aantal vijvers. Op basis van de Watervlakken GIS-kaartlaag van de Vlaamse Overheid zijn er zo'n 240 vijvers in Gent met een oppervlakte groter dan 500 m². Verschillende van deze vijvers zijn gelegen in kasteelparken, en herbergen diverse vegetatiesoorten. Een groot deel heeft dan ook een biologisch belangrijke waarde voor Gent: ongeveer 140 percelen met stilstaande open waters zijn opgenomen in de Biologische Waarderingskaart Gent. Deze zijn ook aangeduid op Figuur 129.



Figuur 129: Watervlakken (blauw; bron: Watervlakken Geopunt) met aanduiding van de biologische waardering (groen = minder waardevol; oranje is waardevol; paars is zeer waardevol).

Ten gevolge van verdroging daalt de grondwatertafel en voeding van vele vijvers. Vijvers die gelegen zijn in zandgronden zijn extra gevoelig voor verdroging ten gevolge van de verminderde grondwatervoeding. De afgelopen jaren zijn er sterke peildalingen waargenomen op vijvers,

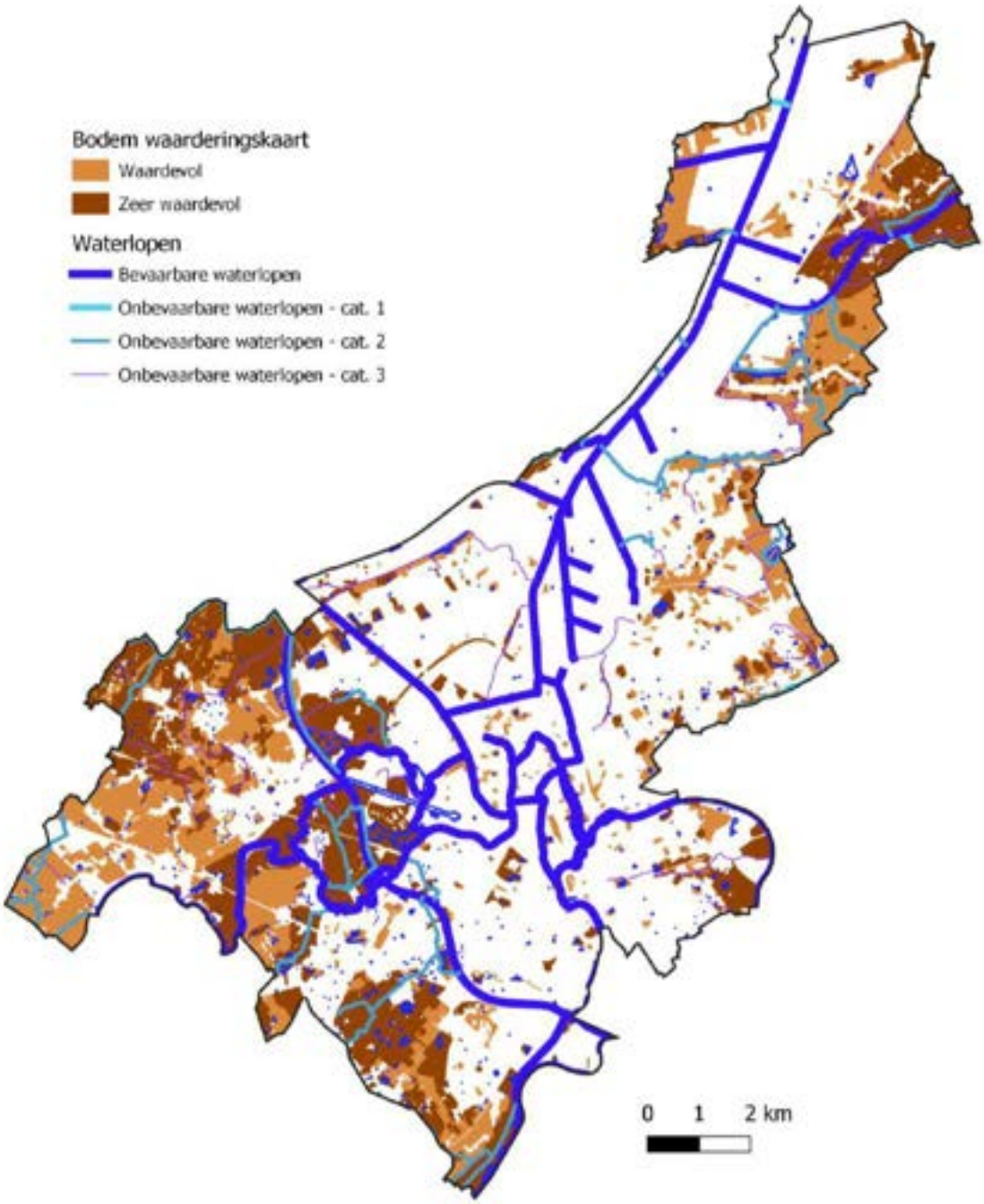
waaronder bijvoorbeeld in het Frans Toch park (zie ook de foto's in §3.4.2), het Astridpark, Pieters Cieters. Ook slotgrachten in kasteelparken werden getroffen door de verdroging, zoals in de parken Claeys-Bouart, de vijver van het kasteel van Slotendries en Vyncke Bovyn.

Acties om vijvers te beschermen tegen verdroging zijn o.a. het opnemen van de vijvers in een RWA-visie zodat er ook een hemelwatervoeding gebeurt, het ontvangen van bemalingswater of indien nodig het deels (laten) verlanden van vijvers. Wanneer extra water wordt ingelaten in vijvers is het zeer belangrijk om te waken over de waterkwaliteit.

6.1.4 Impact op waardevolle bodems

Stad Gent beschikt over een kaartlaag met de "waardevolle" en "zeer waardevolle" bodems (zie ook §. 2.3.2.1). Dit zijn historische bodems die weinig tot geen antropogene verstoring kenden. Het is wel van belang hierbij te vermelden dat deze indeling het resultaat is van een GIS oefening, waarbij de fysische landschapskaart (Ugent, 1995), de bodemkaart (jaren 1950 - 1970) en de biologische waarderingskaart zijn gecombineerd. Er zijn al aanpassingen gebeurd op basis van terreinkennis, maar niet voor het hele grondgebied. Zo zijn er nog heel wat opgehoogde gronden die nog niet naar voorkomen in deze kaartlaag, zoals bijvoorbeeld in de Rosdambeekvallei.

Toch is op basis van deze laag een ruwe analyse uitgevoerd. Zo lijkt ongeveer 30% van de totale oppervlakte van Gent te bestaan uit dergelijke waardevolle bodems. Hiervan is een kleine helft waardevol (22 miljoen m²), en de overige zeer waardevol (26 miljoen m²). Figuur 119 toont de (zeer) waardevolle bodems in Gent. Het merendeel van de waardevolle bodems ligt in natte gebieden, vaak in de valleien. Logischerwijs overlappen de waardevolle bodems ook vaak met gebieden die een hogere biologische waardering hebben in de biologische waarderingskaart van Gent.



Figuur 130: (Zeer) waardevolle bodems in Gent.

Een kleiner deel van deze bodems bestaan uit veenlagen (circa 80.000 m² werd gekarteerd), of alluviale gronden die veenhoudend zijn (circa 746.000 m²). De kaartlaag met waardevolle bodems bevat echter voor het overgrote deel geen kartering van de bodemopbouw, en mogelijks zijn er dan ook veel meer veen(houdende) bodems in Gent. Deze veengebieden zijn zeer gevoelig voor veranderingen van het bodemvocht en de grondwaterstand. Veenbodems werken als een spons, en houden (continu) veel water vast. Wanneer de grond echter uitdroogt, versnellen oxidatieprocessen in de bodem. Hierbij oxideert het organisch materiaal dat aanwezig is in de bodem, waardoor ook broeikasgassen vrijkomen. De bodem "veraardt" hierbij, en vertoont scheuren. Het oxideren is een irreversibel proces. Bij verdroging van veenbodems gaat dus (een deel van) de veenbodem permanent verloren. Dergelijke processen gebeuren ook bij alluviale gronden met kleitexturen. Deze gronden kunnen eveneens "scheuren" bij extreme droogte, wat in sommige gevallen irreversibel is en schade kan teweegbrengen aan natuurwaarden.

In Rozebroeken (Sint-Amandsberg) bestaat de zone tussen de Nieuwelaan, de Koerspleinstraat en de Alfons Braeckmanlaan uit veengronden. Deze bodem is dus zeer gevoelig voor verdroging. In het gebied komen ook vochtige tot natte zandleembodems voor, alsook droge tot vochtige zandbodems. Deze bodems zijn dan weer gevoelig tot zeer weinig gevoelig voor verdroging. In de directe omgeving van Rozebroeken zijn bijkomende ontwikkelingen gepland, o.a. voor residentiële projecten (zie ook Figuur 128). Het is dus van belang om een gepaste evaluatie te maken die rekening houdt met deze verschillen in waardevolle bodems, en hun gevoeligheid voor verdroging. In het bijzonder moet bewaakt worden dat bemalingen in deze omgeving niet leden tot irreversibele schade aan de veengronden (zie ook Actie 4 uit het Actieplan).

Het Bloemekenspark is ook een voorbeeld van een gebied met veenbodems dat omsloten is door bebouwing. Ook hier werd de laatste jaren verdroging vastgesteld van de bodems. In de omgeving is er kwelwater aanwezig. Het kwelwater in en rond dit gebied is zeer nitraatrijk, fosfaatarm en mineraalrijk. Dit is dus een "verrijkt" water, en anders dan het kwelwater dat men op de meeste plaatsen aantreft. Dergelijk mineraalrijk water is niet geschikt om de veengronden rechtstreeks mee te vernatten. Het lijkt wel relevant om dit mineraalrijk water te verdunnen met (voldoende zuiver) hemelwater, om daarmee het gebied te vernatten. Dit dient verder uitgewerkt te worden in een RWA-visie (zie ook Actie 4 uit het Actieplan).

Ook in het buitengebied verdrogen veenbodems, zoals bijvoorbeeld in de Rosdambeekvallei (zie ook de bespreking in §6.1; deze verdroging zou vooral veroorzaakt worden door het verdiepen van de Rosdambeek). Er zijn verschillende mogelijke oorzaken hiervoor, zoals de veranderende meteorologische condities, drainage door te lage waterpeilen in grachten en waterlopen, of bijvoorbeeld door verminderde grondwatervoeding in de ruimere omgeving door toenemende verharding.

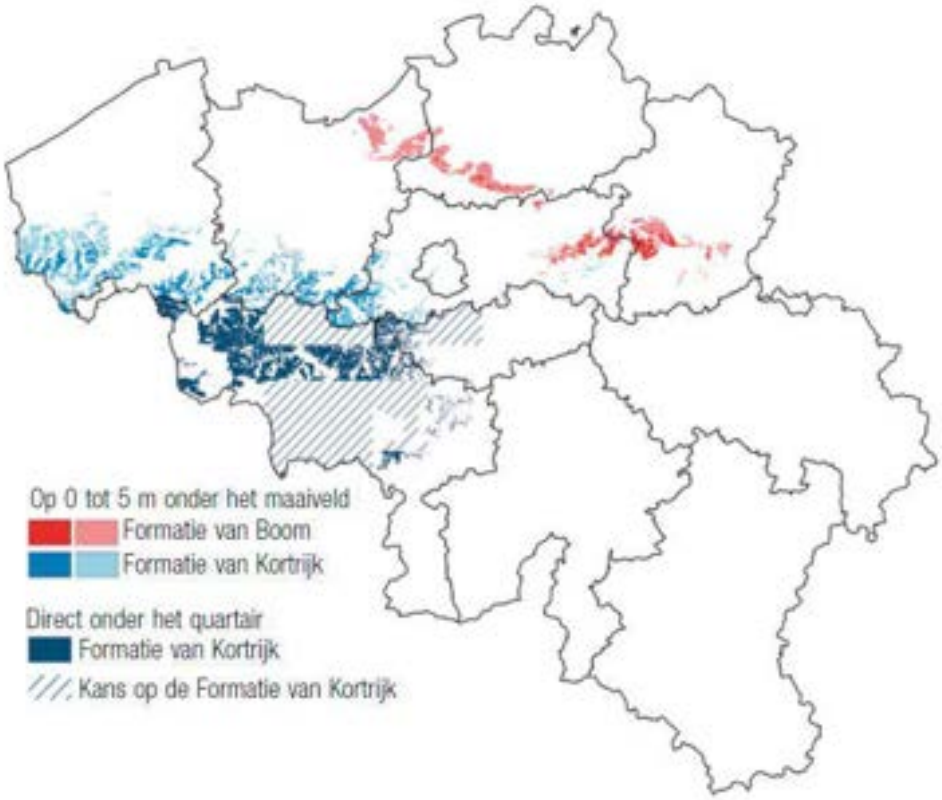
6.2 Infrastructuur en gebouwen

De verdroging kan ook een impact hebben op de stabiliteit van infrastructuur en gebouwen. De meeste bodems zijn ongevoelig voor zettingen ten gevolge van droogte. Sommige zogenaamde "plastische" gronden zijn echter zeer gevoelig voor veranderingen van het bodemvocht en de grondwaterstand, en kunnen differentiële zettingen vertonen. Door deze differentiële zettingen kan scheurvorming optreden aan infrastructuur en gebouwen, met grote schade als gevolg. Dit noemt men ook schade ten gevolge van "inklinking" (Engels: subsidence). Omdat bouwen op veenbodems vermoedelijk ook dergelijke risico's op schade ten gevolge van verdroging inhouden, en veenbodems voorkomen in Gent (zie ook §6.2), wordt dit aspect uitgebreider besproken in deze studie. Schade komt echter niet enkel op veenbodems voor: ook alluviale (veelal kleihoudende) bodems zijn gevoelig aan dergelijke differentiële zettingen ten gevolge van droogte.

In tegenstelling tot wat algemeen gedacht wordt, zijn het slechts zelden variërende (of dalende) grondwaterstanden die dergelijke schade veroorzaken. Het is vooral de vermindering van het bodemvocht die leidt tot schadegevallen. Tot en met 2017 werden er amper gevallen gemeld van schade aan gebouwen en infrastructuur ten gevolge van droogte in Vlaanderen (met uitzondering van de jaren 1976 en 2003). Sinds 2018 is het aantal schadegevallen echter drastisch toegenomen (BGGG, 2020). Er zijn geen exacte cijfers en locaties gekend van schadegevallen in Vlaanderen of België, mede omdat dit ook (nog) niet gedekt wordt door de verzekeringssector in de reguliere brandpolis. Wel is geweten dat de schade vooral voorkomt in het zuiden van West- en Oost-Vlaanderen, en in het oosten van de provincie Vlaams-Brabant. We hebben (nog) geen weet van een schadegeval op grondgebied Gent.

In tegenstelling tot landen zoals Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk is er weinig onderzoek uitgevoerd naar de risico's op schade ten gevolge van verdroging. In die landen worden dergelijke risico's wel gedekt door de verzekeringen (mits normen worden nageleefd; zie ook verder). Een ad-hoc onderzoek naar de risicogronden voor dergelijke schade loopt in België onder leiding van de Belgische Groepering voor Grondmechanica en Geotechniek, alsook door het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf. Ook werkt de Vlaamse overheid aan risicokaarten, maar er is geen publieke informatie daarover gekend.

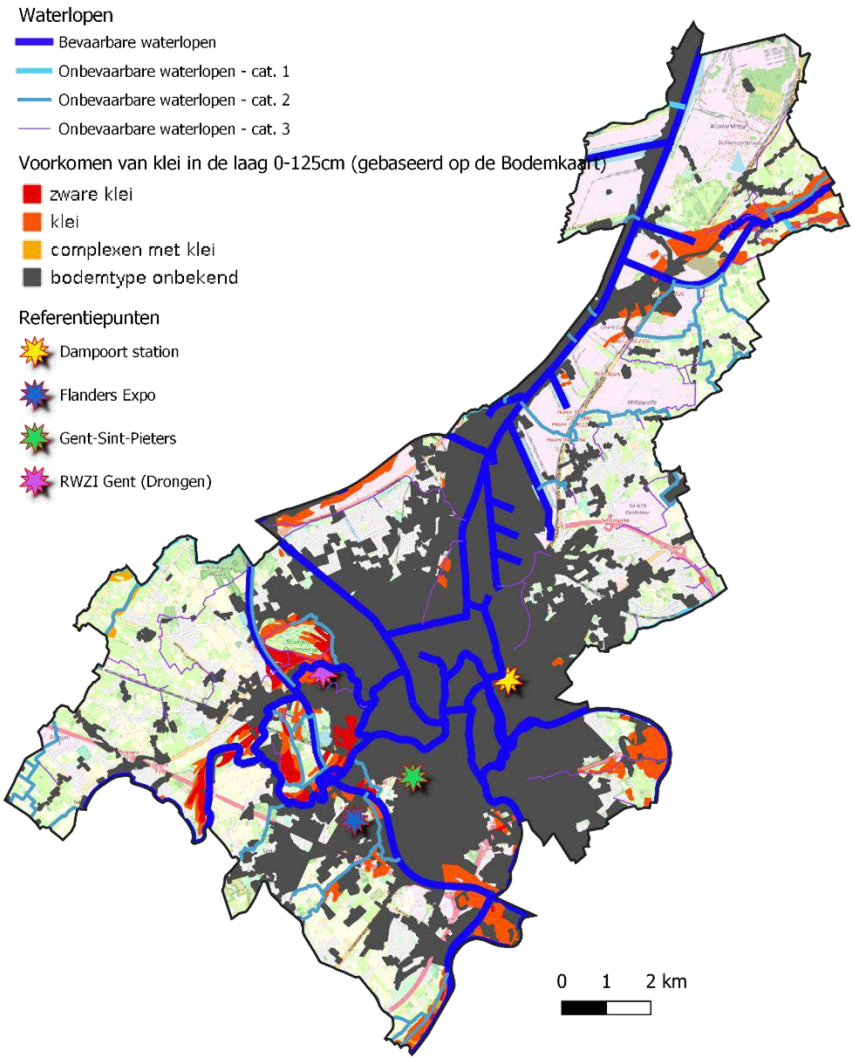
Wel is geweten dat de tertiaire kleien, zoals de Formaties van Boom en Kortrijk, zeer gevoelig zijn voor dergelijke verdroging, en kunnen leiden tot scheurvorming (WTCB, 2018). Figuur 131 toont het voorkomen van deze formaties op geringe diepte. Dit zijn de gronden waar de meeste schadegevallen gemeld zijn. Deze formaties komen niet in Gent voor.



Figuur 131: Plaatsen in België waar er op geringe diepte tertiaire plastische klei van de Formaties van Boom en Kortijk kan voorkomen (WTCB, 2018).

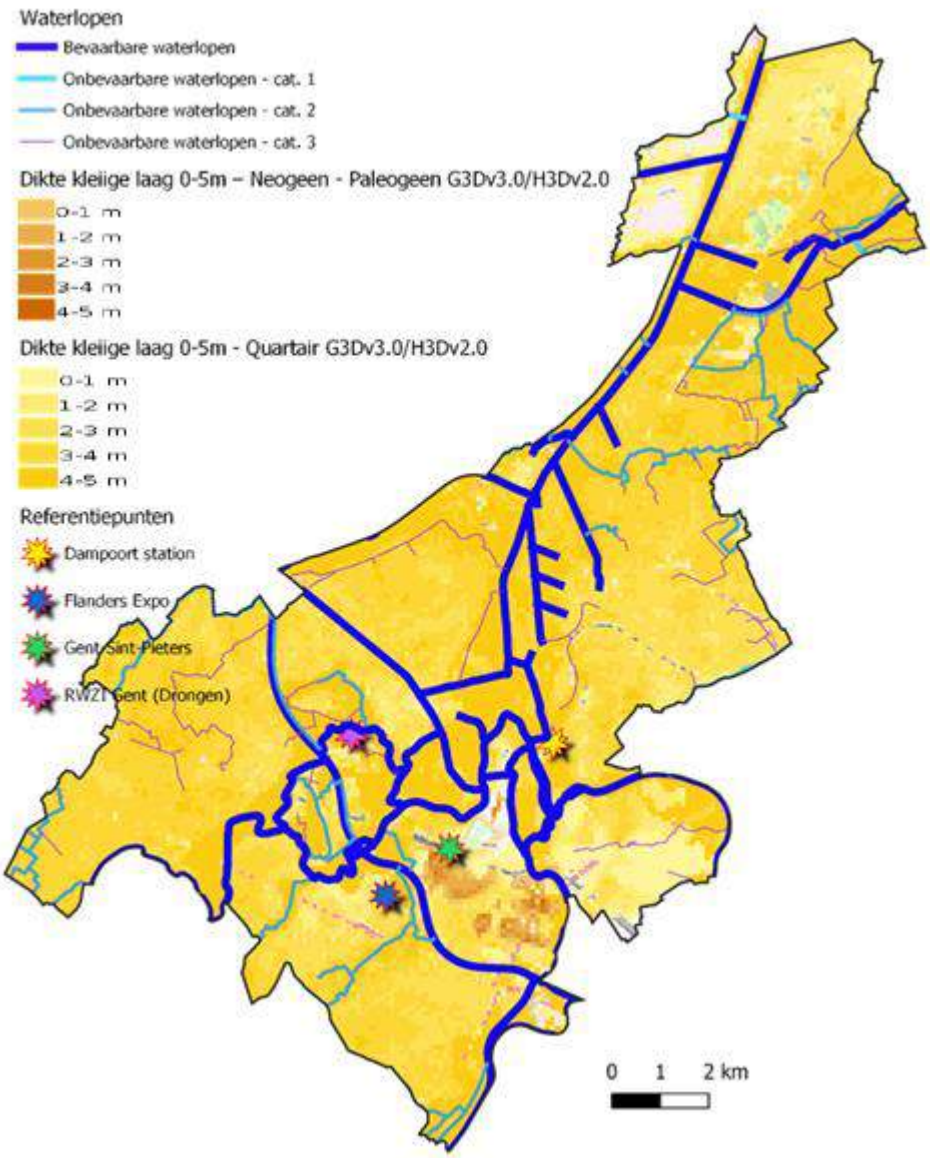
Naast de Formaties van Boom en Kortrijk kunnen echter ook andere gronden bij verdroging leiden tot scheurvorming. Ook wordt gedacht dat verdroging van recent afgezette (Quartaire) kleien, in leem en in sterk glauconiethoudende zanden dergelijke differentiële zettingen kunnen voorkomen, met dus risico op scheurvorming. Bijkomend onderzoek is echter nodig hiernaar. Om toch reeds richting te kunnen geven aan een risico-inschatting, heeft Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV) medio 2020 de belangrijkste informatie samengevat rond deze gronden. DOV heeft kaarten gepubliceerd waarop de aanwezigheid van deze mogelijks zettingsgevoelige gronden aangeduid zijn. Deze kaarten zijn niet te interpreteren als risicokaarten, maar geven louter de mogelijke aanwezigheid aan van bodemtexturen die potentieel kunnen leiden tot scheurvorming. Een bodemonderzoek in deze zones is dus ten zeerste aan te raden bij het ontwerpen van funderingen. Hiervoor verwijzen we naar de richtlijnen uit de norm NBN EN 1997-2 en de "Standaardprocedures voor grondonderzoek – Algemene bepalingen" van de Belgische Groepering voor Grondmechanica en Geotechniek (BGGG). Figuur 132 toont bijvoorbeeld het voorkomen van klei in de bovenste lagen (waarop dus ondiepe

funderingen gebouwd worden). Het is duidelijk dat vooral in de valleigebieden kleien voorkomen, en men daar dus moet opletten met bebouwing.



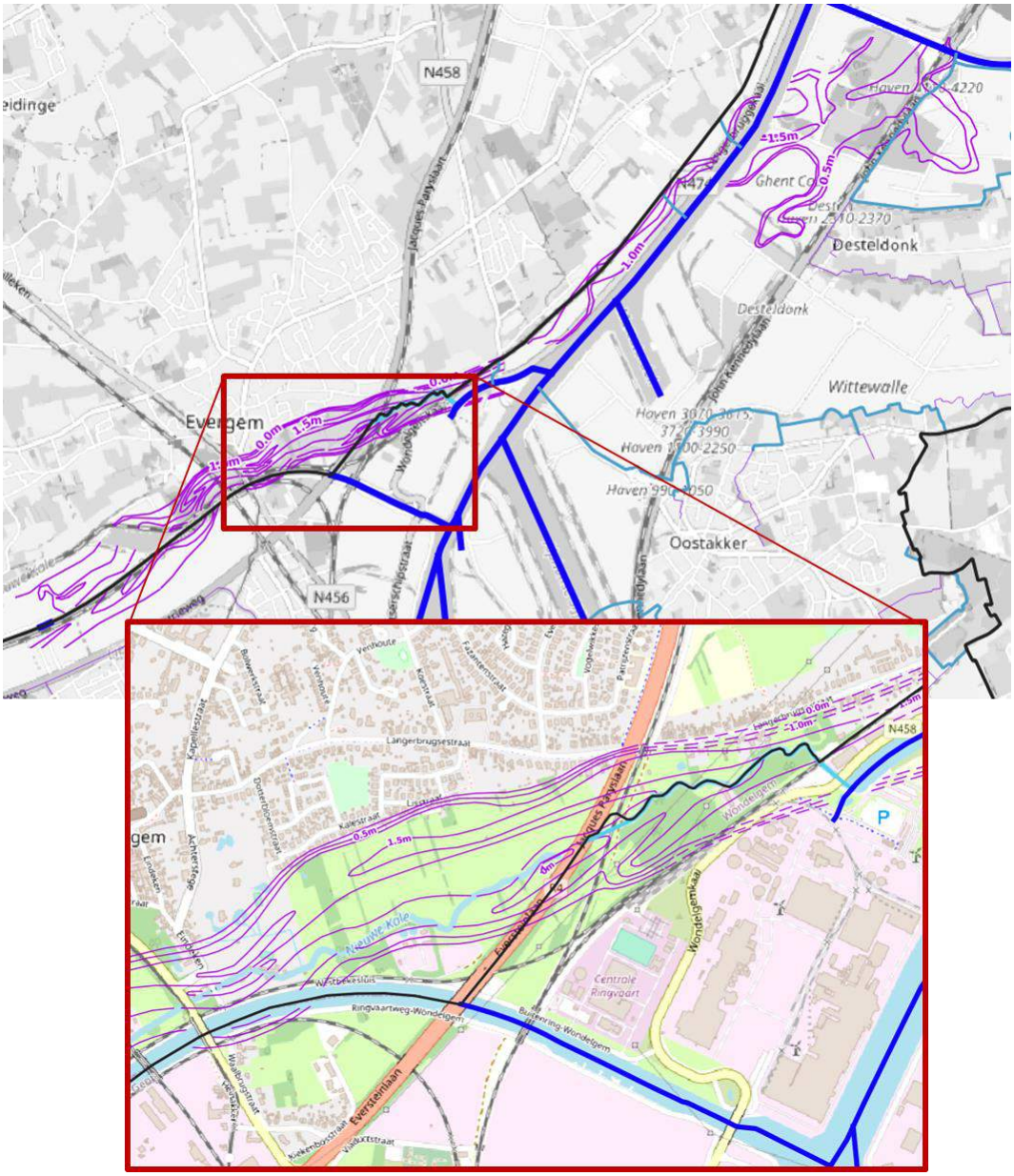
Figuur 132: Voorkomen van klei in de bovenste laag (0-125 cm-MV), gebaseerd op de bodemkaart (bron: DOV).

Figuur 133 toont een gelijkaardige kaartlaag, maar deze keer voor de bovenste 5 meter. Bijna gans het grondgebied bestaat dus (deels) uit kleihoudende lagen, die dus mogelijks gevoelig kunnen zijn voor differentiële zettingen. Bijkomend onderzoek is echter nodig per bouwproject bij het bepalen van de implicaties op het ontwerp van de fundering.

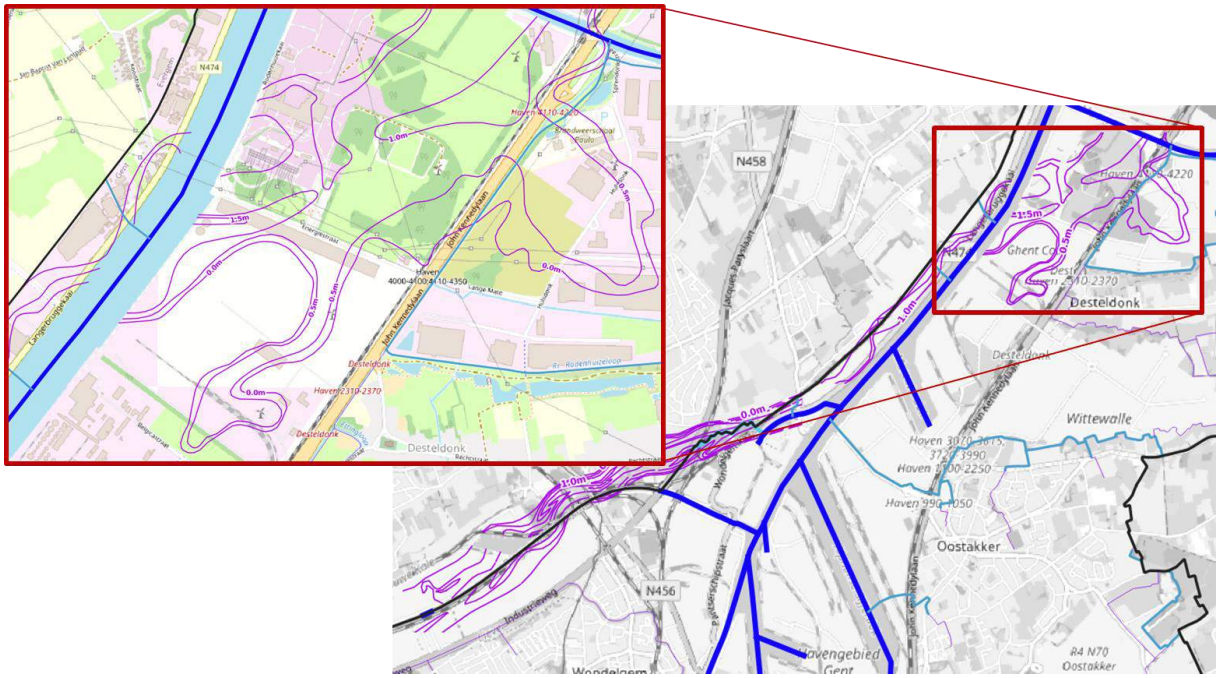


Figuur 133: Voorkomen van klei in de in de bovenste 5 meter van de bodem, gebaseerd op de bodemkaart (bron: DOV).

Specifiek voor Gent bestaan er ook meer gedetailleerde grondmechanische kaarten (zie Figuur 134 en Figuur 135). Dit zijn grondmechanische kaarten 14.5.8 en 14.6.5 (assen Gent-Evergem, Gent-Desteldonk) uit 1984. Deze kaarten tonen in meer detail de klei- en veencomplexen van continentale en fluviale oorsprong die aanwezig zijn in en rond het havengebied. Vanzelfsprekend overlappen deze gebieden met de historische waterlopen. De bijhorende rapporten geven aan boringen in dit gebied soms veenlagen van meer dan 1 meter dikte werden aangetroffen. Wellicht zijn de paars afgelijnde zones dus wel hoogrisicogebieden voor stabiliteitsproblemen ten gevolge van droogte. Bijkomend onderzoek is nodig per site aan de hand van boorprofielen en sonderingen.



Figuur 134: Detail van grondmechanische kaart 14.5.8 met aanduiding van de gronden met klei- en veencomplexen die wellicht gevoelig zijn voor differentiële zettingen door verdroging, wat kan leiden tot schade aan gebouwen en infrastructuur bij verdroging.



Figuur 135: Detail van grondmechanische kaart 14.5.8 met aanduiding van de gronden met klei- en veencomplexen die wellicht gevoelig zijn voor differentiële zettingen door verdroging, wat kan leiden tot schade aan gebouwen en infrastructuur bij verdroging.

In Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk bestaan er normeringen die aangeven hoe er robuust gebouwd moet worden op risicogronden om de kans op schade ten gevolge van droogte te beperken. Dergelijke normeringen bestaan in België echter nog niet. Het WTCB werkt echter wel in die richting. Aangezien de schade voornamelijk veroorzaakt wordt door veranderingen in bodemvocht en niet zozeer door veranderende grondwaterstanden, kan men op deze mogelijkse risicogronden evenwel enkele voorzorgsmaatregelen in acht nemen (WTCB, 2018). Het is altijd aangeraden om minstens een (eenvoudig) bodemonderzoek te laten uitvoeren bij elk bouwproject. Indien blijkt dat de bodem klei- of leemgronden bevat en de fundering van het gebouw in deze lagen aangezet wordt, dan is een uitgebreider grondonderzoek aangewezen om het krimp- of zwellingsrisico van de grond in te schatten. Dit is dus op bijna alle locaties in Gent het geval (zie de figuren hierboven). Men dient ook na te gaan of er op het terrein recent bomen geveld werden. Dit vormt een gevaar, omdat op die manier de bodemvochtwaterhuishouding plots sterk kan veranderen (bijvoorbeeld vernatten). Ook dit kan leiden tot differentiële zettingen. Men moet in de mate van het mogelijk zorgen dat de fundering van gebouwen overal op dezelfde diepte aangezet worden. Dit vermindert het risico op schade bij verdroging. Voor funderingen op staal (i.e. ondiepe funderingen) in zeer plastische gronden zoals klei en leem is het aangeraden om deze op een diepte van minstens 1.5 meter te laten aanvangen. Tot slot moet er ook voldoende afstand voorzien worden tussen bomen en gebouwen. Als vuistregel raadt men aan minstens 1 tot 1,5 maal de hoogte van de bodem aan. Indien dit niet haalbaar is, wordt aangeraden de funderingsaanzet te verdiepen of geen fundering op staal toe te passen.

6.3 Landbouw

Landbouw is wellicht de sector die rechtstreeks door droogte economisch het meest geïmpacteerd wordt. De sector landbouw werd reeds kort besproken in §2.3.1.4. We verwijzen naar die paragraaf voor een overzicht van de landbouwgebruikspercelen op grondgebied Gent.

Tabel 22 vat het areaal in Gent samen. Het is duidelijk dat grasland en maïs het areaal domineren, gevolgd door aardappelen en voedergewassen.

Tabel 22: Samenvatting areaal en aantal percelen in Gent.

Teelt	Areaal [ha]	Aantal percelen
Aardappelen	156	71
Fruit en Noten	14	29
Granen, zaden en peulvruchten	88	66
Grasland	1797	1325
Groenten, kruiden en sierplanten	50	77
Houtachtige gewassen	12	13
Maïs	981	731
Overige gewassen	34	74
Voedergewassen	104	73
Totaal	**3237**	**2459**

Figuur 136 toont de aangegeven droogteschade aan de arealen voor de jaren 2017, 2018 en 2019. In 2018 werd veruit de grootste schade aangegeven, gevolgd door 2017 en dan 2019. Het is niet verwonderlijk dat de aangegeven schade aan gras en maïs zo hoog liggen aangezien dit ook de meest voorkomende teelten zijn in Gent.

Figuur 136: Aangegeven droogteschade voor de jaren 2017, 2018 en 2019.

Figuur 137 toont het aandeel van het areaal met droogteschade voor het jaar 2018. Hieruit blijkt dat voor meer dan de helft van het areaal maïs (61%) en aardappelen (54%) in 2018 een schadedossier werd ingediend, gevolgd door grasland (41%), groenten (20%) en granen (17%).

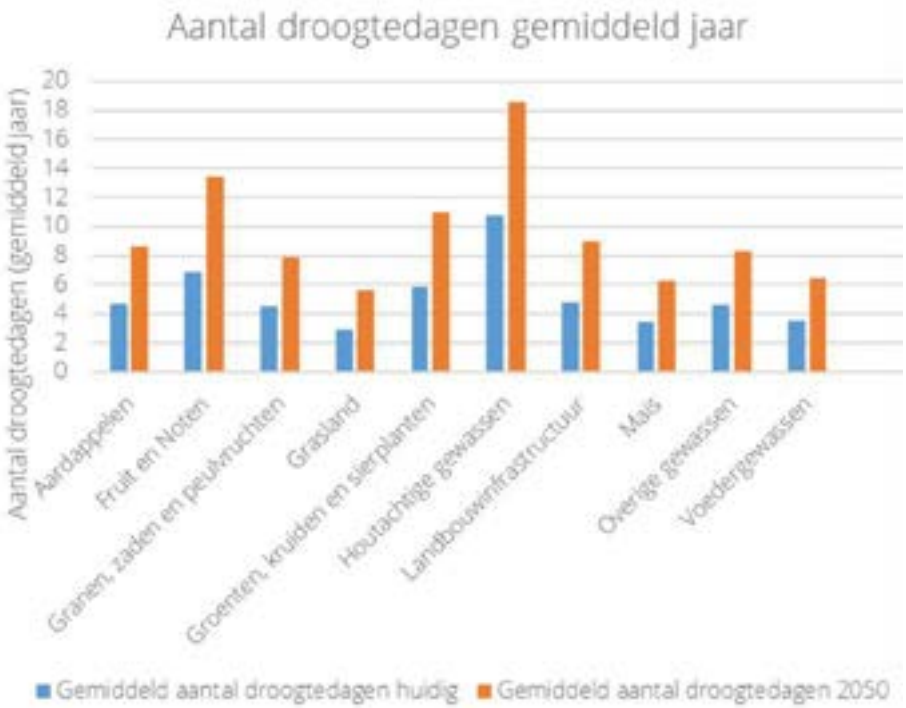
Figuur 137: Aandeel van het areaal met droogteschade in Gent voor het jaar 2018.

Het voorspellen van toekomstige schade aan landbouw is niet eenvoudig, aangezien dit afhangt van de lokale bodemtexturen, drainageklassen van de bodem, maar ook teeltveranderingen, eventuele captatieverboden en landbouwbeheerspraktijken (bijvoorbeeld irrigatie, plaatsen van stuwtjes, ...). De studie beperkt zich daarom tot een analyse van de gesimuleerde bodemvochtveranderingen voor het toekomstig klimaat voor de landbouwgebruikspercelen. Deze simulaties houden rekening met de bodemtextuur en hydrogeologie, maar niet met landbouwgebruiksveranderingen en irrigatie. De analyse geeft dus louter weer hoe de bodemvochtwaterbeschikbaarheid kan veranderen in het toekomstig klimaat bij een gelijk beheer. Hiertoe worden de droogtekaarten van Vlaanderen gecombineerd met de landbouwgebruikspercelen van 2018.

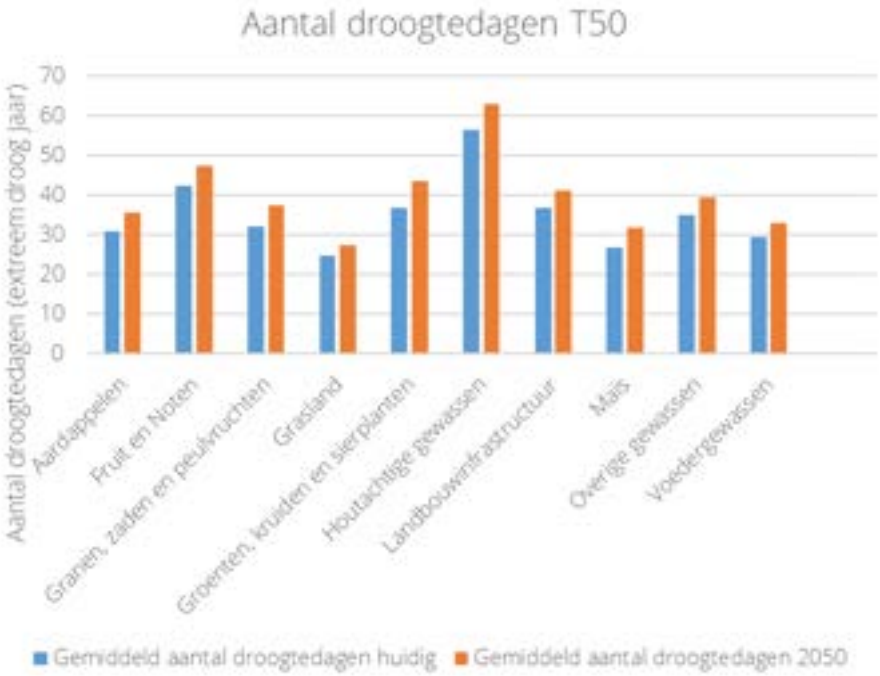
Figuur 138 toont het gemiddeld aantal droogtedagen (dus voor een "gemiddeld" jaar) voor de verschillende teelten in Gent, telkens uitgemiddeld over de landbouwgebruikspercelen in Gent. Een droogtedag is hierbij gedefinieerd als een dag waarop het bodemvocht dermate laag is dat er vegetatiestress (gewasschade) optreedt. Uit deze figuur is af te leiden dat er een sterke stijging (grootteorde 30%) te verwachten is van het aantal dagen met vegetatiestress. Dit aantal dagen verschilt wel van het ene gewas tot het andere. De graslanden vertonen over het algemeen het laagste aantal droogtedagen en veranderingen. Dit is logisch te verklaren doordat veel graslanden op van nature "nattere" percelen gelegen zijn omdat andere teelten daar moeilijker te realiseren waren in het verleden. Figuur 139 toont de toename van het aantal droogtedagen bij extreme periodes van droogte, zoals bijvoorbeeld voor het jaar 2018. De toename van het aantal droogtedagen is daar beperkter. Dit komt omdat dit reeds zo een extreme droogte was, dat er amper nog verdere verdroging van het bodemvocht in de bovenste lagen mogelijk is. In absolute termen zijn er in die droge periodes ongeveer een 30 à 40 "droogtedagen", wat een zeer grote impact heeft op de vegetaties. Er zal dan dus uitgebreide schade optreden, wat ook gereflecteerd wordt door de ingediende schadedossiers (zie hierboven).

Ten gevolge van klimaatverandering is er dus een sterkere verdroging te verwachten in de toekomst. Concreet zullen droge situaties vaker voorkomen dan vandaag. Ook zullen extremen vaker voorkomen dan vandaag, maar de extremen zelf nemen in omvang slechts weinig toe: in bijvoorbeeld de zomer van 2018 was het bodemvocht reeds zodanig uitgeput in de meeste landbouwgebruikerspercelen dat een nog verdere achteruitgang slechts beperkt kan. Deze analyse houdt evenwel geen rekening met irrigatie of het gebruiken (sturen) van stuwtjes in de omliggende grachten. Ten gevolge van de verdroging zullen mogelijks aangepaste teelten nodig zijn, en zijn teeltwijzigingen (rotaties) op percelen wellicht nodig. De laatste decennia is er overigens een toename waarneembaar in het areaal akkerbouw, o.a. in de vorm van maïsteelt. Dit gaat in sommige gevallen

ten koste van (historisch permanent) grasland, wat leidt tot een verminderde infiltratie en grondwatervoeding, en verhoogde vraag naar water.



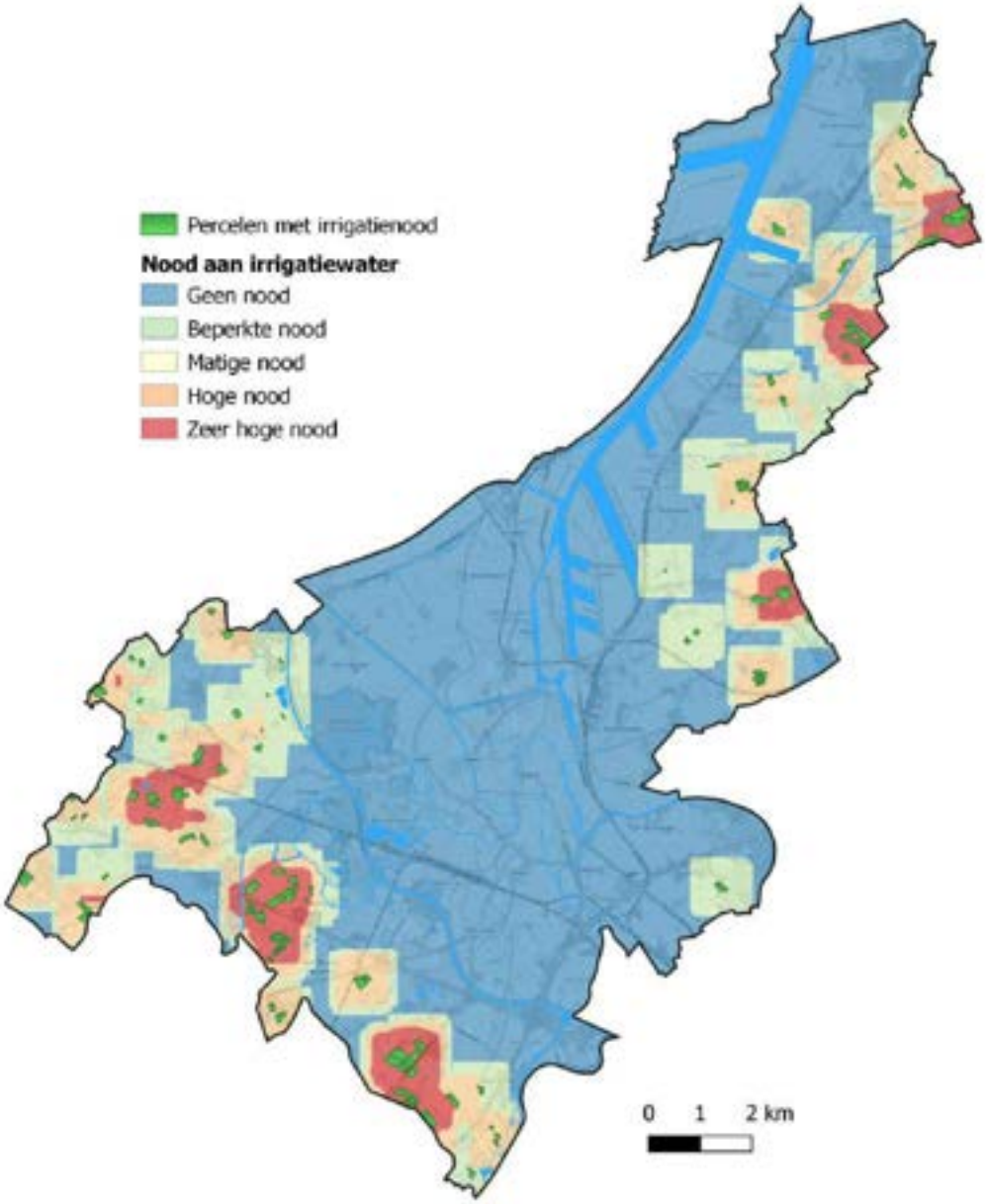
Figuur 138: Gemiddeld aantal droogtedagen voor het huidig en toekomstig (2050) klimaat voor de verschillende landbouwgebruikspercelen (2018).



Figuur 139: Aantal droogtedagen bij extreme droogte (T50) voor het huidig en toekomstig (2050) klimaat voor de verschillende landbouwgebruikspercelen (2018).

Figuur 140 toont landbouwgebruikspercelen waarvoor een zekere irrigatienood verondersteld werd. Concreet werd voor gewasgroepen “aardappelen”, “fruit en noten“ en “groenten, kruiden en

sierplanten" een irrigatienood verondersteld. Deze irrigatienoden werden via Aquacrop simulaties bepaald in het kader van de opmaak van het Vlaams reactief afwegingskader waterschaarste en droogte (Willems et al., 2021). Concreet werd een irrigatienood verondersteld van 100 l/m² voor de gewasgroep aardappelen, 125 l/m² voor fruit en noten, en 75 l/m² voor de gewasgroep "groenten, kruiden en sierplanten". Deze irrigatienoden gelden voor een *gemiddeld* jaar. In droge jaren zijn bijgevolg veel grotere irrigatienoden te verwachten. Deze cijfers zijn ook zeker niet als exact te interpreteren, maar geven wel de mogelijkheid om clusters te identificeren waar naar alle waarschijnlijkheid (voor de huidige teelten) een irrigatienood bestaat.



Figuur 140: Landbouwpercelen met een verondersteld irrigatienood.

6.4 Scheepvaart

De scheepvaart wordt op vlak van droogte voornamelijk geïmpacteerd door gegroepeerd schutten en diepgangbeperkingen. Door gegroepeerd schutten worden schuttingsverliezen bij het versassen van schepen beperkt, waardoor er meer water beschikbaar blijft in de opwaartse panden (zoals bijvoorbeeld de Ringvaart of het Kanaal Gent-Terneuzen). Gegroepeerd schutten zorgt echter voor wachttijden aan de sluizen, met economische verliezen als gevolg. Diepgangbeperkingen zorgen ervoor dat schepen mogelijks niet meer hun volledige laadcapaciteit kunnen benutten, of zelfs niet meer kunnen varen in totaliteit.

Zoals reeds eerder besproken in §3.4.2 waren de afgelopen jaren dergelijke beperkingen van kracht. Uit de metingen van waterhoogten op de Ringvaart in Evergem bleek dat in de jaren 2017, 2018, 2019 en 2020 de streefpeilen niet gewaarborgd konden worden. In 2019 zakten de peilen zelfs tot beneden de minimumpeilen, waardoor een diepgangbeperking gold. Ook langs het Kanaal Gent-Terneuzen kon het streefpeil niet gewaarborgd worden. De metingen tonen dat ook hier de afgelopen zomers geregeld waterpeilen beneden het minimumpeil optraden, met diepgangbeperkingen tot gevolg. De zomer van 2019 was op dat vlak bijzonder extreem: van juli tot eind september gold er een diepgangbeperking (van 30 cm), waardoor schepen (voornamelijk van Arcelor Mittal) een deel van hun vracht moesten overladen in Terneuzen (o.a. De Nocker et al., 2020). Ook de andere jaren golden er (over een kortere duur) diepgangbeperkingen, of werd een aangepast beheer gedaan van de sluizen en stuwen wegens uitzonderlijk lage peilen.

Om een normaal beheer te kunnen voeren, wordt verondersteld dat er een minimumaanvoer van 30 m³/s nodig is richting Gent. Dit om zowel aan de dagelijkse eisen voor scheepvaart met instandhouding van streefpeilen, als aan het verdrag met Nederland en de minimumeisen van aanvoer richting Zeeschelde te voldoen (Boeckx et al., 2020). Het Vlaams reactief afwegingskader voor waterschaarste en droogte hanteert een 7-dagen gemiddelde debietsom voor de Leie te Machelen en de Bovenschelde te Gavere van 30 m³/s voor droogteniveau 1 en 15 m³/s voor droogteniveau 2 (Willems et al., 2021).

De studie "Droogteschade scheepvaart" (De Nocker et al., 2020) vat de schade voor de scheepvaart samen in Vlaanderen ten gevolge van droogte. Deze bouwen o.a. voort om de laagwaterrapporten van 2017, 2018 en 2019. Op vlak van economische schade geeft de studie ruwe indicaties. De schade dient dan ook niet als exact geïnterpreteerd te worden, maar eerder als inschatting van de grootteorde. We verwijzen naar het rapport De Nocker et al. (2020) voor een detailoverzicht van de maatregelen die genomen werden in 2017, 2018, 2019 en 2020 op de Gentse Kanalen om de waterbeschikbaarheid te vergroten. De studie schuift volgende bijhorende kosten naar voren voor de scheepvaartsector voor de kanalen rond Gent:

- 2017: €504.600, voornamelijk in de maand augustus 2017 ten gevolge van gegroepeerd schutten en diepgangbeperkingen op de Ringvaart.
- 2018: €491.400, voornamelijk in de maand augustus 2018 ten gevolge van gegroepeerd schutten en diepgangbeperkingen op de Ringvaart.
- 2019: €1.237.500, vooral in de maand september 2019 ten gevolge van de 30 cm diepgangbeperking op de Ringvaart en 4u wachttijd voor schutten op de Ringvaart en het Kanaal Gent-Oostende. In 2019 werden gemiddeld de laagste bovenstroomse debieten gemeten, wat zich vertaalde in een hoge droogteschade voor de scheepvaart.
- 2020: €153.600. Deze lagere schade kan verklaard worden door de hogere gemiddelde opwaartse debieten.

Men heeft telkens lessen getrokken uit de vorige historische zomers, om zo beter voorbereid te zijn op nieuwe droge periodes. In mei 2019 heeft de beheerder van de kanalen bijvoorbeeld preventieve maatregelen genomen om het peil op de kanalen 5 à 10 cm te verhogen om zo een waterbuffer aan

te leggen om zo lang mogelijk aan de watervraag te kunnen voldoen. De waterdoorvoer vanuit Gent via het kanaal Brugge-Oostende naar de zee werd bovendien verminderd ten voordele van extra waterdoorvoer naar het kanaal Gent-Terneuzen en de Zeeschelde. We verwijzen naar De Nocker et al. (2020) voor een uitgebreider overzicht van toegepaste preventieve maatregelen.

Het is moeilijk om te bepalen wat de concrete impact zal zijn van verdere verdroging op de scheepvaart in en rond Gent. Dit hangt immers van vele factoren af, waaronder het beheer van de opwaartse waterlopen (stroomgebied van de Schelde en Leie), het beheer in en rond Gent en de droogte-effecten zelf. Met quasi zekerheid kan gesteld worden dat de droge periodes zoals in 2017 tot en met 2020 frequenter zullen voorkomen, maar bijkomend onderzoek is nodig om dit te kwantificeren. De Vlaamse Waterweg voert op dit ogenblik dergelijk onderzoek via een integrale waterbalansmodellering.

6.5 Verzilting

Droogte leidt tot lagere opwaartse inkomende debieten voor het Kanaal Gent-Terneuzen, de Ringvaart en de Moervaart, wat verzilting in de hand werkt. Om verzilting tegen te gaan, werd een internationaal verdrag met Nederland afgesloten dat de afvoer van het Kanaal Gent-Terneuzen oplegt (dd. 20/6/1960 en aangepast dd. 5/2/1985). Dit verdrag bepaalt dat men gedurende 2 maanden een gemiddeld debiet van 13 m³/s moet leveren voor het kanaal. Men neemt aan dat dergelijk debiet de verzilting voldoende kan tegenhouden, hoewel hier geen wetenschappelijke literatuur rond beschikbaar is. Daarnaast wordt aangenomen dat een minimaal debiet van 4 m³/s nodig is op het Kanaal Gent-Oostende (waarvan 2.3 m³/s om de verzilting in de noordelijke polders tegen te gaan en 1.7 m³/s voor de watervraag van andere toepassingen; zie De Nocker et al. (2020)), en 10 m³/s op de Zeeschelde.

Zoals beschreven in §3.4.1 wordt dat het vooropgestelde debiet op het Kanaal Gent-Terneuzen echter frequent niet behaald. Zo slaagde men er in 2011 zeven maanden lang niet in om het debiet van 13 m³/s te behalen. Volgens een studie van het Waterbouwkundig Laboratorium (WL, 2012) bleken voor een geanalyseerde periode van 43 jaar er maar liefst 37 periodes te zijn met een debiet lager dan 13 m³/s gemiddeld over 2 maanden.

Figuur 141 toont het debiet (uitgemiddeld over een tijdsvenster van 2 maanden) naar het Kanaal-Gent Terneuzen voor de periode 2010 – 2020. Dit debiet is de som van het debiet vanuit de Ringvaart te Evergem, de Moervaart (Mendonk) en de stroming vanuit de Gentse binnenwateren. Hieruit blijkt dat in 6 op de 10 afgelopen zomers de afvoerdebieten te laag zijn om de verzilting te beperken.

