
Opmaak van een dynamische waterbalans met afwegingskader en instrumenten voor een reactief en proactief waterbeleid

Versie	V21 - DEFINITIEF
Datum:	25/06/2021
Verspreiding:	Opdrachtgever

Opdrachtgever:

Provincie Limburg
Universiteitslaan 1
3500 Hasselt



Realisatie:

Bodemkundige Dienst van België vzw
W. de Croylaan 48
3001 Heverlee



KU Leuven – Research & Development
Waaistraat 6 – bus 5105
3000 Leuven



Vrije Universiteit Brussel
Pleinlaan 2
1050 Elsene



Referaat:	Indien toepasselijk, dient gerefereerd te worden naar dit document als volgt: Coussement T., Willems P., Bertels D., Huysmans M., Vaessens A., Vanrespaille H., Reynaert S, Elsen F., Beyen S., De Muijnck M. (2021). Opmaak van een dynamische waterbalans met afwegingskader en instrumenten voor een reactief en proactief waterbeleid. Bodemkundige Dienst van België, KU Leuven R&D, Vrije Universiteit Brussel, Provincie Limburg. Eindrapport 25/06/2021. 300+24p.	
Bijzondere voorwaarde:	Referaat enkel na schriftelijke toelating door de opdrachtgever.	

Opdrachtgever, projectleiding:		
Provincie Limburg	Steven Beyen	Steven.Beyen@limburg.be
Universiteitslaan 1		Tel.: +32 (0)11 237369
3500 Hasselt	Marlies De Muijnck	marlies.demuijnck@limburg.be
		Tel.: +32 (0)11 237435

Uitvoering:		
Bodemkundige Dienst van België vzw W. de Croylaan 48 3001 Heverlee	Frank Elsen Tom Coussement Helena Vanrespaille Sofie Reynaert	felsen@bdb.be tcoussement@bdb.be hvanrespaille@bdb.be sreynaert@bdb.be Tel: +32 (0)16 31 09 22
KU Leuven – Research & Development, Waaistraat 6 – bus 5105 3000 Leuven	Patrick Willems Daan Bertels Sotirios Moustakas	patrick.willems@kuleuven.be Tel: +32 (0)16 32 16 58
Vrije Universiteit Brussel Pleinlaan 2 1050 Elsene	Marijke Huysmans Annabel Vaessens	Marijke.Huysmans@vub.be +32 (0)2 6293039 annabel.vaessens@vub.be

Kwaliteitsbewaking:	ISO 9001 (kwaliteitsmanagementsysteemcertificaat volgens de norm NBN-EN-ISO 9001:2008). Toepassingsgebied: Projectwerking en proefveldwerking De studie valt onder het toepassingsgebied en de onderzoeksafdeling die gecertificeerd is met het ISO9001:2008 label door KIWA. Dit houdt in dat voortdurend gestreefd wordt naar kwaliteitsverbetering, zowel op het gebied van onderzoek, studieopdrachten, projectwerking als terrein- en proefveldwerking. Door het gebruik van het kwaliteitshandboek worden alle procedures, werkvoorschriften voor uitvoering van staalnames en metingen, kwaliteit van meetinstrumenten, opleiding, rapportage, enz. schriftelijk vastgelegd en extern geauditeerd. Essentiële kenmerken zijn herhaalbaarheid, traceerbaarheid, ontwikkeling o.m. door feedback van de opdrachtgever.

Ref. order van de opdrachtgever:	2019N047734 /20190003425
Projectcode BDB:	P/OO/389
Realisatie:	R002
Versie:	ProvLimb_OpmaakInstrumentenWaterbeleid_v21
Datum:	24/06/2021

Vooraf:

Dit document is de weerslag de studie uitgevoerd door Bodemkundige Dienst van België, KU Leuven, en Vrije Universiteit Brussel, in samenwerking met de provincie Limburg. In deze studie werden verregaand waterbronnen, wateraanbod, en waterbehoefte, watervraag geïnventariseerd en gedocumenteerd voor de ruimte van de provincie. Vraag en aanbod werden aan elkaar getoetst door waterbalansen. Op deze basis werden tekorten en opportuniteiten geïdentificeerd met het doel beleid en reactieve en proactieve maatregelen te definiëren en verder uit te bouwen in de provincie Limburg. Om keuzes in beleid toe te laten werd afgestemd op het afwegingskader dat in 2020 werd ontwikkeld voor Vlaanderen in coördinatie door VMM (VRAG, 2021).

Correspondentie kan u richten aan

Marlies De Muijnck, beleidsadviseur Directie Ondernemen, Provincie Limburg,

Steven Beyen, coördinator Integraal Waterbeleid, Provincie Limburg

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	25
1.1	CONTEXT	25
1.2	DOELSTELLING	25
1.3	OPDRACHT	26
1.4	FASERING VAN HET ONDERZOEK	26
1.5	INLEIDING TOT DE WATERCYCLUS	26
1.5.1	<i>Wat gebeurt er met de neerslag?</i>	26
1.5.2	<i>Waterreservoirs, fluxen en verblijfstijden</i>	27
1.5.3	<i>Grondwater</i>	28
1.5.4	<i>Oppervlaktewater</i>	30
2	INVENTARISATIE FYSISCH RANDVOORWAARDEN	36
2.1	NIET-TECHNISCHE SAMENVATTING	36
2.2	REFERENTIESITUATIE EN ONTWIKKELINGSCENARIO'S	36
2.2.1	<i>Referentiesituatie</i>	36
2.2.2	<i>Ontwikkelingen</i>	37
2.3	METEOROLOGIE, NEERSLAG	38
2.3.1	<i>Neerslag</i>	38
2.3.2	<i>Referentiegewasverdamping</i>	40
2.3.3	<i>Neerslagoverschot, neerslagdeficit</i>	42
2.3.4	<i>Klimaatscenario's</i>	44
2.4	BODEM - PEDOLOGIE	49
2.5	GRONDWATERSYSTEMEN IN LIMBURG	51
2.5.1	<i>Het Brulandkrijtsysteem</i>	53
2.5.2	<i>Het Centraal Kempisch systeem</i>	56
2.5.3	<i>Het Maassysteem</i>	56
2.6	WATERLOPEN EN STROOMGEBIEDEN OPPERVLAKEWATER	58
2.6.1	<i>Waterlopen</i>	58
2.6.2	<i>Deelstroomgebieden</i>	61
3	INVENTARISATIE AANBODZIJDE	65
3.1	NIET-TECHNISCHE SAMENVATTING INVENTARISATIE AANBODZIJDE	65
3.2	GRONDWATER	65
3.2.1	<i>Grondwaterpeilen</i>	65
3.2.1.1	Evolutie van het grondwater op lange termijn	65
3.2.1.2	Effecten van de droge zomer van 2018 op de grondwaterstand	75
3.2.1.3	Grondwaterstandindicator van het DOV	79
3.2.1.4	Freatisch grondwater: vergelijking september-oktober-november 2018 en maart-april 2019 met de normale toestand	80

3.2.2	<i>Scenarioanalyse met grondwatermodellen</i>	87
3.2.2.1	Beschrijving van de grondwatermodellen van de Vlaamse Milieumaatschappij	87
3.2.2.2	Aanpassingen in de grondwatermodellen	94
3.2.2.3	Kwaliteit en nauwkeurigheid van de grondwatermodellen	96
3.2.2.4	Scenario's van grondwatervoeding en grondwaterextracties	100
3.2.2.5	Klimaatprojecties	109
3.2.3	<i>Conclusies en aanbevelingen</i>	111
3.3	OPPERVLAKTEWATER	113
3.3.1	<i>Niet bevaarbare waterlopen</i>	113
3.3.1.1	Hydrologische modellering deelstroomgebieden	113
3.3.1.2	Analyse van de gemodelleerde debietreeksen	117
3.3.1.3	Conceptueel oppervlaktewatermodel	118
3.3.1.4	Statistische analyse modelresultaten voor en na scenario's	125
3.3.2	<i>Bevaarbare waterlopen</i>	138
3.3.2.1	MIKE HYDRO Basin model	141
3.3.2.2	Conceptueel model kanalenennetwerk	142
3.4	MIJNWATER EN OPPERVLAKTEWATER IN MIJNVERZAKKINGSGBIEDEN	145
3.5	REGENWATER BEBOUWDE GEBIEDEN	146
3.5.1	<i>Inschatting verharde, afvoerende oppervlakte</i>	146
3.5.2	<i>Inschatting beschikbaar volume in hemelwaterputten</i>	147
3.5.2.1	Methode op basis van cijfergegevens aantal huishoudens	147
3.5.2.2	Methode op basis van de GRB-databank	149
3.5.3	<i>Conceptueel model regenwateraanbod bebouwde gebieden</i>	150
3.5.4	<i>Statistische analyse modelresultaten voor en na scenario's</i>	151
4	INVENTARISATIE BEHOEFTE	153
4.1	NIET-TECHNISCHE SAMENVATTING INVENTARISATIE BEHOEFTE	153
4.2	LEIDINGWATER	153
4.2.1	<i>Oppervlaktewater</i>	153
4.2.2	<i>Grondwater</i>	153
4.3	INDUSTRIE	156
4.3.1	<i>Oppervlaktewater</i>	156
4.3.2	<i>Grondwater</i>	156
4.4	NATUUR	157
4.4.1	<i>Inventarisatie natuurgebieden</i>	157
4.4.2	<i>Regenwaterafhankelijke natuur</i>	158
4.4.2.1	Infiltratiegebied	158
4.4.2.2	Vennen	159
4.4.3	<i>Grondwaterafhankelijke natuur</i>	159
4.4.3.1	Indicatoren droogte	159

4.4.3.2	Huidige vegetaties	162
4.4.4	<i>Oppervlaktewaterafhankelijke natuur</i>	164
4.4.4.1	Vloeiweidesystemen	164
4.4.4.2	Wijersystemen	165
4.4.4.3	Bepalingen minimale ecodebieten bevaarbare en onbevaarbare waterlopen	171
4.5	HUISHOUDENS	175
4.5.1	<i>Oppervlaktewater</i>	175
4.5.2	<i>Grondwater</i>	175
4.5.3	<i>Analyse van de watervraag vanuit de behoefte</i>	175
4.5.3.1	Watervraag van huishoudens in een ander licht	175
4.5.3.2	Berekening in privétuinen	176
4.5.3.3	Zwembaden en siervijvers	186
4.5.3.4	Wassen van de auto	187
4.5.3.5	Verruiming	188
4.5.4	<i>Demografische ontwikkelingen</i>	188
4.6	LANDBOUW	190
4.6.1	<i>Vanuit de vraag</i>	190
4.6.1.1	Oppervlaktewater	190
4.6.1.2	Grondwater	190
4.6.2	<i>Vanuit de behoefte</i>	191
4.6.2.1	Areaal cultuurgrond	191
4.6.2.2	Bodemvochtleverend vermogen	193
4.6.2.3	Agroklimatologie	195
4.6.2.4	Karakterisering van de berekening	196
4.6.2.5	Landbouw, andere verbruikers	203
4.6.2.6	Maatschappelijke en bedrijfscontext m.b.t. watergift in de plantaardige productie	203
4.6.3	<i>Langetermijnontwikkelingen</i>	205
4.7	RECREATIE	206
4.7.1	<i>Oppervlaktewater</i>	206
4.7.2	<i>Grondwater</i>	206
4.7.3	<i>Behoeft in specifieke activiteiten</i>	206
4.7.3.1	Sportterreinen	206
4.7.3.2	Watergebonden vakantieparken	209
4.8	HANDEL	210
4.8.1	<i>Oppervlaktewater</i>	210
4.8.2	<i>Grondwater</i>	210
4.9	ANDERE	210
4.9.1	<i>Oppervlaktewater</i>	210
4.9.2	<i>Grondwater</i>	210
5	WATERBALANSEN IN DE RUIMTE VAN DE PROVINCIE LIMBURG	211

5.1	NIET-TECHNISCHE SAMENVATTING WATERBALANSEN IN DE RUIMTE VAN DE PROVINCIE LIMBURG-----	211
5.2	INLEIDING-----	211
5.3	OPPERVLAKTEWATER – ONBEVAARBARE WATERLOPEN-----	211
5.3.1	<i>Aanbod</i> -----	212
5.3.2	<i>Vraag en behoefte</i> -----	212
5.3.2.1	Leidingwater, industrie, huishoudens en recreatie-----	212
5.3.2.2	Natuur-----	212
5.3.2.3	Landbouw-----	213
5.3.2.4	Ecodebieten-----	213
5.3.3	<i>Resultaten</i> -----	214
5.4	OPPERVLAKTEWATER – BEVAARBARE WATERLOPEN-----	216
5.5	GRONDWATER-----	217
5.5.1	<i>Aanbod</i> -----	217
5.5.2	<i>Vraag en behoefte</i> -----	218
5.5.2.1	Leidingwater-----	218
5.5.2.2	Industrie-----	218
5.5.2.3	Natuur-----	218
5.5.2.4	Huishoudens-----	218
5.5.2.5	Landbouw-----	219
5.5.2.6	Recreatie-----	220
5.5.2.7	Overige-----	220
5.5.3	<i>Resultaten</i> -----	220
5.6	SYNTHESE GRONDWATER EN OPPERVLAKTEWATER-----	225
5.6.1	<i>Herrekening naar deelstroombekkens</i> -----	225
5.6.2	<i>Resultaten</i> -----	225
6	KNELPUNTEN EN BELEID-----	227
6.1	NIET-TECHNISCHE SAMENVATTING KNELPUNTEN EN BELEID-----	227
6.2	INLEIDING-----	227
6.2.1	<i>Werking van grondwatersystemen en implicaties voor het beleid</i> -----	227
6.2.2	<i>Werking van oppervlaktewatersystemen en implicaties voor het beleid</i> -----	228
6.3	KNELPUNTEN EN BELEIDSMATREGELEN-----	232
6.3.1	<i>Generieke maatregelen</i> -----	232
6.3.1.1	Potentieel vanuit de bevaarbare waterlopen-----	232
6.3.1.2	Waterconservering in het landschap-----	234
6.3.2	<i>Sectorale maatregelen</i> -----	235
6.3.2.1	Huishoudens-----	235
6.3.2.2	Natuur-----	235
6.3.2.3	Landbouw-----	236
6.3.3	<i>Knelpunten en specifiek beleid per deelstroombekken</i> -----	238

7	ONTWIKKELING INSTRUMENTEN EN AFWEGINGSKADER	242
7.1	NIET-TECHNISCHE SAMENVATTING ONTWIKKELING INSTRUMENTEN EN AFWEGINGSKADER	242
7.2	ONTWIKKELING INSTRUMENTEN EN AANZET TOT ONTWIKKELING AFWEGINGSKADER	242
7.3	ONTWIKKELING VAN DE MODULES	244
7.3.1	<i>Doelstellingen</i>	244
7.3.2	<i>Inventaris en keuze van databronnen voor aansturing van de modules</i>	244
7.3.2.1	Meteorologie	244
7.3.2.2	Waterpeilen in grondwaterafhankelijke natuur	246
7.4	MODULE GRONDWATER	247
7.4.1	<i>Installatie en opstarten</i>	247
7.4.2	<i>Aansturing module en weergave van de resultaten</i>	247
7.5	MODULE WATERBALANSMODEL ONBEVAARBARE WATERLOPEN	250
7.5.1	<i>Installatie en opstarten</i>	250
7.5.2	<i>Invoer en vereiste bestanden</i>	250
7.5.3	<i>Functionaliteit</i>	251
7.5.3.1	Berekenen neerslagafstroming	251
7.5.3.2	Lokaal debiet	252
7.5.3.3	Toestand waterlopen in de provincie	253
7.6	MODULE GRONDWATERGEBONDEN NATUUR	255
8	REACTIEVE MAATREGELEN VOOR DE PROVINCIE LIMBURG	257
8.1	LINK MET VLAAMS REACTIEF AFWEGINGSKADER	257
8.2	DROOGTE/WATERSCHAARSTE-INDICATOREN	258
8.3	WATERBALANS (WATERAANBOD EN WATERVRAAG)	266
8.4	ACTIES EN MAATREGELEN	273
8.5	IMPACTINDICATOREN	275
8.6	PRINCIPES	276
8.7	BEPERKINGEN	277
8.8	AFWEGING	278
8.8.1	<i>Impact mogelijke maatregelen</i>	280
8.8.1.1	Maatregelen bedrijven – Beperking of stopzetting oppervlaktewaterinname door bedrijven	282
8.8.1.2	Maatregelen bedrijven – Beperking of stopzetting freatische grondwaterinname door bedrijven	283
8.8.1.3	Maatregelen landbouw – Beperking of volledige stopzetting irrigatie van vollegrondsteelten	283
8.8.1.4	Maatregelen bedrijven en landbouw – Beperking of stopzetting irrigatie vollegrondsteelten samen met beperking of stopzetting oppervlaktewaterinname door bedrijven	287
8.8.1.5	Maatregelen natuur – Beperking of stopzetting oppervlaktewaterinname in natuurgebieden	289
8.8.1.6	Maatregelen leidingwaterproductie en -verbruik	290
8.8.1.7	Verbod op tijdelijk hergebruik van RWZI-effluentwater	290
8.8.1.8	Maatregelen Albertkanaal en Kempische kanalen	293
8.8.1.9	Maatregelen waterbeheerder	293
8.8.2	<i>Resultaten afweging</i>	293

8.9	EINDBESCHOUWING -----	296
9	REFERENTIES-----	297
10	BIJLAGEN -----	301

Lijst van figuren

Figuur 1: Paden die neerslag kan volgen na het bereiken van het grondoppervlak. Aangepast naar Fitts (2012).	27
Figuur 2: Illustratie van de watercyclus, de reservoirs en de fluxen. Bron: John M. Evans, USGS. Vertaling: Erik Kemink, Netherlands Water Partnership.....	28
Figuur 3: Illustratie van een pakket met aquifers.	29
Figuur 4: Een voorbeeld van grootschalige stromingspatronen op verschillende niveaus in een aquifersysteem. Aangepast van Tóth (1963), via Fetter (2001).	30
Figuur 5: De interactie tussen oppervlaktewater en grondwater. Links: afvoer van het grondwater naar het oppervlaktewater. Rechts: afvoer van het oppervlaktewater naar het grondwater. Aangepast van Fitts (2012).	30
Figuur 6: Bronmaatregelen die verplicht genomen worden in residentieel en niet-residentieel gebied.	31
Figuur 7: Verschil tussen gemeente rioleringsstelsels (boven) en gescheiden rioleringsstelsels (onder) (Berlamont, 1999).....	32
Figuur 8: Verschil tussen hydrologie en hydraulica (schematisch geïllustreerd voor de stedelijke waterhuishouding).....	33
Figuur 9: Hoofddeelstromen in neerslagafstroming naar waterlopen (links geschematiseerd zoals in fysische realiteit; rechts zoals in een conceptueel hydrologisch model) (Willems, 2013).	33
Figuur 10: Gedetailleerdere schematisatie van de neerslagafstroming naar waterlopen (voorbeeld van MIKE-SHE modelleringssysteem).....	34
Figuur 11: Schematische weergave van de hydraulische modellering van waterlopen (Willems, 2013).	35
Figuur 12: Gemiddelde jaarlijkse neerslaghoeveelheid (mm) in de provincie (Ref. KMI) en in zuidoost Nederland (Ref. KNMI) in de periode 1981-2010.	38
Figuur 13: Gemiddelde jaarlijkse neerslaghoeveelheid (mm) in de provincie over 26 jaar (maart 1993 – februari 2019).....	39
Figuur 14: Gemiddelde maandelijkse neerslaghoeveelheid (mm) voor enkele stations in de provincie en aangrenzend, over 26 jaar (maart 1993 – februari 2019).....	40
Figuur 15: Benadering van de gemiddelde jaarlijkse Referentiegrasverdamming (Penman-Monteith) (mm/jaar) in de provincie (1986-2015).	41
Figuur 16: Normaalwaarde globale zonenstraling (kWh/m ² /dag) in de provincie (1984-2013).	41
Figuur 17: Neerslagtekort voor de zomerperioden vanaf 1 april in 2017, 2018 en 2019, en vergelijking met de terugkeerperioden zoals berekend volgens de gegevens van het KMI te Ukkel voor de laatste 120 jaar.	43
Figuur 18: Neerslagtekort voor de zomerperioden vanaf 1 april in 2018 en 2019, o.b.v. de lokale meteorologische gegevens in het centrum van de Provincie Limburg.	43
Figuur 19: Aanpak gevolgd voor de opmaak van de klimaatscenario's voor de provincie Limburg.	44
Figuur 20: RCP broeikasgasscenario's geïllustreerd op basis van de verandering in totale mondiale CO ₂ uitstoot, en vergelijking met oudere generatie SRES broeikasgasscenario's. Het vermelde bereik aan temperatuurverandering is de mondiaal gemiddelde temperatuurverandering samen met de onzekerheid. .	45
Figuur 21: % verandering in maandneerslaghoeveelheid voor de Provincie Limburg voor de 12 maanden van het jaar en de 4 RCP-scenarios (verandering van het huidig klimaat tot het jaar 2100).	46
Figuur 22: % verandering in maandgemiddelde temperatuur voor de Provincie Limburg voor de 12 maanden van het jaar en de 4 RCP-scenarios (verandering van het huidig klimaat tot het jaar 2100).	47
Figuur 23: % verandering in maandgemiddelde potentiële evapotranspiratie voor de Provincie Limburg voor de 12 maanden van het jaar en de 4 RCP-scenarios (verandering van het huidig klimaat tot het jaar 2100).	47

Figuur 24: Gebieden waarvoor de neerslag en potentiële evapotranspiratiegegevens werden geperturbeerd aan de klimaatveranderingssignalen.	48
Figuur 25: Zomer- en winterneerslaghoeveelheden in huidig en toekomstig klimaat (voor het klimaatscenario 2).	48
Figuur 26: Neerslaghoeveelheden tijdens de zomermaanden in huidig en toekomstig klimaat (voor het klimaatscenario 2).	49
Figuur 27: Bodemassociatiekaart in de provincie (1970).	50
Figuur 28: De zes grondwatersystemen in Vlaanderen. Bron: VMM, Operationeel Waterbeheer.	51
Figuur 29: Vergunningen voor het oppompen van grondwater in Limburg, toestand 01/01/2018. Ruwe data: DOV, 2019.	51
Figuur 30: Locaties van de vergunningen voor grondwaterextracties. De grootte van het symbool stelt het volume van de vergunning voor en de kleur stelt de diepte van de vergunning voor. Bron: DOV, 2020.	52
Figuur 31: Gemiddelde diepte van de grondwatertafel in Limburg. Output van de modellen van het Brulandkrijtsysteem, Maassysteem en Centraal Kempisch systeem van de Vlaamse Milieumaatschappij (2019).	53
Figuur 32: Vergunningen voor het oppompen van grondwater uit het Brulandkrijtsysteem in Limburg, toestand 01/01/2018. Ruwe data: DOV, 2019.	53
Figuur 33: Verspreiding van de grondwaterlichamen van het Krijt. De freatische grondwaterlichamen liggen in het zuidoosten van Limburg. Bron: DOV, 2019.	54
Figuur 34: Verspreiding van het Landeniaan aquifersysteem (Paleoceen) en het Brusseliaan aquifersysteem. Het Landeniaan loopt verder onder het Brusseliaan. Bron: DOV, 2019.	54
Figuur 35: Verspreiding van het Oligoceen, Pleistoceen en Quartair aquifersysteem. Het Oligoceen ligt onder het Pleistoceen en Quartair. Bron: DOV, 2019.	55
Figuur 36: Verspreiding van het Centraal Kempisch systeem. Bron: DOV, 2019.	56
Figuur 37: Vergunningen voor het oppompen van grondwater uit het Maassysteem, toestand 01/01/2018. Ruwe data: DOV, 2019.	57
Figuur 38: Verspreiding van het Maassysteem. Het Quartair aquifersysteem ligt boven het Kempisch aquifersysteem en het Kempisch aquifersysteem van de Centrale Slenk. Bron: DOV, 2019.	57
Figuur 39: Waterlopen binnen of met een impact op de oppervlaktewaterbalans van de provincie.	58
Figuur 40: Ruimtelijke afbakening van de bemeten stroomgebieden met aanduiding van het gebied van de provincie Limburg en de locaties (gele kruisjes) van debietmeetlocaties afwaarts van de bemeten deelstroomgebieden.	62
Figuur 41: De bemeten en onbemeten deelstroomgebieden.	63
Figuur 42: De onbemeten deelstroomgebieden.	63
Figuur 43: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Krijt aquifersysteem, grondwaterlichaam BLKS_1100_GWL_2S. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.	66
Figuur 44: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Krijt aquifersysteem, grondwaterlichaam BLKS_1100_GWL_2M. De rode lijn in de figuur rechts stelt het gemiddelde voor.	66
Figuur 45: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Krijt aquifersysteem, grondwaterlichaam BLKS_1100_GWL_1S. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.	67
Figuur 46: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Krijt aquifersysteem, grondwaterlichaam BLKS_1100_GWL_1M. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.	67
Figuur 47: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Paleoceen (Landeniaan) aquifersysteem, grondwaterlichaam BLKS_1000_GWL_1S. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.	68

Figuur 48: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Paleoceen (Landeniaan) aquifersysteem, grondwaterlichaam BLKS_1000_GWL_2S. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.	68
Figuur 49: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Oligoceen aquifersysteem, grondwaterlichaam BLKS_0400_GWL_2S. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.	69
Figuur 50: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Oligoceen aquifersysteem, grondwaterlichaam BLKS_0400_GWL_1S. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.	69
Figuur 51: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Oligoceen aquifersysteem, grondwaterlichaam BLKS_0400_GWL_1M. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.	70
Figuur 52: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in de Pleistocene rivierafzettingen van het Brulandkrijtsysteem. De rode lijn in de figuur rechts stelt het gemiddelde voor.	71
Figuur 53: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in de Maas- en Rijnafzettingen van het Brulandkrijtsysteem. De rode lijn in de figuur rechts stelt het gemiddelde voor.	71
Figuur 54: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in de Centrale Zanden van de Kempen van het Centraal Kempisch systeem. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.	72
Figuur 55: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in de Diestiaangeul van het Centraal Kempisch Systeem. De rode lijn in de figuur rechts stelt het gemiddelde voor.	72
Figuur 56: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Kempisch aquifersysteem in de Centrale Slenk van het Maassysteem. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.	73
Figuur 57: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Kempisch aquifersysteem van het Maassysteem. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.	73
Figuur 58: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Quartair aquifersysteem van het Maassysteem. De rode lijn in de figuur rechts stelt het gemiddelde voor.	74
Figuur 59: Evolutie korte termijn van de stijghoogtes in het Krijt aquifersysteem (BLKS_1100_GWL_2S) van het Brulandkrijtsysteem. De rode lijn stelt het gemiddelde van de periode 2008 tot najaar 2019 voor.	75
Figuur 60: Evolutie korte termijn van de stijghoogtes in het Paleoceen (Landeniaan) aquifersysteem (BLKS_1000_GWL_2S) van het Brulandkrijtsysteem. De rode lijn stelt het gemiddelde van de periode 2008 tot najaar 2019 voor.	76
Figuur 61: Evolutie korte termijn van de stijghoogtes in het Paleoceen (Landeniaan) aquifersysteem (BLKS_1000_GWL_1S) van het Brulandkrijtsysteem. De rode lijn stelt het gemiddelde van de periode 2008 tot najaar 2019 voor.	76
Figuur 62: Evolutie korte termijn van de stijghoogtes in het Oligoceen aquifersysteem (BLKS_0400_GWL_2S) van het Brulandkrijtsysteem. De rode lijn stelt het gemiddelde van de periode 2008 tot najaar 2019 voor. ...	77
Figuur 63: Evolutie korte termijn van de stijghoogtes in de Centrale Zanden van de Kempen van het Centraal Kempisch systeem. De rode lijn stelt het gemiddelde van de periode 2008 tot najaar 2019 voor.	77
Figuur 64: Evolutie korte termijn van de stijghoogtes in Kempisch aquifersysteem van de Centrale Slenk van het Maassysteem. De rode lijn stelt het gemiddelde van de periode 2008 tot najaar 2019 voor.	78
Figuur 65: Evolutie korte termijn van de stijghoogtes in het Kempisch aquifersysteem van het Maassysteem. De rode lijn stelt het gemiddelde over de periode 2008 tot najaar 2019 voor.	78
Figuur 66: Evolutie korte termijn van de stijghoogtes in het Quartair aquifersysteem van het Maassysteem. De rode lijn stelt het gemiddelde over de periode 2008 tot najaar 2019 voor.	79
Figuur 67: Situatie van het grondwater in Limburg op 06/05/2019, gebaseerd op 33 meetplaatsen. Bron: DOV, 2019.	79
Figuur 68: Verschil in stijghoogte tussen de gemiddelde stijghoogte en de stijghoogte van september-oktober-november 2018 in meters. In heel Limburg was de grondwaterstand lager dan de gemiddelde grondwaterstand, wat te verwachten is voor de herfst.	80

Figuur 69: Verschil in stijghoogte tussen de gemiddelde stijghoogte en de stijghoogte van maart en april 2019 in meters. Normaal is de grondwaterstand in het voorjaar overal hoger dan de gemiddelde grondwaterstand. Voor maart-april 2019 was dit enkel het geval voor Maaseik.	81
Figuur 70: Verschil in stijghoogte (m) tussen de gemiddelde stijghoogte in van de maanden september, oktober en november en de stijghoogte van deze maanden in 2018.	82
Figuur 71: Verschil in stijghoogte (m) tussen de gemiddelde stijghoogte in de maanden maart en april en de stijghoogte van deze maanden in 2019.	82
Figuur 72: Grondwaterstandindex voor de laagste grondwaterstand van 2018 voor het freatisch grondwater.	83
Figuur 73: Grondwaterstandindex voor de hoogste grondwaterstand van 2019 voor het freatisch grondwater.	84
Figuur 74: Grondwaterstandindex voor de laagste grondwaterstand van 2019 voor het freatisch grondwater.	85
Figuur 75: Verschil tussen de laagste grondwaterstand van 2019 en de laagste grondwaterstand van 2018 voor het freatische grondwater. Groene kleuren zijn locaties waar het grondwater in het najaar van 2019 hoger was dan het najaar van 2018, rode kleuren zijn locaties waar het grondwater in het najaar van 2019 lager was dan in 2018.	86
Figuur 76: Omvang van het stationair grondwatermodel van het Brulandkrijtstelsel. De topografie van het maaiveld is afgebeeld en de omtrek van Limburg is geplot. Bron: Haecon en Witteveen en bos, via VMM, 2000.	88
Figuur 77: Noord-zuid doorsnede door het Brulandkrijtstelsel grondwatermodel. Bron: Haecon en Witteveen en bos, via VMM, 2000.	88
Figuur 78: Oost-west doorsnede door het Brulandkrijtstelsel grondwatermodel. Bron: Haecon en Witteveen en bos, via VMM, 2000.	88
Figuur 79: Omvang van het stationair grondwatermodel van het Centraal Kempisch Stelsel. De topografie van het maaiveld is afgebeeld en de omtrek van Limburg is geplot. Bron: Verbeiren et al., via VMM, 2006.	90
Figuur 80: Noord-zuid doorsnede door het Centraal Kempisch Stelsel grondwatermodel. Bron: Verbeiren et al., via VMM, 2006.	90
Figuur 81: Oost-west doorsnede door het Centraal Kempisch Stelsel grondwatermodel. Bron: Verbeiren et al., via VMM, 2000.	91
Figuur 82: Omvang van het stationair grondwatermodel van het Maassysteem. De topografie van het maaiveld is afgebeeld, de omtrek van Limburg is geplot en de breuken van alle rekenlagen zijn geplot op de topografie. Bron: Severyns en De Smedt, via VMM 2006.	92
Figuur 83: Noord-zuid doorsnede door het Maassysteem grondwatermodel. Waar de lagen 'verspringen' bevindt de Feldbiss breukzone zich. Bron: Severyns en De Smedt, via VMM, 2006.	92
Figuur 84: Oost-west doorsnede door het Maassysteem grondwatermodel. Waar de lagen 'verspringen' bevindt de Feldbiss breukzone zich. Bron: Severyns en De Smedt, via VMM, 2006.	93
Figuur 85: Grondwaterextracties in het Brulandkrijtstelsel grondwatermodel.	95
Figuur 86: Grondwaterextracties in het Centraal Kempisch Stelsel grondwatermodel.	95
Figuur 87: Grondwaterextracties in het Maassysteem grondwatermodel.	96
Figuur 88: Scatterplot van de geobserveerde versus gesimuleerde stijghoogtes voor het Brulandkrijtstelsel grondwatermodel.	98
Figuur 89: Histogram van de residuals van het Brulandkrijtstelsel grondwatermodel.	98
Figuur 90: Scatterplot van de geobserveerde versus gesimuleerde stijghoogtes voor het Centraal Kempisch Stelsel grondwatermodel.	99
Figuur 91: Histogram van de residuals van het Centraal Kempisch Stelsel grondwatermodel.	99

Figuur 92: Scatterplot van de geobserveerde versus gesimuleerde stijghoogtes voor Maassysteem grondwatermodel	100
Figuur 93: Histogram van de residuals van het Maassysteem grondwatermodel.....	100
Figuur 94: Recharge en extractiescenario's voor aquifersystemen van Brulandkrijtsysteem: gemiddelde afwijkingen in stijghoogte per aquifersysteem t.o.v. de situatie vóór klimaatsverandering en met huidige (2016-2017) grondwaterextracties. Negatieve waarden geven een daling in de evenwichtsstijghoogte weer, positieve waarden een stijging.....	103
Figuur 95: Recharge en extractiescenario's voor aquifersystemen van het Centraal Kempisch systeem: gemiddelde afwijkingen in stijghoogte per aquifersysteem t.o.v. de situatie vóór klimaatsverandering en met huidige (2016-2017) grondwaterextracties. Negatieve waarden geven een daling in de evenwichtsstijghoogte weer, positieve waarden een stijging.	104
Figuur 96: Recharge en extractiescenario's voor aquifersystemen van het Maassysteem ten noorden van de Feldbiss breukzone: gemiddelde afwijkingen in stijghoogte per aquifersysteem t.o.v. de situatie vóór klimaatsverandering en met huidige (2016-2017) grondwaterextracties. Negatieve waarden geven een daling in de evenwichtsstijghoogte weer, positieve waarden een stijging.	105
Figuur 97: Recharge en extractiescenario's voor aquifersystemen van het Maassysteem ten zuiden van de Feldbiss breukzone: gemiddelde afwijkingen in stijghoogte per aquifersysteem, t.o.v. de situatie vóór klimaatsverandering en met huidige (2016-2017) grondwaterextracties. Negatieve waarden geven een daling in de evenwichtsstijghoogte weer, positieve waarden een stijging.	106
Figuur 98: Ruimtelijk patroon in het freatisch grondwater bij een procentuele verandering in grondwaterextracties. Links worden de resultaten voor een afname in extracties afgebeeld en rechts voor een toename in extracties.	107
Figuur 99: Ruimtelijk patroon in het freatisch grondwater bij een procentuele verandering in grondwatervoeding. Links worden de resultaten voor een toename in grondwatervoeding afgebeeld en rechts voor een afname in extracties.	108
Figuur 100: Gesimuleerde grondwatervoeding onder de twee klimaatscenario's: percentage van de huidige grondwatervoeding (de langetermijnsgrondwatervoeding uit WETSPASS).	109
Figuur 101: Resultaten voor het freatische grondwater voor de twee klimaatscenario's. De afname in stijghoogte wordt weergegeven.	110
Figuur 102: Schematische voorstelling van de voornaamste hydrologische processen beschouwd in een conceptueel neerslagafvoermodel.	114
Figuur 103: Modelstructuur van het PDM-neerslagafvoermodel.....	114
Figuur 104. Neerslagstations gebruikt voor de hydrologische modelkalibratie.	115
Figuur 105: Debietmeetreeks te Opoeteren/Bosbeek (L11_518).	115
Figuur 106: Voorbeeld van resultaten bij de hydrologische modevaluatie, voor Achel/Warmbeek (L11_024).	116
Figuur 107: Situering van de gemodelleerde neerslagafstromingsdebieten in het studiegebied van extreem droog naar extreem nat, voor de periode januari 2000 t.e.m. maart 2019.	117
Figuur 108: Evolutie van de berging van oppervlaktewater in de verschillende deelstroomgebieden voor de periode januari 2000 t.e.m. maart 2019.	118
Figuur 109: Evolutie van de berging van oppervlaktewater in de verschillende deelstroomgebieden voor de periode 2005 - 2019.....	118
Figuur 110: Grafische voorstelling van een eenvoudige, gerichte graaf met vier knopen en vijf zijden.	119
Figuur 111: Voorstelling van het graafmodel van de provincie, inclusief lozingslocaties van RWZI's en bedrijven.	120

Figuur 112: Locaties van de referentiemetingen: zwart: Grote Nete (Geel), geel: Velpe (Ransberg), oranje: Gete (Halen), rood: Munsterbeek (Munsterbilzen), lichtgroen: Dommel (Peer), turquoise: Jeker (Nerem), paars: Berwijn/Berwinne (Dalhem), donkergroen: Herk (Spalbeek) en wit: Dormaalbeek (Zoutleeuw).	121
Figuur 113: Debietsmetingen en modelresultaten voor de Gete te Halen.	121
Figuur 114: Debietsmetingen en modelresultaten voor de Velpe ter hoogte van Ransberg.	122
Figuur 115: Debietsmetingen en modelresultaten voor de Dommel te Peer.	122
Figuur 116: Debietsmetingen en modelresultaten voor de Jeker ter hoogte van Nerem.	123
Figuur 117: Debietsmetingen en modelresultaten voor de Berwiin te Dalhem.	123
Figuur 118: Debietsmetingen en resultaten uit verschillende modellen voor de Berwiin te Dalhem.	124
Figuur 119: Debiet van de Demer, afwaarts van de monding van de Stiemerbeek	126
Figuur 120: Uitbreiding van voorgaande figuur waarbij het geaggregeerde debiet voor elke dag van de referentieperiode werd gesitueerd van extreem droog tot extreem nat ten opzichte van dezelfde dag van het jaar van de referentieperiode.	126
Figuur 121: Debiet van de Demer te Molenstede: analyse van de debieten van 2018 en 2019.	127
Figuur 122: Debiet van de Melsterbeek te Rummen: analyse van de debieten van 2018 en 2019.	127
Figuur 123: % waterlopen per toestand van oppervlaktewaterbeschikbaarheid in 2016, 2017, 2018 en 2019.	128
Figuur 124: Warmbeek te Achel: Analyse van de terugkeerperiode van overschrijding van laagwaterdebieten o.b.v. de lokale meteorologische gegevens en deze voor de 100-jaar meteorologische gegevens te Ukkel. De laagste laagwaterdebieten voor 2017, 2018 en 2019 staan ook aangeduid.	129
Figuur 125: Aantal dagen overschrijding van het ecologisch debiet (verstoring) in de oppervlaktewaters van de provincie in 2018 en 2019.	129
Figuur 126: Aantal dagen overschrijding van 1/3 van het ecologisch debiet (extreme verstoring) in de oppervlaktewaters van de provincie in 2018 en 2019.	130
Figuur 127: Aantal dagen overschrijding van het ecologisch debiet in de oppervlaktewaters van de provincie in het huidige klimaat.	130
Figuur 128: Empirische terugkeerperiode van het laagwaterdebiet ter hoogte van de referentielocatie, waarbij het debiet geaggregeerd werd door het nemen van de mediaan over een periode van 30 dagen. Blauw: scenario zonder captatie, oranje: scenario met captatie zonder restricties, geel: scenario met captatie en restrictie van 0.6m³/s.	131
Figuur 129: Uitbreiding van Figuur 75 waarbij de twee captatiescenario's uit het voorbeeld werden toegevoegd: blauw: scenario zonder captatie, oranje: scenario met captatie zonder restricties, geel: scenario met captatie en restrictie van 0.6m³/s.	131
Figuur 130: Situering van de originele (rood) en geplande (geel) captaties in een tweede voorbeeld van scenarioanalyse.	132
Figuur 131: Aantal dagen dat het debiet zich in een 'droge periode' onder de 2-percentielwaarde bevindt voor het scenario RWZI_0.	133
Figuur 132: Aantal dagen dat het debiet zich in een 'droge periode' onder de 2-percentielwaarde bevindt voor het scenario RWZI_50.	133
Figuur 133: Aantal dagen dat het debiet zich in een 'droge periode' onder de 2-percentielwaarde bevindt voor het scenario RWZI_100.	134
Figuur 134: Aantal dagen dat het debiet zich in een 'droge periode' onder de 6-percentielwaarde bevindt voor het scenario RWZI_0.	134
Figuur 135: Aantal dagen dat het debiet zich in een 'droge periode' onder de 6-percentielwaarde bevindt voor het scenario RWZI_50.	135

Figuur 136: Aantal dagen dat het debiet zich in een 'droge periode' onder de 6-percentielwaarde bevindt voor het scenario RWZI_100.	135
Figuur 137: Debiet van de Melsterbeek te Rummen: resultaat van de real-time voorspelling van de laagwaterdebieten op 1 juli 2019 voor de volgende 30 dagen (in dit geval waren enkel de weersvoorspellingen van het KMI voor de volgende 7 dagen beschikbaar; er werd een volledige droge periode van 30 dagen verondersteld, en een bandbreedte aan temperatuur/hitte/verdampingsscenario's).....	136
Figuur 138: Impact van de klimaatscenario's op de laagwaterdebieten in de Warmbeek te Achel: box-plots van de relatieve verandering van het laagwaterdebet voor alle jaren van de simulatieperiode, voor klimaatscenario's 1 en 2.	137
Figuur 139: Impact van de klimaatscenario's op de laagwaterdebieten in (links) de Demer te Hasselt en (rechts) de Herk te Wellen: box-plots van de relatieve verandering van het laagwaterdebet voor alle jaren van de simulatieperiode, voor klimaatscenario's 1 en 2.	137
Figuur 140: Situering van de Provincie Limburg (grijs) ten opzichte van het netwerk van bevaarbare waterlopen en kanalen in Vlaanderen en de nabije omgeving.	138
Figuur 141: Algemene schematisatie van de verdelingsknoop Luik-Maastricht (Pereira et al., 2016).....	140
Figuur 142: Schematisatie van het beschouwde netwerk van bevaarbare waterlopen en kanalen in de Provincie Limburg.	141
Figuur 143: Schematische voorstelling van de waterbalans op het niveau van één kanaalpand.....	142
Figuur 144: Overzicht van de panden in de waterbalans gerelateerd aan de bevaarbare waterlopen in Limburg.	143
Figuur 145: Detail van de 'waterdoorlaatbaarheidskaart' welke per rastercel van 5m aangeeft hoeveel procent van de 'natuurlijke' doorlaatbaarheid werd behouden.	147
Figuur 146: Aantal huishoudens in gemeente As ('Provincie in cijfers').	148
Figuur 147: Aantal bouwvergunningen voor vrijstaande eengezinswoningen in gemeente As ('Provincie in cijfers'). Jaren 2017 en 2018 zijn niet beschikbaar in de database en worden op basis van het gemiddelde voor 2014-2016 ingeschat.....	148
Figuur 148: Dichtheidshistogram van de oppervlakte van 'hoofdgebouwen' volgens de GRB-database in de gemeente As.	149
Figuur 149: Ingeschat verbruikt volumewater uit hemelwaterputten in de gemeente As volgens de twee methodes.	150
Figuur 150: Vulling van verschillende hemelwaterputten met capaciteiten tussen 5 000 en 10 000 liter voor elke dag in 2018, volgens een gemiddeld GSV-dag en een gemiddelde regenwatergebruik.	151
Figuur 151: Resultaten van het regenwatergebruiksmodel: tijdsvariabele regenwatervraag tijdens de extreme droge jaren 1976 en 2018.....	152
Figuur 152: Benodigde capaciteit van de hemelwaterputten om bij constant of weersafhankelijk regenwatergebruik, bij hellende en platte daken, en zonder of met inrekening van oppervlakteberging, voor de extreem droge jaren 1921, 1976, 2017 en 2018 net geen leegstand te hebben.	152
Figuur 153: Volumes leidingwaterproductie in Limburg door De Watergroep. Voor de winningen met periodes zonder data (Tongeren/Lauw II 2000-2008; Trekschuren 2000-2014 en Willekensmolen 2000-2014) is het gemiddelde van de beschikbare jaren genomen Bron: De Watergroep, 2019, persoonlijke communicatie. ...	154
Figuur 154: Sectoren van de vergunningen voor oppompen van grondwater in Limburg - toestand op 01/01/2018. Ruwe data: DOV, 2019 en De Watergroep, 2019, persoonlijke communicatie.	154
Figuur 155: Toepassingen van de vergunningen voor oppompen van grondwater in Limburg - toestand op 01/01/2018. Ruwe data: DOV, 2019.....	155
Figuur 156: (links) Erkende natuurgebieden (rood), natuurgebieden in beheer van ANB (groen), en grondwater-afhankelijke habitatrichtlijngebieden (blauw) gelegen in de provincie Limburg.....	158

Figuur 157: Peilbuizen in natuurgebieden ontsloten via de Watina-databank (INBO, 2019a). Groen: peilbuizen die bemeten worden, paars: bestaande peilbuizen die niet bemeten worden.	160
Figuur 158: Tijdsreeksen van een peilbuis uit de Itterbeekvallei, de Ziepebeek en de Zwarte beek.	160
Figuur 159: Indeling van de grondwaterindex in klassen na gevoeligheidsanalyse op basis van peilmetingen tot 2016, representatief voor 'normale' jaren, en van droge jaren 2017 en 2018.	162
Figuur 160: Vertaling van de habitats gekarteerd in de BWK-habitatkaart naar de vegetatiecodes overeenstemmend met het NICHE model.	163
Figuur 161: Waterstand en debiet in de Grote Fossé doorheen het jaar (bron: waterschap De Dommel).	164
Figuur 162: Verloop grondwaterpeilen in de Schootsheide.	165
Figuur 163: Overzicht van Wijers in het gebied van het Kempisch plateau en de Demervallei (bron: VLM-studie).	166
Figuur 164: Schema van de vijvers van het Midden-Limburgs vijvergebied en de voeding vanuit beken en zouwen.	168
Figuur 165: Overzicht waterlopen in De Maten (Aggenbach, et al. 2014).	169
Figuur 166: Weergave van de rivierdoelsoorten en speciale beschermingszones (groen).	172
Figuur 167: Privétuinen in de provincie Limburg in kaart gebracht.	181
Figuur 168: Reflectiepatroon van de bodem en planten in het zichtbaar licht (VIS) en het nabij-infrarode licht (NIR)	183
Figuur 169: Identificatie van betrokken percelen op orthofoto, detail te Pelt; verwerking naar NDVI van satellietbeelden op 3 verschillende data in 2018.	184
Figuur 170: Demografische ontwikkelingsvooruitzichten 2060 t.o.v. 2016 (%) per arrondissement (Federaal Planbureau)	189
Figuur 171: <i>Teeltgroepen vollegrondse landbouw in de provincie. Groen = grasland, donker groen = maïs, blauw = pitfruit, beige = andere akkerbouwteelten (granen, groenten, aardappelen,...) (VLM, 2017).</i>	192
Figuur 172: <i>Cumulatief jaarverbruik in de berekening in de landbouw (openlucht, inclusief kap) in Limburg (Klimatologische periode 1986-2015).</i>	200
Figuur 173: <i>Toetsing van het waterverbruik uitgedrukt in mm watergift per jaar binnen de CIRO en voor Limburg over het beschouwde landbouwareaal tussen 1990 en 2005.</i>	202
Figuur 174: Deelstroombekkens van de onbevaarbare waterlopen binnen de provincie Limburg	212
Figuur 175: irrigatieperimeters van CIRO (rood) en Elerweerd (blauw)	213
Figuur 176: Links: overzicht van de jaarbalansen voor de onbevaarbare waterlopen; elke 'x' staat voor 1 jaarbalans. Rechts: ter illustratie de jaarbalans van 2018 voor de Abeek Itterbeek; positieve watervolumes betreffen het wateraanbod, negatieve volumes de watervraag.	214
Figuur 177: Jaarbalansen voor de onbevaarbare waterlopen voor de Abeek en Itterbeek, periode 2000-2018. Positieve watervolumes betreffen het wateraanbod, negatieve volumes de watervraag.	215
Figuur 178: Jaarbalansen voor de onbevaarbare waterlopen voor het jaar 2000, voor de 16 deelstroombekken. Positieve watervolumes betreffen het wateraanbod, negatieve volumes de watervraag.	216
Figuur 179: Vergund debiet [m^3/jaar] voor de verschillende grondwaterlichamen in 2018.	218
Figuur 180: Grondwaterlichamen relevant voor irrigatie uit de landbouw	220
Figuur 181: Links: overzicht van de jaarbalansen voor het grondwater; elke 'x' staat voor 1 jaarbalans. Rechts: ter illustratie wordt de jaarbalans van 2018 voor het lichaam CKS_0200_GWL_1 getoond. Positieve watervolumes betreffen het wateraanbod, negatieve volumes de watervraag.	221
Figuur 182: Jaarbalansen voor het grondwater voor MS_0100_GWL_1, voor periode 2000-2018. Positieve watervolumes betreffen het wateraanbod, negatieve volumes de watervraag.	221

Figuur 183: Jaarbalansen voor het grondwater voor het jaar 2000, voor 21 grondwaterlichamen. Positieve watervolumes betreffen het wateraanbod, negatieve volumes de watervraag.	222
Figuur 184: Jaarbalansen voor het grondwater voor de volledige provincie Limburg, voor periode 2000-2018, opgesplitst in freatisch grondwater (links) en gespannen grondwater (rechts). Positieve watervolumes betreffen het wateraanbod, negatieve volumes de watervraag.	224
Figuur 185: Aandeel van de grondwatersystemen [km ²] binnen elk deestroombekken	225
Figuur 186: Waterbalans voor de provincie Limburg in 2018.....	226
Figuur 187: Waterbalans voor de provincie Limburg voor de periode 2000-2018.....	226
Figuur 188: Gebieden topografisch lager gelegen (blauw ingekleurd) dan het streefwaterpeil in de Zuid-Willemsvaart en het kanaal Bocholt-Herentals tot Bocholt, en in het Albertkanaal tot Genk.	233
Figuur 189: Bouwstenen voor de opmaak van een reactief afwegingskader	243
Figuur 190: Dashboard van het grondwaterinstrument	248
Figuur 191: Illustratie van de ruimtelijke weergave van de grondwaterbalans	249
Figuur 192: Informatievenster dat verschijnt bij aanklikken van het grondwatersysteem (links) en de vraag per sector (rechts).....	249
Figuur 193: Beginscherm van de toepassing.	251
Figuur 194: Tabblad 'Berekenen lokaal debiet'.	252
Figuur 195: Kaart met het waterloppennetwerk voor selectie van een rekenknoop door de gebruiker.	253
Figuur 196: Voorbeeld van een gegenereerde debietplot.....	253
Figuur 197: Tabblad 'Toestand Provincie'.	254
Figuur 198: Illustratie ruimtelijke weergave van de grondwatergevoelige natuur, voor een uniforme fictieve actuele peilstand van -0.29 meter	255
Figuur 199: Bouwstenen voor afweging van prioritaire watergebruiken tijdens periodes van waterschaarste	257
Figuur 200: Overzicht van waterbronnen en waterschaarsteproblematieken voor elk van de hoofdsectoren.	258
Figuur 201: Voorbeeld van de twee drempelwaarden voor het onverdeelde Maasdebiet; deze zijn indicatief voor dreigende en effectieve waterschaarste langs het Albertkanaal en Kempische kanalen.	260
Figuur 202: Locaties van de waterpeilmetingen in het droogtemeetnet van de Provincie Limburg.....	261
Figuur 203: Typologieën van onbevaarbare waterlopen m.b.t. ecologische kwetsbaarheid in Vlaanderen....	262
Figuur 204: Voorbeeld van ruimtelijk variabele toestand van de waterlopendebieten voor de onbevaarbare waterlopen in de Provincie Limburg (de kleuren geven de laagwaterdebiettoestand weer); voorbeeld voor 10 augustus 2020.....	263
Figuur 205: Voorbeeldresultaat van de real-time voorspelling van het debiet langs de Melsterbeek te Rummen en vergelijking met langetermijnstatistieken; voorbeeld voor begin juli 2019.	263
Figuur 206: Voorbeeldresultaat van de debiettoestand voor alle locaties langs de onbevaarbare waterlopen in de Provincie Limburg: historisch dag per dag voor de historische periode en voorspelling voor de komende 10 dagen; voorbeeld voor 10 augustus 2020.	264
Figuur 207: Voorbeeld van droogtetoestand o.b.v. representatieve peilbuizen van freatische grondwaterstand voor kwetsbare natuurgebieden in de Provincie Limburg, voor augustus 2018.	265
Figuur 208: Voorbeeld van neerslagdeficiet voor de ganse Provincie (links) en voor stroomgebied van de Grote Nete (rechts) samen met de toekomstvoorspelling, berekend in de grondwatertool.....	265
Figuur 209: Tijdsverloop van het 7-dagen debiet van de Demer te Bilzen, met aanduiding van de extreme laagwaterperiode in juli 2018.	267

Figuur 210: Tijdsverloop van het 7-dagen debiet op de Stiemerbeek te Diepenbeek, met aanduiding van de extreme laagwaterperiode in juli 2018.....	267
Figuur 211: Totaal wateraanbod van neerslag en opwaartse instroom van waterlopen voor de Provincie Limburg.....	268
Figuur 212: Totale waterbalans voor de Provincie Limburg: wateraanbod, jaargemiddeld o.b.v. de periode 2005-2019 exclusief de kanalen, voor verschillende deelcomponenten van wateraanbod, watergebruik en uitstroom, in Mm ³ /jaar. OW=oppervlaktewater, GW=grondwater, HW=hemelwater, AW=ander water (gezuiverd effluentwater).....	269
Figuur 213: Totale waterbalans voor de Provincie Limburg: neerslagafstroming, verdeeld over de afstroming via de oppervlakte, via de riolering, via de onverzadigde zone en de drainage, en de grondwaterafstroming.	269
Figuur 214: Totaal oppervlaktewateraanbod voor de Provincie Limburg, jaargemiddeld o.b.v. de periode 2005-2019 en voor de voorbeelddroogteperiode van 4 juli – 9 augustus 2018, opgedeeld in totale neerslagafstroming, opwaartse instroom, instroom van RWZI-effluentlozingen en instroom van bedrijfslozingen.	270
Figuur 215: Totaal wateraanbod voor de Provincie Limburg, jaargemiddeld o.b.v. de periode 2005-2019 en voor de voorbeelddroogteperiode van 4 juli – 9 augustus 2018, opgedeeld in totaal oppervlaktewateraanbod, grondwateronttrekkingen waaronder het deel voor leidingwaterproductie, de opslag en het gebruik via regenwaterputten en ander water, vooral hergebruik van afvalwater.	270
Figuur 216: Totale waterbalans voor de Provincie Limburg: wateraanbod o.b.v. de droogteperiode 4 juli – 9 augustus 2018 exclusief de kanalen, voor verschillende deelcomponenten van wateraanbod, watergebruik en uitstroom, in Mm ³ /jaar. OW=oppervlaktewater, GW=grondwater, HW=hemelwater, AW=ander water (gezuiverd effluentwater).	271
Figuur 217: Totale waterbalans voor de Provincie Limburg: totaal watergebruik, jaargemiddeld o.b.v. de periode 2005-2019 exclusief de kanalen, voor verschillende deelcomponenten van wateraanbod, watergebruik en uitstroom, in Mm ³ /jaar. OW=oppervlaktewater, GW=grondwater, HW=hemelwater, AW=ander water (gezuiverd effluentwater).	272
Figuur 218: Totale uitstroom langs waterlopen uit de Provincie Limburg, jaargemiddeld o.b.v. de periode 2005-2019 en voor de voorbeelddroogteperiode van 4 juli – 9 augustus 2018.	272
Figuur 219: Voorbeeld van impactanalyse langs het Albertkanaal en Kempische kanalen voor een voorbeelddroogteperiode. Linkerbovenfiguur: watertekortindicator en overblijvende schade voor en na toepassing van een maatregel, kost en netto voordeel van de maatregel; rechterbovenfiguur: watertekort per kanaalpand; onderfiguur: verdeling van de kost en schade over de betrokken hoofdsectoren.	276
Figuur 220: Toelichtingen bij de grafiek die hierna wordt gebruikt om de impact en de effectiviteit van de maatregelen samen te vatten.....	280
Figuur 221: Samenvatting van de impact van de maatregel (geen oppervlaktewaterinname bedrijven), volgens de vergunde of gemelde oppervlakteverbruikswaarden op de watertekortindicator en de overblijvende schade, samen met de kost en het netto voordeel van de maatregel in MEUR/dag.	282
Figuur 222: Samenvatting van de impact van de maatregel (geen freatische grondwaterinname bedrijven) op de watertekortindicator en de overblijvende schade, samen met de kost en het netto voordeel van de maatregel in MEUR/dag.....	283
Figuur 223: Samenvatting van de impact van de maatregel (volledige stopzetting van de irrigatie van vollegrondsteelten) op de watertekortindicator en de overblijvende schade, samen met de kost en het netto voordeel van de maatregel in MEUR/dag. Bovengrafiek: volledige stopzetting; middengrafiek: 80% beperking; ondergrafiek: 50% beperking.....	287
Figuur 224: Samenvatting van de impact van de maatregel (geen oppervlaktewaterinname bedrijven in combinatie met stopzetting irrigatie van vollegrondsteelten) op de watertekortindicator en de overblijvende schade, samen met de kost en het netto voordeel van de maatregel in MEUR/dag.	288

Figuur 225: Samenvatting van de impact van de maatregel (50% beperking van de oppervlaktewaterinname bedrijven in combinatie met 50% reductie van de irrigatie van vollegrondsteelten) op de watertekortindicator en de overblijvende schade, samen met de kost en het netto voordeel van de maatregel in MEUR/dag.	288
Figuur 226: Samenvatting van de impact van de maatregel (80% beperking van de oppervlaktewaterinname bedrijven in combinatie met 80% reductie van de irrigatie van vollegrondsteelten) op de watertekortindicator en de overblijvende schade, samen met de kost en het netto voordeel van de maatregel in MEUR/dag.	289
Figuur 227: Samenvatting van de impact van de maatregel (volledige stopzetting van de oppervlaktewaterinname in natuurgebieden) op de watertekortindicator en de overblijvende schade, samen met de kost en het netto voordeel van de maatregel in MEUR/dag.	290
Figuur 228: Samenvatting van de impact van een 50% hergebruik van het RWZI-effluentwater op de watertekortindicator en de overblijvende schade, samen met de kost en het netto voordeel van de maatregel in MEUR/dag.	291
Figuur 229: Locaties van de RWZI's t.o.v. de ecologisch zeer kwetsbare, kwetsbare en minder kwetsbare waterlopen.	292
Figuur 230: Samenvatting van de impact van een combinatie van stopzetting van de irrigatie van vollegrondsteelten met 50% hergebruik van RWZI-effluentwater op de watertekortindicator en de overblijvende schade, samen met de kost en het netto voordeel van de maatregel in MEUR/dag.	293

Lijst van tabellen

Tabel 1: Waarnemingspunten van neerslag, betrokken in het onderzoek.....	38
Tabel 2: Gemiddelde jaarneerslagsom voor de periodes 1986-2015 en maart 1993 – februari 2019 voor stations met beschikbare waarnemingen.	39
Tabel 3: Waarnemingspunten van de Penmanparameters en doorrekening naar ET ₀ , betrokken in het onderzoek.	41
Tabel 4: Bodemassociaties en respectievelijke oppervlakte in de provincie.....	50
Tabel 5: Bemeten deelstroomgebieden en debietmeetlocaties.	62
Tabel 6: Overzicht van de lozende RWZI's in het studiegebied.	64
Tabel 7: Rekenlagen van het model van het Brulandkrijtsysteem en welke HCOV eenheden, grondwaterlichamen en aquifer-/aquitardsystemen ze voorstellen.....	89
Tabel 8: Rekenlagen in het grondwatermodel van het Centraal Kempisch Systeem en hun link met grondwaterlichamen en aquifersystemen/aquitardsystemen.	91
Tabel 9: Rekenlagen in het grondwatermodel van het Maassysteem ten zuiden van de Felbissbreukzone en hun link met grondwaterlichamen en aquifersystemen/aquitardsystemen.	93
Tabel 10: Rekenlagen in het grondwatermodel van het Maassysteem ten noorden van de Felbissbreukzone en hun link met grondwaterlichamen en aquifersystemen/aquitardsystemen.	93
Tabel 11: Correctiefactoren voor de oppompingsdebieten van het origineel BLKS model.....	94
Tabel 12: Goodness-of-fit karakteristieken voor de afzonderlijke lagen van het Brulandkrijtsysteem grondwatermodel.	98
Tabel 13: Goodness-of-fit karakteristieken van de afzonderlijke rekenlagen van het Centraal Kempisch systeem grondwatermodel.	99
Tabel 14: Goodness-of-fit van de afzonderlijke rekenlagen van het Maassysteem grondwatermodel.	100
Tabel 15: Tabel met beschikbare bestanden voor scenario-analyse van het grondwater.	101
Tabel 16: Debieten van beken en zouwen in het Midden-Limburs vijvergebied (bron: INBO).	167
Tabel 17: Gemeten debiet van de oppervlaktewateren in De Maten. UA_14 Heiweyerbeek opwaarts Huyskensweyer geeft het instroomdebiet voor de noordelijke keten aan.	169
Tabel 18: Berekening van de instroom naar en de uitstroom van de vijverketens op basis van gemeten oppervlaktewaterdebiet. Waarden worden zowel in debieten weergegeven als in procentueel aandeel van een waterloop in de aan- of afvoer (Aggenbach, et al. 2014).	170
Tabel 19: Het voorkomen van Speerpuntgebieden (SPGB), Speciale beschermingszones (SBZ), beekprik, rivierprik, grote modderkruiper, kleine modderkruiper, rivierdonderpad en habitat 3260 in de deelstroomgebieden.....	173
Tabel 20: Gemiddeld watergebruik thuis in Vlaanderen, in liter per dag per persoon (VMM, 2016).	175
Tabel 21: Benadering van het gemiddelde jaarverbruik voor berekening in privétuinen in de provincie Limburg	182
Tabel 22: Raming van het waterverbruik van zwembaden in de provincie Limburg.....	187
Tabel 23: Gemiddeld bruto waterverbruik per type (Huybrechts e.a., 2002).	188
Tabel 24: Hoofddeeltcodes uitgesloten uit de landbouwgebruikspercelenkaart 2017	191
Tabel 25: Oppervlakte (ha) en indeling cultuurgrond per provincie (statistiek Vlaanderen.be), 2017.	192
Tabel 26: Oppervlakte cultuurgrond (ha) per bodemassociatie in de provincie.	193
Tabel 27: Ligging van oppervlakte cultuurgrond (ha) per bodemassociatie voor enkele belangrijke teelten in de provincie.	194

Tabel 28: Gemiddelde neerslagdeficit tijdens de maanden april tot september voor een aantal waarnemingsplaatsen en over verschillende langjarige waarnemingen.....	195
Tabel 29: Ligging van oppervlakte cultuurgrond (ha) in de Limburgse gemeenten volgens een grove indeling volgens de bodemassociatiekaart, en dit voor enkele belangrijke teelten.	199
Tabel 30: Watervverbruik binnen de CIRO in de periode 1990-2005.....	201
Tabel 31: Kengetallen watervverbruik in Vlaanderen voor vollegrondse teelten in 2005 (D'hooghe et al., 2007)	202
Tabel 32: Golfterreinen in Limburg en berekening.....	209
Tabel 33: Deelstroombekkens van de onbevaarbare waterlopen en hun oppervlakte binnen de provincie Limburg	211
Tabel 34: Aantal en oppervlakte van de percelen binnen de irrigatieperimeters van CIRO en Elerweerd, en hun verdeling over de deelstroombekkens	213
Tabel 35: Grondwaterlichamen beschouwd voor de waterbalans. BLKS: Brulandkrijststelsysteem, MS: Maassysteem, CKS: Centraal Kempisch Systeem.....	217
Tabel 36: Vergunde debieten voor de landbouwsector in Limburg in 2018	219
Tabel 37: Opdeling van de grondwaterlichamen in freatisch/gespannen	223
Tabel 38: Wijze van herrekening ruimtelijke schaal en verwijzing naar relevante bijlage	225
Tabel 39: Overzicht van vaststellingen, knelpunten en specifiek beleid per deelstroombekken	238
Tabel 40: Databronnen van de meteorologische parameters ten behoeve van de modules in het instrument	245
Tabel 41: Databronnen van waterpeilen in grondwaterafhankelijke natuur	246
Tabel 42. Voorstel van grenswaarden voor de waterdiepte langs de onbevaarbare waterlopen en dit i.f.v. de typologie van de waterloop en de graad van ecologische kwetsbaarheid.....	261
Tabel 43: Overzicht van de geselecteerde reactieve maatregelen en acties. Voor de maatregelen in schuin lettertype werd geen impact op de waterbalans doorgerekend, maar werd de maatregel aanbevolen o.b.v. de overschrijding van de drempelniveaus van waterkwaliteitsgerelateerde waterschaarsteindicatoren.....	274
Tabel 44: Waterbeschikbaarheid in Mm3/jaar per deelstroomgebied, voor de deelstroomgebieden in het Demerbekken en de Provincie Limburg, voor de onbevaarbare waterlopen. Jaar = jaargemiddelde waterbeschikbaarheid o.b.v. de periode 2005-2019; juli 2018 = waterbeschikbaarheid voor 4 juli – 9 augustus 2018 zonder maatregelen. Blauw = positieve waterbeschikbaarheid, Rood = negatieve waterbeschikbaarheid (ecologisch minimale debieten zijn in rekening gebracht).	278
Tabel 45: Waterbeschikbaarheid in Mm3/jaar per deelstroomgebied, voor de deelstroomgebieden in het Netebekken en de Provincie Limburg, voor de onbevaarbare waterlopen. Jaar = jaargemiddelde waterbeschikbaarheid o.b.v. de periode 2005-2019; juli 2018 = waterbeschikbaarheid voor 4 juli – 9 augustus 2018 zonder maatregelen. Blauw = positieve waterbeschikbaarheid, Rood = negatieve waterbeschikbaarheid (ecologisch minimale debieten zijn in rekening gebracht).	279
Tabel 46: Waterbeschikbaarheid in Mm3/jaar per deelstroomgebied, voor de deelstroomgebieden in het Maasbekken en de Provincie Limburg, voor de onbevaarbare waterlopen. Jaar = jaargemiddelde waterbeschikbaarheid o.b.v. de periode 2005-2019; juli 2018 = waterbeschikbaarheid voor 4 juli – 9 augustus 2018 zonder maatregelen. Blauw = positieve waterbeschikbaarheid, Rood = negatieve waterbeschikbaarheid (ecologisch minimale debieten zijn in rekening gebracht).	279
Tabel 47. Percentielwaarden voor het waterloopdebiet als drempelwaarden voor de ecologisch minimale debieten langs de onbevaarbare waterlopen en dit i.f.v. de typologie van de waterloop en de graad van ecologische kwetsbaarheid.....	280
Tabel 48: Irrigatiebehoefte voor de landbouw, totaal en per teelt voor het ganse Provincie Limburg en per deelbekken o.b.v. de periode 2005-2019 en voor de droogteperiode juli 2018, in Mm3/jaar (voor de droge periode werden de waarden herschaald naar dezelfde eenheid om cijfers gemakkelijker te kunnen vergelijken).	

De cijfers zijn na aftrekking van 36% om rekening te houden met het water dat infiltreert in de bodem en niet opgenomen wordt of verdampt via de landbouwgewassen. 284

Tabel 49: Irrigatiebehoefte voor de landbouw, totaal en per teelt voor het ganse Demerbekken en per deelbekken o.b.v. de periode 2005-2019 en voor de droogteperiode juli 2018, in Mm3/jaar (voor de droge periode werden de waarden herschaald naar dezelfde eenheid om cijfers gemakkelijker te kunnen vergelijken). De cijfers zijn na aftrekking van 36% om rekening te houden met het water dat infiltreert in de bodem en niet opgenomen wordt of verdampt via de landbouwgewassen. De kaart (rechts) geeft de deelbekkens weer... 285

Tabel 50: Deelresultaten bij de berekening van de economische kost van een volledig irrigatieverbod in juli 2018 voor het Demerbekken. 286

Lijst van bijlagen

BIJLAGE A: Vertaling van de habitats gekarteerd in de BWK-habitatkaart naar de vegetatiecodes overeenstemmend met het NICHE model.

BIJLAGE B: Overzicht van de NICHE-bodemcodes en hun betekenis.

BIJLAGE C: Overzicht van GXG's per vegetatie- en bodemtype.

BIJLAGE D: Samenvattend overzicht van de ligging van peilbuizen i.f.v. natuurwaarden.

BIJLAGE E: Overzicht van areaal van de verschillende vollegrondse landbouwteelten en de benadering van het beregende areaal in de provincie Limburg.

BIJLAGE F: Het jaarlijkse verloop van de waterbehoefte voor berekening in Limburg in de periode (1986 – 2018).

BIJLAGE H: Balans van de onbevaarbare waterlopen voor de volledige provincie Limburg voor de periode 2000-2018

BIJLAGE I: Balans van het grondwater voor de volledige provincie Limburg voor de periode 2000-2018

BIJLAGE J: Ruimtelijke herrekening grondwaterbalans

1 Inleiding

1.1 Context

Het Vlaamse Integrale Waterbeleid (IWB) heeft maatschappelijk reeds zeer verregaand ingegrepen in het veiligstellen van de watervoorraden en het ontwikkelen van watersystemen in Vlaanderen: waterverdragen zijn afgesloten, de watertoets is een vast instrument, de 2de generatie bekkenbeheer-plannen (2016-2021) en herstelprogramma's voor kwantiteit en kwaliteit van de waterlichamen zijn in volle uitvoering, de ruimte voor water groeit, en vrijwaring van overstroming is nog nooit zo zeker geweest.

Op het 8ste Waterforum van de Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid (CIW, 2011) werd anderzijds ook zeer scherp gesteld hoe ook watertekort dreigt voor natuur, landbouw, bedrijven en samenleving.

Het crisisjaar 2017 heeft aanleiding gegeven tot aanstelling van de watercoördinator - later de droogtecommissie, in de schoot van de CIW. Eind 2017 lag de focus van de commissie op schaderegelingen, voorlichting en sensibilisatie. De CIW besliste ondertussen om een droogterisicobeheerplan in het kader van het IWB uit te werken.

De droogtecommissie coördineert droogtemaatregelen en adviseert in algemene watergebruiksbeperkingen. De bevoegdheid voor de uitvaardiging van maatregelen ligt bij de provinciegouverneurs. Crisismaatregelen focussen in eerste instantie op deelsectoren in de landbouw, op activiteiten in de particuliere sector (huishoudens), op scheepvaart en op de recreatiesector. Maar ook andere sectoren zijn duidelijk door droogte geïmpacteerd (natuur, bedrijven,...).

De urgentie van maatregelen kan aanzienlijk verschillen naargelang de regio of de provincie. De verhouding tussen de hoeveelheden water gewonnen in België tot zijn watervoorraad hoort bij de hoogste in Europa, samen met Spanje, Cyprus en Malta (Water exploitation index, 2015, EUROSTAT).

Maar de landelijke cijfers verhullen zeer grote regionale verschillen. Niet alleen hebben de watervoorraden regionaal een andere dynamiek, andere karakteristieken en beschikbaarheid, en is de duurzaamheid in de waterwinningen zeer verschillend, ook kan het cumulatief neerslagdeficit geografisch betekenisvol uiteenlopen. Bovendien bestaan er eveneens grote regionale verschillen aan de gebruikerszijde, in de watervraag van de maatschappelijke sectoren en deelsectoren.

D.d. 2018-09-27 heeft in Limburg naar aanleiding van de langdurige droogte van de zomer van 2018 de rondetafel water/droogte, met een zeer ruime aanwezigheid van betrokkenen uit alle maatschappelijke sectoren, plaatsgevonden. Tijdens deze rondetafel is door de deelnemers de nood geformuleerd aan een verder onderbouwd en consistent waterbeleid, en dit zeer specifiek binnen de provincie Limburg, rekening houdend zowel met de evolutie van de waterbronnen en behoeftes op lange termijn, als met het feitelijke verloop tijdens droogtejaren in de provincie.

1.2 Doelstelling

De provincie Limburg kiest ervoor om een gepast en gebiedsgericht beleid m.b.t. de waterschaarste verder uit te bouwen, om in periodes van extreme droogte consistente en maatschappelijk solidaire (re-actieve) maatregelen te kunnen uitvaardigen, maar ook om in te zetten op structurele ingrepen en proactieve acties en programma's in de provincie.

Hiertoe dienen dan ook de knelpunten op langere termijn gekend te zijn en uiteraard dienen deze beschouwd te worden binnen de verwachte evolutie van maatschappelijke ontwikkelingen en van klimaat(verandering) zodat een beleid gericht op mitigatie en adaptatie in de effecten van klimaatverandering kan worden uitgerold.

Om het beleid verdergaand te kunnen onderbouwen is voor de ganse geografische ruimte van de provincie Limburg een afwegingskader, instrumenten en een knelpuntenanalyse nodig die moeten toelaten te prioriteren bij het nemen van maatregelen en het verder ontwikkelen van een langetermijnbeleid.

De ontwikkeling van een afwegingskader en van een geheel van instrumenten vormt een specifiek onderzoeksproces waarin de reeds opgebouwde expertise en kennis van de Vlaams-specifieke omgeving van de contracterende partijen essentiële elementen vormen.

1.3 Opdracht

De ontwikkeling en de beschikbaarstelling van een afwegingskader en een geheel van instrumenten die voor het ganse grondgebied van de provincie Limburg toelaten te prioriteren bij het nemen van maatregelen ingeval van waterschaarste, en die eveneens de verdere basis vormen om het langetermijn- mitigerend en klimaatadaptief beleid met betrekking tot het risico op waterschaarste te onderbouwen.

1.4 Fasering van het onderzoek

Het onderzoeksproces verloopt in drie fases:

1. Fase 1: het in kaart brengen van vraag en behoefte, en aanbod van water in de provincie Limburg, zowel in ruimte als in tijd: ruimtelijk met betrekking tot de waterbronnen en de maatschappelijke sectoren, en in tijd in de zin van het verloop van de watervraag, behoefte en –aanbod tijdens het jaar, maar ook de verschuivingen hiervan op lange termijn in het kader van klimaatverandering. Bij deze inventarisatie wordt eveneens het relevante beleid besproken.
2. Fase 2: de uitwerking van een waterbalans tussen vraag, behoefte en aanbod, en de identificatie van knelpunten, weerom in ruimte en tijd, waardoor de basis gevormd wordt om het langetermijn-klimaatadaptieve en effectenmitigerend programma m.b.t. het risico op waterschaarste te onderbouwen.
3. Fase 3: de ontwikkeling van een afwegingskader en geheel van instrumenten die toelaten te prioriteren bij het nemen van maatregelen ingeval van waterschaarste.

Er wordt prioriteit gegeven aan alle elementen van het onderzoeksproces dat de provincie Limburg moet toelaten te prioriteren bij het nemen van maatregelen ingeval van waterschaarste in 2019. Deze elementen dienen uiterlijk 31 mei 2019 beschikbaar te zijn ofwel als dusdanig uitgewerkt dat de contractanten een onderbouwd advies kunnen geven voor het nemen van reactieve maatregelen.

1.5 Inleiding tot de Watercyclus

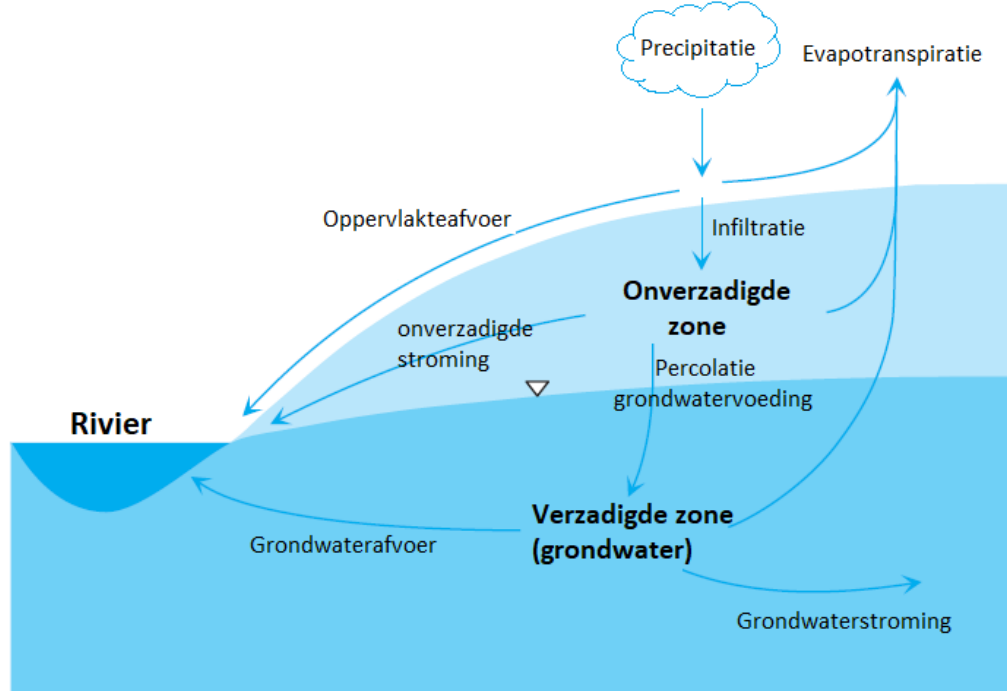
De neerslag die op het land valt, zal via rivieren en door de ondergrond uiteindelijk terug in de oceanen terechtkomen, waarna het weer kan verdampen, wolken vormt en weer kan regenen: dit is de watercyclus. De watercyclus (of waterkringloop) is de biogeochemische kringloop waarbij water verschillende processen ondergaat en doorheen verschillende reservoirs migreert. In dit hoofdstuk worden de voornaamste aspecten van deze cyclus besproken zodat de lezer een goed beeld heeft van de verschillende reservoirs waarin water voorkomt en welke fluxen er zijn tussen deze reservoirs. Er wordt vooral ingegaan op het grondwater en het oppervlaktewater.

1.5.1 Wat gebeurt er met de neerslag?

Als het regent, bereikt een deel van deze neerslag (of precipitatie) het landoppervlak. Een ander deel bereikt het oppervlakte niet en komt bijvoorbeeld op bladeren terecht vanwaar het terug verdampt naar de atmosfeer. Dit wordt interceptie genoemd.

Het deel dat wel op het landoppervlak terecht komt, kan verschillende paden volgen. Deze zijn afgebeeld in Figuur 1. Een deel van de neerslag verdampt terug naar de atmosfeer, een deel stroomt over de oppervlakte af en een deel infiltreert in de bodem. Het verdampen naar de atmosfeer wordt ook wel evaporatie genoemd. Het deel dat over de oppervlakte stroomt wordt ook wel oppervlakteafvoer (of surface runoff) genoemd en dit is onder andere de stroom in rivieren. Het deel van de neerslag dat infiltreert in de bodem gaat in eerste instantie door een zone in de bodem waar er zowel lucht als water in de bodemporiën zit: dit wordt de

onverzadigde stroming of hypodermische afstroming genoemd. Een deel van het bodemvocht wordt door planten opgenomen en komt weer in de atmosfeer terecht via transpiratie (verdamping door planten). Een ander deel van de onverzadigde stroming zal dieper in de bodem stromen tot aan het grondwater: dit wordt percolatie genoemd. Als dit water het grondwater bereikt spreekt men van grondwatervoeding (of recharge). Grondwater stroomt dieper in de ondergrond en/of lateraal verder en het kan terug aan de oppervlakte komen in kwelgebieden en bijdragen tot de stroming in rivieren, meren en oceanen.



Figuur 1: Paden die neerslag kan volgen na het bereiken van het grondoppervlak. Aangepast naar Fitts (2012).

1.5.2 Waterreservoirs, fluxen en verblijfstijden

In Figuur 2 is de wereldwijde watercyclus geïllustreerd. Er zijn zes belangrijke reservoirs te onderscheiden: de atmosfeer, het oppervlaktewater, het grondwater, het bodemwater, het water in oceanen en het water in ijs en sneeuw. Andere kleine reservoirs zijn de biosfeer en de geosfeer. De oceanen zijn de grootste reservoirs en bevatten ongeveer 96% van het water op aarde, maar dit water is zout. Van de reservoirs die zoet water bevatten, zijn sneeuw en ijs goed voor ongeveer 69% van het zoete water op aarde (Maidment, 1993, Fitts, 2012). Grondwater kan zoet of zout zijn en bevat globaal ongeveer 30% van het zoete water. Ongeveer 0.3% van het zoete water is oppervlaktewater (Maidment, 1993; Fitts, 2012). Oppervlaktewateren zijn rivieren, meren en moerassen. De atmosfeer en het bodemvocht bevatten allebei ongeveer 0.05% van het zoete water (Maidment, 1993, Fitts, 2012).

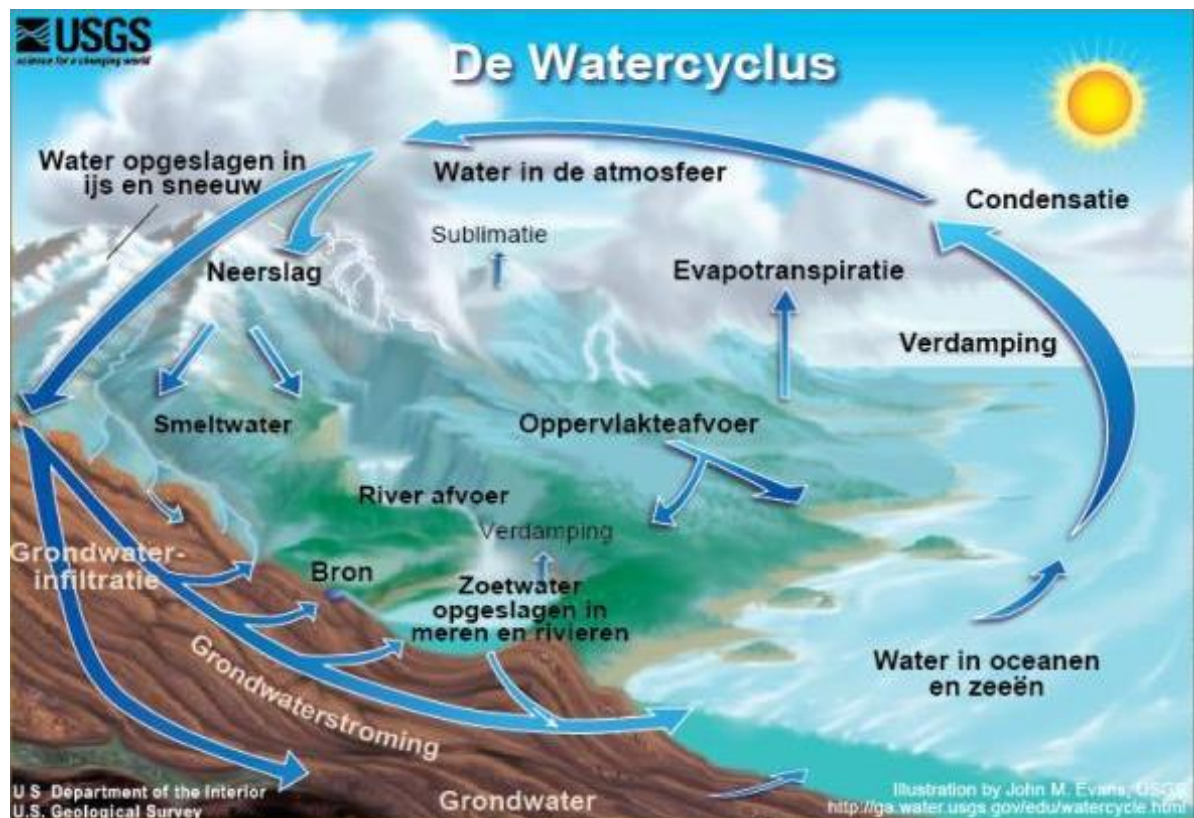
Voor de provincie Limburg is het grondwaterreservoir het grootste reservoir: in de ondergrond van Limburg zijn er dikke pakketten waarvan de poriën gevuld zijn met water. Dit wordt weerspiegeld in de waterproductie in Limburg: al het leidingwater wordt geproduceerd uit grondwater en er zijn veel grondwaterextracties over heel de provincie. Het tweede grootste reservoir is het oppervlaktewater dat meren, rivieren en kanalen (onnatuurlijk) omvat.

Water gaat van het ene naar het andere reservoir: dit zijn de waterfluxen. De grootste globale flux is evaporatie uit oceanen: dit is de verdamping van water uit oceanen naar de atmosfeer, waar het waterdamp wordt. Deze flux is ongeveer 504 000 km³/jaar. De tweede en derde grootste fluxen zijn respectievelijk neerslag boven oceanen (458 000 km³/jaar) en neerslag boven landoppervlak (119 biljoen m³/jaar) (Maidment, 1993; Brutsaert, 2005). De evaporatie van water op het landoppervlak is goed voor 73 000 km³/jaar. De globale afvoer van oppervlaktewater naar oceanen is ongeveer 45 biljoen m³/jaar. De flux van grondwater naar oceanen is ongeveer 1 biljoen m³/jaar (Maidment, 1993; Brutsaert, 2005). Daarnaast zijn er ook fluxen tussen oppervlaktewater, grondwater, bodemwater en de atmosfeer. Ten slotte zijn er ook menselijke fluxen: het oppompen van grondwater zorgt voor een extra flux van het grondwater naar uiteindelijk het oppervlaktewater.

Deze fluxen hangen nauw samen met de transportsnelheid van water: in de atmosfeer reist water honderden kilometers per dag, in oppervlaktewater reist water tientallen kilometers per dag en in grondwater reist het water enkele tot honderden meters per jaar.

Tot nu toe zijn er twee belangrijke concepten besproken: de grootte van reservoirs en de fluxen tussen reservoirs. Deze twee concepten hangen nauw samen met een derde belangrijke term: de verblijfstijd. De verblijfstijd, of ook wel de residentietijd genoemd, drukt uit hoe lang een watermolecule gemiddeld in een bepaald reservoir verblijft. De verblijfstijd is gelijk aan de grootte van het reservoir gedeeld door het gemiddelde van alle fluxen in en uit dat reservoir. Voor de atmosfeer bijvoorbeeld, een klein reservoir met grote in- en uit-fluxen, is de verblijfstijd klein: een watermolecule in de atmosfeer verblijft er maar enkele dagen. Voor het grondwater, een groot reservoir met kleinere in- en uit-fluxen, is de verblijfstijd groter en zeer variabel: water blijft tussen enkele weken tot tienduizenden jaren in de ondergrond (Dingman, 2002; Brutsaert, 2005; Fitts, 2012). Voor oppervlaktewater is de verblijfstijd ook zeer variabel: van enkele dagen tot honderden jaren (Dingman, 2002; Brutsaert, 2005; Fitts, 2012). Voor rivieren is de verblijfstijd enkele dagen tot weken, terwijl voor diepe meren de verblijfstijd tot tientallen jaren kan zijn (Dingman, 2002; Brutsaert, 2005; Fitts, 2012).

In de volgende twee paragrafen wordt dieper ingegaan in de twee voornaamste waterreservoirs van de provincie Limburg: het grondwater en het oppervlaktewater.



Figuur 2: Illustratie van de watercyclus, de reservoirs en de fluxen. Bron: John M. Evans, USGS. Vertaling: Erik Kemink, Netherlands Water Partnership.

1.5.3 Grondwater

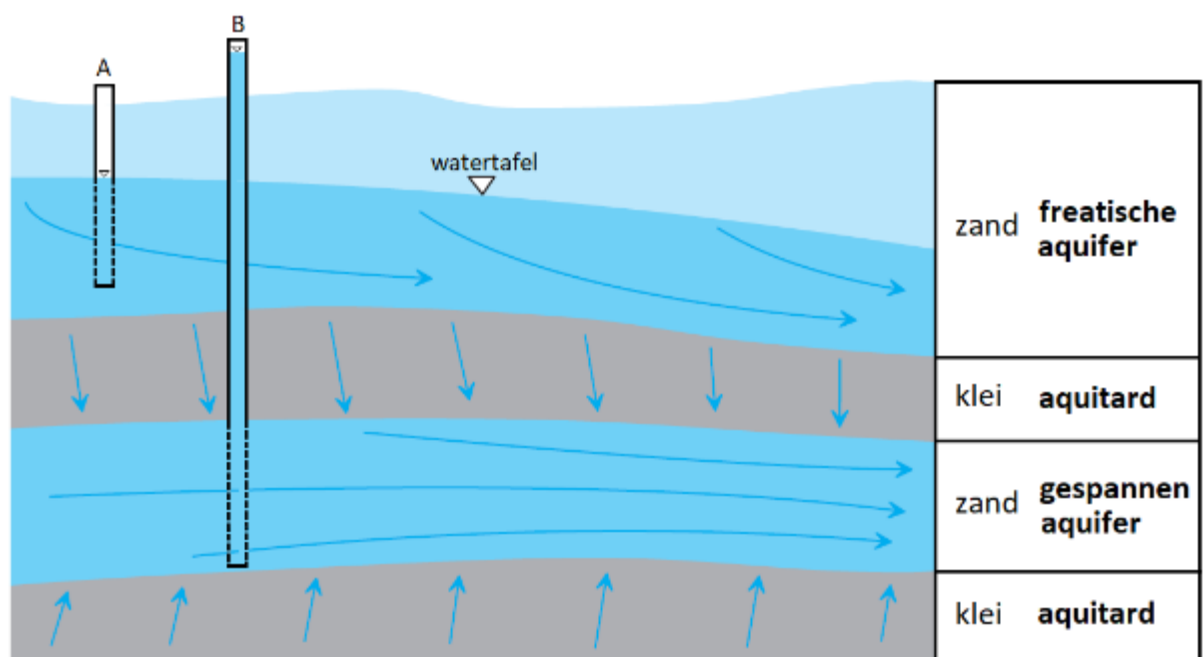
De ondergrond kan bestaan uit losse sedimenten zoals zand, silt en klei, of uit gesteentes zoals zandsteen, stollingsgesteenten en metamorfe gesteenten. In deze sedimenten en gesteenten kan water voorkomen: tussen losse zandkorrels zijn er kleine poriën waar water in kan, in zandsteen zijn er ook poriën waar water in kan, metamorfe gesteenten zijn soms opgebroken en in deze breuken kan water stromen, kalksteen kan poriën en breuken bevatten waar water in kan stromen. Als alle poriën gevuld zijn met water en er geen lucht meer aanwezig is, wordt de grond verzadigd genoemd en dan spreekt men over grondwater.

Sommige soorten ondergrond kunnen meer water bevatten dan andere: in het algemeen zijn dit de losse sedimenten en sedimentaire gesteentes met grote korrels zoals grind en zand. Deze kunnen gemiddeld voor 20% tot 30% uit poriën bestaan die water kunnen bevatten. Er is ook een verschil in hoe goed de ondergrond water kan doorlaten: als de poriën te klein zijn kan het water minder snel stromen. Dit is het geval voor klei.

De ondergrond van Limburg die grondwater bevat zijn sedimentaire gesteenten in de onderste delen en sedimenten in de bovenste delen. De dikte van het geheel aan grondwatervoerende pakketten in Limburg varieert gradueel van ongeveer 90 m in het zuiden tot 1200 m in het noorden en noordoosten (DOV, 2020). Onder Hasselt is het watervoerende geheel ongeveer 350 m dik (DOV, 2020). Deze pakketten bestaan uit een afwisseling van lagen die meer of minder goed water doorlaten. Er zijn lagen die goed water doorlaten en veel water kunnen bevatten (zand, zandsteen, bepaalde kalkstenen). Deze lagen worden aquifers of watervoerende lagen genoemd. Daarnaast zijn er lagen die het water slecht doorlaten (kleiige lagen). Deze lagen worden aquitards genoemd. Een aquifer waar geen aquitard boven ligt wordt een freatische aquifer genoemd. Een aquifer waar wel een aquitard boven ligt wordt een gespannen aquifer genoemd. Een voorbeeld van een aquifer-aquitard systeem is afgebeeld in Figuur 3.

Als er een put in een aquifer geboord wordt, zal deze put zich vullen met water uit die aquifer en dit water zal tot een bepaalde hoogte komen te staan: dit is de stijghoogte¹. Voor freatische aquifers is deze stijghoogte lager dan de bovenkant van deze aquifer (het maaiveld). De stijghoogte voor freatische aquifers wordt ook wel de watertafel genoemd. Peilput A op Figuur 3 illustreert dit.

Voor gespannen aquifers is de stijghoogte iets complexer: de stijghoogte is vaak hoger dan de bovenkant van de aquifer. Het water in een gespannen aquifer staat namelijk onder druk en als er een put tot in deze aquifer geboord wordt, zal het water in de put met de atmosfeer in contact zijn. Daardoor zal het water in de put minder druk ervaren dan het water in de aquifer en hoger stijgen dan de bovenkant van de gespannen aquifer. Het kan zelfs zijn dat de stijghoogte hoger is dan het maaiveld. In dat geval noemt men de put een artesische put. Peilput B op Figuur 3 illustreert dit.

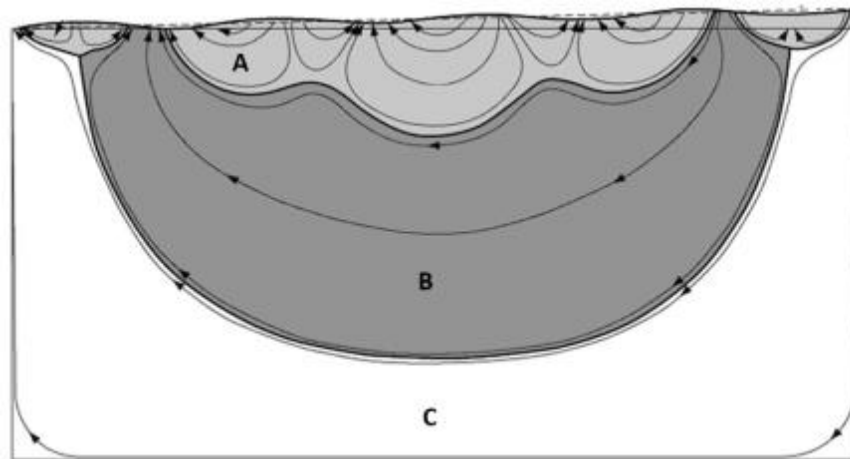


Figuur 3: Illustratie van een pakket met aquifers.

¹ De stijghoogte van grondwater is de hoogte van een waterkolom ten opzichte van een referentie. Het is het potentieel peil van het grondwater. Dit kan in peilputten gemeten kan worden. In België wordt dit peil uitgedrukt in mTAW (meters ten opzichte van de Tweede Algemene Waterpassing), waarbij de referentie het peilmerk GIKMN in Ukkel is (100,174 meter).

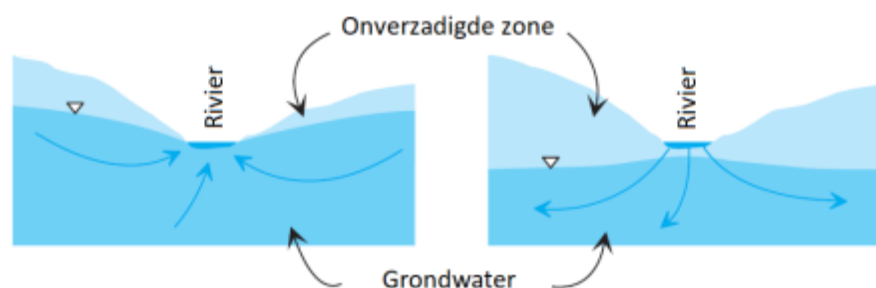
Toelichting bij Figuur 3: De bovenste aquifer is een freatische aquifer, de onderste aquifer is een gespannen aquifer. De algemene stroming in aquifers is lateraal, terwijl de algemene (trage) stroming in aquitards verticaal is. De stijghoogte van in de freatische aquifer kan gemeten worden in peilput A en deze hoogte wordt de stijghoogte genoemd. De stijghoogte van de gespannen aquifer kan gemeten worden in peilput B. Deze stijghoogte is tot boven de top van de gespannen aquifer, en hier zelfs boven het maaiveld.

Op regionale schaal zijn er verschillende patronen in de grondwaterstroming. Een voorbeeld van deze patronen is afgebeeld in Figuur 4. Er zijn zeer lokale grondwatersystemen (zoals systeem A op Figuur 4), maar ook grotere, regionale stromingen (zoals B en C). Deze regionale systemen reiken dieper in de ondergrond. Voor lokale systemen is de residentietijd korter dan voor regionale systemen. Dit betekent dat veranderingen in grondwatervoeding sneller gevoeld worden in de ondiepe, lokale systemen. In het ondiepe, freatische grondwater zijn seizoenale schommelingen in de grondwatertafel vaak uitgesproken, terwijl voor diepere freatische en gespannen aquifers seizoenale schommelingen zwakker of zelfs afwezig zijn. Diepere, regionale systemen worden op langere tijdsschalen gevoed en één droge periode zal daardoor minder invloed hebben op diepe, regionale systemen en op gespannen aquifers dan op lokale systemen (ondiep freatisch grondwater). De invloed van een droge periode is meestal snel merkbaar en meer uitgesproken in ondiep freatisch grondwater.



Figuur 4: Een voorbeeld van grootschalige stromingspatronen op verschillende niveaus in een aquifersysteem. Aangepast van Tóth (1963), via Fetter (2001).

In valleien en rond meren staat het oppervlaktewater in nauw contact met het grondwater (zie Figuur 5). In gebieden waar het grondwater hoger staat dan de rivieren en waar de grondwaterstroming opwaarts is, draagt het bij tot de stroming in rivieren. Dit worden kwelgebieden genoemd. In gebieden waar het grondwater lager staat dan het water in de rivieren en waar de grondwaterstroming voornamelijk neerwaarts is, dragen de rivieren bij tot grondwatervoeding. Deze interacties tussen rivieren en grondwater variëren seizoenal en langsheen de rivier. In Limburg is er voornamelijk afvoer van grondwater naar de rivieren.



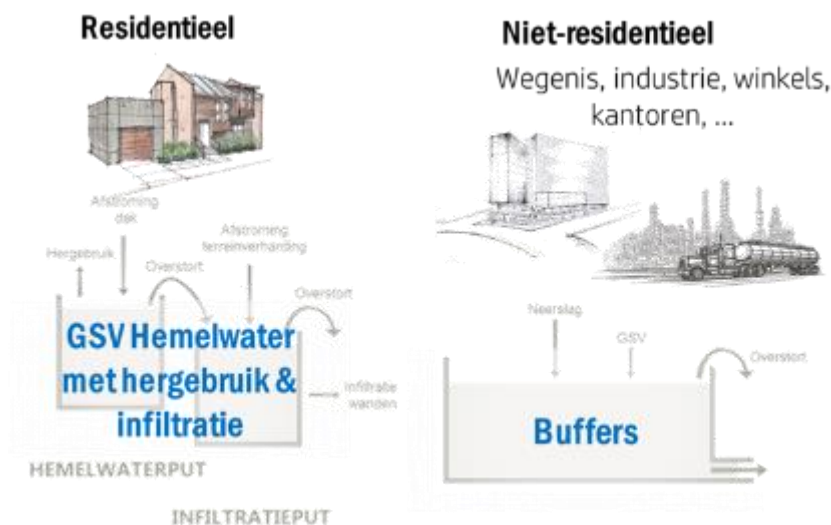
Figuur 5: De interactie tussen oppervlaktewater en grondwater. Links: afvoer van het grondwater naar het oppervlaktewater. Rechts: afvoer van het oppervlaktewater naar het grondwater. Aangepast van Fitts (2012).

1.5.4 Oppervlaktewater

Het oppervlaktewater bestaat in de Provincie Limburg uit de waterlopen en kanalen, maar ook uit stilstaande wateren zoals vijvers. Verder wordt regenwater ook rechtstreeks in regenwaterputten gestockeerd (officieel worden die hemelwaterputten genoemd), wat ook een vorm van oppervlaktewaterbeschikbaarheid is. Voor de waterlopen en kanalen wordt typisch een onderscheid gemaakt tussen de onbevaarbare waterlopen en de bevaarbare waterlopen en kanalen.

Het water in de regenwaterputten is afkomstig van regenwater dat afloopt van daken en verharde oppervlakken. Sinds 1 januari 2014 is er de aangepaste “gewestelijke stedenbouwkundige verordening (GSV) inzake hemelwaterputten, infiltratievoorzieningen, buffervoorzieningen en gescheiden lozing van afvalwater en hemelwater” van kracht die stelt dat een hemelwaterput verplicht is bij het bouwen of herbouwen van overdekte constructies, die niet volledig voorzien zijn van een groendak, indien die groter is dan 40 m². Idem voor een aan te leggen verharding groter dan 40 m². De minimale inhoud van de hemelwaterputten is 5000 liter. Bij percelen die groter zijn dan 250 m² is het bovendien verplicht om de overloop van de hemelwaterput naar een infiltratievoorziening te laten gaan (Figuur 6). De minimale grootte van die infiltratievoorziening is functie van de afwaterende oppervlakte.

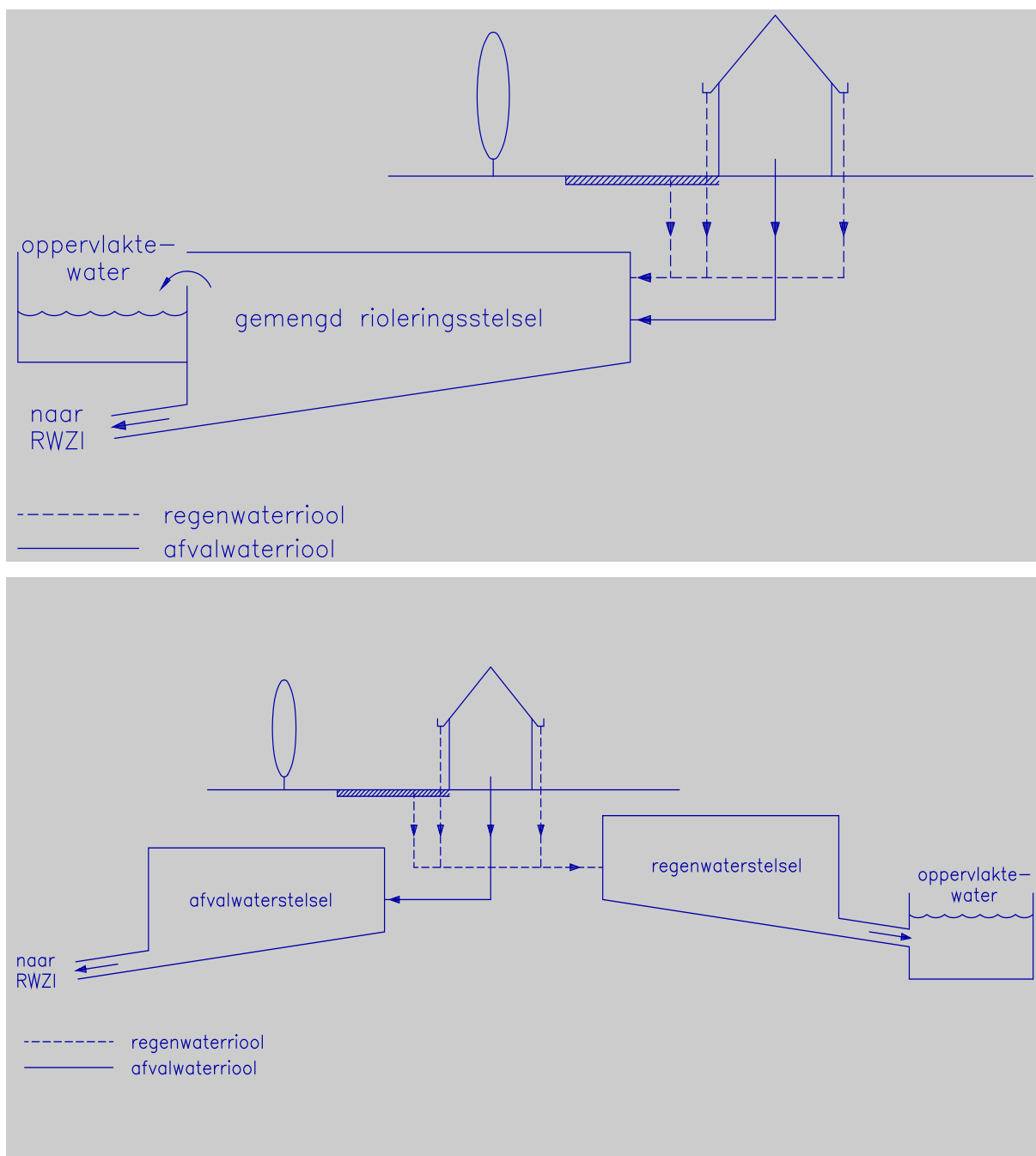
De verordening is van toepassing op het privaat domein. Het openbaar domein valt onder het toepassingsgebied van de “Code van Goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen” (CIW, 2012). Deze laatste stelt o.a. dat de capaciteit van rioolstelsels zodanig berekend moet worden dat een bui die zich statistisch gezien eens om de twintig jaar voordoet geen wateroverlast op straat tot gevolg heeft. Verder geeft deze richtlijnen voor het ontwerpen van bronmaatregelen; dit zijn maatregelen zoals de aanleg van bufferbekkens die als doel hebben om de negatieve impact van de verhoogde en versnelde afvoer van regenwater naar de waterloop als gevolg van de aanleg van een (regenwater)riolering te beperken. De bufferbekkens zorgen voor buffering van het regenwater, met beperkte doorvoer naar de waterloop. Enkel in uitzonderlijke gevallen (gemiddeld eens om de 20 jaar) zal het bufferbekken het instromend water rechtstreeks laten overlopen naar de waterloop.



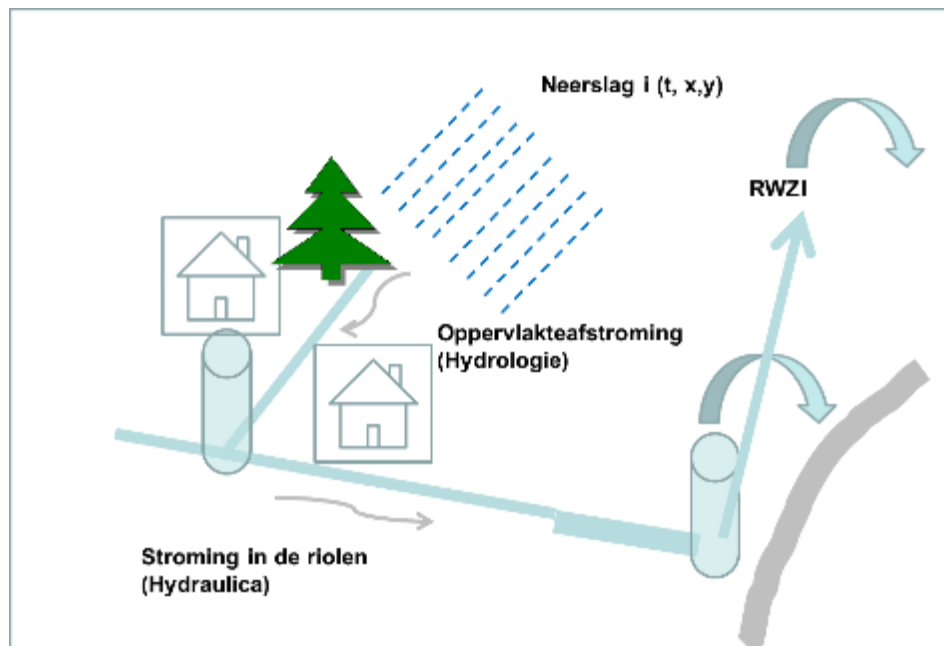
Figuur 6: Bronmaatregelen die verplicht genomen worden in residentieel en niet-residentieel gebied.

Het regenwater dat in de stedelijke omgeving overblijft, na overloop van de hemelwaterputten, infiltratievoorzieningen en/of bufferbekkens, of dat – bv. voor woningen die gebouwd worden vóórdat de GSV van toepassing was – rechtstreeks via de riolering afloopt, komt finaal in de waterloop terecht. Bij gemengde rioleringen wordt regenwater en huishoudelijk afvalwater gezamenlijk afgevoerd en gezuiverd in een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI), tot een bepaalde capaciteit (Figuur 7). Indien tijdens periodes met intense regenval die capaciteit overschreden wordt, stort het overblijvend water over naar de waterloop. De frequentie waarmee dit laatste gebeurt, wordt beperkt (typisch tot 7 à 10 keer per jaar). Bij gescheiden rioleringen wordt het regenwater en het huishoudelijk afvalwater via afzonderlijke leidingen afgevoerd. Enkel het afvalwater wordt dan gezuiverd in een RWZI en het regenwater gaat rechtstreeks naar de waterloop (Berlamont, 1999). De wetenschap die zich bezighoudt met de afstroming van het regenwater naar een watersysteem (zoals een riolering of een waterloop) is hierbij de “hydrologie”, terwijl de wetenschap die zich

bezighoudt met de stroming van het water in het watersysteem zelf (het snel het water stroomt, met welke debieten, welke waterhoogten, welke energieverliezen, ...) is de “hydraulica”.

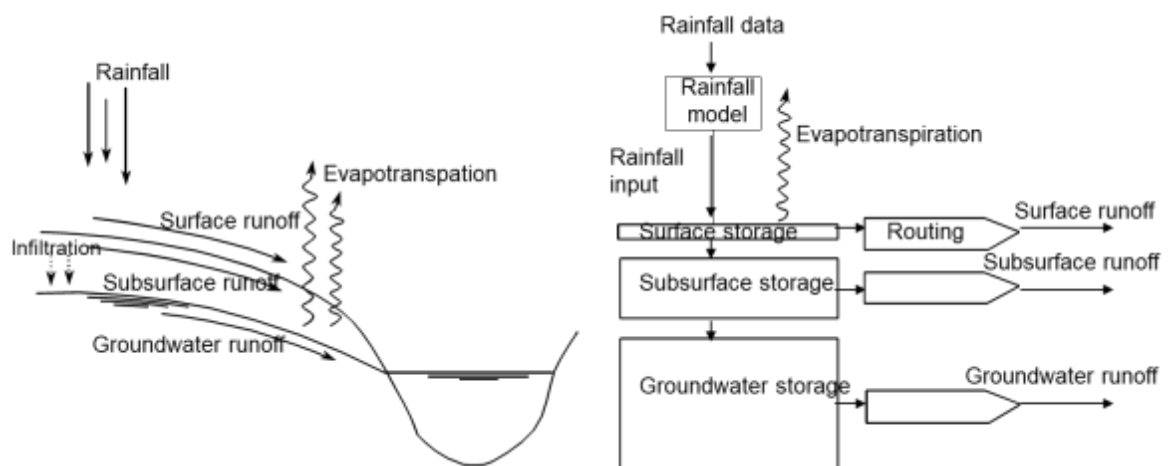


Figuur 7: Verschil tussen gemengde rioleringsstelsels (boven) en gescheiden rioleringsstelsels (onder) (Berlamont, 1999).

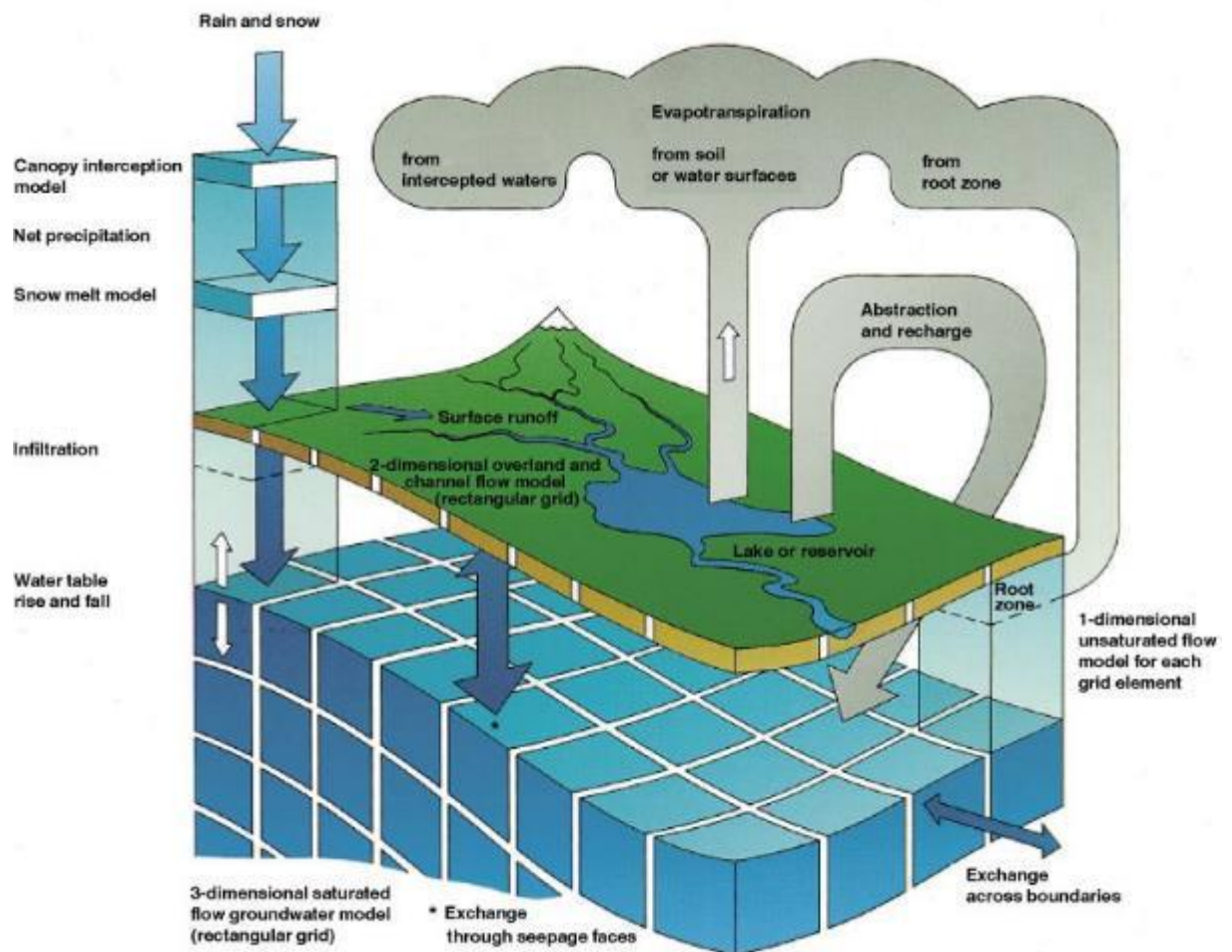


Figuur 8: Verschil tussen hydrologie en hydraulica (schematisch geïllustreerd voor de stedelijke waterhuishouding).

De waterlopen ontvangen naast de regenwaterafloop via de riolering vooral neerslagafstroming van het stroomgebied bestaande uit weilanden, akkers, bossen, ... Zoals hiervoor al toegelicht bestaat deze neerslagafstroming uit meerdere deelstromen. Hierbij zijn er volgende drie hoofddeelstromen (Figuur 9; Willems, 2013): oppervlakteafstroming (afstroming langs de oppervlakte, de topografie volgende, of via kleine geulen of grachten), een tussenstroom (ook “interflow” of hypodermische afstroming genoemd) die de afstroming voorstelt langs de onverzadigde zone (ze kan ook uit drainage van landbouwgronden bestaan), en grondwaterafstroming (ook “baseflow” genoemd, omdat tijdens laagwater het basisdebiet in de waterloop enkel nog bestaat uit grondwaterafstroming).



Figuur 9: Hoofddeelstromen in neerslagafstroming naar waterlopen (links geschematiseerd zoals in fysische realiteit; rechts zoals in een conceptueel hydrologisch model) (Willems, 2013).



Figuur 10: Gedetailleerdere schematisatie van de neerslagafstroming naar waterlopen (voorbeeld van MIKE-SHE modelleringsstelsel).

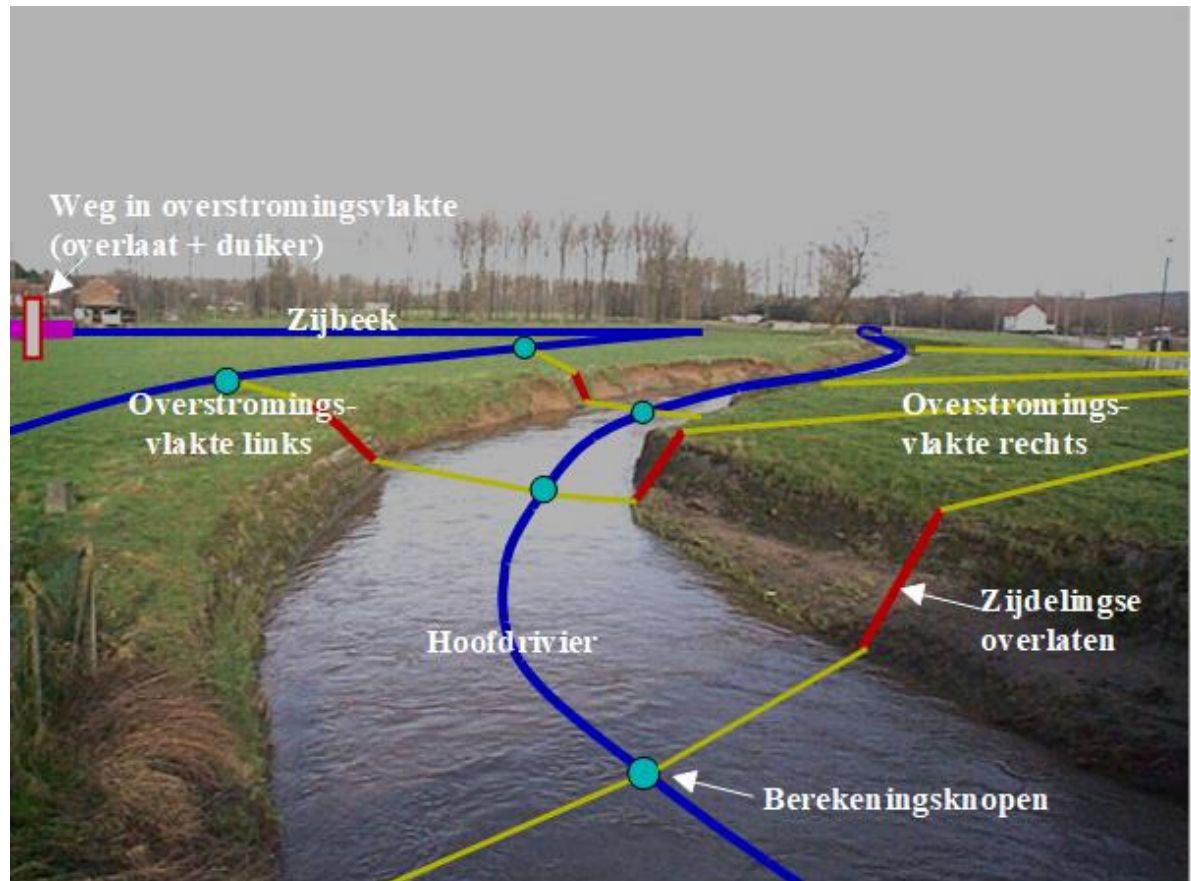
Het water dat via de neerslagafstroming in de waterlopen stroomt zal dan verder via de rivierbedding doorstromen naar afwaarts. De snelheid waarmee dat gebeurt en de bijhorende debieten in de waterloop en de waterpeilen, worden daarbij bepaald door de geometrie van de rivierbedding (de vrije opening en de helling), de begroeiing of ruwheid langs deze rivierbedding en de regeling van stuwen of andere hydraulische infrastructuur. De stuwen hebben hierbij als doel de debieten en de waterpeilen te regelen; om tijdens natte periodes het water voldoende vlot te laten aflopen om wateroverlast te vermijden; om tijdens droge periodes het water voldoende traag te laten doorstromen, dus water op te houden, om te snelle droogval te vermijden. Langs de bevaarbare waterlopen is er ook scheepvaart en worden parallel met de stuwen ook sluizen voorzien die het mogelijk maken dat schepen het waterhoogteverschil dat veroorzaakt wordt door de werking van de stuwen kunnen overbruggen. Per schutting (één of meerdere schepen die door de sluis gaan) gaat er water verloren van het ene naar het volgende pand. Een pand wordt hierbij gedefinieerd als een deel van de waterloop over een zekere lengte tussen twee opeenvolgende stuwen.

Kanalen, zoals het Albertkanaal en de Zuid-Willemsvaart, zijn ook bevaarbaar maar zijn in tegenstelling met de bevaarbare waterlopen niet natuurlijk ontstaan maar artificieel gegraven. Omdat zij daardoor, in tegenstelling tot de bevaarbare waterlopen, niet in de laagstgelegen zones van valleien gelegen zijn, ontvangen zij veel minder natuurlijke neerslagafstroming. Ze worden vooral gevoed door de opwaartse waterloop, zoals de Maas voor de Limburgse kanalen.

Langs de waterlopen zijn er naast de instroom van water door de natuurlijke neerslagafstroming, de rioleringen (zowel regenwater van de gescheiden rioleringsstelsels als gezuiverd afvalwater van de RWZI's) als eventueel gezuiverd afvalwater van bepaalde bedrijven, op bepaalde plaatsen onttrekkingen van water, door bedrijven en door landbouwers. In Limburg zijn deze laatste vooral gesitueerd langs de bevaarbare waterlopen, die in beheer zijn van De Vlaamse Waterweg.

De precieze berekening van al deze invloedsfactoren op de afvoer van het water van het land, op de waterloop en de waterpeilen gebeurt via een hydraulisch model (ook hydrodynamisch model genoemd).

Figuur 11 illustreert dat zulk model de debieten en waterhoogten bepaalt ter hoogte van rekenknopen (dit zijn welbepaalde locaties langs de waterloop, met een zekere tussenafstand).



Figuur 11: Schematische weergave van de hydraulische modellering van waterlopen (Willems, 2013).

De precieze beschrijving van het waterlopendsysteem in Limburg wordt in de volgende hoofdstukken gegeven bij de oppervlaktewater-inventarisatie en -modellering.

2 Inventarisatie fysische randvoorwaarden

2.1 Niet-technische samenvatting

Randvoorwaarden geven de context aan waarbinnen gewerkt wordt in deze studie. Een eerste belangrijke randvoorwaarde is de tijd. Om uitspraken te kunnen doen over het heden en de toekomst moet bijvoorbeeld beslist worden waarmee vergeleken wordt: welke periode wordt als referentiesituatie gesteld. Voor ontwikkelingen in de toekomst moet een onderscheid gemaakt worden tussen deze die spontaan zullen plaatsvinden, en deze die gestuurd (kunnen) worden. Het klimaat vormt de belangrijkste randvoorwaarde. Neerslag en gewasverdamping kunnen soms sterk verschillen van locatie tot locatie binnen de Provincie, en zullen door klimaatverandering in de toekomst ook veranderen. In bodemtypes bestaat er binnen de Provincie een grote verscheidenheid, gaande van lichtere naar zwaardere gronden van noord naar zuid. Aan de wateraanbodzijde dient onderscheid gemaakt te worden in grondwater en oppervlaktewater. Qua grondwater vallen 3 grote aquifersystemen deels binnen de Provinciegrenzen: het Brulandkrijtstelsel, het Centraal Kempisch Stelsel en het Maassysteem. Binnen elk van deze systemen is nog een verdere opdeling mogelijk. Ook voor het oppervlaktewater zijn de verschillende waterlopen en hun deelstroomgebieden voor de Provincie beschreven en in kaart gebracht.

2.2 Referentiesituatie en ontwikkelingsscenario's

De beschrijving van de fysische randvoorwaarden betreft de huidige toestand, en in het kader van de opdracht, eveneens projecties: welke betekenisvolle veranderingen, scenario's, kan men verwachten in de toekomst. Hoewel deze aanpak misschien voor de hand ligt, is nochtans enige toelichting vereist m.b.t. het juiste begrip van de huidige situatie en van ontwikkelingsscenario's.

2.2.1 Referentiesituatie

Spreeken over de huidige situatie houdt onmiddellijk enkele keuzes in. Impliciet wordt een referentiesituatie bedoeld, een aanvangssituatie. Belangrijk hierbij is dat de referentiesituatie reeds in evolutie is, en dit m.b.t. een aantal invalshoeken en methodes:

In het onderzoek van de toekomstige ontwikkelingen wordt de facto steeds vergeleken met een referentiesituatie, bv. de 'huidige tijd', 'huidige situatie'. Belangrijkste *driver*, factor, in dit onderzoek in de droogtethematiek is de klimatologie. Het is inherent aan de 'huidige tijd' dat deze in evolutie is. In een klimatologisch onderzoek is gebruikelijk dat gebeurtenissen van een periode van 30 jaar worden bestudeerd zodat effecten van individuele jaren voldoende worden afgevlakt en gemiddelde waarden (normaalwaarden) een realiteit voldoende weergeven (Jagannathan et al., 1967). In het huidige onderzoek werd getracht om de referentieperiode zo goed mogelijk te laten aansluiten bij vandaag. De processen en modellen worden ontwikkeld op basis van waarnemingen en getoetst aan metingen in de 'huidige tijd'. Anderzijds zijn over een recente tijdspanne van 30 jaar niet steeds, zelden voldoende meetreeksen beschikbaar voor alle gewenste locaties of onderzochte processen. In die zin kan het zijn dat verwezen wordt naar verschillende en/of kortere tijdsperiodes naargelang de analyse. De onderzoekers zijn er zich bewust van dat dit uiteraard onnauwkeurigheden kan geven wanneer grootheden, resultaten uit de verschillende processen worden samengebracht in de waterbalansen. Anderzijds is het abstractieniveau in de studie eerder groot en kan men aannemen dat dit de besluiten niet zal beïnvloeden.

Ook dient vermeld te worden dat andere referentiesituaties dan 'vandaag' gekozen zouden kunnen worden, andere tijdsperiodes. Bv. zou voor freatische grondwaterpeilen de situatie kunnen worden gekozen op basis van de indicaties die bij opmaak van de Bodemkaart van België werden geregistreerd; concreet betekent dit de periode van ca. 1955-1970. De toenmalige hierbij horende klimaatreeksen, maar verdergaand ook de ruimtelijke ordening, inrichting van de waterlopen, vegetatie, demografie, enz... zijn geheel niet meer karakteristiek voor de 'huidige tijd'. In een effectenonderzoek is dergelijke keuze dan ook geheel niet gebruikelijk.

Evenzeer kan verwezen worden naar gewenste situaties, streefbeelden, meer optimale of ideale omstandigheden, waarbij impliciet is dat deze momenteel niet de 'huidige situatie' weergeven, bv. een Vlaams

bevolkingscijfer van 5 mio, of een gewenste grondwatersituatie voor natuur (Stuurman et al., 2003). Refereren naar deze situaties kan thuishoren onder gestuurde beleidsontwikkelingen, onder ontwikkelingsscenario's, niet onder 'referentiesituatie'.

2.2.2 Ontwikkelingen

Onderscheid kan gemaakt worden tussen autonome ontwikkelingen en gestuurde ontwikkelingen (Dep. LNE, 2012)

Autonome ontwikkelingen zijn ontwikkelingen of evoluties die spontaan plaatsvinden: ontwikkelingen die het studiegebied doormaakt waar beleid, gestuurde menselijke beïnvloeding, op korte of middellange termijn geen of nauwelijks betekenisvolle invloed kan op uitoefenen. Typevoorbeeld is de klimaatverandering die door mondiale factoren wordt bepaald, nauwelijks door lokaal beleid.

Een gestuurde ontwikkeling is een ontwikkeling of evolutie die plaatsvindt als gevolg van de uitvoering van plannen en projecten (door zowel private als publieke initiatiefnemers) en van door de overheid genomen beleidsbeslissingen. Dit is m.a.w. uitdrukkelijk gevolg van gevoerd beleid.

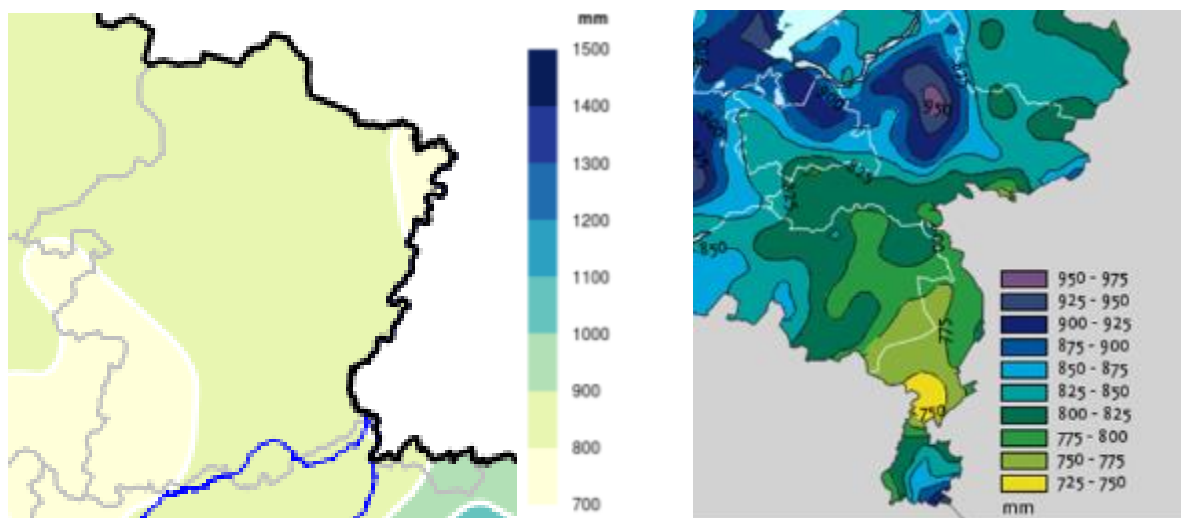
Een ontwikkelingsscenario handelt over gezamenlijke ontwikkelingen (autonoom en gestuurd) van een set omgevingsvariabelen binnen het studiegebied.

Hoewel niet steeds een volledig onderscheid kan gemaakt worden tussen autonome of gestuurde ontwikkelingen, is wel belangrijk om hier het onderscheid te begrijpen. Het is immers soms minder zinvol autonome ontwikkelingen krampachtig te bestrijden; veeleer is het van belang juist adequaat in te spelen op deze ontwikkelingen en op structurele wijze de maatschappij aan deze ontwikkelingen aan te passen.

2.3 Meteorologie, neerslag

2.3.1 Neerslag

De klimaatatlas voor België (KMI) geeft een grootteorde van spreiding van de neerslagjaarsom over het grondgebied. Figuur 12 geeft hiervan inzicht voor de provincie Limburg. In het zuidoosten en noordoosten van de provincie ligt de normaalwaarde lager dan 800 mm. Deze analyse geeft echter door zijn grove indeling weinig detail. De analyse voor zuidoost Nederland (KNMI) geeft reeds meer inzicht.



Figuur 12: Gemiddelde jaarlijkse neerslaghoeveelheid (mm) in de provincie (Ref. KMI) en in zuidoost Nederland (Ref. KNMI) in de periode 1981-2010.

Om verdergaand inzicht te verwerven werden reeksen van dagneerslagsom opgezocht en opgevraagd van stations in de provincie en omstreken. 5 bronnen werden hiervoor geraadpleegd.