Figuur 141: Gemiddeld debiet naar het Kanaal Gent-Terneuzen voor de periode 2010 – 2020.

Het inschatten van de toekomstige evolutie van verzilting is eveneens zeer moeilijk, omdat dit samenhangt met het opwaartse én afwaartse beheer van de waterlopen en hydraulische kunstwerken. Ook dit vergt bijkomend onderzoek. Vanuit de Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie

en onder leiding van het Departement Mobiliteit en Openbare Werken en Rijkswaterstaat Zee en Delta werd recent een studie hieromtrent opgestart. Hierbij wordt de toekomstige verzilting onderzocht, alsook de effecten dat dit heeft op biodiversiteit, landbouw, infrastructuur e.d. op en rond het Kanaal Gent-Terneuzen. We verwijzen dan ook naar die studie voor een concrete impactinschatting van verzilting.

Volgende impacts worden verwacht ten gevolge van de verzilting van de oppervlaktewaters:

- Er bevindt zich stalen infrastructuur in het Kanaal Gent-Terneuzen, die door de hogere zoutconcentraties sneller zal roesten en degraderen. Een voorbeeld hiervan zijn de stalen damplanken die soms gebruikt worden in kadeconstructies.
- Industrie neemt kanaalwater in als koel- en proceswater. Door de hogere zoutconcentraties zullen ook deze machines sneller degraderen, en is er meer onderhoud nodig. Bij te hoge zoutconcentraties worden sommige industriële processen onmogelijk, maar er is onvoldoende zicht op de processen in de haven om de omvang hiervan in te schatten. Het bouwen van ontziltingsinstallaties kan dit probleem (deels) oplossen, maar is kostelijk in aanleg en onderhoud.
- Er wordt water gecapteerd vanuit de waterlopen voor het irrigeren van landbouwareaal en plantgoed. Ten gevolge van hogere zoutconcentraties kan dit leiden tot een verminderde gewasgroei, of zelfs plantensterfte. De groendienst van de stad maakte reeds melding dat het water in de Ringvaart bij momenten reeds te verzilt wordt geacht om nog te gebruiken om jong plantgoed te irrigeren.
- De verzilting in de oppervlaktewaters kan ook leiden tot verzilting in het grondwater. Ook op dit vlak is bijkomend studiewerk nodig. North Sea Port bekijkt of dit onderzocht kan worden.

6.6 Drinkwater

Het drinkwater verbruikt in Gent is niet van Gentse oorsprong. Het stadswatersysteem wordt uitgebouwd en geëxploiteerd door Farys. Het merendeel van het water dat geleverd wordt door Farys wordt aangekocht en aangeleverd vanuit andere bevoorradingsgebieden in België en Nederland. De drinkwaterbeschikbaarheid in Gent wordt dan ook niet (direct) bepaald door de grondwater- en oppervlaktewaterbeschikbaarheid in en rond Gent. Van de totale hoeveelheid verdeeld water is ongeveer 51% afkomstig van Water-Link, 31% van Vivaqua, 4% van De Watergroep, 2% van Evides en de overige 12% van eigen productie (bron: toelichting Farys aan de Gemeenteraad van Gent dd. 28.05.2020). Water-Link produceert voornamelijk water uit het Albertkanaal, dat gevoed wordt door de Maas. Ook het water van Vivaqua komt hoofdzakelijk uit het Maasbekken, waardoor het drinkwater geconsumeerd in Gent dus voor het grootste deel uit de Maas afkomstig is. We verwijzen naar §2.4.4 waar het drinkwatersysteem uitgebreider beschreven wordt.

De impact van klimaatverandering op de stadswaterbeschikbaarheid in Gent is tweeledig.

Ten eerste kan mogelijks de algemene waterbeschikbaarheid in de brongebieden ten gevolge van klimaatverandering afnemen. Dit werd evenwel niet onderzocht binnen deze studie. De drinkwatermaatschappijen breiden de productiecapaciteit echter stelselmatig uit om een meer redundante bevoorrading te kunnen garanderen, onder andere ook door de bouw van ontziltingsinstallaties waardoor er alternatieve waterbronnen gebruikt kunnen worden. Zo opende Farys een ontziltingsinstallatie in Oostende om ook uit brak kanaalwater van het Kanaal Gent-Oostende drinkwater te produceren. Ook Water-lInk bouwt aan een ontziltingsinstallatie om brak water uit het Albertkanaal om te vormen tot drinkwater. Bovendien monitoren zij de waterbeschikbaarheid in de brongebieden, en zijn er nog bijkomende opties mogelijk om de productiecapaciteit op te schalen. We verwijzen naar Figuur 54 (§2.4.4) voor een samenvattende

figuur van de productiecapaciteit en geplande –uitbreidingen. Het Vlaams reactief afwegingskader voor waterschaarste en droogte hecht ook prioritair belang aan de drinkwaterbevoorrading, zodat reactieve maatregelen die de drinkwaterbeschikbaarheid beperken slechts een allerlaatste ingreep zullen zijn bij extreme droogte. Er zullen sneller maatregelen genomen worden om de drinkwaterbeschikbaarheid te verzekeren. Samenvattend heeft het proactief droogtebeleid van Stad Gent heeft dus maar een beperkte (indirecte) impact op deze problematiek.

Ten tweede, en mogelijks een groter probleem, zijn piekverbruiken op zeer warme zomerdagen. Op warme dagen ligt het verbruik van stadswater significant hoger dan normaal. De transportcapaciteit van water wordt daardoor meer aangesproken. Bij extreme verbruiken zou de leidingdruk zodanig kunnen terugvallen dat hoger gelegen locaties minder of geen drinkwater meer ter beschikking hebben. Dit is evenwel nog niet voorgekomen in Gent. In Overijse kwamen in mei 2020 wel enkele wijken meerdere dagen zonder water te zitten door een drukval in de leidingen. Deze was evenwel het gevolg van een calamiteit in een watertoren. Ook bij grootschalige calamiteiten (bijvoorbeeld defecten aan de grote toevoerleidingen van Farys vanuit de bevoorradingsgebieden) vormt dit ook een risico voor Gent. Farys werkt echter aan een meer redundant toevoernetwerk om ook dergelijke calamiteiten op te kunnen vangen. We verwijzen naar Figuur 55 (§2.4.4) voor een samenvattende figuur van de geplande verhoging van de aanvoercapaciteit.

Stad Gent heeft wel grotere impact op deze tweede problematiek via haar droogtebeleid. Het stimuleren van rationeel watergebruik is van belang, in het bijzonder tijdens warme dagen wanneer piekverbruiken te verwachten zijn.

Deel IV: Uitwerking van een proactief Gents droogtebeleid

7 Visie

7.1 Op naar een Gents proactief droogtebeheer

Dit hoofdstuk vormt een kernachtige samenvatting van de visie op een proactief droogtebeheer voor Stad Gent. De visie beschrijft de concepten op hoofdlijnen zonder hier diep technisch op in te gaan. De technische uitwerking is beschreven in Hoofdstuk 8, en wordt vervolgens vertaald naar acties op maat van Gent in Hoofdstuk 10. Deze visie en acties zijn gebaseerd op basis van de verzamelde inputs tijdens de workshops die georganiseerd werden met de stadsdiensten en externe actoren, en de inzichten die voortkwamen uit deze studie (onder andere op basis van de verzamelde data, de impactanalyses, de simulaties met het massabalansmodel en de doorgerekende scenario's).

De doelstelling van deze visie is het creëren van een robuust en duurzaam integraal watersysteem dat de negatieve impacts van klimaatverandering doeltreffend en efficiënt kan opvangen. De visie focust hierbij op het integrale watersysteem, zijnde oppervlaktewateren, grondwater, bodemvocht, riolering en bronmaatregelen, maar niet expliciet op het drinkwaterleidingnet.

Centraal in de visie staat de omslag van het historische waterbeheer dat tot de millenniumwisseling hoofdzakelijk gericht was op "water afvoeren" naar een duurzamere "water vasthouden" strategie, en dit zowel in verstedelijkt gebied als in het buitengebied van Gent. Het water "vasthouden" kan enkel succesvol gerealiseerd worden via een integrale aanpak op vele fronten. Decentrale en kleinschalige maatregelen aan de bron moeten ingepast worden in een bredere en ruimtelijke strategie die deze individuele elementen combineert, en aangevuld worden met gerichte maatregelen om de grootste risico's rond droogte op te vangen.

De visie is gebouwd rond 3 krachtlijnen:

1. De waterbeschikbaarheid beschermen en verhogen
2. Watergebruik beperken en verduurzamen
3. Voorkomen en verkleinen van de negatieve droogte-impacts van klimaatverandering

We bespreken in onderstaande paragrafen elk van deze krachtlijnen. Voor de technische uitwerking en acties verwijzen we naar Hoofdstukken 8 en 10.

7.2 Krachtlijn 1: Waterbeschikbaarheid beschermen en verhogen

Deze eerste krachtlijn is erop gericht om de waterbeschikbaarheid te beschermen en te verhogen. We willen maximaal het water vasthouden waar mogelijk, en (snelle) afstroming en afvoer vermijden. We vullen deze krachtlijn in volgens de principes van de Ladder van Lansink voor een duurzaam waterbeheer. In afnemend belang zetten we in op onderstaande principes. Voor elk van de principes wordt kort duiding gegeven voor de Gentse context.

We vermijden het afvoeren van grond- en oppervlaktewater.

De opgebouwde grondwaterreserves zijn kostbaar. Drainage van grondwater via (diepe) grachten, lekkende rioleringsbuizen of bemalingen kunnen grote inspanningen rond ontharden en infiltratie teniet doen. De uitgevoerde inventarisatie en het massabalansmodel van deze studie toonden aan dat de drainage van waterreserves via rioleringen significant is: er komt grootteorde 35.000 m³ drainagewater per dag toe in de winter aan de RWZI van Gent, oftewel zo'n 170 liter per dag per aangesloten inwoner. Dit drainagewater is afkomstig van bemalingen, lekkende rioleringsleidingen en eventueel grachten die aangesloten zijn op de riolering. Voor de RWZI van Destelbergen is dit grootteorde 10.000 m³/dag in de winter, en voor Moerbeke circa 3.500 m³/dag. Indien men erin slaagt

om deze drainage via riolering af te bouwen, wordt een (zeer) grote positieve impact gecreëerd op de waterbeschikbaarheid zoals becijferd in Hoofdstuk 8.

De precieze oorzaak van deze drainagevolumes via de riolering is niet geweten en vergt bijkomend onderzoek, maar vermoedelijk is een groot deel afkomstig van bemalingen (zie ook §2.2.2 voor een inventarisatie van de actuele bemalingen in Gent). Het is dan ook belangrijk om een duurzaam en strikt beheer van bemalingen te hanteren, met inzet op de best beschikbare technieken, het beperken van de bemalingsduur en –diepte, en een goede monitoring en handhaving van de bemalingen zelf. De hoeveelheid drainage via lekkende rioleringsleidingen is onbekend, en dit aspect verdient aandacht bij het opmaken van asset management plannen van de riolering.

Daarnaast draineren ook (diepe) grachten de omgeving, vaak echter met als doel om risico's rond wateroverlast in bebouwde omgevingen te beperken. Een aangepast peilbeheer van grachten, waarbij zowel ingezet wordt op het beperken van drainage als het aanvaardbaar houden van risico's rond wateroverlast, is nodig. Het implementeren van stuwtjes, verhogen van de aan- en afslagpeilen van pompen en het verondiepen van grachten zijn maatregelen die drainage door grachten beperken. Telkens moet daarbij evenwel onderzocht worden of dit niet leidt tot onaanvaardbare overstromingsrisico's. Bovendien heeft het beperken van de drainage van omliggende gebieden mogelijks een impact op de landbouwpraktijk. Ook kan de inzet op nieuwe technologieën, zoals intelligente sturing van stuwtjes op waterlopen, bijdragen aan een beperktere drainage. Dergelijk aangepast peilbeheer van grachten lijkt prioritair nodig in 5 clusters op grondgebied Gent, met name in Drongen, de Leie- en Rosdambeekvallei, de vallei van de Scheidbeek, de Gentbrugse Meersen en de Moervaartvallei. Ook elders zijn er echter lokaal grachten die grondwater draineren, zoals onder andere aan de Rozebroeken (Sint-Baafskouterpark) of in de wijk Oude Bareel te Sint-Amandsberg (Beelbroekstraat en omgeving).

Maatregelen zoals het openleggen van waterlopen kunnen positief zijn op vlak van klimaatadaptatie, maar er moet gewaakt worden dat deze geen grondwater draineren.

Fundamenteel voor het vermijden van (toekomstige) drainage van grond- en oppervlaktewaters is het beschermen van natte gebieden tegen bebouwing. Toekomstige ontwikkelingen dienen dan ook rekening te houden met de natheid van terreinen. Indien er toch geopteerd wordt om deze te bebouwen, is extra aandacht nodig voor het vermijden van drainage.

Stad Gent werkt hier al actief aan via haar RUP Groen. Dit RUP wil de bestaande groengebieden in Gent planologisch beschermen en nieuwe ontwikkelingen als bosuitbreiding, natuurontwikkeling of parken mogelijk maken. Dit RUP kadert ook in de doelstelling van het stadsbestuur Gent om een klimaatrobuuste stad te worden.

Het RUP Groen vertrekt vanuit volgende doelstellingen:

- planologisch beschermen van bestaande groengebieden, waaronder zowel parken als waardevolle natuur en bos;
- de herbestemming van bijkomende groenzones in functie van de realisatie van de gewenste groenstructuur.

Binnen het RUP Groen liggen namelijk ook vele waardevolle natte natuurgebieden waarvoor de waterhuishouding een grote rol speelt bij de (her)inrichting er van. Goede voorbeelden hiervan betreffen de herinrichting van de deelgebieden Rosdambeekvallei en de Oude Bareel. Hierbij si telkens het herstel van natte natuur een van de doelstellingen. De Stad tracht gronden aan te kopen, waarna op basis van een ecohydrologische studie de meest geschikte inrichting bepaald zal worden.

We vermijden afstroming van regenwater door in te zetten op (slimme) ontharding en het verbeteren van de sponswerking van het landschap.

Ontharding heeft het meest effect op droogte wanneer verharding wordt onthard die afwatert naar rioleringen of waterlopen. De effectiviteit van ontharding is echter verschillend voor de verschillende stadsdelen van Gent, en wordt bepaald door de hoeveelheid aanwezige verharding, de bodemgesteldheid en de grondwatertafel. Hoofdstuk 8 toont de concrete impacts op vlak van grondwateraanvulling wanneer ingezet wordt op onthardingsstrategieën per stadsdeel.

Daarnaast speelt ook de "beschikbaarheid" van het geïnfiltreerde water voor bijvoorbeeld opname door planten een belangrijke rol in de effectiviteit van ontharding. Dit aspect is echter niet direct vervat in de kwantitatieve analyses, maar is wel van belang om in beschouwing te nemen. Ontharden in het centrum van Gent is bijvoorbeeld positief omdat er vergroend wordt en minder water afgevoerd wordt via de riolering, maar de verstoorde en antropogene bodem, drainage van grondwater door lekkende rioleringsleidingen, afvoer via bemalingen en de diepere ligging van de grondwatertafel verminderen vaak de effectiviteit. Al deze factoren maken dat er slechts een beperkt deel van het geïnfiltreerde water bijvoorbeeld de de grondwatertafel zal kunnen aanvullen. Ontharden (en infiltreren) is en blijft overal nuttig, maar heeft extra waarde in de buurt van groen zodat het insijpelende water rechtstreeks benut kan worden door de planten. Naast het belang van wijkparken en woongroen heeft het centrum ook kansen voor en nood aan "micro-onthardingen" of "groene sproeten" in het stedelijk landschap. Dit zijn (soms zeer kleinschalige) onthardingen van bijvoorbeeld een parkeerplaats of straathoek, waarnaar het afstromend hemelwater kan worden afgeleid. Dergelijke sproeten kunnen ook grootschaliger uitgebouwd worden in stedelijk gebied, wat tevens aansluit op de doelstellingen van Stad Gent om een wijkpark van minstens 1 hectare te voorzien binnen 400 meter van de woonplaats van elke Gentenaar, en woongroen op maximum 125 meter. Via dergelijke (klein- en grootschalige) groene sproeten en micro-ontharding kan alsnog een groot deel van het afstromend water infiltreren, en komt dit ook direct het groen ten goede dat uitgebouwd wordt op deze plaatsen. Op die manier wordt een duurzaam en zelfvoorzienende groene sproet gecreëerd in het straatbeeld die ook andere positieve effecten heeft op vlak van klimaatadaptatie, zoals het beperken van hittestress en bevorderen van de biodiversiteit. Dergelijke ingrepen zijn af te stemmen op de RWA-visies die zich vooral richten op wateroverlast, aangezien micro-onthardingen geen structurele oplossing vormen voor overstromingsrisico's. We gaan dieper in op deze visie, analyses en bijhorend kaartmateriaal in §8.2.5.

Figuur 142: Illustratie van het toekomstbeeld van de Kikvorsstraat in Gent waar "slim onthard" wordt. Rechts onderaan op de foto is er een verlaging voorzien van de boorduur, zodat het hemelwater van de overblijvende verharding afstroomt naar de groene (en ontharde) zone waar het kan infiltreren.

Ontharden in de verstedelijkte rand rond het centrum of ontharden in weinig verstedelijkt gebied gebeurt prioritair op de verharding die aangesloten is op het gemengd stelsel, dan op verharding aangesloten op gescheiden riolering en tot slot op verharding die afwatert naar waterlopen. Verharding die afstroomt naar omliggend groen (en waarbij het water lokaal kan infiltreren) is minder prioritair vanuit de droogteoptiek om te ontharden. Zoals ook aangetoond in de kwantitatieve analyses is ontharding in het buitengebied slechts een deel van de oplossing tegen droogte, en zijn het beperken van drainage (door bijvoorbeeld het verondiepen van grachten, plaatsen van stuwtjes, …) en uitbouwen van bronmaatregelen aan (noodzakelijke) verharding effectiever. Ontharden waar mogelijk blijft echter wenselijk, en biedt ook andere voordelen op vlak van klimaatadaptatie.

Groendaken kunnen ook beschouwd worden als een vorm van ontharding, en zorgen eveneens (vooral in de zomer) voor een verminderde afstroming. Groendaken zorgen echter voor een bijkomende watervraag en resulteren in een verminderd potentieel voor het gebruiken en infiltreren van water, waardoor ze een (beperkt) negatieve impact hebben op droogte. Groendaken hebben echter andere positieve effecten op vlak van klimaatadaptatie, waardoor een locatiespecifieke afweging gemaakt moet worden over het nut van groendaken. Groendaken lijken vooral nuttig in dichtbevolkte stedelijke omgevingen met een grotere hittestress problematiek en beperkt beschikbaar groen in de omgeving. Dit is vooral van toepassing in de binnenstad, en de 19de eeuwse gordel (bvb omgeving Dampoort – Ledeberg – Moscou).

Om de droogteproblematiek in het buitengebied op te vangen is het verbeteren van de sponswerking van de bodem belangrijk. Dit kan door bodemcompactie in de landbouw te vermijden, het koolstofgehalte in de bodem te verhogen, of alternatieve landbouwtechnieken in hellende gebieden te gebruiken om snelle afstroming te vermijden.

We vangen afstromend hemelwater op, en gebruiken dit nuttig om zo de druk op onze voorraden te beperken.

Afstromend hemelwater wordt waar mogelijk nuttig gebruikt, zodat er minder kostbaar water nodig is uit andere bronnen. Zowat alle sectoren kunnen in verschillende vormen regenwater nuttig aanwenden, maar ook het bevloeien van waardevol groen met afstromend regenwater valt onder dit principe. Dit kan bijvoorbeeld door hemelwater van verharding af te leiden naar groen en het lokaal te laten infiltreren. Op die manier wordt het water nuttig aangewend. Zeker in het stadscentrum waar het grondwater dieper zit en niet altijd beschikbaar is voor groen, is dit een wenselijke praktijk. Duurzaam watergebruik in brede zin wordt uitgebreider besproken in Krachtlijn 2: Rationeel watergebruik faciliteren en stimuleren.

Dit gebeurt nu bijvoorbeeld al in het Victora Regiapark in Gentbrugge, waar de wadi het regenwater van de achtergelegen gebouwen in de kmo-zone opvangt en in de bodem laat infiltreren. Ook in de Koepoortkaai watert het verharde fietspad af naar de nabijgelegen groenzone. In de buurtmoestuinen van de Boerse Poort wordt dan weer water van het dak opgevangen en hergebruikt voor irrigatie. Ook het water van de kerk in Gentbrugge wordt opgevangen (in een ondergrondse regenwaterput van 30.000 liter) en gebruikt voor het onderhoud van de begraafplaats.

We houden hemelwater vast in een groenblauwe cascade, zorgen voor infiltratie en vullen onze voorraad bodemwater aan.

We creëren ruimte voor water, zodat we water kunnen vasthouden en laten infiltreren. Dit gebeurt bij voorkeur bij (nieuw te realiseren) groen, zo dicht mogelijk bij de bron en bovengronds. Inzetten op bovengrondse buffering en infiltratie heeft de voorkeur boven ondergrondse, omdat op die manier grotere co-benefits gecreëerd worden. Ook kan zo het goed functioneren van infiltratie beter gecontroleerd worden.

Het vasthouden van hemelwater gebeurt via een cascade systeem: regenwater wordt ter plaatse vastgehouden, en het teveel aan regenwater dat niet lokaal geborgen kan worden stroomt af naar plaatsen waar het wel vastgehouden kan worden om te gebruiken of te infiltreren. Indien dat niet mogelijk is, wordt het verder afgeleid naar plaatsen waar het geen wateroverlast kan veroorzaken. Zoals eerder aangehaald is het, in het bijzonder in het centrum en op locaties met weinig bovengrondse ruimte voor infiltratie, belangrijk om in te zetten op micro-onthardingen en de uitbouw van groene sproeten. Deze bevinden zich helemaal bovenaan in de watercascade. Zelfs wanneer dergelijke groene sproeten minder water kunnen bufferen dan de normering voorschrijft, kunnen deze een groot percentage van de afstroming van de omgeving laten infiltreren. Afstemming met een gebiedsdekkende RWA-visie is hierbij cruciaal, zodat een integrale visie gecreëerd wordt. Waar mogelijk worden idealiter grotere groenparken uitgebouwd in het woongebied. Dergelijke parken bieden meer kansen om water op te vangen, ook bij hevige neerslag. Ze kunnen dus zowel droogte als wateroverlast aanpakken, terwijl micro-onthardingen vooral effectief zijn op vlak van het tegengaan van droogte. De uitbouw van dergelijke grotere groenparken sluit ook nauw aan bij de ambities en doelstellingen uit het groenstructuurplan van Stad Gent.

Deze cascade wordt ingepast in de uitbouw van blauwgroene netwerken, waarbij ook afstemming gezocht wordt met de groenklimaatassen van Gent. De groenklimaatassen kunnen door hun grotere schaal een belangrijke rol spelen in het vasthouden van water op niveau van Gent. Hoewel de groenklimaatassen zich veelal dicht bij waterlopen bevinden en die het geïnfiltreerde water mogelijks sneller draineren (in plaats van te zorgen voor een structurele grondwateropbouw), is inzetten op infiltratie in de groenklimaatassen nog steeds zeer wenselijk als eindpunt van de hemelwatercascade. Op die manier wordt het groen in de groenklimaatas voorzien van water en wordt een zekere weerbaarheid tegen droogte gecreëerd, en bovendien zorgt het geïnfiltreerde water ook voor een meer constant basisdebiet naar de waterlopen wat het droogvallen van de waterlopen tegengaat.

Het water stroomt op die manier in een tijdsperiode van dagen tot weken vertraagd af naar de waterlopen, in tegenstelling tot een directe afstroming tijdens piekbuien. Wanneer de groenklimaatassen voldoende 'ambitieus' worden uitgebouwd met ruimte voor water kan in theorie grootteorde 14 miljoen m² verharding afstromen naar deze assen (in Gent is naar schatting 46 miljoen m² verharding verbonden met de riolering). Een eerste inschatting op basis van de topografie en verhardingskaarten geeft aan dat in de praktijk echter maar een 3,8 miljoen m² verharding van het openbaar domein kan afwateren naar dergelijke groenklimaatassen, wat betekent dat deze assen ook een belangrijke rol kunnen opnemen in het opvangen van de afstroming van de private verharding waar er geen bronmaatregelen aanwezig of mogelijk zijn. Dit wordt ook verder besproken in §8.2.4.

Figuur 143: Foto van een groenklimaatas met ruimte om water op te vangen en te laten infiltreren (Fotograaf: Olmo Peeters).

Bij ruimtegebrek kan er worden ingezet op ondergrondse infiltratie. Een goed ontwerp dat afgestemd is op de te verwachten lokale grondwaterstanden is hierbij van belang, zodat er geen water gedraineerd wordt in natte periodes via de voorziening. De overloop (of afvoer) van een infiltratievoorziening wordt daarom altijd zo hoog mogelijk geplaatst, en er gebeuren grondwaterpeilmetingen in de ontwerpfase.

Momenteel wordt onderzocht hoe regenwater opgevangen kan worden in het noordelijk deel van de Gentbrugse meersen in het kader van natuurinrichting, om zo de natuur te vernatten. Een ander goed voorbeeld in Gent is het project de Filature aan het Rabot. In dit project wordt het overtollige water na opvang op het groendak naar het naburig park afgeleid om daar te infiltreren. In de verkavelingen nabij het Ter Durmepark wordt het water in de baangrachten opgehouden door middel van stuwen om zo te worden vastgehouden.

7.3 Krachtlijn 2: Watergebruik beperken en verduurzamen

De tweede krachtlijn zet in op het spaarzaam gebruiken van water. Onderstaande principes worden hierbij gerealiseerd.

We vangen (hemel)water op, en (her)gebruiken het nuttig.

Hemelwater opvangen en gebruiken is een belangrijk onderdeel van de Ladder van Lansink, en zit ook reeds verankerd in de eerste krachtlijn van de visie. Nuttig gebruik van regenwater kan door quasi alle sectoren gerealiseerd worden, maar ook het irrigeren van (stedelijk) groen is een nuttig gebruik van opgevangen regenwater.

Regenwater wordt, conform de normeringen, bij voorkeur opgevangen op het eigen perceel. Maar daarnaast worden ook collectieve vormen van regenwateropvang en –gebruik gestimuleerd. De realisatie van collectieve regenwaterputten op openbaar domein vraagt een geval specifiek onderzoek aan de hand van een kostenbatenanalyse. Concepten als "water-delen", waarbij afstromend hemelwater of een andere (grijs- of proces-)waterstroom wordt opgevangen en nuttig gebruikt wordt op een ander perceel, verdienen extra aandacht. Op die manier zijn immers synergetische samenwerkingen mogelijk die risico's op waterschaarste verkleint, en de druk op andere waterbronnen vermindert. In Gent kunnen er mogelijks samenwerkingen opgestart worden tussen bedrijven in de haven onderling, maar ook in afstemming met de omliggende landbouw.

De opvang van regenwater kan hand in hand gaan met het uitbouwen van blusvoorraden.

Figuur 144: De Nieuwe Dokken in Gent, waar grijs en zwart water gezuiverd en vervolgens hergebruikt wordt als proceswater in de naburige zeepfabriek Christeyns.

In Gent zijn er vele goede voorbeelden te vinden. Een innovatief project in Gent is het Total Value Wall concept van het bedrijf Muurtuin. Hierbij wordt in samenwerking met UGent douchewater van bewoners aan de Brugse Poort gezuiverd via een verticale groene gevel. Het water wordt vervolgens gebruikt als spoelwater voor de toiletten.

Overtollig oppervlaktewater wordt gecapteerd in spaarbekkens om droge periodes te overbruggen.

Gent is een knooppunt van verschillende belangrijke waterlopen en kanalen, van waaruit het water verder verdeeld wordt naar verschillende stroomafwaartse gebieden. Terwijl er in de zomers vaker en vaker waterschaarste optreedt, is er over het algemeen meer dan voldoende water in de winter. Door een deel van dit overtollig water te capteren en op te slaan, kan een voorraad aangelegd worden om droge periodes te overbruggen. Op die manier creëren we een duurzame waterbalans die ons meer weerbaar maakt tegen verdroging. Dergelijke spaarbekkens kunnen zowel langs kleinere (bijvoorbeeld provinciale) lopen worden uitgebouwd, maar evenzeer langs de grotere (bevaarbare) kanalen. Afstemming met de waterloopbeheerder en gebruikers van water is hierbij essentieel. Ook het laten infiltreren van opgevangen water via deze spaarbekkens kan een interessante strategie zijn om de grondwatervoorraad aan te vullen, hoewel deze mogelijks snel opnieuw gedraineerd kan worden door de nabijgelegen waterloop. Bijkomend onderzoek is nodig per geval om te bepalen of dit een structurele aanvulling kan vormen van de grondwatervoorraad.

We stimuleren waterbesparende technieken en sensibiliseren rond spaarzaam watergebruik om de vraag naar water te verminderen.

Door waterbesparende technieken te stimuleren, vermindert de watervraag, wat op haar beurt zorgt voor een verminderde druk op onze watervoorraden. Waterbesparende technieken kunnen in zowat alle sectoren aangenoemdigd worden, bijvoorbeeld voor burgers en de tertiaire sector (zuinige toestellen), industrie (zuinigere processen), maar bijvoorbeeld ook in de landbouw (zie bijvoorbeeld de Praktijkgids Water in de land- en tuinbouw voor concrete tips). Daarnaast is sensibilisering rond duurzaam watergebruik nodig, onder andere rond een efficiënt en spaarzaam watergebruik in particuliere tuinen. Er wordt melding gemaakt van een sterk toenemend aantal private boorputten voor het irrigeren van tuinen, wat resoluut ingaat tegen een duurzaam en doordacht watergebruik.

7.4 Krachtlijn 3: Voorkomen en verkleinen van de negatieve droogte-impacts van klimaatverandering

Klimaatverandering zorgt voor frequentere en extremere periodes van droogte. Via de maatregelen van krachtlijnen 1 en 2 worden de negatieve effecten van klimaatwijziging op vlak van droogte maximaal voorkomen of verminderd. Echter, het implementeren van dergelijke krachtlijnen vraagt tijd, en er blijven altijd kwetsbaarheden over. Het voorkomen of verkleinen van die negatieve impacts is bijgevolg belangrijk in een proactief droogtebeheer. Onderstaande principes geven invulling aan deze krachtlijn.

We verhogen de weerbaarheid van natuur, landbouw en stedelijk groen tegen verdroging.

Gent telt veel ecotopen en waardevolle bodems (zoals veenbodems) die kwetsbaar zijn voor verdroging. De grootste kwetsbaarheden werden gekarteerd en besproken in §6.1. De hierboven beschreven krachtlijnen zetten in op het maximaal beschermen en verhogen van de waterbeschikbaarheid door onder andere meer water vast te houden en drainage te beperken. Door klimaatverandering neemt de verdamping echter sterk toe terwijl er ook structureel minder neerslag zal vallen in de zomer (zie ook de resultaten van het massabalansmodel voor het huidig en toekomstig klimaat in §5), waardoor kwetsbare natuur en bodems alsnog verder kunnen verdrogen. Er zijn dan ook gerichte maatregelen nodig om deze kwetsbare natuur en bodems te beschermen.

Maatregelen zoals het herstel van het natuurlijk overstromingsregime van beek- en riviervalleien lijken alleszins verder te onderzoeken. Een voorbeeld hiervan is het huidig beheer van het natuurgebied Bourgoyen-Ossemeersen, waarbij periodiek in de winter water wordt binnengelaten. Een concrete oplossing om de Bourgoyen “droogterobuust” te maken is er echter nog niet, en het huidige systeem van water inlaten en vasthouden is in drogere (winter)periodes moeilijker realiseerbaar. Zoals de Bourgoyen deel uitmaakten van de historische winterbedding van de Leie, zo maakten ook een groot

deel van de Gentbrugse meersen deel uit van de winterbedding van de (Beneden)schelde. Deze gebieden stonden gedurende de winter lange tijd onder water, en werden in de zomer enkel gebruikt om te hooien en te laten nabegrazen door het vee. Het rechttrekken van de Schelde, het aanleggen van dijken en het afsluiten van de vroegere rivierbochten (de meanders) maakten een einde aan dit natuurlijk systeem. Het kunstmatig herstellen van deze overstromingsregimers (zoals ook gebeurde als onderdeel van het Sigmaplan meer stroomafwaarts) verdient in elk geval verder onderzoek. Bijzondere aandacht is ook nodig voor grondwateronttrekkingen, waaronder dus ook bemalingen, in de wijde omgeving van groenzones en parken. Stedelijk groen lijdt hier specifiek onder, omdat door deze bemalingen de grondwaterstand plots verlaagd kan worden waardoor bomen niet meer tot bij de watervoorraad geraken. Naar aanloop van een bemaling is een impactanalyse van de geplande bemalingen op omliggend (waardevol) groen bijgevolg aangewezen. Zo kan men tijdig advies verlenen en waar nodig bijkomende maatregelen ter bescherming (zoals gerichte retourbemaling of een ondoorlatende keerwand) van de groenzones en bomen opleggen bij de vergunningsaanvraag. Het beschermen van waardevolle natuur van verdere bebouwing en drainage is nodig, zoals reeds besproken bij de eerste krachtlijn.

De landbouw is de economische sector die mogelijks het sterkst geïmpacteerd wordt door de toenemende droogte. Net als voor natuur zijn de eerste 2 krachtlijnen erop gericht om extra waterbeschikbaarheid te creëren voor landbouw via stuwtjes, spaarbekkens, concepten als water-delen of het verbeteren van de bodem, maar ook voor landbouw zijn bijkomende ondersteunende maatregelen aangewezen. Voor clusters van percelen kan overwogen worden om een netwerk van hydranten aan te leggen die het water van spaarbekkens verdelen over de omliggende velden, zoals gerealiseerd (wordt) in Ardooie (coöperatieve vennootschap rond het bedrijf Ardo) en Kinrooi (lopend in het kader van het Droogte Innovatiefonds Limburg). Dergelijke praktijken blijken echter enkel rendabel bij een sterke aanwezigheid van water- en kapitaalintensieve teelten. Hergebruik van effluentwater van RWZI's is eveneens een interessante piste, maar lijkt uit een eerste analyse maar een beperkt potentieel te hebben voor de RWZI van Gent aangezien het aantal landbouwpercelen in de onmiddellijke omgeving eerder beperkt is. Ten gevolge van klimaatverandering zullen waterintensievere teelten, zoals bijvoorbeeld aardappelen of groenten, moeilijker economisch rendabel blijken op sommige percelen. Aangepaste teelten die meer droogteresistent zijn worden belangrijker. De afbouw van het rampenfonds voor droogte doet de nood aan een brede weersverzekering toenemen.

Op vlak van stedelijk groen is daarnaast ook een aangepast groenbeheer nodig. Technieken zoals mulchen (het toedekken van de bodem met organisch materiaal) hebben reeds hun positief effect op verdroging bewezen in Gent, maar ook andere ingrepen zoals bijvoorbeeld het toevoegen van de schimmel Mycorrhiza kan de waterbeschikbaarheid van vegetaties verhogen. Doordat deze visie ook sterk inzet op het opvangen van afstromend hemelwater van wegenis in groenvakken (en op die manier groen meer zelfvoorzienend maakt op vlak van waterhuishouding), moet parallel ook onderzocht worden welke soorten vegetaties (minder) goed om kunnen met strooizouten en hoe de groenzones in te richten zodat de impact van strooizout op de kwetsbare planten minimaal is (zie ook §8.4.2). Hetzelfde geldt voor vegetaties die weerbaar zijn tegenafwisselende periodes van zeer natte en droge condities. Daarnaast speelt ook de maat van nieuw plantgoed een rol in de overlevingskansen in droge omstandigheden en is het van groot belang een gezonde bodemopbouw in de bovenste lagen te bewaken. Het opzetten van proefprojecten rond stedelijk groenbeheer is bijgevolg noodzakelijk, evenals een afgestemd ontwerp van het openbaar domein op deze principes.

We verbeteren de waterkwaliteit van onze oppervlaktewateren en bewaken de grondwaterkwaliteit.

Ten gevolge van klimaatverandering staat de waterkwaliteit van oppervlaktewateren onder druk. Klimaatverandering zorgt voor beperktere verswater aanvoer van opwaarts, terwijl de hogere temperaturen processen in de hand werken die resulteren in een lagere waterkwaliteit. Tegelijk neemt de frequentie van rioleringsoverstorten toe door de heviger en frequentere zomeronweders,

waardoor bovendien een grotere vuil- en nutriëntenbelasting toe kan komen op de waterlopen. Acties zijn aangewezen om de werking van rioleringsoverstorten te verminderen. Het creëren van buffering en ruimte voor water in brede zin, zoals beoogd in krachtlijn 1, zijn een effectieve strategie. Maar daarnaast zijn ook gerichte analyses nodig op niveau van de overstorten om te bepalen welke overstorten de grootste negatieve impact hebben op de waterkwaliteit en het aquatisch leven, gevolgd door acties om de overstortwerking op die locaties te verminderen. Lokale voorzuivering onder vorm van bijvoorbeeld een vooroever/rietzone ter hoogte van een overstort kan hierbij parallel een rol spelen.

In het Kanaal Gent-Terneuzen, de Moervaart en omliggende waterlopen neemt het probleem van verzilting toe. Dit stelt niet alleen problemen voor de natuur en landbouw, maar ook voor de industriële toepassingen die gebruik maken van het kanaalwater. Ook hier dragen de acties uit krachtlijnen 1 en 2 bij tot het verminderen van de zoutintrusie door het vergroten van de (ondergrondse) zoetwatervoorraad, maar specifieke acties zijn nodig om de verzilting en gevolgen daarvan te beperken.

De grondwaterkwaliteit in de kwel en natte gebieden van Gent spelen een belangrijke rol in het voorkomen en instandhouden van grondwatergevoelige ecotopen. De grondwaterkwaliteit in deze natuurgebieden moet bijgevolg bewaakt worden. Het laten afstromen van hemelwater van omliggende verharding zoals voorgesteld in de eerste krachtlijn biedt kansen voor vernatting, maar tegelijk is een vorm van voorzuivering (en controle) nodig om de kwaliteit van het grondwater niet te sterk te verstoren. Eerder onderzoek op de Bourgoyen-Ossemeersen van INBO toonde immers aan dat bijvoorbeeld het inlaten van water uit de Leie en het effluent van de nabijgelegen RWZI niet wenselijk was omwille van de risico's op vlak van waterkwaliteit.

We monitoren de droogtetoestand en –impacts.

De laatste jaren is er een duidelijke daling van de grondwaterstand waarneembaar ten gevolge van de opeenvolgende droogtes van 2017, 2018, 2019 en 2020. Ook vallen kasteelvijvers en slotgrachten vaker droog dan vroeger. De cijfers van inboet van de Groendienst zijn sterk gestegen de afgelopen jaren. Natuurinventarisaties hinten echter al op een meer structurele verdroging van waardevolle natuur en bodems die zich (minstens) de afgelopen 10 à 20 jaar manifesteert. Veenbodems in onder andere de Rosdambeekvallei veraarden en waardevolle ecotopen in onder meer de alluviale Vinderhoutse bossen verkleinen.

Het monitoren van deze veranderingen is nodig om meer inzicht te krijgen in de actuele en langere termijn droogtetoestanden, zodat gerichter acties ondernomen kunnen worden om de grootste risico's te beperken. Samenwerking met hogere overheden en andere sectoren is hierbij cruciaal om snel en kostenefficiënt tot een voldoende dicht meetnet te komen. Dergelijk meetnet dient grondwaterstanden, bodemvocht, waterkwaliteit, peilen van oppervlaktewaters en vijvers te monitoren, evenals droogteschade aan landbouw en natuur.

8 Analyses ter ondersteuning van de uitwerking van de visie

8.1 Inleiding

Dit hoofdstuk omvat verschillende analyses die de uitwerking van de gepresenteerde visie rond een proactief droogtebeheer ondersteunen. Er werden verschillende droogtebeheerstrategieën op grondgebied Gent doorgerekend in het massabalansmodel voor het huidig en het toekomstig klimaat. Paragraaf 8.2 beschrijft deze scenario's, terwijl §8.3 dieper ingaat op de resultaten. Deze scenario's zijn vooral gericht op het binnenstedelijk gebied. In §8.4 werden verschillende kansenkaarten uitgewerkt die helpen bij het concretiseren van deze scenario's. In het volgende hoofdstuk worden de inzichten uit deze en voorgaande analyses gecombineerd tot een concreet actieplan.

8.2 Beschrijving gekwantificeerde droogtebeheerstrategieën

Deze studie kwantificeert verschillende langetermijnstrategieën waarbij telkens gefocust wordt op één oplossing of set aan maatregelen. Op die manier kan de mogelijke impact van elk bepaald worden. De resultaten van deze impactanalyse werden vertaald naar het actieplan in Hoofdstuk 9. Hierin werden de interessantste componenten uit elke strategie vervat.

Er wordt bij gebrek aan gegevens geen rekening gehouden met scenario's van toenemende verharding of landgebruiksveranderingen. Kortom, de ruimtelijke structuur zoals die vandaag in Gent is wordt behouden in de uitgevoerde analyses.

De impacts van volgende strategieën op de droogteproblematiek worden onderzocht op basis van simulaties met het massabalansmodel:

1. Toepassen van retourbemaling
2. Afbouwen van grondwaterwinningen
3. Vermindering van de drainage
4. Verharding laten afwateren naar de 8 groenklimaatassen
5. Gedifferentieerde onthardingsscenario's
6. Toepassen van gedifferentieerde bronmaatregelen
7. Inrichting heropening Kolveniersgang

Deze scenario's streven allen naar een meer duurzame (hemel)waterhuishouding door in hoofdzaak in te zetten op brongerichte en natuurgebaseerde oplossingen. Vanzelfsprekend zijn de positieve effecten dan ook ruimer dan enkel het beperken van de droogterisico's: verschillende scenario's hebben ook een positief effect op het reduceren van wateroverlast en hittestress, het versterken van de biodiversiteit, etc. Deze multi-wins en geleverde ecosysteemdiensten worden, in tegenstelling tot de droogte-effecten en –impacts, niet gekwantificeerd. Het is echter belangrijk dat de voorgestelde scenario's ook in een bredere en integrale visie op klimaatadaptatie ingebed worden. De onderzochte scenario's zijn hiervoor allen uitermate geschikt.

8.2.1 Scenario 1: Toepassen van retourbemaling

8.2.1.1 Kader en doelstelling

Bronbemalingen voor bouwwerken draineren aanzienlijke hoeveelheden grondwater. Op basis van vergunningen wordt geschat dat jaarlijks circa 4 miljoen m³ freatisch (ondiep) grondwater op die manier gedraineerd wordt (zie ook §2.2.2 voor een uitgebreidere beschrijving). Het is belangrijk om waar mogelijk in te zetten op retourbemaling: het lokaal terug inbrengen van het ingepompte grondwater via infiltratie. Ook de VLAREM wetgeving zet maximaal in op dergelijke retourbemaling.

Omwille van praktische moeilijkheden en hogere operationele kosten wordt in de praktijk vaak geen retourbemaling toegepast. Er is momenteel geen volledig zicht op het vergund bemalingsvolume dat via retourbemaling terug in de ondergrond gebracht zou worden in Gent. Een eerste analyse op de laatste 25 afgeleverde vergunningen (dd. 20/11/2020) leert dat er bij 1 vergunning volledige retourbemaling werd toegepast (max. debiet van 3.240 m³/jaar), en bij 8 vergunningen gedeeltelijk retourbemaling werd toegepast. De teruggepompte volumes zijn onbekend.

Dit scenario onderzoekt de impact van vaker/meer inzetten van retourbemaling op grondwatervoorraden en –hoogtes in Gent. Dit past ook binnen de milieuwetgeving die in mei 2021 werd aangepast in het kader van de Blue Deal, die bepaalt dat de lozing van bemalingswater in de riolering verboden is er als een oppervlaktewater of hemelwaterafvoer is binnen de 200 meter van de werf.

8.2.1.2 Modelmatige benadering

In het opgemaakte massabalansmodel van Stad Gent worden de bemaling verminderd met een vast percentage dat de retourbemaling voorstelt. Voor het historisch centrum wordt in dit scenario aangenomen dat retourbemalingen omwille van praktische redenen niet uitgevoerd kunnen worden. Voor alle overige zones wordt voorgesteld om te veronderstellen dat 25% van de bemalingsvolumes via retour terug in de ondergrond gebracht wordt. In totaliteit wordt er een bemalingsvolume verondersteld van 3.969.876 m³/jaar (zie §2.2.2 voor een beschrijving van de uitgevoerde analyse). Het toepassen van 25% retourbemaling behalve voor de zone “historisch centrum” dringt het netto bemalingsvolume terug tot iets onder de 3 miljoen m³/jaar. Dit aangepast bemalingsvolume wordt toegepast. Het totaal winvolume (dus winningen, bemalingen en permanente drainages tezamen) daalt hierdoor van 5,7 miljoen m³/jaar tot 4,74 miljoen m³/jaar.

8.2.2 Scenario 2: Afbouwen van freatische grondwaterwinningen

8.2.2.1 Kader en doelstelling

Aansluitend op scenario 1 focust dit scenario op het verder afbouwen van freatische grondwaterwinningen, en het overschakelen naar meer duurzame waterbronnen (zoals grijswaterrecuperatie, circulair water, hemelwatergebruik, …) en efficiënter watergebruik. Op basis van de gegevens uit de Heffingendatabank van VMM werd ingeschat dat er grootteorde 3 miljoen m³ jaar freatisch grondwater per jaar gewonnen wordt voor gebruik (zie ook §2.2.2 voor een uitgebreidere beschrijving). In de afgelopen decennia is het grondwaterverbruik al sterk teruggedrongen. Ook worden (nieuwe) vergunningen reeds streng beoordeeld.

Dit scenario focust uitsluitend op een verdere afname van grondwaterwinningen in de toekomst. Bemalingen en permanente drainages worden bijgevolg niet beschouwd. Deze worden respectievelijk behandeld in scenario’s 1 en 3.

8.2.2.2 Modelmatige benadering

Voor dit scenario wordt uitgegaan van een afbouw van 50% van de grondwaterwinningen. Het volledig afbouwen (100%) van de grondwaterwinningen is onrealistisch, en bijgevolg niet doorgerekend. Ook deze 50% die nu als bovengrens ingerekend wordt, is reeds zeer ambitieus. In het verleden werden immers reeds inspanningen geleverd om de grondwaterwinvolumes te reduceren, en bovendien wordt er streng beoordeeld wordt op het toekennen van grondwatervergunningen.

De freatische grondwaterwinningen (exclusief bemalingen en permanente drainages) omvatten in totaliteit een volume van 1,24 miljoen m³/jaar (zie §2.2.2 voor een beschrijving van de uitgevoerde analyse). Dit volume wordt in dit modelscenario teruggebracht tot 0.62 miljoen m³/jaar. De winningen worden dus in alle zones van het model afgebouwd. De impact zal wellicht het grootst zijn in de haven, aangezien het meeste winningen in de haven gelokaliseerd zijn (met een totaal verondersteld winningsvolume van circa 3,3 miljoen m³/jaar). Het totaal grondwaterwinvolume (dus winningen, bemalingen en permanente drainages tezamen) daalt hierdoor van circa 5,7 miljoen m³/jaar tot 5,1 miljoen m³/jaar.

8.2.3 Scenario 3: Verminderen van drainage via de riolering

8.2.3.1 Kader en doelstelling

Drainages voeren grondwater af, en doen bijgevolg ook de inspanningen rond infiltratie teniet. Ook in en rond Gent worden er grote hoeveelheden water gedraineerd door bijvoorbeeld de riolering: de parasitaire piekdebieten (grondwaterdrainage) die in de winter voorkomen bij hoge grondwaterstanden worden ingeschat op 35.000 m³/dag voor de RWZI van Gent (Drongen), 10.000 m³/dag voor Destelbergen, 3.500 m³/dag voor Moerbeke en circa 1.500 m³/dag voor Nevele. Dit werd ook verder beschreven in §4.1.5.5. Ook zullen er oppervlaktewaters, zoals grachten en (kleinere) waterlopen onbedoeld drainerend werken op de omgeving. Een voorbeeld hiervan is de Rietgracht in de Gentbrugse meersen, die door het lage peilbeheer zorgt voor verdroging (Haskoning, 2008).

Dit scenario bestudeert de impact van het verminderen van drainage via de riolering op de grondwaterstand door deze drainage volledig uit te schakelen. Dit is een theoretisch scenario dat in de praktijk niet gerealiseerd kan worden. Het scenario wordt echter opgenomen in de studie om de maximaal mogelijke impact te kennen van het aanpakken van dergelijke drainages.

Merk op dat dit scenario ook (grotendeels) de impact van scenario 1 “Toepassen van retourbemaling” omvat, aangezien veel bemalingen afwateren naar de riolering en deze ook beschouwd worden als een parasitair debiet (of “drainage”). De resultaten van scenario’s 1 en 3 mogen bijgevolg niet opgeteld worden.

8.2.3.2 Modelmatige benadering

Het verminderen van de drainage via rioleringen naar de RWZI wordt ingeschat op basis van een analyse van de RWZI influenten (zie ook §4.1.5.5). Concreet wordt het berekende parasitair debiet herschaald naar de RWZI zones op Gents grondgebied. Deze parasitaire debieten werden (tijdsvariabel) ingegeven in het massabalansmodel als drainage, maar worden in dit scenario volledig uitgeschakeld.

8.2.4 Scenario 4: Overtollig water van verharding infiltreren in de 8 klimaatassen

8.2.4.1 Kader en doelstelling

De groenklimaatassen zijn belangrijke schakels in de ruimtelijke structuur van Gent. Ze zorgen voor een recreatieve, ecologische en landschappelijke verbinding tussen de open ruimte – in het bijzonder de 5 groenpolen - en het stadscentrum. Daarom wil de Stad Gent de komende jaren versneld inzetten op de verdere realisatie van de groenklimaatassen én de groene recreatieve ring, een proces waaraan al sedert eind jaren 80 stapsgewijs wordt gewerkt, zowel aan de tekentafel als door concrete realisaties. In Ruimte voor Gent, de nieuwe structuurvisie voor 2030-2050, wordt de ambitie voor de versnelde realisatie van de groenklimaatassen hernomen. Zowel inhoudelijk als procesmatig wordt in Ruimte voor Gent een duidelijke richting uitgezet.

Deze groenklimaatassen kunnen dus een belangrijke component vormen in het klimaatadaptatiebeleid en het realiseren daarvan. Zij kunnen mogelijks ook een grote rol opnemen in het meer weerbaar maken van de stad tegen droogte. Dit scenario onderzoekt die piste door na te gaan wat de impact is van het opvangen van afstroming van verharding uit de (ruime) omgeving in deze groenklimaatassen om het daar te laten infiltreren.

De concrete uitwerking en realisatie van elk van deze assen ligt nog niet vast. Het is dan ook nog niet mogelijk om exact te bepalen hoeveel verharding kan afwateren naar deze assen. Daarom werden bij de implementatie in het model en uitwerking aannames gemaakt in functie van een “minimaal” en “ambitieus” beleid op vlak van waterhuishouding.

8.2.4.2 Modelmatige benadering

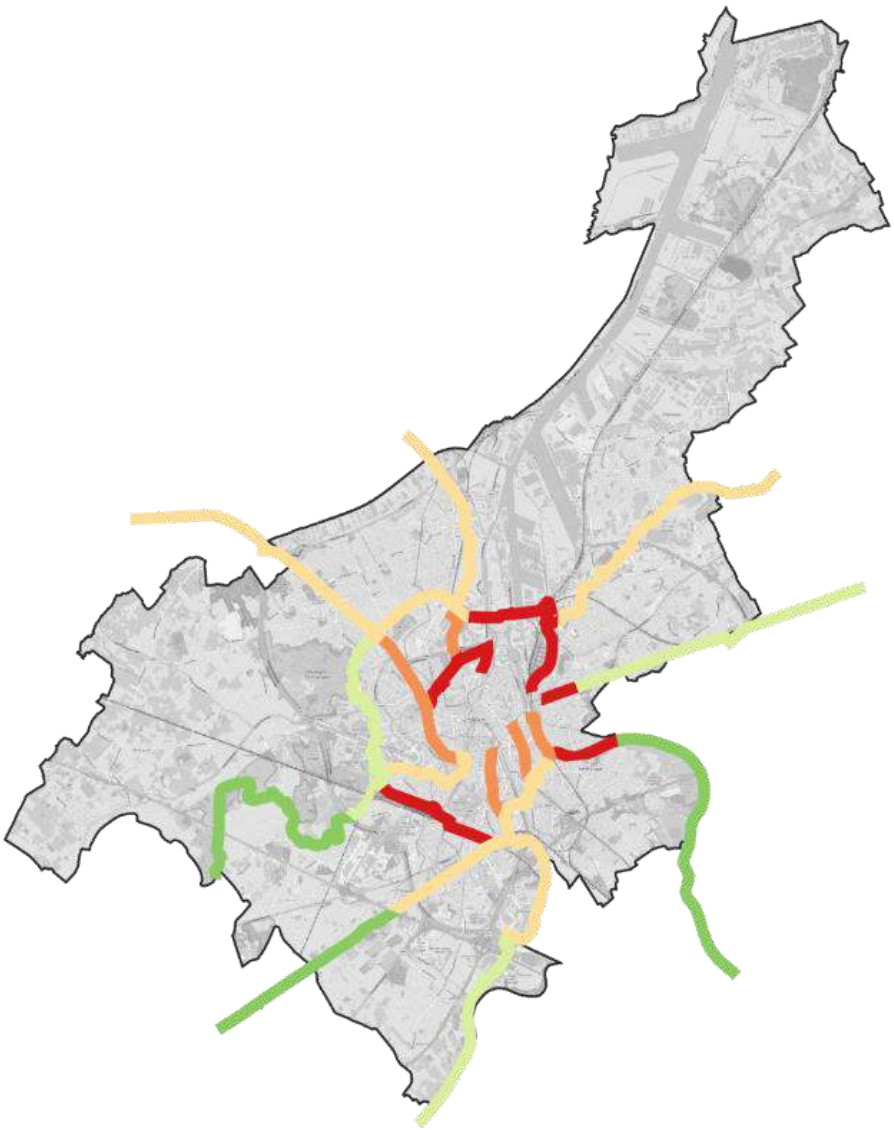
Het potentieel van elk segment van de 8 assen werd kwalitatief beoordeeld op haar potenties om water bovengronds vast te houden en te laten infiltreren. De assen zijn zowel in de lengte als de breedte zeer divers. Een breedte is dus op de meeste plaatsen nog niet vastgelegd, en ook de inrichting is nog niet gekozen. Bijgevolg berust deze analyse op verschillende aannames. Omdat er nog een aanzienlijke onzekerheid zit op de concrete uitwerking en realisatie van deze groenklimaatassen, wordt gewerkt met een “minimaal” en “ambitieus” scenario in de droogtestudie. Figuur 145 toont de groenklimaatassen, tezamen met een aanduiding van het ingeschatte potentieel om water te bergen. De rode assen hebben wellicht beperktere kansen voor waterberging, terwijl de groene veel ruimte voor water kunnen omvatten. Deze kansen werden ingeschat op basis van grootschalige aannames, en kunnen dus onnauwkeurig zijn.

Vervolgens werd bepaald hoeveel afstromend hemelwater deze assen kunnen ontvangen. Hierbij werd een berekening gemaakt in de modelleringssoftware Sirio zodat nog 95% van het afstromend hemelwater kan infiltreren. De berekening geeft aan dat wanneer de groenklimaatassen ambitieus worden uitgebouwd, zij de afstroming van ongeveer 14,1 miljoen m² verharding kunnen laten infiltreren.

Tot slot werd bepaald hoeveel verharding in realiteit kan afstromen naar deze assen, rekening houdend met de topografische ligging van de verharding en de aanwezigheid van verharding zelf. Sommige groenklimaatassen vertonen immers veel kansen om ruimte aan water te geven, maar zijn hoger gelegen dan de omgeving waardoor gravitaire afstroming niet mogelijk is. Hiertoe werden stroomlijnen opgemaakt op basis van het digitaal terreinmodel, en werd per as ingeschat welke verharde delen mogelijks kunnen afwateren naar de as. Uit deze analyse bleek dat circa 3,8 miljoen m² verharding van het openbaar domein gravitair zou kunnen afstromen naar de groenklimaatassen. De resultaten van deze analyse worden ook gevisualiseerd op de kansenkaart in §8.4.5. Merk op dat

dit ver beneden de verharding is waarvan het hemelwater theoretisch zou kunnen infiltreren (14,1 miljoen m²). Bijgevolg lijkt het nuttig om gezien het potentieel van deze assen in de praktijk te evalueren of ook het overtollig hemelwater van private verharding afgeleid kan worden naar deze groenklimaatassen om te infiltreren.

De getallen in deze analyse zijn niet als exact te beschouwen. Ze geven wel een indicatie van de mogelijkheden van groenklimaatassen op vlak van droogtebeheer. Het geeft aan dat de groenklimaatassen een belangrijk element kunnen vormen in het opvangen en infiltreren van hemelwater.



Figuur 145: De groenklimaatassen met aanduiding van het ingeschatte potentieel voor ruimte voor water (rood: beperkte kansen, groen: zeer veel kansen).

8.2.5 Scenario 5: Gerichte ontharding

8.2.5.1 Kader en doelstelling

Verharding versterkt de negatieve gevolgen van klimaatverandering: het zorgt voor minder infiltratie en grondwatervoeding, meer risico's voor wateroverlast, een verlies aan biodiversiteit en ecosysteemdiensten, en een verhoogd risico op hittestress. Het terugdringen van de verhardingsgraad waar mogelijk is dan ook een interessante piste voor klimaatadaptatie.

Dit scenario rekent verschillende onthardingsscenario's uit. Hierbij wordt zowel ontharding van privaat terrein alsook openbaar domein beschouwd.

Figuur 146 toont een voorbeeld van dergelijke gerealiseerde ontharding in Drongen. De foto boven toont de oude en sterk verharde situatie. De foto onderaan toont de huidige situatie, waarbij de verharding grotendeels vervangen werd door groen. Op die manier wordt er minder water afgevoerd via de riolering, en wordt het grondwater sterker gevoed. Ook voor de aanwezige vegetatie kan er zo in een gezonde bodem meer water vastgehouden worden. In totaliteit werd er op en direct rond het plein circa 2.700 m² onthard (-17% t.o.v. de oorspronkelijke situatie).

Figuur 146: Gerealiseerde ontharding op het Drongenplein in Gent. Boven: oude situatie, onder: huidige situatie (bron: stad Gent).

Men kan daarnaast ook parallel inzetten op "slim ontharden": strategische zones ontharden en de verharding uit de omgeving naar deze plaats laten afwateren. Op die manier heeft men een schaalvoordeel: niet enkel de neerslag die direct op de ontharde zone valt kan infiltreren, maar ook de neerslag van de overgebleven verharding in de onmiddellijke omgeving. Een voorbeeld van slimme ontharding in Gent gebeurt in de Kikvorsstraat. Zo worden enkele lagergelegen groenzones voorzien (waar nu nog verharding is), met een verlaging van de omliggende borduur zodat het hemelwater van de straat naar deze groenzone kan afstromen. Op die manier kan de noodzakelijke verharding behouden blijven, maar wordt het water alsnog opgevangen en bijna volledig geïnfiltreerd. Dit type maatregelen zijn bijzonder efficiënt in de strijd tegen droogte. Het is daarom belangrijk dat dergelijke concepten ook mee opgenomen worden in het Integraal Plan Openbaar Domein (IPOD) IV, die aanbevelingen geeft voor de inrichting van het openbaar domein. Wel moet meegegeven worden dat zo'n maatregel zelden een oplossing vormt voor wateroverlast, omdat de groenzones veelal te klein zijn om grote hoeveelheden neerslag vast te houden. Dergelijke maatregelen moeten bijgevolg in een integrale hemelwatervisie opgenomen worden. Dit kan door de groenzones met elkaar te verbinden, en het overtollig water af te leiden naar nabije vijvers, waterlopen of andere grotere landschapsdepressies.

8.2.5.2 Modelmatige benadering

Er wordt een set van 3 subscenario's geïmplementeerd en doorgerekend in het massabalansmodel:

- Subset 1: ontharding van 15% van de verharding op het openbaar domein (=verharding die geïnventariseerd is onder "wegenis"; dit is inclusief voetpaden en pleinen). De totale verharding van het openbaar domein (wegenis) wordt bijgevolg verminderd met 15%.
- Subset 2: 15 % "slim" ontharden in het openbaar domein. Met slim ontharden wordt bedoeld dat er extra overblijvende verharding afwatert naar de plaats die onthard werd. Op die manier kan een groter effect verkregen worden. Zo kan bijvoorbeeld de laagst gelegen parkeerplaats in een straat doelbewust onthard worden, waarna de direct aangrenzende parkeerplaatsen (die wel nog verhard zijn) hiernaar kunnen afwateren. In dit subscenario wordt verondersteld

dat voor elke 1 m² die effectief onthard wordt, er 3 m² extra overblijvende verharding kan afwateren naar de ontharde locatie.
- Subset 3: ontharding van 15% van alle perceelsverharding (ongeacht locatie, landgebruik of eigenaar; dus enkel terreinverharding; dus enkel privaat).

De 15% werd gekozen in lijn met de onthardingsdoelstellingen van stad Gent.

8.2.6 Scenario 6: Gedifferentieerd bronmaatregelenbeleid

8.2.6.1 Kader en doelstelling

Stad Gent zet volop in op de uitbouw van bronmaatregelen om de negatieve effecten van verharding op vlak van waterhuishouding op te vangen. Bronmaatregelen, zoals regenwaterputten, infiltratievoorzieningen (boven- en ondergronds) en buffers met vertraagde afvoer, houden het hemelwater lokaal vast waar het valt. Het water kan dan lokaal infiltreren of hergebruikt worden. Bij lokale infiltratie wordt de droogtetoestand in Gent aangepakt doordat de grondwatertafel gevoed wordt. Bij het gebruik van regenwater wordt leidingwater bespaard. Aangezien dit leidingwater niet op grondgebied Gent geproduceerd wordt (zie ook §2.4.4 voor een beschrijving van het stadswatersysteem), draagt dit niet direct bij aan het verhogen van de weerbaarheid van de stad tegen verdroging. Toch is het opvangen en gebruiken van regenwater absoluut aan te moedigen waar mogelijk, omdat het de leveringszekerheid van het grondgebied Gent verhoogt (doordat de vraag daalt), en bovendien de droogteproblematiek op Vlaams niveau helpt aan te pakken.

Dit scenario onderzoekt de impact van verschillende maatregelen i.h.k.v. een bronmaatregelenbeleid op de droogtetoestand in Gent. Het scenario focust op infiltrerende bronmaatregelen (en regenwaterputten) die toegepast worden op de verharding van gebouwen, terreinverharding en wegenis.

8.2.6.2 Modelmatige benadering

Concreet worden verschillende sub-scenario's doorgerekend in het massabalansmodel en geanalyseerd, elk met een andere insteek of focus. Vanzelfsprekend zijn een zeer groot aantal sub-scenario's denkbaar, waarbij bijvoorbeeld voor verschillende landgebruiken (i.e. residentieel, wegenis, industrie, ...) elk andere maatregelen worden doorgerekend, of meer/minder maatregelen worden toegepast in verschillende zones. Het aantal combinaties kan snel zeer groot worden, wat de rapportering en interpretatie bemoeilijkt. Daarom wordt een beperktere maar realistische subset aan scenario's geïmplementeerd:

- Subset 1: Het toepassen van infiltrerende bronmaatregelen conform de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening Hemelwater op alle verharding van de 100 grootste verharde percelen van de ganse stad. Ook de haven wordt hierbij beschouwd. Hierbij wordt circa 95% van de verharding opgevangen van die percelen via infiltrerende bronmaatregelen in het scenario. Dergelijk percentage is haalbaar wanneer bronmaatregelen uitgebouwd worden. De onzekerheid op dit percentage (er zou ook 90% tot 99% kunnen infiltreren) is verwaarloosbaar in het licht van de andere modelonzekerheden.

- Subset 2: Het toepassen van bronmaatregelen op alle perceelsverharding (ook in het havengebied) maar niet op het openbaar domein volgens volgende verdeling:

    - Residentiële percelen: de verdeling wordt toegepast zoals beschreven in §4.1.5.6.

- Niet-residentiële percelen: idem, maar geen regenwaterput (want het hergebruik is te moeilijk om in te schatten).

- Subset 3: wegenis
  - Dit scenario wordt doorgerekend conform de Code van Goede Praktijk voor het ontwerp van rioleringen. Er wordt dus een infiltrerende oppervlakte van 4% en een bergend vermogen van 250 m³/ha verondersteld voor 100% van de wegenis. Er wordt geen rekening gehouden met de aangesloten verharding van percelen. Merk op dat uit berekeningen van Farys is gebleken dat in de praktijk zelfs infiltrerende oppervlaktes van 15% nodig zijn om al het water te kunnen laten infiltreren.

Subsets 1, 2 en 3 worden apart doorgerekend en gerapporteerd.

De toegepaste bronmaatregelen bevatten geen vertraagde afvoer. We veronderstellen bijgevolg dat overal oppervlakkige infiltratie mogelijk is. Op vlak van droogte heeft het voorzien van bronmaatregelen met vertraagde afvoer bovendien slechts een beperkte impact (enkel relevant voor het verminderen van overstortwerking), waardoor het minder relevant is om deze door te rekenen in een scenario. Op vlak van wateroverlast is dat uiteraard wel zeer relevant, maar dat wordt niet gekwantificeerd in deze studie.

8.2.7 Scenario 7: Inrichting heropening Kolveniersgang en andere overwelfde waterlopen

8.2.7.1 Kader en doelstelling

Gent telt verschillende gedempte of overwelfde waterlopen. Zo is er bijvoorbeeld de Lievegang, ook gekend als het oude afleidingskanaal van de Lieve, dat gelijk loopt met de Kolveniersgang, een deel van de Opgeëistenlaan, de Blaisantvest tot en met het Neuseplein. Ook is er het Meerhemkanaal/Schipgracht, dat zich uitstrekt van aan het Park Sluizeken, en via de Tichelrei, Fratersplein, Kartuizerlaan, Meerhem en de Hugo Van der Goesstraat loopt tot het Neuseplein.

Het kwalitatief openleggen van deze waterlopen biedt kansen voor klimaatadaptatie. Door ruimte te geven aan water worden risico's rond wateroverlast, droogte en hittestress beperkt. Ook kan het de biodiversiteit versterken, alsook de omgevingskwaliteit verbeteren. Er moet echter goed gewaakt worden dat er geen drainage plaatsvindt van het grondwater. Het openleggen van waterlopen kan dan immers een groot negatief effect hebben op vlak van droogte.

8.2.7.2 Modelmatige benadering

Dit scenario werd niet gekwantificeerd in het massabalansmodel, maar de potentiële impact inzake klimaatadaptatie werd kwalitatief onderzocht. We verwijzen hiervoor naar de aparte nota "Technische nota openleggen Kolveniersgang" (Wolfs, 2021).

8.3 Resultaten massabalansmodel scenario-onderzoek

Deze paragraaf beschrijft de simulatieresultaten van het massabalansmodel waarbij de verschillende scenario's werden doorgerekend. Eerst worden definities gegeven van adaptatiedoelstellingen. Dit zijn de doelstellingen waartegen de impact van elk scenario wordt geëvalueerd. Deze doelstellingen worden beoordeeld voor ruimtelijke zones, die eveneens toegelicht worden in de volgende paragraaf. Vervolgens wordt dieper ingegaan op de evaluatie van elk individueel scenario. Tot slot worden de resultaten samengevat.

8.3.1 Definitie adaptatiedoelen en ruimtelijke zones

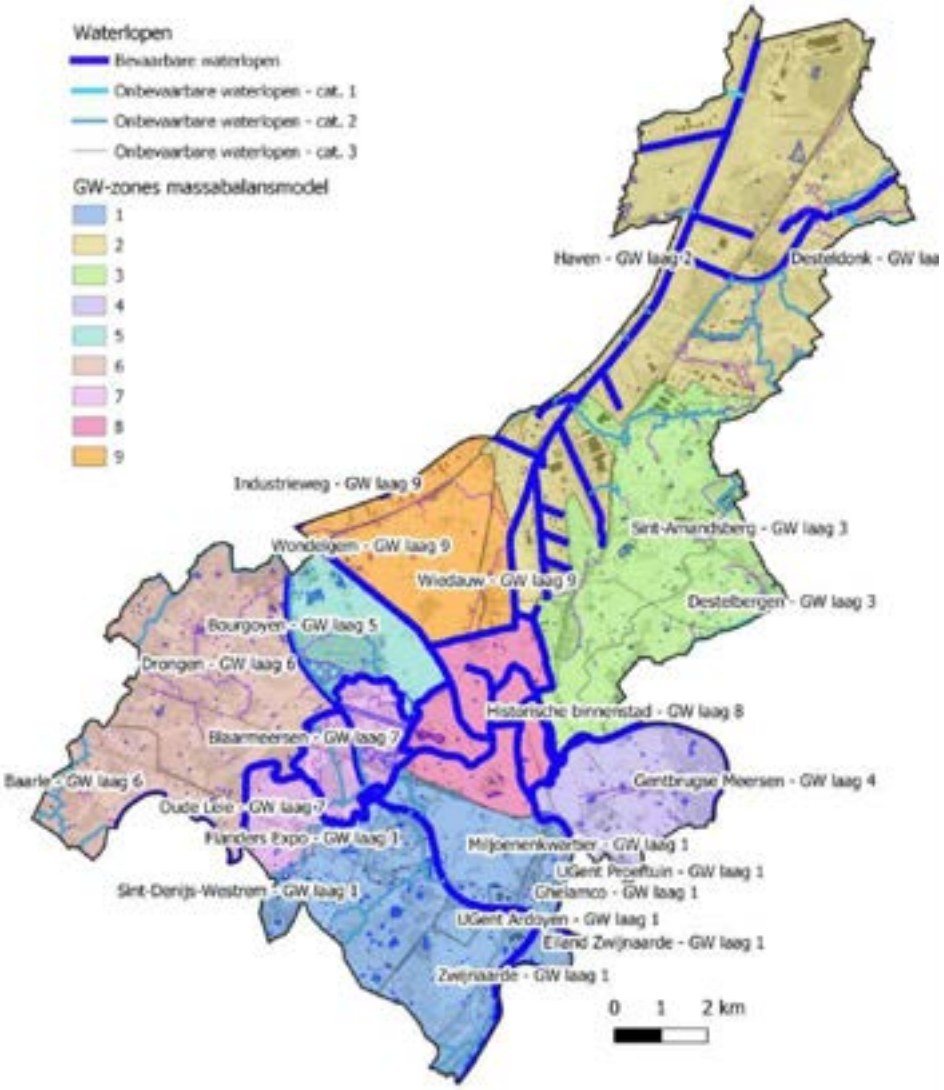
Het massabalans geeft een veelheid aan simulatieresultaten. Om de impacts van de scenario's bevattelijk voor te stellen, werken we met twee concrete adaptatiedoelen in deze studie. Bij beide doelstellingen trachten we een "status quo" te realiseren in het huidig en toekomstig klimaat (tijdshorizon 2050). We willen bijgevolg de situatie in de toekomst onder klimaatverandering gelijk houden aan de droogtetoestanden van de afgelopen 30 jaar (wat beschouwd wordt als het "huidig" klimaat). Als toekomstig klimaat beschouwen we het "hoge impact" klimaatscenario, zoals ook beschreven in §5.2. Met een grote waarschijnlijkheid zal de werkelijke klimaatverandering tussen deze van het huidig en het in deze studie "toekomstig" klimaat liggen. Het in rekening brengen van het "hoge" klimaatscenario in plaats van een gemiddeld is een veiligere keuze, die ook in lijn ligt met het beleid van hogere overheden.

De eerste adaptatiedoelstelling streeft naar een gelijkaardige jaargemiddelde grondwaterreserve in het toekomstig en huidig klimaat. We streven hierbij naar een jaargemiddelde beschikbare grondwaterreserve die in het toekomstig (2050) en huidig klimaat gelijk is. Hiertoe wordt voor elk scenario de gemiddelde grondwaterreserve berekend. De gerapporteerde indicatorwaarde geeft aan in hoeverre een scenario ("scenario X") de afname van de jaarrond grondwaterreserve kan opvangen die gepaard gaat met klimaatverandering. Een indicatorwaarde van 100% geeft bijgevolg aan dat het beschouwde scenario het volledige verlies aan grondwaterreserve ten gevolge van klimaatverandering kan opvangen. De adaptatiedoelstelling is in dat geval bereikt, aangezien een (jaargemiddeld) status quo gecreëerd werd. Een indicatorwaarde van bijvoorbeeld 25% betekent daarentegen dat er een achteruitgang is van de grondwaterreserve in vergelijking met het huidig klimaat. Het scenario kan dan immer slechts 25% van de daling ten gevolge van klimaatverandering opvangen.

$$indicatorwaarde\ scenario\ X\ [\%] = \frac{bijkomende\ grondwaterreserve\ door\ scenario\ X}{afname\ grondwaterreserve\ bij\ geen\ actie}$$

De tweede adaptatiedoelstelling streeft naar een gelijkaardige basisafvoer naar de waterlopen in de hydrologische zomerperiodes (april tot en met september) onder het toekomstig en huidig klimaat. De gerapporteerde indicatorwaarde is gelijkaardig opgevat als voor de eerste adaptatiedoelstelling, maar dan toegepast op de basisafvoer naar waterlopen. De indicatorwaarden zijn opnieuw resultaten van simulaties met het massabalansmodel, dat dus rekening houdt met alle belangrijke stromen van het integrale watersysteem.

De resultaten worden voorgesteld op het niveau van het ganse grondgebied Gent. Voor de jaargemiddelde grondwaterreserve worden de resultaten ook per kleinere deelzone gerapporteerd. Deze ruimtelijke zonering werd uitgebreider besproken in §4.1.4 en samengevat in onderstaande Figuur 147. Vanzelfsprekend zijn er lokale afwijkingen mogelijk. Het is dus niet zo dat wanneer een adaptatiedoel volledig is ingevuld (een indicatorwaarde van 100% of meer), alle droogteproblemen opgelost zijn. Deze inschattingen zijn immers "gemiddelden" over de beschouwde zone, en er zullen altijd lokale afwijkingen optreden. De doorgerekende scenario's geven wel reeds een sterk onderbouwde indicatie van de te verwachten impacts, en waar er bijgevolg ook nog (bijkomende) maatregelen nodig zullen zijn. Ook maken ze het mogelijk om de maatregelen relatief ten opzichte van elkaar en locatie ten opzichte van locatie te evalueren.



Figuur 147: Afbakening van de deelzones waarvoor de grondwaterresultaten gerapporteerd worden.

8.3.2 Evaluatie scenario's

8.3.2.1 Evaluatie scenario 1: Toepassen van retourbemaling

In **scenario 1** wordt **retourbemaling** toegepast op een deel van de vergunde bemalingen (zie ook §8.2.1). Aangezien de praktische toepasbaarheid van retourbemalingen gelimiteerd is, blijft de impact op droogte relatief beperkt (in vergelijking met scenario 3). We verwachten dat op door het toepassen van retourbemaling grootteorde 5% van de afname van de grondwaterreserve en basisafvoer naar oppervlaktewaters ten gevolge van klimaatverandering opgevangen kan worden op schaalniveau Gent. We hebben verondersteld dat retourbemaling met infiltratie niet mogelijk is in het centrum omwille van praktische problemen, waardoor er dan ook geen impact te verwachten is op de grondwaterreserves in het centrum. In Wondelgem, de zone rond Zwijnaarde – Sint-Denijs-Westrem en (beperkter) in Sint-Amandsberg zijn de grootste impacts te verwachten Dit heeft onder andere te maken met het (relatief) groter aandeel aan bemalingen in deze zones in vergelijking met de grootte

van deze zones. In deze zones zal het toepassen van retourbemaling op 25% van de bemalingen ongeveer grootteorde 10% van de verminderde grondwaterreserve ten gevolge van klimaatverandering kunnen opvangen.

Ondanks de relatief beperkte impact van de onderzochte retourbemaling (in vergelijking met andere scenario's) is en blijft het echter wel sterk aan te moedigen om retourbemalingen maximaal toe te passen. In het bijzonder is het toepassen van retourbemalingen wenselijk in de buurt van waardevolle (stedelijk) groen, zoals toekomstbomen of vijvers. Het niet realiseren van een retourbemaling zal bovendien telkens een groot aantal andere inspanningen rond infiltratie teniet doen. Op vlak van kosten-baten scoort retourbemaling wellicht dus relatief hoog (zolang het praktisch uitvoerbaar is), maar dit werd niet onderzocht in deze studie.

8.3.2.2 Evaluatie scenario 2: Afbouwen van freatische grondwaterwinningen

Scenario 2 onderzoekt het afbouwen van een deel van de freatische grondwaterwinningen (zie ook §8.2.2). We veronderstellen hierbij een afname van de freatische grondwaterwinningen van 50% (circa 0.6 miljoen m³/jaar op grondgebied Gent) door het implementeren van meer waterspaarzame technologieën, hergebruik van water, etc. Dit scenario heeft vooral een positieve impact op droogte (impacts). Andere wins op vlak van klimaatadaptatie zijn beperkter.

Ook dit scenario kan namelijk grootteorde 5% van de afname van de grondwaterreserves en basisafvoer naar waterlopen opvangen. Het verder afbouwen van de grondwaterwinningen is bijgevolg aan te moedigen, maar zal geen structurele oplossing vormen voor de droogteproblematiek. Merk op dat de impactanalyse ook hier naar een groter schaalniveau (wijkniveau) kijkt. Lokaal kunnen ten gevolge van grondwaterwinningen echter wel (sterke) verdrogingseffecten te verwachten zijn, met grotere impacts. Een individuele analyse per grondwaterwinning van de mogelijke effecten en impacts is dus zeker noodzakelijk bij elke vergunningsaanvraag.

8.3.2.3 Evaluatie scenario 3: Verminderen van drainage via de riolering

Scenario 3 onderzoekt de impact van het volledig afbouwen van de drainage van grondwater via de rioleringen naar de RWZI's in en rond Gent (zie ook §8.2.3). Deze drainages omvatten wellicht de meeste bemalingsvolumes, maar ook de afvoer ten gevolge van lekkende rioleringsleidingen of het (soms onbedoeld) aansluiten van grachten op de riolering. We verwijzen naar §2.4.2 voor een uitgebreidere beschrijving en kwantificering van deze drainagevolumes voor Gent. Het uitvoeren van dit scenario is in de praktijk quasi onhaalbaar: men kan zeer moeilijk alle drainage via de riolering stoppen. Maar de impactresultaten tonen wel dat er grote impacts te verwachten zijn indien men deze parasitaire volumes sterk kan terugdringen. Concreet kan op niveau van de stad ongeveer de helft van de impact van klimaatverandering op de grondwaterreserves worden opgevangen, alsook ongeveer een derde van de basisafvoer naar de oppervlaktewaters. De verschillen in impact zijn per zone echter zeer groot. Zo heeft het beperken van de drainage via rioleringen quasi geen of slechts een beperkte impact in onder andere Baarle, Drongen, de omgeving van de Gentbrugse Meersen het natuurgebied van de Bourgoyen-Ossemeersen, en de Leievallei. Dit is te verwachten omdat er in die gebieden veel minder bemalingen worden uitgevoerd, en de uitgestrektheid van de rioleringen beperkt is. In die gebieden zal er wellicht veel meer drainage zijn via grachten, maar dit kon niet expliciet gekwantificeerd worden in de studie. De impact voor Sint-Amandsberg en Oostakker is ook beperkter dan gemiddeld, maar dit komt omdat deze zone relatief groot is met zowel een verstedelijkte als meer landelijke component. De grootste impacts zijn logischerwijs te verwachten in de meer verstedelijkte gebieden, zoals de omgeving van Zwijnaarde, Sint-Denijs-Westrem, Wondelgem en het historisch centrum. Het volledig afbouwen van de drainage via de riolering kan zelfs zorgen voor een netto toename van de grondwaterreserves onder klimaatverandering in vergelijking met het huidig klimaat in deze zones.

Merk ook op dat deze drainagevolumes toekomen in de RWZI's, en bijgevolg ook een operationele zuiveringskost met zich meebrengen. Het terugdringen van deze afvoer heeft dus, naast de voordelen op vlak van droogte, ook een direct economisch voordeel.

8.3.2.4 Evaluatie scenario 4: Overtollig water van verharding infiltreren in de 8 klimaatassen

Scenario 4 onderzoekt het opvangen van de afstroming van verharding in groenklimaatassen om het water daar te laten infiltreren (zie ook §8.2.4). De groenklimaatassen kunnen zo het eindpunt vormen van de hemelwatercascade zoals voorgesteld in de visie voor verharding die in de omgeving ligt van groenklimaatassen. In dit scenario zijn we uitgegaan van ambitieuze groenklimaatassen met veel ruimte voor waterberging. We becijferden dat dergelijke ambitieuze groenklimaatassen de afstroming van ongeveer 14 miljoen m² verharding kunnen laten infiltreren in Gent, maar er ongeveer maar 3,8 miljoen m² verharding van het openbaar domein topografisch en realistisch kan afwateren naar deze assen. Er is bijgevolg nog mogelijkheid om ook de afstroming van private bronmaatregelen en verharding waar lokaal geen bronmaatregelen voor voorzien kunnen worden, op te vangen in deze assen. Er werd echter nog geen rekening gehouden met de afstroming van private verharding in dit scenario, en bijgevolg ligt het potentieel nog hoger dan hier gerapporteerd. Uit de simulaties blijkt dat de groenklimaatassen ongeveer 17% van de jaargemiddelde afname van de grondwaterreserve ten gevolge van klimaatverandering kan opvangen, en 12% van de afname van de basisafvoer naar waterlopen in de zomer. De groenklimaatassen kunnen dus een significante bijdrage leveren aan het beperken van de droogteproblematiek. Tegelijk worden de groenklimaatassen zelf veel robuuster tegen droogte, en kunnen deze dus een grotere rol opnemen voor klimaatadaptatie in Gent.

Opnieuw zijn er grotere ruimtelijke verschillen van de potentiële impact van de ene tot de andere zone. Deze verschillen kunnen logischerwijs (deels) verklaard worden door de ligging van de groenklimaatassen ten opzichte van de zones, alsook de omliggende verharding rond de groenklimaatas. Zo wordt het centrum (zie §8.3.1 voor een afbakening van deze zone) begrensd door enkele groenklimaatassen in combinatie met grote hoeveelheden verharding. Hoewel deze groenklimaatassen in een dichter stedelijk weefsel liggen, kunnen deze wellicht nog steeds uitgebouwd worden om veel water uit de omgeving op te vangen. Dit zorgt ervoor dat de groenklimaatassen een belangrijke aanvulling kunnen realiseren van de grondwaterreserve. Andere groenklimaatassen bieden meer kansen om ruimte te geven aan water, zoals bijvoorbeeld de groenklimaatas langs de Leie of getijarm van de Schelde, maar is er minder verharding aanwezig die hiernaar kan afwateren.

Er moeten enkele kanttekeningen gemaakt worden bij deze resultaten. Ten eerste zal dit scenario leiden tot een sterke vernatting in en direct rond de groenklimaatassen. Verder verwijderd van de groenklimaatassen zal de vernatting beperkter zijn. Ook zal een deel van het water in een tijdspanne van dagen tot weken gedraineerd worden door de nabijgelegen waterlopen, maar de indicatorwaarden houden hier wel reeds rekening mee. Bovendien zorgt dit ook voor een basisdebiet naar de waterloop, wat wenselijk is om verdroging van de waterlopen tegen te gaan. Ten tweede is het lokaal vasthouden van de neerslag waar die valt te verkiezen boven het collectief verzamelen van afstroming op een beperkt aantal plaatsen. De groenklimaatassen moeten dus samen uitgewerkt worden met de micro-onthardingen, groene sproeten in het verstedelijkt landschap, infiltratievoorzieningen en andere maatregelen die het water lokaal vasthouden. Het opvangen van het overtollig regenwater in de groenklimaatassen is echter wel een goed en duurzaam alternatief waar dergelijke maatregelen praktisch niet realiseerbaar zijn. Ten derde kunnen de groenklimaatassen ook een belangrijke rol opnemen in het beperken van de risico's rond wateroverlast. Zij dienen bijgevolg ook ingepast te worden in een integrale watervisie met oog voor zowel droogte als wateroverlast.

8.3.2.5 Evaluatie scenario 5: Gerichte ontharding

Scenario 5 onderzoekt de impact van gerichte ontharding (zie ook §8.2.5). Hierbij werd een onderscheid gemaakt tussen 3 aparte sets, namelijk (1) 15% ontharding van het publiek domein, (2) 15% slimme ontharding van het publiek domein en (3) 15% ontharding van percelen. Met "slimme" ontharding wordt bedoeld dat een beperkt deel van de verharding wordt onthard, en de resterende verharding afstroomt naar de ontharde locatie. Dit kan door strategisch iets lagergelegen locaties, zoals bijvoorbeeld parkeerplaatsen, te ontharden.

Uit de resultaten blijkt dat gewone ontharding over het algemeen een beperkte impact heeft. Enkel in het centrum kan 15% ontharding op perceelsniveau een zeer grote impact hebben, namelijk 60% van de gedaalde grondwaterreserves ten gevolge van klimaatverandering opvangen. Dit is logisch te verklaren doordat de verhardingsgraad in het centrum zeer hoog is. Het aandeel perceelsverharding is aanzienlijk groter dan de publieke verharding, waardoor de impact van ontharden ook groter is. Vanzelfsprekend is 15% ontharding van de percelen in het centrum zeer ambitieus.

De resultaten van "slimme" ontharding liggen veel hoger dan bij "gewone" ontharding. Dit kan verklaard worden door 2 redenen. Ten eerste wordt er een hefboomeffect gecreëerd bij slimme ontharding, doordat een deel van de overgebleven verharding ook kan afwateren naar de ontharde zone en (deels) kan infiltreren. In dit scenario gingen we er van uit dat voor elke vierkante meter ontharde oppervlakte, er 3 m² overblijvende verharding kan afwateren. In de praktijk is het wenselijk om zelfs nog meer verharding te laten afstromen naar een ontharde vierkante meter. Ten tweede wordt er nog een bijkomende hefboom gecreëerd via slimme ontharding. Wanneer men een terrein onthardt, zal er meer water kunnen infiltreren, maar treedt er ook bijkomende verdamping op. Netto is er op jaarbasis een positieve infiltratiestroom te verwachten, maar deze is aanzienlijk minder dan de neerslaghoeveelheid op jaarbasis. Via slimme ontharding wordt de bijkomende verdamping echter beperkt tot enkel de locatie die zelf onthard is, en wordt er geen bijkomende verdamping geïnduceerd voor de overblijvende verharding. Omwille van deze 2 redenen is de impact van 'slimme' ontharding veel groter dan voor gewone ontharding op vlak van droogte en bodemvochtaanvulling. De resultaten geven aan dat dergelijke slimme ontharding van het publiek domein een significante impact kan hebben op de grondwaterreserves. Zeker in de meer dens verstedelijkte omgevingen kan dit een zeer interessante strategie zijn tegen verdroging. Merk op dat dergelijke slimme ontharding vaak eenvoudig gerealiseerd kan worden zonder het volledige wegdek te vernieuwen, via micro-onthardingen of het voorzien van groene sproeten in het straatbeeld. Een belangrijke nuance is evenwel dat de verdamping zorgt voor verkoeling. Slim ontharden heeft dan ook een beperktere impact op hittestress dan "gewoon" ontharden. Als men echter "gewoon" onthardt in een dense stedelijke omgeving en laaggroen voorziet (bijvoorbeeld grasperken), is de hoeveelheid beschikbaar water voor vegetatie tijdens zeer warme periodes echter zodanig beperkt dat er weinig kan verdampen, en de impact op hittestress ook weer beperkter is. Het voorzien van hooggroen heeft een veel grotere impact op hittestress.

8.3.2.6 Evaluatie scenario 6: Gedifferentieerd bronmaatregelenbeleid

Scenario 6 tot slot beschouwt de impact van bronmaatregelen, zoals het plaatsen van infiltratievoorzieningen en regenwaterputten (zie ook §8.2.6). Dit scenario veronderstelt het implementeren van een zeer groot aantal bronmaatregelen op zowel privaat als publiek terrein zoals beschreven in §4.1.5.6. Dit scenario is dan ook erg ambitieus. Het scenario is onderverdeeld in 3 subsets, namelijk (1) het voorzien van bronmaatregelen op de 100 meest verharde percelen in Gent, (2) het voorzien van bronmaatregelen conform de huidige normering op alle percelen waar dat mogelijk geacht wordt (zie ook §4.1.5.6) en (3) het voorzien van bronmaatregelen op de publieke verharding waar mogelijk.

De resultaten geven aan dat het **uitrusten van de 100 grootste percelen met infiltrerende bronmaatregelen over het algemeen een zeer grote impact kan hebben** (namelijk 18% opvangen van de verminderde grondwaterreserves, en 10% van de verminderde oppervlaktewaters). Dit is een significant resultaat, aangezien dit in grootteorde bijvoorbeeld meer is dan de scenario's "retourbemaling", "beperken van freatische grondwaterwinningen" en "15% gewone ontharding van publieke en private verharding" tezamen. Het lijkt dus een interessante strategie om een apart participatietraject op te zetten om deze grootste verharders te activeren. De impact verschilt vanzelfsprekend van de ene zone tot de andere in functie van de aanwezigheid van grote verharde percelen. In de zones Wondelgem, Sint-Amandsberg/Oostakker (dat ook deels overlapt met Skaldenpark) en Zwijnaarde/Sint-Denijs-Westrem is het grootste aandeel van dergelijke percelen aanwezig in vergelijking met de grootte van de zones.

Het uitrusten van percelen met bronmaatregelen levert ook een significante impact op de droogteproblematiek op. Zo kan, over gans Gent beschouwd, de afname van de grondwaterreserve ten gevolge van klimaatverandering bijna volledig opgevangen worden. De infiltratie via deze maatregelen zorgt voor een herstel van 50% van de basisdebieten naar de waterlopen. Ten gevolge van de geldende gewestelijke normeringen rond bronmaatregelen wordt dit scenario sowieso reeds (deels) uitgevoerd. **Het bronmaatregelenbeleid op privaat domein is dus een zeer belangrijke schakel in de strijd tegen droogte**. De resultaten geven evenwel ook aan **dat het bronmaatregelenbeleid geen oplossing vormt voor de droogteproblematiek in het buitengebied**. Het aandeel verharding is te beperkt om een significante impact te hebben. Dit geeft aan dat andere maatregelen in het buitengebied absoluut cruciaal zijn om de droogte-effecten en –impacts te beperken. Dit is met name zo in Baarle, Drongen, de vallei van de Oude Leie, het gebied rond de Blaarmeersen en alle agrarische en natuurgerichte gebieden.

De geldende normeringen schrijven ook voor dat bronmaatregelen moeten worden toegepast op publieke verharding. De resultaten liggen in lijn met het bronmaatregelenbeleid op privaat domein, maar zijn over het algemeen iets kleiner (doordat er minder publieke verharding is dan private). Een doorgedreven bronmaatregelenbeleid dat inzet op infiltratie (en opvang en gebruik van regenwater) op zowel publiek als privaat domein kan dus wellicht een zeer groot deel van de verdroging ten gevolge van klimaatverandering opvangen in (sterk) verstedelijkt gebied.

8.3.3 Samenvatting

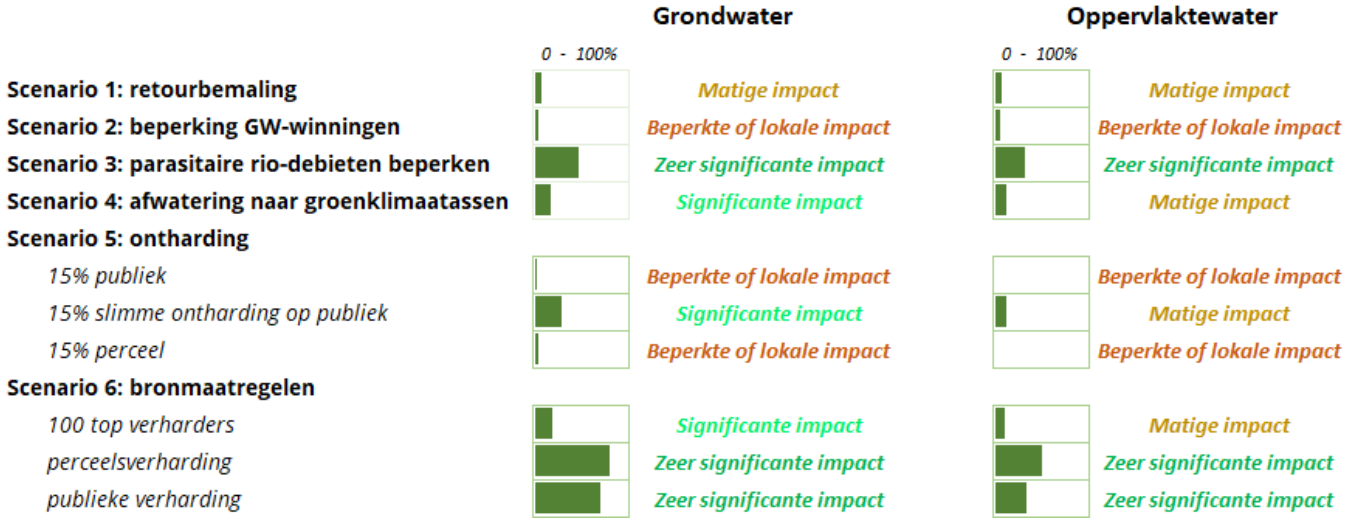
Deze paragraaf toonde de te verwachten impacts van diverse scenario's (die voornamelijk gericht zijn op het verstedelijkt gebied) op de grondwaterreserves en basisvoeding van waterlopen. De cijfers zijn niet als exact te interpreteren, maar laten wel toe om de impact van verschillende scenario's met elkaar te vergelijken.

Onderstaande figuren tonen de samenvattende resultaten van de doorgerekende scenario's. Het is van groot belang deze cijfers tezamen met de interpretatie en nuancering in de tekst hierboven te beschouwen. Elk van de scenario's wordt in bovenstaande paragrafen in meer detail toegelicht .

Onderstaande figuur toont eerst de resultaten voor gans het grondgebied, en dit zowel voor adaptatiedoelen 1 (gelijke grondwaterreserve) en 2 (gelijke basisafvoer naar de oppervlaktewaters). Figuur 150 toont in meer detail resultaten voor adaptatiedoel 1 voor de verschillende beschouwde zones.

De indicatorwaarden geven het herstel aan ten gevolge van het overeenkomstig scenario van de grondwaterreserve of basisafvoer naar de oppervlaktewaters. De indicatorwaarden dienen niet als 'exact' geïnterpreteerd te worden, maar geven wel een inschatting die toelaat om de impacts van de verschillende scenario's met elkaar te vergelijken.

Alle scenario's zijn afzonderlijk doorgerekend. Bijgevolg kunnen (bij benadering) de resultaten van de individuele scenario's worden opgeteld wanneer de scenario's in de praktijk ook gezamenlijk worden uitgevoerd. Scenario's 1 en 3 overlappen echter sterk (namelijk scenario 3 omvat ook de volledige impact van scenario1 zoals besproken in §8.2.3) en mogen dus niet opgeteld worden.



Figuur 148: Samenvattende impact van elk individueel scenario op schaal van gans het grondgebied Gent. De groene balkjes tonen in hoeverre elk scenario erin slaagt om de negatieve impact van klimaatverandering op te vangen. Een balk van 100% betekent dat, op vlak van globale massabalansen, de impacts volledig opgevangen zouden worden door dat scenario.

Onderstaande figuur toont de indicatorwaarden van adaptatiedoelstelling 1 (namelijk het opvangen van de daling van de grondwaterreserves ten gevolge van klimaatverandering tegen het jaar 2050) per deelzone.

Figuur 149: Impact van elk individueel scenario per deelzone voor het herstel van de grondwaterreserve (rood: beperkte impact; groen: grote impact). De groene balk toont in hoeverre elk scenario erin slaagt om de negatieve impact van klimaatverandering op te vangen. Een balk van 100% betekent dat, op vlak van globale massabalansen, de impacts volledig opgevangen zouden worden door dat scenario.

Uit de resultaten kan geconcludeerd worden dat het voorzien van bronmaatregelen op privaat en publiek domein een zeer grote impact kan hebben op de grondwaterreserves en het herstel van de basisdebieten naar de waterlopen. Het implementeren van bronmaatregelen op de 100 grootste verharde percelen overtreft bijvoorbeeld reeds de impact van het (realistisch) toepassen van retourbemalingen, het beperken van freatische grondwaterwinningen en 15% ontharding. Het slim ontharden blijkt eveneens een zeer effectieve strategie te zijn in het (sterk) verstedelijkt gebied. Dit heeft veel meer effect van gewone ontharding, doordat een dubbele hefboom gecreëerd wordt via het bijkomend laten infiltreren van overgebleven verharding en het beperken van de bijkomende verdamping. Ook dit is bijgevolg een na te streven voorkeursstrategie op vlak van droogte in het stedelijk domein. Het inbouwen van de groenklimaatassen in de hemelwatercascade zoals naar voren geschoven in de visie kan een derde belangrijke strategie zijn in een integraal hemelwaterbeleid. Indien deze ambitieus uitgevoerd worden op het terrein, zijn zij in staat om een aanzienlijke aanvulling van het grondwater te realiseren (hoewel deze bijkomende reserve beperkt in duur beschikbaar blijft doordat de vaak nabijgelegen waterlopen dit langzaam terug draineren). Scenario's die inzetten op retourbemaling of het afbouwen van grondwaterwinningen zijn ook effectief, maar kunnen de toenemende droogte ten gevolge van klimaatverandering niet opvangen. Zij kunnen, voor zover praktisch realiseerbaar, wel interessante complementaire acties vormen bij de andere strategieën.

Uit de doorgerekende analyses blijkt dat de uitdagingen op vlak van droogte in de (sterk) verstedelijkte omgeving op hoofdlijnen opgevangen kunnen worden door in te zetten op een combinatie van de beschouwde maatregelen. Vooral het inzetten op infiltratie dat direct leidt tot een verhoogde waterbeschikbaarheid voor vegetaties is van belang. Op die manier wordt meer zelfvoorzienend en dus droogteresistent groen gecreëerd. Tegelijk blijkt dat de gekwantificeerde strategieën er niet in slagen om de droogteproblemen in de meer landelijke gebieden op te vangen, zelfs wanneer deze vergaand geïmplementeerd worden (wat gepaard zou gaan met significante investeringen). De maatregelen hebben een (zeer) beperkte impact op onder andere Baarle, Drongen, de Oude Leievallei, de omgeving van de Blaarmeersen, de natuurgebieden en agrarische landbouwgebieden. Over het algemeen blijkt dat de impact van klimaatverandering op droogte in de verstedelijkte omgeving gemakkelijker op te vangen is dan in het buitengebied wat betreft dus de grondwaterreserves en basisafvoer van waterlopen. Dit kan verklaard worden omwille van twee redenen. Ten eerste is er in de verstedelijkte gebieden reeds verdroging opgetreden in de afgelopen decennia, waardoor het creëren van een "status quo" in het toekomstig klimaat gemakkelijker is in deze verstedelijkte gebieden. Ten tweede heeft de sterke stijging van de verdamping ten gevolge van klimaatverandering een beperktere weerslag op de stedelijke omgeving, omdat het oppervlak meer versteend is. Hierdoor stijgt de (natuurlijke) watervraag minder sterk door klimaatverandering in verstedelijkt gebied dan in het buitengebied.

De analyse benadrukt bijgevolg dat bijkomende inspanningen nodig zijn in het buitengebied dat minder verstedelijkt is. Deze maatregelen in het buitengebied werden niet of slechts beperkt gekwantificeerd met het massabalansmodel wegens een gebrek aan gegevens, het ontbreken van nog (fundamentelere) kennis omtrent de hydrologische werking van die maatregelen (zoals bijvoorbeeld de grootschalige impact van stuwtjes) of doordat sommige oplossingen op maat uitgewerkt moeten worden (zoals de bouw van spaarbekkens). Dergelijke maatregelen vormen echter een belangrijke schakel in het proactief Gents droogtebeleid zoals beschreven in de visie, en worden dan ook uitgebreid opgenomen in het actieplan. De volgende paragraaf bespreekt ook verschillende kansenkaarten die werden opgemaakt om opportuniteiten te identificeren voor het implementeren van dergelijke maatregelen in het buitengebied.

Tot slot is er nog de kanttekening nodig dat bovenstaande resultaten de waterbeschikbaarheid op een hoger geaggregeerd niveau beschouwen (wijk tot stadsniveau). Hoewel bijvoorbeeld de impact van sommige strategieën beperkt bleek (zoals bijvoorbeeld "gewone" ontharding, of het afbouwen van grondwaterwinningen), kunnen zij zeer lokaal wel belangrijk zijn. Een bemaling dicht tegen een

waardevolle ecotoop of toekomstbomen kan immers grote schade toebrengen, waardoor het beperken van die bemalingen of winningen belangrijk kan zijn. Lokale en meer gedetailleerde analyses zijn dus altijd wenselijk bij bemalingen en grondwaterwinningen.

8.4 Kansenkaarten

In het kader van deze studie werd een reeksen "kansenkaarten" opgemaakt. Deze kaarten tonen rudimentair aan waar er potenties zijn om bepaalde maatregelen te implementeren, en helpen zo om de uitgewerkte visie naar het terrein te vertalen. De kaarten zijn opgemaakt op basis van GIS-analyses op het niveau van de stad Gent, en vergen dan ook altijd lokale controle en verfijning vooraleer deze te implementeren.

Volgende kansenkaarten zijn opgenomen:

- Identificatie van de grootste verharde percelen op grondgebied Gent.
- Kansenkaart voor "slim ontharden" (kleinschalige depressies in het verstedelijkt landschap).
- Kansenkaart voor wateropvang grote daken.
- Kansenkaart voor het plaatsen van stuwtjes.
- Identificatie van verharding die mogelijks kan afwateren naar ambitieuze groenblauwe klimaatassen.

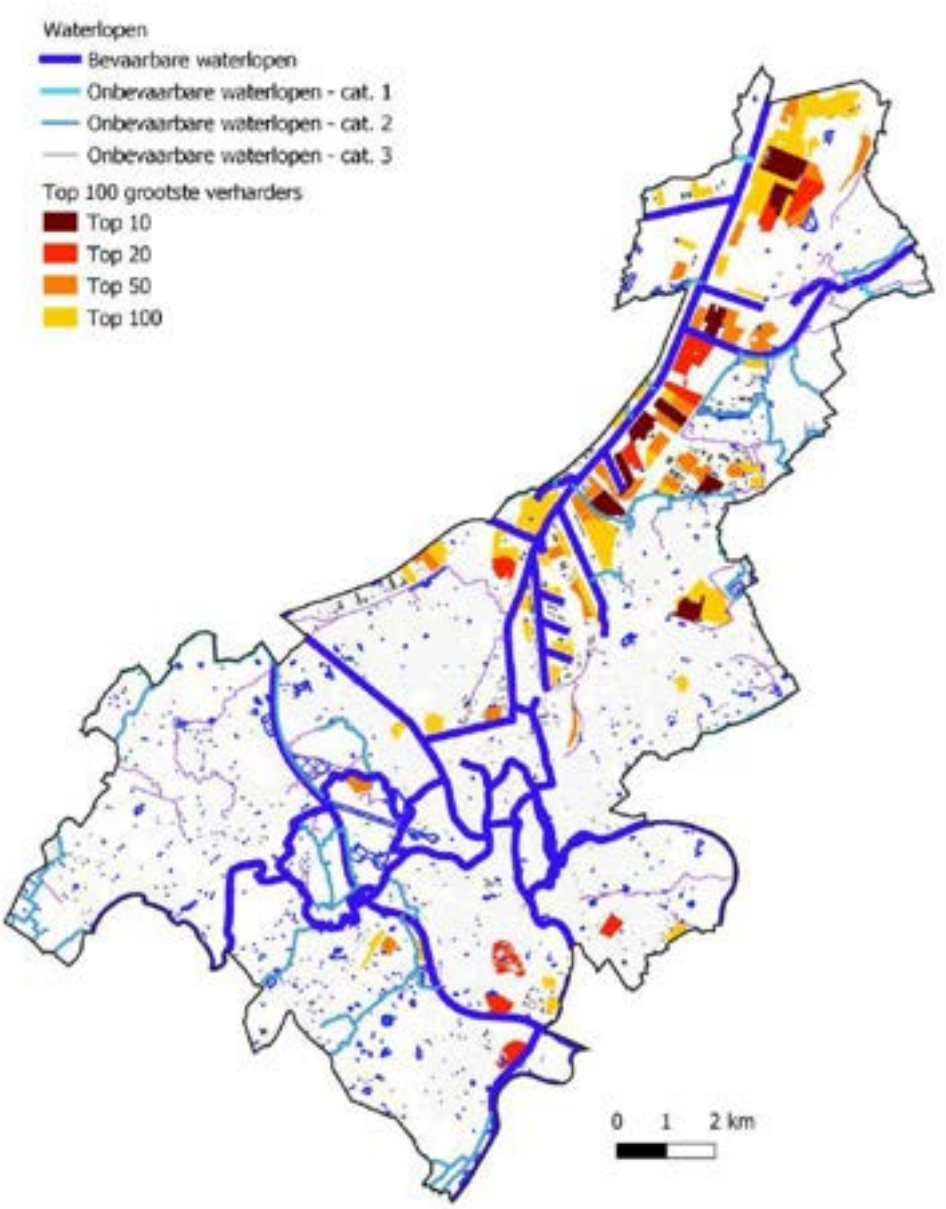
Deze kaarten werden ook allen digitaal opgeleverd aan Stad Gent.

8.4.1 Kansenkaart: identificatie van de grootste verharde percelen

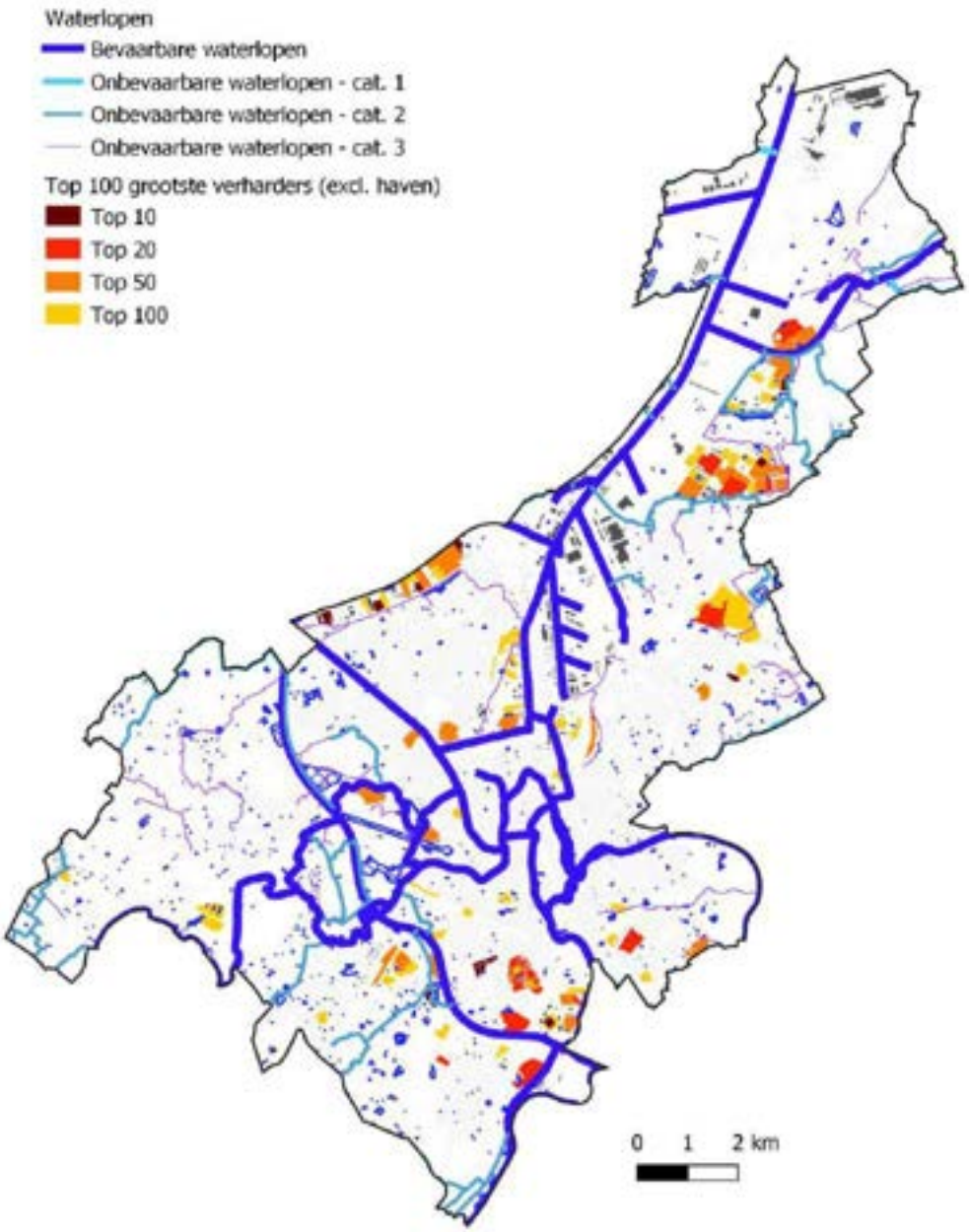
Op basis van de bodemafdekkingskaart (opname 2015) en het GRB werd een analyse uitgevoerd om de grootste verharde percelen (in absolute termen, dus in oppervlakte) te identificeren. Dit werd uitgevoerd in 2 varianten: een voor het ganse grondgebied, en een tweede analyse waarbij de percelen die direct grenzen aan het Kanaal Gent-Terneuzen werden uitgesloten. De resultaten van deze analyse werden uitgebreid toegelicht in §2.3.1.2.