Tabel 1: Waarnemingspunten van neerslag, betrokken in het onderzoek

Bron	Nr.	Gemeente	Code	Aanvang	Int.	Lambertcoördinaten	
						X	Y
KMI, Metagri	110	KI brogel	B	KLB	1986	226516	207106
KMI, Metagri	100	Koersel	B	KOE	1993	213438	194537
KMI, Metagri	150	Genk	B	GEN	1993	229024	181399
KMI, Metagri	240	Gorsem	B	GOR	1993	206801	169058
KMI, Metagri	290	Bierset	B	BIE	1993	226404	148078
KMI, Metagri	280	Gembloux	B	GEM	1993	172554	141452
Waterinfo		Lommel	B	LOM	2008 x	215000	215900
Waterinfo		Overpelt	B	PEL	2004 x	227600	213800
Waterinfo		Neeroeteren	B	NOE	2008 x	241500	197200
Waterinfo		Beverst	B	BEV	2008 x	227000	177200
Waterinfo		Niel bij St-Truiden	B	NIE	2004 x	204800	158700
Waterinfo		Runkelen	B	RUN	2008 x	205100	172200
Waterinfo		Zoutleeuw	B	ZOU	2009 x	202200	170100
Waterinfo		Lummen	B	LUM	2004 x	205900	184500
Waterinfo		Tessengerlo	B	TES	2008 x	202700	194000
Privé1		Tongerlo	B	TON	2012 x	240100	202400
Privé2		Oevel (Geel)	B	GEE	1993	187300	202700
KNMI	915	Eersel	NL	EER	1986	215800	228000
KNMI	912	Leende	NL	LEE	1986	232500	228000
KNMI	979	Eil	NL	ELL	1999	250000	213000
KNMI	964	Weert	NL	WRT	1986	242000	217000
KNMI	970	Stamproy	NL	STP	1986	245000	210000
KNMI	979	Echt	NL	ECH	1986	255000	199000
KNMI	973	Beek	NL	BEE	1986	249000	180000
KNMI	380	Maastricht	NL	MAA	1986	245000	172000
KNMI	971	Noorbeek	NL	NOO	1986	252000	163000
KNMI	968	Vaals	NL	VAA	1986	265000	163000

Bronnen: KMI: Koninklijk meteorologisch instituut, METAGRI-netwerk

KNMI: Koninklijk Nederlands meteorologisch instituut

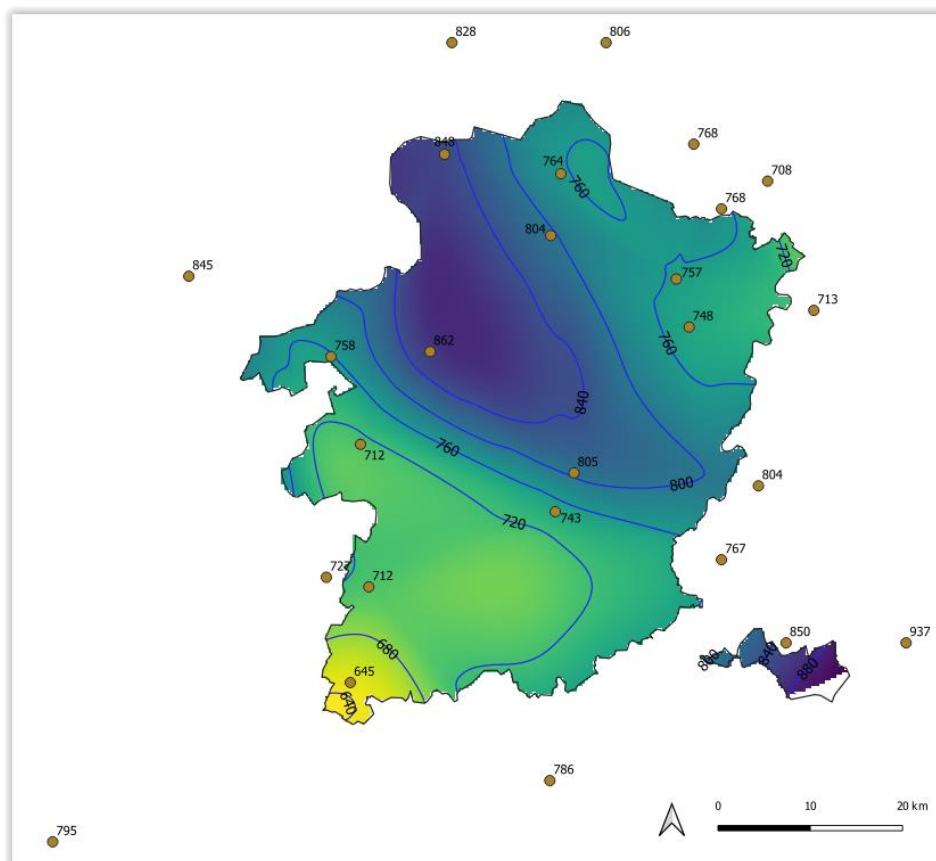
Waterinfo.be

Int.: Op een aantal plaatsen gebeuren de waarnemingen slechts sinds meer recente tijden. Om de beschikbare gegevens toch verder te kunnen verwerken werden, werden correlaties gezocht tussen de verschillende recente meetreeksen, en op basis

hiervan werden reeksen opgesteld voor de periode vóór de waarnemingen er startten en waar deze ontbraken. Op deze wijze konden neerslagreeksen betrokken worden over een periode van 26 jaar, van maart 1993 tot februari 2019.

Waar de coördinaten van de waarnemingspunten niet onmiddellijk konden worden getraceerd werden deze benaderend opgenomen. Gezien de doelstelling en de schaal van het onderzoek, heeft dit geen wezenlijk effect op de resultaten.

Onder GIS werden de gemiddelde jaarneerslagsommen verder verwerkt. Interpolatie gebeurde met TIN, met als interpolatiemethode Clough-Toucher (cubic) (Lancaster en Salkauskas, 1986). Het resultaat is weergegeven in Figuur 13.



Figuur 13: Gemiddelde jaarlijkse neerslaghoeveelheid (mm) in de provincie over 26 jaar (maart 1993 – februari 2019)

Uit deze analyse blijken regionaal zeer grote verschillen, tot meer dan 200 mm/jaar verschil tussen Koersel en Niel-bij-Sint-Truiden. Ook in de Voerstreek ligt de normaalwaarde relatief hoog.

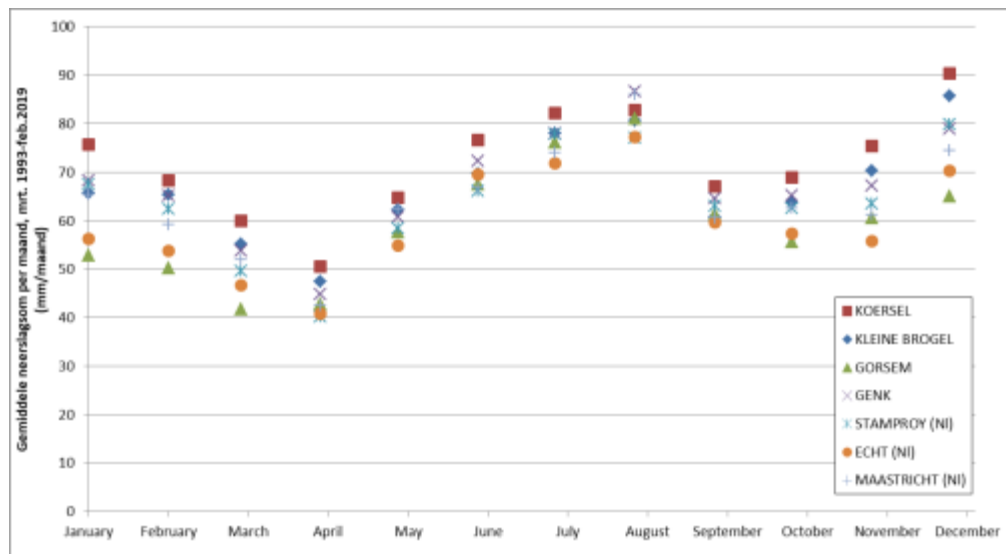
Ten zuiden van de Demer ligt algemeen de neerslagsom ca. 100 mm/jaar lager dan ten westen van en op het Kempisch plateau. Ook aan de noordoostzijde van het plateau daalt de neerslagsom tot ca. 720 mm/jaar in Kinrooi.

Volledige neerslagreeksen over de periode 1986-2015 zijn slechts beperkt beschikbaar, binnen de provincie enkel voor Kleine Brogel. Een vergelijking van beschikbare reeksen van de periode 1986-2015 en de periode maart 1993 – februari 2019 leert dat verschillen in jaarneerslagsom niet hoger liggen dan 5%, in meer of in minder. Er wordt dan ook van uitgegaan dat het neerslagpatroon in de periode 1986-2015 niet betekenisvol verschilt van dit van de periode maart 1993 – februari 2019.

Tabel 2: Gemiddelde jaarneerslagsom voor de periodes 1986-2015 en maart 1993 – februari 2019 voor stations met beschikbare waarnemingen.

Periode	LEINE BROGEL	VAALS	NOORBEEK	MAASTRICHT	BEEK	ECHT	STAMPROY	WEERT	LEENDE	EERSEL
mrt1993-feb2019	804	936	850	766	804	713	768	768	806	828
1986 - 2015	844	933	835	761	788	713	750	763	798	801

Verdere analyse van de normaalwaarden leert dat de grote zonale verschillen in jaarneerslagsom voornamelijk gevolg zijn van grote verschillen in winterneerslag (zie Figuur 14). In de maanden oktober tot maart loopt het verschil tussen de waarnemingsplaatsen op tot meer dan 25 mm/maand. Tijdens de zomermaanden (april – september) liggen deze verschillen opvallend lager, in grootteorde van 10 mm/maand.



Figuur 14: Gemiddelde maandelijkse neerslaghoeveelheid (mm) voor enkele stations in de provincie en aangrenzend, over 26 jaar (maart 1993 – februari 2019).

2.3.2 Referentiegewasverdamping

Met de referentiegewasverdamping² (ET₀) wordt getracht een standaard te geven waardoor de maximale verdamping van vegetatie en gewassen, maar ook van onbegroeide bodem of een wateroppervlak kan worden berekend. In onderstaande wordt de FAO-benadering (Penman-Monteith) (Allen et al., 1998) gevolgd. De referentie-evapotranspiratie werd berekend uit meetreeksen, uurwaarden, van temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, windsnelheid en instraling.

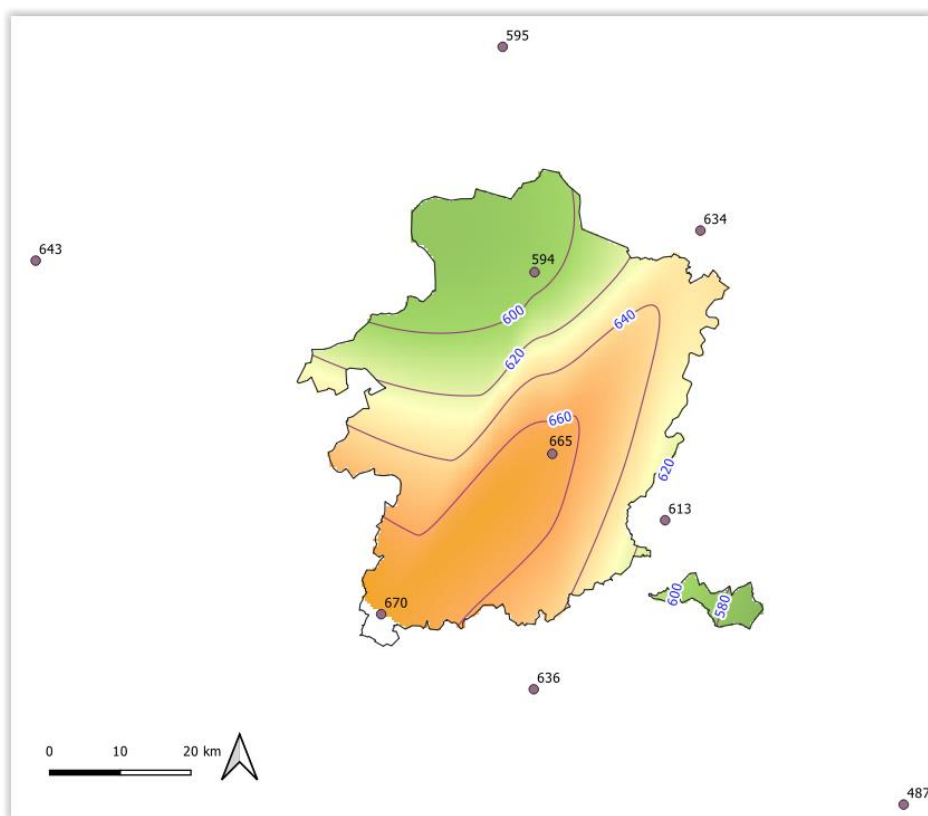
Binnen Limburg zijn enkel voor Kleine Brogel voldoende langjarige meetreeksen (minstens 30 jaar) van deze parameters beschikbaar. Ook via andere bronnen werd gezocht naar langjarige reeksen (zie Tabel 3). Analyse van de data van Kleine Brogel leert dat de gemiddelde jaarsom van referentie-evapotranspiratie over 25 jaar, tussen maart 1994 en feb.2019, identiek is aan deze berekend over 30 jaar in de periode 1986-2015. Op deze basis kan redelijkerwijze aangenomen worden dat ook elders in de provincie de normaalwaarden niet betekenisvol afwijken wanneer ze, na extrapolatie in de tijd van meetwaarden, berekend worden over de langjarige periode van 1986-2015.

Het aantal stations met voldoende parameters in de waarneming is eerder beperkt. In die zin is de ruimtelijke spreiding zoals deze met interpolatie werd bekomen, met voorbehoud te beschouwen (Figuur 15): vooral aan de westzijde van de provincie bestaat er minder duidelijkheid. Regionaal bestaat er verschil in referentiegewasverdamping tot grootteorde 75 mm/jaar.

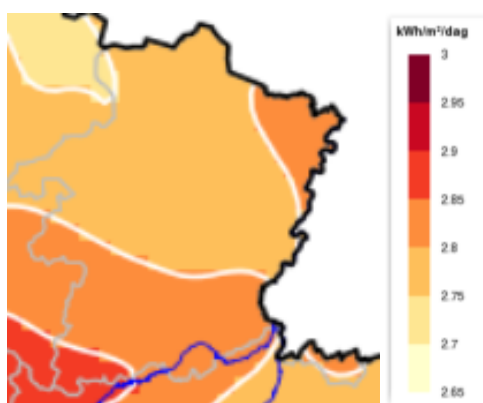
² Meerdere benaderingswijzen voor deze referentiegewasverdamping worden beschreven in wetenschappelijke literatuur. Het KMI heeft een wetenschappelijk traditie waarbij de benadering van Bultot wordt aangehouden (Bultot et al., 1983). Bultot en collega's bestudeerden de hydrologie binnen rivierbekkens in België. De rekenbasis gaat terug op dezelfde basisalgoritmes van energie-uitwisseling als deze toegepast door Penman-Monteith (Allen et al., 1998). In de uiteindelijke doorrekeningen is de toegepaste berekeningswijze niet bepalend gezien elke methode met eraan gekoppelde coëfficiënten vrijwel tot dezelfde effectieve verdampingswaarde leidt.

Tabel 3: Waarnemingspunten van de Penmanparameters en doorrekening naar ET₀, betrokken in het onderzoek.

Bron	Nr.	Gemeente	Code	Periode	Int.	Lambertcoördinaten	
						X	Y
KMI	110	KI brogel	B	KLB	1986-2019	226516	207106
KMI	150	Genk	B	GEN	1994-2004	x	229024 181399
KMI	290	Bierset	B	BIE	1994-2019	x	226404 148078
KMI	360	Elsenborn	B	ELS	1994-2019	x	278771 131762
KMI	80	Deurne	B	DEU	1994-2019	x	155894 208739
Waterinfo		Niel bij St-Truiden	B	NIE	2009-2019	x	204800 158700
KNMI		Eil	NI	ELL	1999-2019	x	250000 213000
KNMI		Eindhoven	NI	EIN	1986-2019		222000 239000
KNMI		Maastricht	NI	MAA	1986-2019		245000 172000

**Figuur 15: Benadering van de gemiddelde jaarlijkse Referentiegewasverdamping (Penman-Monteith) (mm/jaar) in de provincie (1986-2015).**

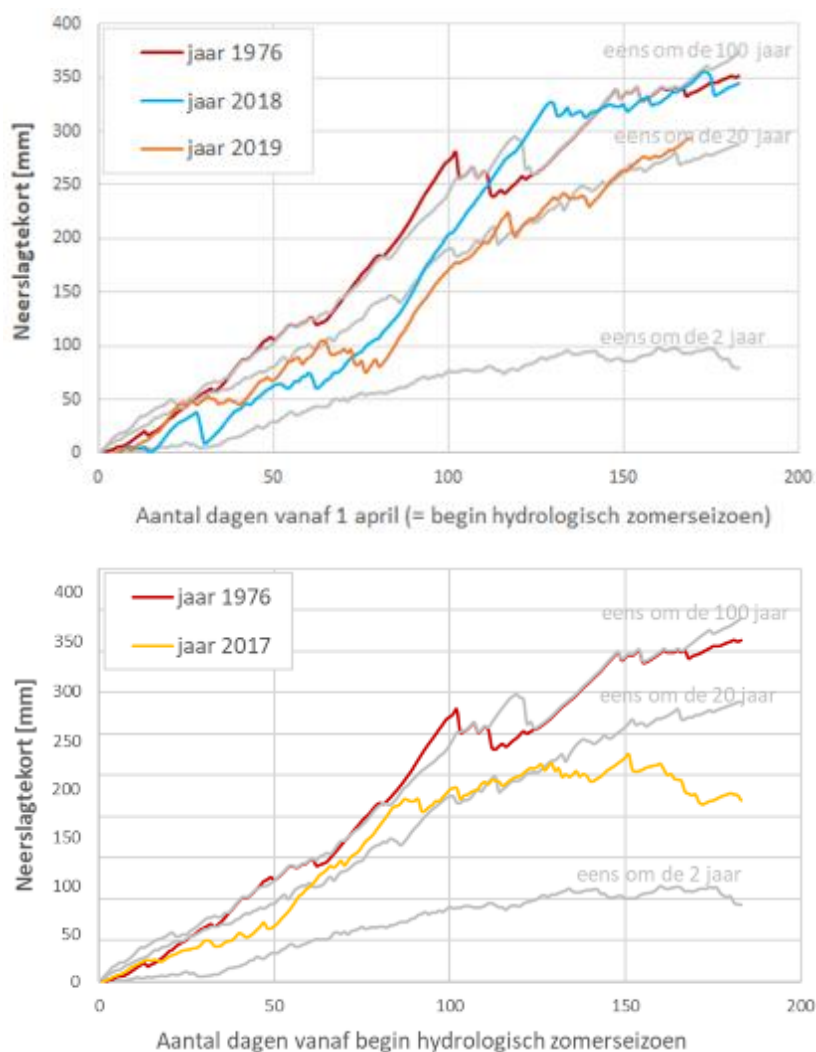
Evapotranspiratie is in essentie een energie-uitwisseling. De belangrijkste factor hierin bestaat uit zonnestraling, naast wind, relatieve luchtvochtigheid en temperatuur. Het KMI geeft in zijn klimaatlas normaalwaarden voor globale zonnestraling. Men merkt dan ook verregaande consistentie tussen de normaalwaarden van straling en de referentiegewasverdamping.

**Figuur 16: Normaalwaarde globale zonnestraling (kWh/m²/dag) in de provincie (1984-2013).**

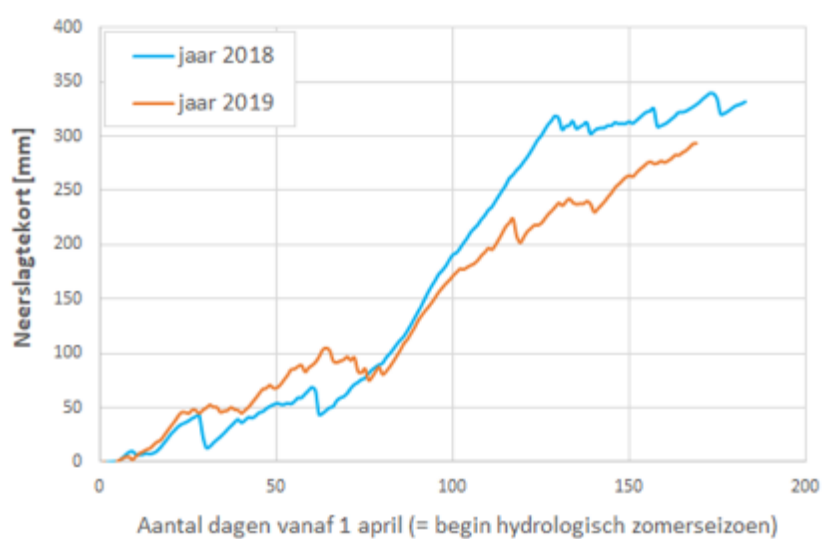
2.3.3 Neerslagoverschot, neerslagdeficit

Neerslagoverschot wordt hier in een eerste benadering gedefinieerd als het verschil tussen de neerslag en de referentie-evapotranspiratie gerekend over een bepaalde periode. In de Angelsaksische literatuur wordt dit het 'potentieel neerslagoverschot' genoemd. De referentie-evapotranspiratie is immers een potentiële evapotranspiratie. Door het voorkomen van droogte en afhankelijk van de vegetatie ligt de effectieve evapotranspiratie over een tijdspanne van bv. een jaar doorgaans gevoelig lager dan de referentie-evapotranspiratie. Over een de tijdspanne van een jaar zal het effectieve neerslagoverschot daarom meestal groter zijn dan het 'potentiële neerslagoverschot'.

Ingeval de hoeveelheid neerslag kleiner is dan de referentie-evapotranspiratie is het neerslagoverschot negatief en spreekt men van een neerslagtekort, een neerslagdeficit. Figuur 17 toont dit neerslagtekort voor de hydrologische zomerperiodes, d.i. vanaf 1 april, van 2017, 2018 en 2019. Vergelijking met de meteorologische gegevens van het KMI te Ukkel van de laatste 120 jaar leert dat bij het begin van de zomer het neerslagtekort opliep tot een benaderende terugkeerperiode van 20 jaar. Later in de zomer verminderde dit tekort dankzij de neerslag. Ook in 2019 had het neerslagtekort een benaderende terugkeerperiode van 20 jaar, maar nu over een langere periode, aanhoudend t.e.m. september. In de zomer van 2018 was het neerslagtekort extremer, met een benaderende terugkeerperiode van 40 jaar, want deed zich de afgelopen 120 jaar in Ukkel driemaal voor: in 1921, 1976 en 2018. Omdat de lokale meteorologische meetreeksen voor Limburg niet lang genoeg zijn om nauwkeurige terugkeerperiodeberekeningen te maken, werden de statistieken gebaseerd op Ukkel. Vergelijking van het neerslagtekort voor 2018 en 2019 tussen Ukkel en het centrum van de Provincie Limburg toont echter geen grote verschillen (zie Figuur 18 versus Figuur 17).



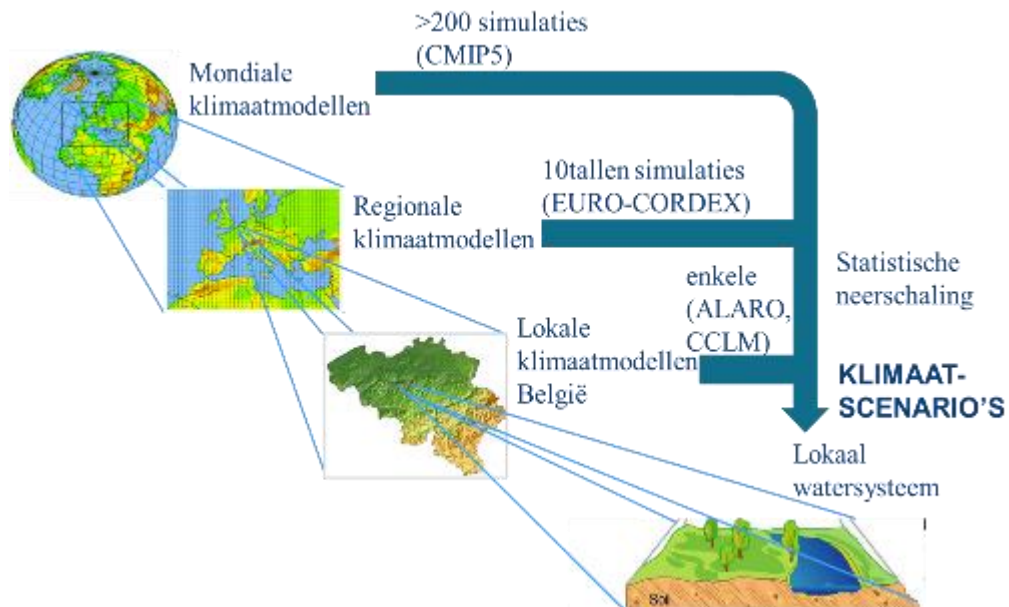
Figuur 17: Neerslagtekort voor de zomerperioden vanaf 1 april in 2017, 2018 en 2019, en vergelijking met de terugkeerperioden zoals berekend volgens de gegevens van het KMI te Ukkel voor de laatste 120 jaar.



Figuur 18: Neerslagtekort voor de zomerperioden vanaf 1 april in 2018 en 2019, o.b.v. de lokale meteorologische gegevens in het centrum van de Provincie Limburg.

2.3.4 Klimaatscenario's

De klimaatscenario's voor de Provincie Limburg werden afgeleid conform de aanpak die KU Leuven eerder volgde voor de opmaak van de klimaatscenario's voor VMM – MIRA (2015) en het Klimaatportaal Vlaanderen. Deze zijn bepaald via statistische neerschaling van alle beschikbare simulatieresultaten met mondiale, regionale en Belgische klimaatmodellen.



Figuur 19: Aanpak gevolgd voor de opmaak van de klimaatscenario's voor de provincie Limburg.

Voor de toekomstevolutes is gebruik gemaakt van de RCP-broeikasgascenario's van het IPCC (RCP 8.5, RCP 6.0, RCP 4.5 en RCP 2.6) en dit voor een toekomsthorizon tot 2100. De ganze bandbreedte aan toekomstprognoses werd hierbij beschouwd, dus inclusief de onzekerheid als gevolg van (1) de onzekere toekomstige evolutie in de uitstoot aan broeikasgassen, (2) de onzekerheid in de klimaatmodellen, en (3) de intrinsieke natuurlijke variabiliteit van het klimaatsysteem.

RCP broeikasgascenario's

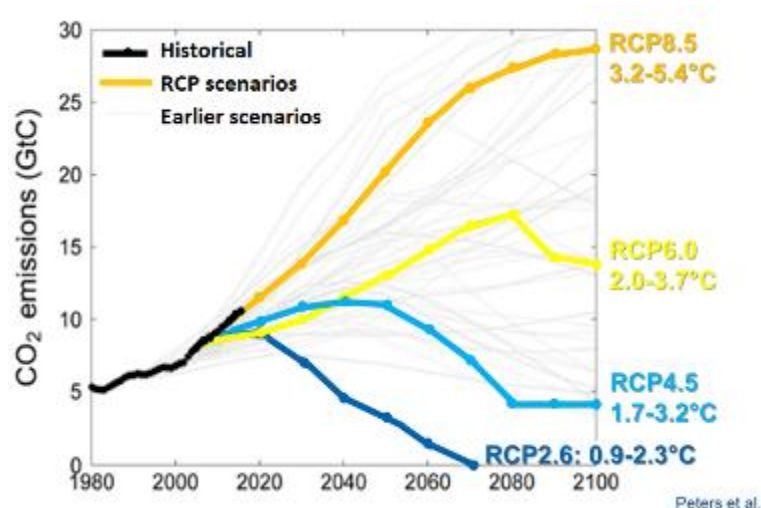
RCP8.5 Dit scenario wordt gekenmerkt door groeiende broeikasgasemissies over de tijd. Het scenario is representatief voor scenario's in de literatuur die leiden tot hoge broeikasgas concentraties. RCP8.5 is een hoog energie-intensief scenario met een hoge groei van de bevolking tot ongeveer 12 miljard in 2100 en een lage technologische ontwikkeling (Van Vuuren et al., 2011).

RCP6.0 Dit is een scenario waar de stralingsforcering vlak na 2100 stabiliseert zonder overshoot. Dit scenario wordt gekenmerkt door een reeks aan technologieën en strategieën om energieverbruik en broeikasgasemissies te beperken. Er is echter nauwelijks een vermindering van de broeikasgasemissie per eenheid energie. In het scenario wordt een midden-projectie voor populatie tot ongeveer 9 miljard in 2100 aangenomen (Van Vuuren et al., 2011).

RCP4.5 Dit is een scenario waar de stralingsforcering vlak na 2100 stabiliseert zonder overshoot. Dit scenario wordt gekenmerkt door een grotere range aan technologieën en strategieën om broeikasgasemissies te beperken dan in RCP6. In het scenario wordt een midden-projectie voor populatie tot ongeveer 9 miljard in 2100 aangenomen. Het verschilt vooral van RCP6, omdat dit scenario uitgaat van een sterke vermindering van

de broeikasgasemissie per eenheid energie. Kenmerkend voor RCP4.5 is dat het gebruik van bio-energie en koolstofopvang en –opslag (Van Vuuren et al., 2011).

RCP2.6 Dit scenario is een ‘zogenamd ‘piek-en-afname’ scenario, waar de stralingsforcering eerst waarden van $3,1 \text{ W m}^{-2}$ bereikt aan het einde van de eeuw en daarna afneemt tot $2,6 \text{ W m}^{-2}$ in 2100. Om deze niveaus te bereiken zijn substantiële reducties in emissies van broeikasgassen noodzakelijk. In het scenario wordt een midden-projectie voor populatie tot ongeveer 9 miljard in 2100 aangenomen. Kenmerkend voor RCP2.7 is dat emissies laag zijn door het gebruik van bio-energie en dat koolstofopvang en –opslag zal leiden tot negatieve emissies.



Figuur 20: RCP broeikasgasscenario's geïllustreerd op basis van de verandering in totale mondiale CO₂ uitstoot, en vergelijking met oudere generatie SRES broeikasgasscenario's. Het vermelde bereik aan temperatuurverandering is de mondiaal gemiddelde temperatuurverandering samen met de onzekerheid.

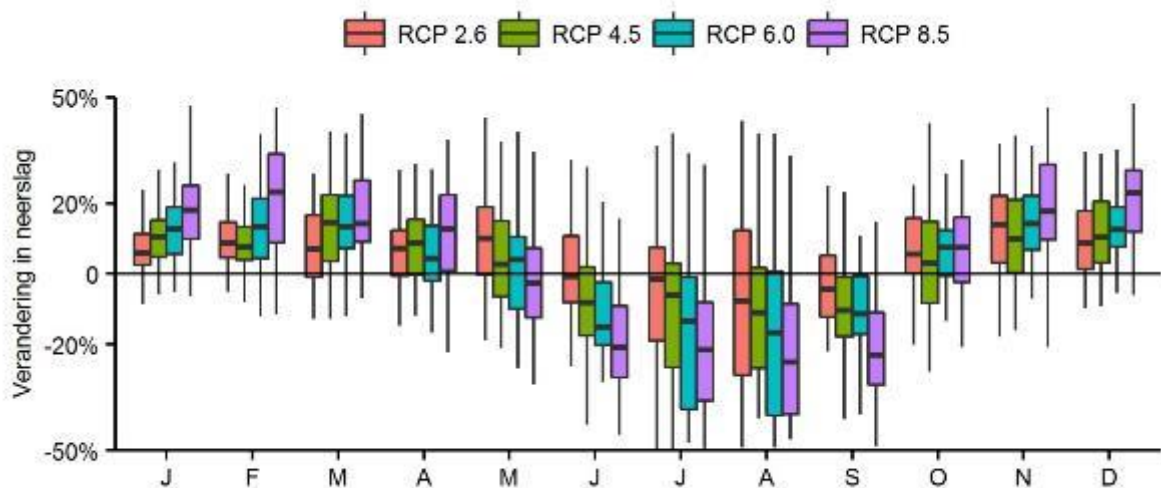
Omdat het onmogelijk is om in te schatten waar de toekomst precies gesitueerd gaat zijn binnen deze bandbreedte aan mogelijke toekomstscenario's, wordt tegenwoordig niet langer met de verschillende afzonderlijke scenario's gewerkt, maar enkel met het huidige klimaat en met de bovengrens van de volledige bandbreedte aan mogelijke scenario's en dit laatste voor een business-as-usual scenario inzake toekomstige uitstoot aan broeikasgassen (RCP 8.5) en soms ook voor een midden scenario (RCP 4.5). Dit maakt de praktische interpretatie eenvoudiger en vermijdt ook misverstanden als gevolg van een onvolkomen inzicht in de klimaatwetenschap door niet-experts in het domein. Er wordt dus met slechts 1 of 2 klimaatscenario gewerkt: de bovengrens van de volledige bandbreedte aan mogelijke toekomstevolutes:

- Klimaatscenario 1: Midden scenario voor toekomstige uitstoot aan broeikasgassen (RCP 4.5), toekomsthorizon tot 2100
- Klimaatscenario 2: Business-as-usual scenario voor toekomstige uitstoot aan broeikasgassen (RCP 8.5), toekomsthorizon tot 2100.

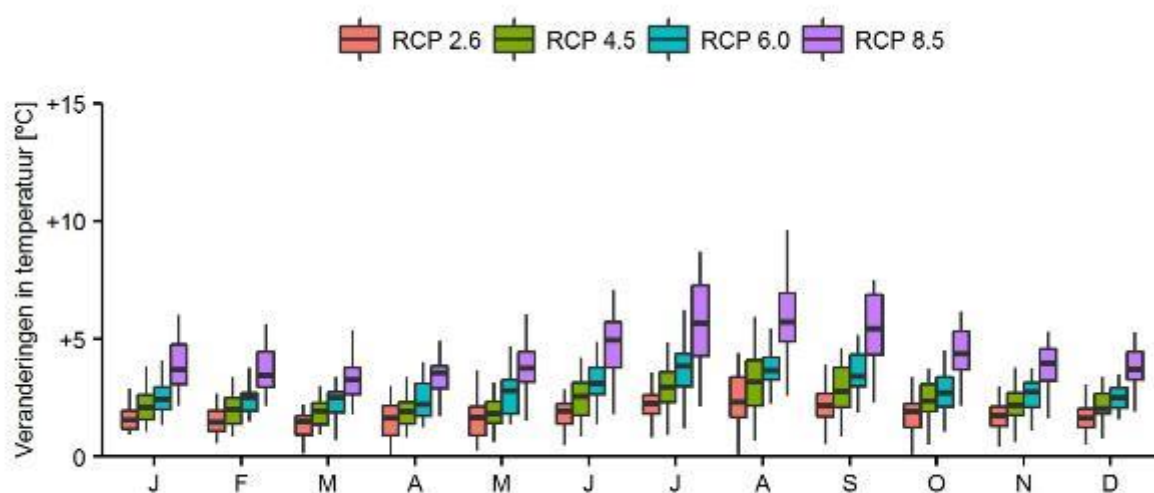
Het klimaatscenario 2 kan beschouwd worden als een pessimistisch scenario, ook hoog impactscenario genoemd (zoals in het Klimaatportaal Vlaanderen). Later in dit rapport worden de impactanalyses van de klimaatverandering op de waterbeschikbaarheid gerapporteerd voor ofwel beide klimaatscenario's, ofwel enkel voor klimaatscenario 2. De resultaten van klimaatscenario 1 hebben immers slechts weinig toegevoegde waarde; ze liggen tussen het huidige klimaat en het klimaatscenario 2. Ze zouden door eindgebruikers geïnterpreteerd kunnen worden als "midden" dus meest waarschijnlijk, maar dat is een verkeerde interpretatie. Er kunnen immers geen kansen geassocieerd worden met elk van de klimaatscenario's. Het enige wat men correct kan stellen is dat de toekomst met hoge waarschijnlijkheid gesitueerd zal zijn tussen het huidige klimaat en het hoge impactscenario (het klimaatscenario 2).

Meer specifiek komt het klimaatscenario 2 overeen met een business-as-usual uitstoot aan broeigassen (RCP 8.5) en de bovengrens van een 95%-betrouwbaarheidsinterval m.b.t. de impact van die uitstoot op het lokale klimaat. Let wel: de werkelijkheid zou nog extremer kunnen zijn dan het hoog impact scenario, maar de kans daarop wordt op basis van de huidige inzichten in de klimaatproblematiek als klein beschouwd. Door de waterbeschikbaarheid te bestuderen voor zowel het huidige klimaat als voor het hoge impact klimaatscenario (klimaatscenario 2), wordt dus een beeld verkregen van de richting waarin het toekomstig klimaat de komende decennia (tot 2100) zal evolueren en van het bereik waarbinnen met het toekomstig klimaat met hoge waarschijnlijkheid gesitueerd zal zijn.

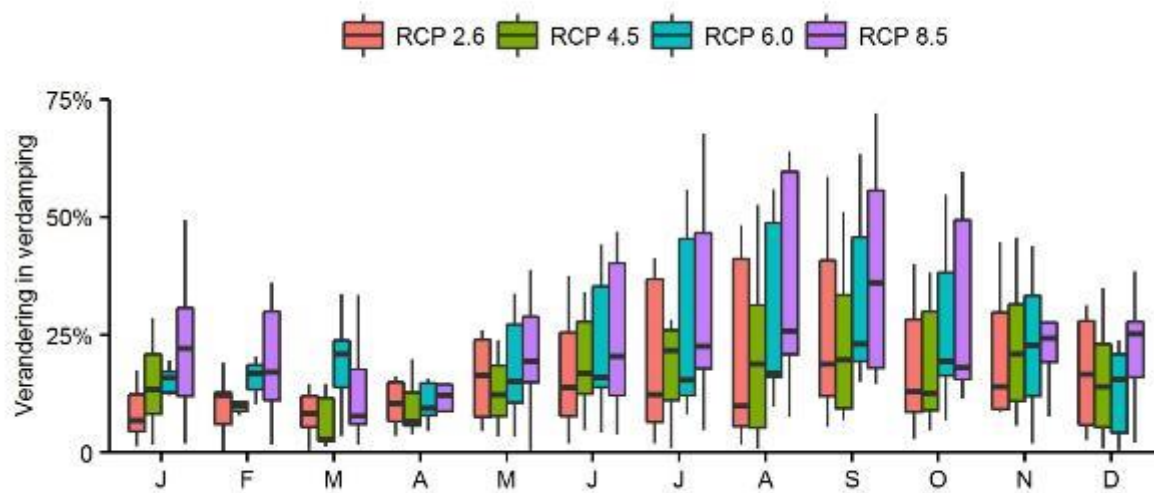
Figuur 21, Figuur 22 en Figuur 23 tonen de verandering in de neerslaghoeveelheid voor de Provincie Limburg voor de 12 maanden van het jaar en de 4 RCP-scenarios (verandering van het huidige klimaat tot het klimaat 2100). Deze zogenaamde “klimaatveranderingssignalen” werden toegepast op de historische tijdreeksen. Voor neerslag werden hierbij zowel de frequentie aan natte dagen aangepast als de neerslagintensiteiten per bui en dit in functie van de terugkeerperiode van de bui. Voor potentiële evapotranspiratie werden per maand de dagwaarden aangepast. Dit gebeurde ruimtelijk variabel volgens de gebieden afgebakend volgens de Thiessen polygoonmethode, zoals aangeduid in Figuur 24. In Figuur 25 en Figuur 26 worden voor de zomer- en winterneerslag de ruimtelijk geïnterpoleerde variaties getoond voor de provincie.



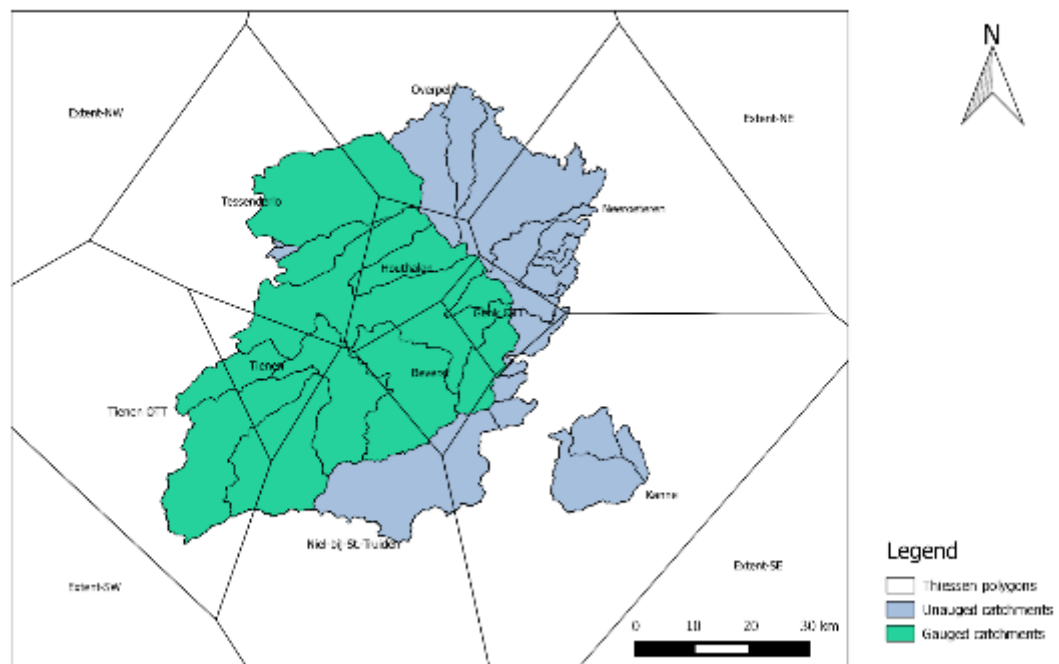
Figuur 21: % verandering in maandneerslaghoeveelheid voor de Provincie Limburg voor de 12 maanden van het jaar en de 4 RCP-scenarios (verandering van het huidige klimaat tot het jaar 2100).



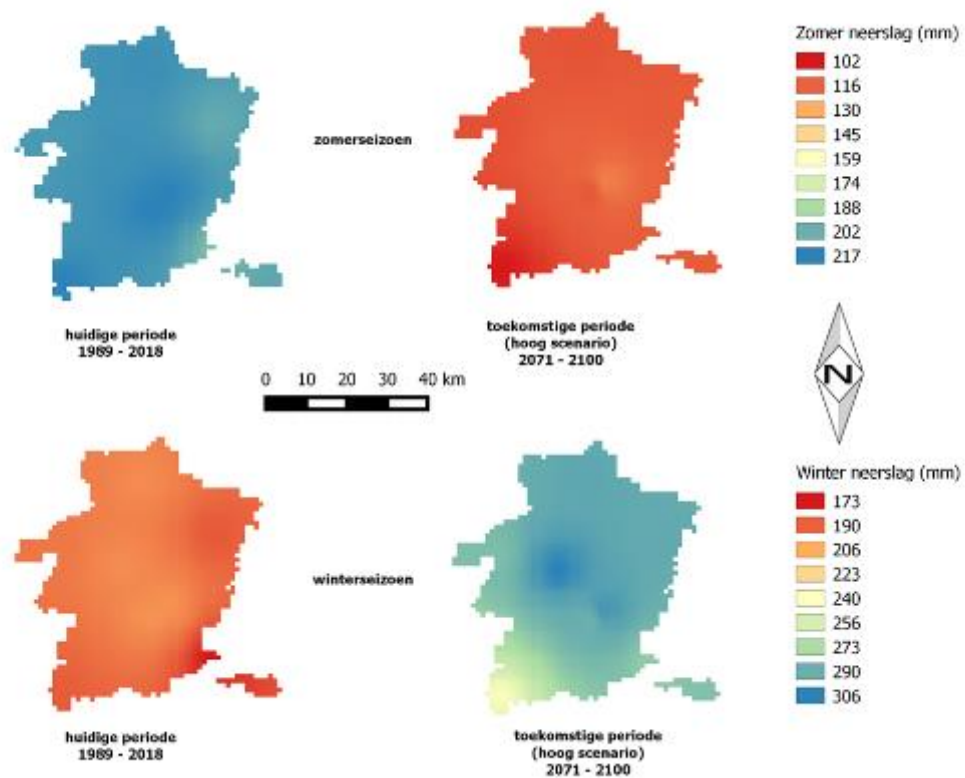
Figuur 22: % verandering in maandgemiddelde temperatuur voor de Provincie Limburg voor de 12 maanden van het jaar en de 4 RCP-scenarios (verandering van het huidige klimaat tot het jaar 2100).



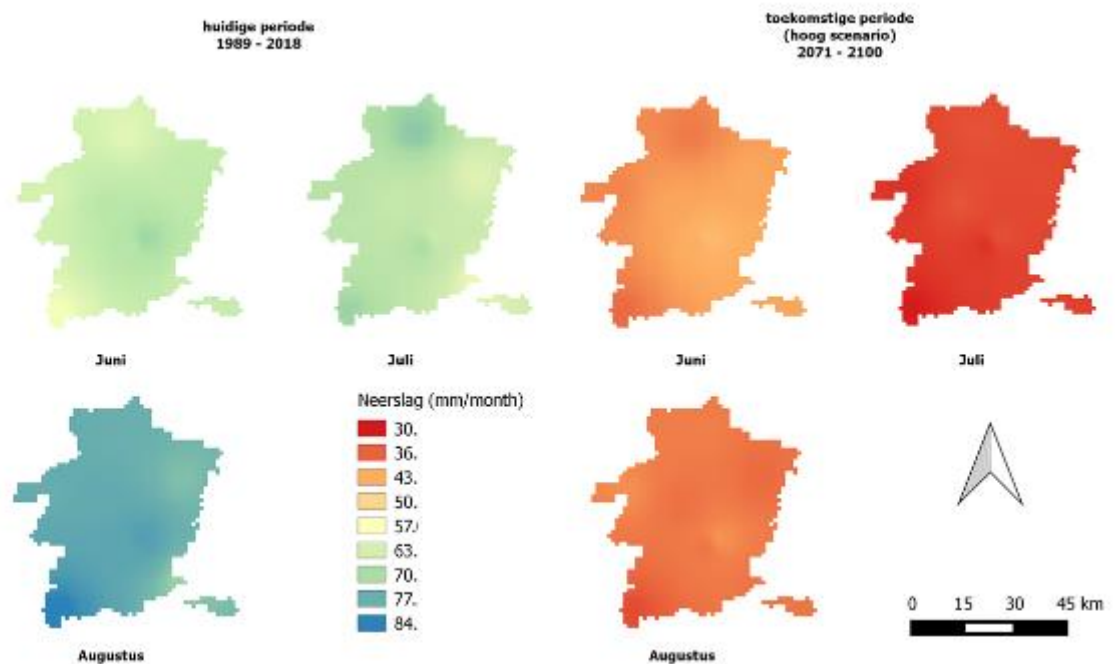
Figuur 23: % verandering in maandgemiddelde potentiële evapotranspiratie voor de Provincie Limburg voor de 12 maanden van het jaar en de 4 RCP-scenarios (verandering van het huidige klimaat tot het jaar 2100).



Figuur 24: Gebieden waarvoor de neerslag en potentiële evapotranspiratiegegevens werden geperturbeerd aan de klimaatveranderingssignalen.



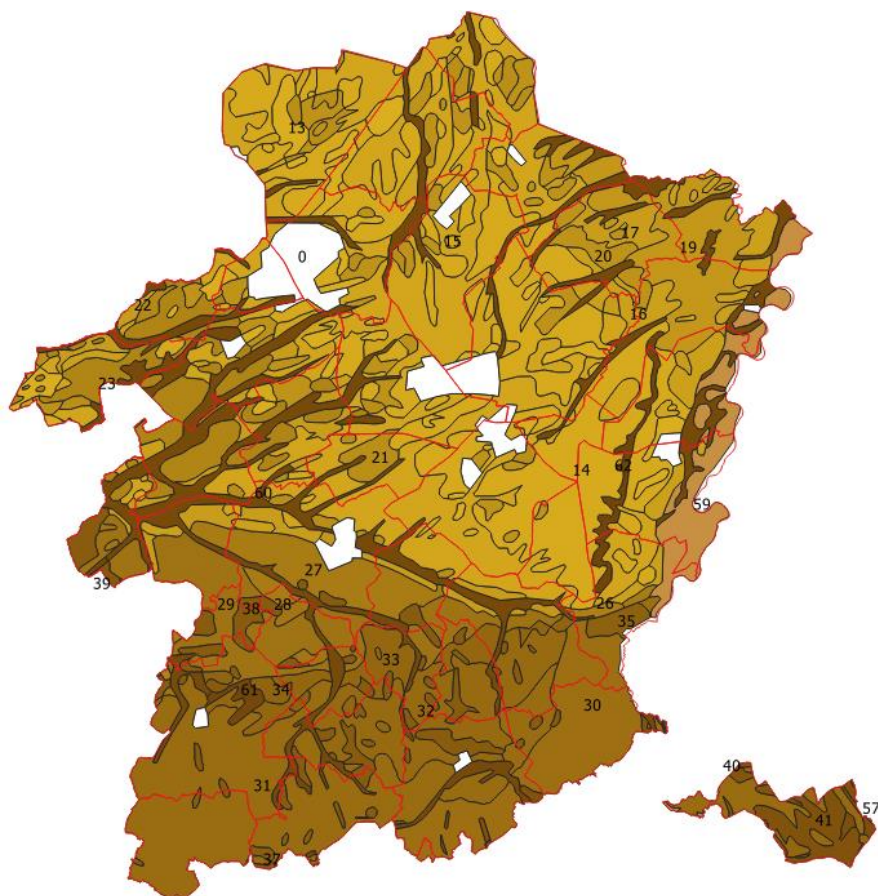
Figuur 25: Zomer- en winterneerslaghoeveelheden in huidig en toekomstig klimaat (voor het klimaatscenario 2).



Figuur 26: Neerslaghoeveelheden tijdens de zomermaanden in huidig en toekomstig klimaat (voor het klimaatscenario 2).

2.4 Bodem - pedologie

Gezien de schaal van het onderzoek wordt uitgegaan van de Bodemassociatiekaart van België. Deze groepeerde verwante bodemseries en doet uitspraken over bodemkenmerken tot een diepte van ca. 1,25 m. De belangrijkste criteria in de kartering van de bodemassociaties betreffen de bodemtextuur (zand, leem, enz.) van de top laag en de bodemwaterhuishouding (betekenis in het waterleverend vermogen of de wateroverlast voor landbouwproductie); verder spelen nog de mate waarin kenmerken in het bodemprofiel eventueel veranderen met de diepte. De kartering is gebaseerd op waarnemingen in de periode van 1955 – 1970. M.b.t. de bodemtextuur is zij nog voldoende actueel. M.b.t. de bodemwaterhuishouding bestaat minder zekerheid, en kan men ervan uit gaan dat er zich in het algemeen grondwaterpeildalingen hebben voorgedaan. Zwaardere bodemtexturen (zandleem, leem,...) zijn hiertegen in enige mate gebufferd. Lichtere bodems (zand, lemig zand) hebben hierdoor in het algemeen een aanzienlijk droger karakter gekregen dan ten tijde van de kartering. Recente zonale herkarteringen bevestigen dit (Elsen en Balcer, 2010; Elsen et al., 2012).



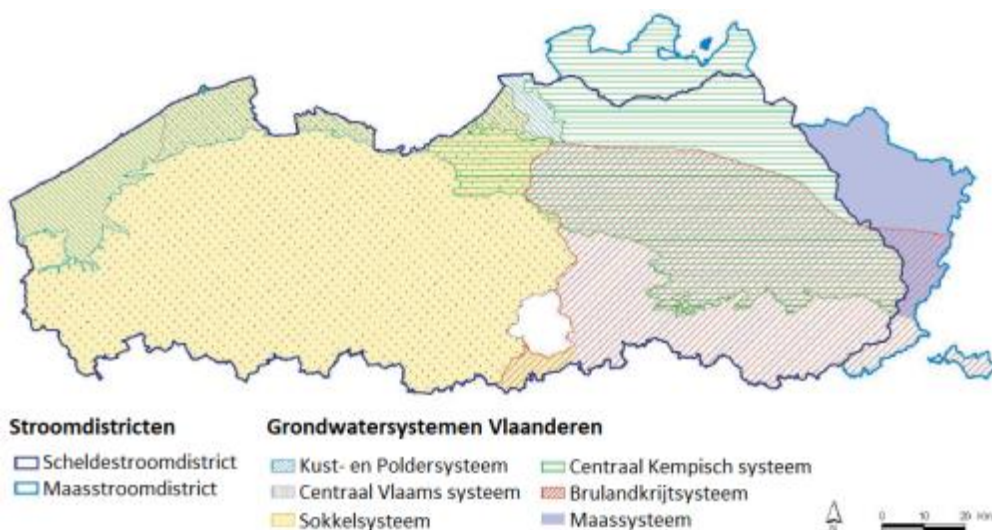
Figuur 27: Bodemassociatiekaart in de provincie (1970).

Tabel 4: Bodemassociaties en respectievelijke oppervlakte in de provincie

Oppervlakte ha	Bodemassociatie nr.	Legende
518	13	zandgronden zonder profielontwikkeling
6441	14	droge zand- en lemig-zandgronden met humus of/en ijzer B horizont
11562	15	natte zand- en lemig-zandgronden met humus of/en ijzer B horizont
2507	16	droge zand- tot licht-zandleemgronden met kleur B horizont of met textuur B horizont
2037	17	natte zand- tot licht-zandleemgronden met kleur B horizont of met textuur B horizont
4429	19	complex van de associaties 15 + 17
2215	20	droge zand- en lemig-zandgronden met diepe antropogene humus A horizont
685	21	natte zand- en lemig-zandgronden met diepe antropogene humus A horizont
81	22	niet gedifferentieerde zandige substraatgronden op zand
1857	23	niet gedifferentieerde zandige substraatgronden op klei-zandcomplex
53	26	droge licht-zandleem- en zandleemgronden met verbrokkelde textuur B horizont
2366	27	natte licht-zandleem- en zandleemgronden met verbrokkelde textuur B horizont
357	28	droge zandleemgronden met textuur B horizont of met verbrokkelde textuur B horizont
5499	29	natte zandleemgronden met textuur B horizont of met verbrokkelde textuur B horizont
7190	30	leemgronden met textuur B horizont: droge associatie
15644	31	leemgronden met textuur B horizont: normale associatie
5127	32	leemgronden met textuur B horizont: matig droge associatie
2164	33	leemgronden met textuur B horizont: matig natte associatie
335	34	leemgronden met textuur B horizont: natte associatie
223	35	leemgronden met gevlekte textuur B horizont
73	37	niet gedifferentieerde zandlemige of lemige substraatgronden op zand
2464	38	niet gedifferentieerde zandlemige of lemige substraatgronden op klei-zandcomplex
92	39	niet gedifferentieerde zandlemige of lemige substraatgronden op klei
88	40	stenig leemgronden met textuur B horizont of met structuur B horizont met bijmenging van grint
1283	41	stenig leemgronden met textuur B horizont of met structuur B horizont met bijmenging van krijt of silex
66	57	kleigronden met structuur B horizont
2529	59	droge alluviale gronden zonder profielontwikkeling
4831	60	natte alluviale gronden zonder profielontwikkeling

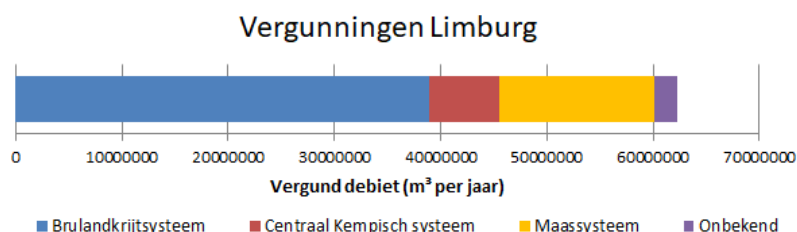
2.5 Grondwatersystemen in Limburg

De VMM heeft de ondergrond van Vlaanderen geclassificeerd in zes grondwatersystemen, waartussen er onderling geen (of weinig) beïnvloeding is en welke hydrologisch geïsoleerd zijn. Elk systeem heeft zijn eigen kenmerken en is verder opgedeeld in aquifersystemen (watervoerende systemen) en aquitards (ondoorlatende systemen). De aquifersystemen zijn opgedeeld in grondwaterlichamen, welke aangeven of ze freatisch (1) of gespannen (2) zijn en in welk stroomdistrict ze liggen (M voor Maas, S voor Schelde). In de ondergrond van de provincie Limburg zijn er (delen van) drie grondwatersystemen aanwezig: het volledige Maassysteem, een deel van het Centraal Kempisch Systeem en een deel van het Brulandkrijtsysteem (Figuur 28). In Figuur 28 is te zien dat deze systemen begrensd zijn door de grenzen van de Vlaamse gemeenschap, terwijl deze aquifersystemen fysisch over de grenzen heen gaan. Dit is een belangrijk aspect wanneer het gaat over grondwaterstroming, -voeding en kwel: belangrijke grondwateraanvulling van het Brulandkrijtsysteem gebeurt in Wallonië en grondwaterstroming in het Centraal Kempisch systeem en Maassysteem stopt niet aan de grenzen met Nederland en Duitsland.



Figuur 28: De zes grondwatersystemen in Vlaanderen. Bron: VMM, Operationeel Waterbeheer.

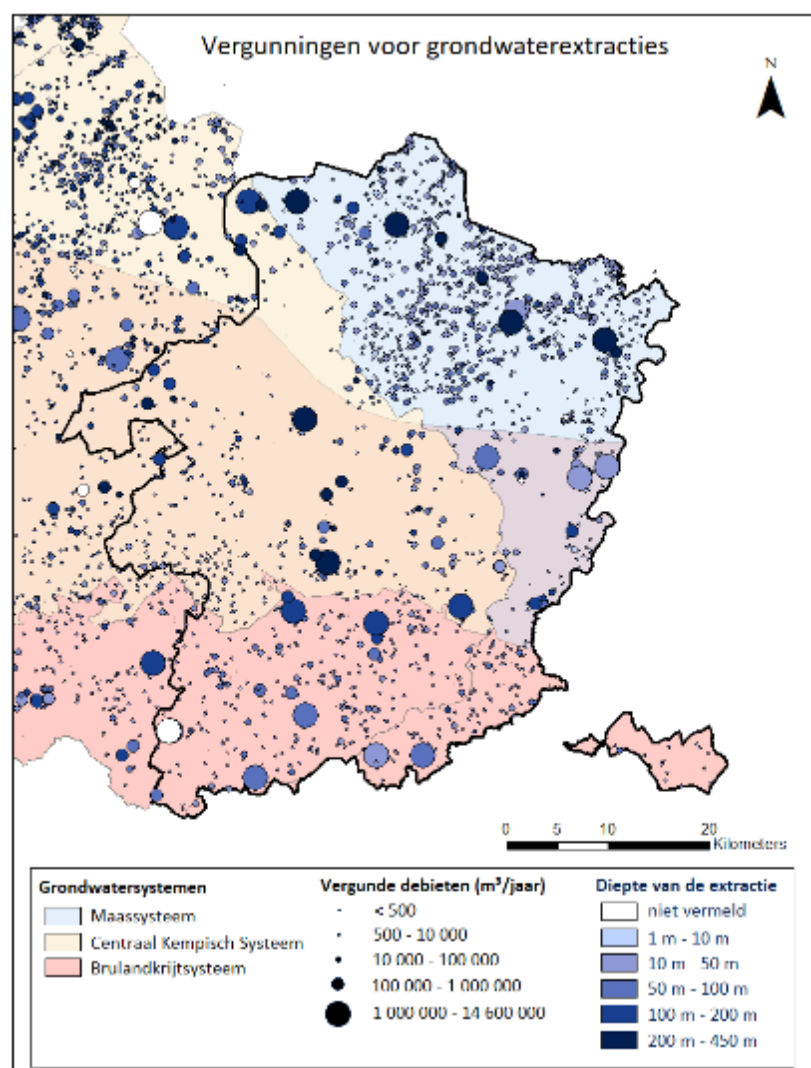
Uit het Brulandkrijtsysteem is het grootste volume aan grondwaterextracties vergund in Limburg: 39 miljoen m³ per jaar, voor het Centraal Kempisch systeem is dit 6.5 miljoen m³ per jaar in Limburg en voor het Maassysteem 14.6 miljoen m³ per jaar in Limburg (DOV, 2019). Dit is weergegeven in Figuur 29. Deze data is gebaseerd op vergunningen voor grondwaterextractie van het DOV: op deze extracties moeten heffingen betaald worden. Extracties kleiner dan 500 m³ en extracties waar geen vergunningen voor nodig zijn, zijn niet in deze data weergegeven omdat deze grotendeels onbekend zijn. Via de Watergroep werden de extracties in Eisden en Meeswijk – waar geen heffingen op betaald moeten worden en welke dus niet in de DOV data zitten – verkregen. Deze zijn in het Maassysteem en goed voor gemiddeld 17.6 miljoen m³ in 2000-2018. Dit betekent dat uit het Maassysteem voor 14.5 miljoen m³ per jaar aan vergunde extracties is en 17.6 miljoen m³ per jaar aan extracties ter productie van drinkwater in de mijnverzakkingsgebieden.



Figuur 29: Vergunningen voor het oppompen van grondwater in Limburg, toestand 01/01/2018. Ruwe data: DOV, 2019.

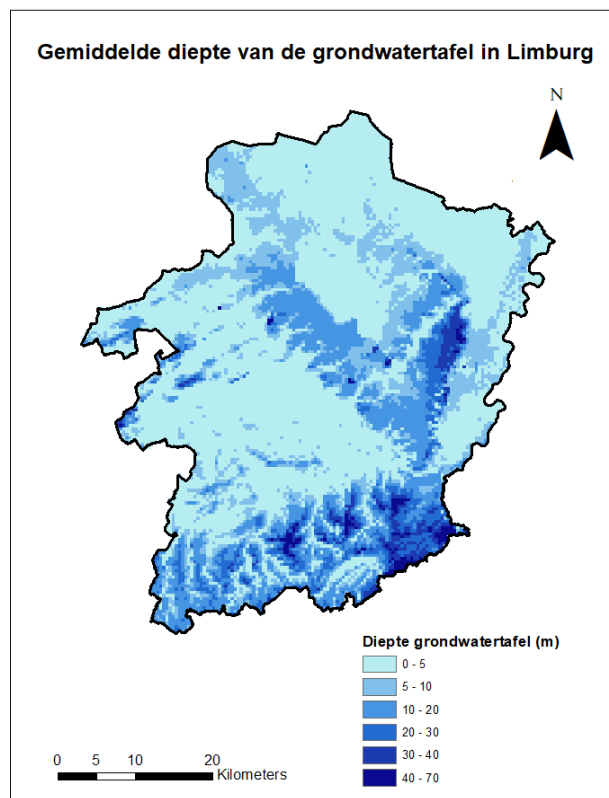
In Figuur 30 zijn de locaties van de vergunningen afgebeeld. De grootte van de symbolen stelt de grootte van de vergunning voor. De kleur van de symbolen geven weer hoeveel meter onder het maaiveld de onttrekkingen zijn. De grote onttrekkingen zijn verdeeld over heel Limburg, de kleinste onttrekkingen zijn voornamelijk geconcentreerd in het Maassysteem en in het Brulandkrijtsysteem. De meeste vergunningen zijn

voor ondiepe ontrekkingen niet dieper dan 10 meter onder het maaiveld. Dit zijn dan meestal ook kleine ontrekkingen. Grotere ontrekkingen zijn in het algemeen dieper gelegen.



Figuur 30: Locaties van de vergunningen voor grondwaterextracties. De grootte van het symbool stelt het volume van de vergunning voor en de kleur stelt de diepte van de vergunning voor. Bron: DOV, 2020.

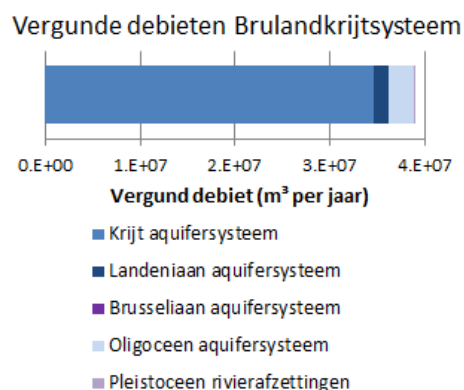
In Figuur 31 is de gemiddelde diepte van de freatische grondwatertafel onder het maaiveld weergegeven. Deze kaart is gemaakt met de output van grondwatermodellen van het Centraal Kempisch Systeem, het Maassysteem en het Brulandkrijtsysteem van de Vlaamse Milieumaatschappij. Om de meeste plaatsen is de grondwatertafel tussen 0 en 5 meter onder het maaiveld. Op de Hagelandse heuvelruggen, delen van het Kempisch plateau en in het zuiden van Limburg liggen de freatische grondwatertafels dieper.



Figuur 31: Gemiddelde diepte van de grondwatertafel in Limburg. Output van de modellen van het Brulandkrijtsysteem, Maassysteem en Centraal Kempisch systeem van de Vlaamse Milieumaatschappij (2019).

2.5.1 Het Brulandkrijtsysteem

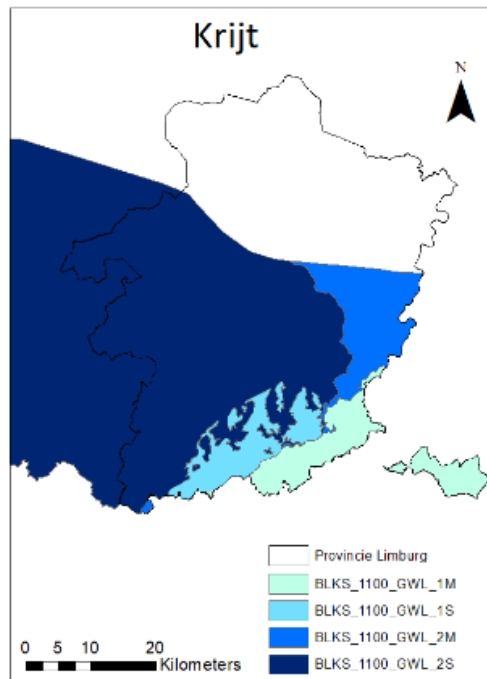
Het eerste grondwatersysteem is het Brulandkrijtsysteem, waarvan 25% van de vergunningen voor grondwateronttrekkingen uit dit systeem in Limburg liggen (DOV, 2019). Het Brulandkrijtsysteem bestaat uit een noordelijk deel dat volledig gespannen is door een dak van Boomse klei, en een zuidelijk deel dat zowel gespannen als freatische aquifers heeft. Het bestaat van oud naar jong (van diep naar ondiep) uit het Krijt aquifersysteem, het Paleoceen aquifersysteem, de Ieperiaan aquitard, het Brusseliaan aquifersysteem, de Bartoon aquitard, het Oligoceen aquifersysteem en Quartaire aquifersystemen.



Figuur 32: Vergunningen voor het oppompen van grondwater uit het Brulandkrijtsysteem in Limburg, toestand 01/01/2018. Ruwe data: DOV, 2019.