De verharding in de 100 meest verharde percelen beslaat in totaal 1.075 hectare, wat ongeveer 19% is van de totale verharding op grondgebied Gent. Wanneer de percelen grenzend aan het Kanaal Gent-Terneuzen (KGT) buiten beschouwing gelaten worden, beslaat de top 100 nog steeds 517 hectare verharding, oftewel ongeveer 12% van de totale verharding in Gent (exclusief de percelen direct grenzend aan het KGT).

Zoals berekend aan de hand van modelsimulaties met het massabalansmodel, blijkt dat het voorzien van bronmaatregelen op deze meest verharde percelen een belangrijke aanvulling kan betekenen van de grondwaterreserves. Het lijkt bijgevolg interessant om een apart participatietraject op te zetten dat zich specifiek richt op deze percelen om droogtemaatregelen en bredere klimaatadaptatiemaatregelen te realiseren. Dit werd ook verder opgenomen in het actieplan, o.a. in de typologie "Industrie" (zie §10.9).



Figuur 150: De 100 percelen met de grootste verharde oppervlakte op grondgebied Gent.



Figuur 151: De 100 percelen met de grootste verharde oppervlakte, exclusief de percelen die direct aan het Kanaal Gent-Terneuzen grenzen.

8.4.2 Kansenkaart: slim ontharden

Zoals beschreven in "scenario 5" van de uitgevoerde modelanalyses (zie §8.2.5 en bijhorende resultaten in §8.3.2) is slim ontharden een zeer interessante strategie in de strijd tegen droogte. Bij slim ontharden worden doelgericht lager gelegen locaties onthard, waarna de overgebleven verharding afstroomt naar de ontharde locaties. Hierdoor wordt een dubbele hefboom gecreëerd op vlak van effectiviteit in vergelijking met de "gewone" ontharding: ten eerste kan er ook bij een beperkte ontharding relatief gezien veel water infiltreren doordat ook afstroming van de overblijvende verharding wordt opgevangen, en ten tweede vermeerdert de verdamping hierdoor amper. Wanneer immers aan ontharding gedaan wordt, wordt ook bijkomend groen gecreëerd, wat een bijkomende watervraag (in de vorm van verdamping) met zich mee brengt. Door slim te ontharden is die

bijkomende watervraag (in vergelijking met gewone ontharding) beperkter. Bovendien is slimme ontharding gemakkelijker in te passen in het stedelijk domein, aangezien in dense stedelijke omgevingen vaak verharding nodig blijft voor andere functies. Dit resulteert ook in lagere kosten, zowel op vlak van heraanleg als onderhoud. Tot slot geeft slimme ontharding de opportuniteit om meer droogteresistent groen te creëren op de plaats van ontharding, doordat het afstromend water vanuit de directe omgeving ontvangt.

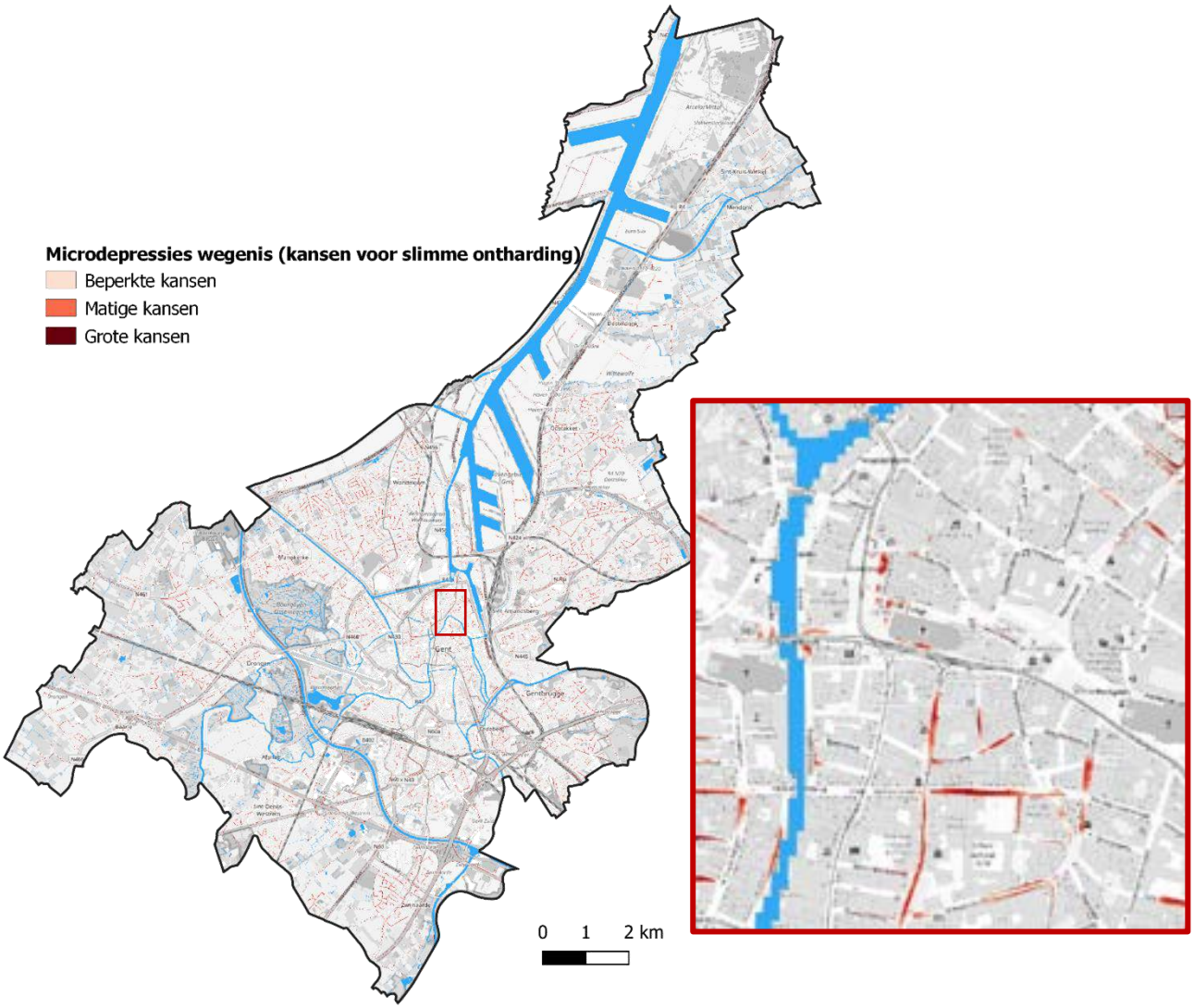
Een nadeel van slimme ontharding is dat het minder bijdraagt aan het reduceren van de hittestressproblematiek in vergelijking met gewone ontharding. Dit kan evenwel (deels) opgevangen worden door op de ontharde locaties ook hooggroen te voorzien.

Om potentiële locatie voor slimme ontharding te identificeren, werd een ruwe GIS-analyse uitgevoerd. Hierbij werden via een GIS-algoritme lagergelegen locaties in het openbaar domein geïdentificeerd, en dit voor gans het grondgebied. Dit zijn vaak bijvoorbeeld parkeerplaatsen langs de weg, of verharde zijbermen. De resultaten van deze analyse zijn zeer preliminair, en vergen verdere verfijning. Het GIS-algoritme houdt immers geen rekening met de aanwezige rioleringsinfrastructuur of de functie van de locatie.

Figuur 152 toont de kaart voor gans het grondgebied met locaties waar mogelijks slimme ontharding realiseerbaar is. Figuur 153 toont een zoom naar de Kartuizerlaan in het centrum. De parkeerplaatsen in deze straat zijn geïdentificeerd in de kaart als potentieel interessante locaties voor deze maatregel. Het is hier misschien mogelijk om enkele parkeerplaatsen te ontharden, en de verharding van de wegenis te laten afwateren naar deze parkeerplaatsen waar het vervolgens kan infiltreren. Door de lagere ligging van de parkeerplaatsen, zal dergelijke afwatering wellicht nu reeds eenvoudig realiseerbaar zijn zonder grote ingrepen.

Vanuit een praktisch oogpunt zijn er enkele aandachtspunten. Men bereikt maximale winsten op vlak van klimaatadaptatie indien de ontharde locaties voorzien worden van hooggroen. Op die manier wordt immers ook hittestress tegengegaan, en kunnen er blauwgroene netwerken gecreëerd worden. Wel moet er gewaakt worden over de kwaliteit van het afstromend water. Zo moet er rekening gehouden worden met de mogelijke impact van strooizout op vegetatie en bomen. Dit kan door bij nieuwe aanplant de soortenkeuze hierop af te stemmen. Maar eveneens kunnen alternatieven worden gezocht voor strooizout (zoals bijvoorbeeld grassap[2]), en kan onderzocht worden of bij aanleg een drempel/afsluitmechanisme voorzien kan worden in de boordsteen om in de winter het afstromend zoute water tijdelijk af te dammen. Hetzelfde principe kan worden onderzocht voor afstromend water van wegenis, waarbij plantgoed moet beschermd worden tegen calamiteiten zoals lekkage van olie. Indien de parkeerplaatsen behouden moeten blijven, kan er alsnog slim onthard worden door de parkeerplaatsen bijvoorbeeld in grasdallen te voorzien, of nog steeds in de vorm van verharding maar met openingen voor infiltratie. Op vlak van waterveiligheid kan overwogen worden om ook nog straatkolken te voorzien om zo bij zeer extreme neerslag alsnog water af te voeren. In dit geval moeten de straatkolken echter iets hoger uitgevoerd worden, zodat er nog enkele centimeters water geborgen kan worden op de ontharde locatie. Op die manier krijgt het water wel nog de tijd om te infiltreren, maar wordt nog een beroep gedaan op de riolering voor het afvoeren van overtollig water. Het concept van slim ontharden moet idealiter, zoals ook beschreven in de visie, ingepast worden in een hemelwatercascade systeem dat de afvoer via riolering minimaliseert, en maximaal inzet op lokale infiltratie en gebruik van hemelwater.

[2] https://www.grass2grit.nl/



Figuur 152: Lokale depressies in het publiek domein waar mogelijks kansen zijn voor slimme ontharding.

Figuur 153: Zoom naar de Kartuizerlaan (centrum Gent) met mogelijke kansen voor slimme ontharding op de parkeerplaatsen, en het meer zelfvoorzienend maken van het groen.

8.4.3 Kansenkaart: wateropvang grote daken

Door de afstroming van grote daken op te vangen, kan een bijkomende watervoorraad gecreëerd worden voor het hergebruik van hemelwater. Het opvangen van afstromend hemelwater van daken heeft de voorkeur op hemelwater van wegenis en terreinverhardingen omwille van de betere waterkwaliteit. Door te focussen op (clusters van) grotere daken kunnen logischerwijs ook grotere waternoden, zoals bijvoorbeeld in de landbouw of voor industriële processen opgevangen worden. Uiteraard is het opvangen van hemelwater voor kleine daken ook relevant, dus zeker ook voor particuliere woningen.

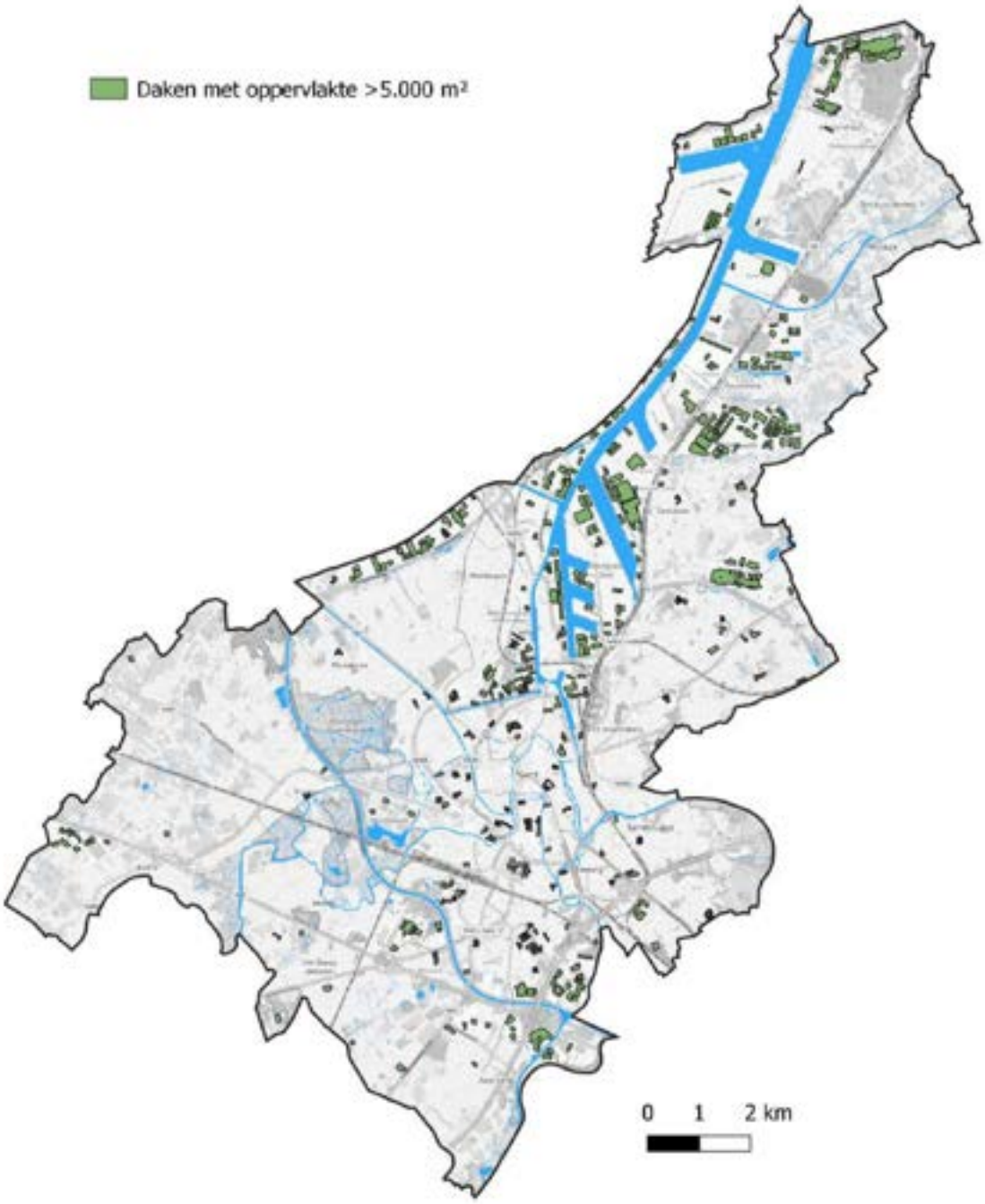
Om het potentieel van dergelijke wateropvang in te schatten, werden de percelen geïdentificeerd met dakoppervlaktes groter dan 5.000 m². De analyse focuste specifiek op de grotere daken omdat het relevant is om vanaf deze grotere dakoppervlaktes haalbaarheidsanalyses uit te voeren op een grotere schaal, en dus "kansenkaarten" op te maken. De grootte van 5.000 m² is arbitrair gekozen. Men kan op jaarbasis een netto afstroming verwachten tussen de 2.000 m³ en 3.500 m³ hemelwater van een dak van 5.000 m², waarvan typisch iets meer dan de helft in de winter valt.

Figuur 160 toont de daken met een oppervlakte groter dan 5.000 m². In het totaal werden er 379 daken geïdentificeerd op grondgebied Gent, goed voor een dakoppervlakte van ongeveer 5,4 miljoen m². Wanneer we een afstroming op jaarbasis van 400 l/m² veronderstellen (wat overeenkomt met een zeer droog jaar), levert dat in Gent een waterbeschikbaarheid op van 2,16 miljoen m³ per jaar.

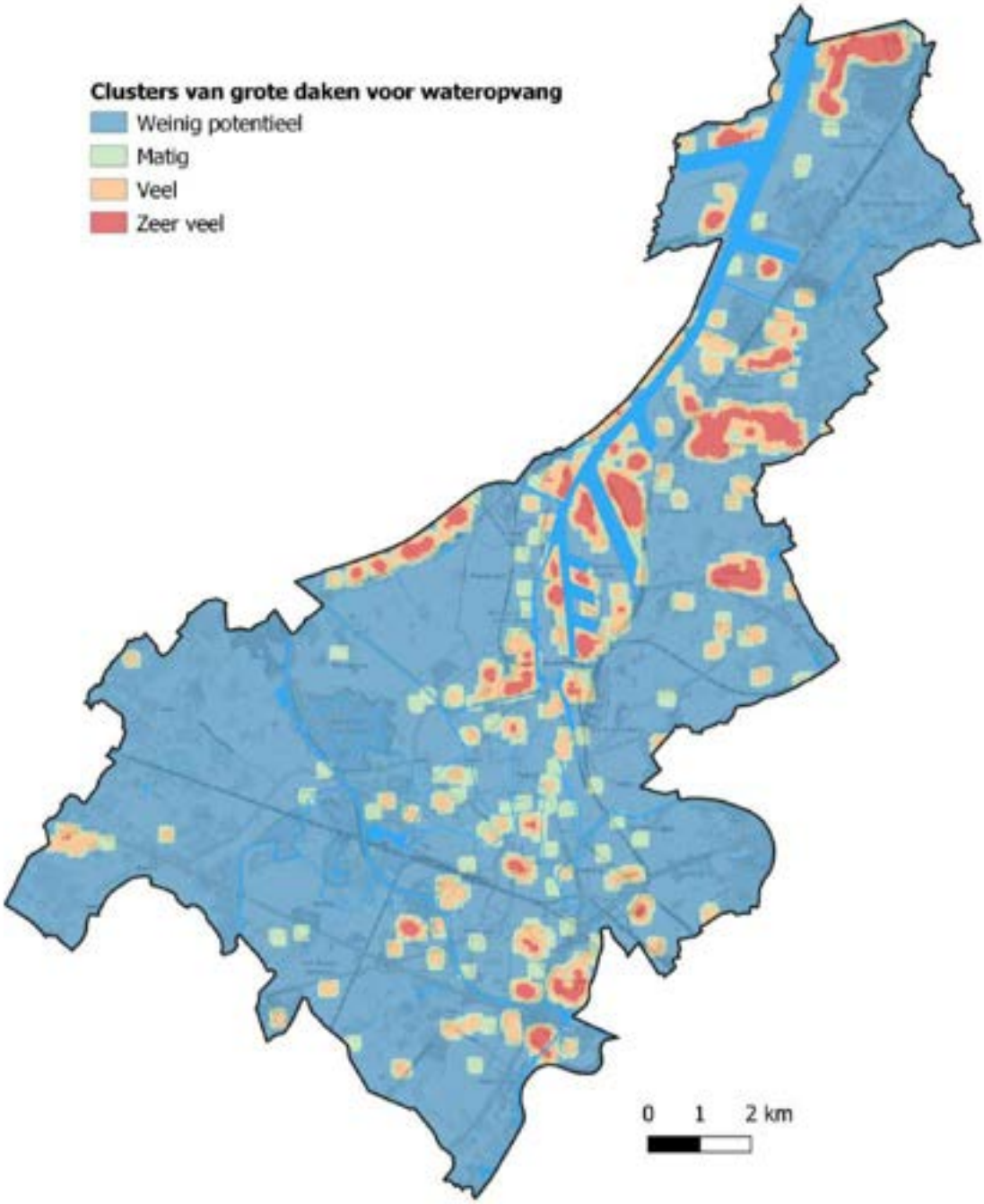
De individuele dakenkaart werd ook geclusterd tot een "hot spot" kaart. Op die manier is het eenvoudiger om gebieden te identificeren met meer kansen voor het uitwerken van collectieve oplossingen. Figuur 155 toont deze kaart. Het lijkt interessant om deze kaart te hanteren in projecten waar men op zoek gaat naar alternatieve waterbronnen, zoals bijvoorbeeld irrigatienoden voor de landbouw (zie ook de kaart hiervoor in §6.3 - Figuur 140) en water voor gietrondes van de Groendienst.

Voor de realisatie van spaarbekkens om dit water op te vangen en te gebruiken zijn er enkele aandachtspunten. Vanzelfsprekend moeten de vraag naar water en het aanbod hiervan afgestemd zijn op elkaar. Ook het opvangvolume van het spaarbekken moet goed ontworpen zijn. We raden sterk aan om een ontwerp op basis van een tijdreeksanalyse op te maken, zodat correct rekening gehouden kan worden met de opeenvolging van natte en droge periodes. Naast hemelwaterwater moet men ook kijken naar de kansen voor het opvangen van proceswater. Dit vormt een meer

continue bron, die dus zeer nuttig aanvullend kan zijn op de opvang van hemelwater. Bijkomend onderzoek is echter nodig op grondgebied Gent, en in het bijzonder in de haven, naar het watergebruik en effluentwater van bedrijven om kansen hiertoe te identificeren. De bouw van dergelijke spaarbekkens gebeurt best ook afgestemd op het creëren van bluswatervoorraden. Tot slot, spaarbekkens worden best ingeschakeld in de hemelwatercascade zoals beschreven in de visie van het droogteplan. Bij overvloedige regenval of bij een beperkt gebruik van het water uit het spaarbekken, zal immers alsnog een deel van het water overstorten en mogelijks afgevoerd worden. Het is dus aan te raden om ook een infiltratiebekken te voorzien waar het overtollig water kan infiltreren.



Figuur 154:Grote daken (elk met een oppervlakte groter dan 5.000 m²) voor het (collectief) opvangen en gebruiken van regenwater.



Figuur 155: Clusters van grote daken (elk met een oppervlakte groter dan 5.000 m²) voor het (collectief) opvangen en gebruiken van regenwater.

8.4.4 Kansenkaart: stuwtjes en verondiepen van grachten

Door het verondiepen van grachten en het gericht plaatsen van stuwtjes kan de drainage door grachten beperkt worden, en kan er een grotere hoeveelheid water geïnfiltreerd worden. Zeker in gebieden met veel (diepe) grachten kan dit een grote impact hebben op verdroging. De impact werd evenwel niet gekwantificeerd, omdat de ligging van de grachten onvoldoende gekend is en er nog modeltechnische ontwikkelingen nodig zijn om de concrete impact te kwantificeren.

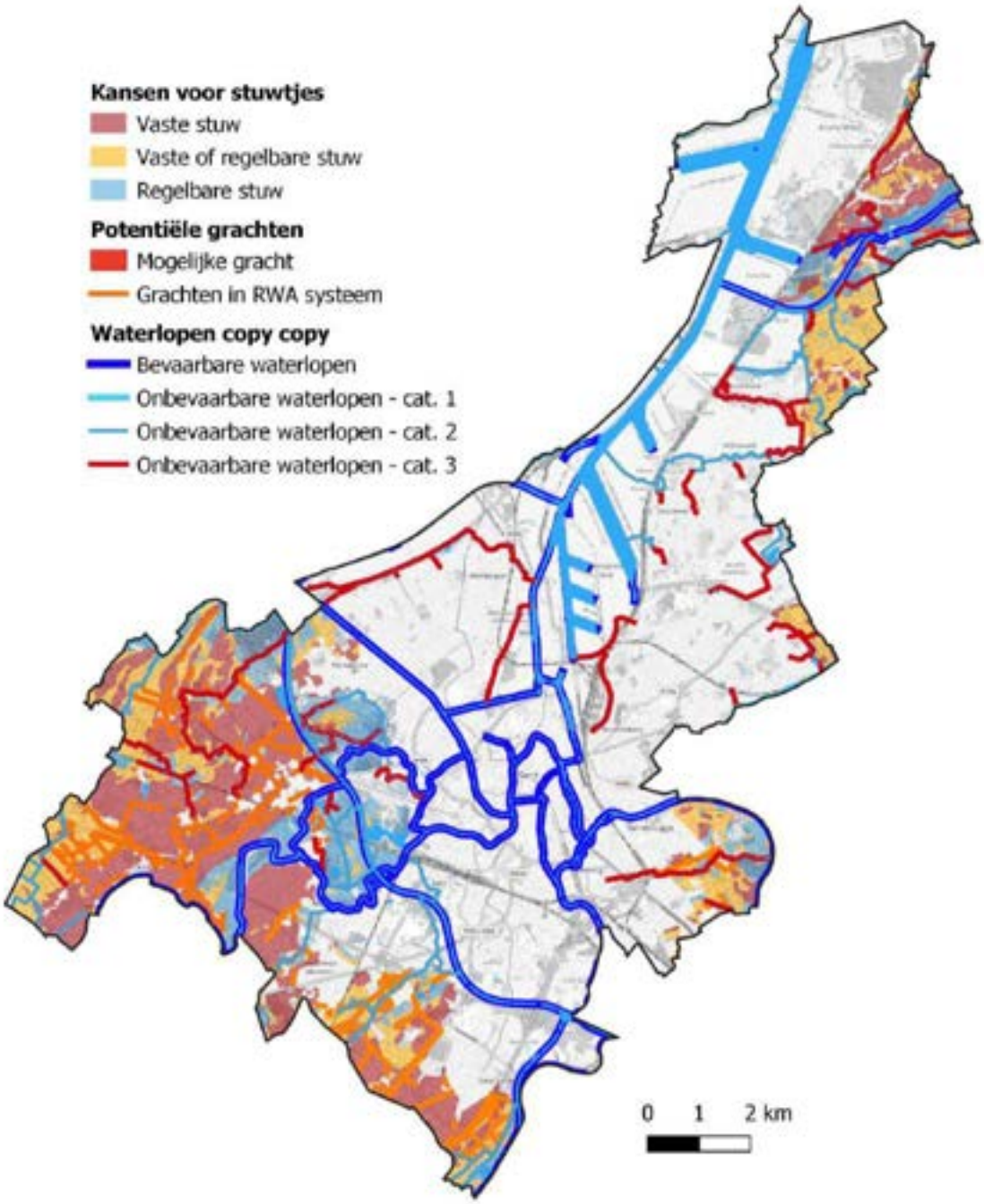
Het verondiepen en plaatsen van stuwtjes dient zeer doordacht te gebeuren. Stuwtjes houden immers water op, waardoor er opwaarts wateroverlast kan ontstaan. Ook kunnen gebieden te sterk vernatten, wat bijvoorbeeld landbouwactiviteiten kan bemoeilijken. Om risico's rond teveel water op te vangen, kan gewerkt worden met beweegbare stuwtjes, of stuwtjes met een knijpopening die het water vertraagd doorlaten naar afwaarts.

Op vlak van droogte moet men waken over een eerlijke waterallocatie: door een stuwtje te plaatsen stroomt er minder water naar afwaarts, waardoor watergebruik uit het afwaartse waterloopsegment beperkt wordt. In de context van het droogteplan beperken we ons tot het plaatsen van stuwtjes op perceelsgrachten. Het installeren van stuwtjes op waterlopen is uiteraard ook relevant, maar dient door de waterloopbeheerder te gebeuren. Bij het plaatsen van stuwtjes op waterlopen dient ook de impact op het aquatisch leven, en in bijzonder vismigratie, geanalyseerd te worden om indien nodig rekening te houden met de nood aan vistrappen.

In het kader van de droogtestudie werd een GIS-analyse uitgevoerd om de prioritaire gebieden te identificeren waar het plaatsen van stuwtjes wellicht een grote impact kan hebben op de droogteproblematiek. Deze analyse werd uitgevoerd op basis van de bodemkaart met drainageklassen, de watersysteemkaart (Staes en Meire, 2020), de rioleringsdatabank (ter beschikking gesteld van Farys) en de atlas van de waterlopen GeoPunt). Concreet werd verondersteld dat in "natte gebieden" (zoals geïdentificeerd via de drainageklassen van de bodemkaart, en de watersysteemkaart) wellicht regelbare stuwtjes het meest aangewezen zijn. Vaste hoge stuwpeilen zullen in die gebieden immers wellicht sneller kunnen leiden tot wateroverlast. In de droge gebieden werd verondersteld dat vaste stuwtjes wellicht haalbaar zijn. Vanzelfsprekend is altijd nog een lokale en meer gedetailleerde analyse nodig vooraleer stuwtjes te installeren. Onderstaande figuur toont het resultaat van deze analyse. De kaart toont 5 prioritaire gebieden waar de installatie van stuwtjes en bijhorend aangepast peilbeheer wenselijk zijn, met name de landbouwgebieden in Drongen en Baarle, de Leie- en Rosdambeekvallei tot en met het gebied van De Assels en Blaarmeersen, de Scheidbeekvallei, de Moervaartvallei en de Gentbrugse Meersen. Daarnaast is ook de omgeving van de Veldekensstraat in Oostakker opgenomen, alsook enkele kleinschaligere locaties.

De grachten die opgenomen zijn in het regenwaterafvoersysteem van de riolering zijn apart aangeduid. Men moet extra opletten met het plaatsen van stuwtjes op deze grachten, aangezien het risico op wateroverlast op die grachten wellicht hoger is.

Merk op dat de gebieden die gekarteerd zijn in deze potentieelkaart grotendeels samenvallen met nog te saneren groene clusters. De waterhuishouding in die groene clusters moet nog verder geanalyseerd en geoptimaliseerd worden. Hierdoor zijn win-wins mogelijk, door naast de aanpak van de groene cluster ook de drainage (in het bijzonder van baangrachten) in kaart te brengen.



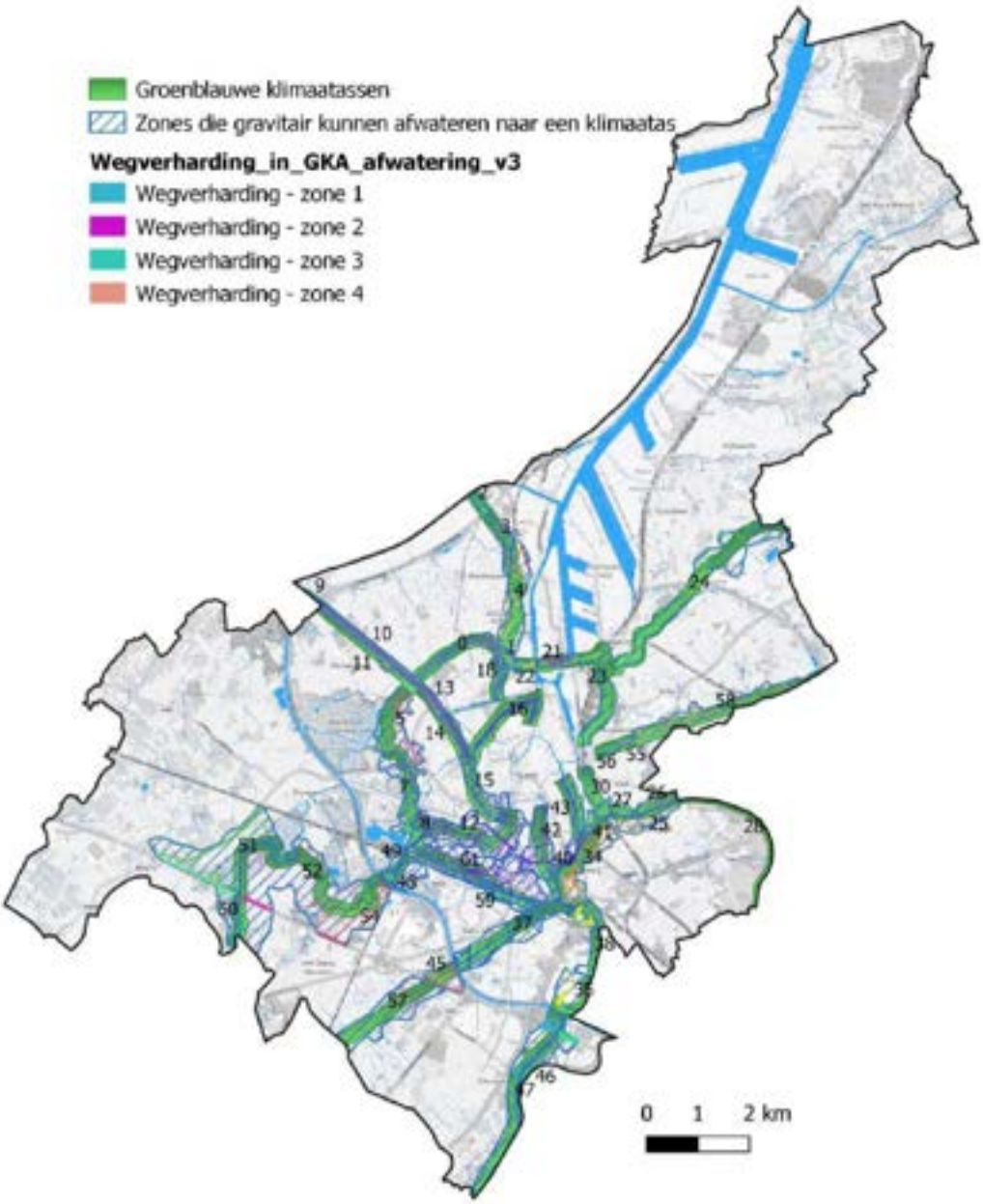
Figuur 156: Potentieelkaart voor stuwen met indicatie van type stuw en belangrijke waterassen (waterlopen en baangrachten met RWA-functie).

8.4.5 Kansenkaart: afstromen overtollig water van verharding naar de groenklimaatassen

Gent onderzoekt de realisatie van groenklimaatassen. Deze groenklimaatassen vormen een groen lint doorheen de stad, en kunnen belangrijke functies opnemen op vlak van klimaatadaptatie. Deze studie onderzocht wat de potentiële impact kan zijn van groenklimaatassen op vlak van droogte (zie ook "Scenario 4" in §8.2.4). Hierbij werd bepaald welke verharding mogelijks kan gravitair kan afwateren naar de groenklimaatassen. Hiervoor werden stroomlijnen opgemaakt op basis van het digitaal terreinmodel om te bepalen in welke richting het hemelwater van verharding zou afstromen.

De afstand waarover afstroming nog mogelijk is, is gevalspecifiek. Voor de meeste assen werd verondersteld dat een afstroming over 100 à 200 meter het maximaal haalbare is. Daarnaast werd de aanwezige verharding bepaald op basis van de bodemafdekkingskaart. Tot slot werd per segment ook rekening gehouden met de hoeveelheid water dat opgevangen kan worden. Op die manier werd in kaart gebracht dat circa 3,8 miljoen m² verharding van het publiek domein op die manier kan afstromen naar de groenklimaatassen. Dit is significant veel lager dan de theoretische waarde van 14,1 miljoen m² verharding die voor 95% kan infiltreren (maar weliswaar niet voldoet aan de buffereisen op vlak van wateroverlast van de gewestelijke stedenbouwkundige verordening hemelwater).

Onderstaande figuur toont de verharding van wegenis waarvan verondersteld werd dat ze kan afwateren naar een groenklimaatas. Merk op dat deze analyse op veel aannames berust, en dus niet als exact te interpreteren is. Per project is detailonderzoek nodig omtrent de haalbaarheid van dergelijke afwatering.



Figuur 157: Klimaatassen en zones die (topografisch) kunnen afwateren naar de klimaatassen.

8.5 Aanbevelingen soortenkeuze stedelijk groen

Verdroging heeft een grote impact op stedelijk groen. Er is een nood aan meer droogteresistente (en hittebestendige) soorten. Daarnaast zet de visie ook in op het laten afstromen van hemelwater naar plantvakken. Dit heeft als gevolg dat die plantvakken vaker worden blootgesteld aan snel wisselende zeer natte tot droge condities. Niet alle vegetaties kunnen hier even goed mee om. Bovendien zullen er in de winter ook strooizouten kunnen afstromen naar deze plantvakken.

Bijlage B geeft een eerste beperkt overzicht van soorten vegetaties die geschikt zijn voor wadi's en zouttolerante bomen op basis van Nederlands praktijkonderzoek.

Het is evenwel aangeraden om zelf ook te experimenteren met de aanplant van dergelijke soorten, en te evalueren welke soorten het beter of slechter doen. Samenwerking en kennisdeling met andere organisaties en gemeenten is hierbij van belang. We verwijzen ook naar Actie 6: het experimenteren met "proeftuinen droogte voor stedelijk groen".

9 Afstemming beleid hogere overheden

Dit hoofdstuk geeft inzicht in het droogtebeleid van (hogere) overheden en partners van Stad Gent, zoals Farys en het Havenbedrijf North Sea Port. De tekst focust daarbij op de visie, doelstellingen en acties omtrent droogtebeheer die reeds voorop gesteld zijn in centrale en lokale beleidsplannen.

Dit hoofdstuk is gebaseerd op de Samenvatting Vlaamse Beleidscontext i.f.v. de opmaak van hemelwater- en droogteplannen, zoals opgemaakt door de Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid (versie juni 2021).

Volgende beleidsplannen worden besproken in onderstaande paragrafen:

- Hogere overheden:
    - Blue Deal
    - Waterbeleidsnota 2020-2025
    - Ruimtelijk Structuurplan en Beleidsplan Ruimte Vlaanderen
    - Vlaams Energie- en Klimaatplan 2021-2030 en Vlaamse Klimaatstrategie 2050
    - Vlaams klimaatadaptatieplan 2013-2020
    - Stroomgebiedsbeheerplannen 2016-2021 (met als uitbreiding daarop het Actieplan Droogte en Wateroverlast 2019-2021), en de vernieuwde stroomgebiedsbeheerplannen 2022-2027
    - Code van Goede Praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsstelsels en bronmaatregelen
    - Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening Hemelwater (GSV)
    - Watertoets
    - Klimaatportaal Vlaanderen
    - Vlaams Reactief Afwegingskader voor waterschaarste en droogte
- Provincie Oost-Vlaanderen:
    - Droogteactieplan
    - Provinciaal klimaatplan Oost-Vlaanderen klimaatgezond
- Farys:
    - Verkavelingsrichtlijnen FARYS en Ontwerprichtlijnen riolering Farys
    - “Drinkwatervoorziening in Vlaanderen: een blik vooruit”
- Andere steden:
    - Waterplan Antwerpen
    - Droogteplan Leuven

Stad Gent heeft ook verschillende beleidsplannen en nota’s opgemaakt die direct relevant zijn voor het droogteplan. We lijsten deze hier op:

- Algemeen bouwreglement van Stad Gent
- Gent Klimaatadaptatieplan
- Kwetsbaarheidsanalyse hitte (2013) en wateroverlast (2018)
- Visienota Ruimte voor hemelwater op openbaar domein
- Visienota Hemelwater en groendaken bij stadspatrimonium
- Structuurvisie Ruimte voor Gent 2030
- Groenstructuurplan Gent
- Bomenplan Stad Gent
- Visienota Groenklimaatassen

- Visienota Integraal Plan Openbaar Domein (IPOD) deel IV – Visie en richtlijnen voor groen- en waterelementen binnen een klimaatrobuust openbaar domein

De Gentse plannen worden niet verder besproken binnen dit hoofdstuk. We focussen bijgevolg vooral op het beleid en de acties van hogere overheden, partners en andere steden en gemeenten.

9.1 Vlaanderen

9.1.1 Blue Deal

Vlaanderen kent een structureel lage waterbeschikbaarheid en is mede daardoor zeer gevoelig voor waterschaarste als gevolg van droogte. Enkele oorzaken zijn de hoge verhardingsgraad en urbanisatiegraad in Vlaanderen, het feit dat het waterbeheer in Vlaanderen er gedurende lange tijd op gericht was om water zo snel mogelijk af te voeren, en het actief draineren van cultuurgronden en laaggelegen gebieden. Door klimaatverandering neemt het risico op aanhoudende periodes met waterschaarste en met een kritisch lage waterbeschikbaarheid toe. Dit is nefast, zowel voor alle maatschappelijke en economische activiteiten die afhankelijk zijn van een continue toegang tot voldoende water, als voor het adequaat functioneren van onze natuurlijke systemen.

Met de lancering van de Blue Deal in 2020 verhoogt de Vlaamse regering haar inspanningen in de strijd tegen waterschaarste en droogte. Met deze deal wil ze de droogteproblematiek op een structurele manier aanpakken:

- met een verhoogde inzet van middelen en de juiste instrumenten
- met betrokkenheid van de industrie en de landbouwers als deel van de oplossing
- met een duidelijke voorbeeldrol voor de Vlaamse en andere overheden.

Vanaf 2024 zal een lokaal bestuur/rioolbeheerder enkel nog toegang hebben tot watergerelateerde subsidies mits een “hemelwater- en droogteplan” werd opgemaakt dat voldoet aan een voldoende hoog ambitieniveau.

De Blue Deal bevat meer dan 70 maatregelen en zet in op 6 sporen. De deal vormt ook een hoeksteen van het “waterschaarste- en droogterisicobeheerplan”, welke een onderdeel is van de stroomgebiedbeheerplannen 2022-2027 (zie verder).

De uitdagingen op vlak van droogtebeheer situeren zich op verschillende vlakken. De Blue Deal zet in op de twee structurele oplossingsrichtingen: (1) een transitie naar een waterbeheer gericht op vasthouden, infiltreren en bergen; en (2) een versnelling naar zuinig, duurzaam en circulair watergebruik.

De Blue Deal wil het waterbeheer in Vlaanderen resoluut heroriënteren richting het maximaal vasthouden van water. Dit onder andere door het grootschalige herstel en de aanleg van natte natuur, door het realiseren van een robuuste groenblauwe dooradering in de bebouwde omgeving én in de open ruimte, door het voorzien van grootschalige waterbuffers en het optimaal inrichten van waterlopen met een goede structuurkwaliteit tot gevolg. Dit moet leiden tot een verhoogde waterbeschikbaarheid en wapent Vlaanderen tegen droogte, maakt onze omgeving beter bestand tegen klimaatverandering, levert biodiversiteitswinst op en verhoogt de opslag van koolstof in onze bodems.

Daarnaast is ook een duurzaam watergebruik en -voorziening bij zowel de industrie, de landbouw, de scheepvaart, huishoudens… van cruciaal belang om de structurele watertekorten in Vlaanderen op te vangen. De Blue Deal zet er op in om op deze verschillende niveaus de nodige maatregelen te nemen om water zo efficiënt mogelijk te (her)gebruiken en om de waterkringlopen zoveel mogelijk te

sluiten. Uitdagingen liggen in het aanspreken van alternatieve waterbronnen en een slimme sturing van hemelwater- en afvalwaterinfrastructuur, het maken van slimme teeltkeuzes en innovatieve waterbesparende technologieën voor een rendabele en klimaatrobuuste land- en tuinbouw en industrie.

Met de Blue Deal creëert de Vlaamse Regering via een doelgericht pallet aan uiteenlopende maatregelen een duurzame shift inzake het waterbeleid in Vlaanderen, opdat Vlaanderen van een regio met een structureel waterprobleem op korte termijn duurzaam kan evolueren naar een waterefficiënte regio.

Binnen de CIW projectwerking werden 6 projectgroepen opgericht onder de Blue Deal: (1) Opmaak hemelwater- en droogteplannen (o.l.v. VVP), (2) Water- en droogtetoets (o.l.v. VMM), (3) Infiltratiebonus (o.l.v. VLARIO), (4) Onttrekkingen (o.l.v. VMM), (5) Veenbescherming (o.l.v. ANB) en (6) Peilbeheer (o.l.v. VMM).

Een high level Taskforce Droogte onder leiding van minister Demir met de betrokken ministers, de gouverneurs, vertegenwoordigers van lokale besturen en provincies en wetenschappers, waken mee over de uitvoering van de Blue Deal en kunnen nog bijkomende beleidsvoorstellen formuleren. Zij worden daarin ondersteund door de voorzitter van de Droogtecommissie, Aquaflanders, De Vlaamse Waterweg en Aquafin.

Meer informatie over de Blue Deal en de 70 acties die hieronder ressorteren kan teruggevonden worden op de website https://www.bluedeal.vlaanderen/

Relevantie voor Stad Gent

De Blue Deal is een ambitieus programma met zeer vele facetten. De Blue Deal voorziet 10 acties die focussen op investeringen op het terrein, 20 acties die focussen op het ondersteunen van investeringen op het terrein, 26 acties die georiënteerd zijn naar investeringen in onderzoek, innovatie, slimme meetnetten en sturingen, en tot slot 31 acties rond regelgeving. Hiervoor voorziet de Blue Deal 343 miljoen euro middelen uit de begroting van het relanceplan Vlaamse Veerkracht, aangevuld met 75 miljoen euro middelen van de (aparte) Blue Deal begroting 2020.

Stad Gent wordt zowel direct als indirect ondersteund op vlak van proactief droogtebeheer via de Blue Deal. De nieuwe regelgeving, zoals de opmaak van een nieuwe methodologie Hemelwater- en Droogteplannen (voorliggend droogteplan is reeds opgemaakt met deze methodologie indachtig) en een verstrengde en klimaatrobuuste watertoets, worden inherent ingebed in het Gentse droogtebeheer. Investeringsmiddelen kunnen zowel door Stad Gent, organisaties, bedrijven en particulieren aangevraagd worden via de diverse programma's die in de schoot van de Blue Deal gelanceerd worden. Specifiek lijkt het interessant om vanuit Stad Gent en samen met de passende actoren projectaanvragen in te dienen voor het Water+Land+Schap programma (https://www.vlm.be/nl/projecten/vlm-projecten/waterlandschap), Proeftuinen Droogte (https://www.vmm.be/water/projecten/proeftuinen-droogte), of het projectsubsidieprogramma Natuur (https://natura2000.vlaanderen.be/projectsubsidies-natuur).

Ook andere (hogere) overheden en bedrijven worden voorzien in middelen vanuit de Blue Deal die een directe impact kunnen hebben op Gents grondgebied, zoals bijvoorbeeld budgetten voor Departement Mobiliteit en Openbare Werken voor investeringen in waterrecuperatie en het inperken van waterverliezen, ondersteuningsmaatregelen voor de sector land- en tuinbouw, en innovatieprojecten rond slim watergebruik voor de industrie.

9.1.2 Waterbeleidsnota 2020-2025

De derde waterbeleidsnota is op 3 april 2020 vastgesteld door de Vlaamse Regering en schetst de algemene beleidsvisie op het te voeren integraal waterbeleid in Vlaanderen. Als visiedocument geeft

de waterbeleidsnota richting aan de stroomgebiedbeheerplannen en andere initiatieven door de prioriteiten voor het integraal waterbeleid aan te geven. De visie is opgebouwd rond 3 strategische doelstellingen met 6 krachtlijnen die telkens verder geconcretiseerd zijn in specifiekere doelstellingen.

De waterbeleidsnota herbevestigt de principes voor het omgaan met hemelwater. "We blijven inzetten op het behoud en de versterking van infiltratie van hemelwater, op de drietrapsstrategie vasthouden-bergen-afvoeren, op het hergebruik van hemelwater en op erosiebestrijding". De nota pleit ook voor een behoud en herstel van de natuurlijke infiltratie in de bodem.

Verder ziet de waterbeleidsnota het hemelwaterplan als een geschikt instrument om diverse uitdagingen gezamenlijk aan te pakken, zoals het beperken van overstromingsschade, het uitbouwen van een groenblauw netwerk, het verhogen van de waterbeschikbaarheid en het stimuleren van bronmaatregelen. De nota vestigt daarbij niet alleen de aandacht op de opmaak van hemelwaterplannen, maar ook op de uitvoering ervan en op de doorwerking in het ruimtelijk beleid van het lokaal bestuur (bijvoorbeeld in de beleidsplanning, het vergunningenbeleid of het handhavingsbeleid). De aangekondigde verfijning van de methodologie krijgt vorm in de blauwdruk voor de opmaak van een hemelwater- en droogteplan. Verder stelt de waterbeleidsnota dat het hemelwaterplan de infiltratie en de slimme buffering van hemelwater, zowel op het openbaar domein als op privaat terrein, maximaal moet stimuleren. De nota wijst op de mogelijkheden van grootschalige opvang en actief gebruik van hemelwater op bedrijventerreinen en in woonkernen en op de taak van bouwheren (zowel op publiek als privaat domein) om op hun perceel geen ruimte voor water in te nemen en om hemelwater waar mogelijk op te vangen en te gebruiken of voldoende te laten infiltreren in de bodem. Via de hemelwaterverordening en de watertoets beschikken we hiertoe over een duidelijk kader, aldus de waterbeleidsnota.

Relevantie voor Stad Gent

De waterbeleidsnota zet de lijnen uit voor het Vlaams waterbeleid in de komende jaren. De vastgelegde principes worden onder andere doorvertaald naar de aangepaste methodologie voor de opmaak van Hemelwater- en droogteplannen, alsook de klimaatrobuuste watertoets.

9.1.3 Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen en Beleidsplan Ruimte Vlaanderen

Het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen (RSV) omvat de ruimtelijke visie op lange termijn. Het is de basis voor het ruimtelijk beleid en de ruimtelijke uitvoeringsplannen (RUP's). De laatste update van het RSV dateert van 2011. Het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen (zie hieronder) zal op relatief korte termijn het RSV vervangen.

"We moeten investeren in onze steden, zodat dit aangename plekken zijn om te wonen. Wat nog rest aan groen en open ruimte moeten we bewaren." [3]

Volgende aspecten met betrekking tot hemelwaterbeleid zijn opgenomen in het RSV [4]:

- Het is vanuit planologisch oogpunt niet steeds gewenst om alle percelen te laten ontwikkelen voor woningbouw. [...] of waterzieke gronden een natuurfunctie te geven.

[3] Bron: https://rsv.ruimtevlaanderen.be/
[4] Bron: https://rsv.ruimtevlaanderen.be/RSV/Informatie/Over-het-RSV/Downloads

- De ruimtelijke kwaliteit van stedelijke gebieden verhogen door de relatie met de rivier- en beekvalleien te herwaarderen. Concreet kan dit door, waar mogelijk, ingebuisde beken of rivieren terug ruimte te geven.
- Ruimtelijke kwaliteitsobjectieven
    - Met betrekking tot integraal waterbeheer: door middel van het creëren van ruimtelijke condities voor infiltratie van regenwater naar grondwaterlagen (bijvoorbeeld door beperking van verharde oppervlakten of beperking van bebouwing), de ruimtelijke buffering van waterlopen, en een afstemming tussen afvalwaterzuiveringsbeleid en waterlopenbeheer
    - Met betrekking tot rivier- en beekvalleien: behoud van waterbergend vermogen door beperking van verharde oppervlakte (= natuurlijke loop), en ruimtelijke buffering van waterlopen
- Het creëren van ruimtelijke voorwaarden die het integraal waterbeheer ondersteunen en die de relaties tussen de waterloop en de omgevende vallei versterken.
- Ruimtelijke ondersteuning van het integraal waterbeheer door:
    - Het beperken van verharde oppervlakte om de infiltratie van het regenwater naar het grondwater te garanderen
    - Zo nodig voorschriften (in o.a. bouwvergunningen) opmaken inzake permeabiliteit, om de infiltratie van het regenwater naar het grondwater te garanderen
    - Voorschriften opstellen inzake de opslag, het gebruik en de afvoer van regenwater afkomstig van de verharde oppervlakte
    - Vrijwaren bebouwing in valleien zodat natuurlijke overstromingsmogelijkheden open blijven en potentiële conflicten tussen bebouwing en water worden vermeden
    - Behouden van de hydraulische ruwheid van het landschap

Het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen (BRV) zal binnenkort het RSV vervangen. De Vlaamse Regering keurde op 20 juli 2018 de strategische visie van het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen (BRV) goed. De strategische visie omvat een toekomstbeeld en een overzicht van beleidsopties op lange termijn, met name de strategische doelstellingen. De Vlaamse Regering heeft hiermee een beleidslijn uitgezet die een vernieuwde filosofie en aanpak in het ruimtelijke beleid wil inzetten. Daarmee wil men een ambitieus veranderingstraject op gang trekken om het bestaand ruimtebeslag beter en intensiever te gebruiken en zo de druk op de open ruimte te verminderen. Het doel is onder meer om het gemiddeld bijkomend ruimtebeslag terug te dringen van 6 hectare per dag vandaag naar 3 hectare per dag in 2025. De inname van nieuwe ruimte moet tegen 2040 volledig gestopt zijn.

De strategische visie van het BRV heeft niet het statuut van een ontwerp van ruimtelijk beleidsplan, omdat er nog geen ontwerp-beleidskaders zijn goedgekeurd. Het biedt een basis voor regeringsbeslissingen ter realisatie van de visie.

Vlaanderen zet vanuit de strategische visie in op het stimuleren van lokaal initiatief om de doelstellingen van de strategische visie van het BRV in de praktijk uit te rollen. Er worden goede voorbeelden gedetecteerd en in de kijker gezet en pilootprojecten en proeftuinen gelanceerd. Ook wordt ondersteuning aangereikt om aan de slag te gaan met lokale ruimtelijke beleidsplanning.

De strategische visie beschrijft een beleid op vlak van veranderde mobiliteit, multifunctioneel gebruik en hergebruik, samenleving, woningvormen en demografische samenstelling, waarbij dit telkens wordt gekaderd met klimaatbewust en -robuust ontwerpen. Volgende aspecten daarbij zijn belangrijk voor het hemelwaterplan:

- De ruimtelijke inrichting draagt bij tot versterking van het groenblauwe netwerk
- Multifunctionele inrichting met oog voor waterbeheer
- De ruimte wordt klimaatbesteding ontworpen (hittestress, overstromings- en droogterisico's, …) door een multifunctionele, verhardingsbeperkende en veerkrachtige inrichting

- Doordachte ontharding in de steden voor een betere waterinfiltratie zodat riooloverstromingen bij hevige regenval voorkomen kunnen worden
- Vermeerdering voor het aandeel groen en wateroppervlakten in zowel de open ruimte als in steden en dorpen
- De verhardingsgraad is tegen 2050 gestabiliseerd en bij voorkeur teruggedrongen en neemt niet meer toe

Relevantie voor Stad Gent

Het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen zet de visie uit voor ruimtelijke inrichting en planning in Vlaanderen in de komende decennia. Aangezien er nog geen ontwerp-beleidskaders zijn goedgekeurd is de directe impact op Stad Gent momenteel beperkter. Het is evenwel belangrijk dat de Stad een beleidsmatige aanpak ontwikkelt rond hoe zij met de ruimtelijke kernkwaliteiten in de praktijk aan de slag gaan en hoe zij ze laten doorwerken in verschillende beleidsplannen, in de (vergunnings)praktijk en projecten op het terrein. In het actieplan wordt alvast ingegaan op het verankeren van de droogtevisie in ruimtelijke uitvoeringsinstrumenten en RWA-visies. De elementen naar voren geschoven in het BRV dienen hierbij ook opgenomen te worden.

9.1.4 Vlaams Energie- en Klimaatplan 2021-2030 en het Vlaams klimaatadaptatieplan 2013-2020

Het Vlaams Energie- en Klimaatplan (VEKP) 2021-2030 werd goedgekeurd door de Vlaamse Regering op 9 december 2019, en telt meer dan 300 maatregelen rond energie- en klimaatbeleid. Het vormt daarmee een belangrijke basis voor het Vlaams energie- en klimaatbeleid voor de periode 2021-2030. Het VEKP focust primair op broeikasgasreductie, energiebesparing en de uitbouw van hernieuwbare energie. Daarnaast is er ook een (beperkter) spoor dat inzet op Klimaatadaptatie.

De sterke inzet op broeikasgasreductie helpt echter mee in het verminderen van klimaatverandering an sich. Vanzelfsprekend is dit een mondiaal verhaal, waarin echter elk zijn verantwoordelijkheid moet dragen. De belangrijkste gevolgen van klimaatverandering werden eerder in deze studie in kaart gebracht: zie o.a. de massabalanssimulaties voor het toekomstig klimaat in Hoofdstuk 5.