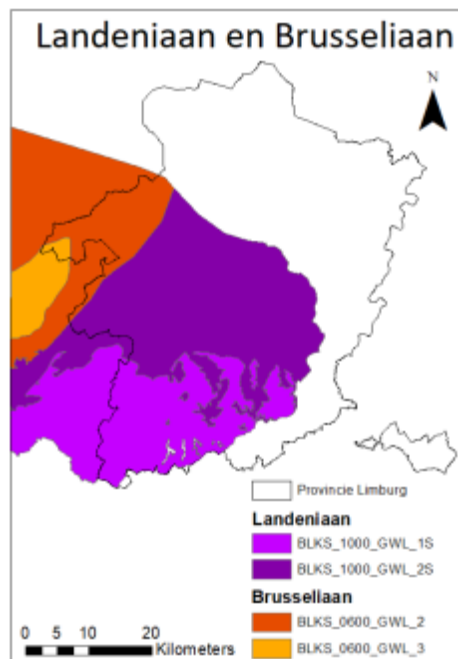
Het Krijt aquifersysteem bestaat voornamelijk uit kalkareniet, krijt en kalkhoudend zand. Het wordt onderverdeeld in vier grondwaterlichamen (BLKS_1100_1S, BLKS_1100_2S, BLKS_1100_1M, BLKS_1100_2M). De dikte varieert van enkele tientallen meters tot meer dan 250 m in het noordoosten. Het Krijt levert in het algemeen water van hoge kwaliteit en de meeste vergunningen zijn voor dit systeem (34.6 miljoen m³ per jaar).

in Limburg) (DOV, 2019). Dit is weergegeven in Figuur 32. Het Krijt aquifersysteem is voornamelijk gespannen, maar in het zuidoosten van Limburg is het freatisch (VMM, 2008a). De verspreiding van de vier grondwaterlichamen van het Krijt is weergegeven in Figuur 33. Fysisch stoppen deze grondwatersystemen niet aan de grenzen van het Vlaamse Gemest en de grens met Duitsland: een belangrijk deel van de grondwateraanvulling van het Krijt gebeurt in Wallonië.



Figuur 33: Verspreiding van de grondwaterlichamen van het Krijt. De freatische grondwaterlichamen liggen in het zuidoosten van Limburg. Bron: DOV, 2019.

Het Paleoceen aquifersysteem bestaat uit zanden en mergels, er zijn ook kleihorizonten aanwezig. In Limburg zijn er twee grondwaterlichamen: BLKS_1000_GWL_1S en BLKS_1000_GWL_2S waarvan de verspreiding is weergegeven in Figuur 34.



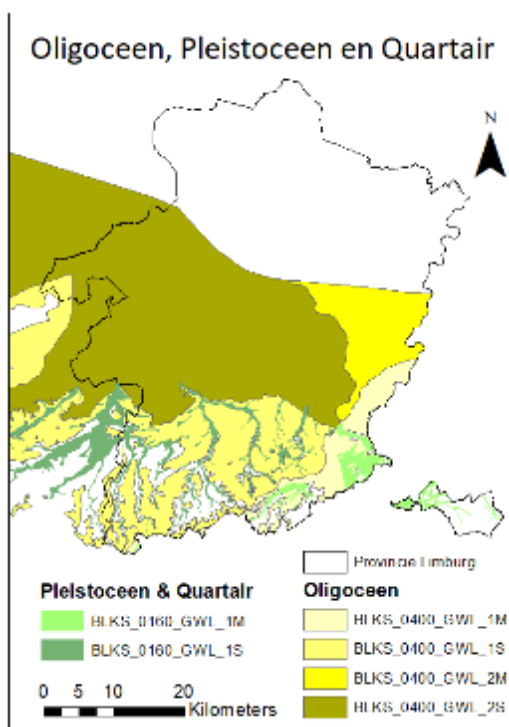
Figuur 34: Verspreiding van het Landenian aquifersysteem (Paleoceen) en het Brusseliaan aquifersysteem. Het Landenian loopt verder onder het Brusseliaan. Bron: DOV, 2019.

Het gespannen deel heeft als bovengrens de Ieperiaan aquitard, de Paniseliaan aquitard, de Tongeren aquitard en/of de Boom aquitard. Het freatische deel ligt in het oosten en zuidoosten en dit freatisch deel wordt 148 mm/jaar aangevuld door neerslag (VMM, 2008a).

Het Brusseliaan aquifersysteem (Ledo-Paniseliaan-Brusseliaan) bestaat voornamelijk uit het zand van Brussel. De dikte van dit aquifersysteem varieert van 0 tot 70 m. De doorlaatbaarheid is 1 tot 55 m/dag. In Limburg bestaat het uit het gespannen grondwaterlichaam BLKS_0600_GWL_2 welke als bovengrens de Bartoon, Tongeren en Boom aquitards heeft (VMM, 2008a). Het tweede grondwaterlichaam is de freatische aquifer BLKS_0600_GWL_3. Dit is een venster in contact met de Diestiaangeul van het Centraal Kempisch systeem. De verspreiding van de deze grondwaterlichamen is weergegeven in Figuur 34.

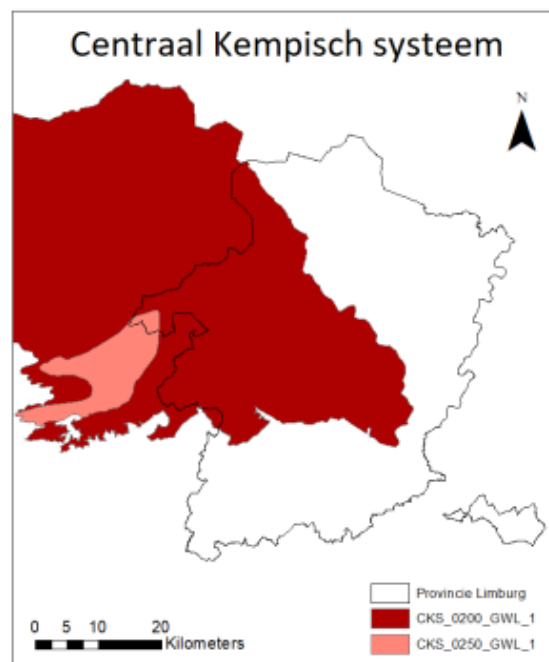
Het Oligoceen aquifersysteem bestaat uit een afwisseling van zandige en kleiige sedimenten. Het is zeer heterogeen van opbouw. Het wordt onderverdeeld in vier grondwaterlichamen, waarvan de verspreiding afgebeeld is in Figuur 35 (BLKS_0400_GWL_2S, BLKS_0400_GWL_2M, BLKS_0400_GWL_1S, BLKS_0400_GWL_1M). Het freatische deel is dun en komt enkel voor in de heuvelgebieden van Zuid-Limburg. De gespannen grondwaterlichamen komen voor net onder de Boomse klei (VMM, 2008a). Dit aquifersysteem bevat ook belangrijke grondwatervoorraden (Figuur 32).

De Quartaire aquifersystemen bestaan uit Pleistocene rivierafzettingen (BLKS_0160_GWL_1S) en Quartaire Maas- en Rijnafzettingen (BLKS_0160_GWL_1M). De bovengrens is het maaiveld. Ze komen versnipperd voor in het zuidelijke deel van het Brulandkrijtsysteem. De dikte is maximaal 30m (VMM, 2008a). De verspreiding van deze aquifersystemen zijn afgebeeld in Figuur 35.



Figuur 35: Verspreiding van het Oligoceen, Pleistoceen en Quartair aquifersysteem. Het Oligoceen ligt onder het Pleistoceen en Quartair. Bron: DOV, 2019.

2.5.2 Het Centraal Kempisch systeem



Figuur 36: Verspreiding van het Centraal Kempisch systeem. Bron: DOV, 2019.

Het tweede grondwatersysteem is het Centraal Kempisch systeem. 3% van de vergunningen van het CKS voor grondwateronttrekkingen liggen in Limburg: er is voor 6.5 miljoen m³ per jaar vergund in Limburg (DOV, 2019). De afzettingen van dit systeem zijn weinig vervormd; ze hellen en worden dikker naar het noordoosten toe (VMM, 2008b). De ondergrens van dit systeem is de Boom aquitard en de bovengrens het maaiveld. De zuidgrens van dit aquifersysteem is het dagzomen van de Boom aquitard. In Limburg bestaat het uit de volgende grondwaterlichamen: de Centrale Zanden van de Kempen (CKS_0200_GWL_1) en de Diestiaangeul (CKS_0250_GWL_1). De verspreiding van deze grondwaterlichamen is afgebeeld in Figuur 36. Beide grondwaterlichamen zijn freatisch (VMM, 2008b).

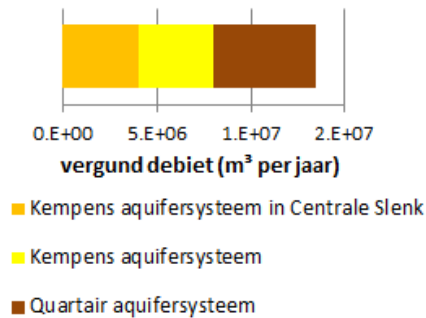
De Centrale Zanden van de Kempen zijn redelijk homogeen en bestaan voornamelijk uit zand met lokale kleilagen van Miocene tot Quartaire ouderdom. De dikte van dit grondwaterlichaam varieert van 1 tot 433 m en heeft een oppervlakte van 3420 m² aan het maaiveld. De gemiddelde voeding is 267 mm/jaar (VMM, 2008b).

Bij de Diestiaangeul is er contact met de Brusseliaan aquifer van het Brulandkrijtsysteem. De Diestiaangeul is 1 tot 137 m dik en bestaat voornamelijk uit de zanden van Diest. De gemiddelde voeding is 235 mm/jaar (VMM, 2008b).

2.5.3 Het Maassysteem

Het derde grondwatersysteem is het Maassysteem, welke volledig in Limburg ligt. Het bestaat uit Tertiaire en Quartaire sedimenten die door breuken vervormd zijn en de dikte van het systeem neemt toe in noordoostelijke richting (VMM, 2008c). De ondergrens is de Boom aquitard. Het bestaat uit de grondwaterlichamen het Quartair aquifersysteem (MS_0100_GWL_1), het Kempisch aquifersysteem (MS_0200_GWL_1) en het Kempisch aquifersysteem van de Centrale Slenk (MS_0200_GWL_2) (VMM, 2008c). De verspreiding van deze grondwaterlichamen is afgebeeld in Figuur 38. Er is voor 14.6 miljoen m³ per jaar vergund uit het Maassysteem, waarvoor alle drie de grondwaterlichamen belangrijk zijn (DOV, 2019). Dit is weergegeven in Figuur 37.

Vergunde debieten Maassysteem

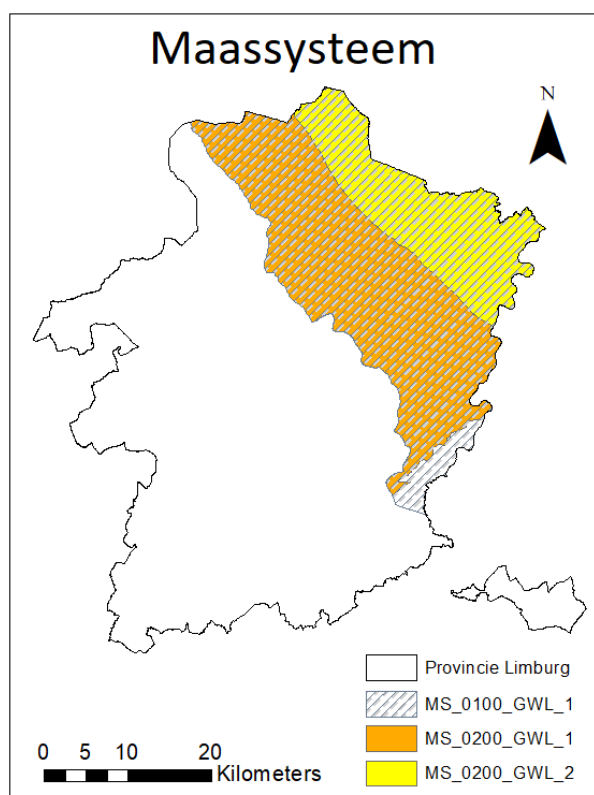


Figuur 37: Vergunningen voor het oppompen van grondwater uit het Maassysteem, toestand 01/01/2018.
 Ruwe data: DOV, 2019.

Het Quartair aquifersysteem bestaat uit grind, leem en zand van de Maas- en Rijnafzettingen en is zeer heterogeen. De dikte is 1 tot 50 m (VMM, 2008c). Het is freatisch en de doorlaatbaarheid is zeer variabel: tussen 20 en 1300 m/dag (VMM, 2008c). De gemiddelde voeding is 255 mm/jaar (VMM, 2008c).

Het Kempisch aquifersysteem bestaat voornamelijk uit zandige lagen, maar heeft ook minder doorlatende horizonten. Het is freatisch maar lokaal ook semi-freatisch, het vormt een hydrologisch geheel met het Kempisch aquifersysteem van de Centrale Slenk. De doorlaatbaarheid varieert tussen 10^{-5} en 35 m/dag. Dit grondwaterlichaam wordt voornamelijk gevoed door aangrenzende grondwaterlichamen (VMM, 2008c).

Het Kempisch aquifersysteem van de Centrale Slenk is zeer heterogeen en bestaat uit zware klei tot grind. Er is ook bruinkool aanwezig. De doorlaatbaarheid varieert tussen 0.0004 tot 80 m/dag. Ondiep is het freatisch, terwijl de diepere lagen gespannen zijn. Dit grondwaterlichaam wordt voornamelijk gevoed door aangrenzende grondwaterlichamen (VMM, 2008c).

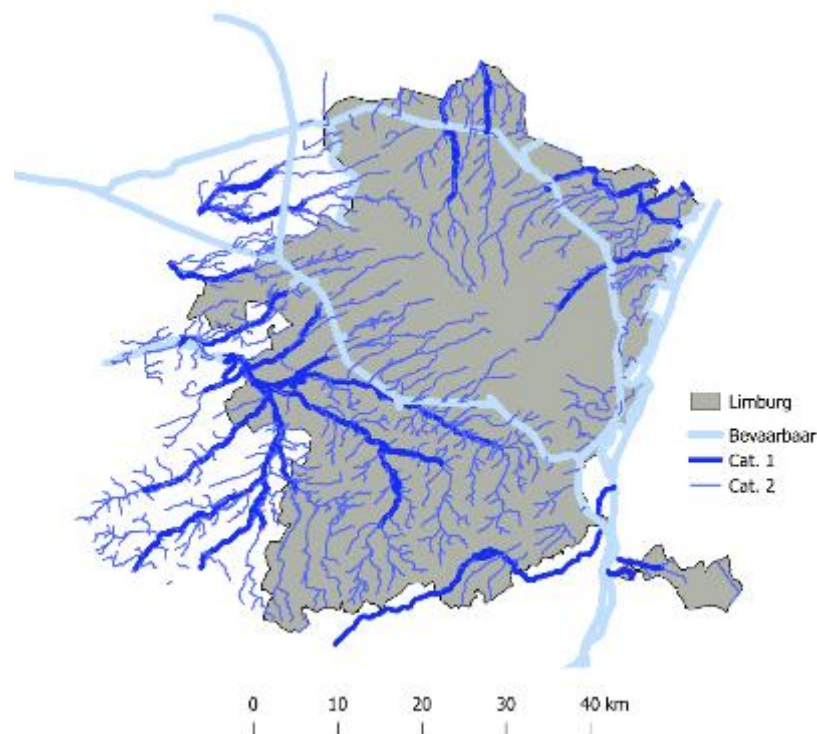


Figuur 38: Verspreiding van het Maassysteem. Het Quartair aquifersysteem ligt boven het Kempisch aquifersysteem en het Kempisch aquifersysteem van de Centrale Slenk. Bron: DOV, 2019.

2.6 Waterlopen en stroomgebieden oppervlaktewater

2.6.1 Waterlopen

In Figuur 39 wordt een overzicht gegeven van de verschillende waterlopen binnen en buiten de provincie die een impact hebben op de oppervlaktewaterbalans van de Limburg. Het onderscheid tussen de bevaarbare waterlopen (inclusief de kanalen) en de onbevaarbare waterlopen Categorie 1 en 2, is aangeduid, aangezien deze andere waterloopbeheerders kennen. De bevaarbare en de onbevaarbare waterlopen hebben bovendien sterk verschillende karakteristieken waardoor ze ook afzonderlijk gemodelleerd werden in Deel 3 van dit rapport.



Figuur 39: Waterlopen binnen of met een impact op de oppervlaktewaterbalans van de provincie.

Hierna wordt een beknopt overzicht gegeven van de voornaamste onbevaarbare waterlopen binnen de provincie:

Dommel

Ontspringt in Wauberg (Peer), en stroomt (cat. 2) in noordelijke richting. Loopt langs **RWZI Peer** vlak voor het debiet- en peilmeetstation **L11_023**. Verder aan de grens met Hechtel-Eksel vloeit ze samen met de Bollisenbeek waarna ze langs de grens verder stroomt (cat. 1). Ter hoogte van de grens met Pelt ontvangt ze het effluent van **RWZI-Eksel**, en verder afwaarts, ter hoogte van de kern Overpelt, is er een wachtbekken geïnstalleerd (stuwen met metingen, **K11_103**). De Dommel passeert nog een peilmeetstation (**KL11_105**) alvorens het effluent te ontvangen van de **RWZI-Overpelt**. Ze stroomt samen met de Holvenloop (voor de samenloop zelf ook bemeten (**L11_021**)) en wordt bemeten in (**L11_022**). De rivier wordt onder het kanaal van Bocholt naar Herentals geleid maar ontvangt vlak ervoor nog water van de Eindergatloop, waarnaar de **RWZI-Lommel** afwatert, en passeert nog twee meetstations (waterpeillocaties **L11_026** en **L11_025**) alvorens de provincie te verlaten. Hier wordt ze beheerd door Waterschap de Dommel.

Warmbeek

Ontspringt in Erpekom (Peer), stroomt noordelijk door Pelt als cat 2 en wordt onder het kanaal van Bocholt naar Herentals geleid. Vanaf hier als cat. 1 verder door naar Hamont-Achel waar een debietmeetstation staat (**L11_024**). Verlaat wat verderop de provincie ter hoogte van de Achelse Kluis waar haar naam verandert in Tongelreep in Nederland. **RWZI van Achel** loost in de Prinsenloop, die ter hoogte van de grens uitmondt in de Warmbeek.

Abeek

Ontspringt in gemeente Oudsbergen, stroomt (cat. 2) in noordelijke richting en vloeit samen met de Gielisbeek bij de grens met Peer. Hier buigt haar loop af in noordoostelijke richting en passeert een meetstation (**L11_513**). Ze kruist (als cat. 1) de Zuid-Willemsvaart via een duiker, passeert nog een peilmeting (**L11_512**) en loopt verder naar de Nederlandse grens. In dit gebied ontvangt ze nauwelijks nog oppervlaktewater, dat afgevoerd wordt door een gegraven kanaal (**de Lossing**). Ze ontvangt onrechtstreeks de afvoer van de **RWZI-Bree** (via de Soerbeek). In Kinrooi vloeit ze samen met de Itterbeek, waar een debietregelaar toelaat dat een deel van het debiet van de Abeek via de Itterbeek wordt afgevoerd (Meting verdeelwerk **K11_111**). Afwaarts ontvangt ze nog het effluent van **RWZI-Kinrooi**, alvorens uit te monden in de Maas.

Itterbeek

Ontspringt in Oudsbergen en vloeit (cat. 2) samen met de Wijshagerbeek vlak na het doorkruisen van de gemeente Bree. In Kinrooi vloeit ze samen met de Abeek bij het verdeelwerk alvorens als cat. 1 noordelijk te stromen naar Nederland, en verder uit te monden in de Maas.

Witbeek

Ontspringt in Opoeteren (Maaseik) en stroomt in noordoostelijke richting waar ze een klein stukje samenvloeit met de Bosbeek. Al enkele meters verder worden beide lopen gesplitst met verdeelwerk **K11_122**. Ze passeert via een duiker de Zuid-Willemsvaart en dit net afwaarts het meetstation **S11_519**. Onrechtstreeks ontvangt ze water van **RWZI-Neeroeteren**, stroomt verder noordwaarts waar ze de Abeek kruist en nog het effluent ontvangt van **RWZI-Kinrooi-Kessenich**. Ze passeert een verdeelwerk (**K11_123**) en mondt uit in de Itterbeek.

Bosbeek

Ontspringt in As en stroomt (cat. 2) in noordoostelijke richting naar Opoeteren (Maaseik) (cat. 1), waar er een meetstation is (**L11_518**). Via een duiker passeert ze de Zuid-Willemsvaart. De monding is de plas van Herenlaak (in verbinding met de Maas).

Categorie 2 beken met monding in de Maas

Zanderbeek

Wordt gevoed door de Zuid-Willemsvaart, stroomt door Dilsen-Stokkem (cat. 2) en mondt uit in de Maas.

Kogbeek

Stroomt van Dilsen naar de Maas, ontvangt water van de **RWZI-Dilsen**.

Vrietselbeek

Ontsprong in natuurgebied het Greven, maar door verzakkingen van de mijngebieden werd de stroming onderbroken. Het water wordt nu afgevoerd naar de Zuid-Willemsvaart en meer noordelijk wordt de benedenloop terug gevoed door dit kanaal. (cat. 2)

Rachelsbeek/Genootsbeek en Langbroeksbeek

Enkele andere beken in Dilsen-Stokkem met een sterk gewijzigd verloop stromen hier nog, waaronder de Rachelsbeek/Genootsbeek die omwille van de mijnverzakking hun natuurlijke stroming verloren hebben. Een andere beek is de Langbroeksbeek die het effluent ontvangt van de RWZI-Eisden.

Ziepbeek

Ontvangt effluent van **RWZI-Lanaken** en **RWZI-Boorse**.

Asbeek

Kikbeek

Heeswater

Ontvangt effluent van **RWZI-Riemst**.

Grote Laak

Ontspringt in Beringen en volgt de grens met Leopoldsburg in Westelijke richting (cat. 2). Stroomt verder door Ham en ontvangt water van verschillende zijbeken (bv. Beneficievijverloop) en kruist dan het Albertkanaal met een duiker. Voor ze Tessenderlo bereikt, wordt het debiet gemeten (**L12_087**), waarna ze samenvloeit met de Maasbeek en de provinciegrens volgt als een cat. 1 waterloop.

Grote Beek/Zwart Water/Winterbeek

De grote Beek ontspringt in Beringen en ontvangt er het effluent van de RWZI-Beverlo. Verder afwaarts, stromend in zuidwestelijke richting, kruist ze het Albertkanaal en wordt een cat. 1 ter hoogte van peilmeetstation L09_149. Ze verlaat de provincie en ontvangt via de Kleinebeek het effluent van **RWZI-Tessenderlo** (onduidelijk). Afwaarts vormt ze terug de provinciegrens en ontvangt effluent van **RWZI-Engsbergen**. Verder verandert haar naam in Zwart Water en is er in Molenstede nog een meetstation (L09_147). Ze mondt uit in de Demer.

Laambeek

De Laambeek ontspringt in Hechtel Eksel als cat. 3 en wordt na samenvloeiing met de Huttebeek (L806) een cat. 2 waterloop. Ze ontvangt water van de **RWZI-Houthalen-Centrum** en **RWZI-Zolder**. Onmiddellijk afwaarts van de **RWZI van houthalen** is er een meetstation (**L09_16F**). Na kruisen van het Albertkanaal vloeit ze samen met de Mangelbeek.

Herk

De Herk ontspringt in Heers in het zuiden van de provincie. Ze stroomt naar het noorden (cat. 2) en ontvangt water van verschillende andere beken, en effluent van de **RWZI-Gelmen**. In Herten (Borgloon) is er een wachtbekken met stuwen (**K09_040**). Ze vloeit samen met de Herkebeek en ontvangt zo effluent van de **RWZI-Hoepertingen**. Het peil van de Herkebeek wordt gemeten in Heks (**HIS_LS09_16A**). Vanaf nu is het een cat. 1 en stroomt ze verder noordelijk, waarbij ze de Golmeerzouwbeek, de Rullingenbeek en Kleine Herk ontvangt. Via de Kleine Herk ontvangt ze effluent van **RWZI-Borgloon-Tivoli**, en in Wellen, onmiddellijk opwaarts van de samenvloeiing is er op de Kleine Herk een wachtbekken met meetlocaties **S09_16H** en **K09_040**.

Afwaarts van Wellen wordt het debiet en peil van de Herk gemeten (**LS09_165**), en in Alken enkel het peil (**L09_164**). Hier stroomt ze evenwijdig met de Kleine Herk waarvan het peil ook gemeten wordt in Alken (**L09166**). De Herk ontvangt effluent van **RWZI-Alken** en vloeit samen met de Mombeek en de Kleine Herk. Verder wordt hun loop nog gescheiden tot Herk-de-Stad. In Stevoort is er een wachtbekken met metingen bij stuwen (**K09_043**) op de Herk en op de Kleine Herk (**K09_044**). Het water wordt opgestuwd bij de Elsaertmolen (meting **K09_045**), en afwaarts wordt in Spalbeek het debiet gemeten (**L09_163**). Voorbij het Schulensmeer vloeit ze samen met de Gete (waterpeilmeting **L09_151**) om 200m verder in de Demer uit te monden.

De **Mombeek** ontspringt in Tongeren, stroomt (cat. 2) in noordelijke richting en ontvangt water van verschillende zij-beken, o.a. de Fonteinbeek waarvan het peil gemeten wordt in Piringen (**HIS_LS09_16D**) en effluent van **RWZI-Borgloon-Jesseren**. Aan de grens met Diepenbeek wordt het een cat. 1. In Wimmertingen loopt ze evenwijdig aan de Oude Mombeek en worden beide waterlopen bemeten (**L09_167** en **L09_16G** respectievelijk). Onmiddellijk afwaarts ligt de **RWZI-Wimmertingen**. In Alken monden ze uit in de Herk. In Bilzen wordt de Demer bemeten (**L09_138**)

Demer

De Demer ontspringt in Tongeren, stroomt in noordelijke richting door Bilzen als cat. 2 en wordt een cat. 1 bij samenvloeiing met de Munsterbeek. Hiervoor ontvangt ze effluent van **RWZI's Riksingén, Bilzen en Hoeselt**. De munsterbeek zelf wordt nog bemeten bij locatie **L09_168**. Wanneer ze door Diepenbeek en Hasselt stroomt, ontvangt ze verschillende zijbeken zoals de Kaatsbeek en de Stiemer, waarvan deze laatste effluent van **RWZI-Genk** ontvangt, en bemeten wordt ter hoogte van haar kruising met het Albertkanaal (**L09_169**). In Hasselt is er het meetstation **L09_136**. Het waterpeil wordt nog gemeten in Spalbeek (**L09_134**) en ze ontvangt effluent van **RWZ-Kermt** alvorens de rivier het wachtbekken van het Schulensmeer bereikt.

Melsterbeek

Ontspringt in Gingelom waar ze wordt bemeten in Mielen-boven-Aalst (**LD09_15E**) en noordelijk stroomt (cat. 2) naar Sint-Truiden. Eveneens in Gingelom ontspringen de Cicindria (L51) en de Molenbeek (L12) die elk bemeten worden en waarvan de eerste het effluent ontvangt van **RWZI-Gingelom-Muizen**. Bij samenvloeiing van de Molenbeek en Melsterbeek, wordt deze laatste een cat. 1 en ontvangt ze het effluent van **RWZI-Sint-Truiden**. In Rummen wordt ze bemeten (**L09_156**). Ze loopt nog evenwijdig met de Gete om er uiteindelijk in uit te monden.

Mangelbeek

Ontspringt in Houthalen-Helchteren als cat.3 en wordt na samenloop met de Schansbeek een cat. 2. Verderop wordt ze vervoegd door de Broekbeek (cat. 3) die bemeten wordt in Helchteren (**L09_16E**). Ze ontvangt het effluent van **RWZI-Heusden** en duikt onder het Albertkanaal. Bij het kruisen van de grens met Lummen wordt ze vervoegd door de Laambeek (verder) en wordt het een cat. 1. Ze passeert nog 2 meetstations in Lummen (**L09_161** en **L09_162**) alvorens in de Demer uit te monden bij de stuw van linkhout (ter hoogte van het Schulensmeer).

Zwarte Beek

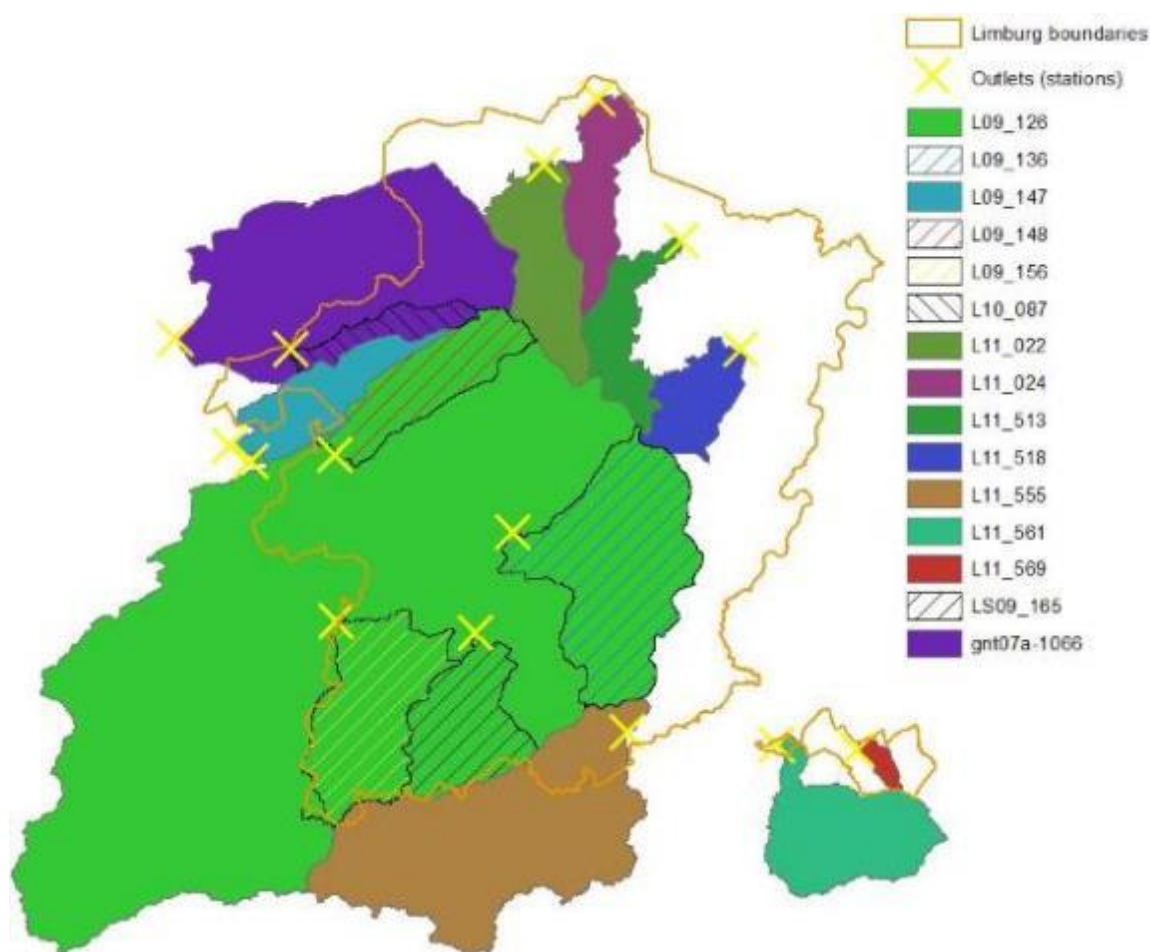
De Zwarte Beek ontspringt in Hechtel-Eksel en stroomt (cat. 2) zuidwestelijk door Beringen waar het waterpeil gemeten wordt in Koersel (**S09_14G**). Evenwijdig loopt de Oude Beek, waarvan het peil even verderop gemeten wordt (**S09_14H**). Na kruisen van het Albertkanaal wordt het een cat. 1 en vloeit ze samen met de Helderbeek/Gele Gracht en de Halbeek. Vermoedelijk ontvangt ze nog water van de **RWZI-Lummen-Geneiken**. In lummen is er een meetstation (**L09_148**). Verderop stroomt ze Halen binnen, vloeit samen met het Zwartwater en mondt uit in de Demer.

Jeker

De Jeker ontspringt in de provincie Luik en stroomt, na kort de provinciegrens in Heers al te hebben gevolgd, Limburg binnen in Lauw (Tongeren) als cat. 1. Hier is een wachtbekken (**K11_130**). Voor Tongeren passeert ze een verdeelwerk (**K11_131**) die haar splitst in de Oude Jeker en Jeker, en verder afwaarts wordt ze opgestuwd door de Motmolen (**K11_133**). Nadat ze terug samenvloeien ontvangt de Jeker het effluent van **RWZI-Tongeren** en water van de Ezelsbeek (zelf nog een wachtbekken met op- en afwaartse metingen). Een andere zijbeek is de Beek (ook een wachtbekken met op- en afwaartse metingen) en in Nerem wordt ze bemeten door station **L11_555**.

2.6.2 Deelstroomgebieden

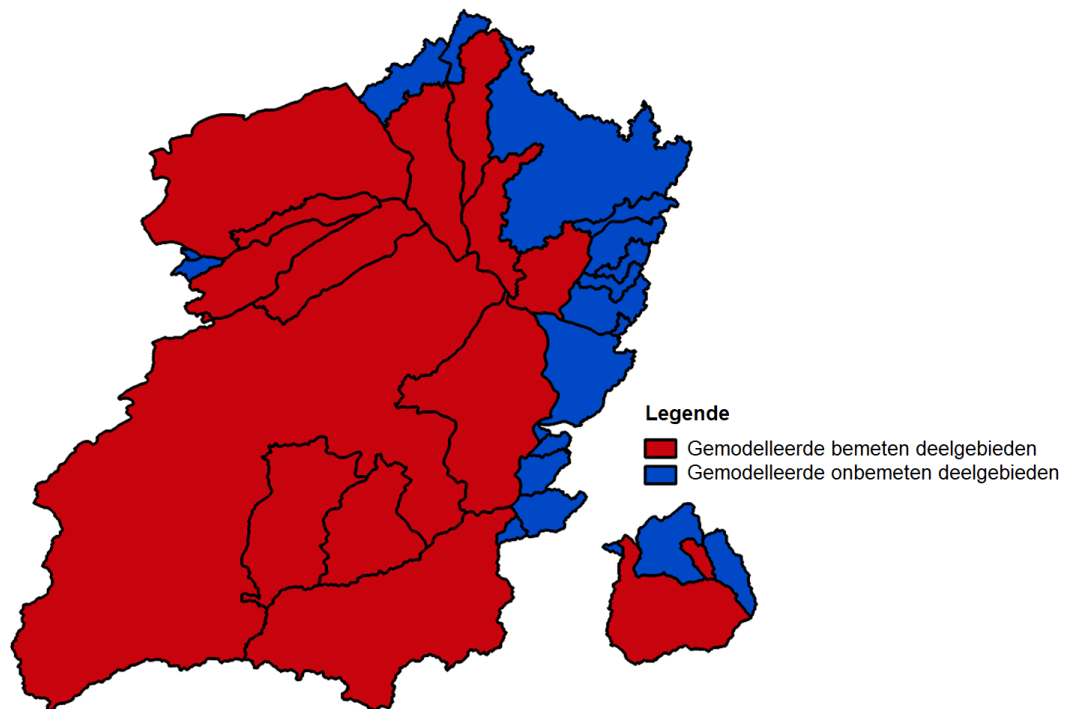
Figuur 40 toont de ruimtelijke afbakening van de verschillende deelstroomgebieden die deels op grondgebied van de Provincie Limburg liggen en/of bijdragen aan de oppervlaktewaterdebieten in de Provincie, en waarvoor in Deel 3 van dit rapport hydrologische modellen werden gekalibreerd. Ook de locaties van de debietmeetlocaties afwaarts van deze deelstroomgebieden staan in de figuur aangeduid. Tabel 5 geeft het overzicht van deze debietmeetlocaties en bijhorende deelstroomgebieden en gebiedsoppervlaktes. Een deel van de Provincie Limburg is in Figuur 40 niet ingekleurd, wat betekent dat deze gebieden niet bemeten zijn of er tot op heden geen debietgegevens beschikbaar zijn. In Figuur 41 en Figuur 42 worden de bemeten en onbemeten deelstroomgebieden afzonderlijk aangeduid. Voor de onbemeten deelstroomgebieden zijn de debieten geëxtrapoleerd op basis van de hydrologische modellen (zie Deel 3 van dit rapport).



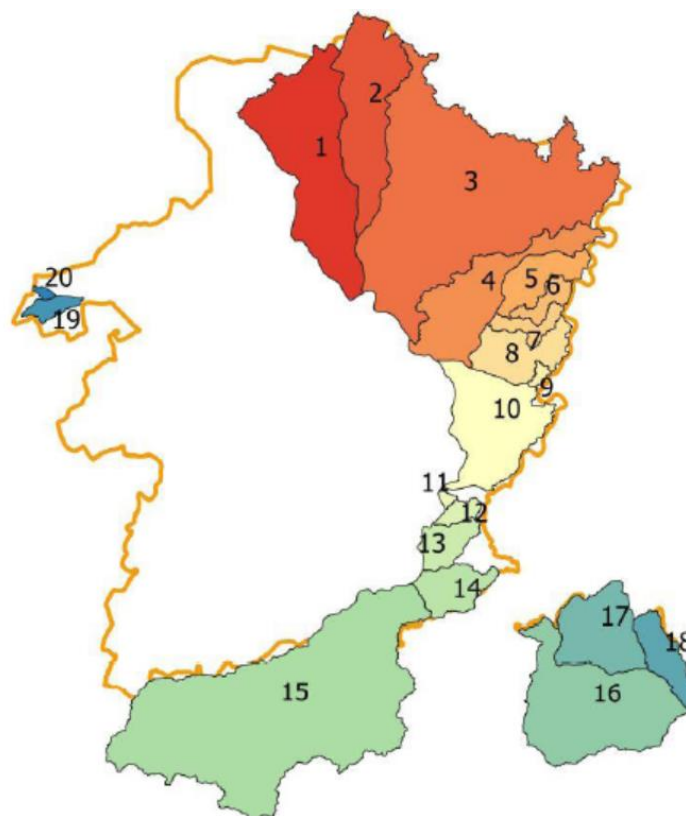
Figuur 40: Ruimtelijke afbakening van de beheten stroomgebieden met aanduiding van het gebied van de provincie Limburg en de locaties (gele kruisjes) van debietmeetlocaties afwaarts van de beheten deelstroomgebieden.

Tabel 5. Beheten deelstroomgebieden en debietmeetlocaties.

Debietmeetlocatie	Stroomgebied	Oppervlakte (km ²)
Achel Warmbeek (L11_024)	L11_024	75.62
Overpelt Dommel (L11_022)	L11_022	104.85
Bree Abeek (L11_513)	L11_513	64.29
Opoeteren Bosbeek (L11_518)	L11_518	60.49
Tessenderlo Grote Laak (L10_087)	L10_087	36.90
Lummen Zwartebeek (L09_148)	L09_148	98.03
Hasselt Demer (L09_136)	L09_136	238.39
Rummen Melsterbeek (L09_156)	L09_156	153.06
Nerem Jeker (L11_555)	L11_555	354.00
Moelingen Berwijn (L11_561)	L11_561	128.12
Sint-Martens-Voeren Veurs (L11_569)	L11_569	8.69
Molenstede Demer (L09_126)	L09_126	1956.56
Wellen Herk (LS09_165)	LS09_165	106.51
Geel-Zammel Grote Nete (gnt07a-1066)	gnt07a-1066	383.96
Molenstede Zwart Water (L09_147)	L09_147	81.01



Figuur 41: De bemeten en onbemeten deelstroomgebieden.



Figuur 42: De onbemeten deelstroomgebieden.

Naast de neerslagafstroming van de verschillende deelstroomgebieden is er langs de oppervlaktewateraanbodzijde ook water afkomstig van lozings. De lozingsgegevens, waaronder de debieten van de rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) en bedrijven, werden bekomen van de Vlaamse Milieumaatschappij. De locaties ervan zijn weergegeven in Deel 3 van dit rapport. Een overzicht van de RWZI's die lozen in het studiegebied wordt gegeven in Tabel 6.

Tabel 6: Overzicht van de lozende RWZI's in het studiegebied.

Gemeente	RWZI	Nummer
Hamont-Achel	Achel	138
Alken	Alken	184
Beringen	Beverlo	107
Bierbeek	Bierbeek - Kleinbeek	266
Bilzen	Bilzen	156
Bocholt	Bocholt	112
Borgloon	Borgloon - Jesseren	459
Borgloon	Borgloon - Tivoli	100
Bree	Bree	111
Hechtel-Eksel	Eksel	146
Tessenderlo	Engsbergen	228
Geel	Geel	79
Geetbets	Geetbets	244
Heers	Gelmen	183
Genk	Genk	105
Halen	Halen	150
Hamont-Achel	Hamont	116
Hasselt	Hasselt	110
Heusden-Zolder	Heusden	104
Hoegaarden	Hoegaarden	161
Borgloon	Hoepertingen	222
Hoeselt	Hoeselt	185
Houthalen-Helchteren	Houthalen - Centrum	137
Houthalen-Helchteren	Houthalen - Oost	153
Hasselt	Kermt	163
Kinrooi	Kinrooi	171
Kinrooi	Kinrooi - Kessenich	177
Beringen	Koersel	106
Landen	Landen - Eliksem	408
Landen	Landen - Rumsdorp	136
Lommel	Lommel	115
Bocholt	Lozen	251
Lummen	Lummen - Geneiken	474
Voeren	Moelingen	252
Mol	Mol	76
Maaseik	Neeroeteren	113
Boutersem	Neervelp	193
Nieuwerkerken	Nieuwerkerken - Wijer	399
Tienen	Oplinter	342
Overpelt	Overpelt	114
Peer	Peer	134
Tongeren	Riksingen	223
Boutersem	Roosbeek	194
Sint-Truiden	Sint-Truiden	103
Tessenderlo	Tessenderlo	81
Tienen	Tienen	90
Tongeren	Tongeren	102
Tienen	Vissenaken	217
Voeren	Voeren - Veurs	476
Hasselt	Wimmertingen	164
Heusden-Zolder	Zolder	162
Zonhoven	Zonhoven	108
Zoutleeuw	Zoutleeuw	155

3 Inventarisatie aanbodzijde

3.1 Niet-technische samenvatting inventarisatie aanbodzijde

De evolutie van het aanbod aan grondwater binnen de Provincie wordt beschreven door te onderzoeken waar het waterpeil in verschillende peilputten betekenisvol verandert gedurende de laatste decennia. Hieruit blijkt dat er voor de Provincie op lange termijn geen duidelijk toenemende of afnemende trend is in het grondwateraanbod. Wel zijn er uiteraard tijdelijke schommelingen mogelijk, bijvoorbeeld in droge jaren.

Het aanbod aan oppervlaktewater wordt voor de niet-bevaarbare waterlopen in kaart gebracht met een hydrologisch model (het PDSM-neerslagafvoermodeel), waarbij op basis van hoofdzakelijk neerslaggegevens berekend wordt hoeveel water er in de beken en rivieren zal stromen. Voor de bevaarbare waterlopen wordt een gelijkaardig waterbalansmodel doorgerekend. Ten slotte is ook regenwater dat in bebouwde gebieden valt, en in rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI) terechtkomt, een belangrijke potentiële waterbron. Met een eenvoudig conceptueel model worden de volumes en debieten hiervan in kaart gebracht.

3.2 Grondwater

Het aanbod aan grondwater is op twee manieren bestudeerd: in een eerste stap zijn de grondwaterpeilen in Limburg bestudeerd en in een tweede stap zijn er scenarioanalyses gedaan met bestaande grondwatermodellen.

Voor de analyse van de grondwaterpeilen werd stijghoogte data uit de Databank Ondergrond Vlaanderen werden gebruikt (deel 3.1.1). In een eerste deel wordt de evolutie en variaties op lange termijn bestudeerd. In een tweede deel wordt de evolutie en seizoenale variaties van de laatste tweeënhalf jaar besproken. Deze analyses werden gedaan per grondwaterlichaam. In een derde deel worden de bevindingen vergeleken met de grondwaterstandindicator van het DOV. Ten slotte wordt er een andere grondwater-index berekend die gebaseerd is op de gemiddelde laagste en gemiddelde hoogste grondwaterstanden. Deze index wordt ook gebruikt in deel 4.3.3.1, waar de grondwaterafhankelijke natuur besproken wordt.

Voor de scenarioanalyses stelde de Vlaamse Milieumaatschappij de grondwatermodellen van het Brulandkrijtsysteem, Maassysteem en Centraal Kempisch systeem beschikbaar. De modellen werden opgelost voor verschillende scenario's van grondwatervoeding en grondwaterextracties. Er werden ook twee klimaatsprojecties doorgerekend voor de grondwatervoeding.

3.2.1 Grondwaterpeilen

Grondwaterpeilen (ook wel stijghoogtes genoemd) worden gemeten in meetputten (piëzometers). Er zijn verschillende meetnetten in Vlaanderen, die door verschillende instanties beheerd worden, op verschillende frequenties gemeten worden en met verschillende snelheden gedigitaliseerd en beschikbaar worden in Databank Ondergrond Vlaanderen. Voor deze studie zijn initieel alle putten bestudeerd en nadien verder geselecteerd op basis van de meetfrequentie en de volledigheid van de data.

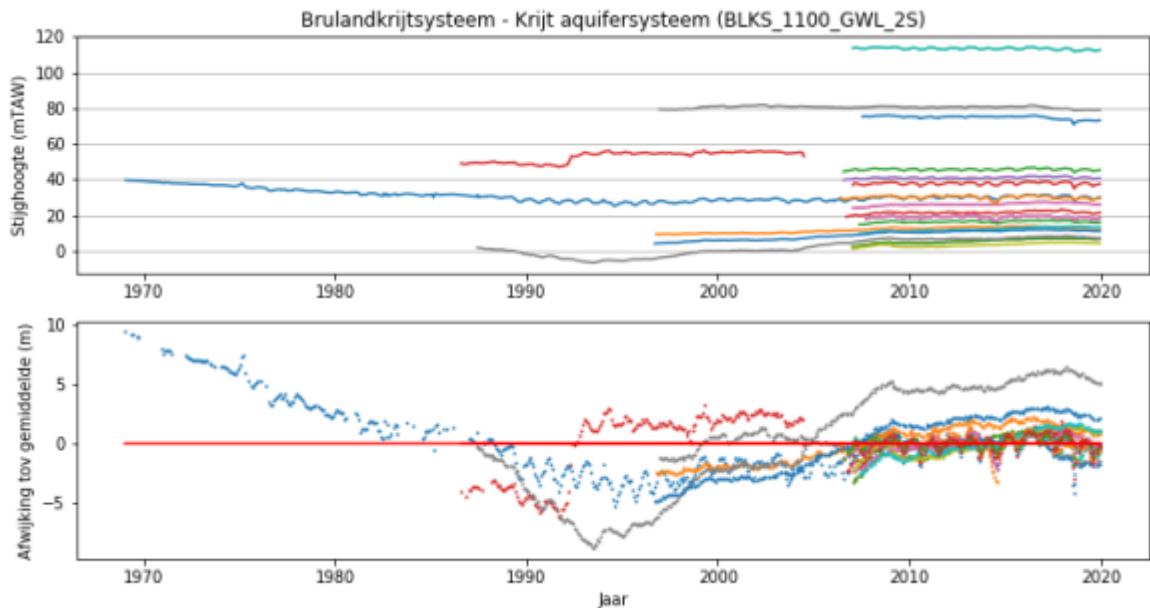
3.2.1.1 Evolutie van het grondwater op lange termijn

Voor de evolutie op lange termijn zitten er 4006 peilputten in de analyse. De data per grondwaterlichaam zijn te zien in Figuur 43 t.e.m. Figuur 57. In de bovenste figuur zijn de stijghoogtes van alle peilputten geplot in de tijd. In de onderste figuur is de afwijking ten opzichte van het gemiddelde van de betreffende peilput geplot. De rode horizontale lijn stelt de gemiddelde situatie voor. Niet alle data heeft dezelfde temporele range: er zijn enkele data vanaf 1970, maar de meeste is vanaf 2007 voor het Centraal Kempisch Systeem en het Brulandkrijtsysteem en vanaf 1997 voor het Maassysteem. Voor de grondwaterlichamen Diestiaangeul (CKS_0250_GWL_1), de Maas en Rijnafzettingen (BLKS_0160_GWL_1M) en het gespannen deel van het Krijt in het Maasstroomdistrict (BLKS_1100_GWL_2M) waren er voor minder dan vijf peilputten data beschikbaar.

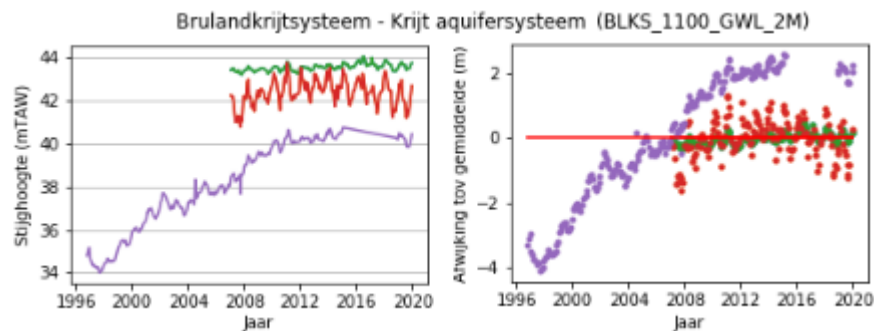
In het algemeen is er geen duidelijke toenemende of afnemende trend op lange termijn in het grondwater in Limburg over de periode van 1970-2019. In de freatische aquifers zijn schommelingen waarneembaar met een periodes van enkele jaren (bijvoorbeeld een periode van 20 jaar (1970-1990) en van 15 jaar (1990-2005)).

3.2.1.1.1 Brulandkrijtsysteem

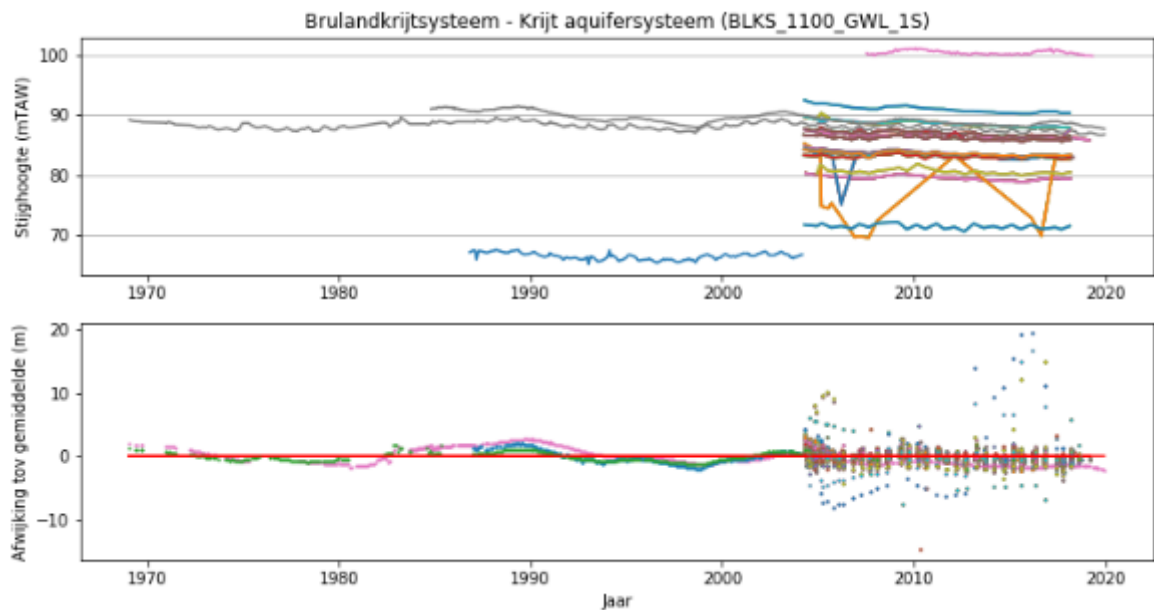
Voor het Krijt aquifersysteem - welke de diepste aquifers zijn - is de evolutie te zien in Figuur 43 t.e.m. Figuur 46. Op lange termijn is er geen duidelijke toenemende of afnemende trend zichtbaar voor deze grondwaterlichamen. In de freatische grondwaterlichamen zijn er langjarige schommelingen met variabele periode waarneembaar.



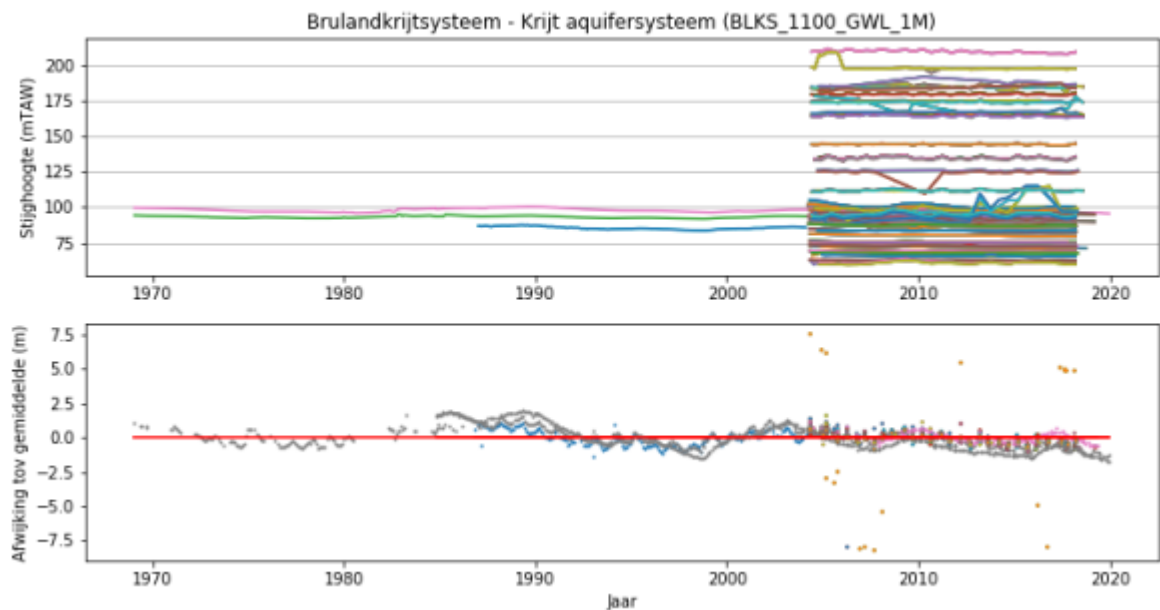
Figuur 43: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Krijt aquifersysteem, grondwaterlichaam BLKS_1100_GWL_2S. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.



Figuur 44: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Krijt aquifersysteem, grondwaterlichaam BLKS_1100_GWL_2M. De rode lijn in de figuur rechts stelt het gemiddelde voor.

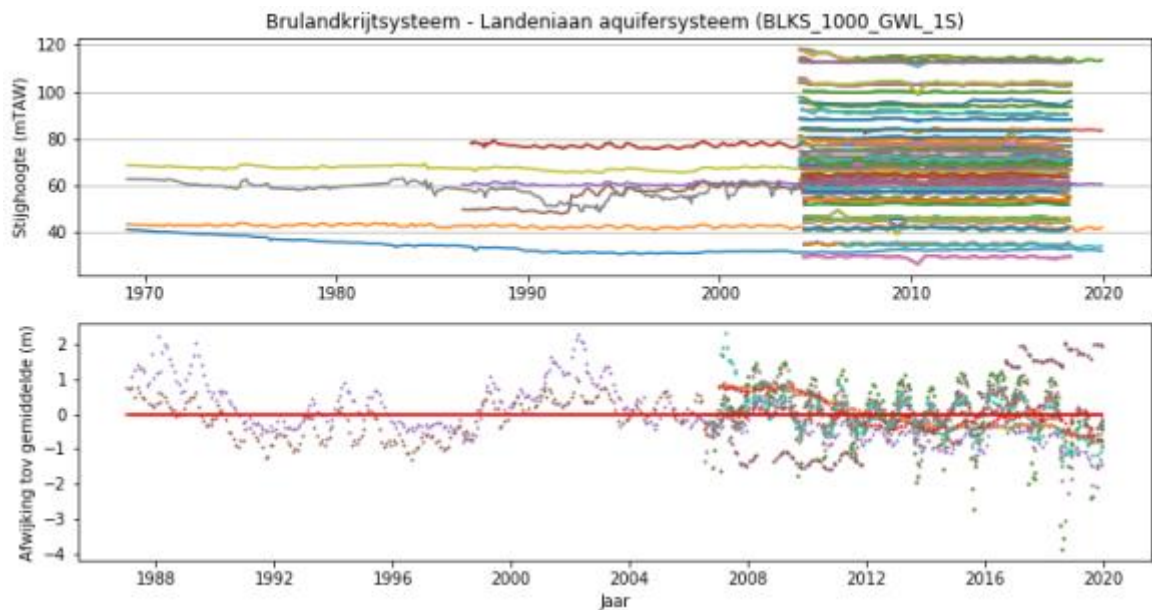


Figuur 45: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Krijt aquifersysteem, grondwaterlichaam BLKS_1100_GWL_1S. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.

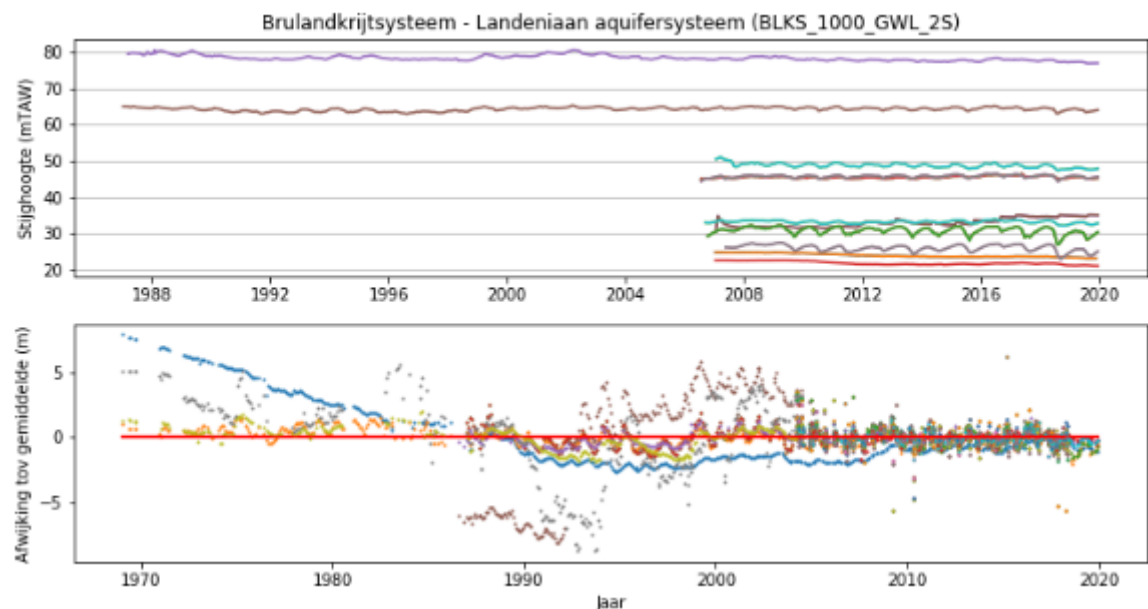


Figuur 46: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Krijt aquifersysteem, grondwaterlichaam BLKS_1100_GWL_1M. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.

Voor het Paleoceen aquifersysteem (Landeniaan aquifersysteem) is de evolutie te zien in Figuur 47 en Figuur 48. Ook hier is er geen duidelijke stijgende of dalende lange trend op lange termijn. In het freatische grondwaterlichaam zijn langjarige schommelingen met variabele periode waarneembaar, waaronder seizoenale variaties.

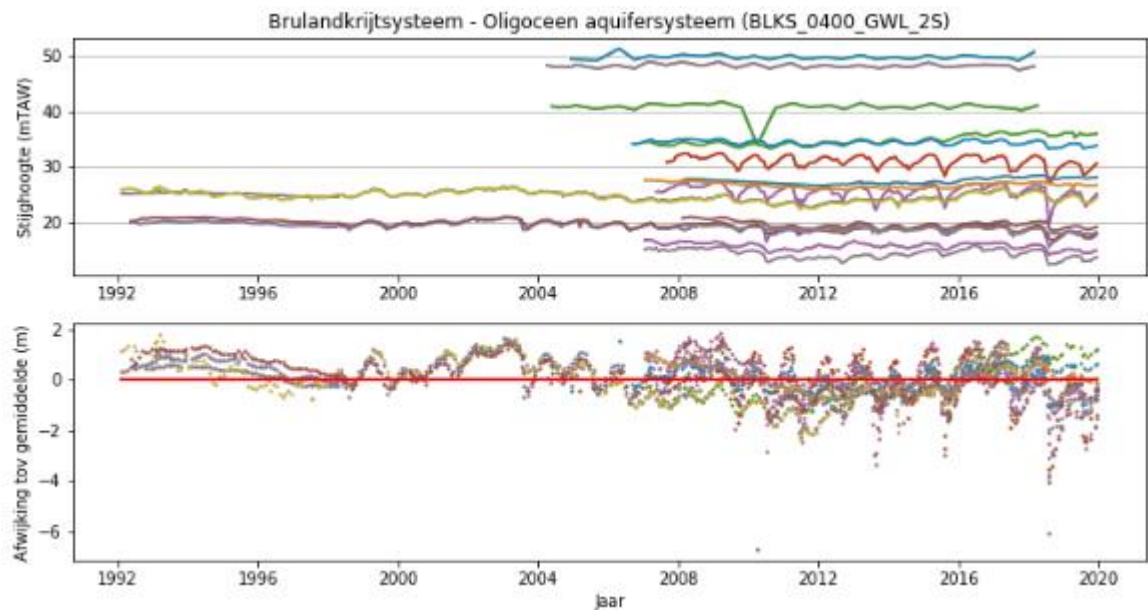


Figuur 47: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Paleoceen (Landenian) aquifersysteem, grondwaterlichaam BLKS_1000_GWL_1S. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.

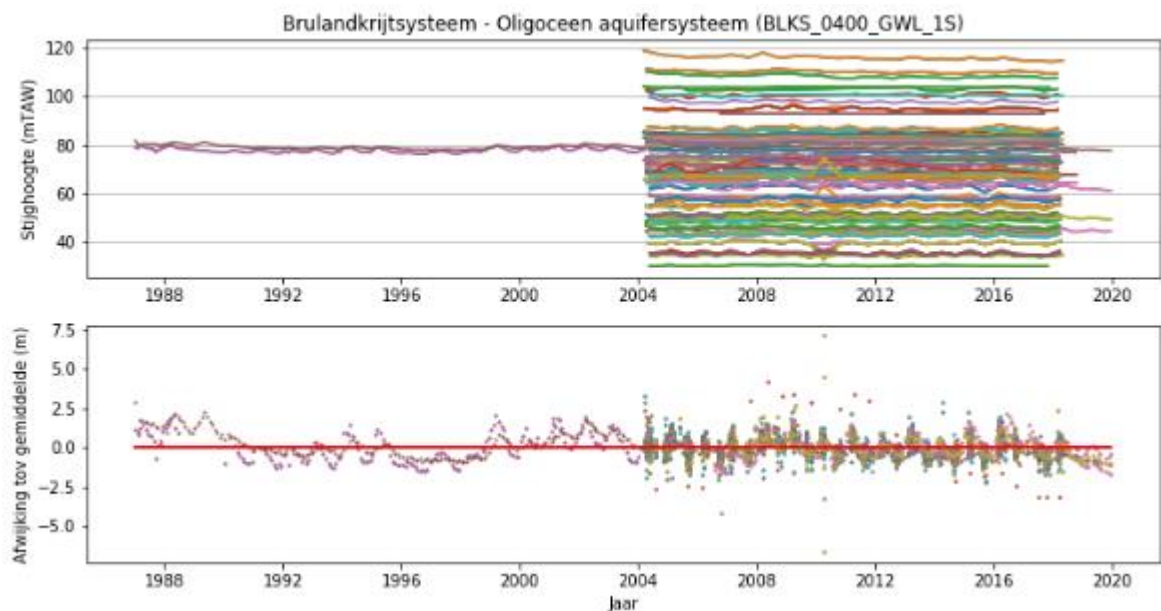


Figuur 48: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Paleoceen (Landenian) aquifersysteem, grondwaterlichaam BLKS_1000_GWL_2S. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.

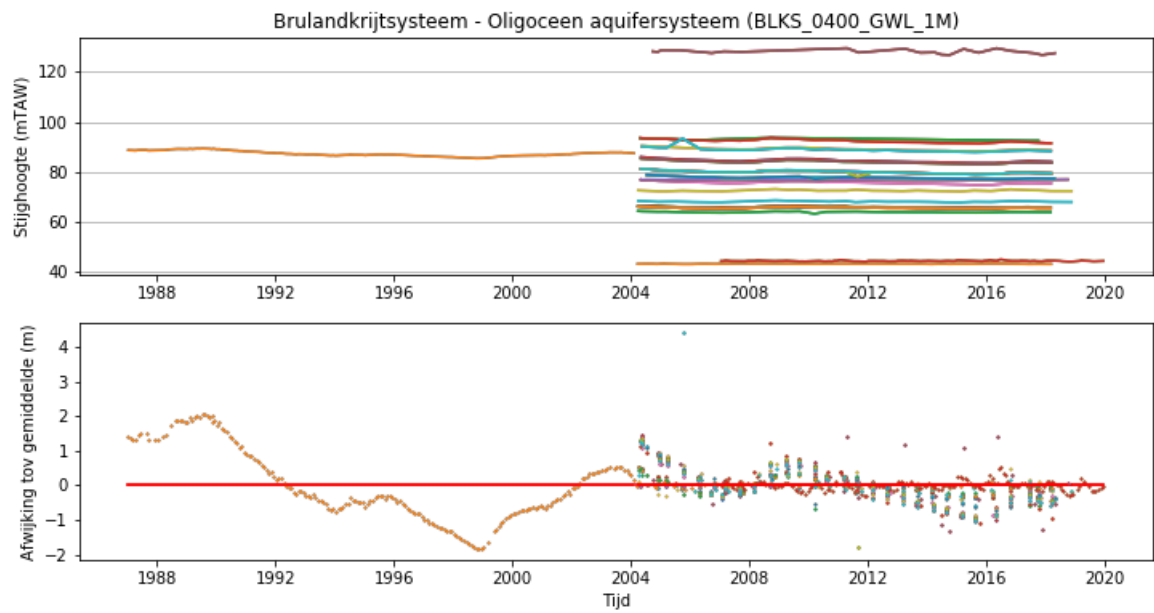
Voor het Oligoceen aquifersysteem is de evolutie van de grondwaterlichamen te zien in Figuur 49 t.e.m. Figuur 51. Ook hier is er geen stijgende of dalende lange trend op lange termijn: de laatste jaren zit het grondwater onder het gemiddelde voor sommige grondwaterlichamen, maar dit is in het verleden ook meermaals gebeurd. In het freatische grondwaterlichaam zijn langjarige schommelingen met variabele periode waarneembaar zijn, waaronder seizoenale variaties.