Op vlak van waterbeheer werden volgende beleidslijnen en maatregelen uitgeschreven:

- Vrijwaren en uitbreiden van open, onverharde ruimte voor en verhoogde waterinfiltratie
- Vrijwaren en vrijmaken van ruimte voor water voor een verhoogde waterberging, integraal waterbeheer en vernatting
- Terugdringen van bijkomend ruimtebeslag
- Een klimaatadaptieve ruimte, samenleving, gebouwen en infrastructuur
- Risico's op watertekort- en overlast verminderen, door op alle niveau's maatregelen te treffen om hemelwater te bufferen, hergebruiken en infiltreren
- Efficiënt en slim watergebruik en gebruik van alternatieve waterbronnen
- Beleidsdoelstellingen voor het behoud en verbeteren van koolstofopslag in de bodem (onder meer d.m;v. waterconservering, vernatting, bijkomende natte natuur en wetlands)
- Groenblauwe netwerken maximaliseren

Het Vlaams klimaatadaptatieplan (VKAP) heeft tot doel een beeld te krijgen van hoe kwetsbaar Vlaanderen is voor klimaatverandering, de weerbaarheid van Vlaanderen tegen de gevolgen van klimaatverandering te verhogen en ons zo goed mogelijk aan te passen aan de te verwachten effecten. De gelijktijdige verwezenlijking van deze doelstellingen kan worden omschreven als de "klimaatreflex". Die reflex omvat de toetsing van het bestaande en nieuw ontwikkelde beleid aan de klimaatscenario's

en, waar nodig, de aanpassing ervan. In het VAP moet de adaptatie aan de klimaatverandering kosteneffectief zijn in de ruimste zin van het woord, wat betekent dat de kosten van adaptatie lager moeten zijn dan de kosten van de schade die vermeden wordt, rekening houdend met een aantal mogelijke onzekerheden.

Een belangrijk uitgangspunt van het Vlaamse adaptatiebeleid is de verhoging van de weerbaarheid. Door adaptatie en versterking van verschillende systemen (fysisch, economisch, sociaal), worden deze systemen weerbaarder en zijn ze beter in staat om te gaan met de effecten van klimaatverandering. Voor bepaalde uitdagingen op het vlak van adaptatie zal Vlaanderen gebruikmaken van ecosysteemdiensten. Deze en andere adaptatiemaatregelen zijn robuuste no-regretmaatregelen, ze zijn een van de drijvende krachten voor technologische innovatie, met inachtneming van het duurzaamheidsbeginsel.

Daarnaast tracht Vlaanderen ook de lokale besturen te ondersteunen in hun adaptatiebeleid en het implementeren van concrete maatregelen door het aanreiken van mogelijke maatregelen, goede praktijkvoorbeelden en mogelijke financieringskanalen via de tool www.burgemeestersconvenant.be en door een grafische weergave van de mogelijke impact en effecten van klimaatverandering via het klimaatportaal https://klimaat.vmm.be

Het huidige Vlaams adaptatieplan 2013-2020 (https://omgeving.vlaanderen.be/vlaams-adaptaptieplan-2013-2020) wordt in de loop van 2021 vervangen door een nieuw adapatieplan 2021-2030. Dit plan zal uitvoering geven aan de nieuwe EU-adapatiestrategie.

Relevantie voor Stad Gent

Het is voor Stad Gent belangrijk om de concepten van deze beleidsplannen en de inzichten die voortvloeien uit het onderzoek in de marge van deze plannen te vertalen naar de lokale praktijk. Voorliggend droogteplan houdt reeds rekening met deze concepten en visies.

9.1.5 Stroomgebiedbeheerplannen 2016-2021/2022-2027 en het Actieplan Droogte en Wateroverlast 2019-2021

In de stroomgebiedbeheerplannen werden de algemene principes opgesteld om door middel van een meerlaagse waterveiligheid een goede basis te creëren voor het toekomstig overstromingsrisicobeheer. De stroomgebiedbeheerplannen worden opgemaakt voor een periode van 6 jaar, en vervolgens geëvalueerd en bijgestuurd. De laatste gepubliceerde versie zijn de stroomgebiedbeheerplannen 2016-2021, maar de nieuwste versie (2022-2027) zijn in openbaar onderzoek. Een goedkeuring van deze nieuwe versie 2022-2027 is voorzien tegen eind 2021. Onderstaande tekst bespreekt eerst het gepubliceerde plan 2016-2021 en het bijhorend actieplan droogte en wateroverlast 2019-2021. Achteraan deze paragraaf worden enkele relevante elementen aangehaald uit de versie 2022-2027 dat nog in vooronderzoek is (en dus nog geen beslist beleid is).

Het stroomgebiedbeheerplan bestaat uit verschillende delen:

- deelstroomgebiedniveau
- Bekkenspecifieke delen
- Grondwatersysteemniveau
- Zoneringsplannen
- Gebiedsdekkende uitvoeringsplannen

Het actieplan droogte en wateroverlast 2019-2021 is een aanvulling op de stroomgebiedbeheerplannen 2017-2021. In de volgende generatie stroomgebiedbeheerplannen

wordt het overstromingsrisicobeheerplan en het waterschaarste- en droogterisicobeheerplan geïntegreerd in de stroomgebiedbeheerplannen.

Het stroomgebiedbeheerplan is opgebouwd rond 6 thema's, gericht op waterkwaliteit en waterkwantiteit. In het maatregelenprogramma voor Vlaanderen zijn alle maatregelen en acties die genomen worden om de toestand van de watersystemen op deze vlakken te verbeteren of de overstromingsrisico's beter te beheren, samen gebracht[5]. Ook hier worden de maatregelen in groepen ingedeeld, gericht op waterkwaliteit en waterkwantiteit. Hieronder worden de acties hierover opgesomd.

Groep 3: Duurzaam watergebruik

Een duurzaam watergebruik betekent dat water niet verspild wordt en dat water van een hoogwaardige kwaliteit enkel gebruikt wordt als het noodzakelijk is. Daarvoor is een gedragsverandering nodig bij iedereen en alle sectoren. Gebruik van alternatieve waterbronnen is noodzakelijk.

Acties voor groep 3:

- 3A: Optimaliseren van een duurzaam watergebruik bij alle sectoren
- 3B: Optimaliseren van het gebruik van alternatieve waterbronnen
- 3C: Uitbouwen en optimaliseren van het distributienetwerk
- 3D: Uitwerken van een uniform en stimulerend subsidiebeleid en dito prijzenstructuren
- 3E: Studie en onderzoekopdrachten rond watergebruik en -behoeften ter ondersteuning van het duurzaam waterbeheer en -beleid
- 3F: Uitwerken en toepassen van een handhavingsbeleid gericht op duurzaam watergebruik
- 3G: Grensoverschrijdend integraal waterbeheer ifv duurzaam watergebruik

Groep 5: kwantiteit grondwater en oppervlaktewater

Er is nood aan een duurzaam en sluitend voorraadbeheer, waarbij de focus enerzijds ligt bij het voorkomen van tekorten en anderzijds het stabiliseren, verbeteren en herstellen van probleemzones. In deze groep zijn de acties ivm waterschaarste en droogte opgenomen. Dit gaat zowel over grondwater als over oppervlaktewater.

Acties voor groep 5:

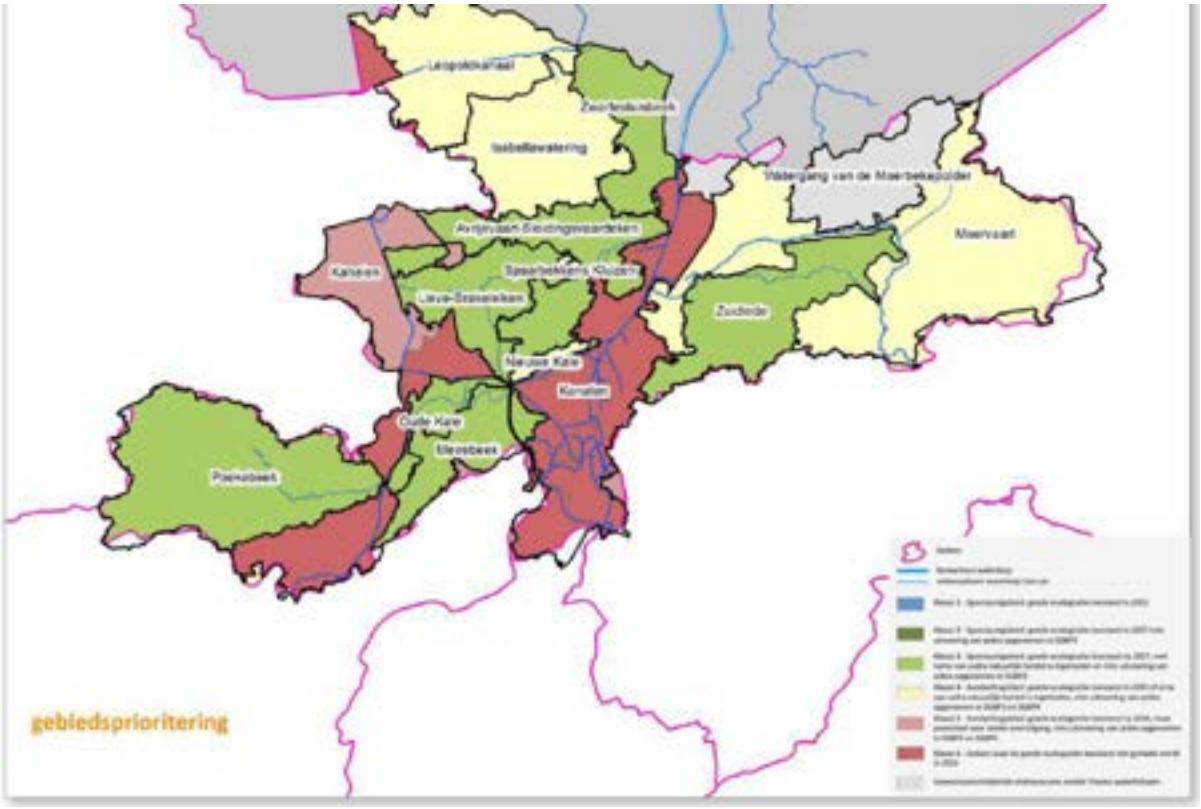
- 5AA: Beschermen en herstellen van de grondwatervoorraden, rekening houdend met de impact van waterschaarste en droogte
- 5AB: Uitwerken en toepassen van een grondwaterlichaam- en regiospecifiek vergunningenbeleid

[5] Bron: http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/stroomgebiedbeheerplannen/stroomgebiedbeheerplannen-2016-2021/documenten/Maatregelenprogramma_voor_Vlaanderen.pdf

- 5AC: Studies en onderzoekopdrachten rond grondwaterkwantiteit ter ondersteuning van het (grond)waterbeheer en -beleid
- 5AD: Uitwerken en toepassen van een handhavingsbeleid gericht op het herstellen en beschermen van grondwatervoorraden
- 5AE: Grensoverschrijdend, integraal, kwantitatief grondwaterbeheer (via overleg)
- 5BA: Actief peilbeheer
- 5BB: Het verminderen van effecten van waterschaarste en droogte
- 5BC: Actie ondernemen om de achteruitgang van het hydraulisch regime van het oppervlaktewaterlichaam tegen te gaan, onder meer door het beschermen of vrijwaren van waterconserveringsgebieden
- 5BD: Wetgeving en vergunningen oppervlaktewateronttrekking
- 5BE: Studies en onderzoekopdrachten rond oppervlaktewaterkwantiteit ter ondersteuning van het waterbeheer en -beleid
- 5BF: Uitwerken en toepassen van een handhavingsbeleid gericht op het beschermen en herstellen van de oppervlaktewatervoorraden
- 5BG: De grensoverschrijdende kwantitatieve problematiek van de waterverdeling oplossen.

De stroomgebiedbeheerplannen 2022-2027 zijn in vooronderzoek, en zullen wellicht eind 2021 goedgekeurd worden door de Vlaamse Regering. Het betreft bijgevolg nog geen beslist beleid. Toch geven we al een inkijk in de versie van de plannen die ter beschikking gesteld werd voor het vooronderzoek. De nieuwe versie van de plannen heeft meer aandacht voor het aspect droogte. Zo zijn de plannen opgebouwd volgens de thema's waterkwaliteit, overstromingen en wateroverlast, en waterschaarste en droogte. Op vlak van droogte wijzen de plannen erop dat er veel zandige bodems voorkomen in het bekken van de Gentse Kanalen, die droogtegevoeliger zijn dan bijvoorbeeld leembodems. Het bekken van de Gentse Kanalsen is dan ook droogtegevoeliger dan omliggende bekkens. Dit kwam ook tot uiting in voorliggende droogtestudie, waar voor de zandheuvelruggen en overige zandige bodems grotere grondwaterpeildalingen gesimuleerd werden.

De stroomgebiedbeheerplannen 2022-2027 schuift een visie en actie naar voren aan de hand van speerpunt- en aandachtsgebieden (zie ook Figuur 158). Speerpuntgebieden zijn oppervlaktewaterlichamen waarvan men verwacht dat ze tegen eind 2027 een goede ecologische toestand hebben (klasse 2), of waarvoor na 2027 enkel nog natuurlijk herstel nodig is (klasse 3). De aandachtsgebieden zijn oppervlaktewaterlichamen waarvoor men een goede ecologische toestand tegen 2033 haalbaar acht (klasse 4). Het grondgebied Gent valt vooral in gebied "klasse 6", waarbij aangegeven wordt dat een goede ecologische toestand niet gehaald wordt in 2033. Een klein deel van het grondgebied (het stroomgebied van de Meirebeek, alsook bij de Kluizendokken en de monding van de Avrijevaart in het Kanaal Gent-Terneuzen) valt onder "klasse 3", wat een speerpuntgebied is waar een goede ecologische toestand na 2027 voorop wordt gesteld mits een aantal voorwaarden en acties vervuld zijn. Tot slot valt een deel van de Moervaartvallei onder "klasse 4", wat een aandachtsgebied betreft waar een goede ecologische toestand in 2033 of erna wordt gerealiseerd mits voldaan aan voorwaarden.



Figuur 158: Gebiedsprioritering uit de stroomgebiedsbeheerplannen 2022-2027 (versie vooronderzoek).

Op vlak van acties spreekt het plan van diverse gebiedsgerichte projecten ter bevordering van waterconservering en om verdroging tegen te gaan, alsook het uitwerken van een geïntegreerd peilbeheer. Daarnaast wordt onderzoek naar de zoutwaterproblematiek in het kanaal Gent-Terneuzen aangehaald als actie, waarbij het Agentschap Maritieme Toegang aan Vlaamse zijde optreedt als trekker. Ook beschrijft het plan de actie om een meetnet voor monitoring van grond- en oppervlaktewater uit te bouwen voor het opvolgen en mee vorm geven van acties rond vernatting in de Moervaartvallei. Het plan omvat daarna voor verschillende waterlopen van 2de en 3de categorie hydromorfologische analyses en structuurherstelmaatregelen.

Voor de Gentse binnenwateren, de Ringvaart rond Gent, het Kanaal Gent-Oostende en het kanaal Gent-Terneuzen verwacht men tegen 2033 geen goede ecologische toestand te kunnen bereiken. Met het Schelde-Seinekanaal probeert men het transport van goederen te bevorderen, ook voor de Gentse Binnenwateren, alsook het opwaarderen van waterlopen voor o.a. recreatie, inpassing in de leefomgeving en rivierherstel.

Stad Gent heeft een advies geformuleerd op de stroomgebiedbeheerplannen 2022 – 2027 in een zitting op 4 maart 2021. Hierbij worden verschillende aandachtspunten en suggesties naar voren geschoven. Het advies werd doorgegeven aan de Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid (CIW), die de opmaak van de plannen coördineert.

Relevantie voor Stad Gent

Het stroomgebiedbeheerplan Gentse Kanalen bevat verschillende acties met een directe of indirecte impact op verdroging en droogte in en rond Gent. De actuele actielijst met stand van zaken op vlak van uitvoering kan geraadpleegd worden op https://www.integraalwaterbeleid.be/nl/bekkens/bekken-gentse-kanalen/planning-2016-2021/wateruitvoeringsprogramma-1/wup-2020-svz-bekken-gentse-kanalen/view.

Voor Gent is de actie 3_A_0003 van belang, dat onderzoek omvat naar de zoutwaterproblematiek in het kanaal Gent-Terneuzen. Hierbij wordt als maatregel het optimaliseren van duurzaam watergebruik bij alle sectoren onderzocht, met als trekker Departement Mobiliteit en Openbare Werken – Afdeling Maritieme Toegang. Deze studie is op moment van schrijven (dd. Juli 2021) in opstart. Verder zijn er enkele acties die kaderen onder categorie 5 (cf. supra, "kwaliteit grond- en oppervlaktewater"), maar geen acties zijn die zich enkel focussen op of direct rond het grondgebied Gent. Relevante maar generieke acties die gelden voor gans Vlaanderen zijn o.a. 5A_B (uitwerken en toepassen van een grondwaterlichaam- en regiospecifiek vergunningenbeleid) en 5A_C (Studies en onderzoeksprojecten rond grondwaterkwantiteit ter ondersteuning van het waterbeheer en –beleid). De volledige lijst is raadpleegbaar via https://www.integraalwaterbeleid.be/nl/stroomgebiedbeheerplannen/stroomgebiedbeheerplannen-2016-2021/documenten/indicatieve_actielijst_2016-2021.pdf/view.

De stroomgebiedbeheerplannen worden vooral geleid en geïmplementeerd door de hogere overheden. Het is wel van belang dat Stad Gent sturend werkt bij de opmaak van deze plannen, de voortgang actief opvolgt en maximaal aansluiting zoekt op de acties en concepten naar voren geschoven in het stroomgebiedbeheerplan Gentse Kanalen. Dit droogteplan sluit met de visies en voorgestelde acties hier reeds op aan.

In het kader van de uitvoering en opvolging van de stroomgebiedbeheerplannen (alsook de opmaak van hemelwater- en droogteplannen, de opvolging van de Blue Deal, de uitvoering van programma's van hogere overheden zoals Water+Land+Schap, e.a.) worden er inspanningen geleverd door overheden en private actoren op vlak van impactmonitoring. Stad Gent kan de impactmonitoring op het grondgebied trachten af te stemmen op dergelijke initiatieven. Het actieplan van de droogtestudie zet hier op in via o.a. Actiedomein 7 – Monitoring (Actie 25), alsook acties uit Actiedomein 2 – Kennisopbouw impacts droogte in Gent (o.a. Actie 11 – Uitbouwen en ontsluiten van een grondwatermeetnet; Actie 12 – Actief ondersteunen van de uitbouw van een meetnet voor het opvolgen van waterpeilen; en Actie 13 – Uitbouwen en ontsluiten van waterkwaliteitsmetingen). Afstemming met hogere overheden en andere actoren hierbij is dan ook cruciaal. We lijsten enkele van de belangrijkste aanknopingspunten op:

- Blue Deal: in het kader van de Blue Deal wordt getracht een brede, efficiënte en toekomstgerichte impactmonitoring rond droogte op te starten voor Vlaanderen. Hiertoe wordt op dit ogenblik (dd. juli 2021) een inventaris opgemaakt van de acties die ressorteren onder de Blue Deal, welke data verzameld wordt binnen deze acties die relevant is voor impactmonitoring, en hoe deze ontsloten kan worden. Verwacht wordt dat tegen eind 2021 een monitoringsplan voor de Blue Deal opgemaakt zal zijn.
- Hemelwater- en droogteplannen: in het kader van de opvolging van de uitvoering en effecten van hemelwater- en droogteplannen op gemeentelijk niveau moet een reeks indicatoren opgevolgd worden. De voorlopige blauwdruk van de hemelwater- en droogteplannen (nog niet gepubliceerd dd. juli 2021) omvat een eerste lijst met mogelijke indicatoren. Voorliggend droogteplan bouwt hierop verder, en stelt in Actiedomein 7 (Actie 25) een set indicatoren voor. Vanuit de hogere overheden wordt momenteel bekeken voor welke van deze indicatoren data aangeleverd kan worden, om zo de rapporteringsdruk voor gemeenten te verminderen.
- De waterloopbeheerders, drinkwaterproducenten (i.c. De Watergroep), en andere overheidsinstanties (i.c. INBO, SCK, ...) hebben vaste meetnetten voor grondwater-, oppervlaktewater en bodemvocht uitgebouwd, zowel op vlak van waterkwantiteit als -kwaliteit. Zoals opgenomen in de Blue Deal, maar ook bijvoorbeeld het Provinciaal Droogteplan (zie verder) worden deze meetnetten verder uitgebreid in de komende jaren. De meetnetten voor grondwater worden ontsloten via Databank Ondergrond Vlaanderen en Watina (INBO), en voor oppervlaktewaters via Waterinfo.be. De metingen van de Provincie Oost-Vlaanderen worden nog niet in real-time publiekelijk ontsloten.

9.1.6 Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringssystemen (CVGP) en 'Leidraad bronmaatregelen'.

Op 20 augustus 2012 is het ministerieel besluit goedgekeurd dat de herziene code vaststelt. Tussen 2012 en 2019 werd meerdere keren een revisie van de technische toelichtingen bij de code opgemaakt. De CVGP en de leidraad bronmaatregelen zijn uitsluitend van toepassing voor de openbare weg. Voor privaat domein geldt de regelgeving van de GSV Hemelwater (zie verder).

In relatie tot hemelwater, is deel 3 "Bronmaatregelen", en de "Leidraad bronmaatregelen" het meest relevante hoofdstuk. We vatten de belangrijkste elementen hieruit samen:

1) Vermijden van afstroom

   De beste bronmaatregel is het vermijden van afstroom. Bij de (her)aanleg van het openbaar domein dient een afweging te gebeuren of alle verharding wel noodzakelijk is. Daarnaast dient de vraag gesteld te worden of alle verharding wel moet afgevoerd worden naar een bestaand of aan te leggen opvang- of afvoersysteem. Beperken van nieuwe verharding en ontharden van bestaande verharding is dan ook de allereerste ontwerpopgave. Zeker voor pleinen, voetpaden en parkeerstroken is dit aanbevolen.

   Voorbeelden: afwatering naar verlaagde groenstrook met waterdoorlatende materialen, waterdoorlatende verharding, …

2) Hergebruik

   Hergebruik is mbt openbaar domein minder evident. Doch, mits enige creativiteit kan het hemelwater dat afstroomt gebruikt worden voor bevloeiing van groenzones.

3) Infiltratie

   Via infiltratie kan –op jaarbasis en bij minder intense buien- belangrijke volumes hemelwater uit de waterlopen en afvoerleidingen gehouden worden. Het watersysteem wordt daarbij ontlast, en bovendien worden de grondwaterreserves op peil gehouden.

   De voorkeur gaat naar (ondiepe) bovengrondse systemen omdat het grondwaterpeil dan minder invloed heeft, omdat ze gemakkelijker te onderhouden zijn, en omdat problemen sneller detecteerbaar zijn.

   Voorbeelden: infiltratiekom, infiltratiekolken, infiltratiebuis, infiltratiekratten, …

4) Bufferen en vertraagd afvoeren

   Als bovenstaande ingrepen om water ter plaatse te houden of te infiltreren niet voldoende haalbaar is, kan (deels) gekozen worden voor een vertraagde afvoer van hemelwater.

   Door de uitbouw van een lokale buffering wordt het piekdebiet afgevlakt en wordt de ontvangende waterloop minder belast.

5) Grachten

   Grachten kunnen meerdere bronmaatregelen combineren. Grachten vervullen een bufferfunctie alsook zal er infiltratie mogelijk zijn. Wel belangrijk hierbij is dat het water ook opgehouden wordt en vertraagd afgevoerd, zodat de capaciteit van de grachten (zowel op vlak van buffering als op vlak van infiltratie) effectief benut kan worden.

Relevantie voor Stad Gent

Stad Gent en Farys passen de CVGP reeds strikt toe bij de werken op openbaar domein. De hierboven besproken principes worden daarbij dus gerespecteerd. Voorliggend droogteplan bouwt ook verder op deze concepten. De visie die naar voren geschoven wordt volgt dezelfde insteek (zie o.a. krachtlijnen 1 en 2), namelijk (1) vermijden van afstroom, (2) nuttig gebruik van het water (zowel voor antropogene activiteiten als voor natuur), (3) infiltratie, en (4) bufferen en vertraagd afvoeren.

9.1.7 Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening Hemelwater (GSV) en de Watertoets

De Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening Hemelwater (GSV) beschrijft de maatregelen die genomen moeten worden met betrekking tot hemelwater inzake hemelwaterputten, infiltratievoorzieningen, buffervoorzieningen en gescheiden lozing van afval- en hemelwater. De verordening is van kracht wanneer overdekte constructies (her)bouwd worden, nieuwe verhardingen worden aangelegd of nieuwe wegenis wordt aangelegd. De verordening bepaalt de uitvoeringsprincipes en de normen waaraan voldoen moet zijn. De verordening is uitsluitend van toepassing op privaat domein. Voor de openbare weg geldt de principes uit de CVGP.

Sedert 1 januari 2014 is de huidige verordening van kracht. Hierin zijn de minimale normen verstrengd[6]:

- Is van toepassing bij het (her)bouwen van overdekte constructies en verhardingen (met een totaal dat groter is dan 40 m²) die niet voorzien zijn van een groendak, ook als deze vrijgesteld zijn van stedenbouwkundige vergunningsplicht.
- Bestaande afwaterende oppervlakten dienen ook (deels) in rekening gebracht te worden
- Verplichting tot plaatsen van een hemelwaterput van minimaal 5.000 l voor eengezinswoningen en 10.000 l voor andere gebouwen
- Verplichting tot hergebruik van opgevangen hemelwater voor nuttig gebruik (dit houdt in minstens toiletten, wasmachine en buitenkraan)
- Verplichting (voor percelen van minimum 250 m²) tot plaatsen van een infiltratievoorziening aan minimum 4 m² infiltratieoppervlakte per 100 m² afwaterende oppervlakte, en met een bufferende capaciteit van minimum 25 l per 1 m² afwaterende oppervlakte
- Bij nieuwe verkavelingen is een collectieve infiltratie- en buffervoorziening verplicht

Via het instrument de Watertoets onderzoekt de overheid voor de bouw van een gebouw, voor een infrastructuurproject, of voor een ruimtelijke uitvoeringsplan, de schadelijke effecten op het watersysteem. Hierbij wordt een advies geformuleerd om de geplande activiteit bij te sturen waar nodig.

Volgende aftoetsing wordt gemaakt:

- Is de locatie gelegen in overstromingsgevoelig gebied?
    - Effectief en mogelijk overstromingsgevoelig gebied: de vloerhoogte van de gebouwen moet 50cm boven het maximaal overstromingspeil worden aangelegd, de gebouwen moeten opgetrokken worden op kolommen en er mag geen ophoging van het perceel worden voorzien zodat geen ruimte voor water verloren gaat.

[6] Bron: https://www.integraalwaterbeleid.be/nl/publicaties/technisch-achtergronddocument-bij-de-gewestelijke-stedenbouwkundige-verordening

- Is de locatie gelegen in een beschermingszone 1, 2 of 3 van een drinkwaterwingebied?
- Is de locatie gelegen in signaalgebied?
    - Signaalgebieden: behoud van waterbergend vermogen en vrijwaren van bebouwing
- Wat is de afstand tot bevaarbare (categorie 0) en onbevaarbare (categorie 1, 2, 3 of niet gecategoriseerd) waterlopen?
- Is er een wijziging van de rioleringstoestand of de afstromingsrichtingen? Is er een wijziging in infiltratie naar het grondwater?

Relevantie voor Stad Gent

De GSV en Watertoets worden strikt toegepast door de Stad Gent. In het kader van de Blue Deal wordt ook gewerkt aan een verstrengde en klimaatrobuuste Watertoets en normering. Nadat deze in voegen treden, vinden deze ook inherent ingang op grondgebied Gent. Verstrengingen op niveau van de stad zijn mogelijk, maar dienen zeer doordacht te gebeuren. De huidige normering van de GSV zorgt bijvoorbeeld voor de bodemtexturen die in Gent voorkomen er reeds voor dat grootteorde 90% van het opgevangen water infiltreert in de infiltratievoorzieningen die ontworpen zijn conform de GSV. Zeer grote winsten zijn dus niet meer gemakkelijk te behalen via een verstrengde normering. Mogelijks kunnen er optimalisaties gebeuren om collectieve oplossingen te stimuleren. Stad Gent kan bijvoorbeeld onderzoeken welke (wettelijke) hinderpalen er zijn voor dergelijke collectieve oplossingen rond watergebruik, -infiltratie en –buffering, en deze trachten weg te werken of aan te kaarten bij hogere overheden. De huidige GSV focust immers sterk op het individuele perceel.

9.1.8 Klimaatportaal Vlaanderen

De Vlaamse Milieumaatschappij beheert het Klimaatportaal Vlaanderen (https://klimaat.vmm.be/). Dit portaal bundelt de informatie omtrent de klimaateffecten (droogte, wateroverlast en hittestress) en impacts hiervan. De droogtestudie bouwt verder op de informatie van het Klimaatportaal Vlaanderen, en hanteerde bij de simulaties van het massabalansmodel (zie hoofdstuk 5) dezelfde klimaatscenario's. De resultaten van de droogtestudie zijn dus in lijn met de bevindingen van het Klimaatportaal Vlaanderen.

Tegen het najaar 2021 beoogt de VMM de lancering van klimaatadaptatietooling waarmee de impact van maatregelen en scenario's doorgerekend kan worden, onder andere op vlak van droogte.

Relevantie voor Gent

De droogtestudie Gent heeft reeds de impact van verschillende klimaat- en maatregelscenario's op droogte doorgerekend. We verwijzen hiervoor naar hoofdstuk 8 van de droogtestudie. De beoogde klimaatadaptatietooling zal evenwel ook de impact van maatregelen op bodemvocht kunnen kwantificeren, alsook impacts op wateroverlast en hittestress via een integrale aanpak. Het is bijgevolg aangewezen om de droogtestudie te actualiseren eens dergelijke tool beschikbaar komt. In het bijzonder lijkt dit een mogelijks interessant instrument om de RWA visies te concretiseren.

9.1.9 Vlaams reactief afwegingskader prioritair watergebruik tijdens droogte en waterschaarste

Om veerkrachtig te kunnen reageren op een waterschaarste werkte de Vlaamse Overheid met de betrokken maatschappelijke actoren een afwegingskader (VRAG) uit dat voorzorgsmaatregelen en prioritair watergebruik kan bepalen in aanloop naar of tijdens waterschaarste. Het afwegingskader is een hulpmiddel voor beslissingsnemers om tijdens periodes van extreme droogte en dreigende waterschaarste doordachte en wetenschappelijk onderbouwde maatregelen te nemen om de kans

op waterschaarste en de gevolgen ervan te beperken. Zo vormt het een grote stap vooruit in de onderbouwing van het reactief droogtebeleid in Vlaanderen.

Het VRAG is een instrument dat bij crisissituaties gehanteerd wordt om maatregelen tegen elkaar af te wegen. Het is een ondersteunend instrument voor de crisisbeheerders, zijnde de provinciale crisiscellen onder leiding van de gouverneur.

Relevantie voor Stad Gent

Het VRAG is een beslissingsondersteunend instrument voor de crisiscel (o.l.v. de gouverneur), en kan bij droogteperiodes een directe impact hebben op grondgebied Gent. Voorliggend droogteplan is vooral een proactief instrument, dat beoogt om droogteperiodes en schade door droogte te voorkomen. Het VRAG is daarentegen een reactief instrument dat ingezet wordt bij (dreigende) waterschaarste. Beide zijn dan ook complementair, en kennen een zekere overlap. Het droogteplan zet evenwel minder in op reactieve maatregelen aangezien dit voornamelijk een bevoegdheid is van de hogere overheden. Wel kan Stad Gent meewerken aan de handhaving i.f.v. genomen maatregelen op het eigen grondgebied, alsook inzetten op sensibilisering om minder water te verspillen in tijden van waterschaarste. Dit komt o.a. aan bod in Actiedomein 5 – Communicatie en sensibilisering (Actie 22).

9.2 Provincie Oost-Vlaanderen

9.2.1 Droogteactieplan 2021

In 2021 maakte de Provincie Oost-Vlaanderen een droogteactieplan op. Voor het droogtebeleid zet de Provincie Oost-Vlaanderen naar analogie met het overstromingsbeleid in op meerlaagse waterveiligheid. Door een combinatie van protectieve (bv hemelwater vasthouden, bergen, infiltreren), preventieve (bv droogtetolerante teeltkeuze en duurzaam watergebruik in de landbouw, gebruik van hemelwater in huishoudens, rationeel watergebruik in de industrie) en paraatheidsverhogende (bv meetnet met waterpeilen) maatregelen streeft men naar een structurele en duurzame aanpak van de droogteproblematiek.

De voornaamste uitdaging om de droogteproblemen aan te pakken en waterschaarste te voorkomen is het behouden van het evenwicht tussen de watervraag en het wateraanbod. Dit moet op een geïntegreerde manier gebeuren. Maatregelen die problemen op een bepaalde plaats oplossen maar daardoor op een andere plaats een probleem creëren, komen niet in aanmerking.

De nadruk van de maatregelen in deze actielijst ligt enerzijds op het vergroten van het aanbod aan water en anderzijds op het verkleinen van de vraag naar water. Dit kan proactief, zoals door het stimuleren van de sponswerking van natuurgebieden, of reactief, zoals door het instellen van een captatieverbod wanneer door een neerslagtekort de vraag naar water stijgt en het evenwicht tussen vraag en aanbod wordt verstoord.

De Provincie Oost-Vlaanderen stelt vier krachtlijnen voorop die de belangrijkste principes om waterschaarste te voorkomen samenvatten. Alle acties in de lijst zetten in op één of meerdere van deze krachtlijnen:

- Krachtlijn 1: infiltratie van hemelwater bevorderen
- Krachtlijn 2: sponswerking van het landschap bevorderen
- Krachtlijn 3: vertraagde afvoer van water realiseren
- Krachtlijn 4: slim watergebruik

Deze krachtlijnen werden naar 5 actiesporen vertaald:

- Kennisverruimende acties
- Provinciebrede acties en acties op beleidsniveau

- Participatie aan en ondersteuning van initiatieven op Vlaams en lokaal niveau
- Communicatie en sensibilisering
- Kennisleemte

Binnen dit kader werden 24 acties naar voren geschoven met vermelding van de trekker, interne en externe partners, streefdoel, instrumenten, kosten, timing en indicatoren. We verwijzen naar het plan voor een beschrijving van elk van deze acties.

Relevantie voor Stad Gent

Het droogteactieplan van de Provincie Oost-Vlaanderen is een zeer waardevol instrument om het droogtebeleid van Stad Gent mee ingang te laten vinden in de praktijk, en om de samenwerking tussen de Stad, de Provincie en andere actoren af te stemmen. We lijsten enkele acties op uit het droogteactieplan van de Provincie die nauw gelinkt zijn aan acties die naar voren geschoven worden in het droogteplan Gent:

- "Actie 2: Uitbreiden en onderhouden van een meetnet voor het opvolgen van de waterpeilen". Deze actie sluit aan op Actie 12 uit voorliggend droogteplan, wat de ondersteuning van de uitbouw van dergelijk meetnet beoogt.
- "Actie 3: In kaart brengen van de waterbeschikbaarheid voor de Oost-Vlaamse land- en tuinbouwsector"; en "Actie 5: Onderzoek naar de haalbaarheid en randvoorwaarden voor ingrepen op waterlopen om private buffers met spaarfunctie te voeden". Deze acties sluiten o.a. aan op Actie 14 uit voorliggend droogteplan, dat onderzoek omvat naar de kwetsbaarheid van landbouw tegen verdroging, alsook richting kan geven bij het vinden van ideale locaties voor de realisatie van spaarbekkens voor de landbouw (zie ook Typologie 5 – Agrarische gebieden) binnen het droogteplan. Verder trachten ook Acties 13 en 14 uit het provinciaal droogteactieplan de bouw van dergelijke spaarbekkens en waternetwerken te faciliteren via de ontwikkeling van een organisatiemodel en ondersteunend kader voor de aanvraag van de bekkens.
- "Actie 6: Optimaliseren van de bestaande en nieuw te bouwen waterbeheersingsinfrastructuur met het oog op het bovenstrooms ophouden van water" en "Actie 7: Stimuleren van kleinschalige maatregelen voor vertraagde afvoer op grachten en ecologisch beheer van grachten (niet-geklasseerde waterlopen)". Deze acties sluiten nauw aan op Actie 15 uit het droogteplan Gent, dat inzet op het uitwerken van een aangepast peilbeheer van pompen, het verondiepen van grachten en het plaatsen van stuwtjes, alsook Actie 16 dat de oorsprong van parasitaire afvoer en drainages onderzoekt. In het bijzonder is "Actie 19: coördineren van het inventariseren van het gevoerd peilbeheer in vlakke gebieden" uit het provinciaal plan relevant voor het inventariseren van het peilbeheer, zoals ook beoogd door Actie 15 uit het droogteplan Gent.
- "Actie 8: Herontwikkelen van natte natuur" omvat streefdoelen die in lijn liggen met de aanbevelingen en visie voor Typologie 4 (Gebieden met waardevolle natuur) uit het droogteplan, en de prioritaire acties daarin vermeld.
- "Actie 10: Opmaak Provinciaal Beleidsplan Ruimte – Langetermijnvisie (2050) transitie naar een robuust en veerkrachtig watersysteem" ligt in lijn met Actie 7 uit het droogteplan Gent (nl. integreren van de integrale visie op water in ruimtelijke planningsinstrumenten), hoewel de provinciale actie vooral focust op de langere termijn.
- "Actie 11: Het voeren van een doordacht grondwatervergunningenbeleid inclusief aandacht voor bronbemalingen", waarbij de provincie expliciet aangeeft ook te voorzien in begeleiding

en advies voor gemeenten hieromtrent. Dit sluit aan op Actie 5 uit het droogteplan Gent, waarbij ingezet wordt op het verder optimaliseren van het beleidskader bemalingen.

- "Actie 16: Het ondersteunen en faciliteren van gemeentelijke initiatieven" is een brede actie die ondersteuning kan bieden aan verschillende acties uit het droogteplan Gent. In het bijzonder denken we aan een actieve rol voor Actie 23 uit het Gentse droogteplan, dat inzet op het opstarten van een klankbordgroep en denktank "Water in Gent".

Het is duidelijk dat er veel directe links zijn tussen het droogteactieplan van de provincie, en het droogteplan Gent. Een nauwe afstemming en samenwerking is dan ook belangrijk om te komen tot een efficiënte realisatie van een proactief droogtebeleid.

9.2.2 Provinciaal klimaatplan

In 2015 stelde het provinciebestuur voor het eerst een klimaatactieplan op. In 2021 is dit klimaatactieplan geactualiseerd en van toepassing op de periode 2021-2025.

Het provinciaal klimaatbeleid is opgebouwd rond vijf speerpunten:

- Aangenaam wonen
- Duurzame energie
- Duurzame mobiliteit
- Blauwgroene netwerken
- Klimaatinnovatieve economie

Met de speerpunt "(klimaat)gezonde en aangename woonomgeving" zet het plan ook in op het stimuleren en ondersteunen van de steden en gemeenten in het klimaatbestendig inrichten van de (semi) openbare ruimte, alsook voor de buitenruimte rond woningen. Ook stimuleert de provincie via een actie onder die pijler het voorzien van waterinfiltratie en –opvang in verstedelijkte gebieden. De speerpunt "klimaatbestendig landschap" omvat, naast diverse acties rond het bevorderen van blauwgroene netwerken, een actieprogramma rond een geïntegreerde aanpak voor droogte. De acties hierin zijn zeer relevant voor het droogteplan van Gent, maar werden vanuit het provinciaal klimaatplan doorvertaald naar het provinciale droogteactieplan. We verwijzen dan ook naar de bespreking van dit plan in de paragraaf hierboven.

9.3 Farys

9.3.1 Beleid gericht op leveringszekerheid drinkwater

AquaFlanders voert een actief beleid met het oog op het garanderen van de leveringszekerheid van drinkwater. Zowel aan aanbod- als vraagzijde worden maatregelen genomen om de leveringszekerheid te garanderen. Het betreft aan aanbodzijde onder andere maatregelen voor het stimuleren van bronbescherming door herstel van het natuurlijk watersysteem (extra oeverzones, extra infiltratie, extra natuur, …), het optimaliseren van bronbeheer en opslag, het robuuster maken en optimaliseren van de infrastructuur (netten koppelen, redundant maken, lekreductie, …) en het breder inzetten op circulair water. Aan de vraagzijde wordt onder andere ingezet op sensibilisering van zowel huishoudelijke als industriële gebruikers voor een rationeel en verstandig watergebruik, en op het bijkomend inzicht verwerven in de evolutie van het kraanwaterverbruik.

We verwijzen hierbij ook naar §2.4.4 in voorliggende droogtestudie die specifieker de Gentse context bespreekt.

Relevantie voor Stad Gent

Het actieprogramma van AquaFlanders en Farys is erop gericht de drinkwaterbevoorrading van o.a. Gent te verzekeren. De concepten van het actieprogramma sluiten naadloos aan op de visie en krachtlijnen uiteengezet in de droogtestudie Gent. Het drinkwater dat gebruikt wordt in Gent wordt niet op Gentse bodem gewonnen, maar desondanks kan ook Stad Gent bijdragen aan een duurzamere waterhuishouding. Hiertoe zijn er acties opgenomen in het actieplan die inzetten op sensibilisering (specifiek ook met het oog op het beperken van piekverbruiken tijdens droge en warme periodes, alsook op een rationeler watergebruik) en het stimuleren van projecten voor een circulair watergebruik. Het is wenselijk om af te stemmen met de lopende acties van Farys, zoals bijvoorbeeld op de sectorale sensibiliseringscampagne Kraanwater (www.kraanwater.be).

9.3.2 Verkavelingsrichtlijnen FARYS en Ontwerprichtlijnen riolering FARYS

FARYS heeft, aanvullend op de gewestelijke stedenbouwkundige verordening Hemelwater (zie hierboven) bepalingen opgenomen voor verkavelingen, alsook ontwerprichtlijnen voor de aanleg van rioleringen. Deze richtlijnen vormen een handleiding voor private ontwikkelaars om nieuwe verkavelingen te ontwerpen conform de voorwaarden die gesteld worden door FARYS|TMVW betreffende de riolerings- en afwateringsinfrastructuur, infiltratie- en bufferingsvoorzieningen. Het document is zeer sterk gebaseerd op de Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringen (CVGP), alsook de gewestelijke stedenbouwkundige verordening hemelwater (GSV). Dezelfde concepten worden toegepast en meer praktisch verduidelijkt. We verwijzen naar de voorgaande paragrafen waar de CVGP en GSV meer geduid werden.

9.3.3 Opmaak van RWA visies

FARYS maakt als rioleringsbeheerder ook RWA (regenwaterafvoer) visies op. Met dergelijke RWA visies wordt een gebiedsspecifiek plan opgemaakt dat beschrijft hoe omgegaan wordt met de buffering, infiltratie en verdere afvoer van regenwater binnen het grondgebied van een gemeente (of delen daarvan). De tijdshorizon van RWA visies is het jaar 2050. Meer bepaald wordt een algemene visie uitgewerkt op de hoofdafvoerassen voor RWA binnen stedelijk gebied. Aan de hand van deze RWA visies is onder meer ook duidelijk met welke randvoorwaarden op vlak van buffering en doorvoer toekomstige projecten in het gebied rekening moeten houden. De insteek is dus (deels) gelijkaardig aan de huidige detail hemelwaterplannen.

Relevantie voor Stad Gent

Er bestaan RWA visies voor delen van het grondgebied Gent. Deze worden door FARYS opgemaakt in nauw overleg met Stad Gent. Zoals de naam aangeeft (regenwaterafvoer; RWA) is de insteek voornamelijk gedreven vanuit veiligheidsprincipes op vlak van waterafvoer, hoewel er ook oog is voor bijvoorbeeld infiltratie. Echter, het is wenselijk om de visies en krachtlijnen naar voren geschoven in het droogteplan Gent mee te integreren in dergelijke RWA-visies, om zo te komen tot een duurzamer en meer integraal waterbeheer. Afstemming van het waterbeheer op o.a. natuur, landbouw, recreatie, gezondheid (i.c. hittestressreductie) en beleving is daarbij belangrijk, alsook een verankering in ruimtelijke uitvoeringsplannen. In het droogteplan is dan ook opgenomen om verder te bouwen op de (bestaande) RWA-visies, maar met meer aandacht voor de principes uit het droogteplan en met meer oog voor vooronderzoek van de randvoorwaarden met betrekking tot droogte (o.a. het uitvoeren van grondwaterpeilmetingen, boringen, grachteninventarisaties inclusief het in kaart brengen van het bijhorend peilbeheer). Dit wordt opgenomen in Actie 4 van het actieplan.

9.4 Andere steden en gemeenten

9.4.1 Waterplan Antwerpen

Om te anticiperen op toekomstige regenval en periodes van droogte, maakte de stad Antwerpen een Waterplan. Dit plan wil water opnieuw een plek geven in de stad en het waterbewustzijn in Antwerpen verhogen. Het gaat er niet alleen om overstromingen te voorkomen. Water maakt de stad ook mooier, aangenamer en koeler in de zomer.

Het plan schuift vijf waterstructuren naar voren. Deze waterstructuren zijn specifiek aan een bepaalde plek, het water heeft er andere oplossingen nodig om opgevangen of hergebruikt te worden. De vijf waterstructuren zijn: 'Beekdalen en waterlopen' zoals bijvoorbeeld de Hollebeek- of Schijnvallei; de Ruien; het Ringpark; de parkenwig en tot slot 'Radicaal lokaal' waar op de plek zelf afwateringsoplossingen worden gezocht.

Naast langetermijnvisies worden ook kortetermijnoplossingen aangebracht in het plan. Dit gaat over soms kleine ingrepen die een groot effect kunnen hebben, zoals bijvoorbeeld het aanleggen van infiltratiezones op pleinen en in plantvakken, of de opvang van water in parken en op daken. En naast het openbaar domein kan ook privédomein hiervoor ingeschakeld worden. Zo geeft de stad premies voor de aanleg van groendaken en geveltuinen, die naast het verhogen van de biodiversiteit ook belangrijk zijn om wateroverlast tegen te gaan.

9.4.2 Droogteplan Stad Leuven en Stad Antwerpen

In Vlaanderen zijn er 2 steden met een afgewerkt droogteplan: Leuven en Antwerpen. Beide plannen worden hieronder kort besproken.

Stad Leuven heeft de ambitie om een duurzaam droogtebeheer uit te bouwen dat de gevolgen van de te verwachten klimaatverandering van 2050 kan opvangen. Hiertoe liet Stad Leuven een droogtestudie uitvoeren. De droogtestudie analyseert de huidige en recente historische droogtetoestand in Leuven, en ontwikkelde een waterbalansmodel op basis van de vraag naar en het aanbod aan water. Met dit waterbalansmodel werd de impact van klimaatverandering gesimuleerd, alsook de impact van maatregelen. Het plan omvat 4 pijlers, die in totaal 23 actiepunten omvatten:

- Pijler 1: Waterbeschikbaarheid verhogen
- Pijler 2: Water besparen en rationeel gebruik stimuleren
- Pijler 3: De effecten van klimaatverandering opvangen
- Pijler 4: Water zo optimaal mogelijk verdelen

Stad Antwerpen liet i.h.k.v. het ondertekende Burgemeestersconvenant de studie “Onderzoek naar droogte en waterschaarste in Antwerpen” uitvoeren om thematische kennis te ontwikkelen rond droogte, en bovendien pilootprojecten in te plannen die de negatieve gevolgen van klimaatverandering op vlak van droogte helpen opvangen. Het onderzoek heeft als doel om voor de stad Antwerpen de kans op watertekorten en belangrijke wijzigingen in het grondwaterpeil te kwantificeren, de impact hiervan op de verschillende functies van dit water in te schatten, maatregelen/strategieën voor te stellen om deze effecten tegen te gaan of te mitigeren, en ten slotte dit alles door te vertalen naar beleidsaanbevelingen. Stad Antwerpen kijkt daarbij zowel naar de wijziging van de grondwatertafel, maar ook naar de algemene waterbeschikbaarheid (en dit al naargelang de waterkwaliteit) in de stad, dus inclusief de beschikbaarheid op langere termijn van drinkwater, proceswater, grijswater en hemelwater. Het plan bevat beleidsaanbevelingen rond volgende twee strategische doelstellingen, die ook zijn opgenomen binnen de Antwerpse klimaatadaptatiestrategie:

- Antwerpen vult de grondwatertafel aan

- Antwerpen streeft naar waterhergebruik en waterbesparing

Vanuit deze twee strategische doelstellingen werden 11 aanbevelingen opgemaakt.

9.5 Conclusies

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de belangrijkste beleidskaders en initiatieven in Vlaanderen rond een proactief en reactief droogtebeheer. Uit de veelheid aan initiatieven blijkt dat er meer dan ooit een momentum bestaat rond het realiseren van een doortastend en effectief droogtebeheer in Vlaanderen. De Blue Deal vormt hierbij de het overkoepelend geheel dat tal van actieprogramma's omvat dat inzet op investeringen op het terrein, het vormgeven van regelgeving en beleid, innovatie en onderzoek, alsook het uitbouwen van meetnetten.

We geven enkele **aanbevelingen** voor Stad Gent om op in te zetten op een stedelijk droogtebeheer dat goed afgestemd is op het gevoerd beleid, de bevoegdheden en lopende plannen van (hogere) overheden en actoren:

- Binnen de Blue Deal is circa 400 miljoen euro budget voorzien om projecten te ondersteunen. Er worden verschillende initiatieven gelanceerd waar lokale coalities steun kunnen ontvangen, zowel in de vorm van middelen als op vlak van kennis. Dergelijke projectoproepen richten zich op alle sectoren. **Het is wenselijk dat Stad Gent hierin een regisseursrol opneemt om lokale actoren samen te brengen om projecten te initiëren en uit te werken tot Blue Deal projecten**. We verwijzen naar www.bluedeal.vlaanderen voor een actueel overzicht van dergelijke programmaoproepen.
- Een belangrijke taak van de Stad lijkt het inzetten op **sensibilisering** van de Gentenaar en lokale bedrijven omtrent het nemen van groenblauwe en waterbesparende maatregelen, het creëren van begrip voor maatregelen die de Stad neemt (zoals ontharden, een aangepast groenbeheer, etc.) en gedragsverandering (bijvoorbeeld een rationeel watergebruik). De Stad heeft de instrumenten om lokaal een premiebeleid te voeren om bepaalde maatregelen te stimuleren. Ruimtelijke differentiatie van het premiebeleid lijkt relevant.
- Steden en gemeenten hebben ruime bevoegdheden voor het bepalen van het lokale **ruimtelijk beleid**. Het is sterk aan te bevelen om voldoende ruimte te voorzien voor water, en in masterplannen en ruimtelijke uitvoeringsplannen sterker in te zetten op vooronderzoek naar de werking van het watersysteem. Een voorbeeld is het extra inzetten op infiltrerende maatregelen in gebieden waar infiltratie wenselijk is vanuit hydrologisch oogpunt, of vanuit het oogpunt om de impacts van droogte te beperken (zoals in de buurt van waardevol groen). Afstemming is nodig op de ruimtelijke beleids- en uitvoeringsplannen van hogere overheden, zoals o.a. het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen en het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen.
- Verschillende acties uit het droogteplan overlappen met droogteplannen van hogere overheden en partners. Het is belangrijk om voor dergelijke specifieke acties **samen te werken**. We halen enkele concrete voorbeelden aan. Grachten spelen een belangrijke rol in het droogtebeheer. Zowel de Provincie Oost-Vlaanderen (via het provinciaal droogteactieplan 2021), FARYS (via RWA-visies) als Stad Gent willen inzetten op een doordachter grachtenbeheer. Door samen te werken kunnen grachten grondiger en effectiever geïnventariseerd worden. Ook op vlak van de installatie en het onderhoud van meetnetten zijn sterke synergieën te realiseren. We denken hierbij aan samenwerkingen met o.a. de waterloopbeheerders, DOV, INBO en onderzoeksinstellingen, zoals UGent. Elk bouwt meetnetten uit, zij het met verschillende klemtonen. Voor Stad Gent lijkt het daarbij vooral van belang om extra te focussen op de (kwetsbare) waterelementen in beheer van de stad, zoals bijvoorbeeld vijvers, parken en stedelijk groen.

- Door de droogtes van de afgelopen jaren heeft onderzoek naar het voorkomen van droogte, impacts en oplossingen een versnelling gekregen. Het is sterk aan te bevelen dat Stad Gent deze kennisopbouw opvolgt, inbedt in de stadswerking en laat doorstromen naar Gentse actoren en andere partnerbedrijven. We denken hierbij onder andere aan sectorale organisaties (voor natuur, landbouw en verenigingen), alsook het Havenbedrijf North Sea Port, SO Gent, etc.
- De regelgeving omtrent de aanleg van bronmaatregelen, bemalingen, vergunningen, reactieve maatregelen afgekondigd door de provinciale crisiscel droogte vraagt om handhaving. Het is aan te beleven dat de Stad inzet op een adequate handhaving.
- We raden aan om enkel zeer doordacht aanpassingen door te voeren aan de geldende normeringen vanuit de hogere overheid, zoals de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening Hemelwater (GSV) of Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringen. Deze normeringen zijn veelal goed gebalanceerd, houden rekening met praktische uitvoerbaarheid en lijken (alleszins in theorie en op niveau van de individuele bronmaatregel) effectief te zijn voor droogte. Het vergroten van buffereisen van bronmaatregelen, bijvoorbeeld, zal amper een impact hebben op de hoeveelheid water die infiltreert via dergelijke bronmaatregelen. De normeringen worden op dit ogenblik geactualiseerd binnen de CIW projectgroep om rekening te houden met de nieuwe inzichten op vlak van klimaatverandering en droogte. Inzetten op de andere bovenstaande aanbevelingen lijkt meer prioritair dan de normering aan te passen op stedelijk niveau.

Deze elementen werden doorvertaald naar acties. Deze kunnen teruggevonden worden in Hoofdstuk 10 van de droogtestudie.

10 Aanbevelingen voor een actieplan

10.1 Inleiding

De vorige hoofdstukken geven inzichten in de verandering van het watersysteem ten gevolge van klimaatverandering, en de risico's en kwetsbaarheden van de verschillende sectoren en natuur in Gent die hiermee gepaard gaan. Ook werd de impact gekwantificeerd van een reeks scenario's die inzetten op maatregelen (in hoofdzakelijk verstedelijkt gebied). Deze inzichten worden gecombineerd in aanbevelingen voor een droogte-actieplan voor Stad Gent.

De doelstelling van dit hoofdstuk is om concrete handvaten aan te reiken voor het vertalen van de visie rond een Gents proactief droogtebeleid naar de praktijk. Het voorgestelde actieplan houdt rekening met de effectiviteit van maatregelen, alsook de noden voor actie. Het plan geeft gebiedsgerichte aanbevelingen en prioriteiten om dit beleid te realiseren.

De aanbevelingen voor het actieplan zijn onderverdeeld in twee delen:

- Het eerste deel (§10.4 tot en met §10.9) focust op locatiespecifieke acties die opgebouwd zijn rond zes gekozen ruimtelijke typologieën. Deze ruimtelijke typologieën omvatten quasi het ganse grondgebied van Gent. De belangrijkste uitdagingen per typologie op vlak van droogte worden samengevat, met een verwijzing naar de opgemaakte risicoanalyses en -kaarten. Ook wordt de effectiviteit van oplossingen per typologie besproken. Deze effectiviteit is ingeschat op basis van de uitgevoerde modelsimulaties, en aangevuld met kwalitatieve inschattingen voor de maatregelen waarvoor een kwantificering niet mogelijk bleek. Deze oplossingen werden vertaald naar een beperkte set van (prioritaire) acties per typologie.
- Het tweede deel (§10.10) zet in op generieke (niet-locatiespecifieke) acties en tools voor het nemen van maatregelen. Deze acties zijn veelal niet toe te wijzen aan één typologie, of zijn niet-ruimtelijke acties zoals het inzetten op communicatie, sensibilisering, kennisverwerving of beleid.

De aanbevelingen voor het actieplan worden vergezeld door een reeks risico- en kansenkaarten. Volgende risicokaarten zijn opgenomen in Hoofdstuk 6:

- Aantal droogtedagen waarop vegetatie lijdt aan droogtestress, en verandering van het aantal droogtedagen
- Kwetsbaarheidskaart ecotopen voor verdroging op basis van de Gentse biologische waarderingskaart
- Kwetsbaarheidskaart van de meest waardevolle natuur in Gent
- Irrigatienood voor landbouwteelten
- Risico op schade ten gevolge van verdrogende plastische gronden

Volgende kansenkaarten zijn opgenomen in Hoofdstuk 8.4:

- Identificatie van de grootste verharde percelen op grondgebied Gent
- Kansenkaart voor "slim ontharden" (kleinschalige depressies in het verstedelijkt landschap)
- Kansenkaart voor wateropvang grote daken
- Kansenkaart voor het plaatsen van stuwtjes
- Identificatie van verharding die kan afwateren naar ambitieuze groenblauwe klimaatassen

Bovenstaande kaarten duiden veelal prioritaire gebieden aan waarop acties moeten of kunnen focussen.

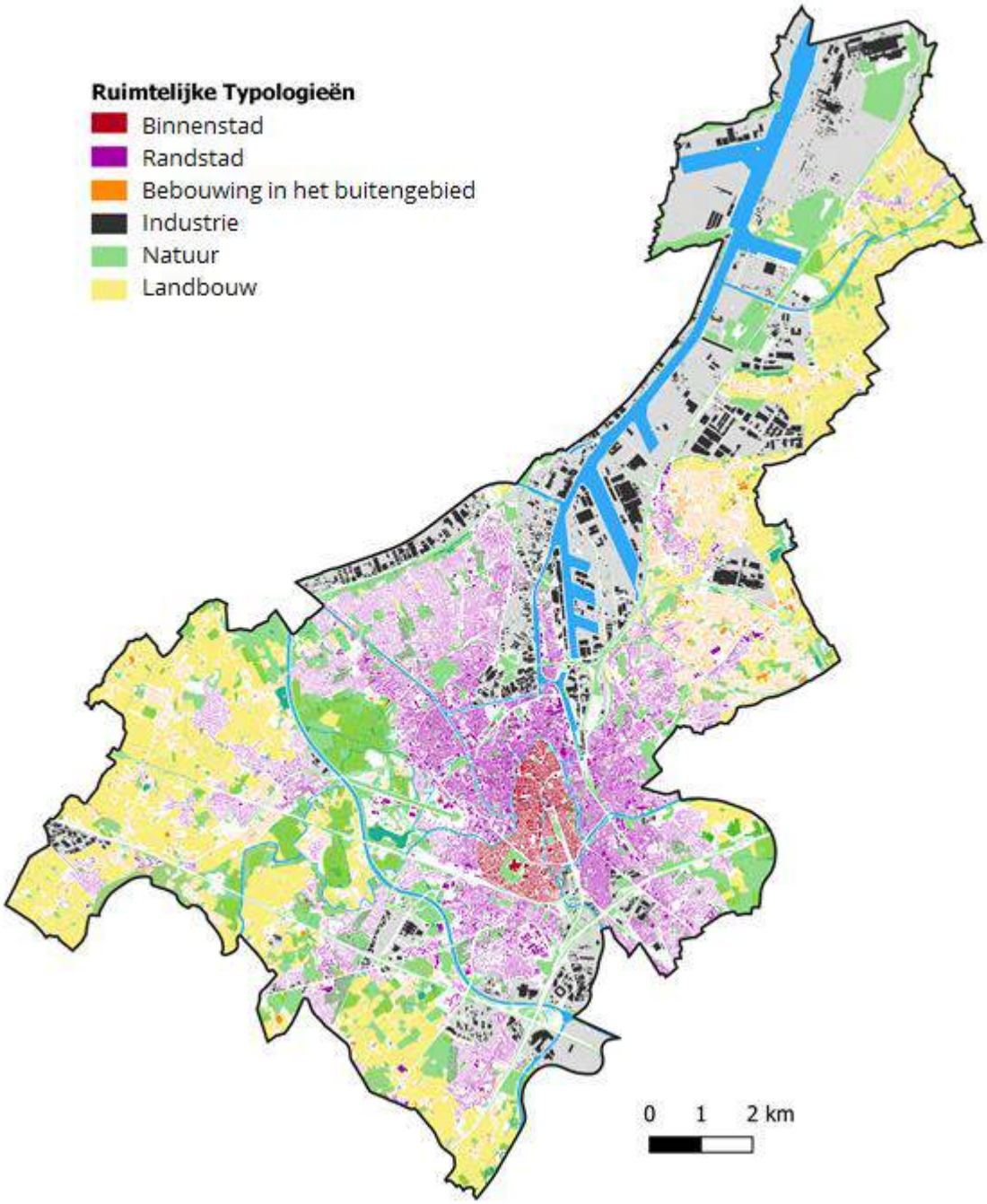
DEEL 1 – LOCATIESPECIFIEKE ACTIES PER TYPOLOGIE

10.2 Definitie van typologieën

Er werden 6 typologieën gedefinieerd die het ganse grondgebied Gent omvatten. Voor elk van deze typologieën wordt een nadere bespreking gedaan van de te volgen strategie op vlak van droogte, waarbij de effectiviteit en inzetbaarheid van maatregelen wordt beoordeeld. Volgende 6 typologieën werden opgenomen:

1. Binnenstad
2. Randstad (denser verstedelijkt gebied)
3. Verstedelijkt buitengebied met open ruimte
4. Natuurgeoriënteerde percelen
5. Agrarisch gebied
6. Industrie (inclusief haven)

Deze indeling in typologiëen is louter opgemaakt in functie van voorliggend actieplan. Ze laat toe om acties uit te werken op maat van een bepaalde typologie.



Figuur 159: Afbakening van de ruimtelijke typologieën.

10.3 Overzicht maatregelen en beoordeling

Hieronder is een overzicht opgenomen van de naar voor geschoven maatregelen. Niet alle maatregelen werden bij elke typologie beoordeeld, aangezien deze niet altijd van toepassing zijn binnen elke typologie.

- (Slim) ontharden
- Oppervlakkige infiltratie
- Ondergrondse infiltratie
- Aansluiting op de groenklimaatassen
- Afleiden van afstroming van verharding naar waardevol groen
- Voorzien van (collectieve) regenwaterputten

- Voorzien van spaarbekkens
- Hergebruik van RWZI effluent
- Bevloeien van gebieden vanuit waterlopen
- Implementatie van stuwtjes en uitwerking van aangepast peilbeheer
- Gerichte keuze van soorten vegetatie en teelt met oog op droogte
- Definitie van aandachtsgebied bij bemalingen
- Aangepast groenbeheer
- Zorgen voor minder bodemcompactie en meer koolstof in de bodem
- Aangepaste ruimtelijke ordening
- Aangepast beheer voor het vergroten van de waterbeschikbaarheid van kanalen
- Technische ingrepen om verzilting te beperken

In de hierna volgende paragrafen wordt voor elk van de typologieën de effectiviteit en de inzetbaarheid van verschillende maatregelen onderzocht en schematisch weergegeven op een grafiek. De mate van effectiviteit is gebaseerd op de modelresultaten en/of expert judgement. Deze beoordeling laat de beleidsmakers toe om zicht te krijgen welke maatregelen voor welke typologie het meest effectief en aangewezen zijn, om op basis hiervan prioriteiten te definiëren.

10.4 Typologie 1: Binnenstad

10.4.1 Afbakening gebied

De binnenstad wordt in deze studie afgebakend als het gebied omsloten tussen de Leie, Portus Ganda, Visserijvaart, Zuiderpoort en de spoorwegbundel langs het station Gent-Sint-Pieters. Dit is een zeer sterk verstedelijkt gebied, gekenmerkt door een sterk variërende hoogteligging. De bodem werd door de eeuwen heen sterk bewerkt, en omvat op vele plaatsen (discontinu) verhard materiaal. Er is een zeer hoge rioleringsgraad, en de zone is omgeven door waterlopen.

10.4.2 Samenvatting uitdagingen op vlak van droogte

Door de hoge graad van verstedelijking is het gebied reeds sterk verdroogd in vergelijking met een natuurlijke situatie. Droogtestress bij vegetatie komt op vele plaatsen voor, en de inboetcijfers liggen hoog. Ten gevolge van klimaatverandering wordt er een verdere verdroging verwacht. De winterse neerslag kan slechts beperkt geïnfiltreerd worden, en blijft bovendien wellicht niet lang beschikbaar voor de vegetaties doordat de grondwatertafel dieper zit en het water (deels) gedraineerd wordt door de omliggende waterlopen. De neerslag in de zomer zal in de toekomst deels in de vorm van meer extreme buien vallen (en in totaliteit afnemen), waardoor ook op dat vlak de infiltratie afneemt. De toenemende verdamping ten gevolge van klimaatverandering zorgt voor een bijkomende watervraag via de vegetatie, maar legt voor de binnenstad door de hoge verstedelijkingsgraad slechts een beperktere bijkomende druk op aan het grondwater in vergelijking met de groenere buitengebieden. Omdat het gebied reeds zo sterk verdroogd is, geven de simulatiemodellen aan dat de toename van verdroging in de binnenstad beperkter is in vergelijking met de buitengebieden. Wel neemt de droogteproblematiek in de openbare groengebieden, zoals bijvoorbeeld het Citadelpark, Muinkpark, Bijlokehof en andere nog verder toe. Het beperken van de droogtestress in de stadsparken vormt dan ook de grootste uitdaging op vlak van droogte in de binnenstad.

Simulaties geven aan dat de grondwaterstand in het centrum ten gevolge van klimaatverandering tegen 2050 gemiddeld met zo'n 15 à 20 cm zal dalen op de lager gelegen locaties (dus dichter tegen de waterlopen). De grondwaterdaling onder de heuvelruggen werd niet gekwantificeerd, maar zal vermoedelijk een stuk significanter zijn. De grondwatertafel zit op die locaties echter al relatief diep, waardoor deze grondwaterdaling wellicht minder impact heeft op vegetaties. Op die locaties

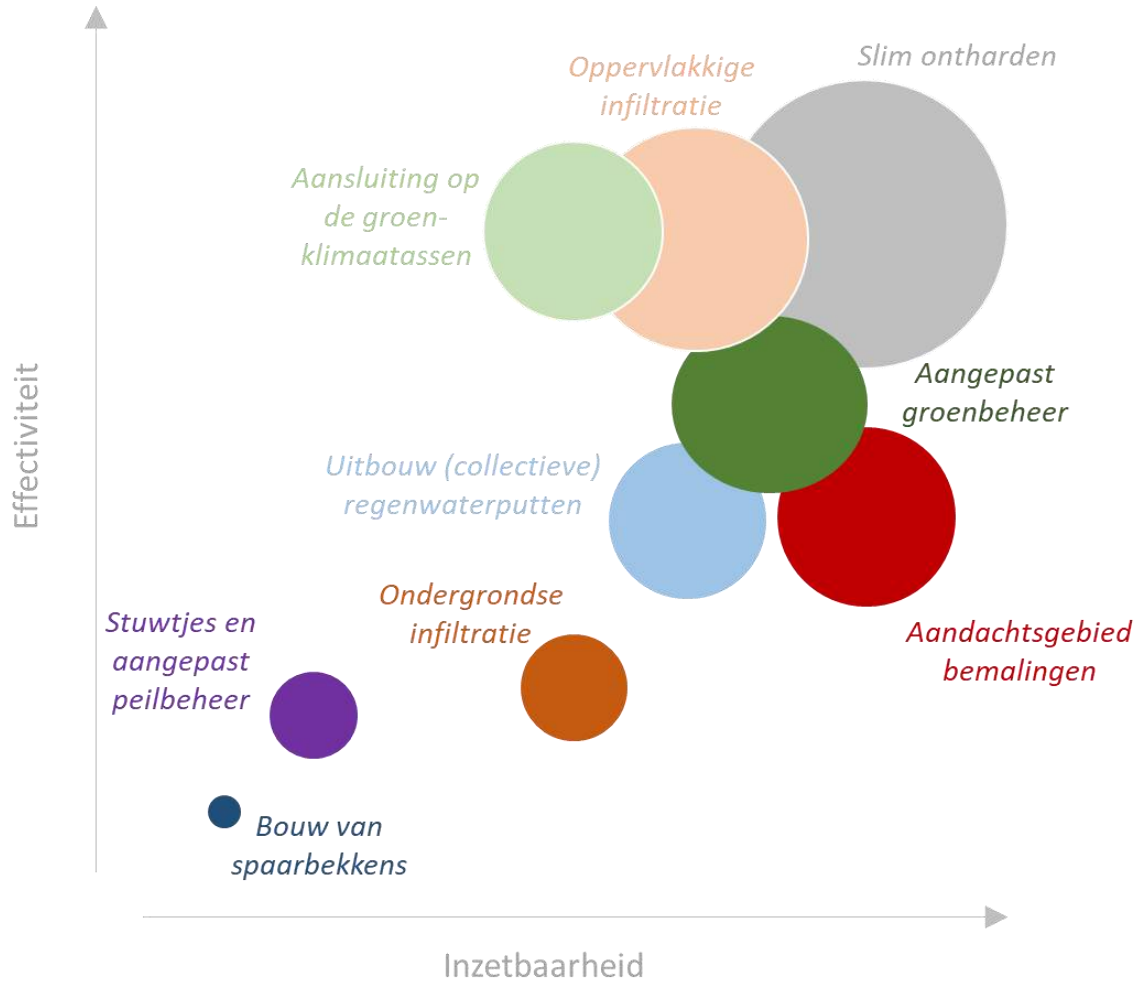
bevinden er zich veelal “hangende” grondwatertafels, die echter ook verder zullen verdrogen. Voor de aanwezige vegetatie in de binnenstad is het beschikbare bodemvocht vaak van groter belang.

Het risico op droogvallende waterlopen is nihil. De (bevaarbare) waterlopen in en rond de binnenstad worden gevoed vanuit het Kanaal Gent-Oostende (o.a. via Keersluis K1 in Vinderhoute), de Leie (Keersluis K2) en de Bovenschelde (Sluis E3 in Merelbeke), en bovendien kunnen de binnenwateren volledig afgesloten worden. Het Kanaal Gent-Oostende ondervindt echter ook watertekorten (zoals bijvoorbeeld de afgelopen zomers, zie ook §2.1.2) waardoor de voeding naar de binnenwateren kan afnemen, maar van droogvallen is zeker geen sprake. In de toekomst zullen er mogelijks wel restricties op de bevaarbaarheid gelden, maar de kans daarop is zeer moeilijk te kwantificeren aangezien dit direct gerelateerd is aan beleidskeuzes van hogere overheden.

Op vlak van waterkwaliteit verwachten we een achteruitgang. Deze achteruitgang wordt veroorzaakt doordat (1) minder water ingelaten kan worden ten gevolge van droogte, en er dus minder verdunning is van polluenten en nutriënten, (2) de temperaturen toenemen wat processen versnelt die een negatieve impact hebben op de waterkwaliteit, en (3) de overstortwerking van de rioleringen toeneemt door frequentere zomeronweders. Zeker dit laatste heeft een grote impact op de binnenstad door de hoge verhardings- en rioleringsgraad, en het hoger aantal overstorten dat uitgeeft op de binnenwateren. We verwachten geen problemen van verzilting in de binnenwateren, doordat deze via een hoogteverschil gescheiden zijn van het Kanaal Gent-Terneuzen.

10.4.3 Samenvatting oplossingen

Figuur 160 vat de prioritaire maatregelen samen voor de binnenstad. De horizontale as toont op hoeveel locaties dergelijke maatregelen wellicht toegepast kunnen worden, de verticale as geeft de effectiviteit van de maatregel aan, en de grootte van de bubbel toont het samenvattend belang van de maatregel.



Figuur 160: Prioritaire maatregelen voor de binnenstad.

Elk van de maatregelen wordt hieronder kort besproken:

- (Slim) ontharden is een prioriteit voor de binnenstad. Slim ontharden betekent dat een deel van de verharding wordt onthard, en de overblijvende verharding in de onmiddellijke omgeving afwatert naar de ontharde locatie. De ontharde locatie wordt bovendien voorzien van groen, waardoor ook aan bredere klimaatadaptatie gedaan wordt (o.a. hittestressreductie, versterken van de biodiversiteit, e.a.). De modelsimulaties tonen aan dat dergelijke strategie zeer effectief blijkt om de grondwaterreserves aan te vullen in de binnenstad (zie ook §8.3.2), en bovendien wordt het groen meer "zelfvoorzienend" doordat het de afstroming van de omliggende verharding ontvangt. We verwijzen naar kanskaart in §8.4.2 voor een ruwe indicatie van verharde zones in het publiek domein die iets lager gelegen zijn dan de omliggende verharding, en mogelijks geschikt zijn voor dergelijke ontharding. Deze strategie kan wellicht vaak toegepast worden bij parkeerplaatsen zonder grote ingrepen in het publiek domein.
- Oppervlakkige infiltratie is eveneens een prioritaire maatregel voor de binnenstad. Hiermee wordt bedoeld dat de afstroming van verharding bovengronds wordt afgeleid naar groene zones waar het water kan infiltreren. Deze maatregel is zeer effectief omdat het rechtstreeks water afleidt naar het groen, en op die manier droogtestress bij vegetatie tegengaat. Een aandachtspunt is de kwaliteit van het afstromend water, in het bijzonder op vlak van strooizouten die mee afgevoerd worden in de winter.

- Ondergrondse infiltratie via bijvoorbeeld infiltratiekratten of buizen is op de meeste plaatsen minder effectief in de binnenstad in vergelijking met oppervlakkige infiltratie. Het blijft wenselijk om in te zetten op ondergrondse infiltratie, maar bovengrondse infiltratie heeft sterk de voorkeur. Het grondwater in de binnenstad zit veelal dieper, waardoor het minder goed beschikbaar is voor opname door vegetatie. Bovendien zal een deel van het geïnfiltreerde water sneller afgevoerd worden via de antropogene (dus deels versteende) bodem, alsook drainage via bemalingen of lekkende rioleringsleidingen. In die optiek zal ondergrondse infiltratie op de meeste plaatsen minder effectief de droogtestress bij vegetaties aanpakken.
- Aansluiting op de groenklimaatassen is een zeer interessante maatregel voor de binnenstad. De groenklimaatassen grenzend aan de binnenstad zijn dan wel kleiner van omvang dan de groenklimaatassen in het buitengebied, maar deze assen hebben de mogelijkheid om veel afstromend water van omliggende verharding op te vangen *indien* de assen met voldoende ruimte voor groen en water worden uitgebouwd (zie ook de simulatieresultaten in §8.3.2 waaruit bleek dat zij de grondwaterreserves zeer sterk kunnen aanvullen). In die optiek kunnen zij een belangrijke schakel vormen in de hemelwatercascade zoals naar voren geschoven in de visie. Het is dan van groot belang vanuit het oogpunt van droogte (en wateroverlast) om voldoende ambitieuze groenklimaatassen te creëren. Aangezien de groenklimaatassen in deze typologie quasi uitsluitend langs waterlopen liggen, zal het geïnfiltreerde water weliswaar minder lang in de bodem blijven. Dat is echter niet problematisch, aangezien het geïnfiltreerde water (1) wel direct de waterbeschikbaarheid voor vegetaties aanwezig in de groenklimaatassen vergroot, en (2) op die manier een meer constant basisdebiet naar de waterlopen gerealiseerd wordt.
- De ganse binnenstad is een belangrijk aandachtspunt voor bemalingen. Bemalingen kunnen hangende grondwatertafels verkleinen of zelfs leegtrekken, en ook op andere locaties de waterbeschikbaarheid voor vegetaties sterk verminderen. Het is daarom van belang om altijd een potentiële impactanalyse op te maken per (grotere) bemaling. Hierbij dient de impact op omliggend (waardevolle) natuur, zoals biologisch waardevolle parken, vijvers of toekomstbomen onderzocht te worden. Aangezien het aantal bemalingen hoger ligt in het centrum dan elders, is dit extra belangrijk in de binnenstad.
- Een aangepast groenbeheer, dat onder andere inzet op een aangepaste soortenkeuze, gerichte watergift en goede praktijken tegen droogte zoals mulchen, is een belangrijke maatregel om het stedelijk groen te wapenen tegen droogte.
- Het uitbouwen van (collectieve) regenwaterputten is een belangrijke maatregel in het centrum. Het kan de Gentse droogteproblematiek verminderen in de zin dat de piekvragen in de zomer naar water hierdoor zullen afnemen, en het stadswaternet minder sterk bevraagd wordt. Aangezien het Gentse stadswater niet gewonnen wordt op grondgebied Gent, is er geen impact te verwachten op andere elementen in de droogteproblematiek voor Gent zelf, maar draagt het wel bij aan een meer droogterobuust Vlaanderen. Aangezien er veel verharding aanwezig is in het centrum in combinatie met een groter potentieel voor collectieve regenwaterrecuperatiesystemen, wordt deze maatregel als belangrijk geacht in het centrum.
- Stuwtjes en een bijhorend aangepast peilbeheer worden al toegepast op de binnenwateren van Gent, en beheerd door o.a. De Vlaamse Waterweg. Het beheer van deze is reeds afgestemd op droogte. Dit is bijgevolg geen prioritaire maatregel in het centrum.
- De bouw van spaarbekkens is niet interessant is het centrum. Er is onvoldoende ruimte, en voldoende alternatieven in o.a. de vorm van opvang van afstromend hemelwater en grijswaterrecuperatie.

Uit deze maatregelen komen volgende prioritaire acties naar voren voor de binnenstad:

- De droogtevisie en uitwerking moet ingepast worden in een RWA-visie voor de binnenstad om zo te komen tot een integrale en afgestemde watervisie voor zowel wateroverlast als droogte. De maatregelen die hier als effectief naar voren geschoven werden, zoals o.a. slim ontharden, bovengrondse infiltratie, aansluiting creëren op de groenklimaatassen, zijn allen ook maatregelen die zeer effectief zijn tegen wateroverlast. Bijzondere aandacht moet hierbij gaan naar het verder concretiseren van de groenklimaatassen vanuit Stad Gent, met voldoende aandacht voor ruimte voor water. Ook is er aandacht nodig voor het bewaken van een goede waterkwaliteit. Afstroming van hemelwater mag niet leiden tot een verstoorde waterkwaliteit.
- Het slim ontharden blijkt een maatregel met veel potentieel en effect op vlak van droogte (en bredere klimaatadaptatie). Om deze maatregel ingang te doen vinden in de praktijk, is het wenselijk om (1) de opgemaakte potentieelkaart voor slimme ontharding te verfijnen (zie de kaart in §8.4.2), (2) dit concept te integreren in IPOD 4 en alle toekomstige wegenis projecten in de binnenstad (en daarbuiten), en (3) quick wins te identificeren en te realiseren waar tegen een beperkte kost dit uitgevoerd kan worden (zoals het ontharden van lagergelegen parkeerplaatsen).
- De visie zet sterk in op bovengrondse infiltratie, en het opvangen van afstromend hemelwater van verharding. Uit de simulaties bleek dit een doeltreffende strategie om de grootste risico's rond droogtestress voor stedelijk groen op te vangen. Dit vergt evenwel aangepaste soortenkeuzes die om kunnen met sterk wisselende droge/natte condities, alsook met strooizouten. We raden daarom aan om een proeftuin "droogteresistent stedelijk groen" te realiseren waarin soorten geëvalueerd worden, maar er ook geëxperimenteerd wordt met aangepaste soorten beheer (bv. mulchen, mycorrhiza gebruik, ...).
- Stad Gent telt vele goede voorbeelden op vlak van maatregelen die Gent droogterobuuster maken. Het is belangrijk dat deze maatregelen ook voldoende visibiliteit gegeven wordt, zodat deze de bevolking kunnen sensibiliseren en zelf tot actie aanzetten. Eenvoudige voorbeelden aan het stadspatrimonium, zoals het laten afstromen van hemelwater naar een groene zone rond een gebouw (waarbij er nog geen regenwaterrecuperatie in het gebouw gebeurt), is een goede maatregel bijvoorbeeld om uit te lichten.

Volgende acties zijn ook specifiek van toepassing op de binnenstad, maar lijken minder prioritair:

- Het opmaken van een formeler evaluatiekader voor het inschatten van de potentiële impact van bronbemalingen op waardevol groen. Stad Gent heeft reeds een goed kader rond bronbemalingen, dat onder andere inzet op hergebruik van bemalingswater en de best beschikbare technieken. Het is aangewezen om de evaluatie van de impact van bemalingen ook stelselmatig en volgens een geijkte procedure uit te voeren, waar deze nu nog ad hoc worden uitgevoerd.
- In de binnenstad werd het afgelopen jaar de grondwaterstand op ongeveer een 10-tal locaties opgevolgd via peilbuizen. Het is wenselijk om een meer permanent meetnet uit te bouwen dat zich vooral focust op de meest waardevolle natuur en parken. Ook het meten van de waterkwaliteit, bijzonder in de afwaartse omgeving van rioleringsoverstorten, lijkt relevant.

10.5 Typologie 2: Randstad

10.5.1 Afbakening gebied

Met de randstad wordt in deze studie het dichter verstedelijkt gebied bedoeld, dat echter buiten de binnenstad ligt (typologie 1). Dit zijn bijvoorbeeld delen van Wondelgem, in de stationsbuurt van Gent-Sint-Pieters, Dampoort, Ledeberg, Brugse Poort, Sluizeken en Macharius. Er is, net als in de binnenstad, beperktere ruimte voor maatregelen. Wel zijn er reeds meer (kleinere) waterlopen en groen aanwezig, maar dit is in vergelijking met typologie 3 nog beperkt. Ook is de topologie veel minder sterk hellend in vergelijking met typologie 1.

10.5.2 Samenvatting uitdagingen op vlak van droogte

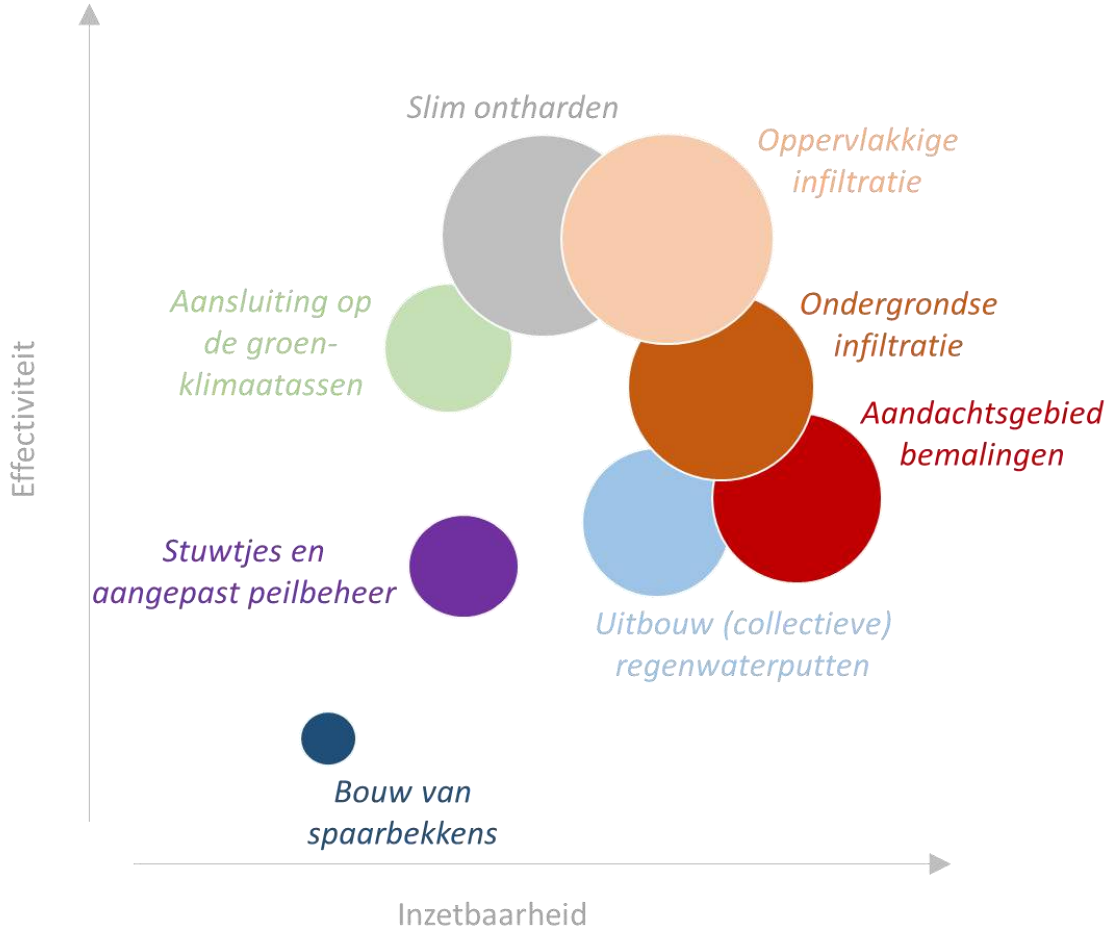
In deze gebieden gelden veelal dezelfde droogte-impacts en problemen zoals beschreven in de binnenstad. Er zijn evenwel enkele verschillen, die hieronder kort aangehaald worden.

In deze typologie zijn er meer biologisch waardevolle elementen aanwezig die ingesloten zitten tussen de bebouwing en verharding, zoals bijvoorbeeld de vijvers van kasteelparken (domein Vyncke-Bovyn) of het Bloemekenspark met waardevolle veenbodems. Daarnaast komen er ook meer kleinere waterlopen en grachtjes voor in deze typologie dan in de binnenstad, die bij een te laag peilbeheer de omgeving verdrogen. Een voorbeeld hiervan is de Rietgracht ter hoogte van het Veenakkerpad, waar tot 2016 een pomp op de Rietgracht instromend kwelwater verpompte naar het nabijgelegen dok. Het lage aanslagpeil van de pomp werd in het verleden zo ingesteld om de risico's op wateroverlast (in deze dicht bebouwde typologie) voldoende laag te houden. In 2016 is de pomp uitgeschakeld om zo ongewenste drainage van grondwater en verdroging te voorkomen. Een derde verschil is dat deze typologie meer waardevolle bodems telt dan de binnenstad. De binnenstad heeft een zeer sterk antropogene en dus verstoorde bodemopbouw, terwijl in deze (ook dicht bebouwde) typologie nog restanten zijn van natuurlijke en waardevolle bodems zoals het Bloemekenspark. Verdroging van deze bodems leidt tot het veraarden van veenlagen bijvoorbeeld, wat irreversibele schade teweegbrengt.

De grootste problematiek op vlak van droogte is bijgevolg eveneens het stedelijk groen (en bijhorende ondergrond) dat sterk lijdt onder verdroging. De systeemwerking is door de vlakkere ligging, lagere verhardingsgraad en minder verstoorde bodems echter verschillend, waardoor de prioriteiten in deze typologie iets ander liggen dan bij die van de typologie "binnenstad".

10.5.3 Samenvatting oplossingen

Figuur 161 vat de prioriteiten voor de typologie "Randstad" samen. Hoewel de problematieken op hoofdlijnen gelijkaardig zijn als voor de binnenstad, ziet de matrix van effectiviteit en toepassingspotentieel per maatregel er verschillend uit.



Figuur 161: Prioriteiten typologie "randstad"

- Het belang van **oppervlakkige infiltratie** is nog iets groter dan voor de binnenstad, doordat er meer mogelijkheden zijn om oppervlakkige infiltratie binnen deze typologie te realiseren. Oppervlakkige infiltratie bij groen gaat direct de droogtestress tegen van dit groen, maar vult ook de grondwaterreserves aan. Uit de simulaties (zie § 8.3.2) bleek dat het grootschalig uitbouwen van (bovengrondse of ondergrondse) infiltratie bij verharding een zeer effectieve strategie is om de impact van klimaatverandering op de waterbeschikbaarheid op te vangen. Dit gaat bijvoorbeeld om het voorzien van perceels- of publieke verharding met bronmaatregelen. Een aandachtspunt is het voorzien van oppervlakkige infiltratie bij waardevolle bodems, of grondwatergebonden vegetaties (hoewel deze laatste slechts uiterst beperkt voorkomen binnen deze typologie). Het afstromend hemelwater kan immers de grondwaterkwaliteit beïnvloeden, met mogelijks negatieve gevolgen. Dat is bijvoorbeeld een aandachtspunt voor het Bloemekenspark.
- **(Slim) ontharden** blijft daarnaast een zeer effectieve en prioritaire strategie in deze typologie. Er is veel verharding aanwezig, vaak in de vorm van (lagergelegen) parkeerplaatsen, waardoor deze strategie wellicht zeer goed ingang kan vinden in deze typologie. Bovendien zal deze ingreep ook gepaard gaan met het bijkomend voorzien van groen, wat wederom brede klimaatadaptatie ondersteunt.
- Het belang van **ondergrondse infiltratie** is sterk toegenomen in vergelijking met de binnenstad. Door de verschillende systeemwerking zal grondwater immers beter beschikbaar blijven voor opname door vegetaties, waardoor het vegetatiestress beter tegengaat. Bovendien zorgt ondergrondse infiltratie ook voor een voorzuivering van het

water, waardoor ondergrondse infiltratie ook in de buurt van waardevolle bodems wenselijk is.
- De beschouwingen rond **bronbemalingen** zoals besproken voor de typologie binnenstad blijven geldig.
- Ook de effectiviteit van **(collectieve) regenwaterputten** is gelijkaardig als voor de binnenstad. Dezelfde argumentatie geldt ook voor de randstad.
- De **aansluiting op groenklimaatassen** is nog steeds een belangrijke maatregel, maar iets minder prioritair dan voor de binnenstad. Het blijkt door de vlakkere topologie immers minder gemakkelijk om overtollig regenwater van grotere oppervlaktes verharding op te vangen in de groenklimaatassen (wat zich uit in een significant lagere impact in de doorgerekende resultaten, zie §8.3.2), en bovendien zijn er meer alternatieve maatregelen mogelijk in deze typologie dan in het centrum. Het blijft vanzelfsprekend wel een belangrijke maatregel die zeker verdere uitwerking vraagt.
- Het toepassen van **stuwtjes en een aangepast peilbeheer** is belangrijker geworden. Het aantal locaties waar dergelijke maatregelen toegepast kunnen worden is beperkt in vergelijking met het buitengebied, maar er zijn verschillende locaties gekend waar een laag peilbeheer op grachten zorgt voor verdroging (zoals bijvoorbeeld aan locaties met recent opengelegde grachten zoals de Hondelee en Keuzekouter, verschillende plaatsen langs de Rietgracht, etc.).
- De **bouw van spaarbekkens** is, net zoals in de binnenstad, geen realistische noch wenselijke maatregel.

Gezien de gelijkaardige problematieken en (deels) gelijkaardige systeemwerking als voor de binnenstad, gelden ook voor deze typologie de **prioritaire acties** (1) inpassing van de droogtevisie en bijhorende uitwerking in een RWA-visie, (2) slim ontharden, (3) proeftuinen droogteresistent stedelijk groen en (4) creëren van visibiliteit van goede voorbeelden om te sensibiliseren.

Een groter deel van de verharding wordt in deze typologie privaat beheerd. Bovendien zijn er op privaat terrein meer mogelijkheden om infiltrerende bronmaatregelen te realiseren (dan in de binnenstad) en is de impact van maatregelen op private verharding groot (zie ook §8.3.2). Extra aandacht voor burgers en actoren die in deze typologie wonen of actief zijn is dus aangewezen. **Daarom worden ook aanvullend volgende acties voorgesteld** rond sensibilisering en normering:

- Het opzetten van een **aangepaste communicatiecampagne** om te verduidelijken welke acties burgers zelf kunnen nemen.
- Het aanpassen en optimaliseren van het **subsidiebeleid**. Het aanmoedigen van groendaken kan mogelijks aangevuld worden door maatregelen die meer effect hebben op droogte.
- Het aanpassen van de **stedenbouwkundige verordening** om strengere voorwaarden op te leggen. We verwijzen naar Actie 3 uit het overzicht aan acties in §10.11 voor een verdere concretisering. Tegelijk met de uitvoering van deze actie moet bovendien voldoende aandacht gaan naar handhaving van de verordeningen. De voorwaarden in verordeningen moeten voldoende concreet en controleerbaar zijn om handhaving mogelijk te maken.

Als minder prioritaire actie is het inventariseren van grachten, met bijhorende peilinstellingen (via stuwtjes, pompen en knijpopeningen) om vast te kunnen stellen waar grachten drainerend werken. Deze actie geldt prioritair in andere typologieën (zie verder), maar het is ook nuttig om deze te verruimen naar deze typologie.

10.6 Typologie 3: Bebouwing in buitengebied

10.6.1 Afbakening gebied

Deze typologie verwijst naar de overige bebouwing die niet onder typologieën 1 en 2 valt, en eveneens niet verwijst naar industriegebieden (zie typologie 6). Het betreft bijgevolg bebouwing die zich in gebieden bevindt met een lagere graad van verstedelijking, waarbij er vaak grote en aaneengesloten stukken groen zijn. Voorbeelden zijn delen van Sint-Amandsberg, Oostakker, Drongen, Desteldonk, Zwijnaarde en Sint-Denijs-Westrem.

10.6.2 Samenvatting uitdagingen op vlak van droogte

Deze typologie is gekenmerkt door lagere verstedelijkings- en verhardingsgraden. Hoewel er hier ook reeds sprake is van historische verdroging op vele plaatsen door een laag peilbeheer van grachten, is de (historische) verdroging veel beperkter dan in de meer verstedelijkte typologieën. Bovendien zorgen de grotere groene oppervlaktes binnen deze typologie voor een sterk verhoogde verdamping onder klimaatverandering, wat een bijkomende druk legt op de grondwatervoorraden. Beide elementen zorgen ervoor dat de impact van klimaatverandering in deze wijken groter is dan in de andere bebouwde typologieën.

De modelsimulaties geven aan dat er (lokaal) sterkere afnames van het bodemvochtgehalte te verwachten zijn. In het bijzonder in zandigere bodems worden grotere impacts verwacht, doordat deze het water minder goed kunnen vasthouden. Er worden gemiddelde grondwaterdalingen gesimuleerd onder het toekomstig klimaat van grootteorde 20 cm, maar op de zandige heuvelruggen van Baarle en Drongen loopt dit op tot 30 cm. Op plaatsen dichter tegen waterlopen (in valleigebieden) zijn de grondwaterdalingen beperkter. Deze droogte-effecten hebben een weerslag op de waardevolle bodems, die al talrijker voorkomen binnen deze typologie. Ook heeft de verdroging vanzelfsprekend een effect op de waardevolle ecotopen die binnen deze typologieën voorkomen, in het bijzonder de vele (kleinere) open waters. Naast de verdroging van het "stedelijk groen", wordt dus ook verdroging van specifieke waardevolle ecotopen en vijvers (nog) belangrijker binnen deze typologie.

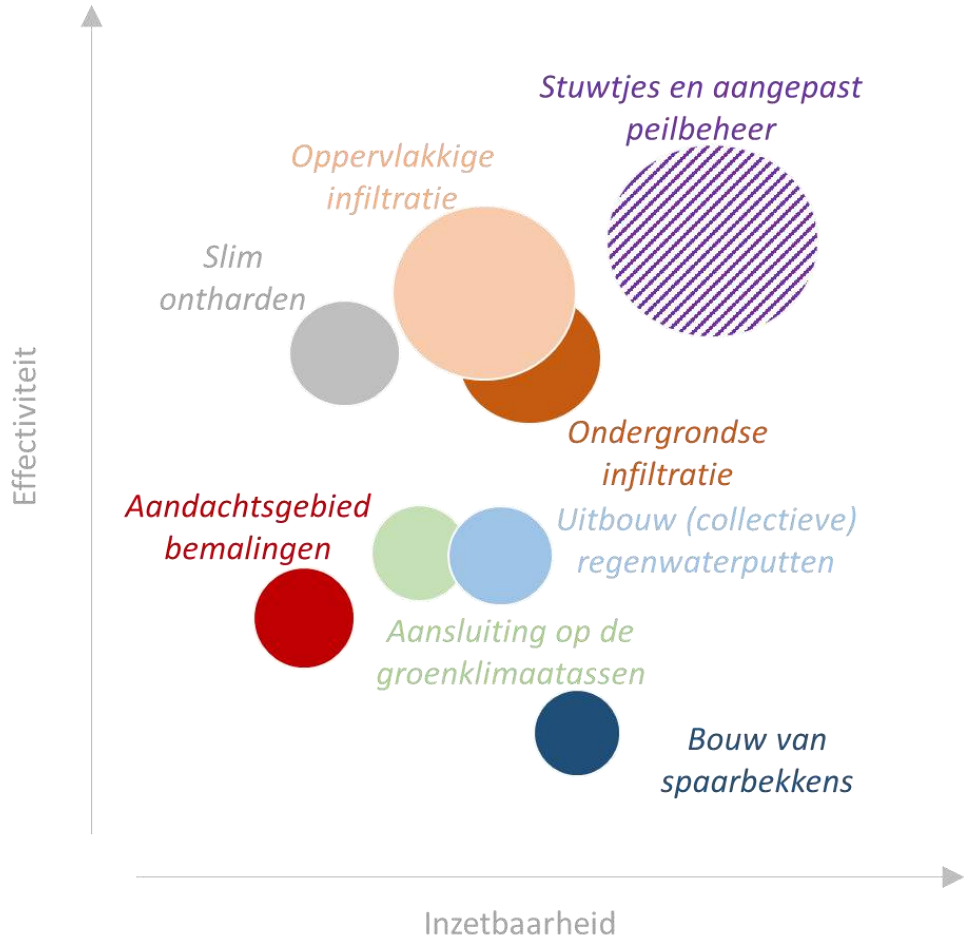
Er zijn verschillende kleinere waterlopen die deze typologie doorkruisen. Vele van deze kleinere waterlopen hebben een risico op droogvallen tijdens droge periodes, maar het was niet mogelijk om specifiek aan te duiden welke lopen de grootste risico's hebben. De afgelopen jaren werd het droogvallen van verschillende waterloopjes echter reeds gerapporteerd (zie ook §2.1.1). Er is weinig gekend over het aquatisch leven in de waterloopjes, en bijgevolg ook niet over de impact van verdroging op het voorkomen van soorten.

Op vlak van waterkwaliteit zijn de problemen ten gevolge van rioleringsoverstorten kleiner dan in de andere typologieën. Wel wordt alsnog een (sterke) achteruitgang verwacht van de waterkwaliteit ten gevolge van de beperktere verswateraanvoer, alsook de hogere temperaturen. Bovendien vindt er tijdens de vaker optredende piekbuien meer afspoeling plaats van (onverharde) oppervlakken, wat voor een bijkomende belasting zorgt op de waterlopen.

Tot slot is het bouwen op plastische gronden die gevoeliger zijn voor differentiële zettingen bij droogte een aandachtspunt voor deze typologie. Deze typologie komt meer voor in het buitengebied en in (historische) valleigebieden, waar het risico op dit fenomeen groter is. In het kader van deze studie werden (bestaande) kaarten samengebracht om een inschatting te maken van dit risico, maar het bleek niet mogelijk om een allesomvattende risicokaart op te maken. Vanzelfsprekend kan dit probleem ook voorkomen in de andere typologieën.

10.6.3 Samenvatting oplossingen

Figuur 162 vat de effectiviteit en toepassingsmogelijkheden van maatregelen samen binnen deze typologie. **Belangrijk om op te merken is dat de algemene impact van maatregelen op deze typologie kleiner is dan bij de overige bebouwde typologieën**. De bubbels in de figuur zijn dan ook kleiner dan die van de andere typologieën. Dit wordt ook verder besproken per maatregel onder de figuur.



Figuur 162: Prioriteiten typologie "bebouwing in het buitengebied".

- Het realiseren van **oppervlakkige infiltratie** blijft de belangrijkste strategie voor de bebouwing in het buitengebied. Door bovengronds te infiltreren wordt verdroging tegengegaan. Echter, in tegenstelling tot bij typologieën 1 en 2 is de algemene impact op de waterbeschikbaarheid in dit soort gebieden beperkt. Dit heeft direct te maken met het feit dat de verhardingsgraad binnen deze typologie lager is. Hierdoor zijn ook alternatieve ingrepen nodig, zoals het voorzien van stuwtjes en aangepast peilbeheer. Alleen het massaal voorzien van infiltrerende bronmaatregelen op de verharding kan de effecten van klimaatverandering immers niet opvangen, zoals ook bleek uit de uitgevoerde simulaties (zie §8.3.2). Echter, voor de bebouwing in deze gebieden blijft het inzetten op oppervlakkige infiltratie wel prioritair, als onderdeel van de nodige maatregelenset voor het gebied.
- Het voorzien van **ondergrondse infiltratie** is eveneens belangrijk. De effectiviteit is iets lager dan voor bovengrondse infiltratie doordat er iets minder water direct beschikbaar is om droogtestress bij vegetatie tegen te gaan, maar het toepassingspotentieel is iets hoger.

- Slim ontharden is nog steeds een interessante maatregel, maar is eveneens minder prioritair. Het ontharden heeft een kleinere impact op de verdroging (door de lagere verhardingsgraad). Bovendien is een groter aandeel van de aanwezige verharding niet aangesloten op de (gemengde) riolering, waardoor de effectiviteit ook daalt. Het ontharden van verharding die nu reeds afwatert naar groen is weinig effectief op vlak van droogte (maar heeft wel andere voordelen op vlak van klimaatadaptatie).
- Het voorzien van stuwtjes en een aangepast peilbeheer is wellicht de belangrijkste en dus meest prioritaire maatregel in dit gebied om verdroging op grotere schaal effectief tegen te gaan. Dit wordt echter uitgebreider besproken in typologieën 4 en 5, die ruimtelijk deels samenvallen met deze typologie. Voorliggende typologie focust namelijk primair op de bebouwing. Het principe van de maatregel is voor verschillende typologieën hetzelfde.
- De uitbouw van (collectieve) regenwaterputten is belangrijk, maar kan zoals ook besproken bij Typologie 2 de lokale droogteproblematiek maar weinig oplossen. Binnen deze typologie is er wel bijzondere aandacht nodig voor het toenemend aantal grondwaterboorputten dat gerealiseerd wordt bij particulieren, waarvan verschillende bronnen spreken. Er zijn geen exacte cijfers gekend over het aantal boorputten noch over hun aantal. Deze boorputten zullen voornamelijk binnen deze typologie voorkomen om bijvoorbeeld grotere tuinen te besproeien in periodes van droogte.
- De aansluiting op groenklimaatassen blijft eveneens belangrijk, maar is minder prioritair. Er kan opnieuw minder overtollig regenwater van verharding afwateren naar de groenklimaatassen door de vlakkere typologie en lagere verhardingsgraad. Hierdoor is hun effectiviteit ook lager dan in de andere typologieën.
- De aandacht voor bemalingen en het beperken van hun negatieve effecten blijft eveneens belangrijk, maar is minder prioritair. Dit komt omdat er minder bemalingen gebeuren binnen deze typologieën. Wel is het nog steeds nodig om een impactanalyse te doen van bemalingsaanvragen, met specifiek aandacht voor waardevolle bodems en groen.
- De bouw van spaarbekkens (die water uit waterlopen capteren, of grijswater verzamelen en opzuiveren) kan mogelijks relevant zijn in deze typologie op specifieke plaatsen waar een grotere watervraag is. Door de aanwezigheid van waterlopen en de grotere open ruimtes kan dit mogelijks gerealiseerd worden. Indien gecapteerd wordt uit waterlopen, zal dit veelal enkel mogelijk zijn in de winter.

Onderstaande prioritaire acties worden naar voren geschoven. Het is echter nogmaals belangrijk om te benadrukken dat enkel deze acties niet leiden tot een droogterobuuste wijk. Flankerende maatregelen in het buitengebied zijn minstens zo belangrijk, zoals ook beschreven in de typologieën "Gebieden met waardevolle natuur" en "Agrarische gebieden", alsook de niet-locatiespecifieke acties (zie §10.10 – 2de deel van het actieplan). Toch draagt ieder zijn verantwoordelijkheid, en dienen dus ook de nodige maatregelen uitgebouwd te worden rond de verharding binnen deze typologie.

- Net zoals bij typologie 2 (en in mindere mate 1) is het sensibiliseren van lokale actoren belangrijk om zelf actie te ondernemen. De (vaak ruime) percelen bieden immers tal van kansen om infiltrerende maatregelen te realiseren, of maatregelen die leiden tot minder watergebruik. Een specifiek aandachtspunt voor deze typologie is het ontraden van de installatie van boorputten.
- Op vlak van bebouwing blijft het inzetten op infiltratie belangrijk. Op het openbaar domein kunnen maatregelen als slim ontharden en het voorzien van infiltrerende bermen dit realiseren. Het privaat domein van deze typologie wordt gekenmerkt door veelal grotere percelen. Het lijkt relevant om de stedenbouwkundige verordening aan te scherpen, en minder hemelwaterafstroming van dergelijke percelen toe te laten. Andere steden en gemeenten, zoals Leuven, Rotselaar en Aalst passen reeds dergelijke strengere stedenbouwkundige verordening toe voor dit type percelen.

Verder lijkt ook het inzetten op een grachteninventarisatie (met het in kaart brengen van het peilbeheer) belangrijk, maar dit komt ook aan bod in typologieën 4 en 5.

10.7 Typologie 4: Gebieden met waardevolle natuur

10.7.1 Afbakening gebied

Deze typologie omvat de (meer aaneengesloten) gebieden met waardevolle natuur. Dit zijn niet enkel erkende natuurreservaten of habitatgebieden, maar ook (clusters) van percelen met biologisch waardevolle elementen, alsook individuele waardevolle elementen zoals oude bomen. In die optiek is er ook een zekere overlap met de andere typologieën.

10.7.2 Samenvatting uitdagingen op vlak van droogte

De natuurgeoriënteerde gebieden worden, samen met de agrarische percelen, het meest geïmpacteerd door klimaatverandering. Door de lagere verhardingsgraad resulteert de sterk toenemende verdamping ten gevolge van klimaatverandering in een sterkere verdroging. De extremiteit van deze verdroging is afhankelijk van lokale bodemcondities, de aanwezigheid van (al dan niet drainerende of infiltrerende) waterlopen en de vegetaties. We verwijzen naar §6.1 dat een uitgebreidere beschrijving geeft van de belangrijkste te verwachten impacts.

We vatten kort enkele van de grootste uitdagingen samen:

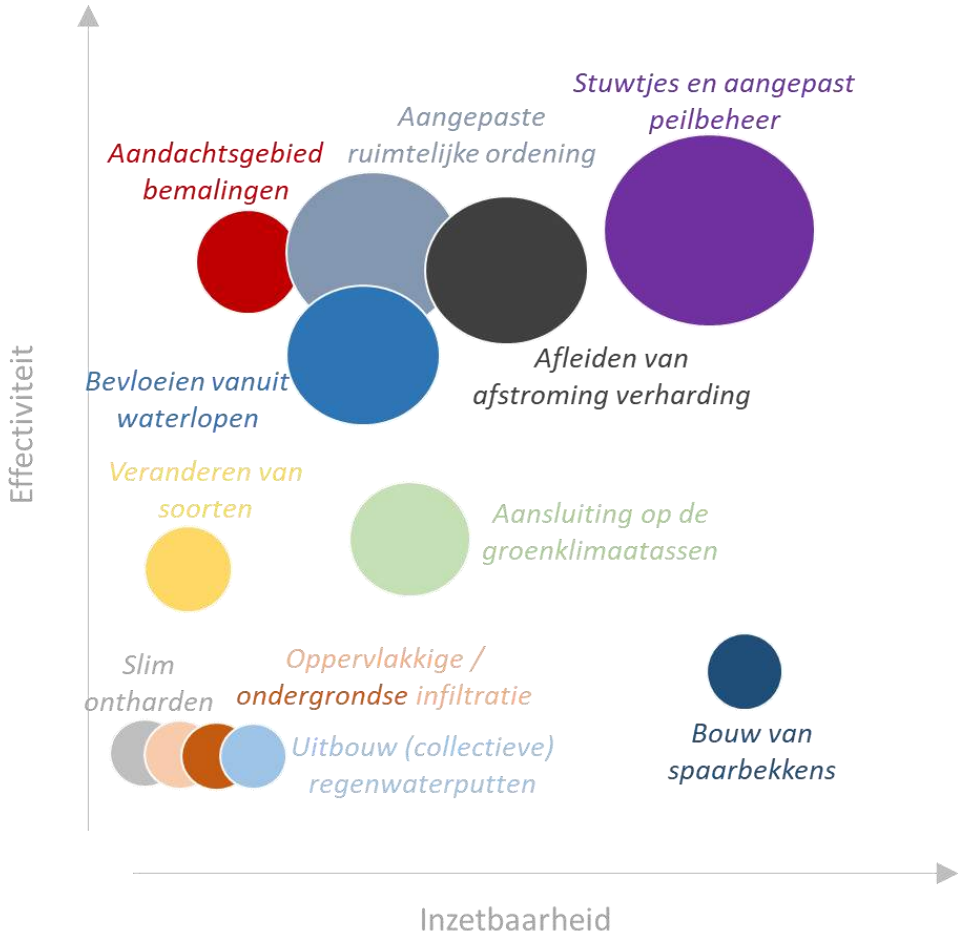
- Gent telt verschillende gebieden met grondwatergebonden terrestrische systemen, zoals onder andere de alluviale Vinderhoutse bossen, het natuurreservaat Bourgoyen-Ossemeersen, vegetaties in de Rosdambeekvallei en andere. Dit zijn (zoals ook weergegeven op de kaarten in §6.1) veelal de meest droogtegevoelige locaties op vlak van natuur. Beperkte veranderingen op vlak van grondwatertafel of de samenstelling van het grondwater kunnen een rechtstreekse impact hebben op het voorkomen van vegetaties.
- Er zijn daarnaast ook op verschillende locaties waardevolle bodems aanwezig in Gent, die ook gevoelig zijn voor verdroging. Zo zijn veenbodems en kleibodems bijzonder gevoelig voor het dalen van de grondwatertafel en het afnemen van bodemvocht. Veenbodems kunnen bij dalende grondwatertafels en verminderd bodemvocht zelfs irreversibel veranderen (veraarden). Zelfs na dergelijke verdroging van het veen blijft het herstellen van de grondwaterstand belangrijk om verdere eutrofiëring en inklinking te vermijden. Dergelijke effecten kunnen immers leiden tot het verlies van aanwezige en potentiële abiotische en biotische waarden. Grote aansluitende gebieden met waardevolle bodems zijn o.a. terug te vinden in de Rosdambeekvallei, gebied De Assels, Bourgoyen-Ossemeersen, de Vinderhoutse bossen, de vallei van de Scheidbeek, de Moervaartvallei en (in beperktere mate) in de Gentbrugse Meersen.
- De afname van het bodemvocht, grondwaterdalingen en inkrimpen tot zelfs verdwijnen van hangende grondwatertafels en dagzomende kwel(gronden) leidt tot een (verdere) verdroging van vegetaties. Naast verdroging van grondwatergebonden vegetaties, werd grootschalige droogteschade gerapporteerd in Gent aan onder andere beuken.
- In stad Gent zijn er tal van kasteelparken met vijvers te vinden. Deze vijvers herbergen vaak waardevolle ecotopen en zijn vaak ook geklasseerd als erfgoed (bv. Citadelpark). Door verlaagde grondwaterstanden en verminderde aanvoer van neerslag vielen de afgelopen zomers reeds verschillende van deze vijvers droog, zoals ook besproken in §6.1.3. Ook zijn deze waterpartijen bij een lagere waterstand en hogere temperatuur gevoeliger voor bacteriën zoals blauwalgen die het natuurlijk evenwicht verstoren. De waterdalingen en het

tijdelijk droogvallen van vijvers kunnen nefast zijn voor de vis- en amfibiepopulatie, en kunnen de aanwezige vijverbiotoop volledig veranderen.