Figuur 49: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Oligoceen aquifersysteem, grondwaterlichaam BLKS_0400_GWL_2S. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.

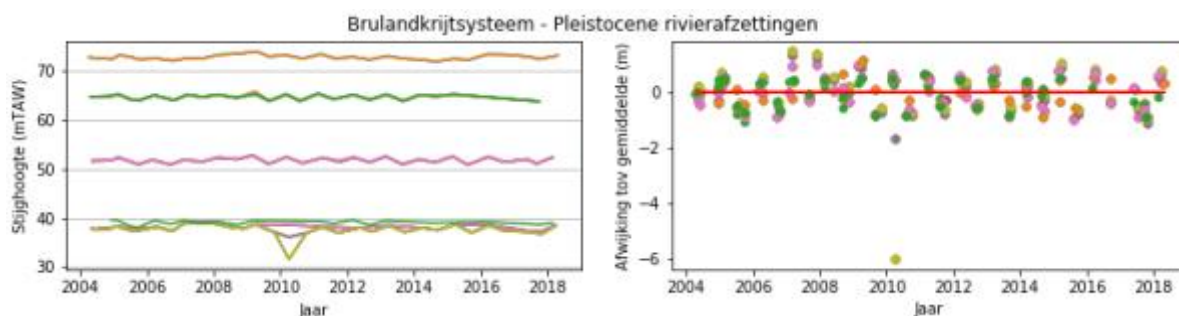


Figuur 50: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Oligoceen aquifersysteem, grondwaterlichaam BLKS_0400_GWL_1S. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.

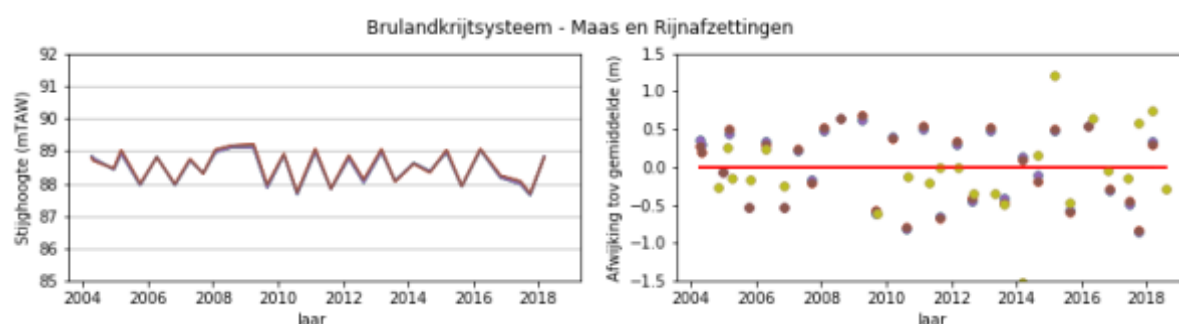


Figuur 51: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Oligoceen aquifersysteem, grondwaterlichaam BLKS_0400_GWL_1M. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.

Voor de Quartaire aquifersystemen is de evolutie te zien in Figuur 52 en Figuur 53. Voor deze grondwaterlichamen is de dataset beperkt in tijd en in het aantal peilbuizen, doordat dit grondwaterlichaam klein is in totaal volume en erg versnipperd voorkomt. Er is geen trend.



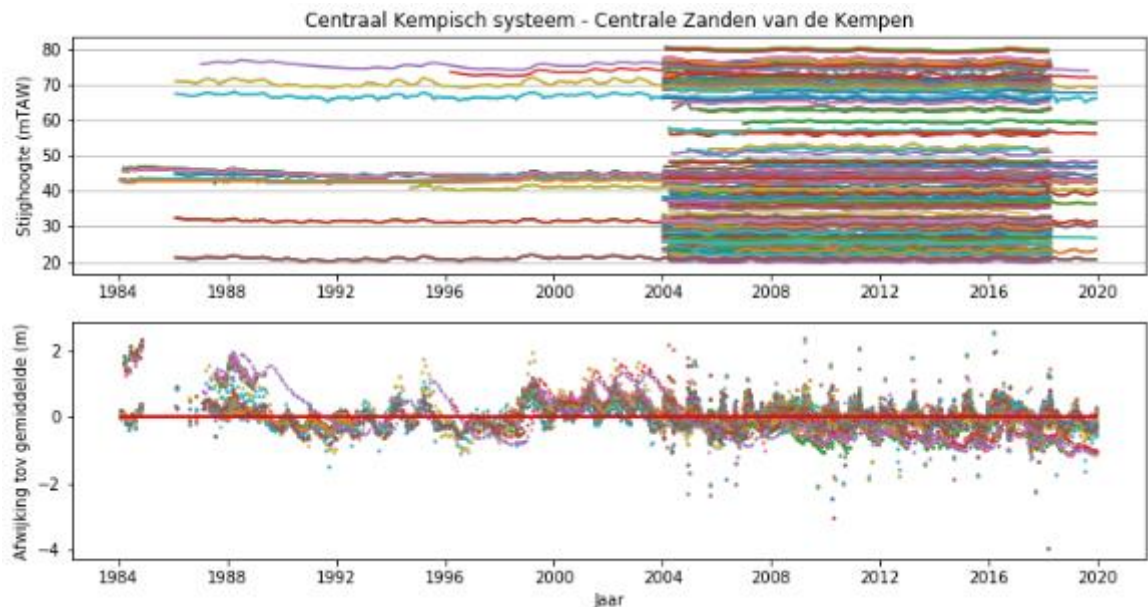
Figuur 52: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in de Pleistocene rivierafzettingen van het Brulandkrijtsysteem. De rode lijn in de figuur rechts stelt het gemiddelde voor.



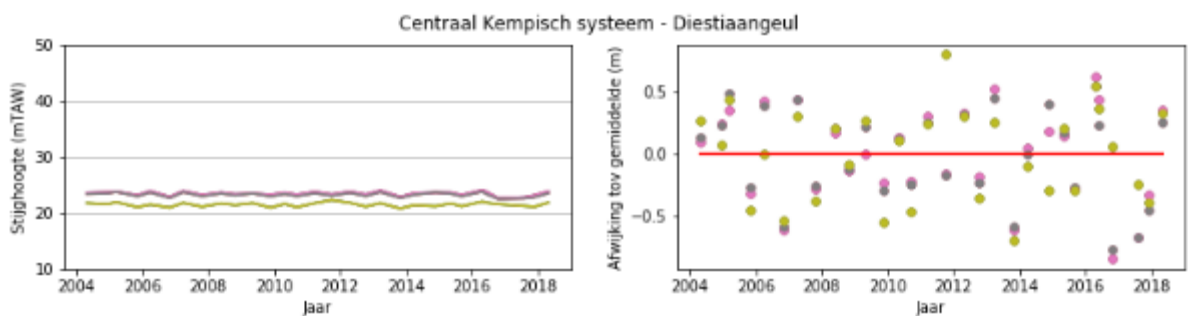
Figuur 53: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in de Maas- en Rijnafzettingen van het Brulandkrijtsysteem. De rode lijn in de figuur rechts stelt het gemiddelde voor.

3.2.1.1.2 Centraal Kempisch systeem

De evolutie van de grondwaterstand in het Centraal Kempisch systeem is te zien in Figuur 54 en Figuur 55. In de Centraal Kempisch systeem is er geen toenemende of afnemende trend waarneembaar op lange termijn. Er zijn langjarige schommelingen met variabele periodes, maar de duidelijkste schommelingen zijn de seizoenale (wat logisch is sinds dit freatische aquifers zijn die door neerslag gevoed worden).



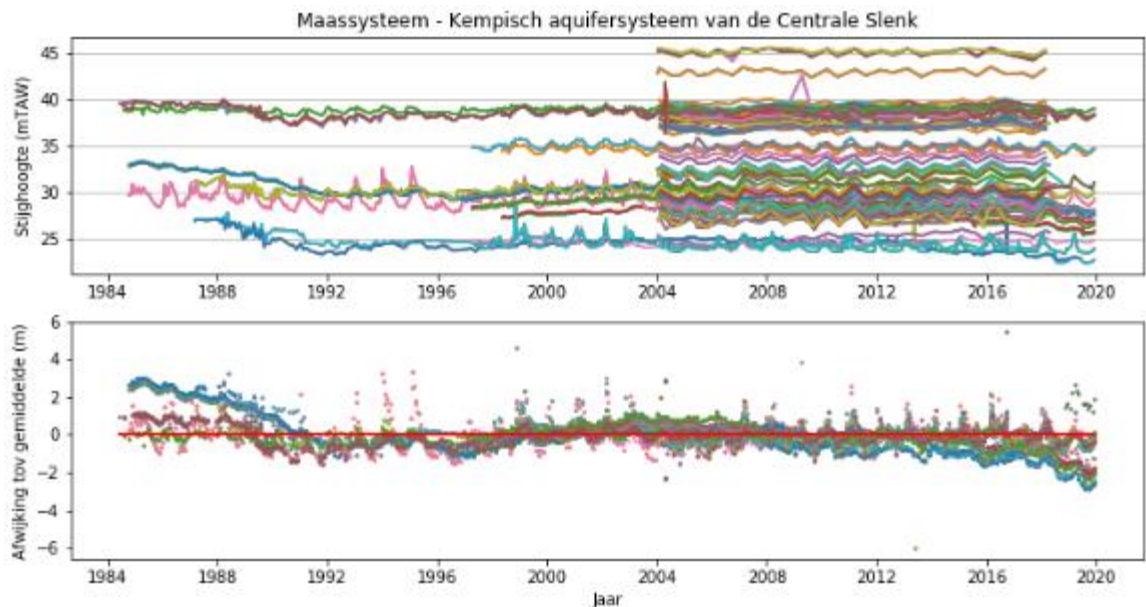
Figuur 54: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in de Centrale Zanden van de Kempen van het Centraal Kempisch systeem. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.



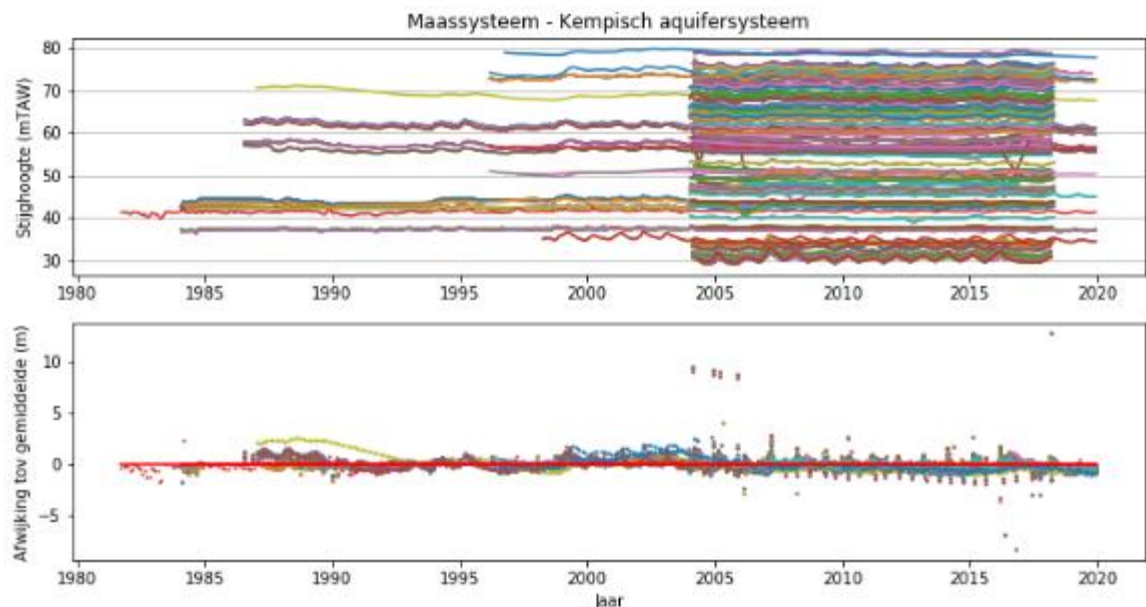
Figuur 55: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in de Diestiaangeul van het Centraal Kempisch Systeem. De rode lijn in de figuur rechts stelt het gemiddelde voor.

3.2.1.1.3 Maassysteem

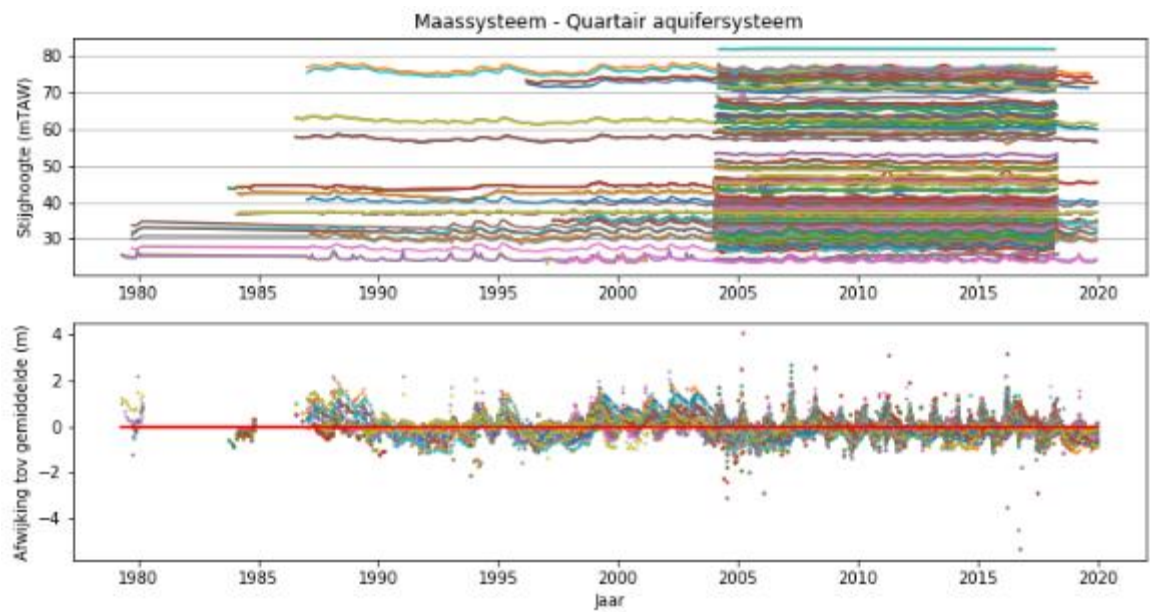
Voor het Maassysteem is de evolutie in de verschillende grondwaterlichamen te zien in Figuur 58 t.e.m. Figuur 57. Er is geen duidelijke toenemende of afnemende trend ten opzichte van het gemiddelde op lange termijn in alle peilbuizen en er zijn schommelingen met verschillende periodes, waarvan de seizoenale de duidelijkste zijn (wat logisch is aangezien dit voornamelijk freatische aquifers zijn die door neerslag gevoed worden).



Figuur 56: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Kempisch aquifersysteem in de Centrale Slenk van het Maassysteem. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.



Figuur 57: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Kempisch aquifersysteem van het Maassysteem. De rode lijn in de figuur onderaan stelt het gemiddelde voor.



Figuur 58: Evolutie op lange termijn van de stijghoogtes in het Quartair aquifersysteem van het Maassysteem. De rode lijn in de figuur rechts stelt het gemiddelde voor.

3.2.1.2 Effecten van de droge zomer van 2018 op de grondwaterstand

Om de evolutie op korte termijn te evalueren zijn enkel de putten met data tot april 2019 geselecteerd om het gevolg van de droge zomer van 2018 te kunnen bestuderen. In totaal zitten er 448 peilputten in deze analyse. De afwijking ten opzichte van het gemiddelde van de periode 2008 tot april 2019 is berekend en de deze afwijkingen zijn voor 2017 tot april 2019 weergegeven in de figuren Figuur 59 tot Figuur 66.

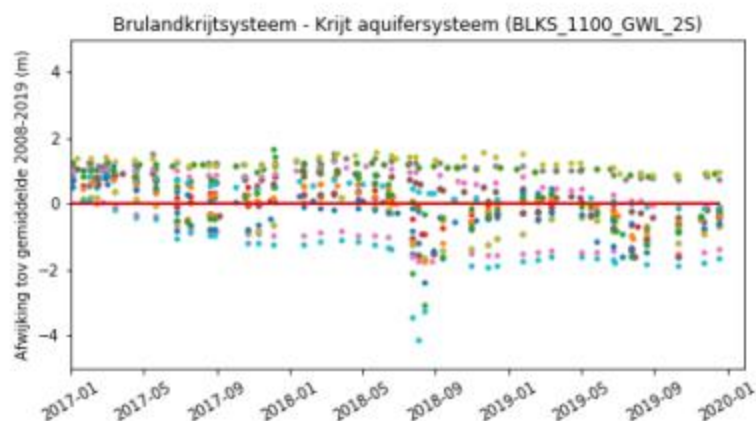
In de freatische aquifers zijn de gevolgen van de droge zomer van 2018 het grootst. In de meeste van deze aquifers zijn de grondwaterstanden hersteld in de winter van 2019, maar niet tot op vergelijkbaar niveau als de winters van 2017 en 2018. De snelheid van herstel is meestal wel vergelijkbaar met die van de winter van 2018: de stijghoogtes zijn meestal evenveel en even snel toegenomen in de winter van 2019 als in de winter van 2018. Een uitzondering hierop is een deel van het Kempisch aquifersysteem van de Centrale Slenk.

3.2.1.2.1 Brulandkrijtsysteem

Voor het Brulandkrijtsysteem zijn er minder dan zes putten met data tot november 2019 voor de volgende grondwaterlichamen: BKLS_1100_GWL_1M, BKLS_1100_GWL_1S, BKLS_1100_GWL_2M, BKLS_0400_GWL_1S en BKLS_0400_GWL_1M. . Daarom worden deze grondwaterlichamen hier niet verder besproken. Voor het Pleistocene aquifersysteem is er nog geen data beschikbaar die de zomer van 2018 bevat. Het effect van de droge zomer op de stijghoogte is het kleinste voor de diepe, gespannen aquifers en het grootste voor de ondiepe, freatische aquifers.

Voor het Krijt aquifersysteem heeft enkel het gespannen grondwaterlichaam in het Scheldestroomdistrict voldoende data (Figuur 59, het BKLS_1100_GWL_2S). De droge zomer in 2019 resulteerde voor sommige peilputten in lagere stijghoogtes, terwijl er voor andere peilputten geen effect te zien is. Deze abrupte verlaging in stijghoogte in sommige putten is waarschijnlijk te wijten aan o.a. de hogere productie van leidingwater door de hogere vraag aan water in juli en augustus van 2018. Deze abrupte verlaging van stijghoogtes herstelde zich in het najaar en de winter van 2018-2019. De stijghoogte van de meeste peilputten was normaal in april 2019: iets meer dan de helft van de putten had stijghoogtes hoger dan het gemiddelde van 2008-2019, iets minder dan de helft had lagere stijghoogtes dan dat gemiddelde.

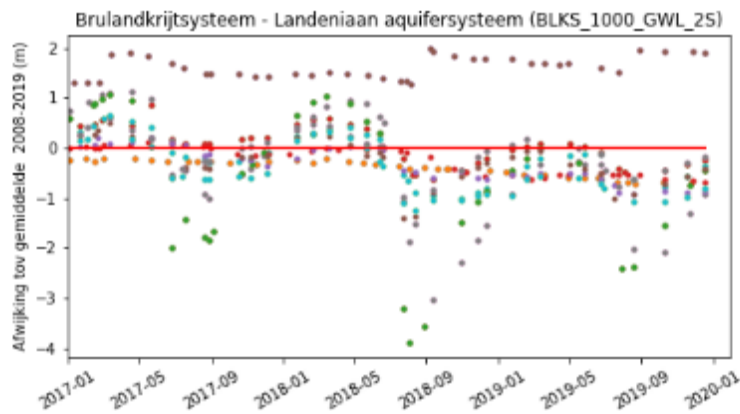
Ook de zomer van 2019 was droog: in het najaar van 2019 was de meerderheid van de standen in de Krijt aquifer lager dan het gemiddelde van 2008-2019. Het grondwater daalde voornamelijk in april, mei en juni.



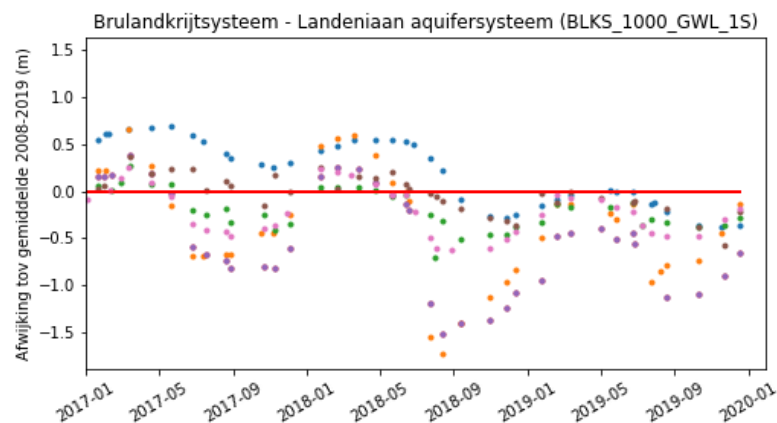
Figuur 59: Evolutie korte termijn van de stijghoogtes in het Krijt aquifersysteem (BKLS_1100_GWL_2S) van het Brulandkrijtsysteem. De rode lijn stelt het gemiddelde van de periode 2008 tot najaar 2019 voor.

Voor het Paleoceen (Landeniaan) aquifersysteem is de data te zien in Figuur 60 en Figuur 61. De seizoenale variatie is hier te zien: in de zomer hebben de stijghoogtes een negatieve afwijking en in de winter een positieve afwijking ten opzichte van het gemiddelde. In de winter van 2017 en 2018 waren zo goed als alle stijghoogtes hoger dan het gemiddelde, terwijl dit voor de winter van 2019 niet zo was. Hoewel de grondwaterstanden herstelden na de droge zomer van 2018, zijn ze in april 2019 niet hoger geraakt dan het gemiddelde in de winter van 2019. De snelheid van herstel in de winter van 2019 (mate van stijging van het grondwater) is wel vergelijkbaar met die van de winter van 2018.

het najaar van 2019 waren de grondwaterstanden gelijkaardig aan die van het najaar van 2018: er is geen extra daling, maar we dragen de gevolgen van de droge zomer van 2018 nog mee.



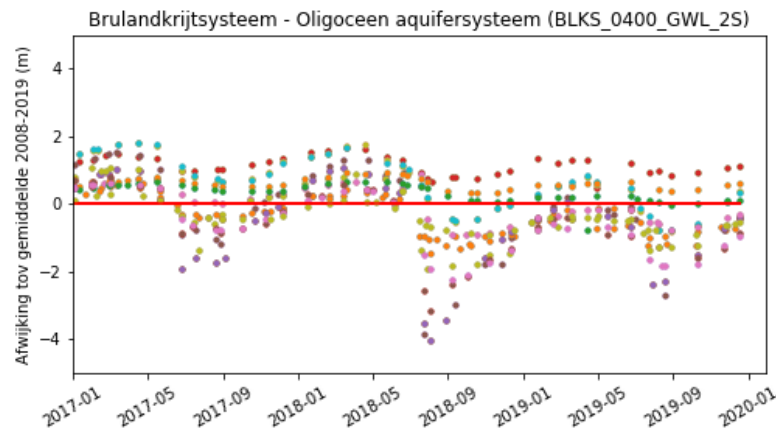
Figuur 60: Evolutie korte termijn van de stijghoogtes in het Paleoceen (Landeniaan) aquifersysteem (BLKS_1000_GWL_2S) van het Brulandkrijtsysteem. De rode lijn stelt het gemiddelde van de periode 2008 tot najaar 2019 voor.



Figuur 61: Evolutie korte termijn van de stijghoogtes in het Paleoceen (Landeniaan) aquifersysteem (BLKS_1000_GWL_1S) van het Brulandkrijtsysteem. De rode lijn stelt het gemiddelde van de periode 2008 tot najaar 2019 voor.

Voor het Oligoceen aquifersysteem is er enkel voldoende data voor het grondwaterlichaam BLKS_0400_GWL_2S. Deze is te zien in Figuur 62. De seizoenale variatie is er duidelijk: in de zomer hebben de helft van de stijghoogtes een negatieve afwijking en in de winter hebben alle peilputten een positieve afwijking ten opzichte van het gemiddelde. In de laatste tweeëneenhalf jaar zijn er meer stijghoogtes hoger dan het gemiddelde van 2008-2019 dan dat er lager zijn. In de winter van 2017 en 2018 waren alle stijghoogtes hoger dan het gemiddelde, terwijl dit voor de winter van 2019 maar voor de helft van de peilputten was. Hoewel de grondwaterstanden herstelden na de droge zomer van 2018, zijn ze maar ongeveer de helft van de waterstanden hoger geraakt dan het gemiddelde in de winter van 2019. De snelheid van herstel in de winter van 2019 (mate van stijging van het grondwater) is vergelijkbaar of zelfs hoger dan die van de winter van 2018.

In het najaar van 2019 waren de grondwaterstanden gelijkaardig aan die van het najaar van 2018: er is geen extra daling en zelfs een lichte verbetering, maar we dragen de gevolgen van de droge zomer van 2018 nog mee.



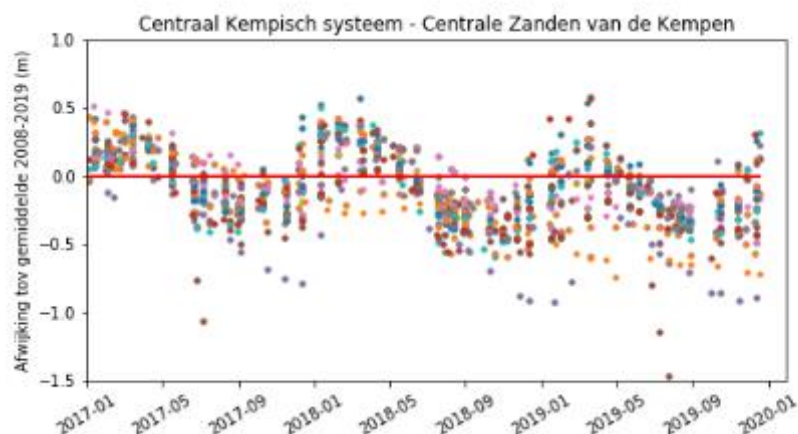
Figuur 62: Evolutie korte termijn van de stijghoogtes in het Oligoceen aquifersysteem (BLKS_0400_GWL_2S) van het Brulandkrijtsysteem. De rode lijn stelt het gemiddelde van de periode 2008 tot najaar 2019 voor.

3.2.1.2.2 Centraal Kempisch systeem

De evolutie op korte termijn voor de Centrale Zanden van de Kempen is te zien in Figuur 63. De seizoenale variatie is hier te zien: in de zomer hebben de stijghoogtes een negatieve afwijking en in de winter een positieve afwijking ten opzichte van het gemiddelde. Sinds 2017 is de gemiddelde stijghoogte kleiner dan het gemiddelde van 2008-2019. In de winter van 2017 waren zo goed als alle stijghoogtes hoger dan het gemiddelde, terwijl dit voor de winter van 2018 en 2019 niet zo was. Hoewel de grondwaterstanden herstelden na de droge zomer van 2018, is maar ongeveer de helft van de waterstanden hoger geraakt dan het gemiddelde van de winter van 2019. Terwijl in het najaar van 2018 de grondwaterstand begon te stijgen in september, begon deze in het najaar van 2018 pas te stijgen in oktober-november. De snelheid van herstel in de winter van 2018-2019 (mate van stijging van het grondwater) is vergelijkbaar met die van de winter van 2017-2018.

Ook de zomer van 2019 was droog. In het najaar van 2019 waren alle grondwaterstanden lager dan het gemiddelde, maar in vergelijking met het najaar van 2018 is de toestand niet slechter. Dit wil zeggen dat er in de zomer en najaar van 2019 een normale daling van het grondwater was, maar dat we de gevolgen van de droge zomer van 2018 nog meedragen. Het grondwater begon terug te stijgen in september op de meeste plaatsen.

Voor de Diestiaangeul zijn er geen peilputten waarvan de data van de zomer van 2018 al beschikbaar was.



Figuur 63: Evolutie korte termijn van de stijghoogtes in de Centrale Zanden van de Kempen van het Centraal Kempisch systeem. De rode lijn stelt het gemiddelde van de periode 2008 tot najaar 2019 voor.

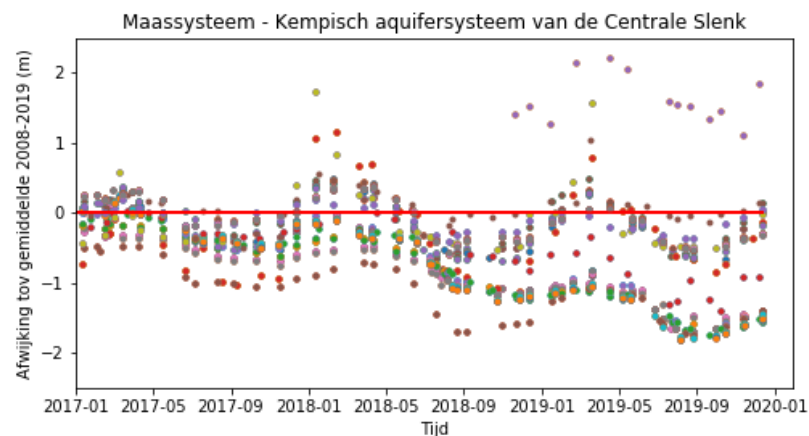
3.2.1.2.3 Maassysteem

De evolutie voor het Maassysteem is te zien in Figuur 66, Figuur 64 en Figuur 65. De seizoenaliteit is hier ook goed te zien.

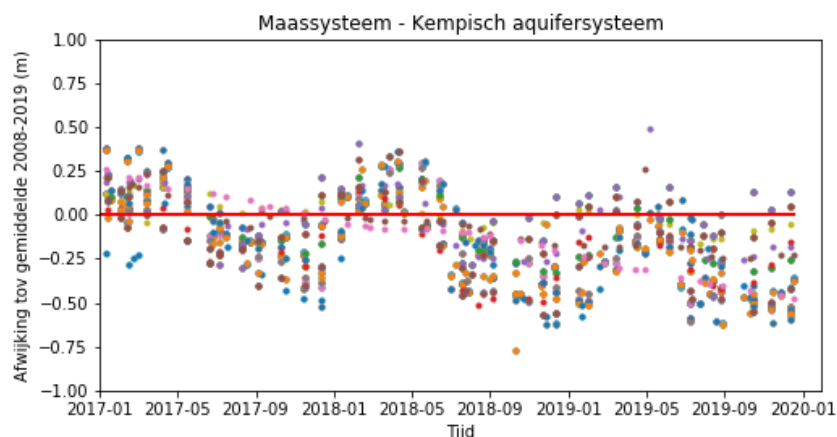
Voor het Kempisch aquifersysteem van de Centrale Slenk zijn de grondwaterstanden hersteld voor een deel van de peilputten in de winter van 2018-2019, maar niet in dezelfde mate als in de winters van 2016-2017 en 2017-2018. De snelheid van herstel in de winter van 2018-2019 is wel vergelijkbaar als die van de winter van 2017-2018. Voor een ander deel van de peilputten zijn de grondwaterstanden niet hersteld en is de snelheid van herstel veel lager dan die van de winter van 2017-2018. Hier wordt later nog verder op ingegaan.

Voor het Kempisch aquifersysteem en het Quartair aquifersysteem zijn de grondwaterstanden hersteld in de winter van 2018-2019, maar niet in dezelfde mate als in de winters van 2016-2017 en 2017-2018. De snelheid van herstel in de winter van 2019 (mate van stijging van het grondwater) is wel vergelijkbaar met die van de winter van 2018.

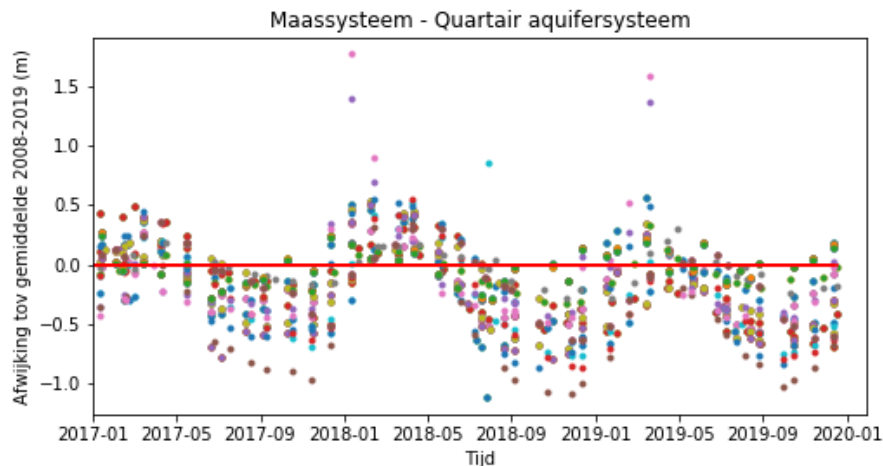
Ook de zomer van 2019 was droog. In het najaar van 2019 waren de meeste grondwaterstanden van het Maassysteem lager dan het gemiddelde, maar in vergelijking met het najaar van 2018 is de toestand niet slechter (behalve voor een deel van de peilputten in de Centrale Slenk). Dit wil zeggen dat er in de zomer en najaar van 2019 een normale daling van het grondwater was op de meeste plaatsen, maar dat we de gevolgen van de droge zomer van 2018 nog meedragen. Het grondwater begon terug te stijgen in november op de meeste plaatsen.



Figuur 64: Evolutie korte termijn van de stijghoogtes in Kempisch aquifersysteem van de Centrale Slenk van het Maassysteem. De rode lijn stelt het gemiddelde van de periode 2008 tot najaar 2019 voor.



Figuur 65: Evolutie korte termijn van de stijghoogtes in het Kempisch aquifersysteem van het Maassysteem. De rode lijn stelt het gemiddelde over de periode 2008 tot najaar 2019 voor.



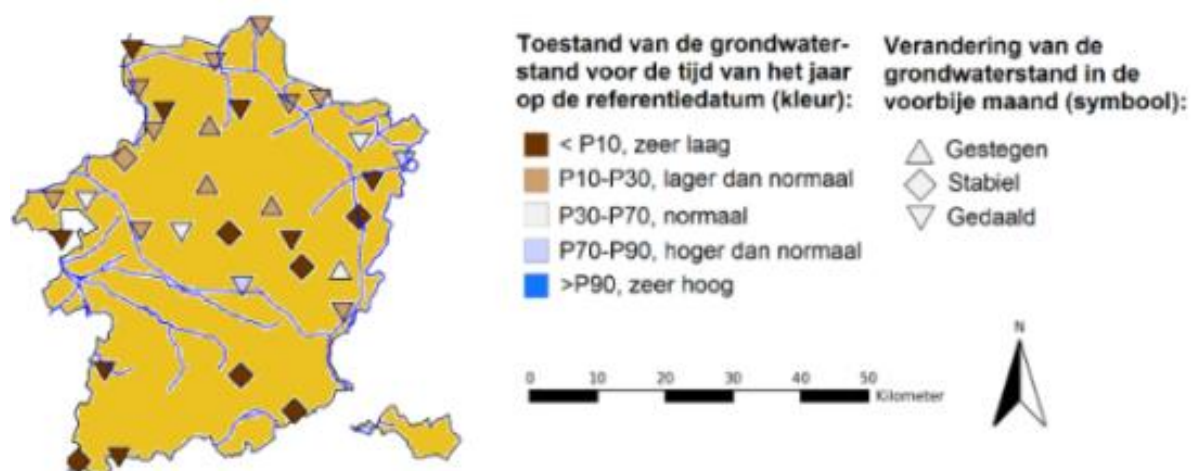
Figuur 66: Evolutie korte termijn van de stijghoogtes in het Quartair aquifersysteem van het Maassysteem. De rode lijn stelt het gemiddelde over de periode 2008 tot najaar 2019 voor.

3.2.1.3 Grondwaterstandindicator van het DOV

De grondwaterstandindicator van het DOV gebruikt peilputten van het DOV, SCK en De Watergroep welke zo geselecteerd zijn dat ze niet beïnvloed worden door waterwinning, drainage of andere menselijke ingrepen (DOV, 2019). Een combinatie van peilmetingen en modellering resulteert in een indicator voor elke dag. Voor elke dag wordt er een vergelijking met diezelfde dag in de afgelopen 30 en met alle grondwaterstanden van de afgelopen 30 jaar. Er wordt ook een vergelijking gemaakt voor elke maand met de vorige maand (DOV, 2019).

Voor de vergelijking van een dag met diezelfde dag in de afgelopen 30 jaar wordt gebruik gemaakt van percentielen. Er wordt ingeschat hoeveel % van die jaren de beschouwde dag een grondwaterstand heeft die lager is dan de gesimuleerde grondwaterstand voor dit jaar. Deze percentielen zijn in 5 klassen onderverdeeld: zeer laag (op één van de tien gevallen komt deze lage grondwaterstand voor), laag (op drie van de tien gevallen komt deze lage grondwaterstand voor), normaal (50% is hoger en 50% is lager), hoog laag (op drie van de tien gevallen komt deze hoge grondwaterstand voor) en zeer hoog (op één van de tien gevallen komt deze hoge grondwaterstand voor) (DOV, 2019).

De toestand in Limburg op 06/05/2019 is te zien in Figuur 67. In het algemeen is het grondwater lager dan normaal: in 36% van de plaatsen is het grondwater lager dan normaal, in 42% van de plaatsen is het zeer laag ten opzichte van dezelfde dagen in de afgelopen 30 jaar. In 12% van de plaatsen is de grondwaterstand normaal, in 6% is het hoger dan normaal ten opzichte van dezelfde dagen in de afgelopen 30 jaar. Deze bevindingen komen overeen met de eigen analyses van alle peilputten van het DOV.



Figuur 67: Situatie van het grondwater in Limburg op 06/05/2019, gebaseerd op 33 meetplaatsen. Bron: DOV, 2019.

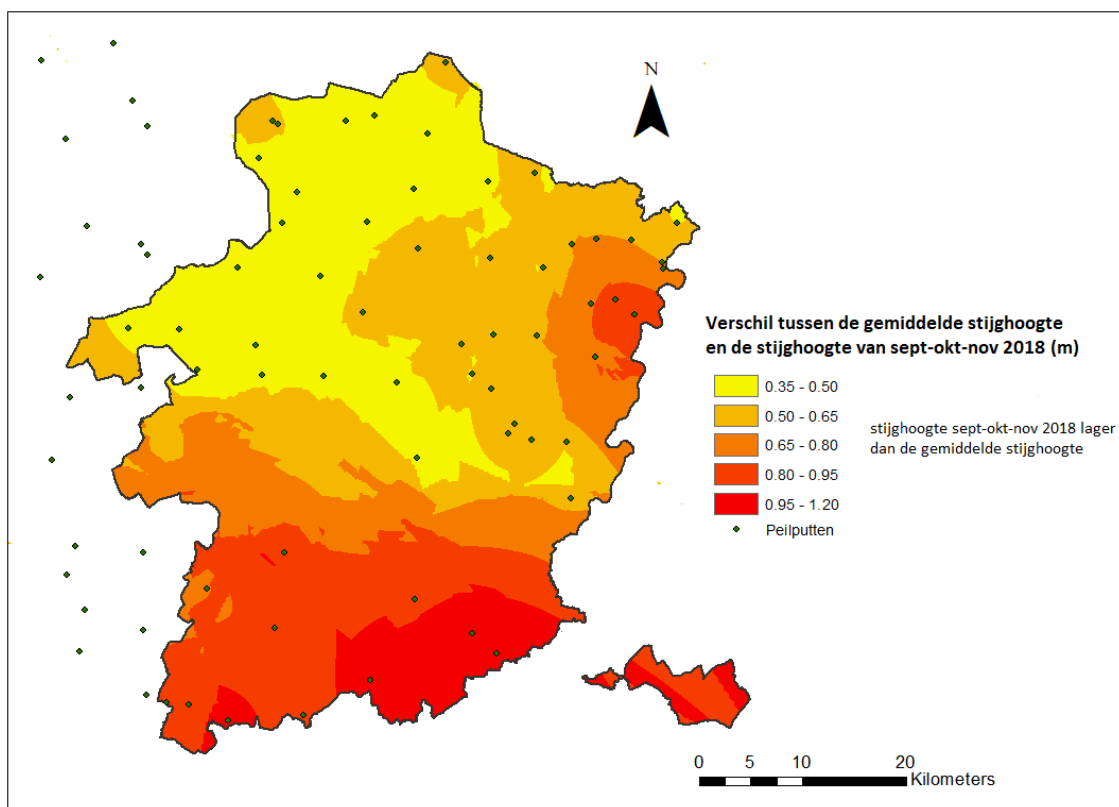
3.2.1.4 Freatisch grondwater: vergelijking september-oktober-november 2018 en maart-april 2019 met de normale toestand

De peilputten van Databank Ondergrond Vlaanderen die in freatische aquifers zitten en die data tot en met april 2019 hebben zijn gebruikt voor deze analyse. De hoogste stand van het freatisch grondwater wordt meestal bereikt in maart en april, de laagste stand meestal in september, oktober en november. Voor elke peilput is er een vergelijking gemaakt tussen september-oktober-november 2018 met de gemiddelde stijghoogte en met het gemiddelde van de maanden september-oktober-november in de dataset. Dit zal in beeld brengen in welke gebieden de droge zomer van 2018 het grootste effect had op het freatische grondwater.

Daarnaast is er voor elke peilput een vergelijking gemaakt tussen maart-april 2019 met de gemiddelde stijghoogte en met het gemiddelde van alle maanden maart en april in de dataset. Dit brengt in beeld in welke gebieden het grondwater het meeste hersteld is na de winter van 2018-2019 en welke gebieden de gevolgen van de droge zomer van 2018 nog duidelijk dragen.

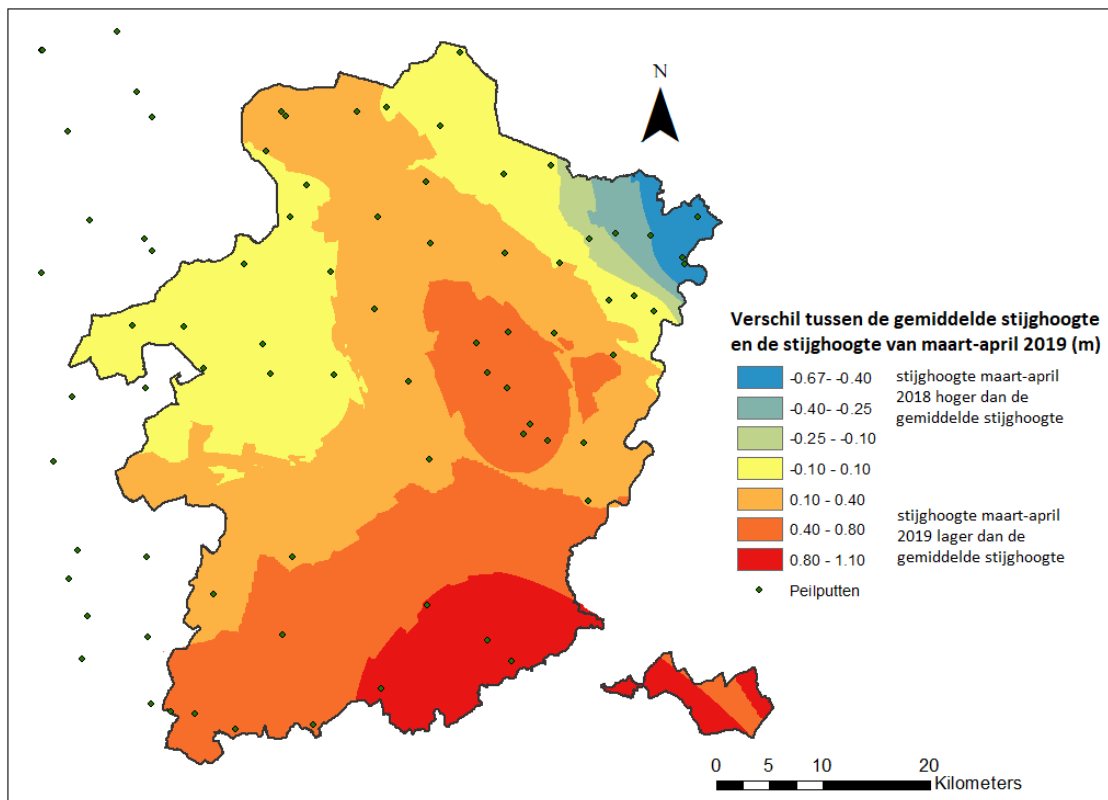
Als er meerdere filters in het freatische grondwater per peilput waren, is er een gemiddelde gemaakt per peilput waarbij aan alle filters een gelijk gewicht gegeven is. Om de spatiale verdeling te visualiseren is de data geïnterpoleerd met de kriging methode (met een sferisch semivariogram model en op basis van twaalf punten).

Figuur 68 toont het verschil tussen de gemiddelde stijghoogte van de gehele periode waarover er data is en het gemiddelde van de maanden september, oktober en november in 2018. In het noorden, centraal gebied en westen van Limburg is de daling t.o.v. het gemiddelde het kleinste: tussen 35 cm en 65 cm. In het oosten is de daling tot 95 cm onder de gemiddelde grondwaterstand. In het zuiden van Limburg is de daling tot wel 1.20 m.



Figuur 68: Verschil in stijghoogte tussen de gemiddelde stijghoogte en de stijghoogte van september-oktober-november 2018 in meters. In heel Limburg was de grondwaterstand lager dan de gemiddelde grondwaterstand, wat te verwachten is voor de herfst.

Figuur 69 toont het verschil tussen de gemiddelde stijghoogte van alle data en het gemiddelde van maart en april 2019. Normaal zijn de grondwaterstanden in maart en april boven de gemiddelde grondwaterstand. In maart en april 2019 was dit enkel voor het gebied rond Maaseik voor meer dan 10 cm. Voor de grootste delen van het westen en delen van het noorden van Limburg schommelde de stijghoogte rond het gemiddelde. Voor het zuiden van Limburg was het grondwater nog tot 1.1 m lager dan de gemiddelde stand, voor het Kempisch plateau was dit tussen 40 en 80 cm.



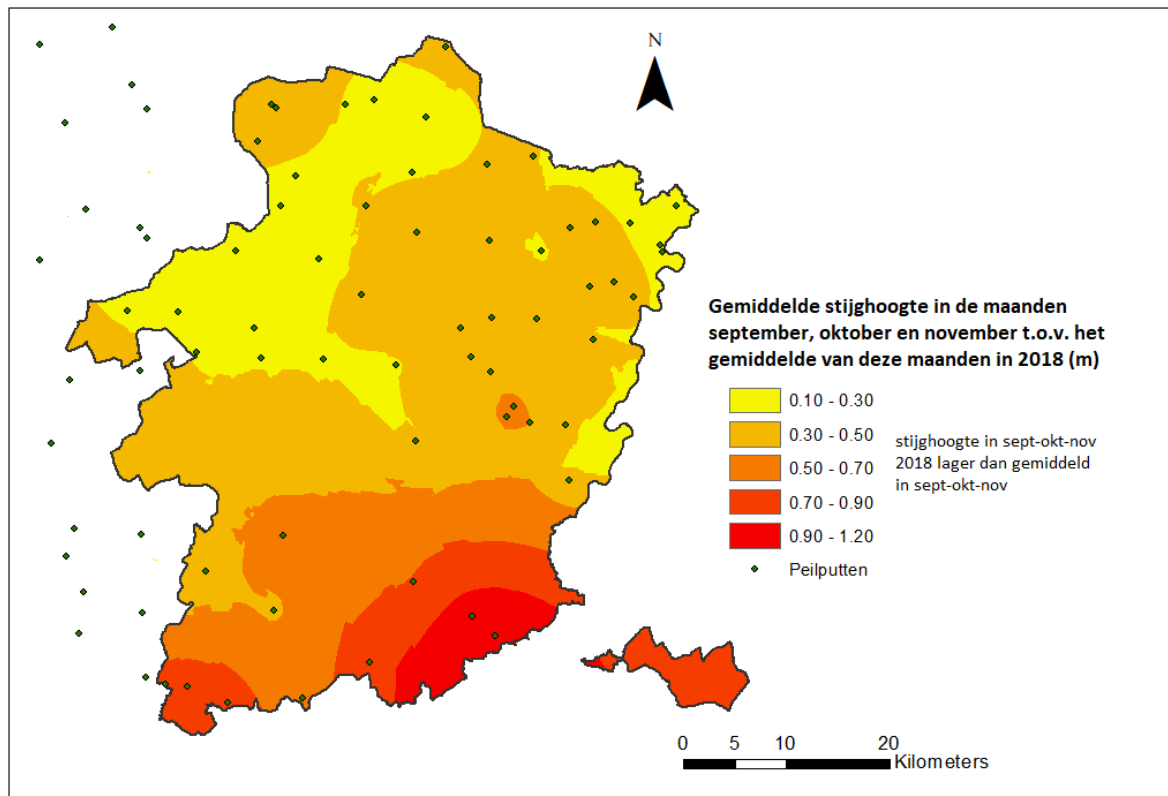
Figuur 69: Verschil in stijghoogte tussen de gemiddelde stijghoogte en de stijghoogte van maart en april 2019 in meters. Normaal is de grondwaterstand in het voorjaar overal hoger dan de gemiddelde grondwaterstand. Voor maart-april 2019 was dit enkel het geval voor Maaseik.

Figuur 70 toont het verschil in stijghoogte van alle maanden september, oktober en november t.o.v. deze in september, oktober en november 2018. Positieve waarden betekenen hoeveel lager het grondwater in het najaar van 2018 was t.o.v. het gemiddeld najaar. De grootste afwijkingen zijn in het zuiden van Limburg, waar het grondwater tot 1.20 m lager stond dan normaal.

Figuur 71 toont het verschil in stijghoogte van alle maanden maart en april t.o.v. deze maanden in 2019. Positieve waarden betekenen dat het voorjaar van 2019 hogere grondwatertafels had dan het gemiddelde voorjaar. Dit is enkel het geval voor het gebied rond Maaseik. Voor de rest van Limburg was het grondwater in het voorjaar van 2019 lager dan het gemiddelde voorjaar, met de grootste verschillen in het zuiden van Limburg.

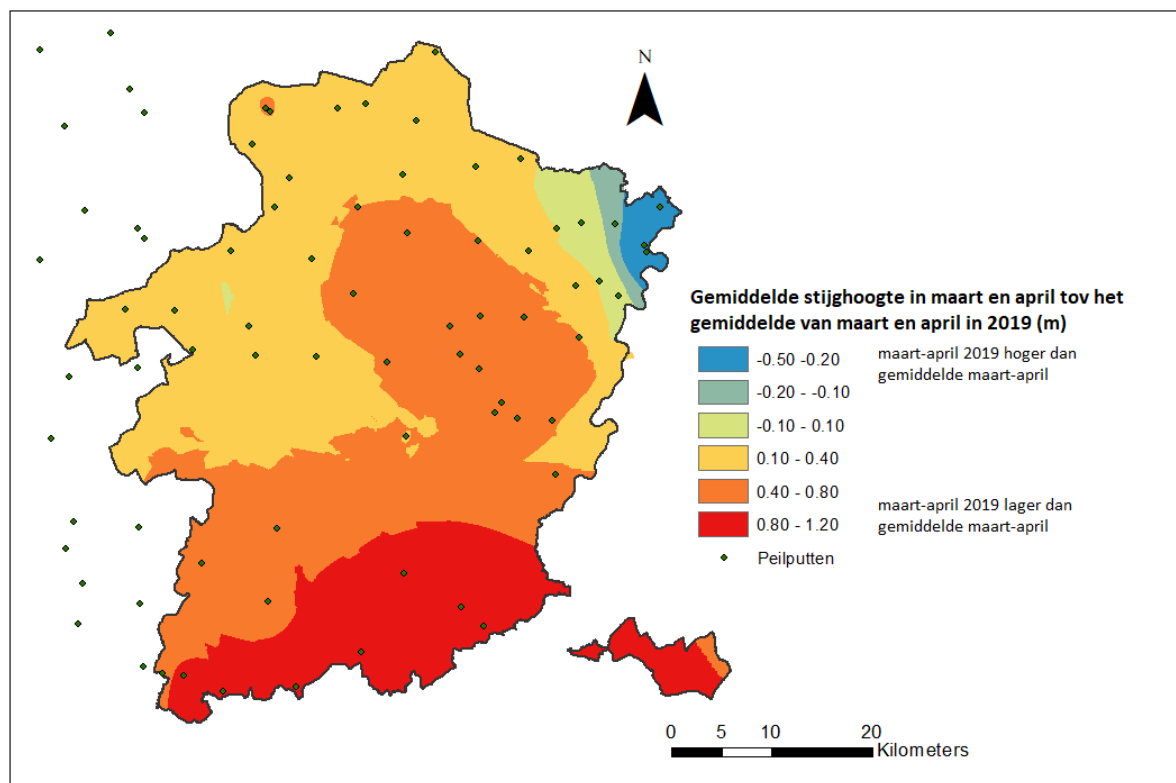
De grondwaterdalingen door de droge zomer van 2018 waren dus het felste in het zuiden van Limburg. De aquifers in deze gebieden zijn voornamelijk van het Brulandkrijtsysteem. Het is ook in deze gebieden dat het grondwater in het voorjaar van 2019 het laagste was t.o.v. het gemiddelde voorjaar.

Voor de regio rond de Maas was er ook een felle daling van het grondwater door de droge zomer van 2018, maar hier heeft het grondwater zich beter hersteld in de winter en voorjaar van 2019. Voor de rest van Limburg heeft het freatisch grondwater zich niet tot het normale niveau van het voorjaar hersteld.



Figuur 70: Verschil in stijghoogte (m) tussen de gemiddelde stijghoogte in van de maanden september, oktober en november en de stijghoogte van deze maanden in 2018.

Merk : overal in Limburg was het grondwater in het najaar van 2018 lager dan de stand in een gemiddeld najaar.



Figuur 71: Verschil in stijghoogte (m) tussen de gemiddelde stijghoogte in de maanden maart en april en de stijghoogte van deze maanden in 2019.

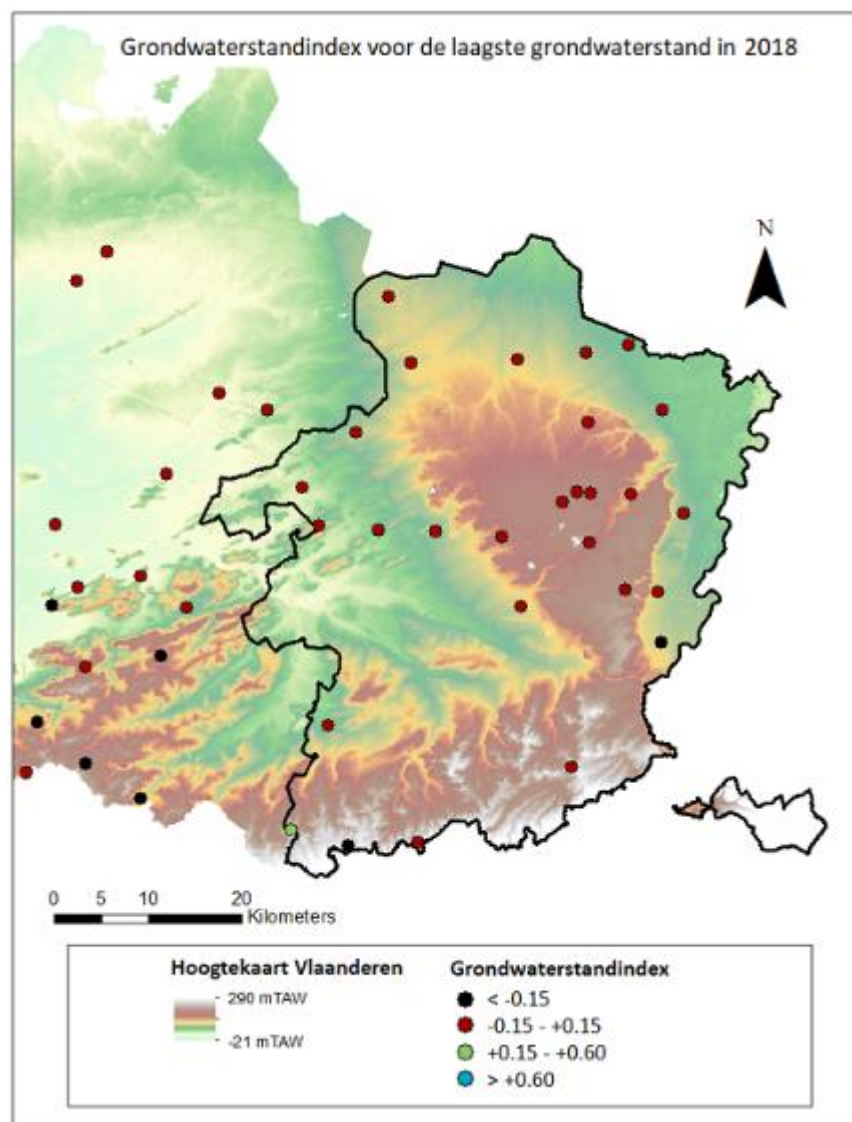
Merk: voor maart-april 2019 was de grondwaterstand enkel in de regio rond Maaseik hoger of gelijk aan de normale stand, op alle andere locaties was de grondwatertafel lager dan normaal.

Voor de herfst van 2019 is er een verdrogingsindex berekend: deze geeft de relatieve grondwaterstand weer waarbij het seizoenaal effect van grondwaterstijging en daling geëlimineerd wordt. Dit laat toe gebieden beter met elkaar te vergelijken. Deze index is als volgt berekend:

$$GWIndex = \frac{AG - GLG}{GHG - GLG}$$

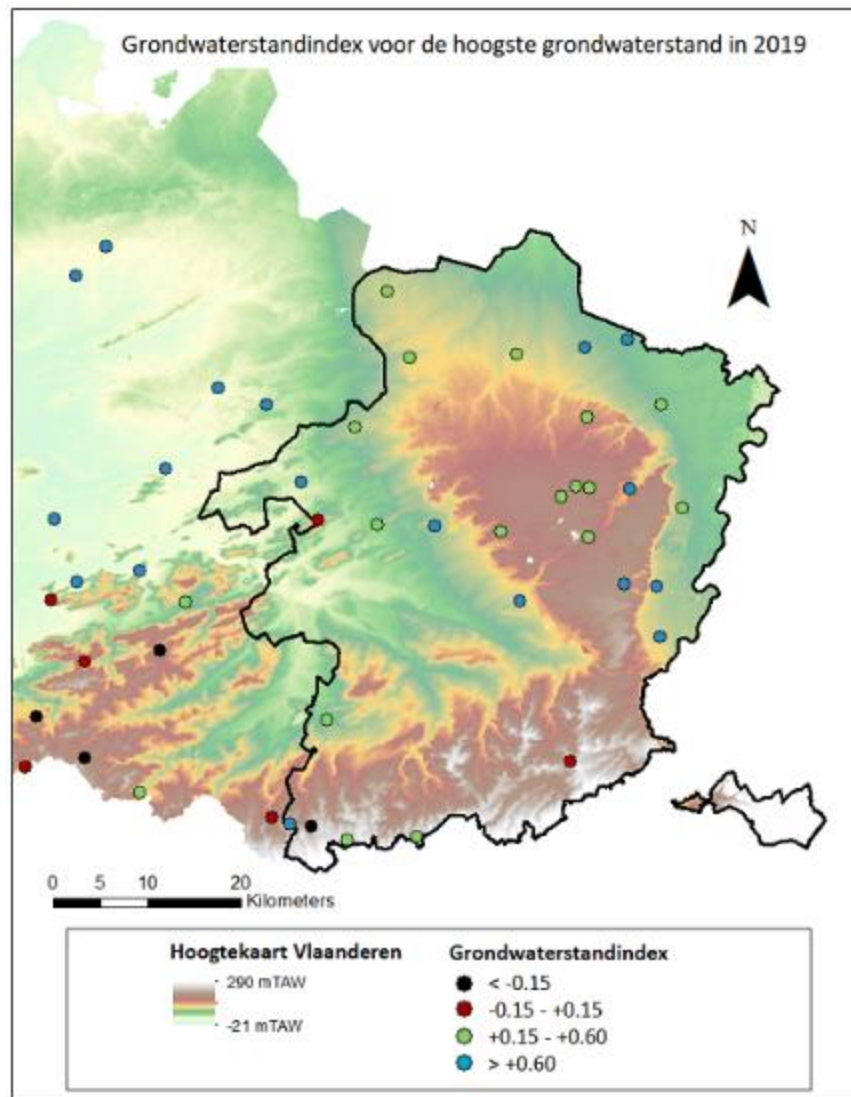
Waarbij GHG de gemiddelde hoogste grondwaterstand is (gemiddelde van de drie hoogste grondwaterstanden), GLG de gemiddelde laagste grondwaterstand (gemiddelde van de drie laagste grondwaterstanden) en AG de actuele grondwaterstand (grondwaterstand van de periode waarvoor de grondwaterstandindex berekend wordt).

Deze grondwaterstandindex is berekend voor de laagste grondwaterstand van de zomer en het najaar van 2018, voor de peildata beschikbaar op Databank Ondergrond Vlaanderen. Enkel peilputten met meer dan 10 jaar data zijn gebruikt in de analyse en de GHG en GLG zijn berekend voor data vóór 2018. Indien er meerdere freatische filters waren op één locatie is de data van de bovenste filter gebruikt. De resultaten zijn te zien in Figuur 72. Negatieve waarden betekenen dat de grondwaterstand lager was dan de GLG. De meeste punten behoren tot de normale droge klasse (-0.15 - +0.15), wat de verwachte stand is. Enkele punten zijn ernstig verdroogd (< -0.15). Over het algemeen is de data in Centraal- en Zuid-Limburg te schaars (ofwel door te infrequente metingen, ofwel doordat de data op DOV nog niet geupdate is, ofwel doordat er niet genoeg peilputten met een datareeks van tien jaar zijn). Daarom is het nuttig om de analyse later te herhalen en/of in te zetten op een snellere dataoverdracht naar Databank Ondergrond Vlaanderen.



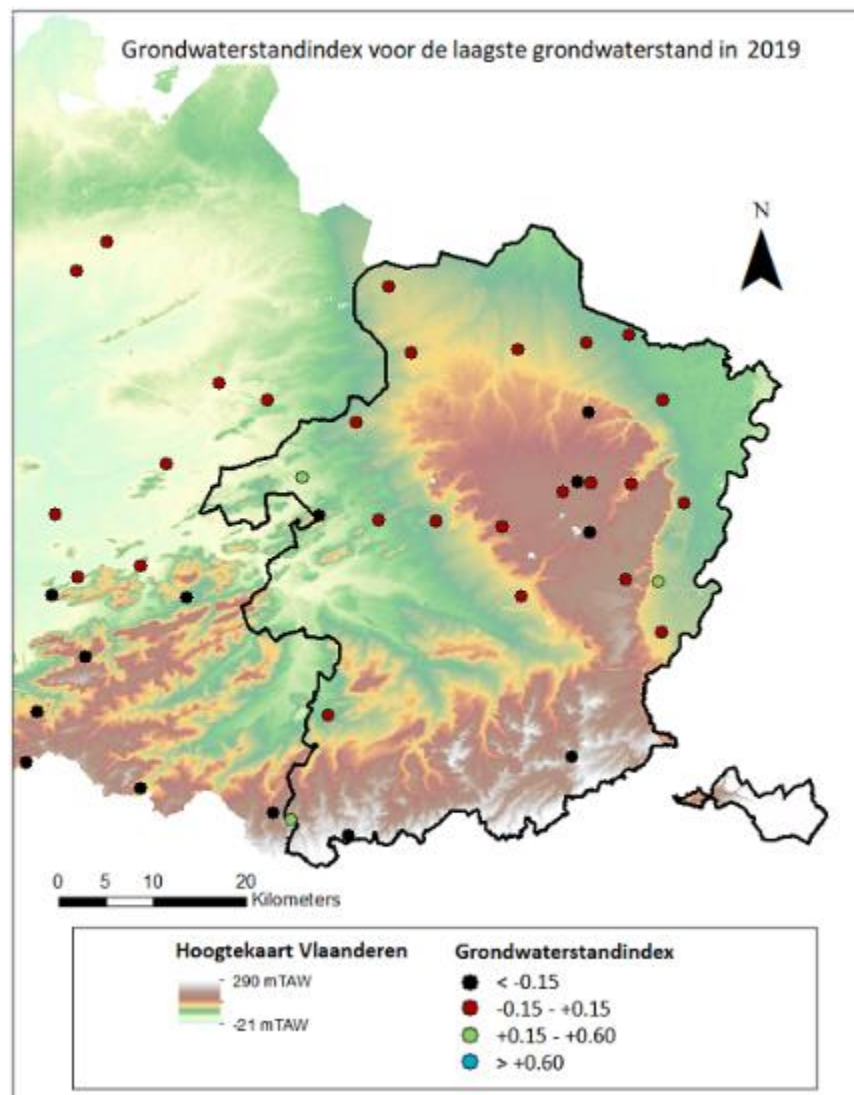
Figuur 72: Grondwaterstandindex voor de laagste grondwaterstand van 2018 voor het freatisch grondwater.