10.7.3 Samenvatting oplossingen

Figuur 163 toont de effectiviteit en toepassingsmogelijkheden van maatregelen omtrent waardevolle natuur. Het is belangrijk om op te merken dat de effectiviteit en toepasbaarheid van maatregelen verschillend is voor zeer waardevolle (en kwetsbare) natuur en percelen die biologisch waardevol maar minder kwetsbaar of gevoelig voor droogte zijn. Dit wordt hierna ook verder verduidelijkt bij de beschrijving van de maatregelen.

De impact van deze maatregelen werd slechts beperkt gekwantificeerd met het massabalansmodel voor deze typologie. We verwijzen naar §8.2 voor een overzicht van de scenario's die wel doorgerekend werden.



Figuur 163: Prioriteiten voor typologie "waardevolle natuur"

- Het **voorzien van stuwtjes en een aangepast peilbeheer** zijn een van de belangrijkste en dus meest prioritaire maatregelen om de natuur meer weerbaar te maken tegen droogte. Specifiek zijn er verschillende grachten die (bewust) op een laag peil beheerd worden om risico's op wateroverlast in stroomopwaarts- of afwaartse gebieden te beperken. Een

voorbeeld hiervan is de Rietgracht die, als maatregel tegen wateroverlast, op een peil van circa 3.50 m TAW gehouden wordt, en zo ook een deel van de Gentbrugse meersen draineert (Haskoning, 2008). Door de hydrologie van het gebied opnieuw te bekijken, kan door aangepast peilbeheer van de pomp en stuwtjes op aansluitende grachten een deel van het water in het natuurgebied bewaard blijven. Momenteel is men bezig met de opmaak van een inrichtingsplan voor het noordelijk deel van de Gentbrugse Meersen en een beheerplan voor de gehele groenpool, waarin ook de waterhuishouding mee wordt bekeken. Een ander voorbeeld is het bufferbekken dat beheerd wordt door de Polder Moervaart en Zuidlede in de Veldekensstraat in Oostakker. Een ecohydrologische studie (2019) uitgevoerd door Antea in opdracht van Farys, gaf aan dat er ten gevolge van het gemaal in het natuurgebied grenzend aan het bekken verdroging is opgetreden door het feit dat de bodem van het bufferbekken onder de gemiddelde hoogste grondwaterstand ligt. Dergelijk voorbeeld toont de nood aan voldoende vooronderzoek en een integrale aanpak die bij het zoeken naar oplossingen tegen wateroverlast ook de risico's op verdroging beschouwt. Daarnaast zijn er verspreid over de stad ook veel diepe grachten die (mogelijks onbedoeld) zorgen voor drainage, zoals bijvoorbeeld verschillende baangrachten in Oude Bareel (Beelbroekstraat, Achtenkouterstraat,…) . Een uitgebreide grachteninventarisatie is nodig om een gebiedsdekkend beeld te krijgen op deze problematiek en dus ook de grootste knelputen op dit vlak. Door gericht stuwen te plaatsen, kan gezocht worden naar het ideale peilbeheer waarbij zowel wateroverlast opwaarts vermeden wordt, maar in normale omstandigheden toch ook zo lang mogelijk water kan worden opgehouden, infiltreren en de grondwatertafel voeden.

- Een andere belangrijke maatregel is het afleiden van de afstroming van verharding van omliggende wijken naar groen. Een nuance hierbij is dat dit mogelijks niet altijd geschikt is voor de meest gevoelige natuur, zoals de grondwaterafhankelijke vegetaties. Afstroming van verharding kan immers de waterkwaliteit sterk beïnvloeden, wat nefast kan zijn voor sommige soorten. Wanneer water wordt afgeleid naar natuurgebieden is het dus belangrijk hierover te waken en indien mogelijk genoeg ruimte te voorzien voor voorzuivering en bezinking van verontreinigde deeltjes. Afleiden van water naar groen is ook een goede strategie voor de minder kwetsbare ecotopen die vaker voorkomen in de buurt van verharde kernen, tenzij deze hierdoor sterk negatief geïmpacteerd worden door afstromende verontreiniging. Een inpassing van deze maatregel in de RWA-visie, zodat een integrale visie uitgewerkt wordt die zowel op droogte als wateroverlast focust, is aangewezen.
- Voor verschillende waardevolle natuurgebieden kan bevloeien vanuit hoger gelegen grote waterlopen mogelijks een oplossing zijn (zie o.a. ook Piesschaert et al., 2009). In het zuidelijk deel van de Gentbrugse Meersen werd sinds de middeleeuwen tot ongeveer het midden van de 20ste eeuw een systeem van vloeiweides toegepast om te zorgen voor vernatting. Op enkele ogenblikken in de winter werd er water ingelaten vanuit de Schelde, en vastgehouden (geïnfiltreerd) in de meersengebieden. In kader van het inrichtingsplan wordt vooropgesteld om regenwater langer in het gebied vast te houden. Historisch gezien liep er ook nog een Scheldemeander door de Gentbrugse Meersen, maar deze heropenen zou zeer significante investeringen vergen. In Bourgoyen-Ossemeersen wordt vandaag nog een systeem van vloeiweides toegepast om te zorgen voor vernatting. Een studie van INBO (Packet et al., 2011) toonde aan dat het bijkomend inlaten van Leiewater of RWZI effluent kan zorgen voor extra vernatting, maar dit was ten tijden van de studie nog niet wenselijk omdat het een te negatieve impact heeft op vlak van waterkwaliteit. Langs de Schelde, het Kanaal Gent-Oostende en de Moervaart zijn er nog natuurgebieden waar dergelijke bevloeiing potentieel interessant kan zijn. Ook op deze locaties is het belangrijk om een waterkwaliteitsmonitoring op te zetten die zowel natte als droge periodes omvat, zodat de impact van eventuele bevloeiing op de waterkwaliteit

onderzocht kan worden. Ook op tal van andere plaatsen in Vlaanderen wordt dergelijk systeem toegepast, met de Kempense Kanalen mogelijks als bekendste en meest uitgestrekte voorbeeld.

- Een **ruimtelijk beleid dat oog heeft voor waardevol groen** is cruciaal om het droogteresistent te maken. Het bebouwen van (van nature) natte gebieden gaat bijna altijd gepaard met permanente verdroging. Dit betekent niet enkel een verlies van ecotopen op de locaties waar gebouwd wordt, maar kan ook voor verdroging zorgen in de ruimere omgeving. Het is dus belangrijk om gebieden, ook aan de rand van (belangrijke) natuurgebieden, te beschermen tegen ontwikkelingen die kunnen leiden tot verdroging. Daarom is het van belang om tijdig in ontwikkelingsprojecten de nadruk te leggen op een (eco)hydrologische analyse. Gezien de schaal van het watersysteem vaak anders (en groter) is dan deze van de projectzone, dient de analyse ruimer te gebeuren dan louter op het projectgebied. Ook komt bij dergelijk onderzoek de nood aan grondwatermetingen naar voor, waardoor het van belang is tijdig te starten met vooronderzoek teneinde een voldoende lange en dus bruikbare reeks van grondwatermetingen te bekomen. Wanneer namelijk gezocht wordt naar locaties voor bebouwing, infiltratie, ruimte voor water zijn deze grondwaterstanden van cruciaal belang. In het bijzonder is het belangrijk om tijdens de opmaak van masterplannen reeds voldoende aandacht te hebben voor het realiseren van een duurzame en integrale waterhuishouding. Integratie van waterbeheerselementen na de goedkeuring van masterplannen is immers een stuk moeilijker.
- Het blijft belangrijk om ook in deze typologie aandacht te hebben voor de potentiële impact van **bemalingen**. Bemalingen doen zich in deze zones minder vaak voor, maar de impact kan wel groter zijn. Wanneer bemalingen bijvoorbeeld in de buurt van toekomstbomen of oude bomen gebeurt, kunnen deze waardevolle bomen grote schade ondervinden of zelfs afsterven. Bij het beoordelen van bemalingen in deze typologie dient dus bijzondere aandacht te gaan naar de mogelijke impact op waardevolle bomen en ander groen.
- Het is belangrijk om de **groenklimaatassen** kwalitatief te laten aansluiten op nieuwe en bestaande natuurgebieden. Vanuit het oogpunt van klimaatadaptatie worden zo groene netwerken gecreëerd die onder andere de biodiversiteit kunnen versterken, de weerbaarheid van soorten vergroot en zorgt voor een aangenamere leefomgeving. Maar ook vanuit droogteoptiek is dit interessant, zeker wanneer de groenklimaatassen met voldoende ruimte voor water uitgebouwd worden. Op die manier kan mogelijks water aangevoerd (en deels voorgezuiverd) worden van elders. Deze kunnen dus een alternatieve bron van water worden, hoewel de verwachte impact kleiner is dan het realiseren van bevloeiing vanuit waterlopen.
- Het **veranderen van soorten** kan 2 mogelijke doelstellingen hebben. Enerzijds kunnen soorten (waar mogelijk) gekozen worden die minder droogtegevoelig zijn, hoewel dit slechts beperkt toepasbaar is binnen deze topologie. Dit is bijvoorbeeld wel van toepassing op de aanplant (of inboet) van groen door Stad Gent. Anderzijds kunnen soorten- of zelfs landgebruiksveranderingen gerealiseerd worden die zorgen voor een verhoogde infiltratie. Een voorbeeld hiervan is het veranderen van een naaldbos in loofbos. Dit is een maatregel die verder onderzoek vergt, maar lokaal mogelijks interessant kan zijn.
- De **bouw van spaarbekkens** is minder interessant voor natuurgebieden. Dergelijke bekkens kunnen een rol spelen als alternatieve bron voor gietrondes van groen (maar er is overlap met het voorzien van (collectieve) regenwaterputten in andere typologieën).
- Ingrepen op **verharding** zijn minder effectief om natuurgebieden droogteresistent te maken omdat de verhardingsgraad binnen deze typologie te laag is. Vanzelfsprekend is

het wenselijk om nog steeds infiltratie uit te bouwen aan verharding, maar de te verwachten impact op natuurgebieden is beperkt.

Naast bovenstaande maatregelen is ook bijkomende monitoring belangrijk. Deze monitoring is nodig voor verschillende aspecten:

- Bodemvocht en grondwaterstanden voor de waardevolle bodems en natuurgebieden (in bijzonder voor grondwaterafhankelijke vegetaties). Hierbij is samenwerking met INBO belangrijk, aangezien zij reeds een uitgebreid meetnet hebben binnen deze typologie.
- Het is belangrijk om de waterkwaliteit in gebieden met grondwaterafhankelijke vegetaties te bewaken en oorzaken van vervuiling (bv. resterende lozingen, vervuilde bodem) op te sporen.

Bovenstaand leidt tot volgende prioritaire acties:

- Het beperken van drainage van de Rietgracht in de Gentbrugse Meersen. In kader van de opmaak van het inrichtingsplan en beheerplan kan onderzoek worden gedaan naar het realiseren van een hoger peilbeheer, waarbij toch de wateroverlastrisico's in de opwaartse woonwijk onder controle gehouden kunnen worden.
- Onderzoek naar het vernatten van de Gentbrugse meersen door het herintegreren van een vloeiweidesysteem in het zuidelijk deel, en het creëren van een permanente stroming via een inlaat en uitlaat in het noordelijk deel. Dit dient ook afgestemd te worden met het lopend Sigmaplan dat focust op de realisatie van een gecontroleerd overstromingsgebied met gereduceerd getij (GGG).
- Uitvoeren van een quick-scan naar de mogelijkheden van bevloeien vanuit waterlopen voor de meest waardevolle natuurgebieden.
- Het uitvoeren van een grachteninventarisatie met bijhorend peilbeheer in de ruime omgeving van de percelen met de meest waardevolle natuur. Vanuit de Vlaamse Overheid wordt momenteel de laatste hand gelegd aan een automatische identificatie van grachten waarop voortgebouwd kan worden.
- Het realiseren van monitoring (samen met partners) van grondwaterpeilen en bodemvocht. Er moet in beeld gebracht worden waar partners reeds monitoring voorzien of uitvoeren in Gent (in bijzonder door INBO, ANB, VMM en de Provincie Oost-Vlaanderen) en waar er hiaten zijn. Vervolgens is afstemming nodig over wie deze hiaten kan invullen.
- Integreren in ruimtelijke planningsinstrumenten en opmaken van integrale RWA-visies (zie ook Actie 7 op p.279 in het 2de deel van het actieplan), met o.a. als doel om grondwaterafhankelijke natuur en waardevolle bodems te beschermen.
- Onderzoek ophouden water in de vallei van de Rosdambeek (i.s.m. Provincie Oost-Vlaanderen). Het plaatsen van een stuw op de zijlopen en zijgrachten wordt reeds onderzocht.

10.8 Typologie 5: Agrarische gebieden

10.8.1 Afbakening gebied

Deze typologie omvat de landbouwpercelen over gans het grondgebied Gent.

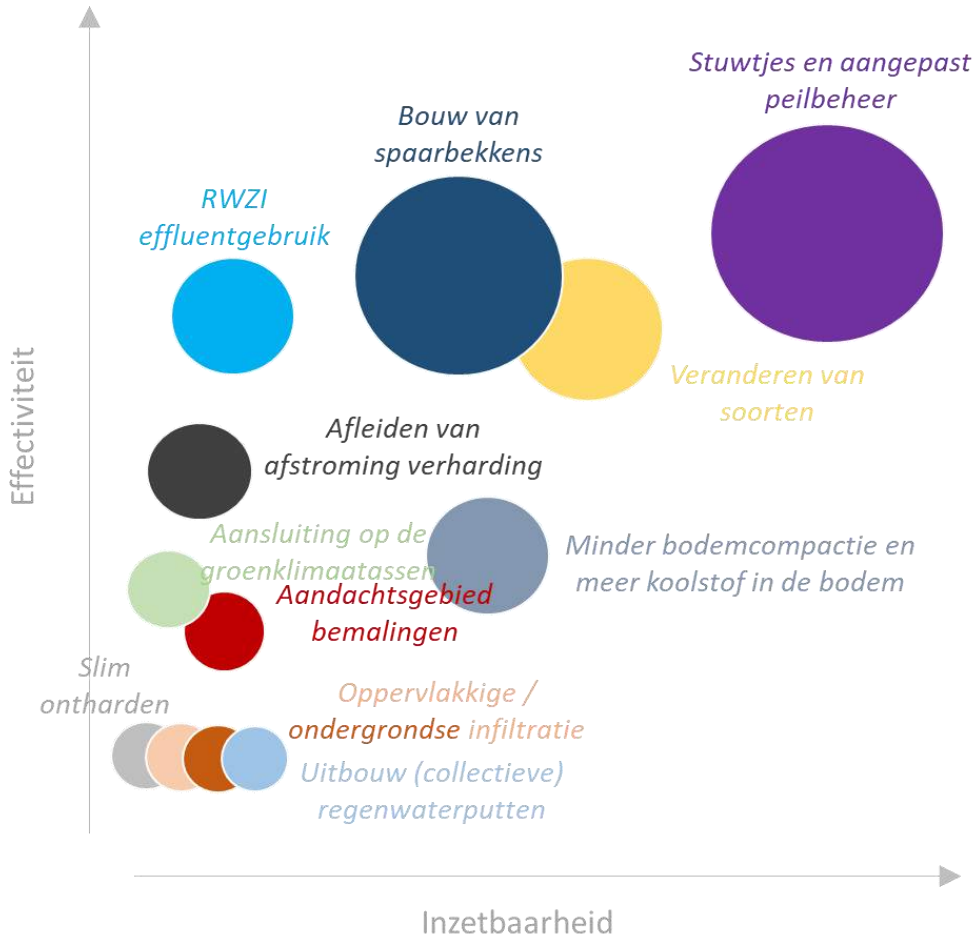
10.8.2 Samenvatting uitdagingen op vlak van droogte

De uitdagingen op vlak van landbouw werden uitgebreid besproken in §6.3. De belangrijkste uitdaging is vanzelfsprekend de beperkte waterbeschikbaarheid voor teelten, en dit zowel ten gevolge van grondwaterdalingen als van een afname van het bodemvocht. Ook treden er laagwaterdebieten op, waardoor captatieverboden afgekondigd worden. Dit vermindert eveneens de waterbeschikbaarheid van de landbouwer. Tot slot kunnen langere periodes van droogte leiden tot beperktere watervoorraden in bassins.

De kaart in §6.3 toont de percelen met de meest waterintensieve teelten, en de kaarten in §5.6 toont de verandering van het bodemvocht ten gevolge van klimaatverandering. Uit beide zijn de grootste kwetsbaarheden ruimtelijk af te leiden.

10.8.3 Samenvatting oplossingen

Figuur 164 toont de effectiviteit en het toepassingspotentieel voor verschillende maatregelen voor de landbouw. De concrete impacts van deze maatregelen konden maar beperkt gekwantificeerd worden met het opgebouwde massabalans. Voor het merendeel van de maatregelen werd de effectiviteit dan ook ingeschat en niet berekend.



Figuur 164: Prioriteiten voor de typologie agrarische gebieden.

- Net zoals voor de op natuurgerichte percelen (typologie 4) is het **implementeren van stuwtjes en het realiseren van een aangepast peilbeheer** prioritair. Dit is nog relevanter voor de landbouwpercelen, omdat er meer (perceels)grachten blijken te zijn in landbouwgebied. Ook

het polderbestuur van de Moervaart vertoonde interesse voor het realiseren van een aangepast peilbeheer (door het aanpassen van de aan- en afslagpeilen van pompgemalen). Het voorzien van stuwtjes houdt water vast, en zorgt dus voor een grotere waterbeschikbaarheid. Doordat er minder gedraineerd wordt via grachtjes, kan een strategische reserve opgebouwd worden die ook langere periodes beschikbaar blijft. Bijkomend onderzoek is echter nodig om te bepalen of op die manier ook drogere zomerperiodes overbrugd kunnen worden. Er werden 3 prioritaire zones gedefinieerd waar een gebiedsgerichte uitwerking mogelijk is, namelijk het landbouwgebied in Drongen/Baarle, de Scheidbeekvalleien de zijlopen van de Moervaartvallei. Er zijn enkele belangrijke aandachtspunten bij het plaatsen van stuwtjes. Zo moet er gewaakt worden dat de stuwtjes geen kritische wateroverlast veroorzaken. Dit kan onder meer door een aangepast type stuw te gebruiken (eventueel met knijpopening of met een instelbare hoogte), of door het toepassen van intelligente sturing. Ook is een eerlijke waterallocatie belangrijk. Wanneer stuwtjes worden toegepast, wordt water stroomopwaarts vastgehouden, waardoor er afwaarts minder water ter beschikking is. Bij perceelsgrachten speelt deze problematiek minder, maar op de wat grotere waterlopen wordt dit een belangrijk aandachtspunt. Tot slot is ook vismigratie een aandachtspunt. Ook deze problematiek stelt zich niet of nauwelijks op de perceelsgrachten. Er zijn projecten lopende of in opmaak/vooronderzoek om stuwtjes en een aangepast peilbeheer te realiseren, zoals o.a. het GRUP, het VLM project Moervaart en het strategisch project Kouter en Leieland.

- Een tweede belangrijke prioriteit is het uitbouwen van spaarbekkens. Deze spaarbekkens kunnen gevuld worden via captatie vanuit de nabije waterlopen, of door het opvangen van afstromend hemelwater van daken in de omgeving. Bij grootschalige toepassing kunnen grotere voorraden gecreëerd worden. Dit lijkt vooral een interessante strategie voor de waterintensieve en kapitaalintesievere teelten, waarvoor rondrijden met water eventueel rendabel kan zijn. Het opvangen van de afstroming van daken voor landbouw kan mogelijks interessant zijn in het Skaldenpark. Captatie vanuit waterlopen kan mogelijks vanuit de Leie gerealiseerd worden (in winterperiodes), of vanuit het Kanaal Gent-Oostende. Nadelen zijn het ruimtebeslag van spaarbekkens, het nodige volume wanneer enkel in de winter vanuit waterlopen gecapteerd kan worden en de prijs van aanleg. Bij de realisatie van spaarbekkens wordt best gegaan voor een ecologische inkleding, bijvoorbeeld door het gebruik van kleimatten, zodat ook natuurwaarden gecreëerd worden. Bij de realisatie van open/doorlatende spaarbekkens moet men erover waken dat er geen onbedoelde drainage gecreëerd wordt, of dat dit leidt tot een verminderde grondwaterbeschikbaarheid.

  De irrigatienoodkaarten (zie §6.3) die werden opgemaakt voor de landbouw geven alvast aan waar een bijkomende waternood is, en dus dergelijke spaarbekkens mogelijk wenselijk zijn. Zo zijn er verschillende clusters met waternood voor landbouw te zien in o.a. Drongen, de rechteroever van de Leievallei en in de omgeving van Scheidbeek in Sint-Denijs-Westrem, de landbouwgronden in Oostakker op de grens met Lochristi, en in de Moervaartvallei. Inschattingen geven aan dat er in een gemiddeld jaar (dus niet extreme droge jaren) grootteorde 200.000 m³ irrigatiewater nodig is voor de meest waterintensieve teelten.

  Ook kan de realisatie van spaarbekkens afgestemd worden op de uitbouw van blusvoorraden. Een bijkomende blusvoorraad is alvast nodig aan het industrieterrein van Drongen volgens de Brandweer van Gent. Bij de realisatie van spaarbekkens in combinatie met bluswater zijn er wel belangrijke praktische en technische aandachtspunten. In The Loop werd bijvoorbeeld een natuurlijk bufferbekken voorzien van een diepere aanzuigleiding, maar uit tests bleek dat de brandweer ook vis, amfibieën en organisch materiaal opzoog. Dit voorbeeld illustreert dat naast de technische aspecten ook een duidelijk afsprakenkader nodig.

- Ondanks diverse maatregelen die de waterbeschikbaarheid verhogen, blijven er droogterisico's. Voor teelten die gevoelig zijn voor droogte, een economisch lage return hebben en gelegen zijn op percelen die sterk verdrogen (bijvoorbeeld op zandigere bodems in afwezigheid van grachten) is het aangewezen om over te schakelen op meer droogteresistente teelten. Dit is bijgevolg ook een belangrijke maatregel, die vanzelfsprekend niet overal nodig noch mogelijk is.

- Het gebruik van RWZI effluent kan een interessante alternatieve bron zijn in tijden van droogte. De RWZI van Gent bevindt zich echter relatief ver van landbouwgebied, waardoor men ver met water moet rijden wat minder rendabel is. De overige RWZI's in en rond Gent hebben hiervoor meer potentieel. Het toepassingspotentieel blijft echter beperkt, omdat de huidige wetgeving restricties oplegt omtrent het gebruik van effluentwater om te irrigeren omwille van gezondheidsrisico's. Dit kan mogelijks opgevangen worden door het water eerst op te vangen in een bassin en zuivering toe te passen. De dienst landbouw van de Provincie Oost-Vlaanderen bekijkt bijvoorbeeld al opties voor het gebruik van RWZI effluent als waterbron voor de landbouw, en ook Aquafin werkt hier actief aan mee als uitbater van de RWZI's.

- Het gebruik van alternatieve landbouwtechnieken en veldbeheer kunnen leiden tot een verminderde bodemcompactie en meer opname van koolstof in de bodem. Beide leiden tot meer infiltratie, en dus een hogere waterbeschikbaarheid. Het inwerken van koolstof is sowieso een strategie die echter pas op lange termijn leidt tot verhoogde waterbeschikbaarheid, en dus geen oplossing is op korte termijn. Ook het gebruik van alternatieve landbouwtechnieken om minder bodemcompactie te realiseren, zoals bijvoorbeeld het gebruik van kleinere machines, is niet overal praktisch realiseerbaar. De impact van dergelijke maatregelen werd bijgevolg als "matig" ingeschat, maar meer onderzoek is nodig naar deze technieken. Dit kan eventueel verder uitgewerkt worden in het strategisch project Kouter en Leiedal dat in opmaak is.

- Het afleiden van afstroming van verharding uit de omgeving naar landbouwpercelen of hun onmiddellijke omgeving kan zorgen voor vernatting. In het algemeen is er echter weinig verharding aanwezig in de buurt van landbouw, en bovendien is waterkwaliteit een belangrijk aandachtspunt bij directe afstroming naar landbouwpercelen. Daarom wordt dit beschouwd als een niet-prioritaire maatregel.

- Het aansluiten van de groenklimaatassen op landbouwgebieden kan, net zoals beschreven in Typologie 4 rond natuur, leiden tot een alternatieve waterbron indien de groenklimaatas met voldoende ruimte voor water gerealiseerd wordt. Echter, het toepassingspotentieel is zeer beperkt en bovendien wordt de effectiviteit als laag ingeschat. Er zijn wel belangrijke voordelen op vlak van bredere klimaatadaptatie.

- Ingrepen op verharding hebben maar een beperktere impact op de algemene waterbeschikbaarheid in de landbouw omdat de verhardingsgraad op de landbouwpercelen beperkt is. Ingrepen op verharding rond de landbouwpercelen kan wel een grotere impact hebben, maar dit zit vervat in de overige typologieën die focussen op bebouwing.

Bovenstaande leidt tot volgende prioritaire acties:

- Opstarten van een GGOR-studie (Gewenste Grond en Oppervlaktewater Regime) voor een van de prioritaire gebieden voor stuwtjes en een aangepast peilbeheer. Een overleg met de diensten Integraal Waterbeleid en Landbouw van de Provincie Oost-Vlaanderen en de

polderbesturen is aangewezen. Voor het gebied van Drongen/Baarle is afstemming met de ecohydrologische studie van de Vinderhoutse Bossen i.o.v. ANB belangrijk.
- Samenwerking met de provincie, landbouwverenigingen en industriële actoren opstarten voor het identificeren waar spaarbekkens haalbaar en wenselijk zijn die capteren vanuit de waterlopen, of regenwater opvangen van daken.
- Stimuleren van hogere overheden om spaarbekkens aan te leggen op strategische locaties.
- Een overleg opzetten met de dienst Landbouw van de Provincie Oost-Vlaanderen en Aquafin voor het in kaart brengen van de opties voor het gebruik van RWZI water voor de landbouw.

10.9 Typologie 6: Industrie

10.9.1 Afbakening gebied

Dit gebied omvat de industriële percelen. Het omvat zowel de industrieterreinen, als de individuele/geclusterde percelen met industriële activiteit. Ook het havengebied valt onder deze typologie. Ook sommige universitaire campussen, ziekenhuizen, kantoorgebouwen en andere (meer geïsoleerde) grote verharders vallen onder deze typologie.

10.9.2 Samenvatting uitdagingen op vlak van droogte

Op vlak van droogte gelden er andere uitdagingen (impacts) voor industrie dan voor de overige typologieën. In tegenstelling tot de overige typologieën heeft een verminderd bodemvocht bijvoorbeeld geen tot slechts een beperkte impact op de industriële activiteiten. De te verwachten dalingen van de grondwaterpeilen zullen wellicht (freatische) grondwaterwinningen op zich niet onmogelijk maken, maar het houdt wel een vermindering in van de grondwaterreserves. De dalingen van het grondwaterpeil kunnen er bovendien toe leiden dat de negatieve impact van grondwateronttrekkingen op omliggend groen toeneemt, wat aanleiding kan geven tot verstrengde normeringen die wel direct industrie impacteren.

De belangrijkste uitdagingen op vlak van droogte voor de industrie kunnen als volgt samengevat worden:

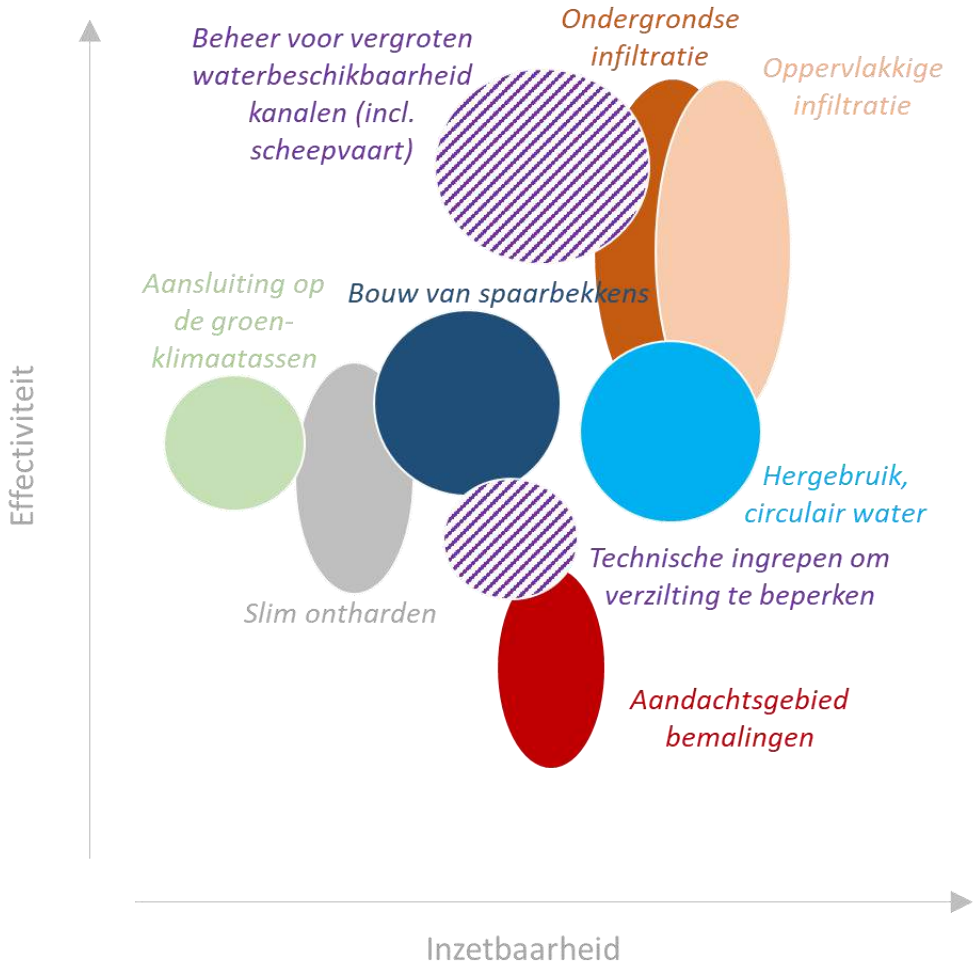
- De afgelopen jaren werden er hoge zoutconcentraties gemeten op het Kanaal Gent-Terneuzen. Dit heeft een impact op het gebruik van kanaalwater als proceswater, maar ook op de stalen damwandconstructies langs het kanaal. Het kan nodig zijn om alternatieve bronnen in te schakelen (bijvoorbeeld een sterker inzetten op waterrecuperatie), het aanpassen van de industriële processen en installaties zodat deze om kunnen met hogere zoutconcentraties, of het bouwen van (collectieve) ontziltingsinstallaties. Bijkomend studiewerk is nodig om te bepalen hoe de zoutconcentraties kunnen of zullen evolueren in de toekomst. We verwijzen naar §6.5 voor een beschrijving van de analyses rond verzilting en het lopend onderzoek daarrond.
- Een groot deel van de industrie in Gent is afhankelijk van scheepvaart. De afgelopen jaren golden er diepgangbeperkingen op de bevaarbare waterlopen ten gevolge van watertekorten. Hierdoor moesten schepen een deel van hun lading lossen vooraleer het Kanaal Gent-Terneuzen binnen te varen, of konden schepen maar beperkt geladen worden. Dit zorgt voor economische verliezen. Dit werd ook uitgebreider besproken in §6.4.
- Sommige bedrijven zijn sterk afhankelijk van (grote hoeveelheden) kanaalwater. Energieproducenten hebben het kanaalwater bijvoorbeeld nodig om processen af te koelen. Ten gevolge van de droogte kan de waterbeschikbaarheid afnemen van kanaalwater, waardoor in de toekomst mogelijks restricties zullen gelden. Restricties op het gebruik van water worden bepaald door de hogere overheid op basis van het recent ontwikkelde "Vlaams

reactief afwegingskader voor waterschaarste en droogte". Dit kader houdt rekening met water dat nodig is voor het verzekeren van de veiligheid, alsook het effectief "verbruik" van water. Bijvoorbeeld, bij het gebruik van kanaalwater als koelwater wordt slechts een klein deel van het ingenomen water "verbruikt", en wordt het meeste terug geloosd.

- Sommige industrieën maken gebruik van **hemelwater** dat zij zelf opvangen en bewaren. Ten gevolge van de toenemende droogte kan de waterbeschikbaarheid van deze bron dalen.

10.9.3 Samenvatting oplossingen

Figuur 165 toont de effectiviteit en toepassingsgebied van maatregelen voor de typologie industrie. We bespreken onder de figuur elke maatregel.



Figuur 165: Prioriteiten typologie "industrie".

- **Infiltratie (oppervlakkig of ondergronds)** is een prioritaire maatregel op (de meeste) industriële percelen. Industriële percelen omvatten over het algemeen zeer grote verharde oppervlaktes, waardoor zij zorgen voor een significant verminderde grondwatervoeding als het afstromend water niet infiltreert. Deze studie bracht de grootste verharde percelen in kaart (zie ook §2.3.1.2), waaruit bleek dat de 100 grootste verharde percelen een verharde oppervlakte beslaan van ongeveer 1.075 hectare (oftewel 19% van alle verharding op grondgebied Gent). Het merendeel van deze percelen is gelinkt aan industrie. De effectiviteit van infiltratie is wellicht afhankelijk van de locatie van de industriële percelen. Voor de percelen die niet in het havengebied liggen (bijvoorbeeld de industrieterreinen Drongen, Zwijnaarde, ...) is infiltratie een zeer effectieve strategie omdat ze de grondwatertafel kunnen

aanvullen, en dient dit dan ook prioritair uitgewerkt te worden. Voor de percelen in het havengebied (dicht tegen het Kanaal Gent-Terneuzen) is bijkomend onderzoek wenselijk. Mogelijks wordt immers een deel van het geïnfiltreerde water gedraineerd door het Kanaal Gent-Terneuzen, en is het (bij voorkeur bovengronds) afleiden van het afstromend hemelwater naar nabijgelegen zones aan de rand van de industrieterreinen om daar te infiltreren een betere strategie. Ook is mogelijks het opvangen van afstromend hemelwater in spaarbekkens (of een combinatie van infiltratie- en spaarbekken) interessanter. Voor slim ontharden gelden dezelfde beschouwingen als voor infiltratie. Het toepassingspotentieel wordt vanzelfsprekend als lager ingeschat dan voor oppervlakkige of ondergrondse infiltratie. Inzetten op ontharden is zeker nuttig voor de industriële percelen die niet in de haven liggen, maar voor de percelen in de haven is verder onderzoek aanbevolen.

- Een aangepast beheer om de waterbeschikbaarheid op het Kanaal Gent-Terneuzen en de Ringvaart te vergroten is zeer belangrijk voor de Gentse industrie. Gent is een knooppunt van enkele van de belangrijkste waterassen in Vlaanderen. In Gent wordt dan ook door hogere overheden (i.c. De Vlaamse Waterweg) bepaalt hoe het water naar stroomafwaartse gebieden verdeeld wordt. Dit werd ook uitgebreider besproken in §2.1.1. Door voldoende water te laten afstromen naar het Kanaal Gent-Terneuzen wordt de bevaarbaarheid gegarandeerd, kan verzilting tegengegaan worden en neemt het risico op captatieverboden uit het kanaal af. Vanzelfsprekend kan dit wel elders de problemen op watertekort doen toenemen, en is dan ook een integrale en grondgebiedsoverschrijdende aanpak nodig. Stad Gent heeft weinig directe invloed op deze maatregel. Daarom werd de maatregel gearceerd weergegeven.
- De bouw van spaarbekkens kan mogelijks een belangrijke maatregel zijn voor de industrie, maar zeker ook voor de vaak omliggende landbouwgronden. Voor meer informatie over deze maatregel, zie ook §10.8. Ook voor de industrie zelf kan dit een interessante maatregel zijn om enerzijds de waterbeschikbaarheid te vergroten, en anderzijds om verzilt water uit het kanaal te verdunnen tot toelaatbare concentraties. Het opgevangen hemelwater van daken is doorgaans van een betere kwaliteit dan het opgevangen hemelwater dat afstroomt van terreinverharding. Een ontwerp moet altijd afgestemd worden op de concrete watervraag van de omgeving aan de hand van tijdreeksberekeningen. Enkel zo kan correct rekening gehouden worden met opeenvolgende natte en droge periodes.
- Hergebruik van (proces)water (circulair water) kan wellicht op veel locaties toegepast worden in de industrie. Ook het implementeren van waterbesparende technieken wordt beschouwd onder deze noemer. Voor vele processen kan dit wellicht de watervraag doen dalen, maar vaak zal dit wellicht ook te beperkt in omvang zijn om de droogte-uitdagingen fundamenteel aan te pakken. De effectiviteit wordt daarom als “matig” ingeschat.
- Het vinden van aansluiting op de groenklimaatassen is wenselijk, maar er zijn slechts weinig assen die direct grenzen aan industriële clusters. Het toepassingspotentieel is daarom laag. Het is relevant om de koppelingsgebieden rond de haven mee te integreren in de groenklimaatassen zodat grotere en meer aaneengesloten groenblauwe netwerken gecreëerd kunnen worden. Ook kan op die manier de hitte komende van de haven tijdens warme zomerperiodes afgeschermd worden van omliggende bebouwing. Op vlak van droogte zou dit, in combinatie met het opvangen van overtollig regenwater van de industrie, kunnen leiden tot het vernatten van gebieden, en het opbouwen van een grondwaterreserve. Indien de assen worden doorgetrokken tot bij grotere industriële clusters, kan dit een belangrijke impact hebben.
- Technische ingrepen om (de impact van) verzilting te beperken zijn wenselijk. De verzilting bedreigt immers industriële processen, alsook het grondwater en dus de landbouw. Ingrepen zijn mogelijk in de industriële processen en installaties zelf (bijvoorbeeld het voorzien van ontziltingsinstallaties), alsook op de waterlopen. Bij de bouw van de nieuwe zeesluis kunnen mitigerende technieken geïmplementeerd worden om de zoutintrusie te beperken, zoals de beoogde installatie van een “zoutdrempel”. Zout water is zwaarder dan zoet water, en

zoutintrusie zal dus deels tegengegaan worden door dergelijke drempel. De Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie (VNSC) onderzoekt verschillende opties, en hun impact op verzilting in het Kanaal Gent-Terneuzen en de Moervaart. Bijkomend onderzoek naar verzilting is wenselijk om de risico's op industriële processen en de zoete grondwatervoorraden onder het toekomstig klimaat in te schatten. Stad Gent heeft weinig directe invloed op deze maatregel. Daarom werd de maatregel gearceerd weergegeven.

- Er is aandacht nodig voor de **bemalingen** die binnen deze typologie worden uitgevoerd. De nood voor verscherpte analyse of toezicht is afhankelijk van de ligging van de industrie. Algemeen wordt verwacht dat bemalingen in de haven slechts een beperkte impact hebben. Wanneer zij op de rand van het havengebied uitgevoerd worden, kunnen zij een mogelijks belangrijke impact hebben op waardevolle natuur en landbouw. Dit is in het bijzonder zo voor de percelen in en rond het Kluizendok, gezien de waardevolle natuur die zich daar bevindt. Voor percelen die niet in het havengebied liggen, gelden de beschouwingen gegeven onder typologieën 1, 2 en 3.

Op basis van bovenstaande stellen we volgende prioritaire acties voor:

- **Het opzetten van een participatief traject gericht op de grotere percelen met veel verharding** om te komen tot een duurzamere waterhuishouding (aanvankelijk gericht op de percelen die niet in het havengebied liggen, aangezien infiltratie bij die percelen wellicht effectiever is). Zoals in kaart gebracht in §2.3.1.2 beslaan de 100 grootste verharde percelen die niet in direct havengebied liggen reeds 517 hectare verharding, oftewel 12% van de totale verharding op grondgebied Gent. Een groot deel van deze percelen zijn industrieel van aard. Het is belangrijk om zoveel mogelijk infiltrerende maatregelen uit te bouwen op deze percelen, en te ontharden waar mogelijk. Zoals becijferd in §8.3.2 kan dit een significant deel (grootteorde 20%) van de achteruitgang van de grondwaterreserves ten gevolge van klimaatverandering opvangen. Tegelijk kunnen synergieën bekeken worden met de omgeving, zoals de installatie van spaarbekkens voor de landbouw, de uitbouw van blusvoorraden of het opzetten van samenwerkingen tussen deze bedrijven rond circulair water en collectieve opvang.
- **Het faciliteren van gesprekken tussen landbouw, industrie en natuur om water collectief op te vangen en nuttiger te gebruiken**. De landbouw is een van de sectoren die het meest getroffen wordt door de toenemende droogte. Het opvangen van afstromend hemelwater (bij voorkeur van daken) van industriegebouwen of verzamelen van proceswater van bedrijven en ter beschikking stellen aan de landbouw kan op sommige locaties de waterbeschikbaarheid voor landbouw sterk vergroten. De kaart in §8.4.3 brengt de mogelijke afstroming van grote verharde daken in beeld, terwijl de kaart in §6.3 de meest waterintensieve teelten toont. Het is wenselijk om kaarten op te maken die de watervraag en uitstromen op bedrijfsniveau omvatten. Op die manier kan een betere en veel snellere "matchmaking" opgezet worden tussen vraag en aanbod. Om een maximale efficiëntie op vlak van droogtebestrijding te verkrijgen, wordt de bouw van spaarbekkens best gecombineerd met het voorzien van infiltrerende maatregelen op het water dat overstort uit deze spaarbekkens. In de winter is er immers amper vraag naar water uit spaarbekkens. Het inpassen van deze infiltrerende maatregelen in een ruimer groenblauw netwerk (bijvoorbeeld de groenklimaatassen) is wenselijk. North Sea Port overweegt om integrale waterhuishoudingsstudie op te starten waar dit ook nader onderzocht wordt. Dezelfde principes gelden ook voor het beperken van de impact op natuur. Men kan bijvoorbeeld onderzoeken of het haalbaar is (op vlak van waterkwantiteit en –kwaliteit) of het Industriepark van Drongen naar de Vinderhoutse bossen kunnen afwateren, of de daken van Volvo trucks naar het Wonderwoud.
- **Het verder ontwikkelen van groenklimaatassen die aansluiten op de industrie- en koppelingsgebieden**. De groenklimaatassen zoals beoogd door Stad Gent verbinden het

centrum en de randstad met natuur- en landbouwgebieden. De groenklimaatassen passeren echter weinig langs industriegebieden. Het is wenselijk om de groenklimaatassen ook naar de industriegebieden door te trekken, en te verbinden met de koppelingsgebieden in en rond de haven. Op vlak van droogte is het belangrijk om hierbij voldoende ruimte voor water te voorzien. Op die manier kan mogelijks ook een teveel aan water (zeker in de winter) gemakkelijker getransporteerd worden naar elders, waar het bijvoorbeeld gecapteerd kan worden in spaarbekkens voor de landbouw. Op die manier kan transport van water over de weg beperkt worden.

Daarnaast schuiven we ook volgende secundaire acties naar voren:

- Het **stimuleren van waterbesparende technieken** voor de industrie, zodat de watervraag daalt.
- De industrie is verantwoordelijk voor een groot aandeel van de verharding (zie ook §2.3.1.2 voor concrete cijfers). In het bijzonder in het havengebied is er een zeer hoge verhardingsgraad, maar zijn er mogelijks technische beperkingen die infiltratie verhinderen, en bestaan er mogelijks alternatieve oplossingen die effectiever zijn dan infiltratie (zie ook de opsomming hierboven, zoals bijvoorbeeld de bouw van spaarbekkens). **Voor een optimale, duurzame en effectieve waterhuishouding, wordt best werk gemaakt van een studie die de effectiviteit van infiltratie onderzoekt.** Hierbij verdient ook de impact van infiltratie op verzilting aandacht. North Sea Port overweegt om dergelijke studie uit te voeren.
- Deze studie gaf aan dat er specifiek in het havengebied gronden aanwezig zijn die mogelijks gevoelig zijn voor differentiële zettingen bij droogte (zie ook §6.2). **Het is raadzaam de opties te bekijken om bouwheren in het havengebied te wijzen op deze risico's van stabiliteitsschade ten gevolge van droogte aan structuren, en de stand van zaken bij te houden in het onderzoek naar deze problematiek en mitigerende maatregelen**. Concreet onderzoekt het WTCB welke normeringen en oplossingen hiervoor zouden bestaan.

DEEL 2 – GENERIEKE ACTIES EN TOOLS

10.10 Aanbevolen generieke acties en tools voor het nemen van maatregelen

In dit tweede deel van het actieplan worden aanbevelingen gedaan voor generieke acties en tools voor het nemen van maatregelen. Deze acties zijn veelal niet toe te wijzen aan een specifieke typologie, of zijn geen ruimtelijke acties zoals bijvoorbeeld sensibilisering, communicatie, kennisverwerving of beleidsmatig van aard. Deze acties vormen de vertaling van de visie zoals uiteengezet in hoofdstukken 7 en 8. De acties zijn gebundeld over 7 actiedomeinen.

10.11 Actiedomein 1: Politiek draagvlak, beleid en afstemming binnen de stadsorganisatie

Binnen dit actiedomein worden verschillende tools en beleidsnota's voorgesteld om een groot deel van de acties in de 6 genoemde typologieën te realiseren.

Actie 1 Inzetten op hemelwaterneutrale stadsprojecten

Stad Gent kan kiezen om zoveel als mogelijk zogenaamde "hemelwaterneutrale stadsprojecten" te realiseren. Dit betekent dat minstens 95% van het hemelwater dat valt op het project nuttig wordt gebruikt, infiltreert of verdampt. Op die manier wordt het water maximaal lokaal bijgehouden. De Stad kan daarbij de principes toepassen zoals naar voren geschoven in de uitgewerkte visie. Voor elk van de typologieën worden aangewezen maatregelen naar voren geschoven, zoals bijvoorbeeld (slim) ontharden, boven- of ondergrondse infiltratie, of de bouw van (collectieve) regenwaterputten

Actie 2 Afstemmen subsidies op een proactief droogtebeheer

Stad Gent past het subsidiereglement aan om de implementatie van maatregelen te stimuleren die een belangrijke bijdrage leveren aan een proactief droogtebeheer. Momenteel biedt de Stad een premie aan voor een stabiliteitsonderzoek i.h.k.v. het aanleggen van een groendak, evenals voor de aanleg van het groendak zelf. De Stad onderzoekt of deze subsidies verruimd kunnen worden om doelgerichte ontharding, de aanleg van regenwaterbuffers mét hergebruik te stimuleren, evenals diverse maatregelen ter bevordering van infiltratie van regenwater door burgers en andere actoren. Hierbij is het bijvoorbeeld ook wenselijk om de aangeboden subsidies in het kader van afkoppeling

van wegenis- en rioleringswerken af te stemmen op een voldoende hoog ambitiegehalte op vlak van infiltratie en gebruik van hemelwater.

De Stad waakt erover dat de gesubsidieerde maatregelen effectief zijn in de strijd tegen droogte. Bij de installatie van regenwaterputten moet bijvoorbeeld een gebruikssysteem aanwezig zijn, en ontharding is enkel effectief tegen droogte indien het water hierdoor bijkomend infiltreert in de bodem. Groendaken hebben geen (positieve) impact op droogte, maar hebben wel andere voordelen i.h.k.v. klimaatadaptatie.

Bovendien verzekert de Stad een goede afstemming met subsidies aangeboden door andere overheden voor zover ze gericht zijn op dezelfde schaal en actoren, zoals o.a. het Water-Land-Schap programma, Proeftuinen Droogte en diverse subsidies i.h.k.v. de Blue Deal. De Stad wijst geïnteresseerden in de juiste richting van dergelijke subsidies (zie ook Actie 22 en de pijler m.b.t. communicatie en sensibilisering).

Actie 3 Aanpassen van de stedenbouwkundige verordening

Via stedenbouwkundige verordeningen kan de stad ook op privaat terrein een duurzamer en meer ambitieus droogtebeleid nastreven. Het is dan ook aan te bevelen dat de Stad Gent de stedenbouwkundige verordening optimaliseert. In de verschillende ruimtelijke typologieën werden reeds concrete aanbevelingen gemaakt in functie van de kenmerken van de typologie. Deze worden hier herhaald en verder aangevuld met generieke elementen. Concreet kan het interessant zijn om volgende elementen te onderzoeken:

- Een verstrengde normering voor de grootste (residentiële) percelen, zoals bijvoorbeeld het verbieden van regenwaterafvoer via de riolering. Steden zoals Aalst, Rotselaar en Leuven passen dit reeds toe.
- Het verplicht laten afwateren van losstaande garages en terrassen op de begane grond naar groen.
- Voor nieuwe (en eventueel bestaande) opritten die afhellen naar de openbare weg toe, het verplicht voorzien van een bijkomende afwatering naar een infiltratievoorziening op het eigen terrein (indien deze reeds verplicht is door de verordening)
- Verstrengde maximale verhardingsnormen inzake voortuinen en opritten.
- Het verplicht gebruik van waterdoorlatende materialen voor opritten, tenzij deze afwateren naar omliggend groen
- Het verplicht opmaken van een Masterplan Waterhuishouding voor de grootste verharde percelen.
- Het verplicht aantonen van de effectiviteit van nieuw aangelegde infiltratievoorzieningen aan de hand van beproeving of monitoring voor de grootste infiltratievoorzieningen

Actie 4 RWA visie

Er is nood aan een RWA visie voor Stad Gent, waarbij voldoende tijd is voor vooronderzoek. Op die manier kan de visie integraal worden uitgewerkt en rekening houden met locatiespecifieke kenmerken. Bij dit vooronderzoek kunnen onder meer al grondwatermetingen, boringen, grachteninventarisaties gebeuren. De hydrologie van de onderzoekszone dient vooraf te worden onderzocht om na te gaan welke locaties meest geschikt zijn voor bijvoorbeeld infiltratie. Ook kunnen voor de aanwezige groenzones, vijvers, slotgrachten de buffercapaciteit en ecologische

randvoorwaarden (nodige waterkwaliteit) worden geïnventariseerd om deze op te nemen in de RWA visie. Zo kan tot een meer integrale aanpak gekomen worden, met optimaal inzetten van kansen.

Actie 5 Optimaliseren van het beleidskader bemalingen

Stad Gent heeft reeds een vooruitstrevend beleidskader rond bemalingen dat maximaal inzet op het minimaliseren van onttrekkingen en de impact daarvan. Door nieuwe inzichten en technieken zijn er verdere optimalisaties mogelijk in het beleidskader rond bemalingen. In de verschillende ruimtelijke typologieën werden deze reeds aangeraakt, tezamen met specifieke aandachtspunten in functie van de gebiedskenmerken. We vatten enkele mogelijkheden om het beleidskader verder te optimaliseren samen:

- Opleggen van een vooronderzoek naar de nood van bemaling, best gebruikte technieken en potentiële impact van een bemaling. Een eenduidig en transparant behandelingskader bronbemalingen wordt hiertoe opgemaakt. Een vooronderzoek kan bijvoorbeeld gevraagd worden voor bemalingen met een verwacht onttrekkingsvolume dat groter is dan 15.000 m³ en/of een verlaging beogen van >4 meter. Men kan ook opteren om een uitgebreider kader hiertoe op te zetten i.f.v. de grondlagenopbouw, bemaalbaarheid, grondwaterverlaging, het risico op schade aan constructies en het risico op schade aan nabijgelegen groenzones, bomen en vegetaties. De gemeente Sint-Martens-Latem gebruikt reeds dergelijk bemalingskader. Dit kader moet bovendien worden afgestemd met de richtlijnen rond bemaling van de Vlaamse Milieumaatschappij (https://www.vmm.be/water/grondwater/bemaling/).
- Opstellen van randvoorwaarden ter bescherming van groenzones en vegetaties in de impactzone. Dit kan gaan van het opleggen van peilgestuurd bemalen, de installatie van een keerwand bij bemalingen in de buurt van kwetsbare natuurgebieden, randvoorwaarden bij de opzet van retourbemaling enzovoort
- Opleggen van het gebruik van de best beschikbare technieken, zoals het verplicht gebruik van een peilgestuurde bemaling daar waar retourbemaling niet mogelijk is.
- Uitwerken van een verplichte maar haalbare monitoringsplan van bemalingsinstallaties door de exploitant.
- Uitwerken van een afsprakenkader met de Vlaamse Milieumaatschappij voor het uitvoeren van controles en handhaving op de monitoring van bemalingen.
- Onderzoeken van het invoeren van een gemeentelijke heffing op het lozen van bemalingswater zonder retour. Volgens de huidige normering is enkel een heffing van toepassing op het lozen van bemalingswater op de openbare riolering voor pompinstallaties met een capaciteit van 10 m³ per uur. Om verspilling tegen te gaan, en het gebruik van de best beschikbare technieken te stimuleren wordt dergelijke heffing onderzocht. Dit hangt nauw samen met het verzekeren van een goede handhaving en monitoring.

Stad Gent faciliteert een duurzamer beheer van bemalingen door:

- Het nuttig gebruik van bemalingswater te stimuleren, en het online ontsluiten van de locatie van aftappunten verder te zetten.
- Opvolging van grondwaterstanden in nabijgelegen groen
- Een kaart op te maken waarnaar bemalingswater afgewaterd kan worden indien lokale retourbemaling niet mogelijk blijkt, waar het water kan infiltreren. Eventueel kan de Watersysteemkaart – “mesoschaal depressies” van Staes en Meire (2020) richtinggevend zijn hierbij of kan gekeken worden waar (park) vijvers aangevuld kunnen worden.
- Een kaart op te maken waarbij aangeduid wordt of en waar gebruik gemaakt kan worden van het ondergrondse rioleringsnetwerk om bemalingsbuizen tijdelijk of permanent in te brengen. Zo kan de overbrugbare afstand voor een project naar een zone waar men kan infiltreren of lozen in oppervlaktewater, aanzienlijk uitgebreid worden.

Actie 6 Creëren van een beleidskader in functie van het minimaliseren van verharding op privaat domein

Zoals ook opgenomen in het Gentse klimaatadaptatieplan is het aangeraden om een beleidskader op te zetten om de private verharding rond woningen, horeca, handelszaken, bedrijventerreinen en bedrijfsgebouwen klimaatrobuuster te maken. Dit kan door de verharding af te koppelen van het rioleringsstelsel, waterdoorlatend te maken, te ontharden en te vergroenen. Bij de opmaak van dit kader moet bekeken worden welke concrete instrumenten ingezet kunnen worden hierbij. De bedoeling is dat ingezet wordt op informeren, reglementeren alsook handhaving.

Specifiek binnen deze context is het ook aangeraden om een apart participatietraject op te zetten dat zich richt op de grootste private verharde percelen op het grondgebied om hun (hemel)waterhuishouding te verduurzamen. Een analyse in het kader van de droogtestudie toonde aan dat de 100 percelen met de grootste verharding over het ganse grondgebied 19% van de totale verharding van Gent uitmaken (oftewel circa 1.075 ha verharding). Ook buiten het havengebied zijn er veel grote verharde percelen: de top 100 buiten de haven omvat 517 hectare verharding, oftewel 12% van de verharding in Gent (buiten het havengebied).

Afstemming met Actie 3 waarbij de stedenbouwkundige verordening wordt geoptimaliseerd is aangewezen, alsook met de acties uit de pijler "Communicatie" waarbij de Gentenaar en lokale actoren worden aangezet om verharding te minimaliseren, en private terreinen te vergroenen.

Actie 7 Integreren van een integrale visie op water in ruimtelijke planningsinstrumenten, de Integrale Kwaliteitszorg bij heraanleg van straten en pleinen (IKZ-procedure), projectwerking en masterplanning

Stad Gent werkt volop aan een duurzame visie op water, onder andere via voorliggend droogteplan, hemelwatervisies en diverse studies. Het is sterk aangeraden om deze vaak nog afzonderlijke visies te combineren en af te stemmen tot één integrale visie op water per deelgebied van de stad. De bestaande "regenwaterafvoer-visies" (RWA-visies) kunnen hierbij het vertrekpunt vormen. Afstemming met de in dit rapport uitgewerkte visie op droogte, alsook met de uitbouw van groenklimaatassen zijn hierbij zeer belangrijk.

Vervolgens is het aanbevolen om deze integrale visie te vertalen naar de ruimtelijke planningsinstrumenten. Het beschermen van de natte natuur, het creëren van aaneengesloten blauwgroene linten, realiseren van groenklimaatassen en het beschermen van open ruimte zijn hierbij centrale aandachtspunten. Ook is het aangewezen dat de Stad deze integrale visie opneemt in de IKZ-procedure, projectwerking en masterplanning. De concepten uit het droogteplan en de visie kunnen waar mogelijk vertaald en geconcretiseerd worden in IPOD IV ("Integraal Plan Openbaar Domein") die de leidraad zal vormen voor een klimaatrobuuste inrichting van het openbaar domein.

Een specifiek aandachtspunt bij de integratie in ruimtelijke planningsinstrumenten is aandacht hebben voor een tijdig (eco)hydrologisch onderzoek bij nieuwe projecten en masterplannen. Het is namelijk van belang om voldoende lange meetreeksen te hebben van grondwaterstanden om hiermee rekening te houden bij ontwerp en het bepalen van locatie van bebouwing, ruimte voor water en infiltratie. Ook de schaal van dit hydrologisch onderzoek moet voldoende groot zijn, gezien de grens van het hydrologisch systeem niet stopt aan de grens van een projectzone.

Actie 8 Stimuleren van projecten rond circulair en duurzaam watergebruik

Stad Gent kan onderzoeken of en hoe de Stad projecten rond circulair en duurzaam watergebruik kan faciliteren. Bij circulair watergebruik wordt regen- en grijswater van huishoudens, industrie of de tertiaire sector opgevangen, gezuiverd en opnieuw gebruikt. Hierdoor vermindert de vraag naar water van andere bronnen, en neemt bijgevolg de algemene waterbeschikbaarheid toe. Ook is een link met "energie" mogelijk, door de restenergie van grote waterstromen te recupereren.

De Stad kan samen met o.a. North Sea Port, de waterloop- en rioleringsbeheerders, vertegenwoordigers van diverse sectoren en de grootste verharders binnen de gemeente onderzoeken welke kansen er zijn voor het realiseren van projecten rond circulair watergebruik, en spoort de betrokken partijen aan tot actie. Daarnaast vormt de stedenbouwkundige verordening mogelijks een interessant instrument om dergelijke projecten te initiëren of aan te moedigen.

De Stad stimuleert bovendien de uitrol van de slimme watermeter in Gent, zodat het (circulair) watergebruik indirect gestuurd kan worden via diverse instrumenten gelinkt aan de slimme watermeter. Samenwerking en afstemming met de drinkwaterleverancier is hierbij van belang.

Deze actie is gelinkt aan Actie 21 waarbij de Stad zelf het goede voorbeeld geeft door het watergebruik te verminderen en te verduurzamen.

Actie 9 Verbreden samenwerking en klimaatadaptief ontwerp naar sogent, OCMW en North Sea Port

Stad Gent zorgt via haar klimaatadaptatieplan voor een verdere verankering van klimaatadaptatie in de werking van sogent, OCMW en North Sea Port. Hierbij wordt bekeken of er specifieke elementen rond de ontwikkelde droogtevisie kunnen worden opgenomen. Dit kan gerealiseerd worden door periodiek overleg te organiseren met sogent om een verder geïntegreerde werking te verkrijgen voor de stadsontwikkelingsprojecten in hun portefeuille. Verder wordt de inkanteling van de OCMW gebouwen in het stedelijk departement Facility Management gebruikt om te onderzoeken of en hoe de visie, principes en aanpak uit het droogteplan geïmplementeerd kunnen worden in die gebouwen, zoals bijvoorbeeld het verduurzamen van het patrimonium en het realiseren van hemelwaterneutrale gebouwen (zie Actie 1). Met North Sea Port en andere partners in het havengebied, zoals bijvoorbeeld het Projectbureau Gentse Kanalen, worden uitdagingen op vlak van droogte en klimaatadaptatie benoemd en waar mogelijk aangepakt.

Actie 10 Uitwerken strategie voor duurzame watergift ('gietrondes')

Ten gevolge van de afgelopen droge jaren is de noodzakelijke watergift, voornamelijk aan jong plantgoed, drastisch toegenomen. Er is dus meer water nodig om de verdroging van groen in de stedelijke omgeving op te vangen. Het is bijgevolg van belang dat de Stad tracht om duurzame bronnen voor de watergift aan te spreken. Hiertoe kan de stad een visie uitwerken rond watergift, waarbij duurzame bronnen voor watercaptatie in kaart worden gebracht, eveneens afgestemd met de aanbevelingen rond de aanleg van collectieve regenwaterputten en de heraanleg van het publiek domein (waarbij regenwater direct naar groen wordt afgeleid, of bijkomend infiltreert waar groen aanwezig is; zie ook Actie 4 – RWA visies). Daarnaast kan ook ingezet worden op kennisopbouw rond soorten die minder water nodig hebben, alsook beheerstechnieken waardoor plantgoed en groen minder water nodig heeft of van nature meer water beschikbaar heeft (zie ook de actie rond proeftuinen).

10.12 Actiedomein 2: Kennisopbouw impacts droogte in Gent

Kennisopbouw rond de impacts van droogte in Gent is belangrijk. Zo kunnen we bepalen waar acties het meest nodig zijn, en welke maatregelen het meest effectief zijn.

Actie 11 Uitbouwen en ontsluiten van een grondwatermeetnet

Zicht hebben op de grondwaterstanden is belangrijk om verdroging op te kunnen volgen, alsook om de impact van maatregelen te evalueren en te bepalen in welke zones (ondergrondse) infiltratie eventueel minder aangewezen is door hoge grondwaterstanden. Het is daarom aan te raden dat de Stad inzet op de uitbouw van een grondwatermeetnet als aanvulling op de verantwoordelijkheden van andere overheden en instanties. Hierbij is er afstemming nodig met de bestaande meetnetten, in bijzonder het primair en secundair meetnet van VMM, het Watina-meetnet van INBO, en de bedrijven die het grondwaterpeil opvolgen in de haven vanwege vergunningsverplichtingen. Bijkomende peilbuizen worden bij voorkeur vooral geïnstalleerd in de buurt van ecologisch waardevolle gebieden of puntlocaties die nog niet bemeten worden (dit kunnen natuurgebieden zijn, maar eventueel in de buurt van waardevolle parken of toekomstbomen in het stedelijk gebied).

Aan grote (permanente) bemalingen kan gevraagd worden om de bemalingsgegevens en gemeten grondwaterpeilen minstens maandelijks ter beschikking te stellen.

Voor het beheer en de afstemming van de peilbuismetingen kan een afsprakenkader opgemaakt worden met de andere betrokken actoren, alsook een onderhoudsprogramma opgesteld.

Actie 12 Actief ondersteunen van de uitbouw van een meetnet voor het opvolgen van de waterpeilen

Metingen van oppervlaktewaters zijn nodig om inzicht te krijgen in het droogvallen van waterlopen, of laagwaters die schade aan het aquatisch leven kunnen induceren. Bovendien kan door dergelijke inzichten een meer doelgericht proactief beheer uitgestippeld worden door bijvoorbeeld drainage door grachten en waterlopen te identificeren, maar het geeft ook kansen om tijdig op te treden in periodes van waterschaarste (reactief beheer).

Het is daarom aangewezen dat Stad Gent afstemt met hogere overheden en waterbeheerders over de mogelijkheden van het bijkomend installeren van sensoren op waterlopen, in bijzonder op waterlopen met belangrijk aquatisch leven (zie ook Actie 14 waarbij deze gekarteerd worden). Er kan ook afstemming gezocht worden met rioolbeheerder Farys voor het ontsluiten van (real-time) informatie van gemeten peilen ter hoogte van pompstations. Daarnaast kan ook met de Provincie Oost-Vlaanderen worden overlegd, die in het kader van het provinciaal droogteplan bijkomende sensoren zal installeren op waterlopen.

Het is aan te raden dat Stad Gent zelf het initiatief neemt om in periodes van droogte het peil op te volgen van vijvers, zodat meer inzicht verkregen wordt in het droogvallen van de vijvers. Waar nodig zou men peillatten kunnen plaatsen, voorzien van een QR-code zodat ook burgers metingen kunnen doorsturen. Onder andere de vijver van het Frans Toch park verdroogt, evenals de slotgrachten in vele kasteelparken (zoals Claeys-Bouart, Vyncke Bovyn en andere).

Actie 13 Uitbouwen en ontsluiten van waterkwaliteitsmetingen

Ten gevolge van droogte komt de waterkwaliteit verder onder druk te staan. Waar specifieke activiteiten rond water georganiseerd worden in de stad, zoals bijvoorbeeld bij zwemwaters, is het aan te raden dat Stad Gent verder inzet op het bemeten van de waterkwaliteit. Ook in de buurt van rioleringsoverstorten en vijvers is het aanbevolen om metingen uit te voeren. Hierbij is afstemming nodig met de waterloopbeheerders (veelal De Vlaamse Waterweg en VMM) die ook verantwoordelijk zijn voor waterkwaliteitsmonitoring. Ook wordt er samengewerkt met North Sea Port voor het monitoren van de verzilting in de oppervlaktewaters op en rond het Kanaal Gent-Terneuzen.

Actie 14 Onderzoeken van de kwetsbaarheid van ecosystemen en landbouw tegen verdroging

Het is aangeraden dat Stad Gent de kwetsbaarheid van ecosystemen, aquatisch leven en landbouw voor verdroging verder onderzoekt. Zo kunnen er soorteninventarisaties worden uitgevoerd in de meest kwetsbare gebieden samen met Agentschap Natuur en Bos, de Provincie Oost-Vlaanderen, INBO en Natuurpunt om de impact over meerdere jaren op te volgen. In het kader van de droogtestudie werden kaarten opgemaakt van de meest waardevolle kwetsbare natuur, alsook de kwetsbaarheid en gevoeligheid voor verdroging van ecotopen uit de biologische waarderingskaart Gent. Deze kaarten (zie §6.1) kunnen een leidraad vormen voor een gebiedsgericht onderzoek.

Daarnaast kan het bomeninventaris uitgebreid worden met een selectie van “toekomstbomen”: bomen die het meest waardevol zijn en een verhoogde bescherming dienen te verkrijgen. O.a. bij bemalingen in de buurt van deze bomen kunnen dan verscherpte bemalingseisen opgesteld worden (zie ook Actie 5).

De droogteschade bij landbouw wordt actief opgevolgd. De stad kan trachten om samen met de Provincie Oost-Vlaanderen, Departement Landbouw & Visserij, ILVO, Boerenbond en andere sectorvertegenwoordigers oorzaken en remediërende oplossingen in kaart te brengen. De typologie “Agrarische gebieden” (§10.8) geeft hier reeds een eerste invulling aan.

Bijkomende kennis omtrent het aquatisch leven in de kleinere waterlopen van Gent is wenselijk, zodat een beter doelgericht en proactief droogtebeheer mogelijk wordt voor die waterlopen.

10.13 Actiedomein 3: Kennisopbouw oplossingen

Naast meetnetten die de impact van droogte helpen inventariseren om uit te zoeken waar welke maatregelen aangewezen zijn (zie actiedomein 2), is het ook belangrijk om gebiedsgericht onderzoek te doen naar waar welke oplossingen het effectiefst zullen zijn, alsook proefprojecten op te starten om (nieuwe) oplossingen uit te testen en kennis te verwerven.

Actie 15 Uitwerken aangepast peilbeheer van pompen, verondiepen van grachten en plaatsen van stuwtjes

Uit de droogtestudie kwam herhaaldelijk naar voren dat een aangepast peilbeheer van pompen en stuwtjes zeer belangrijk kan zijn om verdroging te beperken. Het is daarom aangewezen dat Stad Gent in samenwerking met rioolbeheerder Farys locatiespecifiek onderzoek uitvoert om na te gaan of een aangepast beheer van de grachten mogelijk is om vernatting te bevorderen , zonder evenwel de overstromingsrisico’s verder opwaarts te verhogen. Concreet wordt onderzocht of het mogelijk is om de grachten te verondiepen, hogere streefpeilen te hanteren door het aanslagpeil van pompen te verhogen, of de stuwoverlaat hoger in te stellen zonder daarbij evenwel onaanvaardbare

overstromingsrisico's te creëren. Waar nodig kan het plaatsen van stuwtjes overwogen worden, een aangepast ruimingsbeheer gerealiseerd worden of meer ruimte voor de grachten (en tijdelijke berging) gecreëerd worden (ook afgestemd op wateroverlastrisico's).

Als brede eerste stap om dergelijk peilbeheer te realiseren is het aanbevolen om een inventarisatie op te maken van alle grachten op het grondgebied, tezamen met alle gemalen en stuwtjes in beheer van Stad Gent, Farys, de Provincie Oost-Vlaanderen en VMM. De Vlaamse Overheid werkt ook reeds aan dergelijke grachteninventarisatie op basis van het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen II, wat wellicht dan ook als vertrekbasis voor een meer verfijnde inventarisatie gebruikt kan worden.
Daarnaast zijn ook locatiespecifieke acties aangewezen. Bijvoorbeeld, de Rietgracht in de Gentbrugse Meersen wordt nu op een laag peil gehouden wat verdroging in de hand werkt. Het is aanbevolen om voor deze specifieke situatie te onderzoeken of het streefpeil verhoogd kan worden, eventueel door het bijkomend installeren van bijkomende hydraulische kunstwerken. Zoals hierboven reeds gesteld is de Groendienst op dit moment bezig met de opmaak van een inrichtingsplan voor het noordelijk deel van de Gentbrugse Meersen en een beheerplan voor de gehele groenpool, waarin ook de waterhuishouding mee wordt bekeken.
Ook in de Groenpool van de Vinderhoutse bossen, zorgt het Duivelsputgemaal dat beheerd wordt door de Vlaamse Milieumaatschappij mogelijks voor verdroging. Bijkomend onderzoek is hieromtrent evenwel nodig. In kader van de opmaak van een beheerplan voor deze Groenpool loopt op dit moment een ecohydrologische studie waarin ook de waterhuishouding wordt herbekeken met oog op het nemen van maatregelen tegen verdere verdroging.

De Polder Moervaart en Zuidlede toonde ook reeds interesse om een aangepast peilbeheer van de pompen te realiseren. Het is aangeraden dat de Stad dergelijk initiatief mee ondersteunt. Een eerste stap bij dergelijk aangepast peilbeheer is het automatiseren van waterpeilmetingen en kunstwerken. Het is belangrijk dat de Stad aanstuurt op een voldoende integrale benadering, waarbij andere waterloopbeheerders zoals de Provincie Oost-Vlaanderen, Watering Assels en Watering Oude Kale en Meirebeek voldoende betrokken worden.

Actie 16 Onderzoeken en karteren van oorsprong parasitaire afvoer en drainages

Een analyse op het RWZI effluent van Gent gaf aan dat er grootteorde 35.000 m³/dag grondwater wordt gedraineerd via de riolering in wintermaanden (zie ook §2.4.2 voor meer informatie). Gezien deze zeer significante volumes is het aan te raden dat Stad Gent de oorsprong van deze parasitaire afvoeren en drainages van grondwater verder onderzoekt.

Concreet kunnen hiervoor de draaiuren van pompstations van waterlopen in periodes zonder neerslag geanalyseerd worden (zowel in winter als zomer), om zo te bepalen welke pompen het meeste water afvoeren bij droogte in verhouding tot de opwaartse aangesloten oppervlakte. Het is dan wenselijk om de oorsprong van deze afvoer eerst nader te onderzoeken bij de pompen met de grootste afvoer, en vervolgens te bekijken of een hoger peilbeheer gerealiseerd kan worden (zie ook Actie 15).

Een gelijkaardige oefening kan worden uitgevoerd op de pompstations van rioleringsleidingen, aangevuld met gerichte debietsmetingen op de grootste strengen. Op basis hiervan kan per deelzone van het rioleringsstelsel ingeschat worden wat de grootte van de drainagedebieten is, en kan de mogelijke oorsprong bepaald worden.

Actie 17 Realiseren van proeftuinen "droogteresistent stedelijk groen"

Het is aangewezen dat Stad Gent experimenteert met proeftuinen rond droogteresistent stedelijk groen op openbaar domein. De stad kan op die manier ervaring opdoen omtrent de juiste keuze van soorten vegetaties die bijvoorbeeld bestand zijn tegen droogte en hitte, snel afwisselende droge en natte condities (zoals vaak het geval is bij wadi's) of de instroom van strooizouten. Daarnaast kan de Groendienst op die manier zoeken naar aangepaste vormen van groenbeheer om het bestendiger te maken tegen klimaateffecten, zoals mulchen en het gebruik van mycorrhiza bij jonge aanplant. De inzichten dienen vervolgens vertaald te worden naar concrete aanbevelingen voor een afgestemd water- en groenbeheer voor ontwerpen in het openbaar domein.

In het kader van deze studie werd reeds een eerste (beperkte) lijst opgemaakt van soorten die geschikt zijn voor aanplant in wadi's, alsook zouttolerante planten en bomen op basis van de literatuur (zie ook §8.5). Deze lijst moet verder uitgewerkt worden in kader van IPOD IV en de relevante werkgroepen van de Groendienst.

Daarnaast moet ook bekeken worden of (zie ook 8.4.2)

- Er alternatieve strooimethoden toegepast kunnen worden die toelaten dat water naar bomen en plantvakken afgeleid kan worden
- Er op mechanische wijze gezorgd kan worden dat strooizouten (of andere vervuilende stoffen bij calamiteiten) buiten de plantvakken gehouden kunnen worden, vb. door een tijdelijke barrière te kunnen voorzien en water in dat geval toch af te leiden naar riolering.
- Er voorzuivering nodig is, en in welke vorm. Dit kan bijvoorbeeld gaan om een KWS-afscheider, een rietveld, ed. Het is belangrijk om de dimensies hiervoor voldoende te specifiëren.

Actie 18 Onderzoeken van de bouw van collectieve regenwaterputten

Collectieve regenwaterputten kunnen een alternatieve bron voor water vormen voor bijvoorbeeld gietrondes, het vullen van veegwagens, het kuisen van het openbaar domein, maar ook voor gebouwen die zelf geen ruimte hebben om een hemelwaterput te plaatsen. Gezien de brede potentiële inzetbaarheid is het aanbevolen dat de Stad Gent waar het opportuun is om collectieve regenwaterputten te installeren op het openbaar domein de concrete mogelijkheden onderzoekt. De volumes van collectieve regenwaterputten kunnen geen structurele oplossing vormen voor het opvangen van de watervraag in Gent omdat deze te kleinschalig zijn, maar kunnen wel een strategische watervoorraad bieden voor bepaalde essentiële waternoden. Bovendien geeft de Stad op die manier het goede voorbeeld naar andere actoren.

Waar nood is aan dergelijke collectieve regenwaterput moet eerst een kostenbatenanalyse uitgevoerd worden die de investerings- en onderhoudskosten afweegt tegen de (maatschappelijke) opbrengsten. Tijdens deze afweging is het wenselijk om ook te onderzoeken of deze collectieve regenwaterputten een dubbele inzet kunnen krijgen om niet enkel droogte maar ook wateroverlast op te vangen door water van piekbuien te bufferen (zie ook Actie 19).

Actie 19 Toepassen van intelligente sturing op bronmaatregelen en waterlopen

Via intelligente sturing van het watersysteem kan water maximaal vastgehouden worden in tijden van droogte, maar is er ook ruimte om piekbuien op te vangen en zo wateroverlast te vermijden. Dit vergt een actief en "intelligent gestuurd" peilbeheer op basis van technologische ontwikkelingen. Het is aangewezen dat Stad Gent de waterloop- en rioleringsbeheerders aanspoort om te onderzoeken of

dergelijke proefproject rond intelligente sturing opgezet kunnen worden op Gents grondgebied. Indien succesvol, kan dit verder uitgerold worden naar het ganse grondgebied.

De stuwtjes-kaart (§8.4.4) die opgemaakt werd in het droogteplan geeft alvast een eerste ruwe indicatie waar gestuurde stuwtjes op grachten wellicht wenselijk zijn. De techniek kan echter ook op bronmaatregelen, zoals buffers en infiltratievoorzieningen, toegepast worden, en invulling geven aan een waternood.

10.14 Actiedomein 4: Realisaties op het terrein

In het eerste deel van het actieplan werden reeds verschillende acties naar voren geschoven met locatiespecifieke uitwerking en doelstellingen. In dit actiedomein worden die acties aangevuld met aanbevelingen voor enkele meer generieke realisaties op het terrein.

Actie 20 Verduurzamen van het stadspatrimonium op vlak van droogte

Stad Gent kan het goede voorbeeld geven door het stadspatrimonium te verduurzamen op vlak van droogte. Concreet zou hiertoe eerst een scan uitgevoerd moeten worden van het ganse stadspatrimonium waarbij de duurzaamheid op vlak van droogte wordt onderzocht. Hierbij wordt idealiter het watergebruik alsook de opvang en afvoer van hemelwater in kaart gebracht, zoals de afstroming van de verharde oppervlaktes, de aanwezigheid van regenwaterputten en infiltratievoorzieningen. Het is sterk aangeraden om deze “scan” van het stadspatrimonium ook uit te breiden met andere aspecten rond klimaatmitigatie en –adaptatie. Deze actie is ook gelinkt aan de aanbevelingen voor het realiseren van hemelwaterneutrale stadsprojecten, en het voorzien van (collectieve) buffers als duurzame waterbron voor gietrondes. Afstemming is nodig met het patrimoniumbeleidskader dat in opmaak is, alsook met de Visienota Hemelwater Stadspatrimonium.

Actie 21 Duurzaam watergebruik van de stadsdiensten stimuleren

Er kan verder worden ingezet op een duurzamer watergebruik binnen de verschillende stadsdiensten. Concreet kan bijvoorbeeld een interne communicatiecampagne worden opgezet met als doel om het watergebruik door de stadsdiensten te verminderen. Het stadspatrimonium kan ook maximaal worden uitgerust met regenwaterputten en een recuperatiesysteem zodat het opgevangen hemelwater kan hergebruikt worden voor laagwaardige toepassingen, zoals toiletspoelingen. Tot slot kan ook voor het watergebruik bij gietrondes van de Groendienst maximaal worden ingezet op gebruik van duurzame bronnen, zoals opgevangen hemelwater. Het is hier van belang het totale plaatje te bekijken en waar nodig een kosten-baten analyse te voorzien waarbij ook bijvoorbeeld de kost voor transport water, installaties en onderhoud mee wordt geëvalueerd. Deze actie sluit bijgevolg aan op Actie 1 (“Hemelwaterneutrale stadsprojecten”), Actie 8 (“Stimuleren van circulair en duurzaam watergebruik”), Actie 10 (“Strategie voor duurzame waterfgift”), Actie 18 (“Bouw van collectieve regenwaterputten”) en Actie 20 (“Verduurzamen stadspatrimonium”).

10.15 Actiedomein 5: Communicatie & sensibilisering

Actie 22 Gentenaars en Gentse actoren sensibiliseren, informeren en enthousiasmeren rond droogtemaatregelen

Communicatie en sensibilisering rond een duurzaam waterbeheer is cruciaal om hiervoor een draagvlak te creëren en mensen positief aan te zetten tot actie. Het is daarom aangewezen om een communicatiecampagne op te starten die afgestemd is op andere campagnes i.h.k.v. klimaatadaptatie waarbij goede voorbeelden in Gent belicht worden, en waar concrete tips gegeven worden over welke maatregelen Gentenaars en Gentse actoren (landbouw, bedrijven, tertiaire sector, …) zelf kunnen nemen. We denken hierbij o.a. aan:

- Ludieke en eenvoudige acties die echter vaak een grote impact kunnen hebben, zoals bijvoorbeeld het doorzagen van regenwaterpijpen en laten afstromen van het water naar tuinen en groenzones. Een ander voorbeeld is het "tegelwippen" uit Nederland, waarbij tegels verwijderd worden om geveltuintjes te realiseren.
- Het vertalen van het beleidskader om verharding te verminderen (zie Actie 6) naar de praktijk. Deze acties kunnen gebundeld worden onder het initiatief "Gent breekt uit", een gezamenlijk actieweekend type "Gentsche Gruute kuis".
- Maatregelen om spaarzamer om te gaan met water en regenwater te gebruiken.
- Ontradingsacties om de installatie van grondwaterboorputten te vermijden.
- Informatie omtrent subsidies die aangeboden worden door de Stad en andere overheden om deze maatregelen te implementeren.

10.16 Actiedomein 6: Samenwerking

Enkel door samen te werken met andere actoren kan een duurzaam droogtebeleid gerealiseerd worden. De voorgaande acties zijn dan ook quasi allen gericht op samenwerking. In dit actiedomein worden, aanvullend op voorgaande acties, nog enkele bijkomende aangeraden samenwerkingen belicht.

Actie 23 Klankbordgroep en denktank "Water in Gent" opstarten

Er zijn zeer veel actoren actief in Gent die direct (of indirect) gelinkt zijn aan de watersector. Gentse organisaties beschikken samen over zeer veel kennis en ervaring rond maatregelen om de droogterisico's te beperken. Het is daarom aangewezen dat de Stad Gent een brede klankbordgroep (of "denktank") organiseert die periodiek samenkomt om samenwerkingen op te zetten, kennis te delen en opportuniteiten voor een beter waterbeheer te identificeren. Er dienen zowel aspecten rond wateroverlast als droogte opgenomen te worden, en de brede risico's daaraan verbonden. Deze klankbordgroep betrekt alle actorgroepen (o.a. landbouw, natuur, industrie, bouwsector, stadsdiensten, burgers, …) actief in Gent, tezamen met hogere overheden, kennisinstellingen en bedrijven.

Actie 24 Stimuleren van citizen-science projecten rond droogte

Het is aangeraden dat Stad Gent citizen-science stimuleert en waar opportuun zelf opzet voor het beheersen van droogte en het verkrijgen van nieuwe inzichten. Vlaamse en andere initiatieven, zoals curieuzeneuzen, worden reeds gepromoot. Daarnaast kan de Stad zelf ook initiatieven rond citizen-science lanceren, zoals bijvoorbeeld de installatie van peillatten en "droogtemeters" waar burgers en toevallige passanten de droogtetoestand via een QR-code kunnen doorgeven. Op die manier kunnen burgers bijdragen aan het aflezen van de peilen in waterlopen, vijvers of grondwaterpeilbuizen, waterkwaliteitsproblemen melden of droogtestress rapporteren.

10.17 Actiedomein 7: Monitoring

Een belangrijk onderdeel van het actieplan is het opvolgen van de voortgang en impacts van de acties. Het actieplan is een "levend document" dat geregeld geactualiseerd wordt op basis van nieuwe inzichten, risico's en kansen.

Actie 25 Monitoren van de droogtetoestand en implementatie van acties

Het monitoren van het plan wordt onderverdeeld in 2 categorieën: (1) het monitoren van de uitvoering van acties en maatregelen, en (2) de systeemwerking en impact van acties en maatregelen. Het monitoren van de uitvoering van acties alsook de droogtetoestand zelf dient nog verder geconcretiseerd te worden door de Stad, rekening houdend met de beschikbare middelen (zowel tijd als budget). Hieronder wordt een voorstel gedaan van mogelijke aspecten die gemonitord kunnen worden:

1. Uitvoering van acties en maatregelen:

   - Aantal acties:
     - Opgestart, maar nog niet afgerond
     - Afgerond
     - Nog niet opgestart

   - Indicatoren rond de implementatie van specifieke acties, zoals:
     - Aantal geplaatste stuwtjes
     - Aantal hectare natte natuur hersteld
     - Aantal bronbemalingen met retourstroom, of met een aftappunt voor lokaal gebruik van bemalingswater
     - Aantal permanente drainages geïnventariseerd en aangepakt
     - Aantal gebouwen van het stadspatrimonium uitgerust met een hemelwateropvang en -recuperatiesysteem.
     - Aantal grote perceelseigenaars met veel verharding die betrokken zijn in het participatief traject
     - Aantal "droogtemeldpunten" geïnstalleerd in de stad
     - Aantal samenwerkingen met landbouwers, industrie en andere private actoren (niet-burgers) opgestart rond droogtebeheersing
     - Aantal RWA-visies getransformeerd naar integrale watervisies met integratie van de droogtevisie
     - Verharding en ontharding door het analyseren van de RWZI effluentdebieten. VMM onderzoekt via een lopend traject of dit automatisch aangeleverd kan worden voor alle zuiveringszones in Vlaanderen.

2. Systeemwerking en de impact van maatregelen:
   - Grondwaterpeilen: zie Actie 11
   - Waterpeilen: zie Actie 12
   - Waterkwaliteit: zie Actie 13
   - Impact van droogte op ecotopen: zie Actie 14
   - Landbouwschade: aangegeven schade aan gewassen door landbouwers, gecatalogeerd per teelt
   - Drainage: zie Actie 16 en analyse die in de toekomst wordt uitgevoerd door VMM voor het inschatten van de parasitaire debieten op RWZI-effluenten en eventueel ter hoogte van pompstations

- Aantal, type en oorzaak van inboet

11 Referenties

Antea, 2019. Oppervlaktewaterkwantiteitsmodel van het stroomgebied van waterloop nr. O713 (Duivebeek/Rosdambeek). Deelrapport III: Hydraulica. Opdracht uitgevoerd door Antea group i.o.v. Provincie Oost-Vlaanderen.

BGGG, 2020. Proceedings van de workshop "Schade bij funderingen op kleigronden". Workshop georganiseerd door de Belgische Groepering voor Grondmechanica en Geotechniek, en het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf. 11 februari, Huis van de Bouw, Zwijnaarde, 177 p.

Boeckx, L., Deschamps, M., Mostaert, F., 2020. Laagwaterseizoen 2019: Samenvatting seizoen en gepubliceerde laagwaterberichten waterwegen. Versie 1.0. WL Rapporten, PA006_9. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

De Nocker, L., Craninx, M., Broeckx, S., 2020. Droogteschade scheepvaart. Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij door VITO, publicatie November 2020, 68 p.

De Standaard, 23 juli 2019. Laag water eist zijn tol: Van ArcelorMittal tot de kajakkers. Geraadpleegd op 15 maart 2021. https://www.standaard.be/cnt/dmf20190723_04523284

Haskoning, 2008. Ontwikkeling van een scenario voor de vernatting van de 'Centrale Riviernatuurzone' Groenpool Gentbrugse Meersen. Eindrapport, projectnummer 816823, in opdracht van Stad Gent – Groendienst.

Kongs, T., Hoffmann, M., Vandevoorde, B., Kuijken, E., 1999. Natuurstudie Gentbrugse Meersen. Uitgegeven door het Instituut voor Natuurbehoud (INBO), 83 p.

McKee, T., Doesken, N., Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January 1993, Anaheim, California, 179-183

Nieuwsblad, 31 juli 2019. Scheepvaart Kanaal Gent-Terneuzen beperkt omdat waterpeil nooit eerder zo lang zo laag stond. Geraadpleegd op 15 maart 2021, https://www.nieuwsblad.be/cnt/dmf20190730_04535330

Packet, J., Louette, G., Denys, L., 2011. Inlaten van Leiewater in de "Afgraving" – Stedelijk Natuurreservaat Bourgoyen-Ossemeersen, Gent. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2011 (INBO.R.2011.9). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Piesschaert F., Van Braeckel A., Mertens W., Mikkelsen J., Spanoghe G., Speybroeck J., Vandevoorde B. & Van den Bergh E. (2009). Scheldetraject Gentbrugge-Melle; ecologische potenties in het bovenstrooms Zeescheldetraject. Rapporten van het Instituut voor Natuur-en Bosonderzoek 2009 (INBO.R.2009.47). Instituut voor Natuur-en Bosonderzoek, Brussel.Stad Gent, 2018. Beleidsvisie water in de stad Gent. Studie uitgevoerd door OMGEVING cvba in opdracht van De Vlaamse Waterweg NV en Stad Gent. Gepubliceerd oktober 2018, 218 pp.

Staes, J., Meire, P., 2020. Methodologie voor de opmaak van de watersysteemkaarten voor Vlaanderen. (versie 2020/01/16), Universiteit Antwerpen, onderzoeksgroep Ecosysteembeheer, ECOBE 020-R251.

Vanderkimpen, P., De Boeck, K., Deschamps, M., Mostaert, F., 2019. Mike11 model Leie, Bovenschelde en Gentse Kanalen: Beschrijving versie 2015. Versie 4.0. WL Rapporten, 14_106_4. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Van der Velden, M., Feyen, J. & Rutten, J., 1994. Themahoofdstuk: verdroging. In 'Milieu- en natuurrapport Vlaanderen-1 – Leren om te keren. Vlaamse Milieumaatschappij en Garant, Leuven.

Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S., López-Moreno, J.I., 2010. A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. Journal of Climate, 23(7), 1696-1718

VMM, 2017. Opstellen van richtlijnen voor het meten van de infiltratiecapaciteit en het modelmatig onderbouwen voor de dimensionering van infiltratievoorzieningen. Studie uitgevoerd door IMDC en Bodemkundige Dienst van België vzw in opdracht van VMM. 343 p.

VMM & Sumaqua, 2018. Impact van klimaatverandering op meteorologische droogte in Vlaanderen. Vlaamse Milieumaatschappij & Sumaqua, maart 2018, 44 p.

Vriens, L., Peymen, J., 2017. Ecotoopkwetsbaarheidskaarten voor Vlaanderen. 2016 – versie 2. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (19), Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.12650809

WL, 2012. Opmaak van modellen voor waterbeschikbaarheid en allocatiestrategieën. Waterbouwkundig Laboratorium, rapporten project 724_04:

- Michielsen, S., Pereira, F., Van Eerdenbrugh, K., Mostaert, F., 2012. Opmaak van modellen voor onderzoek naar waterbeschikbaarheid en -allocatiestrategieën in het Scheldestroomgebied: Deelrapport 1 - Inventarisatie
- Michielsen, S., Pereira, F., Van Eerdenbrugh, K., Mostaert, F., 2012. Opmaak van modellen voor onderzoek naar waterbeschikbaarheid en -allocatiestrategieën in het Scheldestroomgebied: Deelrapport 2 - Analyse van het huidige watergebruik
- De Boeck, K., Pereira, F., Van Eerdenbrugh, K., Mostaert, F., 2012. Modellering van waterbeschikbaarheid en -allocatiestrategieën: Deelrapport 3 - Analyse van het huidige wateraanbod
- De Boeck, K., Michielsen, S., Pereira, F., Van Eerdenbrugh, K., Mostaert, F., 2012. Opmaak van modellen voor onderzoek naar waterbeschikbaarheid en -allocatiestrategieën in het Scheldestroomgebied: Deelrapport 4 - Modellering van de huidige toestand op regionaal niveau.
- Vanderkimpen, P., Pereira, F., Van Eerdenbrugh, K., Mostaert, F., 2012. Opmaak van modellen voor onderzoek naar waterbeschikbaarheid en - allocatiestrategieën in het Scheldestroomgebied: Deelrapport 7 - Zoutintrusie kanaal Gent-Terneuzen

Willems, P., Wolfs, V., 2018. Analyse drinkwaterverbruik. Studie uitgevoerd door Sumaqua in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, 46 p.

Willems, P., et al., 2020. Tussentijds syntheserapport "Uitwerking van een reactief afwegingskader voor prioritair watergebruik tijdens waterschaarste". Studie uitgevoerd door KU Leuven, Sumaqua, KPMG, de Bodemkundige Dienst van België, Cycloop en Universiteit Antwerpen i.o.v. de Vlaamse Overheid.

Wolfs, V., Willems, P., Ntegeka, V., 2018a. Impact van beleidsplan Ruimte Vlaanderen op rioleringen. Studie uitgevoerd door Sumaqua in opdracht van VLARIO, 86 p.

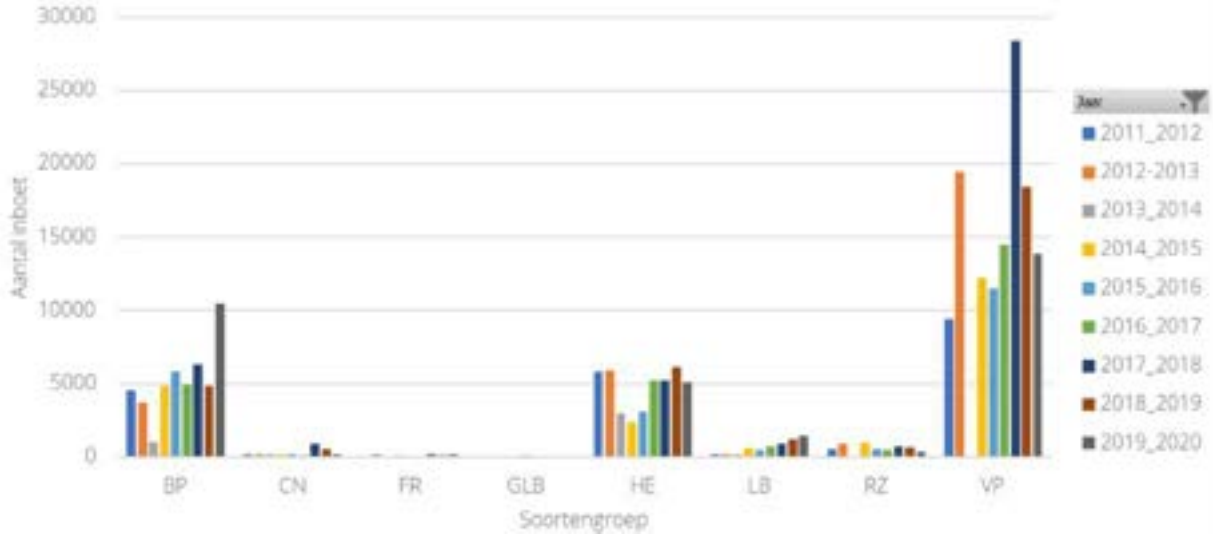
Wolfs, V., Willems, P., Ntegeka, V., 2018b. Impact van klimaatverandering op rioleringen. Studie uitgevoerd door Sumaqua in opdracht van VLARIO, 33 p.

Wolfs, V., Willems, P., 2019. Analyse historische droogte en ontwerprichtlijnen bronmaatregelen onder klimaatverandering. Studie uitgevoerd door Sumaqua in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij., 38 p.

Bijlagen

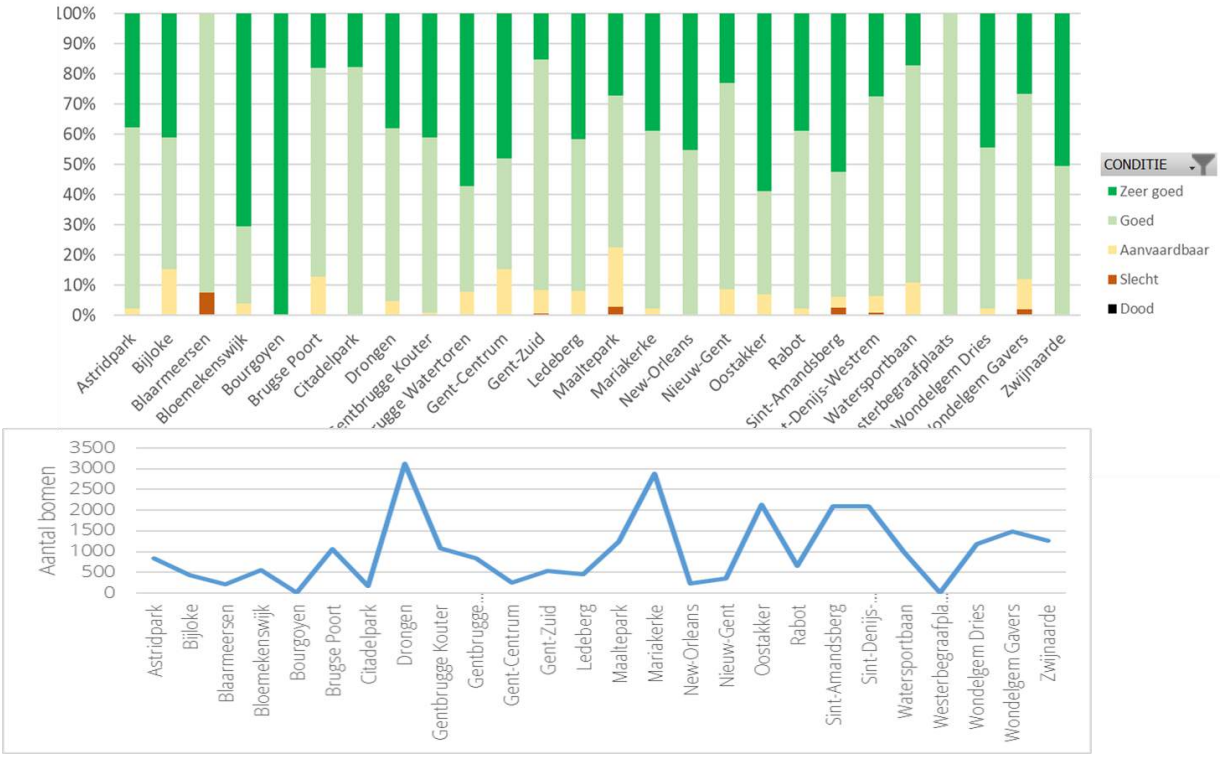
Bijlage A: Analyse van de beschikbare inboetcijfers en bomeninventaris

De groendienst van de stad houdt de cijfers van inboet bij. Onderstaande figuur toont de inboetcijfers voor verschillende soortengroepen vanaf 2011 tot en met het seizoen 2019-2020. Er is een piek waarneembaar in 2019-2020 voor bosplantsoen, en in 2017-2018 voor vaste planten. Er is een sterke toename te zien in de inboetcijfers voor loofbomen. De inboetcijfers zijn niet volledig toe te wijzen aan droogte, en bovendien heeft de sterk toegenomen watergift wellicht de inboetcijfers beperkt. Wel geeft de groendienst aan dat de droogte voor een groot deel bepalend is voor de inboet. De inboetcijfers per soort werden niet geanalyseerd, omdat sommige soorten die minder resistent zijn tegen droogte niet opnieuw (of alleszins minder) aangeplant worden. Een voorbeeld hiervan is de beuk, die bijzonder sterk lijdt onder de toenemende verdroging.



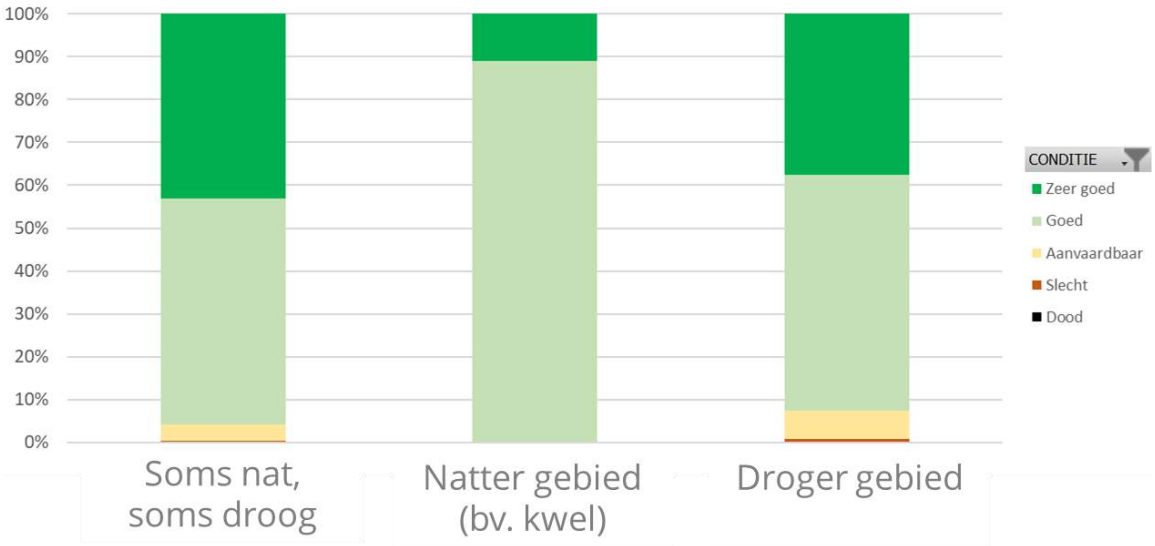
Figuur 166: Cijfers van inboet voor de verschillende soortengroepen (BP: bosplantsoen; CN: coniferen; FR: fruitgoed; GLB: grote loofbomen; HE: heesters; LB: loofbomen; RZ: rozen; VP: vaste planten).

Op basis van het bomeninventaris van Stad Gent werden analyses uitgevoerd op de gezondheidstoestand van bomen. Deze inventaris telt ongeveer 55.000 bomen in Gent, waarvan voor ongeveer de helft de gezondheidstoestand bepaald werd. De gezondheidstoestand werd bepaald tijdens de afgelopen jaren, en is dus mogelijks niet representatief voor de toestand in 2021. Er is geen zeer duidelijke relatie waarneembaar tussen de gezondheidstoestand van de bomen en de wijk waarin zij zich bevinden. In de Bourgoyen hebben alle beoordeelde bomen een “zeer goede” conditie, wat echter minder significant is omdat er in die wijk maar een beperkt aantal bomen geïnventariseerd werden.



Figuur 167: Gezondheidstoestand van de geïnventariseerde bomen per wijk (boven) en aantal bomen opgenomen in de inventarisatie (onder).

Er werd tot slot ook een analyse uitgevoerd naar de gezondheidstoestand van de bomen in functie van hun (hydrologische) standplaats. Hiervoor werd een GIS-analyse uitgevoerd voor de circa 25.000 bomen waarvan de conditie bepaald werd aan de hand van de watersysteemkaarten (Staes en Meire, 2020). Voor elk van deze bomen werd bepaald of zij in droger gebied, natter gebied (inclusief kwelgebied) of wisselend droge/natte gebieden staan. Ook op dit vlak werd er geen duidelijke correlatie gevonden tussen de standplaats en de conditie. Het is dus niet zo dat de conditie in drogere gebieden bijvoorbeeld consistent slechter is dan in andere gebieden. Hierbij moet evenwel opgemerkt worden dat de gezondheidstoestand van veel bomen voor de droogte van 2017-2020 bepaald werd, en dus mogelijks niet meer representatief is voor de toestand vandaag.



Bijlage B: Aanbevelingen stedelijk groen

Geschikte soorten voor wadi's

Bron: Planten voor natte locaties – Ir. M.H.A. Hoffman & Ir. M.E.C.M. Hop – Dendroflora nr 49 2012 (onderzoekers aan Wageningen UR.)

Hop en Hoffman hebben een lijst samengesteld van planten die geschikt zijn voor wadi's. Deze planten moeten bestand zijn tegen wisselende waterstanden. Veel echte moerasplanten (vooral kruidachtigen) zullen het in een wadi niet redden, omdat zij het alleen op permanent natte grond goed doen. Soorten die zeer natte omstandigheden aankunnen hebben een pré, maar de meeste soorten voor natte locaties zullen het ook prima doen. Wat betreft de mate van uitdroging zullen de meeste wadi's ook niet extreem zijn, meestal tot middeldroog. Voor wadi's die sterk kunnen uitdrogen moeten sterk droogteresistente soorten worden gekozen.

Onderstaande geeft een (beperkt) overzicht van soorten die volgens de literatuur geschikt zijn voor het aanplanten in wadi's.

Bomen voor afwisselend nat/droge locaties

- Boomsoorten met een hoge mate van droogtetolerantie, die ook op natte grond kan groeien zolang ze maar niet onder water komt te staan (voor langer dan enkele dagen): *Alnus rubra* (Rode Els), enkele haagbeuksoorten (*Carpinus betulus, C. japonica* en *C. tschonoskii*), *Fraxinus angustifolia* (Smalbladige es), *Quercus frainetto* (Hongaarse eik), *Quercus macranthera* (Kaukasische eik) en *Sorbus aucuparia* (Wilde lijsterbes).
- Bomen die enige tijd (weken) onder water kunnen staan en daarnaast een hoge mate droogteresistentie hebben zijn:
  Acer negunda (Vederesdoorn), *Acer saccharinum* (Zilveresdoorn), *Alnus incana* (Witte els), *Fraxinus pennsylvanica* (Zachte Es), *Gleditsia triacanthos* (Valse christusdoorn) en *Platanus hispanica* (Gewone plataan).
- Enkele wilgensoorten die beschikken over de breedste tolerantie (van zeer zeer nat tot zeer droog):
  Salix alba en Salix sepulcralis
- Moerasbomen die in normale droge grond kunnen groeien:
  Alnus glutinosa, *Salix babylonica*, *Metasequoia glyptostroboides*, *Taxodium distichum*, *Carya aquatica* en *Nyssa aquatica*.
- Groot aantal bomen die op natte grond kan groeien, maar over normale droogteresistentie beschikt

Heesters voor afwisselend nat/droge locaties

- Enkele wilgensoorten zijn het meest flexibel in hun vocht- en droogtetolerantie (hoge droogteresistentie en langdurig onder water kunnen staan):
  Salix cineria (Grauwe wilg), *alix. triandra* (Amandelwilg) en *Salix viminalis* (Katwilg)
- Heestersoorten die een korte tijd onder water kunnen staan en tegelijkertijd over een grote droogteresistentie beschikken zijn:
  Euonymus euroaeus (Wilde kardinaalmuts), *Salix purpurea* (Bitter wilg) en *Salix repens* (Kruipwilg).
- Heestersoorten die een korte tijd onder water kunnen staan, maar iets minder droogteresistent zijn:
  Cornus sericea (Canadese kornoelje), *Ilex verticillata* en *Salix daphnoides* (Berijpte wilg)
- Een heestersoort die een natte standplaats tolereert (maar niet lang onder water kan staan) en tevens op zeer droge grond kan groeien is:

Hippophae rhamnoides (Duindoorn)

- Grote groep heesters die een natte standplaats tolereert en tevens op middeldroge grond groeit:
  Zie artikel voor een uitgebreide opsomming.

Vaste planten voor afwisselend nat/droge locaties

- Een vaste plant die de grootste verschillen in vochtgehalte van zijn standplaats tolereert:
  Lythrum salicaria (Gewone kattestaart)
- Soorten die een behoorlijke natheid verdragen en daarnaast zeer droogtetolerant zijn:
  Epibolium angustifolium (Wilgenroosje), *Eupatorium cannabinum* (Koninginnekruid) en *Scutellaria galericulata* (Blauw Glidkruid)
- Soorten die een natte standplaats (niet zeer nat) tolereert en behoorlijk droogteresistent zijn:
  Ajuga reptans (Kruipen zenegroen), *Anaphalis margaritacea* (Witte knoop), *Astilbe chinensis*, *Panicum virgatum* (Vingergras) en *Pteridium aquilinum* (Adelaarsvaren)
- Soorten dat op echt zeer natte locaties groeit en (tijdelijk) enige droogte verdraagt zijn:
  Filipendula ulmaria (Moerasspirea), *Lobelia fulgens* (Prachtlobelia), *Myosotis palustris* (Moerasvergeet-mij-nietje) en *Typha latifolia* (Grote lisdodde)
- Voor plekken die behoorlijk nat zijn en in een droge periode 'normaal' uitdrogen:
  Inheems: *Angelica sylvestris* (Gewone engelwortel), *Lycopus europaeus* (Wolfspoot), *Lysimachia nummularia* (Penningkruid) en *Persicaria bistorta* (Adderwortel)
  Uitheems: zie artikel
- Grote groep die een natte standplaats tolereert en tevens op middeldroge grond groeit:

Zouttolerante planten en bomen

Bron: Zouttolerantie van planten – Ir. M.E.C.M. Hop – Dendroflora nr 47 2010

Een te hoog zoutgehalte kan er nadelig zijn voor de groei, en zelfs voor de overleving van planten. Hop heeft een lijst van planten met gegevens over zoutgevoeligheid opgesteld, gebaseerd op informatie uit de literatuur (toekomstig onderzoek zal zeker nog veranderingen in de lijst teweeg brengen). Zouttolerantie van planten is een eigenschap waarover in de praktijk niet zoveel bekend is. Het inventariseren van betrouwbare gegevens was daarom niet eenvoudig.

Hieronder een lijst met de zouttolerante planten:

Loofhout: *Acacia cyclops, Agave americana, Allamanda cathartica, Artemisia pycnocephala, Atriplex spp., Baccharis halimifolia, Bougainvillea spp., Callistemon viminalis, Cestrum fasciculatum, Cordyline fruticosa, cotoneaster horizontalis, Elaeagnus angustifolia, Escallonia rubra, Euonymus japonicus, Halimodendron halodendron, Hibiscus syriacus, Lamprathus spectabilis, Leptospermum scoparium, Melaleuca ericifolia, Myoporum spp., Nerium oleander, Nyssa sylvatica, Potentilla fruticosa, Rhus aromatica, Ruttya fructicosa, Shepherdia argentea, Syzgium paniculatum, Washingtonia spp.*

SUMAQUA
Sluisstraat 79 bus 3.01
3000 Leuven, BELGIUM
dr. ir. Vincent Wolfs
Tel.: +32 474 422 003
Mail: vincent.wolfs@sumaqua.be
www.sumaqua.be