In Figuur 73 is het resultaat voor de hoogste grondwaterstand van de winter van 2019 weergegeven. De meeste punten behoren tot de klasse die we in de lente en vroege zomer verwachtten (+0.15 - +0.60), wat betekent dat het grondwater lager stond dan normaal: de verwachte index is $> +0.60$. Twee punten in Zuid-Limburg behoren nog tot de droge klassen (< -0.15). Ook hier is de data in Centraal- en Zuid-Limburg schaars.

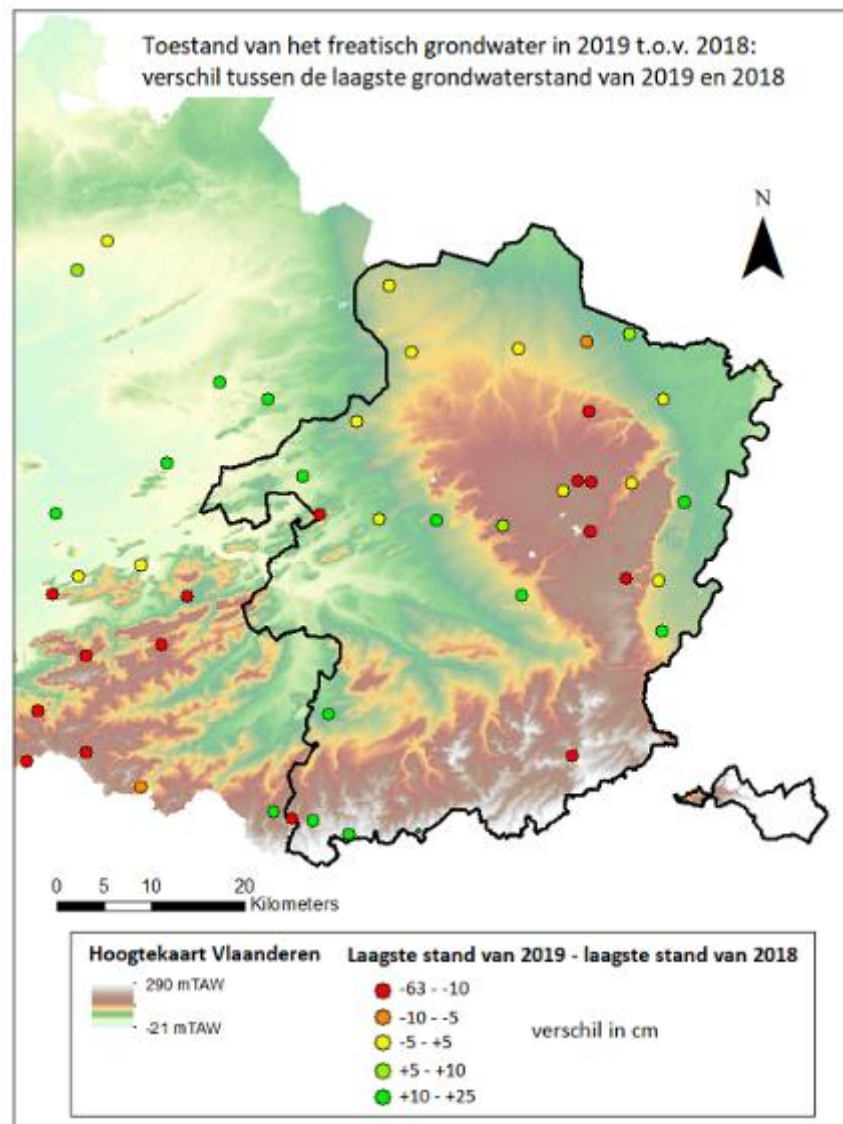


Figuur 73: Grondwaterstandindex voor de hoogste grondwaterstand van 2019 voor het freatisch grondwater.

De grondwaterstandindex is ook berekend voor de laagste grondwaterstand van de zomer en het najaar van 2019 (Figuur 74). De meeste punten behoren tot normale droge klasse ($-0.15 - +0.15$), wat de verwachte stand is. Enkele punten zijn ernstig verdroogd (< -0.15). In vergelijking met de herfst van 2018 is de situatie verslechterd: er zijn meer punten die tot de klass 'ernstig verdroogd' behoren. Dit is beter verder weergegeven in Figuur 75, waar het verschil tussen de laagste grondwaterstand van 2019 en 2018 is afgebeeld. Negatieve getallen betekenen dat het grondwater in de herfst van 2019 lager stond dan in de herfst van 2018. Vooral op het Kempisch Plateau is het grondwater nog verder gedaald door de droge zomer van 2019. Ook hier is er te weinig data om conclusies te trekken over Centraal- en Zuid-Limburg.



Figuur 74: Grondwaterstandindex voor de laagste grondwaterstand van 2019 voor het freatisch grondwater.



Figuur 75: Verschil tussen de laagste grondwaterstand van 2019 en de laagste grondwaterstand van 2018 voor het freatische grondwater. Groene kleuren zijn locaties waar het grondwater in het najaar van 2019 hoger was dan het najaar van 2018, rode kleuren zijn locaties waar het grondwater in het najaar van 2019 lager was dan in 2018.

3.2.2 Scenarioanalyse met grondwatermodellen

3.2.2.1 Beschrijving van de grondwatermodellen van de Vlaamse Milieumaatschappij

De Vlaamse Milieumaatschappij stelde de grondwatermodellen van het Brulandkrijtsysteem, Maassysteem en Centraal Kempisch systeem beschikbaar voor dit project. Het model van het Brulandkrijtsysteem werd gebouwd door Haecon en Witteveen en Bos (2003), het model van het Centraal Kempisch Systeem door Verbeiren et al. (2006) en het Maasmodel door Severyns en De Smedt (2006). De modellen werden gebouwd in MODFLOW met de software Groundwater Modelling System (GMS) van Aquaveo.

De grondwatermodellen zijn stationaire modellen. Dit wil zeggen dat er een lange-termijns evenwichtssituatie van de grondwaterstanden gesimuleerd wordt, waarbij fluxen in en uit het modeldomein constant zijn. Met deze modellen kunnen we dus geen seizoenale variaties simuleren noch droge of natte periodes. De inputgegevens zijn langetermijngemiddeldes van oppompingen, grondwatervoeding etc.

Enkele initiële aanpassingen in de modelstructuur waren nodig om vlot met de modellen te kunnen werken. Het RMODFLOW pakket werd hiervoor gebruikt (Rogiers en Neyens, beschikbaar op <https://github.com/rogiersbart/RMODFLOW>). Dit pakket heeft het voordeel dat het een directe connectie is tussen het MODFLOW model en de programmeertaal R, waardoor de pre- en postprocessing van de MODFLOW bestanden transparant is en waardoor er bijvoorbeeld scenario-analyses met behulp van loops vlot en automatisch uitgevoerd kunnen worden.

In de volgende paragrafen worden de voornaamste eigenschappen van de grondwatermodellen besproken, zodat de lezer een idee heeft van de omvang en hydrogeologische opbouw van deze grondwatermodellen. Voor een volledige beschrijving van deze modellen wordt verwezen naar Haecon en Witteveen en Bos (2000), Severyns en De Smedt (2006) en Verbeiren et al. (2006).

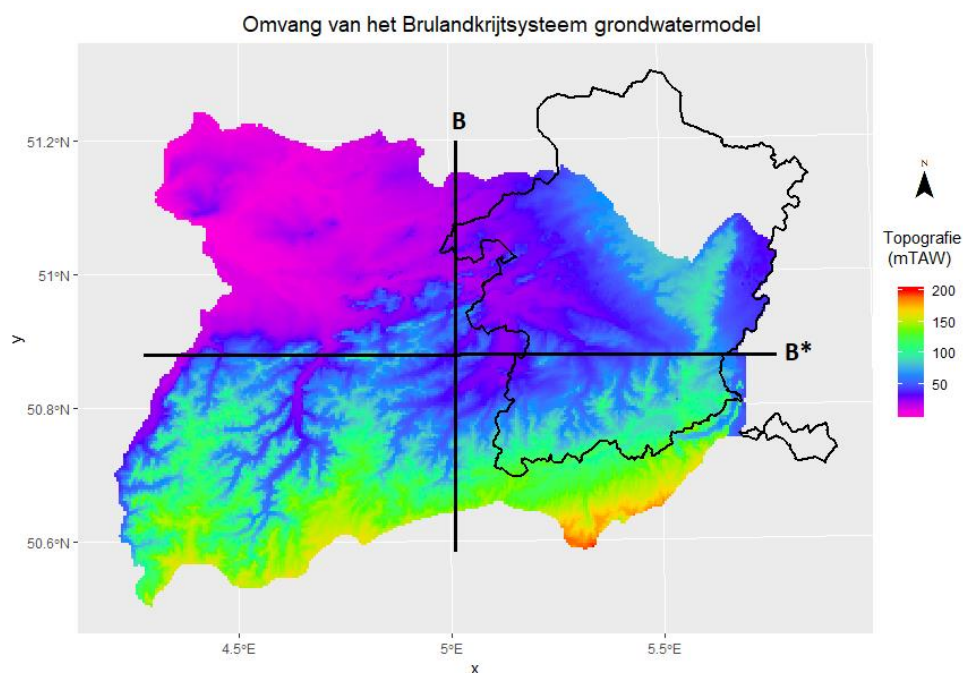
3.2.2.1.1 Het grondwatermodel van het Brulandkrijtsysteem

De omvang van het Brulandkrijtsysteem grondwatermodel is te zien in Figuur 76. Dit model bevat ook gebied ten zuiden van het Brulandkrijtsysteem zoals eerder beschreven in deel 2.3.1 en zoals te zien in Figuur 28. Dit is omdat belangrijke grondwatervoedingsgebieden van de diepere lagen van het Brulandkrijtsysteem in dit zuidelijke deel liggen en omdat de zuidelijke grens van het Brulandkrijtsysteem een louter administratieve grens is, maar geen grens aan grondwaterstroming. Op Figuur 76 zijn ook twee doorsnedes aangeduid, welke te zien zijn in Figuur 77 en Figuur 78.

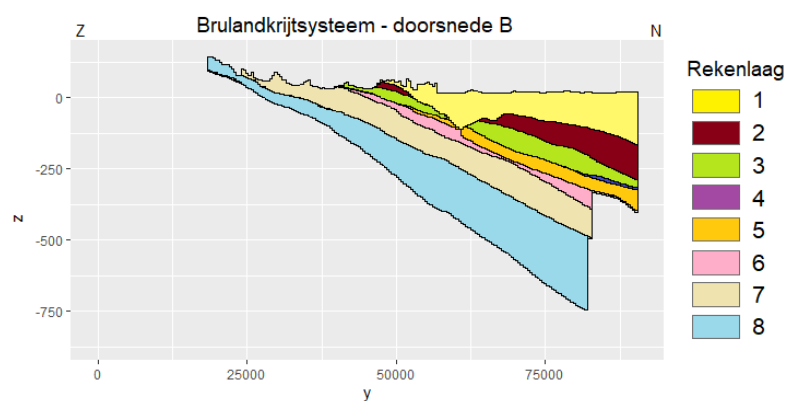
Het model bestaat uit 8 rekenlagen. De hydrogeologische opbouw en de betekenis van de rekenlagen is terug te vinden in Tabel 7. De rekenlagen komen overeen met de aquifer- en aquitardsystemen. De resolutie van dit model is 400 m.

De bovengrens van het model is het maaiveld, de ondergrens is de sokkel. De zuidgrens is geen duidelijke hydrogeologische grens, maar bepaald aan de hand van het voorkomen van diepe winningen en peilputten in Wallonië, waarbij rekening gehouden is met de grenzen van het Dijle-, Demer- en Maasbekken. De noordgrens is daar waar het Brulandkrijtsysteem niet meer voorkomt in de ondergrond, de oostgrens is de Maas en de westgrens wordt gevormd door de Rupel, Zenne en Schelde.

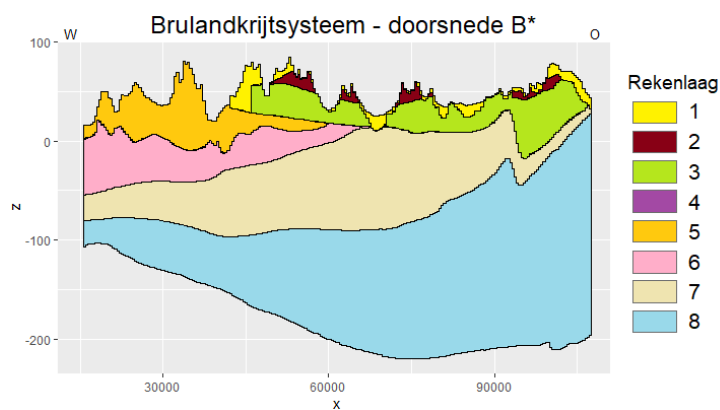
In het noordelijke deel van het model, waar de Boomse klei aanwezig is, is deze laag de bovengrens van het Brulandkrijtsysteem. Boven deze Boomse klei is er het Centraal Kempisch Systeem en het Maassysteem. Stukken van deze systemen zitten dus ook in het model van het Brulandkrijtsysteem, zoals te zien in Figuur 77: waar de Boomse klei (rekenlaag 2) aanwezig is, behoort het deel erboven tot het Centraal Kempisch systeem of Maassysteem. Deze delen zijn uit de resultaten weggefilterd in de volgende hoofdstukken.



Figuur 76: Omvang van het stationair grondwatermodel van het Brulandkrijtsysteem. De topografie van het maaiveld is afgebeeld en de omtrek van Limburg is geplot. Bron: Haecon en Witteveen en bos, via VMM, 2000.



Figuur 77: Noord-zuid doorsnede door het Brulandkrijtsysteem grondwatermodel. Bron: Haecon en Witteveen en bos, via VMM, 2000.



Figuur 78: Oost-west doorsnede door het Brulandkrijtsysteem grondwatermodel. Bron: Haecon en Witteveen en bos, via VMM, 2000.

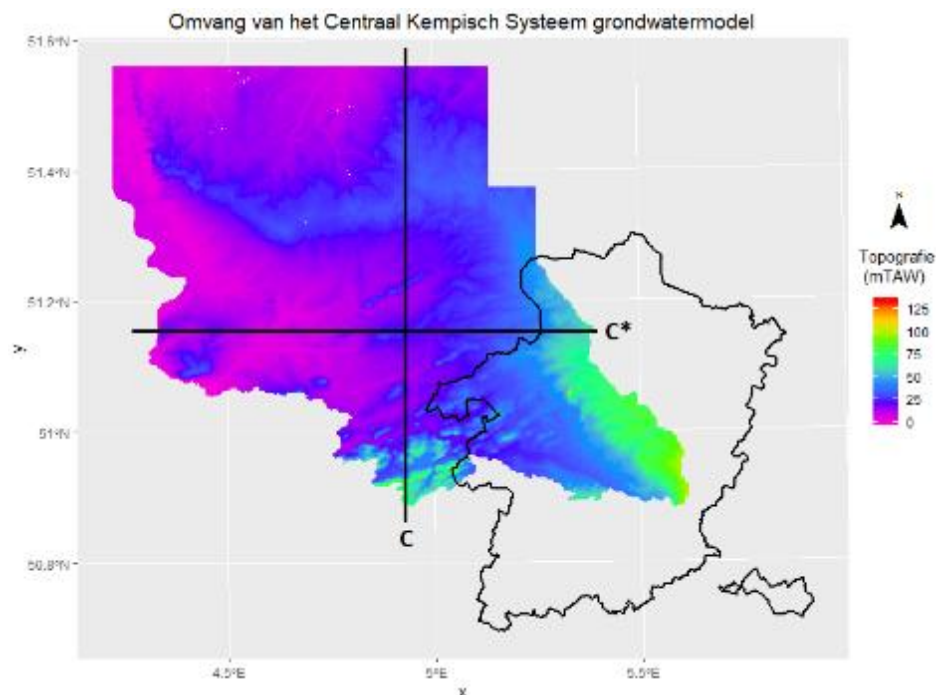
Tabel 7: Rekenlagen van het model van het Brulandkrijtstelsel en welke HCOV eenheden, grondwaterlichamen en aquifer-/aquitardsystemen ze voorstellen.

Rekenlaag	HCOV eenheden	grondwaterlichamen	Aquifersysteem/aquitardsysteem
1	>170, 170, 210-220, 252-253, 254	BLKS_0160_GWL_1S BLKS_0160_GWL_1M	Pleistocene Rivierafzettingen en Quartaire Maas- en Rijnafzettingen
2	300	/	Boom aquitard
3	410, 420, 430, 440,450	BLKS_0400_GWL_1S BLKS_0400_GWL_2S BLKS_0400_GWL_1M BLKS_0400_GWL_2M	Oligoceen aquifersysteem
4	500	/	Bartoon aquitard
5	600	BLKS_0600_GWL_1 BLKS_0600_GWL_2 BLKS_0600_GWL_3	Ledo-Paniseliaan-Brusseliaan aquifer
6	700, 800, 900	BLKS_0600_GWL_1 BLKS_0600_GWL_2	Paniseliaan aquitard, leperiaan aquifer, leperiaan aquitard
7	1000	BLKS_1000_GWL_1S BLKS_1000_GWL_1M	Landeniaan aquifersysteem (Paleoceen)
8	1100	BLKS_1100_GWL_1S BLKS_1100_GWL_1M BLKS_1100_GWL_2S BLKS_1100_GWL_2M	Krijt aquifersysteem

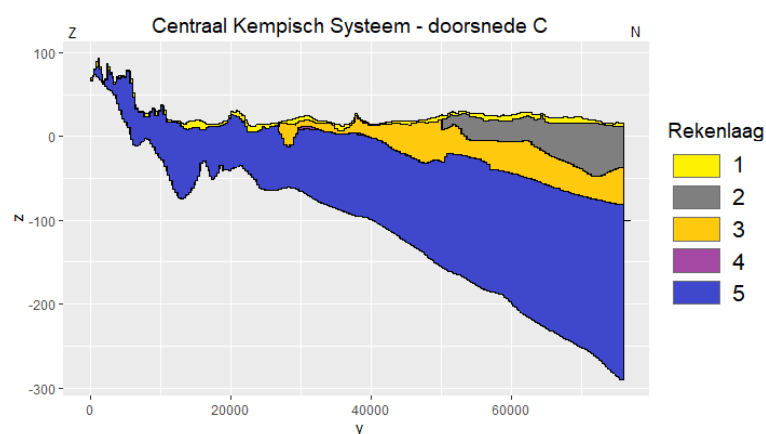
3.2.2.1.2 Het grondwatermodel van het Centraal Kempisch systeem

De omvang van het Centraal Kempisch systeem grondwatermodel is te zien in Figuur 79. Dit model bevat gebied ten noorden van het Centraal Kempisch systeem zoals dat beschreven is in deel 2.3.2 en zoals te zien in Figuur 28, omdat de noordelijke grens van het Centraal Kempisch systeem een louter administratieve grens is, maar geen grens aan grondwaterstroming. Op Figuur 79 zijn ook twee doorsnedes aangeduid, welke te zien zijn in Figuur 80 en Figuur 81. Het model bestaat uit 5 rekenlagen. De hydrogeologische opbouw en de betekenis van de rekenlagen is terug te vinden in Tabel 8. De resolutie van dit model is 250 m.

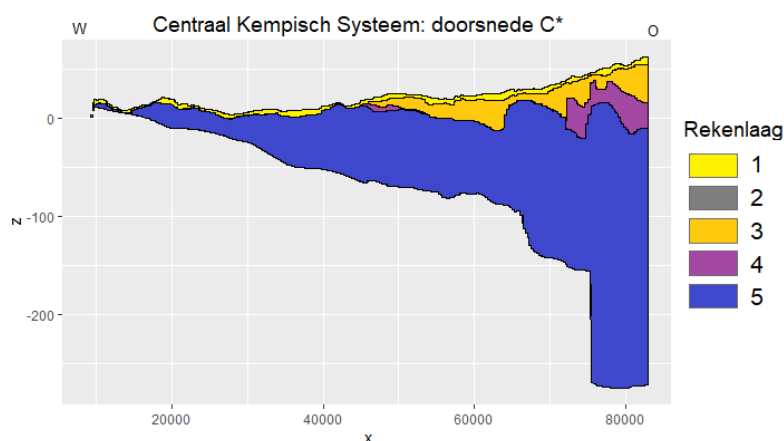
De ondergrens van dit model is de Boomse klei, de bovengrens is het maaiveld. De oostgrens is de topografische waterscheiding tussen het stroomgebied van de Maas en de Schelde. In het zuiden en het westen is het model begrensd door het dagzomen van de Boomse klei. In het Noorden zijn er geen duidelijke fysische randvoorwaarden en wordt het model begrensd door het VGM (Vlaams Grondwater Model) karteergebied.



Figuur 79: Omvang van het stationair grondwatermodel van het Centraal Kempisch Systeem. De topografie van het maaiveld is afgebeeld en de omtrek van Limburg is geplot. Bron: Verbeiren et al., via VMM, 2006.



Figuur 80: Noord-zuid doorsnede door het Centraal Kempisch Systeem grondwatermodel. Bron: Verbeiren et al., via VMM, 2006.



Figuur 81: Oost-west doorsnede door het Centraal Kempisch Systeem grondwatermodel. Bron: Verbeiren et al., via VMM, 2000.

Tabel 8: Rekenlagen in het grondwatermodel van het Centraal Kempisch Systeem en hun link met grondwaterlichamen en aquifersystemen/aquitardsystemen.

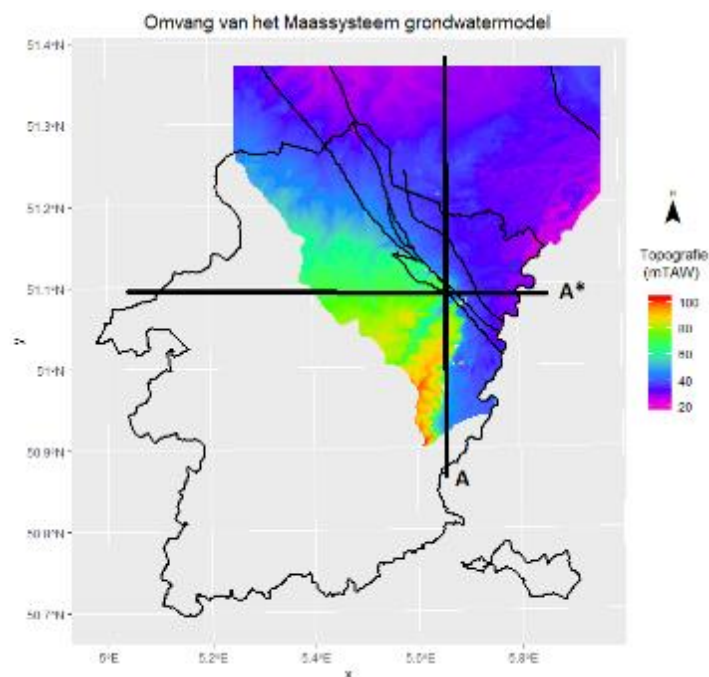
Rekenlaag	HCOV eenheden	Grondwaterlichamen	Aquifersysteem/aquitardsysteem
1	0100	CKS_0200_GWL_1, CKS_0250_GWL_1, CKS_0220_GWL_1	Quartaire aquifersystemen
2	0220	CKS_0220_GWL_1	Klei-zand complex van de kempen
3	0230	CKS_0200_GWL_1, CKS_0200_GWL_2	Pleistoceen en plioceen aquifer
4	0240	CKS_0200_GWL_1, CKS_0200_GWL_2	Pliocene kleiige laag
5	0250	CKS_0200_GWL_1, CKS_0200_GWL_2, CKS_0250_GWL_1	Mioceen aquifersysteem

3.2.2.1.3 Het grondwatermodel van het Maassysteem

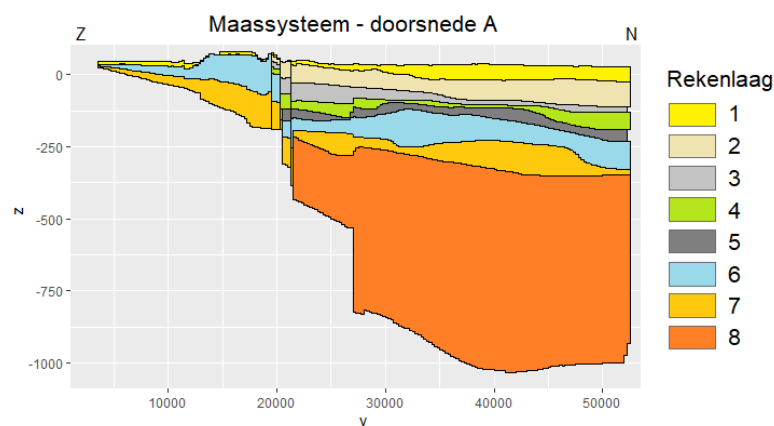
De omvang van het Maassysteem grondwatermodel is te zien in Figuur 82. De Feldbiss breukzone aan de zuidwestelijke rand van de Roerdalslenk is ook afgebeeld. Dit model bevat ook gebieden ten noorden en oosten van het Maassysteem zoals dat beschreven is in 2.3.3 en zoals te zien in Figuur 28, omdat grondwaterstroming over de administratieve grens van het Maassysteem heen is. Op Figuur 82 zijn ook twee doorsneden aangeduid, welke te zien zijn in Figuur 83 en Figuur 84. Het model bestaat uit 8 rekenlagen. De resolutie van dit model is 250m.

De ondergrens van dit model is het voorkomen van de Boomse klei, de bovengrens is het maaiveld. De oostgrens is de Maas en de westgrens is de topografische grondwaterscheiding tussen het stroomgebied van de Maas en de Schelde. De noordgrens is de rand van het VGM karteergebied.

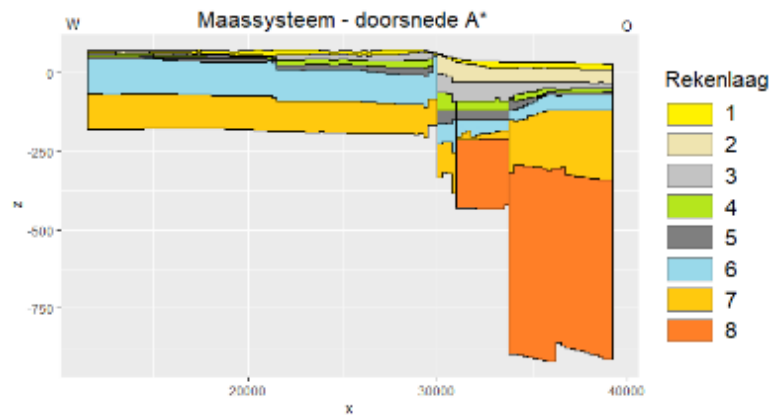
De hydrogeologische opbouw van dit model is verschillend voor het gebied ten noorden en ten zuiden van de Feldbiss breukzone en de betekenis van de rekenlagen voor deze twee gebieden is terug te vinden in Tabel 9 en Tabel 10. Het grootste deel van het Maassysteem behoort tot het gebied ten zuiden van de Feldbiss breukzone en enkel de regio rond Bocholt, Hamont-Achel, Kinrooi en Maaseik behoren tot het noordelijke deel.



Figuur 82: Omvang van het stationair grondwatermodel van het Maassysteem. De topografie van het maaiveld is afgebeeld, de omtrek van Limburg is geplot en de breuken van alle rekenlagen zijn geplot op de topografie. Bron: Severyns en De Smedt, via VMM 2006.



Figuur 83: Noord-zuid doorsnede door het Maassysteem grondwatermodel. Waar de lagen 'verspringen' bevindt de Feldbiss breukzone zich. Bron: Severyns en De Smedt, via VMM, 2006.



Figuur 84: Oost-west doorsnede door het Maassysteem grondwatermodel. Waar de lagen 'verspringen' bevindt de Felbiss breukzone zich. Bron: Severyns en De Smedt, via VMM, 2006.

Tabel 9: Rekenlagen in het grondwatermodel van het Maassysteem ten zuiden van de Felbissbreukzone en hun link met grondwaterlichamen en aquifersystemen/aquitardsystemen.

Rekenlaag	HCOV eenheden	grondwaterlichamen	Aquifersysteem/aquitardsysteem
1	0100	MS_0100_GWL_1	Quartaire aquifersystemen
2	0232 &0234	MS_0200_GWL_1	Pleistoceen en plioceen aquifer
3			
4			
5	0240		Pliocene kleiige laag
6	0250		Mioceen aquifer systeem
7			
8	/	/	/

Tabel 10: Rekenlagen in het grondwatermodel van het Maassysteem ten noorden van de Felbissbreukzone en hun link met grondwaterlichamen en aquifersystemen/aquitardsystemen.

Rekenlaag	HCOV eenheden	grondwaterlichamen	Aquifersysteem/aquitardsysteem
1	0100	MS_0100_GWL_1	Quartaire aquifersystemen
2	0211	MS_0200_GWL_1 en MS_0200_GWL_2*	Zandige eenheid boven de Brunssum I-klei
3	0212		Brunssum I-klei
4	0213		Zand van Pey
5	0214		Brunssum II-klei
6	0215		Zand van Waubach
7	0234		Pleistoceen en Plioceen aquifer
8	0250		Mioceen aquifersysteem

* MS_0200_GWL_2 is gedefinieerd tot 300 m diepte omdat dieper in deze pakketten geen vergunningen zijn in België en geen nood was om grondwaterlichamen te definiëren.

3.2.2.2 Aanpassingen in de grondwatermodellen

Enkele initiële aanpassingen in de modelstructuur waren nodig om vlot met de modellen te kunnen werken en numerische problemen te vermijden. Alle modellen werden omgezet van MODFLOW 2000 naar MODFLOW 2005. Voor het Brulandkrijtsysteem werd ook een andere oplossingsmethode gebruikt (de PCG solver ter vervanging van de GMC solver).

De groottes en locaties van de grondwaterextracties in de originele grondwatermodellen zijn gebaseerd op vergunningen en werkelijk opgepompte debieten. Niet voor elke vergunning zijn de werkelijk opgepompte debieten bekend, omdat deze data niet beschikbaar gemaakt worden wegens privacyredenen. Ook putten voor huishoudelijk gebruik die een debiet hebben dat kleiner is dan 500 m³/jaar, en illegale putten, zitten niet in deze modellen, simpelweg omdat hier geen data van is. Grondwaterputten met onttrekkingsdebieten kleiner dan 500 m³/jaar hebben sinds 2018 wel een meldingsplicht. Aangezien kleinere winningen en illegale winningen vooral verwacht worden in het ondiepe grondwater, zijn de extracties in het ondiepe grondwater waarschijnlijk onderschat. Omdat er geen data of indicaties zijn over welke hoeveelheden dit gaat, is hiervoor geen correctie gedaan.

De grondwaterextracties in het Brulandkrijtmodel zijn gebaseerd op data van vóór 2000, die van het Centraal Kempisch Systeem en het Maassysteemmodel van vóór 2006. Deze extracties werden vergeleken met de vergunde debieten van 2017 (beschikbaar via het DOV), onttrekkingen van de Watergroep voor drinkwaterproductie (De Watergroep, persoonlijke communicatie) en oppompingen van door de Dienst NV Mijschade. Voor de vergunningen is aangenomen dat 70% van het vergund debiet effectief opgepompt wordt. Dit is gebaseerd op een vergelijking tussen beschikbare werkelijk opgepompte volumes en een rapport van de VMM (VMM, 2006). Er is geen correctie gedaan op de locaties van de onttrekkingen.

Voor het Brulandkrijtsysteem waren voor de data in het model de oppompingen in de Paleoceen aquifer en in de Krijt aquifer onderschat en de extracties uit de Oligocene aquifer overschat. De correctiefactoren voor de oppompingsdebieten zijn weergegeven in Tabel 11. Voor rekenlagen 2, 4 en 6 is geen correctie gedaan omdat dit voornamelijk aquitards zijn en hier geen of zeer kleine volumes uit gepompt worden. Voor rekenlaag 1 werd alsook geen correctie gedaan omdat deze laag voornamelijk bestaat uit een deel van het CKS en dit in het CKS model gecorrigeerd is.

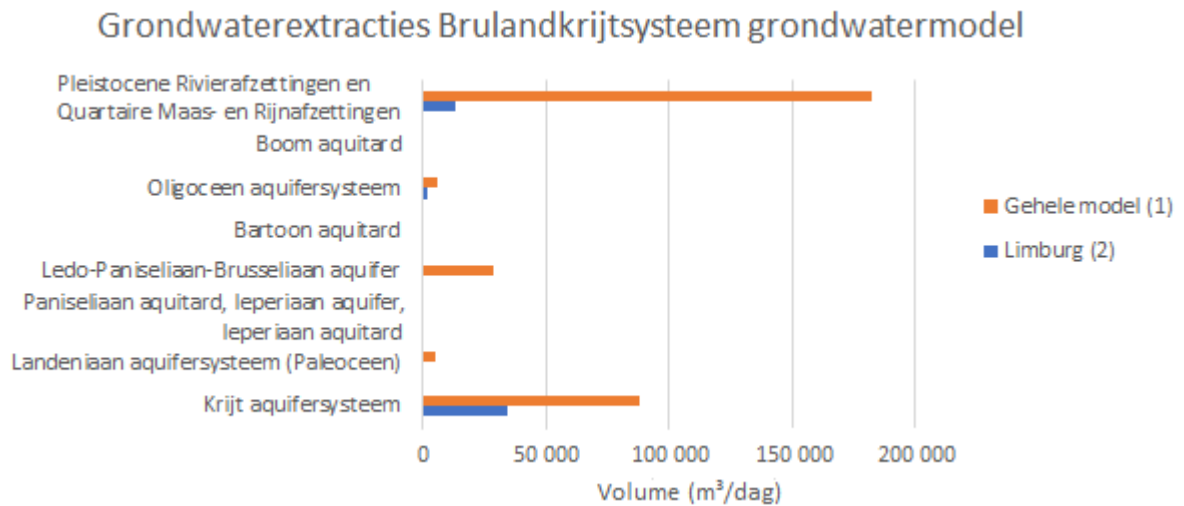
Tabel 11: Correctiefactoren voor de oppompingsdebieten van het origineel BLKS model.

Rekenlaag	Correctiefactor
Rekenlaag 1 – Quartair en deel van CKS	/
Rekenlaag 2 – Boomse klei	/
Rekenlaag 3 – Oligoceen	0.29
Rekenlaag 4 – Bartoon aquitard	/
Rekenlaag 5 – Ledo-Paniseliaan-Brusseliaan aquifer	0.96
Rekenlaag 6 – Paniseliaan en Ieperiaan aquitard, Ieperiaan aquifer	/
Rekenlaag 7 – Paleoceen aquifer	3.92
Rekenlaag 8 – Krijt aquifer	1.57

Voor het Centraal Kempisch systeem is een gelumpte correctie gedaan voor het gehele model: alle grondwaterextracties in het originele model zijn vermenigvuldigd met een factor 0.844.

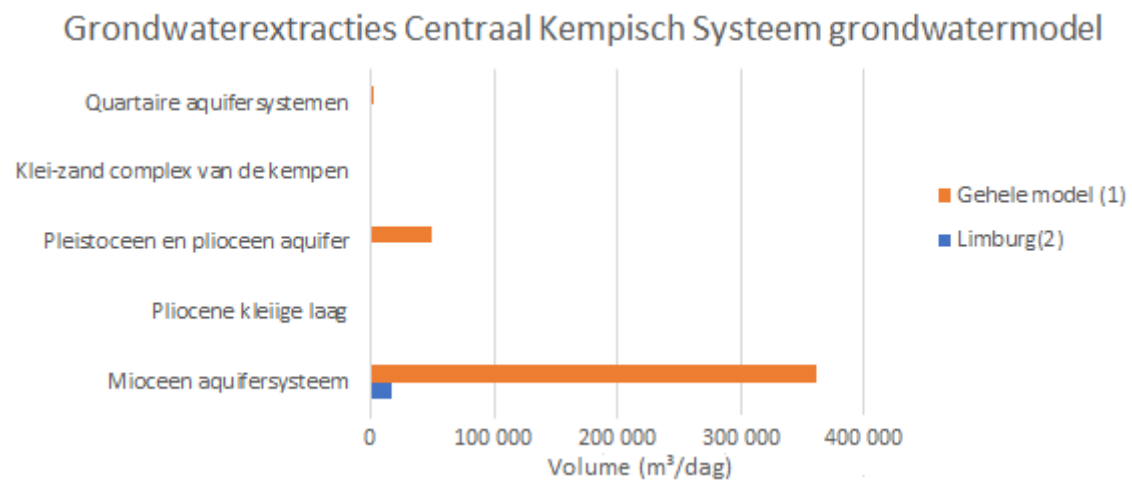
Voor het Maassysteemmodel werden de oppompingen werden in hun totaliteit aangepast aan de hand van de vergunde debieten (waarbij aangenomen dat 70% van het vergunde debiet effectief onttrokken wordt), de grondwaterwinningen van De Watergroep in Eisden en Meeswijk en de grondwateroppompingen door de Dienst NV Mijschade in de mijnverzakkingsgebieden. Elk onttrekkingsdebiet in het model werd vermenigvuldigd met een factor 1.3653.

De aangepaste grondwaterextracties per rekenlaag zijn te vinden in Figuur 85, Figuur 86 en Figuur 87.



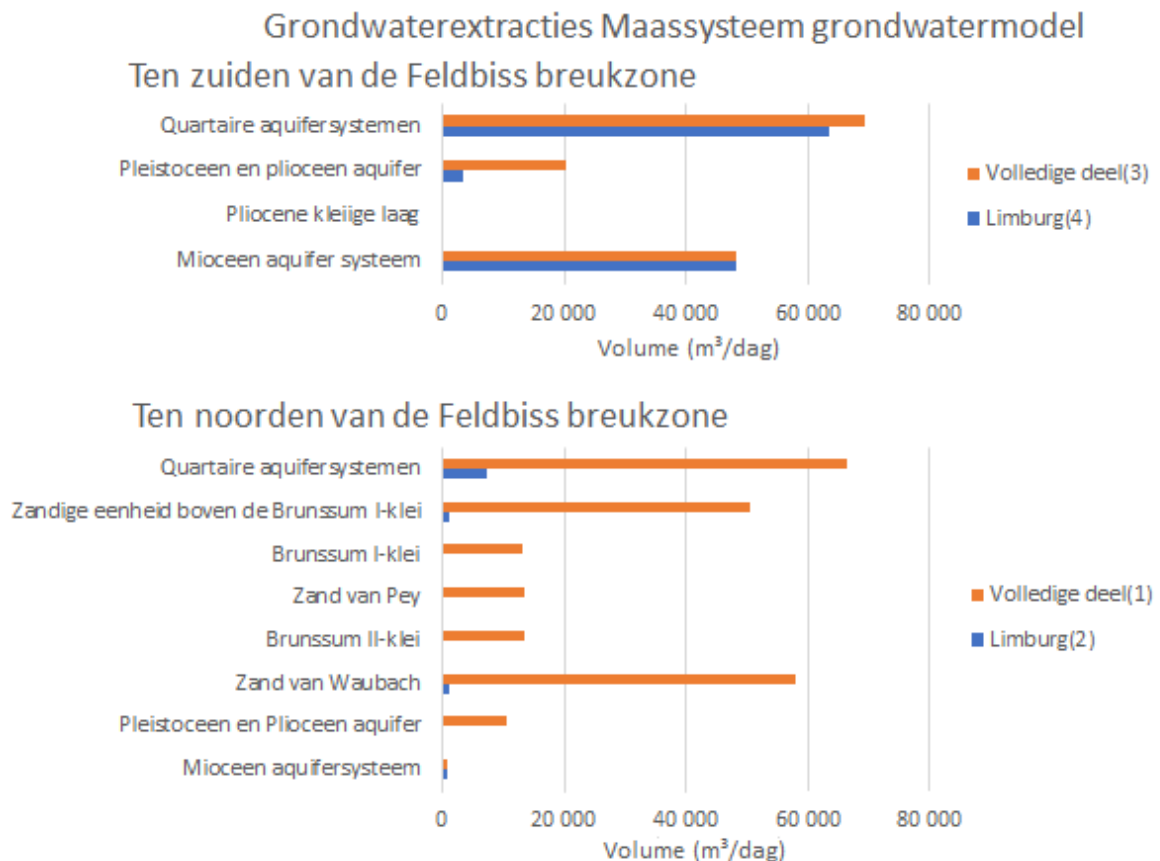
Figuur 85: Grondwaterextracties in het Brulandkrijtsysteem grondwatermodel.

- (1) Het deel van het Brulandkrijtsysteem grondwatermodel zonder het CKS. Het Brulandkrijtsysteem grondwatermodel bevat ook een deel van het Centraal Kempisch Systeem en Wallonië. Het deel van het Centraal Kempisch Systeem is van deze gerapporteerde extracties afgetrokken.
- (2) Het deel van het Brulandkrijtsysteem grondwatermodel dat zich in de ondergrond van Limburg bevindt.



Figuur 86: Grondwaterextracties in het Centraal Kempisch Systeem grondwatermodel.

- (1) Het grondwatermodel bevat ook een deel van Nederland, dit zit hier bij inbegrepen.
- (2) Het deel van het Centraal Kempisch systeem grondwatermodel dat zich in de ondergrond van Limburg bevindt.



Figuur 87: Grondwaterextracties in het Maassysteem grondwatermodel.

- (1) Het volledige deel van het Maassysteem grondwatermodel ten noorden van de Feldbissbreukzone, welk voornamelijk in de ondergrond van Nederland zit.
- (2) Het deel van het grondwatermodel ten noorden van de Feldbissbreukzone dat in de ondergrond van Limburg zit.
- (3) Het volledige deel van het Maassysteem grondwatermodel ten zuiden van de Feldbissbreukzone.
- (4) Het deel van het grondwatermodel ten zuiden van de Feldbissbreukzone dat in de ondergrond van Limburg zit.

De grondwatervoeding werd niet aangepast in de modellen omdat uit onderzoek van de grondwaterpeilen niet toont dat er vóór 2017 een belangrijke trend in stijghoogtes is (zoals besproken in het deel Inventarisatie). Over de trend in grondwatervoeding in 2018-2019 worden geen uitspraken gedaan omdat voor grondwater twee jaar te kort is om over een trend te spreken. De totale volumes grondwatervoeding zijn 4 821 400 m³/dag voor de gehele oppervlakte van Brulandkrijtsysteem model (dit is gemiddeld 0.62 mm/dag), 5 083 500 m³/dag voor de gehele oppervlakte van Centraal Kempisch Systeem model (dit is gemiddeld 0.72 mm/dag) en 1 640 000 m³/dag voor de gehele oppervlakte van Maassysteem model (dit is gemiddeld 0.69 mm/dag). Dit wil zeggen dat de volumes grondwatervoeding zijn één grootteorde hoger dan het volume aan grondwaterextracties.

Deze aangepaste modellen werden voor verder onderzoek gebruikt en het grondwatervoeding- en grondwaterextractiescenario van deze modellen wordt het 'origineel scenario' genoemd.

3.2.2.3 Kwaliteit en nauwkeurigheid van de grondwatermodellen

In volgende paragrafen worden de goodness-of-fit karakteristieken van de drie aangepaste grondwatermodellen besproken om de lezer een inzicht te verwerven in de nauwkeurigheid van zulke grondwatermodellen en zodat men de onzekerheden in het achterhoofd kan houden bij het interpreteren van resultaten. In het algemeen kan men stellen dat de modellen van voldoende kwaliteit zijn. De lezer moet in het achterhoofd houden dan de gebruikte modellen van zulke omvang en complexiteit zijn dat er niet verwacht kan worden dat ze resultaten geven die een nauwkeurigheid van 1m of minder hebben.

De volgende goodness-of-fit karakteristieken worden besproken: root mean squared error (RMSE), percent bias (pbias) en de determinatiecoëfficiënt (R^2).

RMSE staat voor root-mean-square error en drukt de gemiddelde afstand uit tussen een geobserveerde en gesimuleerde waarde. De RMSE wordt berekend als volgt:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n ((sim_i - obs_i)^2)}{n}}$$

Met n het aantal observaties, sim_i de i -de gesimuleerde waarde en obs_i de i -de geobserveerde waarde. De eenheid van RMSE is dezelfde eenheid als die van de gesimuleerde grootte. De RMSE kan variëren van 0 tot $+\infty$, men streeft naar een zo klein mogelijke RMSE.

Pbias staat voor percent bias. Het beschrijft de algemene tendens of de gesimuleerde waarden hoger of lager zijn dan de geobserveerde waarden. Pbias wordt berekend als:

$$pbias = 100 * \frac{\sum_{i=1}^n sim_i - obs_i}{\sum_{i=1}^n sim_i}$$

Waar sim_i de i -de gesimuleerde waarde is, obs_i de i -de geobserveerde waarde. De optimale waarde is 0% en absolute waarden van pbias die kleiner dan 10% zijn, worden geaccepteerd als goede waarden voor de modellen in deze studie.

De determinatiecoëfficiënt (R^2) is de ratio van de model-variantie tot de totale variantie: het is een maat voor het deel van de variabiliteit die uitgedrukt wordt door het model. De determinatiecoëfficiënt wordt berekend als volgt:

$$R^2 = \frac{s_{mod}^2}{s_{tot}^2}$$

Waar s_{mod}^2 gelijk is aan de variatie verklaard door het model en s_{tot}^2 de totale variantie:

$$s_{mod}^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(sim_i - \overline{obs})^2}{n-2}$$

$$s_{tot}^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(obs_i - \overline{obs})^2}{n-2}$$

Waar sim_i de i -de gesimuleerde waarde is, obs_i de i -de geobserveerde waarde, n het aantal geobserveerde waarden, $\overline{obs}$ het gemiddelde van de geobserveerde waarden. R^2 kan waarden aannemen tussen 0 en 1. $R^2=0$ betekent dat het model even goed is alsof je gewoon de gemiddelde observatie zou nemen. $R^2=1$ betekent dat het model de geobserveerde waarden perfect reproduceert, maar dit impliceert ook dat je model teveel parameters heeft. Idealiter is R^2 zo dicht mogelijk bij 1, maar een R^2 gelijk aan 1 betekent vaak een overgeparametriseerd model.

Daarnaast wordt een scatterplot van de geobserveerde versus gesimuleerde waarden en een histogram van de fouten besproken. Op het scatterplot staan op de ene as de geobserveerde stijghoogtes en op de andere as de gesimuleerde stijghoogtes (de stijghoogtes die de modellen voorspellen). Bij een goed model zijn de data op het scatterplot dicht bij de 1:1-lijn (de bisector), zijn er ongeveer evenveel punten boven als onder de bisector, zijn de punten willekeurig verdeeld boven en onder de bisector en zijn de afwijkingen tot de bisector ongeveer even groot voor de grote waarden als voor de kleine waarden.

Op het histogram is de x-as een indeling van de range aan fouten: men deelt de fouten (de verschillen tussen de gesimuleerde en geobserveerde waarden) op in klassen met gelijke lengte. De y-as toont het aantal datapunten waarvan de fout in een bepaalde klasse valt. Bij goede modellen volgt het histogram een Gaussische verdeling met een gemiddelde van nul. Als het gemiddelde hoger is dan nul, dan overschat het model de gesimuleerde variabele en vice versa.

3.2.2.3.1 Het grondwatermodel van het Brulandkrijtstelsel

De goodness-of-fit karakteristieken van het Brulandkrijtstelsel grondwatermodel zijn te zien in Figuur 88 en Figuur 89. Figuur 88 is een scatterplot van de gesimuleerde stijghoogtes ten opzichte van de geobserveerde stijghoogtes. Er liggen iets meer punten onder de bisector, wat wil zeggen dat het model de stijghoogte gemiddeld onderschat. Dit is ook te zien in het histogram (Figuur 89), waar te zien is dat de linkerkant van de

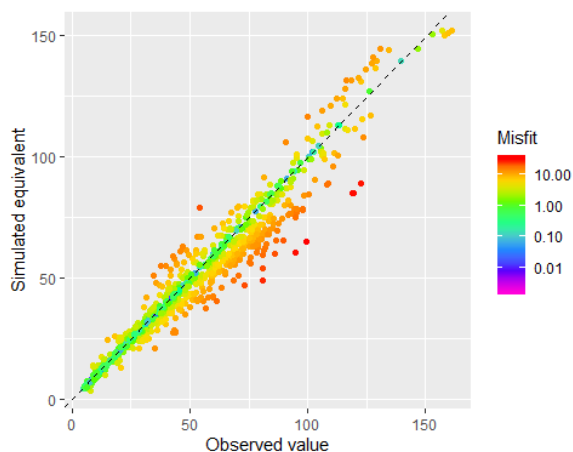
curve 'groter' is. Voor het gehele model is de RMSE is 6.95 m, de pbias -4.3% en R^2 0.95. Voor een model van deze omvang zijn dit goede waarden.

De goodness-of-fit van het gehele model wordt gedomineerd door rekenlaag 1 omdat hier 88% van de observatiepunten in aanwezig zijn, dit terwijl rekenlaag 1 voornamelijk een deel van het Centraal Kempisch Systeem bevat. Daarom werd er ook gekeken naar de goodness-of-fit karakteristieken van de individuele rekenlagen (2 t.e.m. 8), welke te zien zijn in Tabel 12. Voor laag zes en zeven zijn de RMSE en pbias nogal aan de hoge kant.

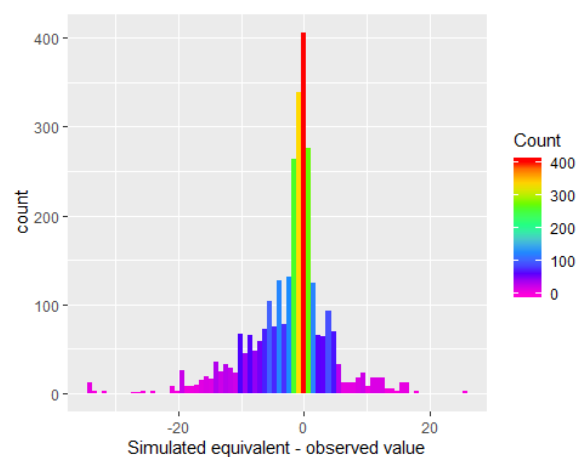
Voor rekenlaag zes, wat de Paniseliaan aquitard, Ieperiaan aquifer en Ieperiaan aquitard is, moet een kanttekening gemaakt worden bij de hoge pbias en RMSE. Ten eerste heeft deze rekenlaag een laag aantal observatiepunten. Ten tweede bestaat deze rekenlaag uit aquitards en aquifers, waartussen stijghoogtes in realiteit vaak fel verschillen terwijl er in grondwatermodellen maar 1 waarde voor stijghoogte berekend wordt per cel (in dit geval dus voor het gehele dikte van de Paniseliaan aquitard, Ieperiaan aquifer en Ieperiaan aquitard). Dit hangt samen met het volgende: in realiteit variëren stijghoogtes in een aquitard fel over de dikte van de aquitard. Ten vierde zijn geobserveerde stijghoogtes in aquitards vaak niet representatief zijn voor de werkelijke stijghoogtes.

Voor rekenlaag zeven zijn er ook maar 30 observatiepunten voor een rekenlaag met een oppervlakte van ongeveer 4000 km en gemiddeld 80 m dik. 30 observatiepunten is te laag om representatief te zijn voor zo een grote aquifer.

Voor de andere rekenlagen zijn de karakteristieken goed gegeven de omvang en complexiteit van het grondwatermodel en gegeven de conceptuele vereenvoudigingen in dit grondwatermodel (bijvoorbeeld: er is per hydrogeologische laag één waarde voor de hydraulische conductiviteit gebruikt, terwijl in realiteit de hydraulische conductiviteit heterogeen is en spatiaal varieert).



Figuur 88: Scatterplot van de geobserveerde versus gesimuleerde stijghoogtes voor het Brulandkrijtsysteem grondwatermodel.



Figuur 89: Histogram van de residuals van het Brulandkrijtsysteem grondwatermodel.

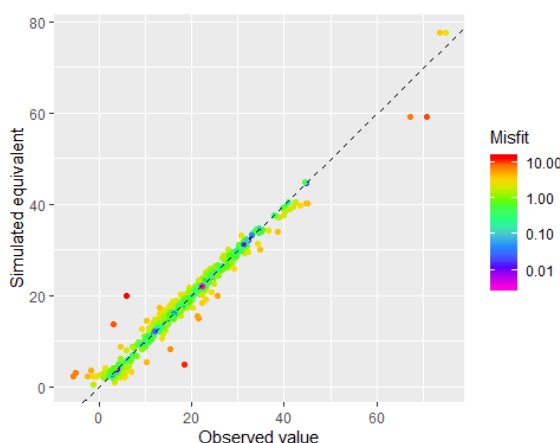
Tabel 12: Goodness-of-fit karakteristieken voor de afzonderlijke lagen van het Brulandkrijtsysteem grondwatermodel.

Rekenlaag	RMSE [m]	Pbias [%]	R^2 [-]	Aantal observaties
Rekenlaag 1	6.51	-4.1	0.96	2725
Rekenlaag 2	4.11	-2.4	0.93	20
Rekenlaag 3	7.98	-6.1	0.87	122
Rekenlaag 4	/	/	/	0
Rekenlaag 5	1.32	-2.5	1	39
Rekenlaag 6	18.22	-29.2	0.89	24
Rekenlaag 7	15.28	-17.1	0.69	30
Rekenlaag 8	9	2.9	0.89	126

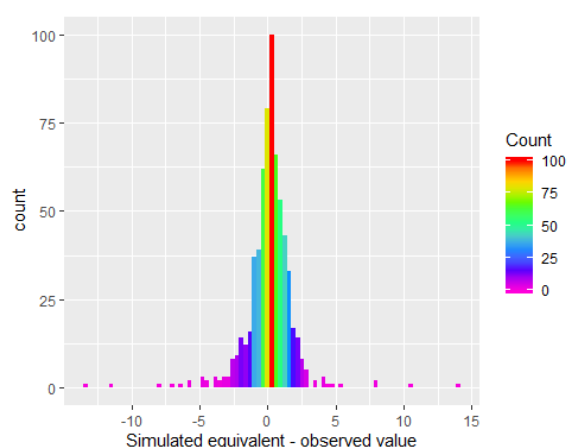
3.2.2.3.2 Het grondwatermodel van het Centraal Kempisch Systeem

De goodness-of-fit karakteristieken van het Centraal Kempisch Systeem grondwatermodel zijn te zien in Figuur 90 en Figuur 91. Het scatterplot toont dat de data dicht bij de bisector liggen en mooi willekeurig verdeeld zijn rond de bisector. Het histogram toont een Gaussische verdeling rond een gemiddelde dat dicht bij nul ligt. Voor het gehele model is de RMSE is 1.78, de pbias -0.9 en R^2 0.97. In het algemeen is dit een goede fit voor een model met deze omvang, complexiteit en gegeven de conceptuele vereenvoudigingen genomen voor dit model.

In Tabel 13 zijn de karakteristieken voor de afzonderlijke rekenlagen te zien: de waarden voor pbias, RMSE en R^2 zijn zeer goed voor elke laag. Voor rekenlaag 4 zijn er maar twee observaties dus hebben de goodness-of-fit karakteristieken weinig waarde.



Figuur 90: Scatterplot van de geobserveerde versus gesimuleerde stijghoogtes voor het Centraal Kempisch Systeem grondwatermodel.



Figuur 91: Histogram van de residuals van het Centraal Kempisch Systeem grondwatermodel.

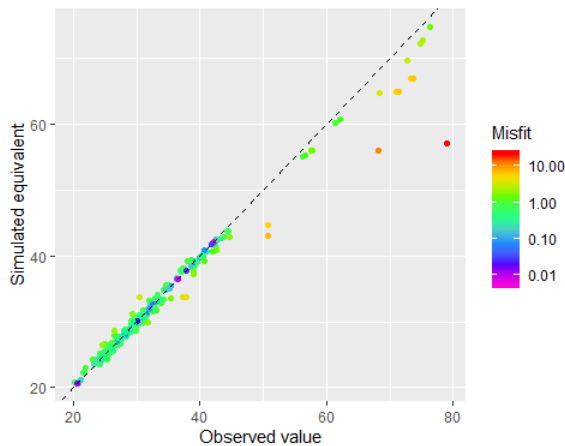
Tabel 13: Goodness-of-fit karakteristieken van de afzonderlijke rekenlagen van het Centraal Kempisch systeem grondwatermodel.

Rekenlaag	RMSE [m]	Pbias [%]	R^2 [-]	Aantal observaties
Rekenlaag 1	2.43	-0.5	0.96	222
Rekenlaag 2	1.42	1.5	0.95	134
Rekenlaag 3	1.19	1.8	0.99	120
Rekenlaag 4	/	/	/	2
Rekenlaag 5	1.35	1	0.99	172

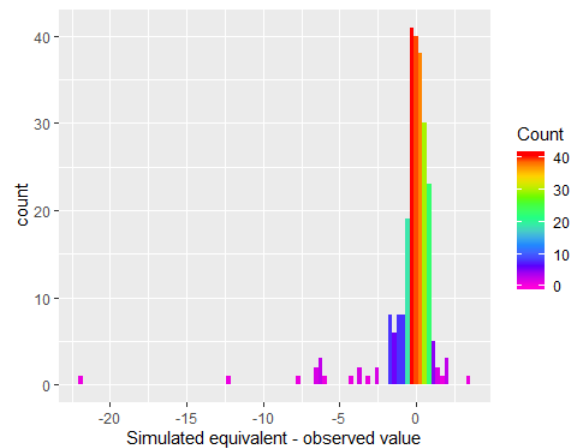
3.2.2.3.3 Het grondwatermodel van het Maassysteem

De goodness-of-fit karakteristieken van het Maassysteem grondwatermodel zijn te zien in Figuur 92 en Figuur 93. Het scatterplot toont dat de data dicht bij de bisector liggen en mooi willekeurig verdeeld zijn rond de bisector. Het histogram toont een Gaussische verdeling rond een gemiddelde dat dicht bij nul ligt, hoewel er enkele uitschieters zijn voor hoge geobserveerde waardes. De RMSE is 2.12, de pbias -1.1 en R^2 0.98. In het algemeen is dit een goede fit voor een model met deze omvang, complexiteit en gegeven de conceptuele vereenvoudigingen genomen voor dit model.

In Tabel 14 zijn de karakteristieken van de afzonderlijke lagen te raadplegen. Voor rekenlagen 3 en 5 zijn er geen observaties, voor rekenlagen 4, 7 en 8 zijn er te weinig observaties om representatieve goodness-of-fit karakteristieken te geven. De rest van de rekenlagen hebben een goede RMSE, pbias en R^2 .



Figuur 92: Scatterplot van de geobserveerde versus gesimuleerde stijghoogtes voor Maassysteem grondwatermodel.



Figuur 93: Histogram van de residuals van het Maassysteem grondwatermodel.

Tabel 14: Goodness-of-fit van de afzonderlijke rekenlagen van het Maassysteem grondwatermodel.

Rekenlaag	RMSE [m]	Pbias [%]	R ² [-]	Aantal observaties
Rekenlaag 1	1.09	-0.4	0.99	127
Rekenlaag 2	0.67	-0.1	0.99	52
Rekenlaag 3	/	/	/	0
Rekenlaag 4	1.18	1.4	0.92	16
Rekenlaag 5	/	/	/	0
Rekenlaag 6	4.92	-5	0.96	37
Rekenlaag 7	1.65	-1	0.85	6
Rekenlaag 8	0.93	-0.1	0.97	10

3.2.2.4 Scenario's van grondwatervoeding en grondwaterextracties

3.2.2.4.1 Methode

Met de aangepaste grondwatermodellen van het VMM werden 1131 scenario's opgelost waarbij de grondwatervoeding en de opgepompte hoeveelheden grondwater gevarieerd werden. Voor grondwatervoeding werd de originele grondwatervoeding gevarieerd tussen 30% en 170% met stappen van 5%. Voor de grondwaterextracties werden de aangepaste extractievolumes gevarieerd tussen 10% en 200% met stappen van 5%. Deze modellen houden geen rekening met mogelijke nieuwe extractielocaties omdat enkel de debieten op bestaande locaties aangepast werden. Deze aanpassingen in grondwatervoeding en extracties werden gedaan voor het Brulandkrijtsysteem, het Centraal Kempisch systeem en het Maassysteem. Het model convergeerde voor elk scenario. De oplossingen van deze modellen bestaan uit grondwaterstijghoogtes voor elke rekenlaag, voor elk scenario.

Om de algemene respons van een aquifersysteem te onderzoeken werd voor elk scenario de gemiddelde stijghoogte per rekenlaag berekend in mTAW. Voor het Maassysteem werd er een onderscheid gemaakt tussen de zone ten zuiden en de zone ten noorden van de Feldbiss-breukzone, omdat de rekenlagen hier uit andere hydrogeologische eenheden bestaan. Deze gegevens zijn beschikbaar in excel-bestanden, welke meegeleverd zijn. In Tabel 15 staat een opsomming en korte beschrijving van de beschikbare bestanden.

Tabel 15: Tabel met beschikbare bestanden voor scenario-analyse van het grondwater.

Grondwatersysteem	Excelbestand	Aquifersysteem / aquitard
Brulandkrijt	BLKS_RL1_mask	Pleistocene rivierafzettingen en Quartaire Maas- en Rijnafzettingen
	BLKS_RL2	Boom aquitard
	BLKS_RL3	Oligoceen aquifersysteem
	BLKS_RL4	Bartoon aquitard
	BLKS_RL5	Ledo-Paniseliaan-Brusseliaan aquifer
	BLKS_RL6	Paniseliaan aquitard, Ieperiaan aquifer, Ieperiaan aquitard
	BLKS_RL7	Landeniaan aquifersysteem (Paleoceen)
	BLKS_RL8	Krijt aquifersysteem
Centraal Kempisch Systeem	CKS_RL1	Quartaire aquifersystemen
	CKS_RL2	Klei-zand complex van de kempen
	CKS_RL3	Pleistoceen en plioceen aquifer
	CKS_RL4	Pliocene kleiige laag
	CKS_RL5	Mioceen aquifersysteem
Maassysteem, ten noorden van van de Feldbiss breukzone	MS_N_RL1	Quartaire aquifersystemen
	MS_N_RL2	Zandige eenheid boven de Brunssum I-klei
	MS_N_RL3	Brunssum I-klei (aquitard)
	MS_N_RL4	Zand van Pey
	MS_N_RL5	Brunssum II-klei (aquitard)
	MS_N_RL6	Zand van Waubach
	MS_N_RL7	Pleistoceen en plioceen aquifersysteem
	MS_N_RL8	Mioceen aquifersysteem
Maassysteem, ten zuiden van van de Feldbiss breukzone	MS_Z_RL1	Quartaire aquifersystemen
	MS_Z_RL2	Pleistoceen en plioceen aquifer
	MS_Z_RL3	
	MS_Z_RL4	
	MS_Z_RL5	Pliocene kleiige laag
	MS_Z_RL6	Mioceen aquifersysteem
	MS_Z_RL7	

Om de resultaten te visualiseren werd de afwijking van de gemiddelde stijghoogte ten opzichte van het originele scenario (vóór klimaatsverandering en met grondwaterextracties van 2016-2017) berekend voor alle scenario's en deze gemiddeldes werden geplot op %recharge-%grondwaterextractie plots. Dit werd gedaan voor alle aquifersystemen in het Brulandkrijtsysteem, Centraal Kempisch systeem en Maassysteem. Deze figuren worden besproken in de volgende paragrafen.

3.2.2.4.2 Resultaten

3.2.2.4.2.1 *Invloed van grondwatervoeding en grondwaterextracties op de gemiddelde langetermijns-grondwaterstand*

De resultaten van de scenarioanalyse voor het Brulandkrijtsysteem zijn samengevat in Figuur 94, die voor het Centraal Kempisch systeem in Figuur 95 en die voor het Maassysteem in Figuur 96 en Figuur 97. In deze figuren is voor elk van de aquifersystemen de gemiddelde afwijking in stijghoogte te zien ten opzichte van de originele situatie, voor een bepaalde fractie van de originele grondwatervoeding en een bepaalde fractie van de huidige grondwaterextracties. Deze figuren bevatten data voor de hele aquifers en niet alleen voor de aquifers die in de ondergrond van Limburg zitten. Dit omdat het fysisch meer betekenis heeft om voor de gehele aquifers te rapporteren: de grondwaterstroming stopt niet aan de grens van Limburg. Een tweede reden waarom dit gedaan is, is omdat de invoer (grondwatervoeding en grondwaterextracties) ook telkens voor het gehele model aangepast werd. Onderaan de figuren zijn de grondwaterextracties weergegeven voor het gehele model, wat belangrijk is om de figuren te interpreteren: procentuele veranderingen in extracties komen overeen met volumeveranderingen die enkele grootteorders kunnen verschillen tussen verschillende lagen. Ten slotte is het belangrijk om in het achterhoofd te houden dat de figuren gemiddeld verwachte langetermijnsveranderingen weergeven, en niet de verandering in een grondwatersysteem voor een (korte) droge periode.

De lijnen op de figuren zijn lijnen die een gelijke toename (positieve getallen) of afname (negatieve getallen) in de gemiddelde grondwaterstand voorstellen. De rode lijn betekent dat er geen verandering in gemiddelde grondwaterstand is. In het algemeen is de trend logisch: minder grondwatervoeding geeft lagere grondwaterstanden en meer extracties geven lagere grondwaterstanden.

De spatiëring van de lijnen toont de langetermijnsgevoeligheid van een grondwaterlaag: hoe groot de verandering in grondwaterstijghoogte is voor bepaalde condities. Aquifers waarbij de lijnen dicht bij elkaar liggen zullen een grotere verandering in grondwaterstand kennen dan aquifers waarbij de lijnen verder uit elkaar liggen.

De helling van de lijnen toont in welke mate de gemiddelde grondwaterstand afhankelijk is van de grondwatervoeding ten opzichte van de extracties. Des te horizontaler de lijnen, des te groter een procentuele verandering in grondwatervoeding invloed heeft ten opzichte van diezelfde procentuele verandering in grondwaterextracties.

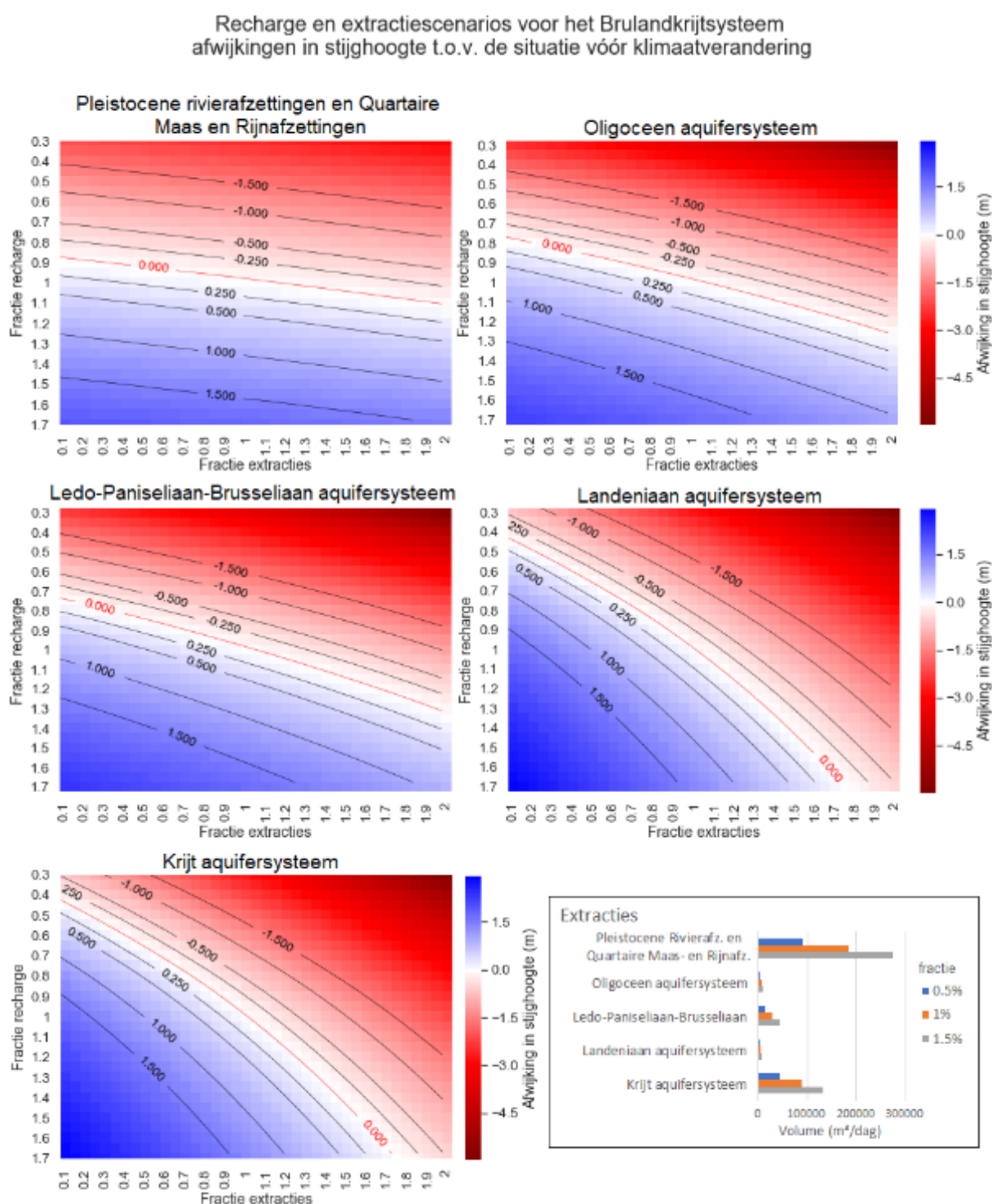
In de modellen zijn de bovenste lagen in hydrologisch contact met rivieren. Er zijn geen grondwatermodellen opgelost voor verschillende scenario's van waterhoogtes in de rivieren. Daarom geven de figuren enkel scenario's weer van grondwatervoeding door de bodem, niet scenario's waar de rivieren meer of minder afvoer hebben.

Voor het Brulandkrijtsysteem (Figuur 94) is er te zien dat voor de Pleistocene rivierafzettingen en Quartaire Maas- en Rijnafzettingen de gemiddelde grondwatertafel voornamelijk gevoelig is aan veranderingen in grondwatervoeding. De Oligocene aquifer en Ledo-Paniseliaan-Brusseliaan aquifer zijn gevoeliger voor veranderingen in grondwatervoeding dan in veranderingen in grondwaterextracties. Ook wordt de gemiddelde grondwaterstand in de Landeniaan aquifer en de Krijt aquifer ongeveer evenveel beïnvloedt door een procentuele verandering in grondwatervoeding als eenzelfde procentuele verandering in grondwaterextracties. Dit heeft te maken met het volume directe grondwatervoeding ten opzichte van het volume aan extracties, en dus ook de diepte en het freatisch/gespannen karakter van de laag. Met andere woorden: freatische lagen zijn direct afhankelijk van grondwatervoeding en het volume grondwatervoeding is er veel groter dan het volume extracties. Diepere lagen worden indirect gevoed: ze zijn voor hun voeding vooral afhankelijk van de bovenliggende lagen.

De lijnen van gelijke veranderingen op Figuur 94 tonen dat bovenste aquifers minder gevoelig zijn aan procentuele veranderingen in grondwatervoeding en extracties dan de diepere (en gespannen) aquifers: de lijnen liggen verder uit elkaar bij de ondiepe lagen dan bij de diepere (gespannen) aquifers.

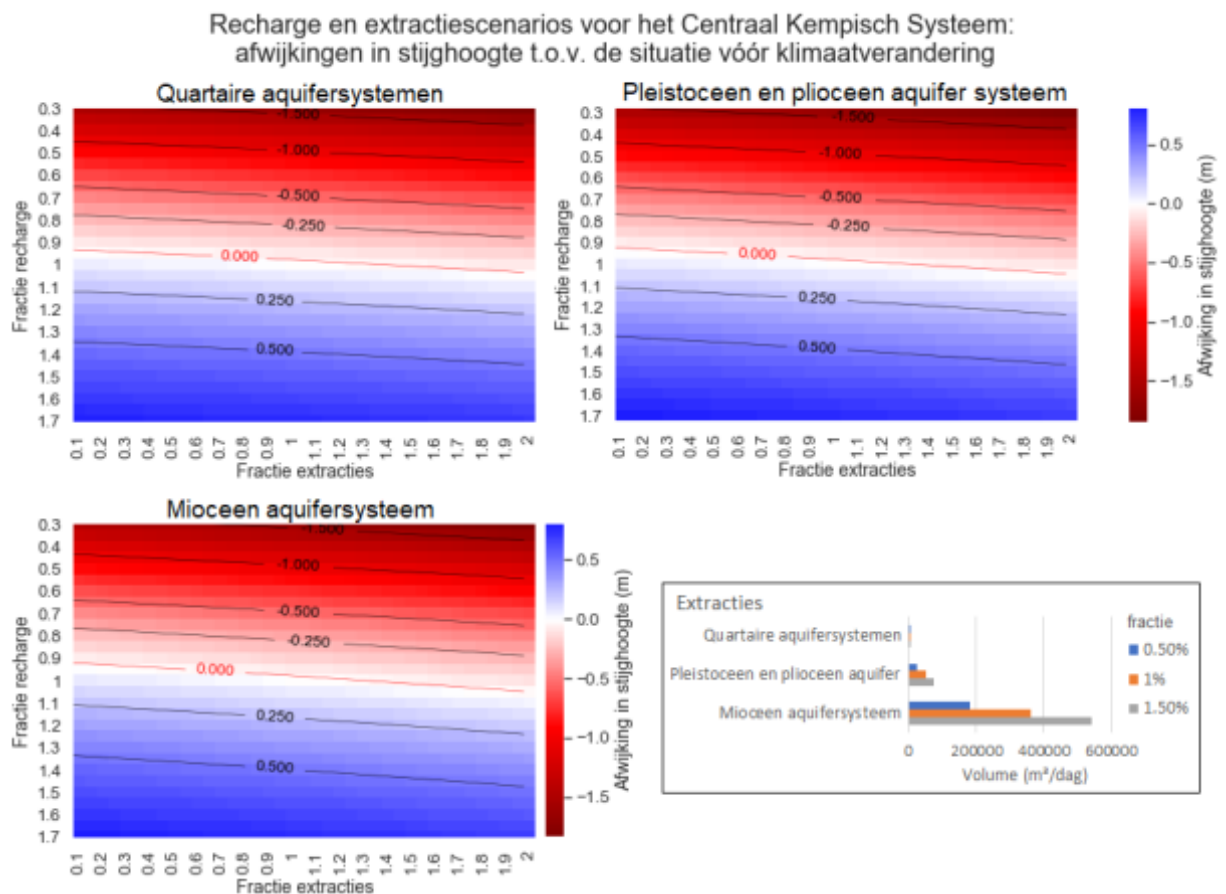
Deze trends tonen dat we in een beperkte mate voor bepaalde aquifers het effect van een lagere grondwatervoeding kunnen tegengaan door de extracties met een bepaalde fractie te verlagen. Voor de Krijt aquifer en Landeniaan aquifer zal een systematische verlaging van extracties een groter effect op het behoud van de stijghoogte hebben dan voor bijvoorbeeld het Oligoceen. Hier moet ook weer benadrukt worden dat dit langetermijneffecten zijn: het gaat over een verlaging in grondwatervoeding en extracties over honderden jaren, niet over een crisismaatregel die voor een korte periode toegepast wordt. Het beantwoorden van vragen

als: 'Welke invloed heeft het kortstondig verminderen van extracties in een droge periode?' en 'Hoe snel reageert een aquifer als we er niet uit oppompen?' kunnen we met de huidige modellen niet beantwoorden omdat deze stationair zijn.



Figuur 94: Recharge en extractiescenario's voor aquifersystemen van Brulandkrijtstelsysteem: gemiddelde afwijkingen in stijghoogte per aquifersysteem t.o.v. de situatie vóór klimaatverandering en met huidige (2016-2017) grondwaterextracties. Negatieve waarden geven een daling in de evenwichtsstijghoogte weer, positieve waarden een stijging.

De resultaten van de scenarioanalyse voor het Centraal Kempisch systeem zijn samengevat in Figuur 95. Ook hier is dezelfde trend met diepte te zien: diepere aquifers zijn gevoeliger aan veranderingen in grondwaterextracties dan ondiepe aquifers. De lijnen van gelijke verandering in grondwatertafel is gelijkaardig voor de drie aquifers van het Centraal Kempisch Systeem. In vergelijking met het Brulandkrijtsysteem, is het Centraal Kempisch systeem veel gevoeliger aan procentuele veranderingen in grondwatervoeding dan aan veranderingen in grondwaterextracties. Dit is te zien aan de lijnen in Figuur 95, welke meer horizontaal zijn dan die van het Brulandkrijtsysteem (Figuur 94). Dit wil zeggen dat volgens het Centraal Kempisch Systeem grondwatermodel, een procentuele verandering in voeding moeilijker gecompenseerd zou kunnen worden door een verlaging in extracties.



Figuur 95: Recharge en extractiescenario's voor aquifersystemen van het Centraal Kempisch systeem: gemiddelde afwijkingen in stijghoogte per aquifersysteem t.o.v. de situatie vóór klimaatverandering en met huidige (2016-2017) grondwaterextracties. Negatieve waarden geven een daling in de evenwichtsstijghoogte weer, positieve waarden een stijging.

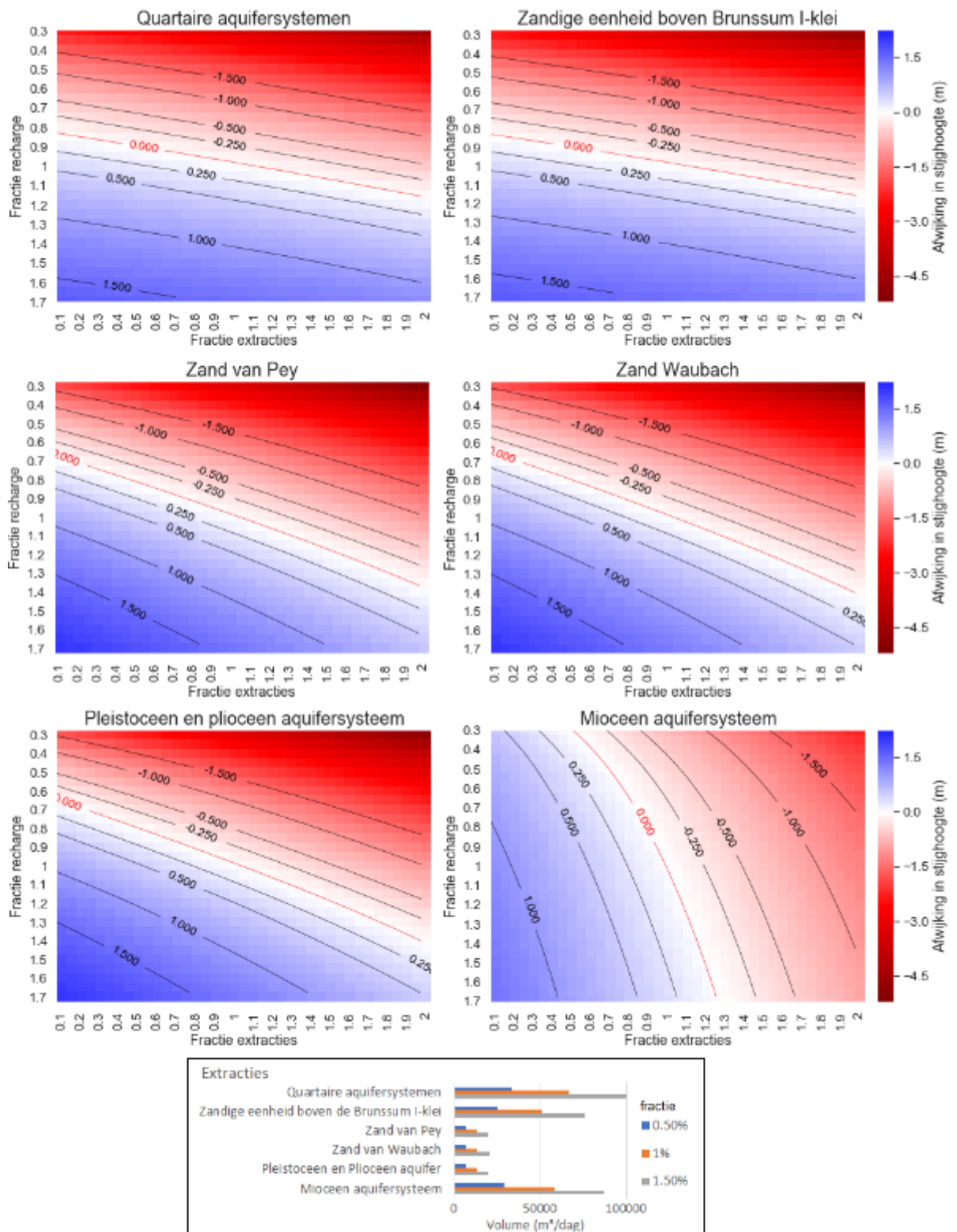
De resultaten voor het Maassysteem zijn te zien in Figuur 96 voor het deel ten noorden van de Feldbiss breukzone en in Figuur 97 voor het deel ten zuiden van de Feldbiss breukzone. Ook hier is de algemene trend met diepte te zien: diepe aquifers zijn gevoeliger aan veranderingen in extracties dan ondiepe aquifers.

De resultaten van het deel ten zuiden van de Feldbiss breukzone (Figuur 97) is representatief voor het deel in de provincie Limburg. Voor de drie aquifersystemen van dit deel van het Maassysteem blijkt de gevoeligheid aan grondwatervoeding en extracties kleiner dan de gevoeligheid van de aquifersystemen van het Brulandkrijtsysteem en van het Centraal Kempisch systeem (de lijnen van gelijke stijghoogteveranderingen liggen voor de aquifers van het Maassysteem verder uit elkaar).

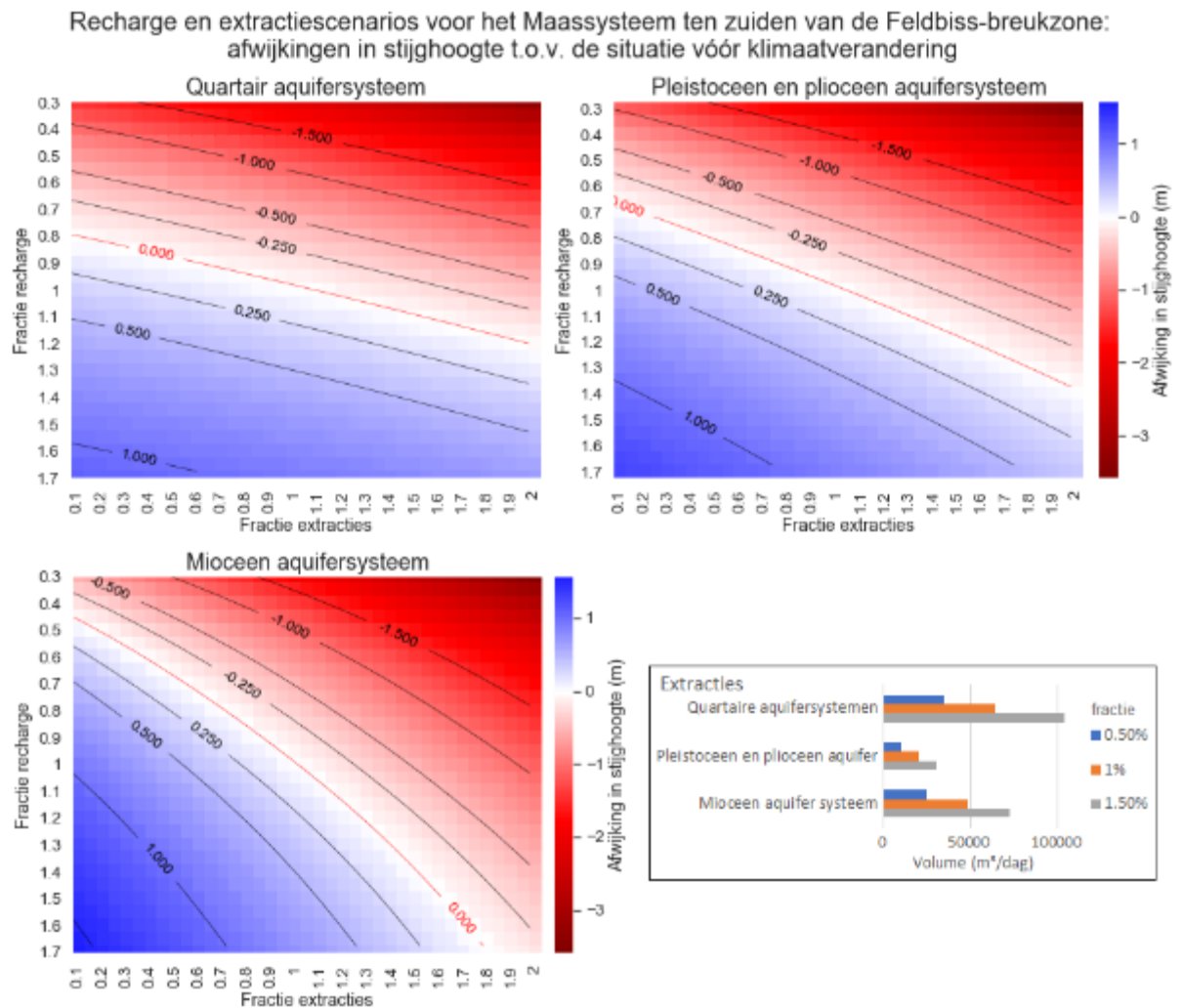
De bovenste aquifer, het Quartair aquifersysteem, is gevoeliger aan veranderingen in extracties dan aan veranderingen in grondwatervoeding in vergelijking met de bovenste lagen van het Centraal Kempisch systeem en het Brulandkrijtsysteem.

Het Mioceen aquifersysteem van het Maassysteem heeft een gelijkaardige gevoeligheid aan grondwatervoeding in ten opzichte van de gevoeligheid aan grondwaterextracties in vergelijking met de Krijt aquifer van het Brulandkrijtsysteem (gelijkaardige helling van de lijnen).

Recharge en extractiescenario's voor het Maassysteem ten noorden van de Feldbiss-breukzone:
afwijkingen in stijghoogte t.o.v. de situatie vóór klimaatverandering



Figuur 96: Recharge en extractiescenario's voor aquifersystemen van het Maassysteem ten noorden van de Feldbiss breukzone: gemiddelde afwijkingen in stijghoogte per aquifersysteem t.o.v. de situatie vóór klimaatverandering en met huidige (2016-2017) grondwaterextracties. Negatieve waarden geven een daling in de evenwichtsstijghoogte weer, positieve waarden een stijging.

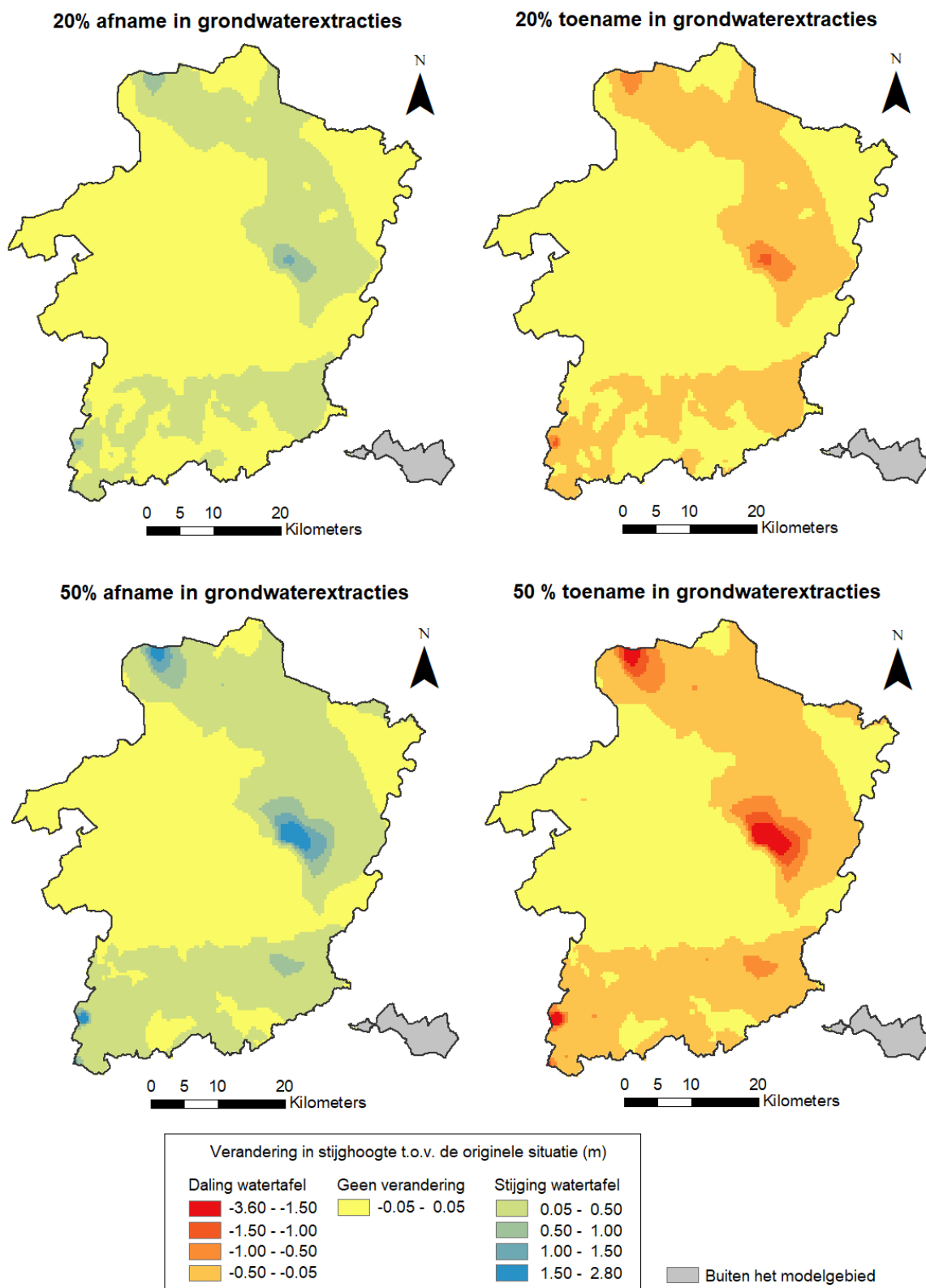


Figuur 97: Recharge en extractiescenario's voor aquifersystemen van het Maassysteem ten zuiden van de Feldbiss breukzone: gemiddelde afwijkingen in stijghoogte per aquifersysteem, t.o.v. de situatie vóór klimaatverandering en met huidige (2016-2017) grondwaterextracties. Negatieve waarden geven een daling in de evenwichtsstijghoogte weer, positieve waarden een stijging.

3.2.2.4.2.2 Ruimtelijke verschillen van het ondiep, freatisch grondwater in reactie op grondwaterextracties en grondwatervoeding

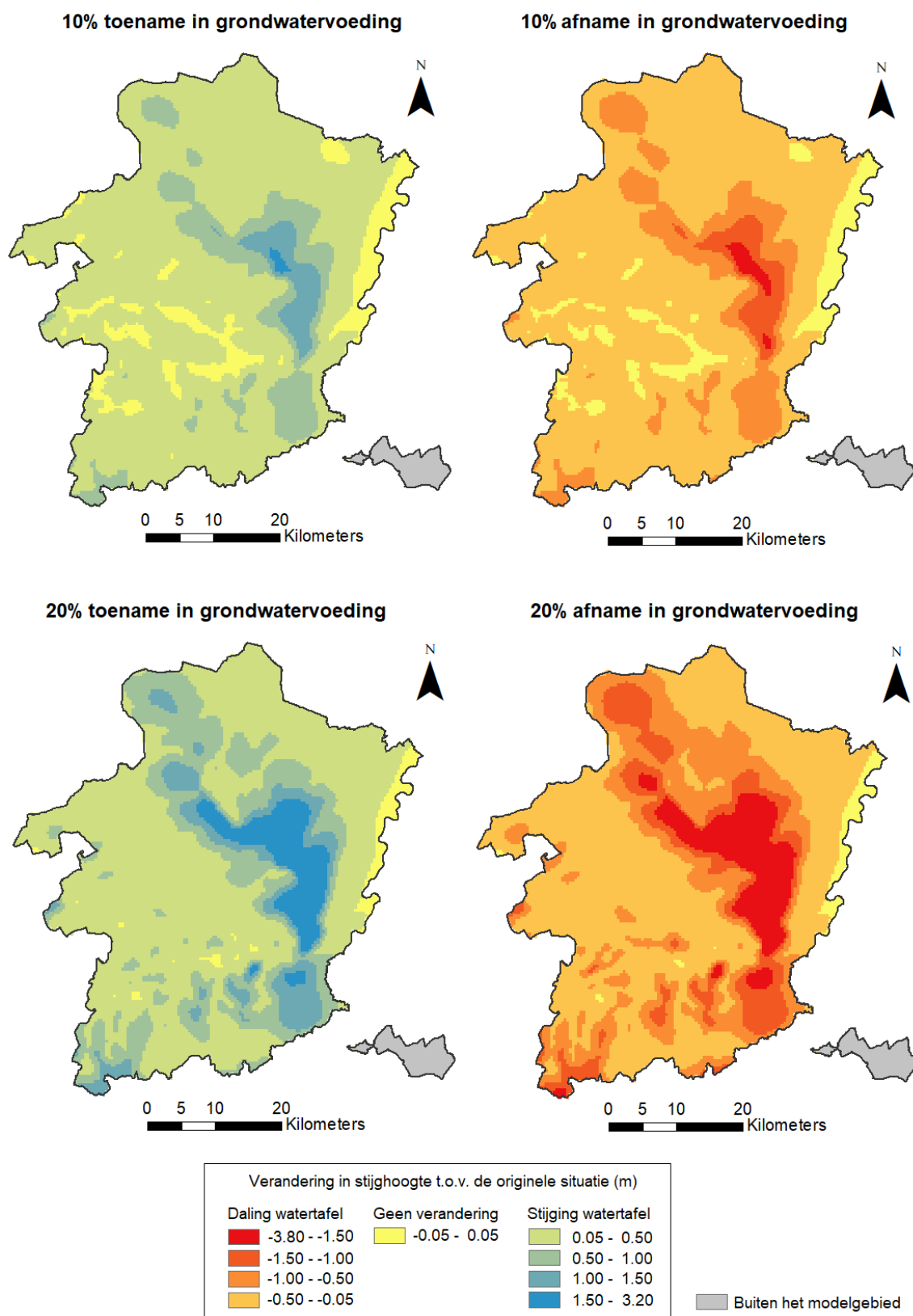
De trends voor de gemiddelde stijghoogtes zijn besproken in de vorige sectie. In deze sectie wordt er gekeken naar de ruimtelijke verschillen in de stand van het freatisch grondwater. In Figuur 98 zijn de scenario's van 20% en 50% toename en afname in grondwaterextracties afgebeeld en in Figuur 99 de scenario's van 10% en 20% toename en afname in grondwatervoeding. Een procentuele afname in extracties heeft een kleinere invloed dan diezelfde procentuele afname in grondwatervoeding. De ruimtelijke patronen zijn zoals verwacht: de grootste impact is te zien in de hoger gelegen gebieden van Limburg (Zuid-Limburg en het Kempisch Plateau). Bijvoorbeeld: op het Kempisch plateau wordt er bij een toename van 50% in extracties op lange termijn een daling van tot wel 3.6 m verwacht in de watertafel.

Ruimtelijk patroon van verandering in de freatische grondwatertafel bij toename of afname van grondwaterextracties



Figuur 98: Ruimtelijk patroon in het freatisch grondwater bij een procentuele verandering in grondwaterextracties. Links worden de resultaten voor een afname in extracties afgebeeld en rechts voor een toename in extracties.

Ruimtelijk patroon van verandering in de freatische grondwatertafel bij toename of afname van grondwatervoeding

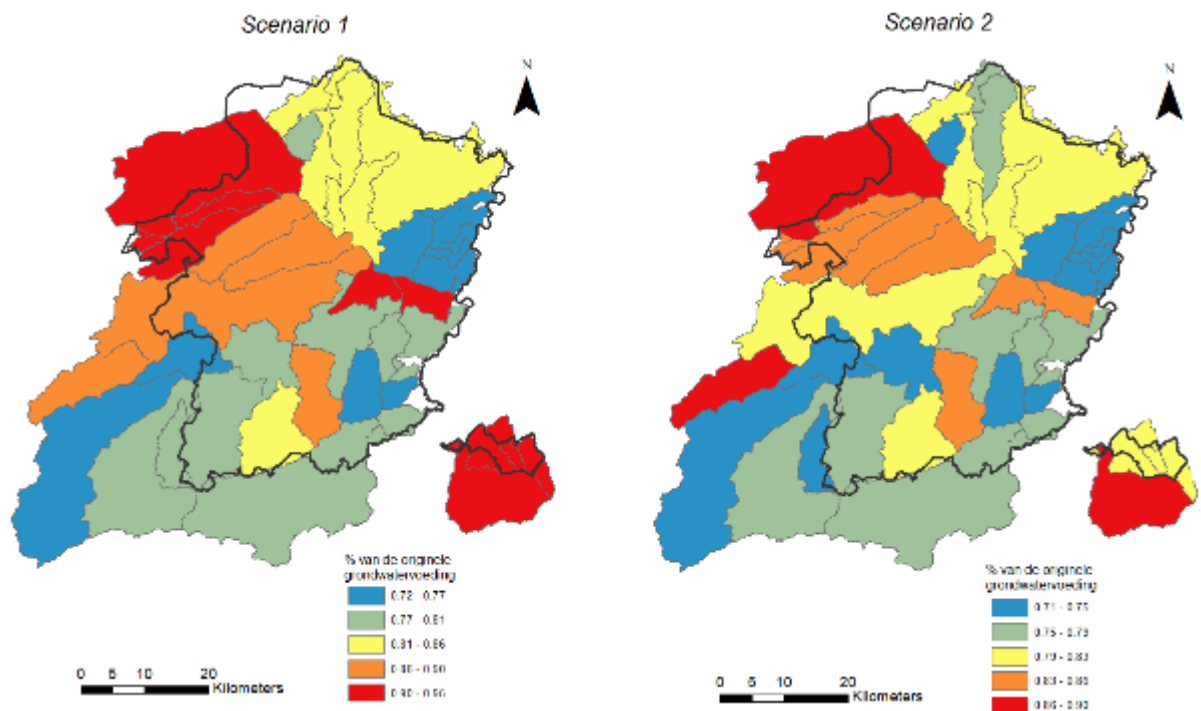


Figuur 99: Ruimtelijk patroon in het freatisch grondwater bij een procentuele verandering in grondwatervoeding. Links worden de resultaten voor een toename in grondwatervoeding afgebeeld en rechts voor een afname in extracties.

3.2.2.5 Klimaatprojecties

3.2.2.5.1 Methode

Het PDM model beschreven in deel 3.2.1 is gebruikt om klimaatprojecties te doen zoals beschreven in deel 2.1.4. Deze modellen hebben ook output voor de grondwatervoeding per deelstroomgebied. De procentuele veranderingen ten opzichte van de situatie vóór klimaatsverandering zijn gebruikt om de grondwatervoeding in de grondwatermodellen aan te passen. Deze procentuele veranderingen zijn afgebeeld in Figuur 100 voor scenario 1 (middenscenario, RCP 4.5) en scenario 2 (hoge impactscenario, RCP 8.5). Voor de cellen van de grondwatermodellen waarvoor het PDM model niet beschikbaar is, is een gewogen gemiddelde verandering berekend op basis van de dichtstbijzijnde deelstroomgebieden. De originele grondwatervoeding is met deze procentuele veranderingen aangepast en die grondwatervoedingsscenario's zijn in de grondwatermodellen gevoegd. De extracties werden niet verder aangepast.

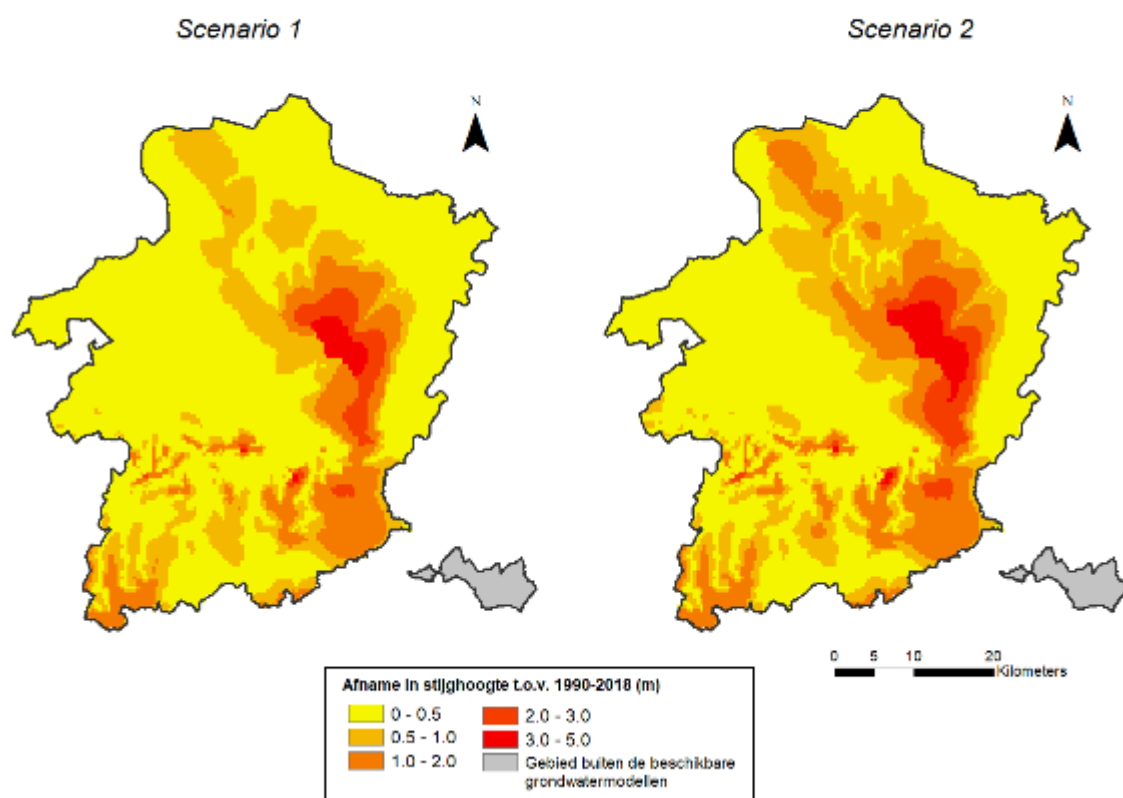


Figuur 100: Gesimuleerde grondwatervoeding onder de twee klimaatscenario's: percentage van de huidige grondwatervoeding (de langetermijnsgrondwatervoeding uit WETSPASS).

3.2.2.5.2 Resultaten

De resultaten voor de verandering in het freatische grondwater onder de twee klimaatscenario's zijn te zien in Figuur 101. Deze figuur toont dat de grondwatertafel het meeste daalt in de hoger gelegen gebieden (Zuid-Limburg en het Kempisch Plateau).

Klimaatsscenario's: gesimuleerde verschillen in stijghoogte van het freatisch grondwater t.o.v. het huidig klimaat



Figuur 101: Resultaten voor het freatische grondwater voor de twee klimaatscenario's. De afname in stijghoogte wordt weergegeven.

3.2.3 Conclusies en aanbevelingen

De resultaten van de peilmetingen en van de grondwatervoedings- en extractiescenario's van de grondwatermodellen kunnen samengevat worden in enkele punten:

- In het najaar van 2019 was de toestand vergelijkbaar met het najaar van 2018: in het algemeen zijn de grondwaterstanden hetzelfde. Op sommige plaatsen is de stand iets hoger, op andere plaatsen zoals locaties op het Kempisch Plateau en in Zuid-Limburg is het grondwater nog verder gedaald. Het grondwater is nog niet hersteld van de droge zomer van 2018 en 2019.
- Omdat het totale volume aan grondwatervoeding een grootteorde hoger is dan de extracties, is het logisch dat aquifers in het algemeen gevoeliger of even gevoelig voor **procentuele** veranderingen in grondwatervoeding dan voor veranderingen in extracties op lange termijn.
- Diepere (gespannen) aquifers zijn gevoeliger aan procentuele veranderingen in grondwaterextracties ten opzichte van procentuele veranderingen in grondwatervoeding dan ondiepere lagen. Dit heeft tot gevolg dat:
 1. een bepaalde verandering in grondwatervoeding op lange termijn gedeeltelijk gecompenseerd kan worden door een verlaging in extracties, en dat dit voor de diepere (gespannen) lagen effectiever is dan voor de ondiepe lagen.
 2. inzetten op het verhogen van infiltratie ook en vooral voor de diepere lagen een positieve invloed heeft op lange termijn.
- De aquifers van het Brulandkrijtstelsel zijn het gevoeligste aan veranderingen in grondwaterextracties en grondwatervoeding, gevolgd door de aquifers van het Centraal Kempisch stelsel en de aquifers van het Maassysteem.
- De grootste impacten van veranderingen in extracties en grondwatervoeding in de modellen op het freatische grondwater zijn voorspeld in de hoger gelegen gebieden van Limburg (gebieden op het Kempisch plateau in Zuid-Limburg). Dit komt overeen met observaties van grondwaterpeilen: voor Zuid-Limburg en het Kempisch plateau werden de grootste dalingen in grondwaterstanden gemeten tijdens de droge zomer van 2018.
- De interacties tussen grondwaterlichamen en rivieren is als een constante beschouwd in deze analyse: de reactie van het Maassysteem op een verlaging van het waterpeil in de Maas is tot nu toe niet in beschouwing genomen.
- De resultaten van de stationaire grondwatermodellen kunnen gebruikt worden om beslissingen voor lange termijn doelen te bepalen in verband met gemiddelde grondwaterextracties en in verband met het inzetten op infiltratie ter bevordering van grondwatervoeding.
- Vragen over de reactiesnelheid van aquifers op veranderingen in grondwatervoeding en extracties en vragen over maatregelen voor een bepaalde periode kunnen niet beantwoord worden met de huidige grondwatermodellen omdat dit stationaire modellen zijn.

Aanbevelingen naar datacollectie en modelontwikkeling zijn:

- Door het gebrek aan voldoende recente stijghoogtes in Centraal- en Zuid-Limburg in Databank Ondergrond Vlaanderen is de kennis over de recente droge zomers van 2018 en 2019 daar beperkt. Het primair meetnet (meetnet 1) wordt frequent geüpdatet maar heeft weinig putten in Centraal en Zuid-Limburg. Het freatisch meetnet van de Vlaamse Milieumaatschappij (meetnet 8) is goed dekkend voor heel Limburg, maar wordt niet frequent geüpdatet. Het frequenter updaten van stijghoogtedata van meetnet 8 zou het monitoren van het freatisch grondwater verbeteren, vooral voor Centraal- en Zuid-Limburg.
- De huidige grondwatermodellen berekenen enkel langetermijnsevenwichten van de grondwaterstand. Er zijn transiënte grondwatermodellen nodig om vragen te kunnen beantwoorden zoals: 'Kunnen we in droge zomers tijdelijk extra grondwater oppompen, en in welke mate zonder de volgende zomer en op lange termijn in de problemen te komen?'; 'Heeft het nut om zuiniger te zijn in de winter en het voorjaar zodat we in droge zomers niet in de problemen komen?'; 'Gaan we door klimaatverandering te maken krijgen met een grotere amplitude in de grondwaterspiegel (extremere

grondwaterstanden)?'. Tot heden bestaan er enkel stationaire grondwatermodellen voor de grondwatersystemen, maar in functie van grondwaterwaterbeleid in de toekomst zou het goed zijn te investeren in het ontwikkelen van transiënte grondwatermodellen.

3.3 Oppervlaktewater

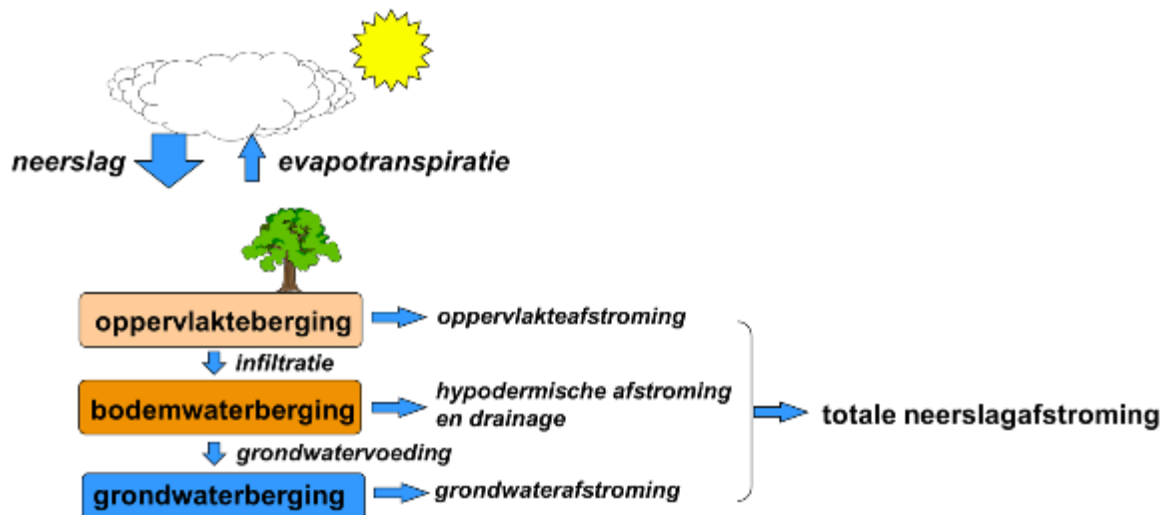
Het aanbod aan oppervlaktewater in de provincie Limburg werd gekwantificeerd op basis van de beschikbare debietmeetreeksen en hydrologische modellen. Hierbij wordt een opdeling gemaakt tussen bevaarbare (voornamelijk de kanalen) en niet-bevaarbare waterlopen: naast een verschil in waterloopbeheerder verschilt ook het gedrag van deze waterlopen. De onbevaarbare waterlopen kunnen in periodes van droogte en laagwater goed beschreven worden door de hydrologische modellen. Het aanbod oppervlaktewater in de bevaarbare waterlopen daarentegen wordt bijna volledig bepaald door antropogene factoren, zoals de frequentie en grootte van schuttingsen aan sluizen, het al dan niet inschakelen van pompsystemen om verliezen te beperken of voor energieopwekking, enz. In figuur 1 hieronder wordt een overzicht gegeven van de verschillende waterlopen binnen en buiten de provincie die een impact kunnen hebben op de waterbalans van Limburg.

3.3.1 Niet bevaarbare waterlopen

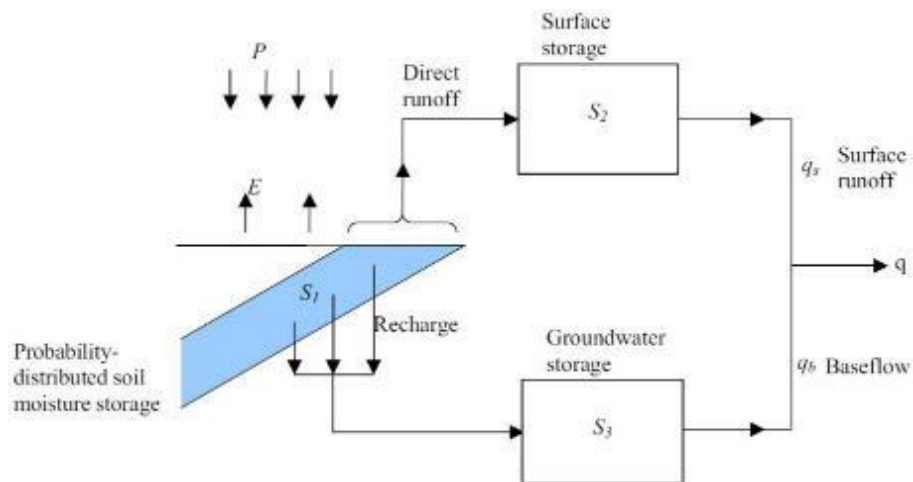
3.3.1.1 Hydrologische modellering deelstroomgebieden

Voor de verschillende bemeten deelstroomgebieden die deels op grondgebied van de Provincie Limburg liggen of bijdragen aan de oppervlaktewater-beschikbaarheid in de Provincie, werd een hydrologisch model opgebouwd en gekalibreerd aan de beschikbare debietmeetreeksen. Hiervoor werd gebruik gemaakt van het PDM-neerslagafvoermodel (Moore, 1985, 2007). Dit model is een conceptueel neerslagafvoermodel dat de voornaamste hydrologische processen beschrijft die een rol spelen in de neerslagafstroming van een stroomgebied. Deze processen staan schematisch weergegeven in Figuur 102. Het model simuleert de neerslagafstromingsdebieten van een stroomgebied op basis van neerslag en potentiële evapotranspiratie als invoer. Zowel de snelle deelstroom (oppervlakkige en hypodermische neerslagafstroming) als de trage deelstroom (basisafvoer, d.i. freatische grondwaterafstroming) worden beschouwd. Er wordt rekening gehouden met verdamping, infiltratie en percolatie naar het grondwater (freatische grondwatervoeding), de bodemvochtbalans, de berging van oppervlaktewater aan de oppervlakte en in de onverzadigde zone, als in het grondwater.

Het PDM-model is één van de conceptuele neerslagafvoermodellen die frequent gebruikt worden in Vlaanderen, o.a. door VMM (het is geïntegreerd in de InfoWorks RS en ICM software). De modelstructuur en de voornaamste hydrologische modelprocessen van PDM staan schematisch weergegeven in Figuur 103. De oppervlakkige en hypodermische neerslagafstroming worden hierbij samen gemodelleerd via de snelle deelstroom ("surface runoff" in Figuur 103). Wat in Figuur 103 aangeduid staat als de "recharge" is de grondwatervoeding en de "baseflow" de freatische grondwaterafstroming naar de waterlopen. Het PDM-modelconcept houdt rekening met de ruimtelijk verdeelde bodemwaterbergingscapaciteit maar het model simuleert finaal de gebiedsgemiddelde neerslagafstromingsdebieten, die weliswaar ruimtelijk verdeeld kunnen worden. KU Leuven heeft trouwens recent een innovatieve aanpak ontwikkeld, waarbij een ruimtelijk verdeeld PDM-model kan worden opgesteld, door het initieel gekalibreerd ruimtelijk gebiedsgemiddeld model ruimtelijk te disaggregeren (Tran et al., 2018). De koppeling met het grondwatermodel gebeurt door de gesimuleerde "recharge" zoals aangeduid in Figuur 103 te gebruiken als invoer voor het grondwatermodel. De PDM-neerslagafvoermodellen zijn voor deze opdracht opgebouwd voor een dagtijdstap. Voor analyses van laagwaterdebieten en waterbeschikbaarheid volstaat zulke tijdstap.



Figuur 102: Schematische voorstelling van de voornaamste hydrologische processen beschouwd in een conceptueel neerslagafvoermodel.



Figuur 103: Modelstructuur van het PDM-neerslagafvoermodel.

Het PDM-model werd voor elk van de 15 bemeten deelstroomgebieden, zoals aangeduid in Figuur 40 en opgelijst in Tabel 5, gekalibreerd aan de afwaarts beschikbare debietmeetreeksen. Samen bestrijken deze 15 deelstroomgebieden een groot deel van het grondgebied van de Provincie Limburg (zie Figuur 40).

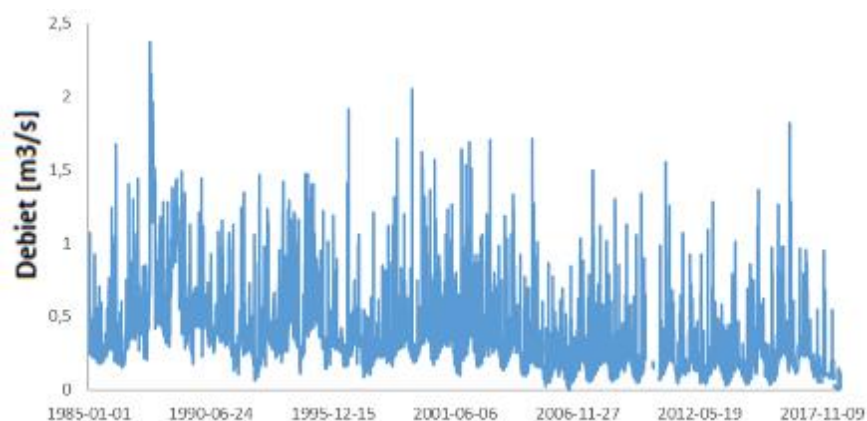
De meetgegevens van neerslag, potentiële evapotranspiratie en waterloopdebieten zijn afkomstig van de portaalsite Waterinfo.be, aangevuld met gegevens verkregen van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI). De KNMI-neerslagstations te Ell en Maastricht zijn immers dicht bij de provinciegrens gelegen en dus zeer bruikbaar voor deze studie. Zowel de neerslaggegevens als de gegevens van potentiële evapotranspiratie werden ruimtelijk geïnterpoleerd op basis van de Thiessen-polygoonmethode. Er werd rekening gehouden met de ontbrekende gegevens. De potentiële evapotranspiratiegegevens werden voor elk station getransformeerd naar waarden die consistent zijn met de gegevens op basis van de methode Bultot van het KMI. Figuur 104 geeft een overzicht van de voorlopig gebruikte neerslagstations.



Figuur 104. Neerslagstations gebruikt voor de hydrologische modelkalibratie.

De modellen werden gekalibreerd volgens de methode beschreven in Willems et al. (2013, 2014) en Vansteenkiste et al. (2014). Na kalibratie en validatie, gebeurde de modelsimulatie voor de volledige periode met beschikbare meetgegevens. Het doel hierbij was om hydrologische modelsimulatie resultaten te bekomen voor minstens de periode 1990-2018 (of langer indien zowel voor neerslag, potentiële evapotranspiratie als debiet langere meetreeksen beschikbaar zijn).

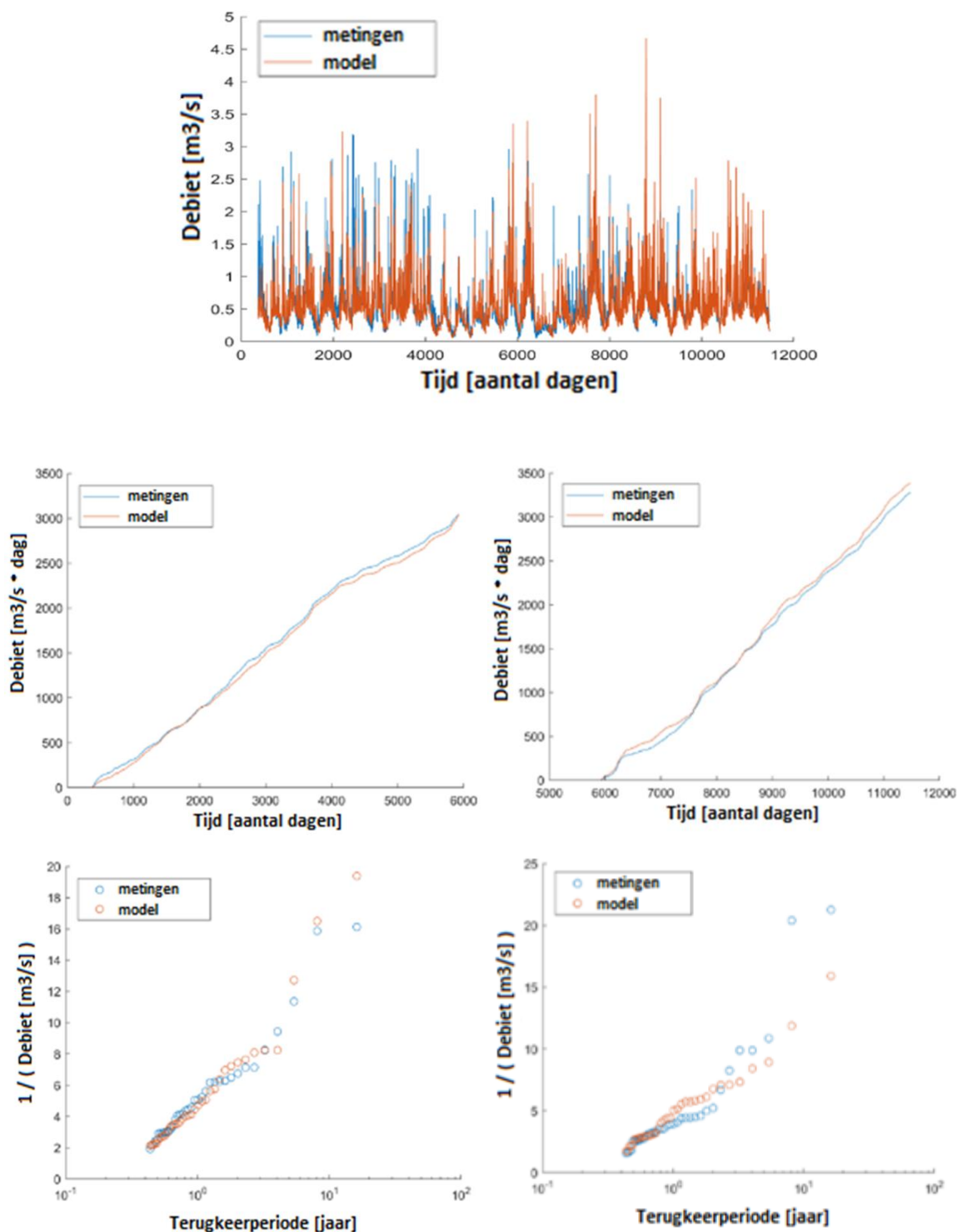
Voor sommige debietmeetlocaties werden trends waargenomen, zoals voor de Bosbeek te Opoeteren (L11_518), zie Figuur 105. De debieten, ook de laagwaterdebieten, blijken er voor de periode 1985-2004 systematisch hoger dan in de periode erna. De reden hiervoor wordt later onderzocht. Voorlopig werd het hydrologisch model in zulke gevallen gekalibreerd aan de meest recente jaren (in dit geval na 2005).



Figuur 105: Debietmeetreeks te Opoeteren/Bosbeek (L11_518).

Modelevaluaties gebeurden op basis van de tijdreeksen, statistische objectiefficienties (Nash-Sutcliffe efficiency op totale neerslagafvoerdebieten, Nash-Sutcliffe efficiency op de laagwaterdebieten, relatieve fout op het totale neerslagafvoervolume) en specifieke analyses die belangrijk zijn voor deze opdracht: de cumulatieve debietvolumes en de hydrologische extremen (piekafvoeren en laagwaterdebieten). De hydrologische

extremen werden uit de continue tijdreeksen geëxtraheerd volgens de methode beschreven in Willems (2009, 2013). Zie in Figuur 106 een voorbeeld van de resultaten bij de hydrologische modevaluatie voor de Warmbeek te Achel (L11_024). Zowel voor de kalibratie- als de validatieperiode sluiten de modelresultaten nauw aan bij de metingen en dit voor zowel de cumulatieve debietvolumes als voor de piekafvoeren en de laagwaterafvoeren (tot een terugkeerperiode van 10 jaar). Gelijkaardige resultaten werden gevonden voor de andere deelstroomgebieden.



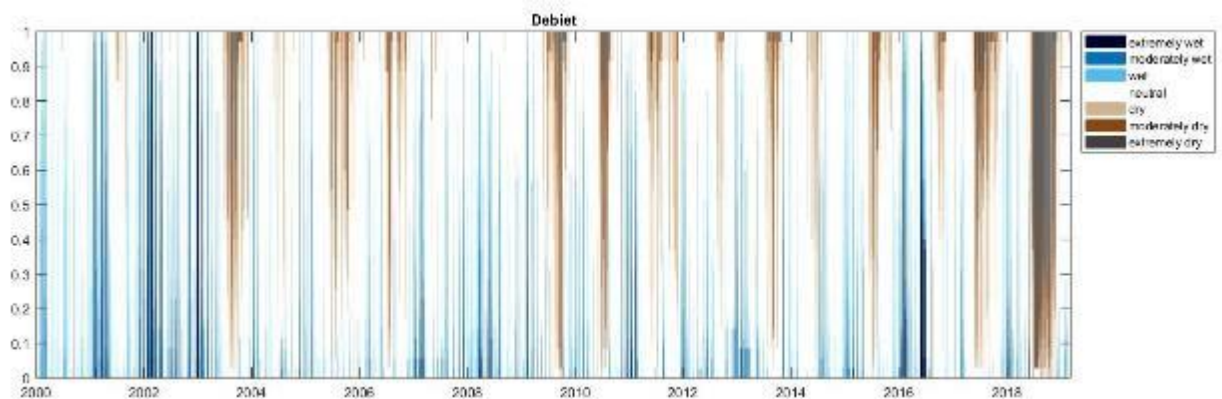
Figuur 106: Voorbeeld van resultaten bij de hydrologische modevaluatie, voor Achel/Warmbeek (L11_024).

Bij de hydrologische modelkalibratie werd rekening gehouden met de bijdrage van lozingsdebieten in de totale debietmeetwaarden. Deze werden voorafgaandelijk aan de hydrologische modelkalibratie afgetrokken van de gemeten debieten en in het oppervlaktewaterbalansmodel terug toegevoegd ter hoogte van de locaties van deze lozingen (zie verder).

Voor de onbemeten deelstroomgebieden werden extrapolaties gemaakt van de hydrologische modelparameters en dit op basis van de ruimtelijke verschillen in gebiedseigenschappen (topografie, landgebruik en bodemtypes), de hydrologische modelparameters van de bemeten deelstroomgebieden en de omgekeerde toepassing van de disaggregatiemethode zoals door KU Leuven ontwikkeld en beschreven in Tran et al. (2018).

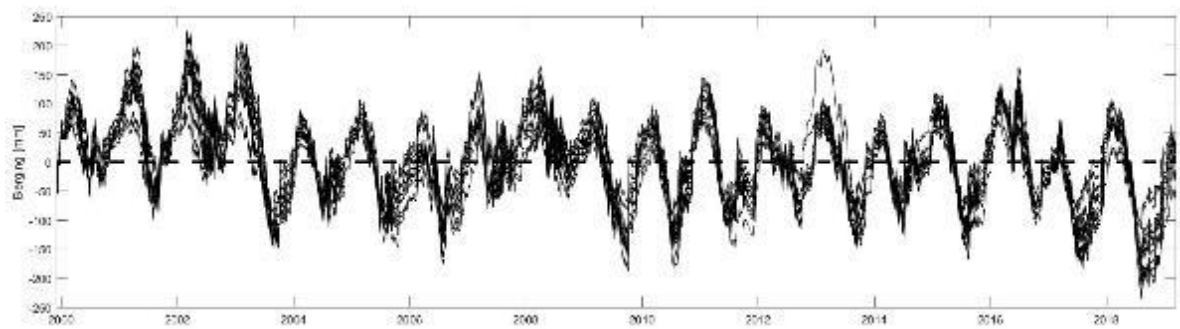
3.3.1.2 Analyse van de gemodelleerde debietreeksen

Voor elk van de gemodelleerde deelstroomgebieden werd nagaan hoe uitzonderlijk de zomerperiode van 2018 was in verhouding tot de gemiddelde waarnemingen. Hiertoe werd voor elke tijdstap van de verschillende reeksen een situering bepaald van extreem droog tot extreem nat, gebaseerd op de 2%, 6%, 15%, 85%, 94% en 98% percentielen van de neerslagafstroming. Deze informatie werd samengevat in Figuur 107 die het percentage aangeeft van deelstroomgebieden binnen een bepaalde situering, op elk tijdstip van januari 2000 tot maart 2019. Hierin is duidelijk de seizoenale trend zichtbaar van hoge piekdebieten in de winterperiode en momenten van lage afstroming in de zomermaanden. Opvallend voor de extreme zomer van 2018 is niet alleen het aantal deelstroomgebieden dat een extreem lage afstromingsdebiet kent, wat erop duidt dat bijna alle waterlopen in het studiegebied een extreem lage toevoer kenden, maar ook de lange duur van deze periode in vergelijking met andere periodes van droogte in het verleden.

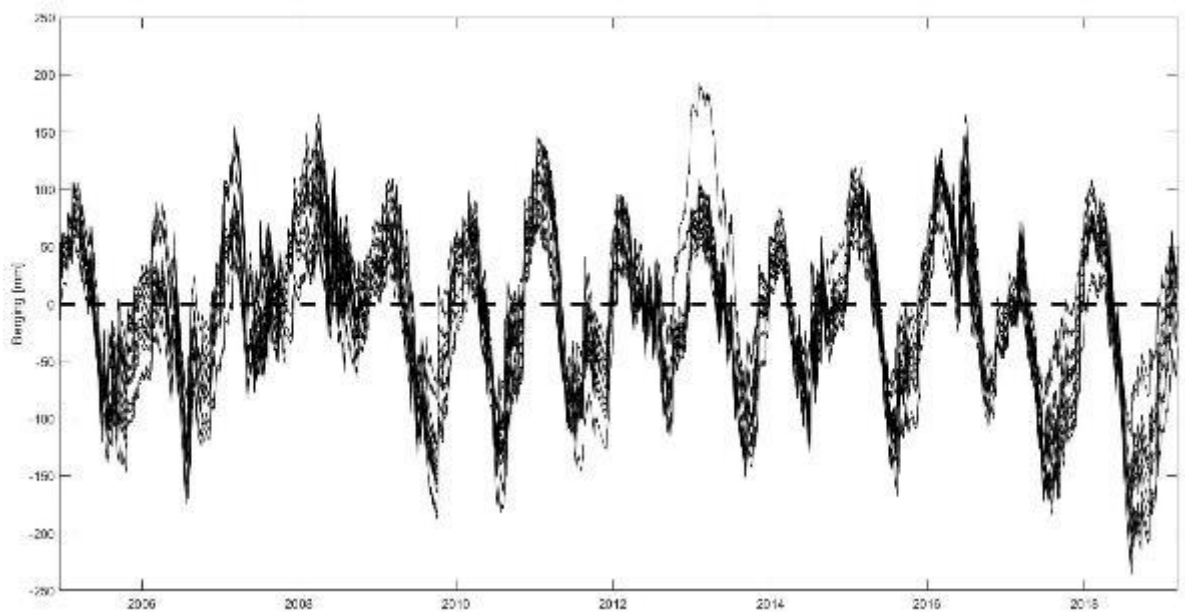


Figuur 107: Situering van de gemodelleerde neerslagafstromingsdebieten in het studiegebied van extreem droog naar extreem nat, voor de periode januari 2000 t.e.m. maart 2019.

Voor elk deelgebied werd vervolgens een volumebalans opgemaakt. Deze balans maakt de afweging tussen de gevallen neerslag enerzijds, en de (gemodelleerde) evaporatie en afgevoerd debiet via de waterlopen anderzijds. Wanneer de neerslag op een bepaalde tijdstap groter is dan de som van de twee uitgaande stromen, zal een hoeveelheid water geborgen worden in de bodem of bijdragen aan de grondwatervoeding. In het andere geval zal deze berging afnemen. De evolutie van deze massabalans ten opzichte van het gemiddelde per deelstroomgebied wordt getoond in Figuur 108 en Figuur 109. De zomerperiode van 2018 is duidelijk zichtbaar als een absoluut minimum voor de berging voor de meeste deelstroomgebieden. In de hierop volgende wintermaanden werd de berging maar beperkt aangevuld in vergelijking met de voorgaande jaren, waarbij in vele deelstroomgebieden het gemiddelde niet werd bereikt.



Figuur 108: Evolutie van de berging van oppervlaktewater in de verschillende deelstroomgebieden voor de periode januari 2000 t.e.m. maart 2019.

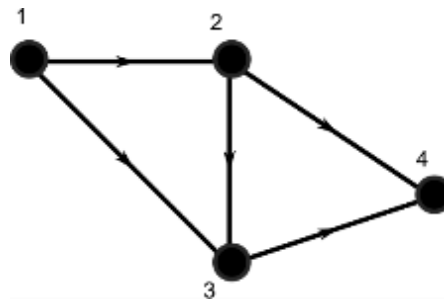


Figuur 109: Evolutie van de berging van oppervlaktewater in de verschillende deelstroomgebieden voor de periode 2005 - 2019.

3.3.1.3 Conceptueel oppervlaktewatermodel

De hierboven beschreven neerslagafstromingsmodellen geven een totaal debiet dat per deelstroomgebied naar de waterlopen afstroomt. Om een meer gedetailleerde analyse uit te kunnen voeren van de balans tussen het aanbod aan en de vraag naar oppervlaktewater in de provincie, zijn deze totale debieten verder ruimtelijk verdeeld over de waterlopen per deelstroomgebied. Daarnaast laat het model toe bijkomende lozingen in ruimte en tijd aan de balans toe te voegen, evenals captaties van oppervlaktewater. Het is dus niet de doelstelling van deze modellering om een nauwkeurige inschatting te geven van het debiet op elke willekeurige plaats langs een waterloop in de provincie, wat zonder gedetailleerde hydrodynamische modellen niet mogelijk is, maar wel om een eerste, snelle inschatting te maken van de balansen aan oppervlaktewater in een bepaalde zone, en de mogelijke impact hierop van bijkomende lozingen en captaties. Hieronder wordt de gebruikte methodologie kort beschreven.

Waterlopen worden in het model voorgesteld door middel van gerichte grafen. Dit zijn wiskundige objecten die bestaan uit knooppunten, onderling verbonden door lijnen of zijden, waaraan een (stroom)richting wordt toegekend, zoals voorgesteld in Figuur 110.



Figuur 110: Grafische voorstelling van een eenvoudige, gerichte graaf met vier knopen en vijf zijden.

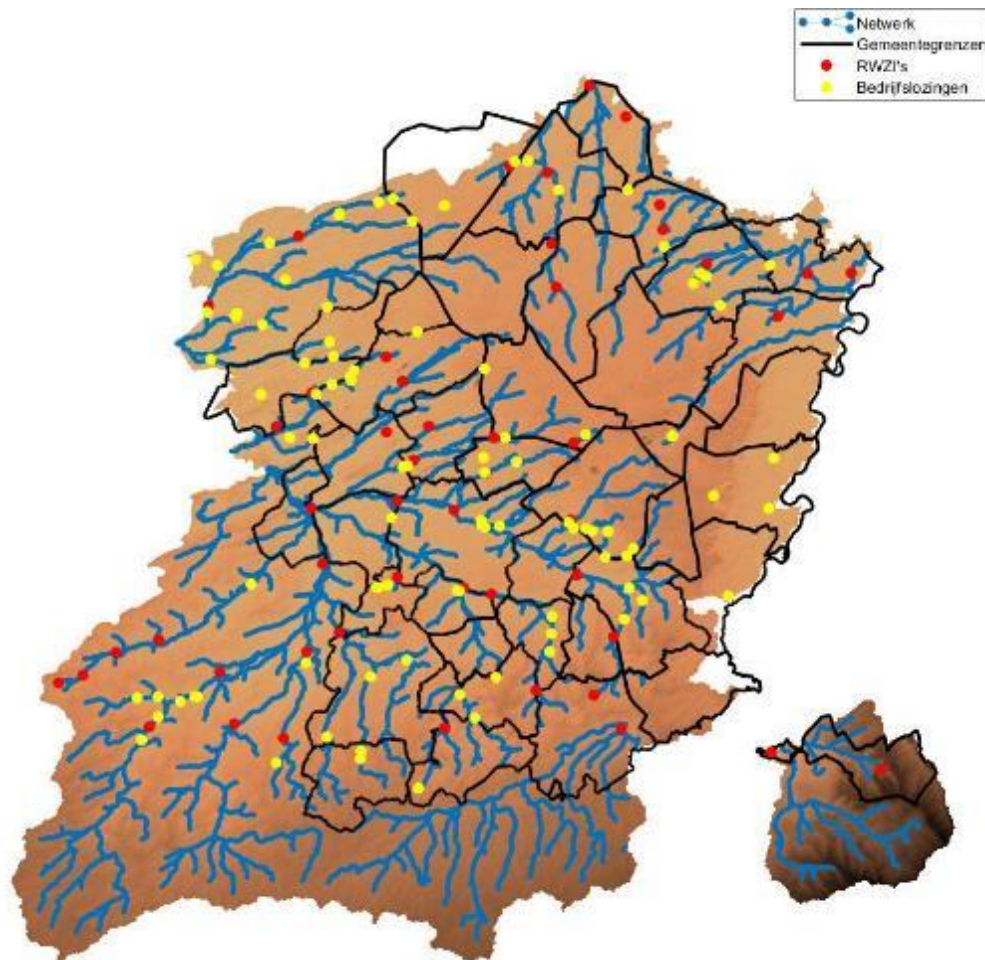
Wiskundig kunnen deze grafen voorgesteld worden door middel van een matrix A waarvan de elementen a_{ij} een waarde 1 aannemen wanneer er een verbinding bestaat tussen knoop i en j , en waarde 0 wanneer zulke verbinding niet aanwezig is. Een andere mogelijke voorstelling van de graaf is een lijst s van bronknopen (E : source) en t van doelen (E : target) die dezelfde informatie bevat. Voor de voorbeeldgraaf hierboven wordt dit:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, s = \begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{Bmatrix}, t = \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \end{Bmatrix}$$

Het voornaamste voordeel van het gebruiken van grafen voor het voorstellen van het riviernetwerk is dat er een ruim scala aan snelle en robuuste algoritmes bestaat voor het traceren van verbindingen tussen bepaalde knopen waardoor ook een groot en complex netwerk als het waterlopenstelsel in de volledige provincie efficiënt geëvalueerd kan worden.

De graaf die het netwerk waterlopen in Limburg voorstelt (Figuur 111), is gebaseerd op de ligging van de waterlopen uit de Vlaamse Hydrografische Atlas (Vlaamse Milieumaatschappij 2019). Een digitaal terreinmodel wordt gebruikt om de stroomrichting van de waterlopen af te leiden, evenals de ligging van de waterlopen buiten het Vlaams grondgebied. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de Matlabtoolbox voor terreinanalyse 'TopoToolbox' (Schwanghart en Kuhn 2010). Aan elke knoop wordt vervolgens een instromend neerslagafstromingsdebiet toegekend. Dit debiet per knoop stelt de hoeveelheid water voor die tussen deze knoop en de opwaartse knoop toekomt via afstroming en wordt gelijk genomen aan een fractie van het totale (gemodelleerde) afstromingsvolume in het deelstroomgebied van deze knoop. De fractie wordt gelijk genomen aan de verhouding van de ingeschatte oppervlakte van het gebied die specifiek naar deze knoop afwatert, tot de totale oppervlakte van het deelstroomgebied.

Naast instromende neerslagafstromingsdebieten is het model ook in staat om in elke knoop één of meerdere lozingen en captaties toe te voegen. Deze worden gedefinieerd door hun knoopidentificatie en een tijdreeks van geloosd of gecapteerd debiet. In geval van captaties moet er een onderscheid worden gemaakt tussen het theoretische captatiedebiet, bepaald door de vraag naar captatiewater, en het werkelijk gecapteerde debiet, rekening houdend met het lokale aanbod aan water en eventuele minimaal door te laten debieten. Zo werden lozingen van rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) in het model ingelezen uit de rioleringsdatabank (Vlaamse Milieumaatschappij 2019), evenals bedrijfslozingen uit de lozingsgegevens van VMM.



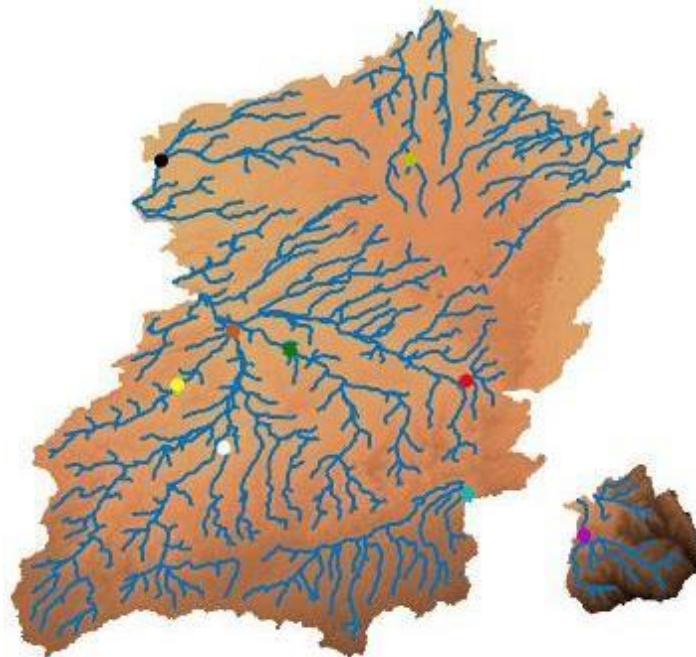
Figuur 111: Voorstelling van het graafmodel van de provincie, inclusief lozingslocaties van RWZI's en bedrijven.

De voornaamste veronderstelling die wordt gemaakt in deze benadering van de rivierdebieten is het verwaarlozen van de routing van de neerslagafstroming doorheen de waterloop: de gemodelleerde debieten per locatie, afkomstig van stroomopwaarts gelegen afstroming en lozingen, worden verondersteld onmiddellijk ter plaatste van de onderzochte locatie op te treden, zonder eerst een weg doorheen het riviernetwerk af te moeten leggen. Bij het modelleren van overstromingen is deze tijdsdynamiek net cruciaal voor het correct evalueren van de grootte van de wassen om zo de verwachte waterhoogtes nauwkeurig te kunnen voorspellen. In het kader van droogtemodellering zijn het echter eerder de volumebalansen, geaggregeerd over langere periodes van bijvoorbeeld meerdere dagen, die goed moeten worden ingeschat, en niet het precieze moment en waarde van de laagste waterstand. Deze gemaakte veronderstelling heeft, gezien de doelstellingen, geen belangrijke impact op de bruikbaarheid van het model.

De huidige versie van het model veronderstelt dat het debiet op een locatie langsheen de waterloop enkel bepaald wordt door de opwaartse afstromende neerslag, lozingen en captaties. Waterlopen waarvan een belangrijke fractie van het debiet afkomstig is van voeding door bronnen en kwel worden dus niet goed voorgesteld door de methodologie. Anderzijds is de methode flexibel en kunnen deze debieten indien gekend eenvoudig toegevoegd worden aan het graafmodel als een externe instroom.

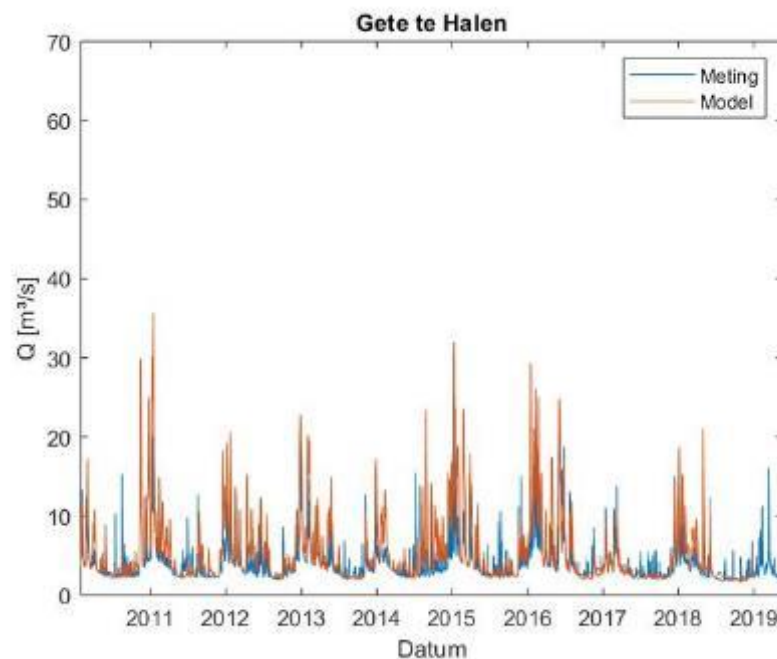
Verder is het te verwachten dat gebieden die meer stroomopwaarts gelegen zijn van de limnigraaflocaties, dit zijn de locaties waarvoor de hydrologische modellen van de deelstroomgebieden werden gekalibreerd, minder goed gemodelleerd worden door de voorgestelde methode. De debieten zijn er lager zodat de impact van lokale lozingen en captaties, waarvoor voorlopig de gegevens ontbreken, een grotere impact hebben op de totale afvoer. Ook kunnen de eigenschappen van het gebied, zoals de helling, bodem of landgebruik lokaal sterk afwijken van het gemiddelde voor het deelstroomgebied wat vertaald kan worden naar een afwijkend afstromingsgedrag. Tenslotte zal het verwaarlozen van de rivierrouting uiteraard groter zijn voor locaties meer opwaarts gelegen van de kalibratiepunten.

Ter validatie van de huidige versie van het model worden voor verschillende locaties, nl. deze aangeduid in Figuur 112, de vergelijking gemaakt tussen het ingeschatte (=gemodelleerde) debiet en het gemeten debiet waarvan de data beschikbaar zijn op Waterinfo.be (Vlaamse Overheid 2019). Dit zijn locaties waar de metingen niet gebruikt werden door de hydrologische modelkalibratie. Het gaat dus om een zuivere validatie.



Figuur 112: Locaties van de referentiemetingen: zwart: Grote Nete (Geel), geel: Velpe (Ransberg), oranje: Gete (Halen), rood: Munsterbeek (Munsterbilzen), lichtgroen: Dommel (Peer), turquoise: Jeker (Nerem), paars: Berwijn/Berwinne (Dalhem), donkergroen: Herk (Spalbeek) en wit: Dormaalbeek (Zoutleeuw).

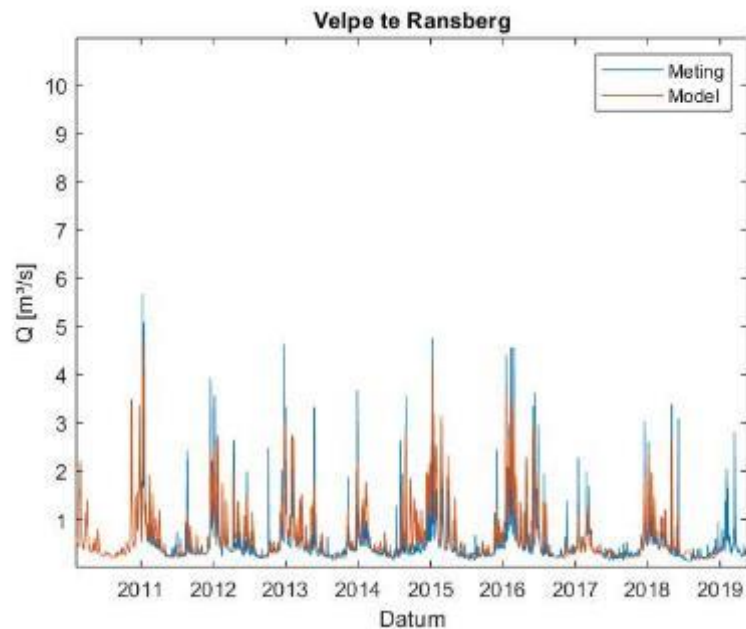
In Figuur 113 wordt het gemeten versus gemodelleerde debiet vergeleken voor de Gete ter hoogte van Halen. Het stroomgebied opwaarts van deze locatie is groot en bevat verschillende beken en rivieren. Het model is duidelijk in staat om de grootte van de laagwaterdebieten nauwkeurig te benaderen. Voor de piekdebieten zijn de afwijkingen groter maar deze zijn voornamelijk te verklaren door het (in de huidige versie van het model) verwaarloosde rivierrouting. Na het bekijken van het geaggregeerd debiet over langere periodes wordt deze afwijking sterk gereduceerd (niet getoond).



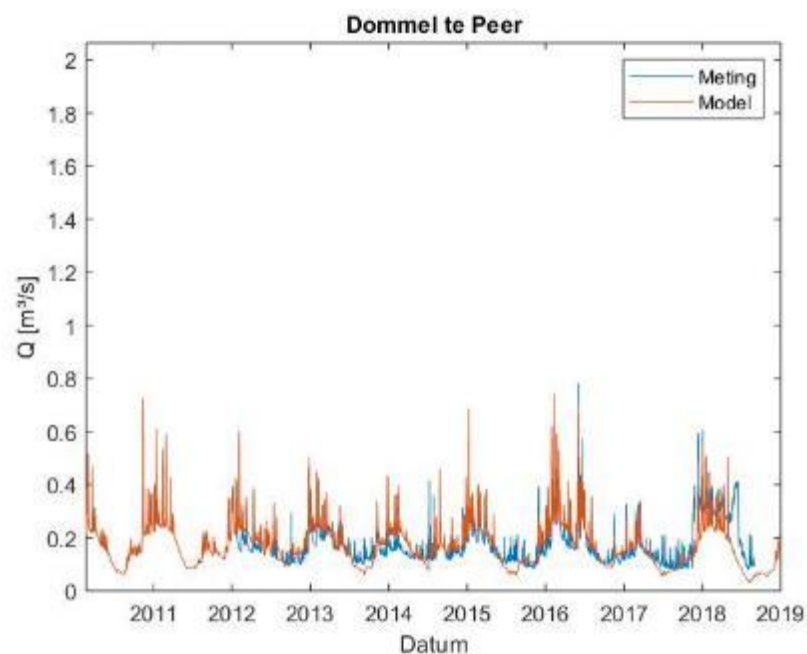
Figuur 113: Debietsmetingen en modelresultaten voor de Gete te Halen.

In Figuur 114 wordt het resultaat getoond voor de Velpe ter hoogte van Ransberg. Ook hier geeft het voorlopige model een goede inschatting van de waargenomen (laagwater)debieten.

Een ander gebied dat sterk opwaarts gelegen is van de kalibratielocatie wordt vergeleken in Figuur 115. Het gemeten versus gemodelleerde debiet van de Dommel te Peer geeft maar een beperkte afwijking en dit ondanks de grote afstand tussen de meting in Peer en de kalibratielocatie in het noorden van de provincie. Dit resultaat toont dus dat de methode niet per definitie slecht toepasbaar is voor opwaartse zones.

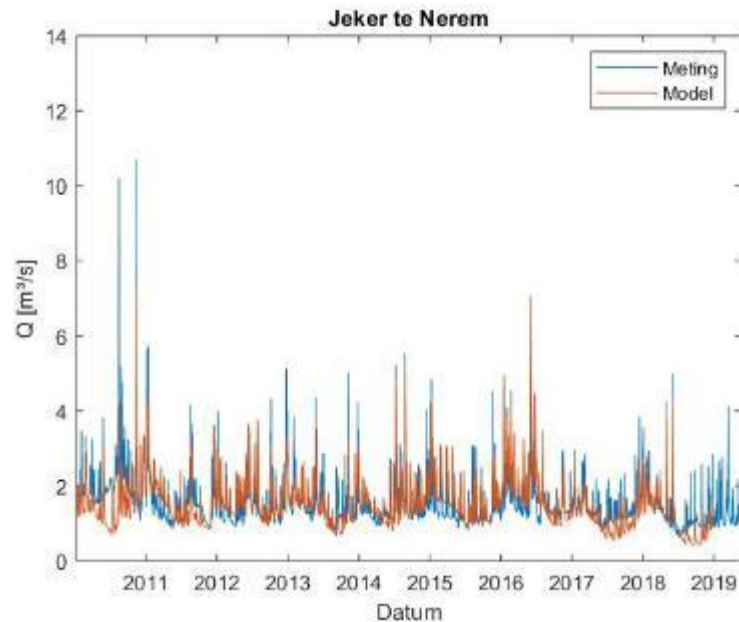


Figuur 114: Debietsmetingen en modelresultaten voor de Velpe ter hoogte van Ransberg.

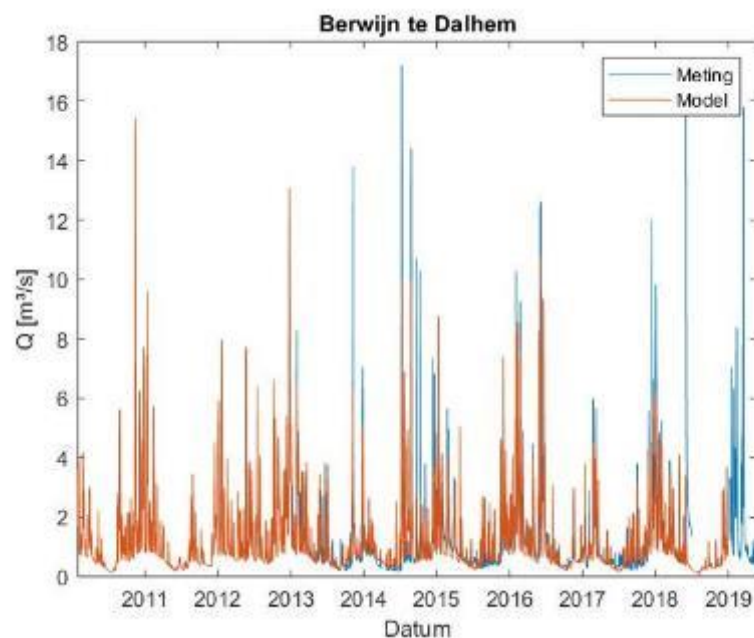


Figuur 115: Debietsmetingen en modelresultaten voor de Dommel te Peer.

In Figuur 116 en Figuur 117 worden de vergelijkingen gemaakt voor de Jeker en Berwijn respectievelijk. De afwijking tussen meting en model blijkt voor de Jeker vooral het gevolg te zijn van de kalibratie van het hydrologisch model voor de Jeker, dat nog verder verbeterd kan worden. Er zijn verschillen in de tijd in het hydrologisch responsgedrag van deze waterloop; de oorzaak ervan is nog onbekend. Informatie over de tijdsvariatie van de lozingen brengt mogelijks soelaas. Voor de Berwijn zijn de laagwaterdebieten zeer nauwkeurig, wat opnieuw aantoont dat de methode goed werkt.

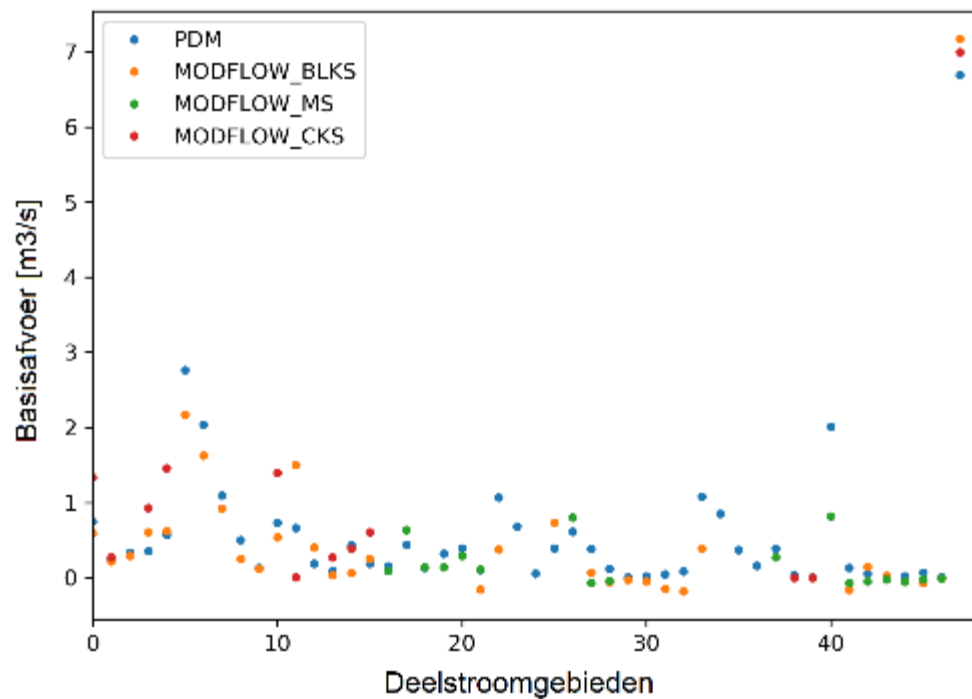


Figuur 116: Debietsmetingen en modelresultaten voor de Jeker ter hoogte van Nerem.



Figuur 117: Debietsmetingen en modelresultaten voor de Berwijn te Dalhem.

Figuur 118 toont de vergelijking tussen de jaargemiddelde grondwaterafstromingsdebieten naar de waterlopen (basisafvoer) voor de verschillende deelstroomgebieden, zoals gesimuleerd met het PDM-model en deze die de grondwatermodellen simuleren voor de freatisch grondwaterafstroming en dit voor de drie grondwatersystemen. De overeenkomst is vrij goed; de conceptuele neerslagafstromingsmodellen en de grondwatermodellen zijn dus consistent in hun freatische grondwaterafstromingsresultaten.

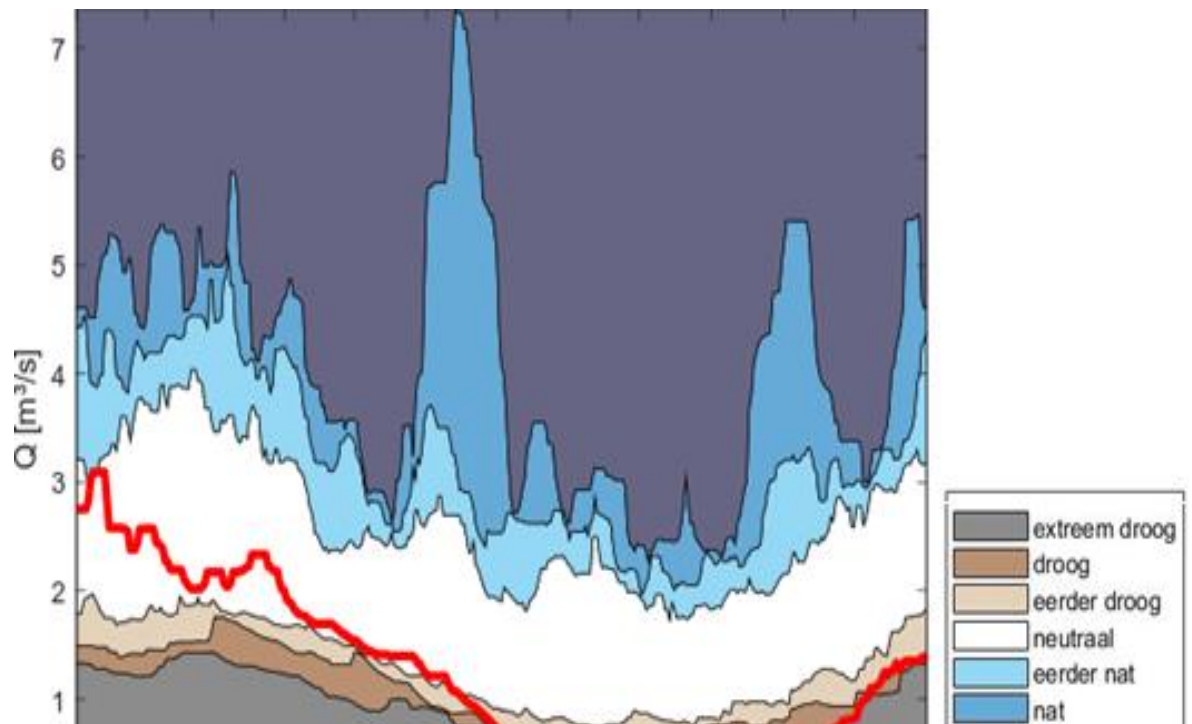


Figuur 118: Debietsmetingen en resultaten uit verschillende modellen voor de Berwiin te Dalhem.

3.3.1.4 Statistische analyse modelresultaten voor en na scenario's

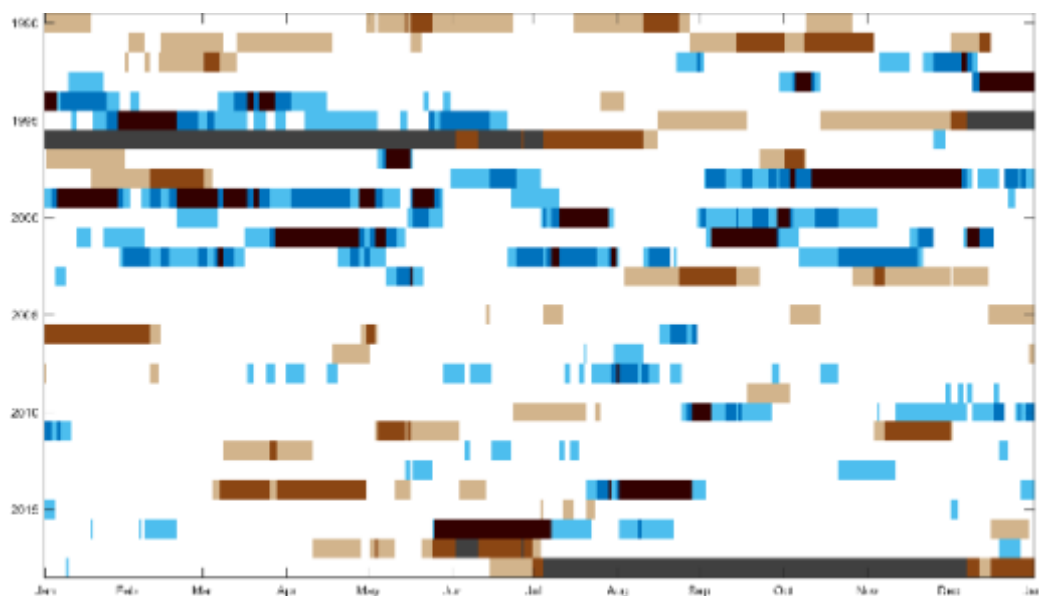
Het oppervlakteaanbod-model, zoals hiervoor beschreven, kan/zal nog verder verfijnd worden maar geeft al een goede eerste benadering van de debietsverdeling over de waterlopen. Met behulp van de hydrologische modellen en het graafmodel kan nu dus voor elke locatie in het model een snelle inschatting gemaakt worden van het debiet. Ter illustratie wordt in Figuur 119 het debiet getoond voor knoop 'Hasselt_Demer131' welke overeenkomt met het debiet van de Demer net afwaarts van de monding van de Stiemerbeek. Hiervoor werd het dagelijks debiet geaggregeerd door de mediaan te nemen van de debieten in een rollend venster van 30 dagen. Dit laat toe om de minder relevante hoogwaterpieken te milderen, welke minder relevant zijn voor een studie van drogere periodes. Vervolgens werden voor de periode 1990 t.e.m. 2018, voor elke dag van het jaar, de percentielen berekend die overeenkomen met 2%, 6%, 15%, 85%, 94% en 98% van de data, welke gebruikt werden voor het afbakenen van 7 toestanden van extreem droog tot extreem nat. Zulke figuren kunnen gebruikt worden voor het evalueren van de huidige toestand op een bepaalde locatie, of het inschatten van de impact van bepaalde captatievolumes op de debieten in de waterloop in vergelijking met de nominale toestand. Zo wordt in Figuur 119 de ingeschatte tijdreeks van het debiet in 2018 getoond, duidelijk gekenmerkt door de extreem droge zomermaanden. In Figuur 120 wordt deze oefening herhaald, maar nu voor elk jaar van de referentieperiode, zodat een duidelijke visuele vergelijking tussen de verschillende jaren mogelijk wordt en een goed overzicht verkregen wordt van de evolutie van de waterbeschikbaarheid op een bepaalde locatie.

In Figuur 121 en Figuur 122 worden andere voorbeelden van analyse getoond voor de debieten in de Demer te Molenstede en de Melsterbeek te Rummen, met situering van de debieten in 2018 (ganse jaar) en 2019 (tot einde september). Deze figuur geeft aan dat de debieten tijdens de zomermaanden voor zowel 2018 als 2019 extreem laag zijn. Door dergelijke analyse uit te voeren voor alle locaties langs het waterloppennetwerk en voor elke dag van het jaar, wordt een beeld verkregen van de oppervlaktewatertoestand in de ganse Provincie. De resultaten van dergelijke analyse zijn weergegeven in Figuur 123; de figuur toont per dag van de jaren 2016, 2017, 2018 en 2019 het % waterlopen met een oppervlaktewatertoestand in elk van de beschouwde toestandsklassen. Hieruit blijkt dat in 2018 vanaf begin juli bijna alle waterlooplocaties zich in een toestand "droog" tot "extreem droog" bevonden en dat vanaf midden juli versterkte tot "extreem droog" van haast alle waterlooplocaties. In 2019 bevonden ongeveer 40% van alle waterlooplocaties zich in een toestand "extreem droog" tussen begin en midden juli. In 2017 was vooral de periode van einde mei tot begin juli "extreem droog" maar ook in april waren reeds een groot deel van de waterlooplocaties "droog". De zomer van 2016 geeft een totaal ander beeld: hier was de periode van einde mei tot einde juni "nat" tot "zeer nat". In deze periode deed er zich inderdaad wateroverlast voor.

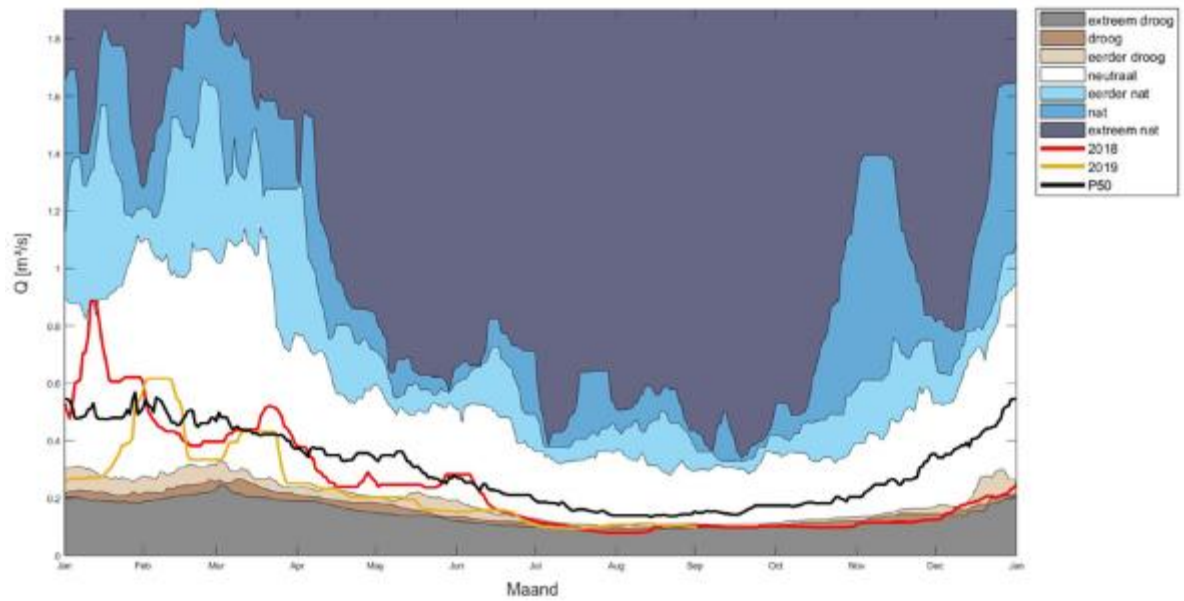


Figuur 119: Debiet van de Demer, afwaarts van de monding van de Stiemerbeek

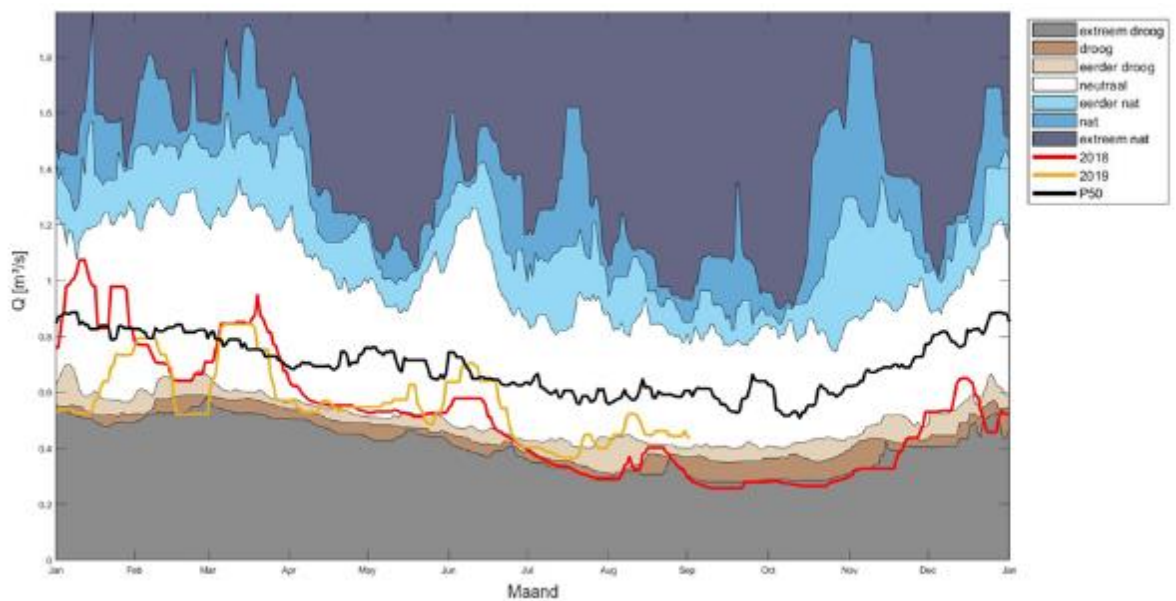
In Figuur 119 geven de gekleurde zones per dag van het jaar de respectievelijk 2%, 6%, 15%, 85%, 94% en 98% percentielen weer van de referentieperiode 1990 t.e.m. 2018. In rood wordt het debiet voor 2018 getoond. Voorafgaand aan de berekeningen werden de debieten geaggregeerd door het nemen van de mediaan in een rollend venster van 30 dagen



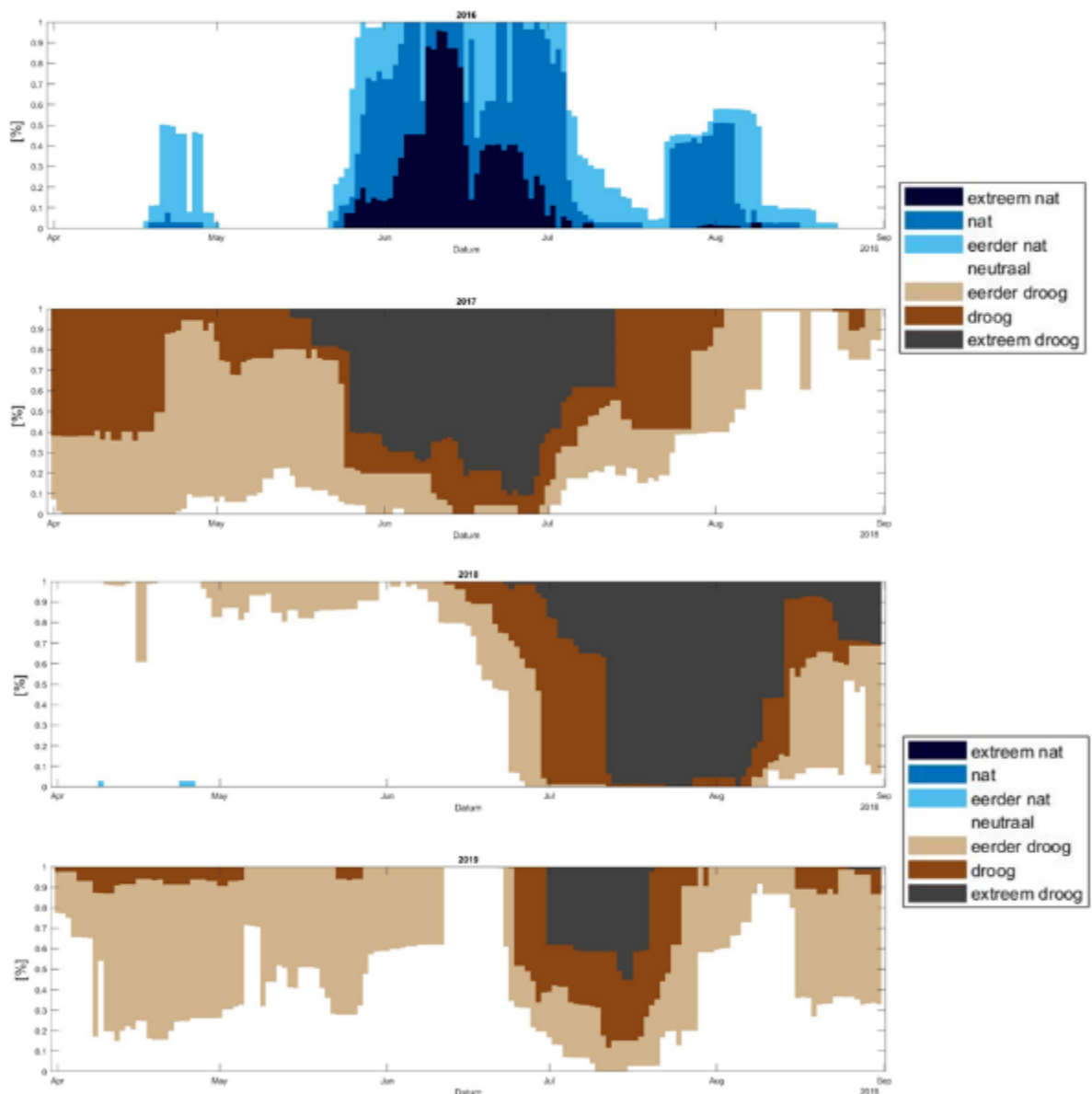
Figuur 120: Uitbreiding van voorgaande figuur waarbij het geaggregeerde debiet voor elke dag van de referentieperiode werd gesitueerd van extreem droog tot extreem nat ten opzichte van dezelfde dag van het jaar van de referentieperiode.



Figuur 121: Debiet van de Demer te Molenstede: analyse van de debieten van 2018 en 2019.

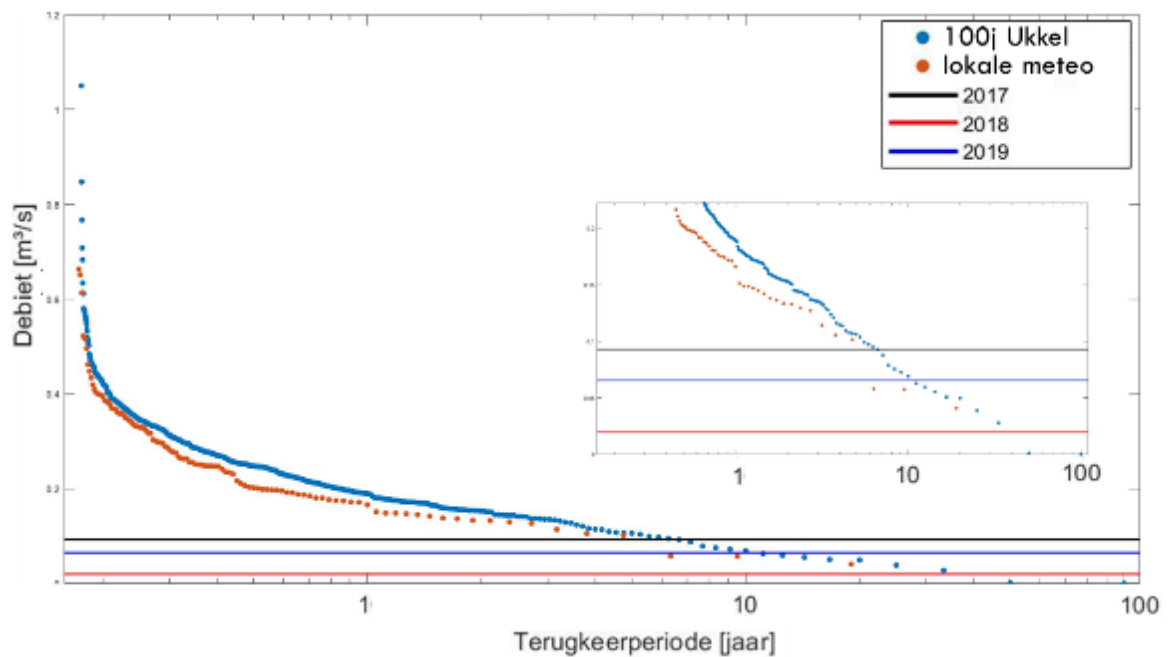


Figuur 122: Debiet van de Melsterbeek te Rummen: analyse van de debieten van 2018 en 2019.



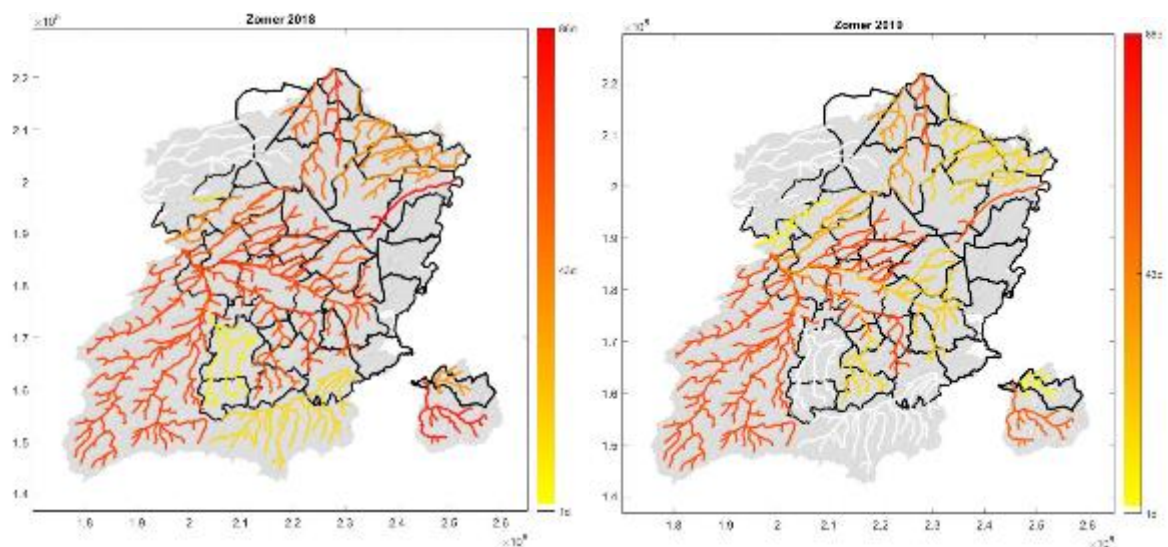
Figuur 123: % waterlopen per toestand van oppervlaktewaterbeschikbaarheid in 2016, 2017, 2018 en 2019.

De modelresultaten kunnen ook verder geanalyseerd worden om de specifieke terugkeerperiode te bepalen waarmee bepaalde laagwaterdebietonderschrijdingen zich voordoen. De terugkeerperiode wordt hierbij gedefinieerd als de gemiddelde tijd tussen twee opeenvolgende onderschrijdingen van een bepaalde debietwaarde. In Figuur 124 wordt een voorbeeld daarvan getoond voor de Warmbeek te Achel. De figuur toont het verband tussen het laagwaterdebiet en de terugkeerperiode, berekend volgens de lokale meteorologische gegevens. Omdat deze lokale gegevens beperkt zijn in de tijd, werd ook een vergelijking gemaakt met de resultaten bekomen na simulatie van een langere periode van meteorologische gegevens, zoals beschikbaar in Ukkel. De resultaten van beide simulaties (lokale versus Ukkel meteorologische gegevens) geven kleine verschillen, maar de verschillen zijn relatief beperkt. In de figuur zijn ook de laagste laagwaterdebieten aangeduid voor 2017, 2018 en 2019. Hieruit blijkt dat voor de Warmbeek te Achel het laagste laagwaterdebiet in 2017 een terugkeerperiode had van afgerond 7 jaar, terwijl deze uitzonderlijk was in 2019 (terugkeerperiode van 10 jaar) en vooral in 2018 (terugkeerperiode van 40 jaar). Deze laatste terugkeerperiode is vergelijkbaar met deze van het neerslagtekort die ook 40 jaar bedroeg voor Limburg (zie deel 2.3.3 van dit rapport).

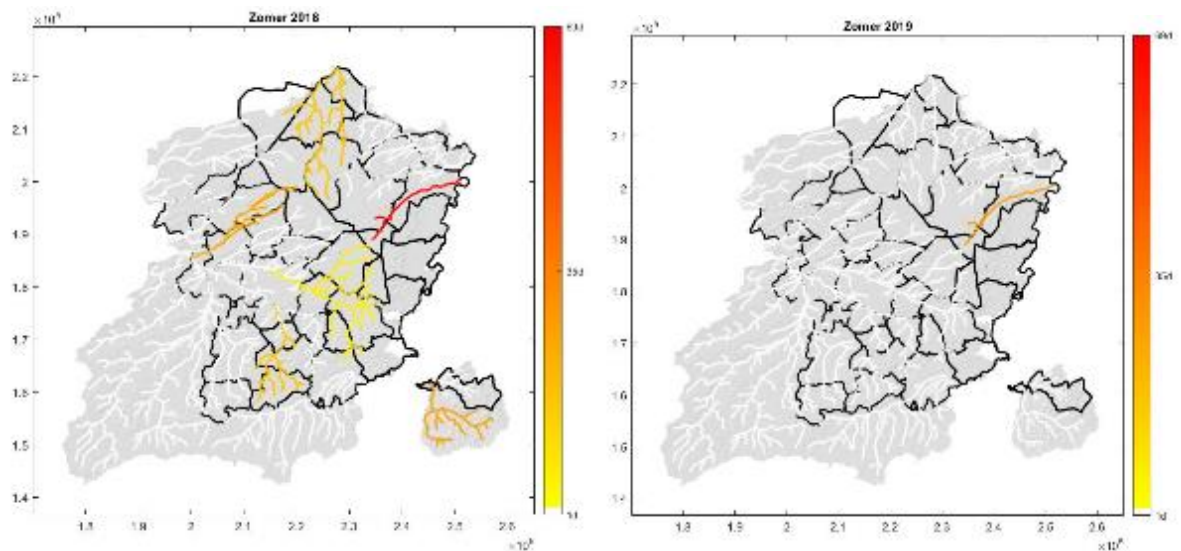


Figuur 124: Warmbeek te Achel: Analyse van de terugkeerperiode van onderschrijding van laagwaterdebieten o.b.v. de lokale meteorologische gegevens en deze voor de 100-jaar meteorologische gegevens te Ukkel. De laagste laagwaterdebieten voor 2017, 2018 en 2019 staan ook aangeduid.

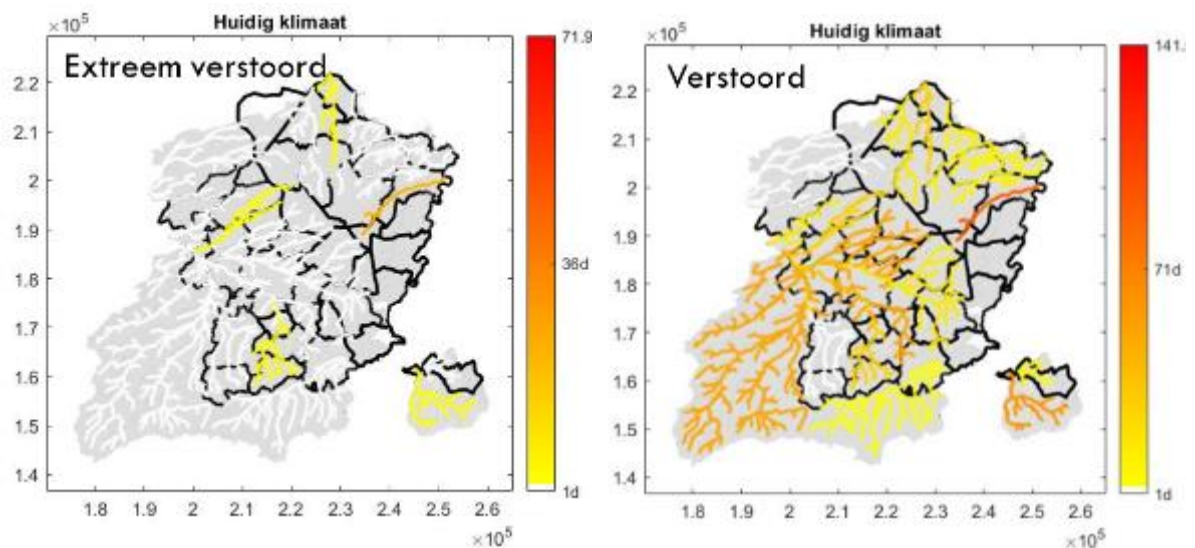
Door toepassing van de Tennant-benadering (zie 4.4.4.3) kan men voor de oppervlaktewaters in de provincie het aantal dagen per jaar nagaan dat het debiet als verstoord of ernstig verstoord kan beschouwd worden. Volgende figuren geven de terugkeerperiode weer voor onderschrijding van het ecologisch debiet in 2018 en in 2019, en eveneens in het huidige klimaat.



Figuur 125: Aantal dagen onderschrijding van het ecologisch debiet (verstoring) in de oppervlaktewaters van de provincie in 2018 en 2019.



Figuur 126: Aantal dagen overschrijding van 1/3 van het ecologisch debiet (extreme verstoring) in de oppervlaktewaters van de provincie in 2018 en 2019.

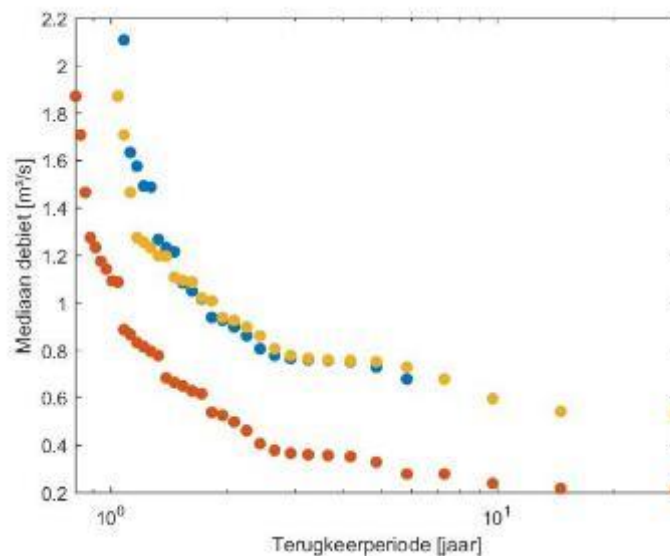


Figuur 127: Aantal dagen overschrijding van het ecologisch debiet in de oppervlaktewaters van de provincie in het huidige klimaat.

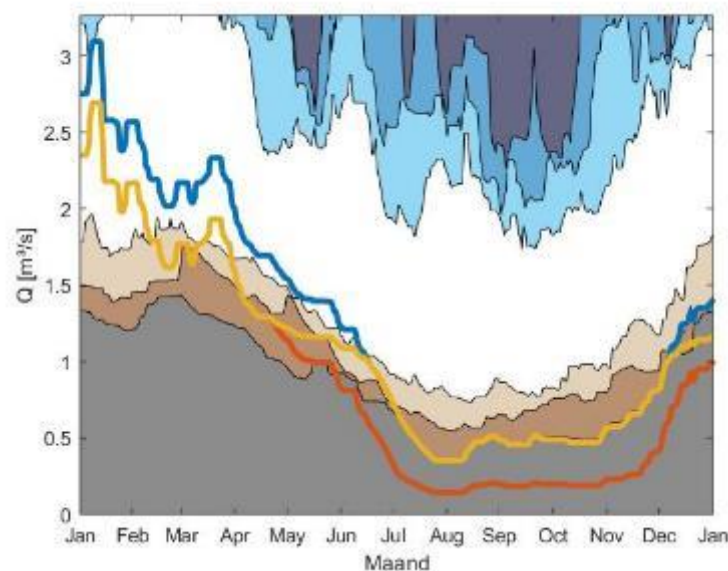
Men merkt dat ook in het huidige klimaat (sinds 1990) onder de Tenantbenadering het debiet van de Bosbeek regelmatig in de zomer als extreem verstoord is te karakteriseren. Extreme verstoring komt eveneens voor in het deelstroombekken van de Wambeek, Zwart Water en Herk. De meeste oppervlaktewaters in Limburg kennen in het huidige klimaat in de zomerperiodes met verstoord debiet, m.u.v. het deelstroombekken van de de Melsterbeek, de zijbeken van de Maas ten zuiden van de Bosbeek en de Nete.

Omdat het model gebruikt kan/zal worden om scenario's door te rekenen, zowel klimaatscenario's als maatregelen, kan dergelijke statistische analyse ook toegepast worden op de modelresultaten na dergelijke scenario's. Hierna wordt een voorbeeld hiervan getoond, voor de impact van captaties op de (laagwater)debieten, voor volgend (simplistische) voorbeeld: Stel dat in de voorgaande situatie een bedrijf stroomopwaarts van de monding met de Stiemerbeek op de Demer een captatie van water wilt installeren voor een gewenst innamedebiet van $0.4\text{m}^3/\text{s}$. Het werkelijke innamedebiet is dan gelijk aan het minimum van het beschikbare rivierdebiet en deze theoretische captatie. Wanneer men vermoedt dat de impact van deze captatie te groot is kan men bovendien besluiten om een minimaal door te laten rivierdebiet (bv. ecologisch debiet) op te leggen aan deze captatie, bijvoorbeeld $0.6\text{m}^3/\text{s}$. Het model is in staat om op basis van neerslaggegevens de debieten ter hoogte van de inname te schatten zodat er meteen een captatieverbod kan

worden opgelegd aan het bedrijf van zodra het model een debiet lager dan $0.6\text{ m}^3/\text{s}$ voorspelt. Het effect van de restrictiemaatregel wordt duidelijk gemaakt in Figuur 128: deze toont de empirische terugkeerperiode van de laagwaterdebieten op de meetlocatie voor de huidige situatie, het scenario met captatie zonder restrictie en het scenario voor captatie met restrictie. In Figuur 129 wordt dezelfde grafiek getoond als in Figuur 119 maar nu inclusief de twee captatiescenario's. Hieruit blijkt duidelijk dat het opleggen van een minimaal debiet, wat in de praktijk overeenkomt met een captatieverbod van zodra de modellen een te lage stroming voorspellen, een gunstige impact heeft op de minimale debieten in de extreme situatie van de zomer van 2018.



Figuur 128: Empirische terugkeerperiode van het laagwaterdebiet ter hoogte van de referentielocatie, waarbij het debiet geaggregeerd werd door het nemen van de mediaan over een periode van 30 dagen. Blauw: scenario zonder captatie, oranje: scenario met captatie zonder restricties, geel: scenario met captatie en restrictie van $0.6\text{ m}^3/\text{s}$.



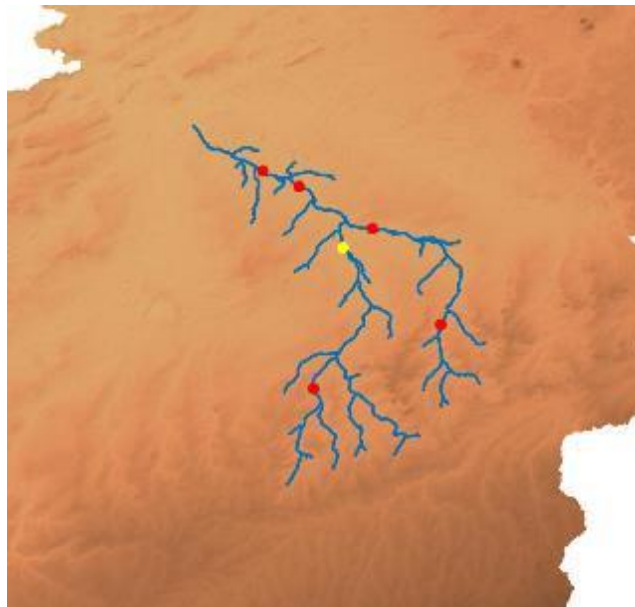
Figuur 129: Uitbreiding van Figuur 75 waarbij de twee captatiescenario's uit het voorbeeld werden toegevoegd: blauw: scenario zonder captatie, oranje: scenario met captatie zonder restricties, geel: scenario met captatie en restrictie van $0.6\text{ m}^3/\text{s}$.

De impact op de bedrijfsvoering van de restrictie kan ook worden ingeschat, bijvoorbeeld op basis van historische neerslaggegevens: definieert met de 'betrouwbaarheid' van de captatie als de verhouding van het ingenomen volume tot de gewenste inname:

$$\text{betrouwbaarheid} = \frac{\text{werkelijke inname}}{\text{gewenste inname}}$$

In het captatiescenario zonder restrictie vindt men over de referentieperiode een betrouwbaarheid van 99,4%. Indien men de restrictie van 0.6m³/s zou opleggen, heeft de captatie een betrouwbaarheid van 74.5%. Zo kan bepaald worden wat de economische gevolgen van de captatie zullen zijn of welke buffercapaciteit het bedrijf moet voorzien om zijn bedrijfsvoering niet in gevaar te brengen, etc. In deze illustratie zijn zowel het gewenste captatie- als het restrictiedebiet constant, maar deze kunnen uiteraard ook tijdsvariabel ingerekend worden.

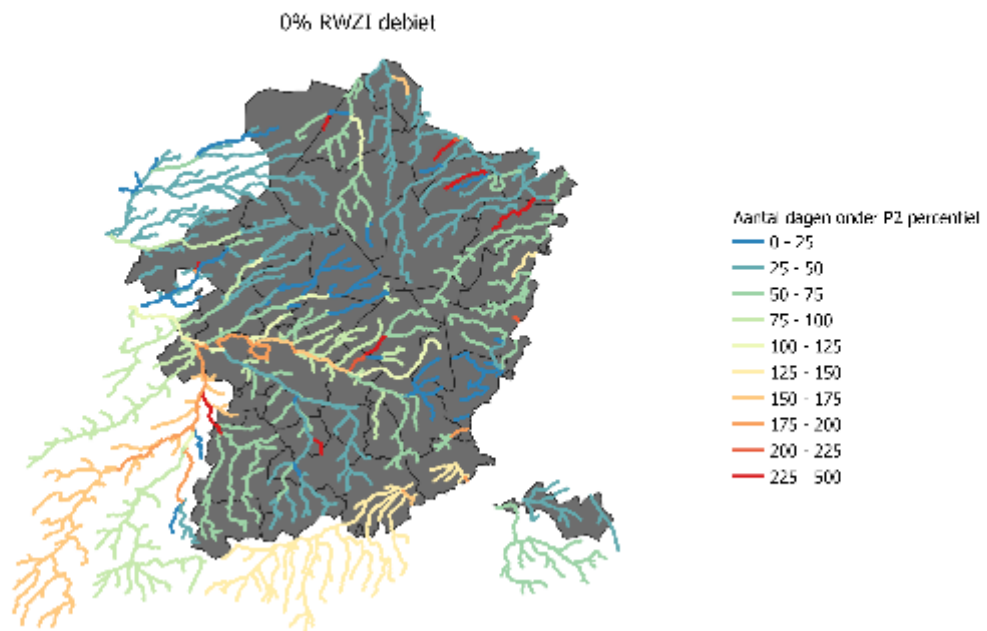
In een ander (fictief!) voorbeeld wordt de economische betrouwbaarheid als hoofddoelstelling gehanteerd: Op de Herk of haar zijlopen worden 5 (fictieve) captaties toegevoegd, zie de rode locaties in Figuur 130. De twee meest stroomopwaartse captaties hebben een gewenst debiet van 0.1m³/s, een captatie ter hoogte van Wimmertingen van 0.2m³/s en de twee meest afwaartse van 0.4m³/s. De systeembetrouwbaarheid bedraagt voor de referentieperiode 1986 t.e.m. 2018 86.4%. Wanneer een nieuwe captatie wordt toegevoegd, kan men eenvoudig berekenen welke deze maximaal mag bedragen opdat de betrouwbaarheid niet onder een bepaalde grenswaarde zou dalen. Stelt men bijvoorbeeld dat de gewenste betrouwbaarheid minimaal 0.8% dient te bedragen, mag de toegevoegde theoretische captatie maximaal 0.16 m³/s bedragen.



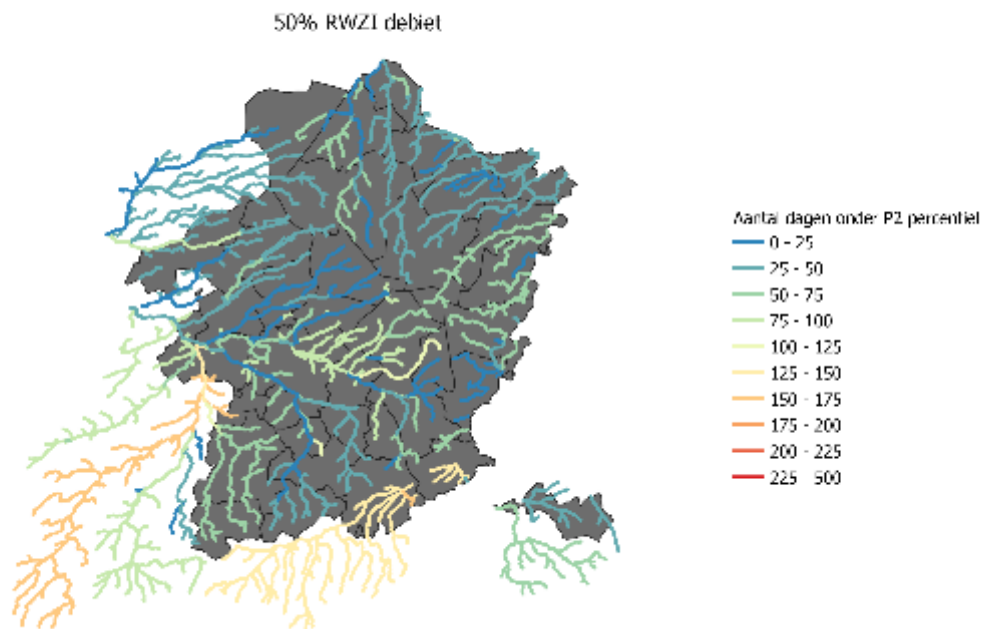
Figuur 130: Situering van de originele (rood) en geplande (geel) captaties in een tweede voorbeeld van scenarioanalyse.

Hierna is verdere analyse gedaan van het belang van de RWZI debieten voor de waterbeschikbaarheid tijdens laagwaterperiodes in droge zomers; hiermee wordt een beeld bekomen van het effect van hergebruik van RWZI-effluentwater, bijvoorbeeld voor landbouwtoepassingen. Hiervoor werd het debiet op elke locatie van het waterlopenennetwerk opgedeeld in drie delen: het 'natuurlijke afstromingsdebiet', het debiet ten gevolge van bedrijfslozingen (meestal verwaarloosbaar) en het RWZI-debiet. Door deze laatste te verminderen met 50% en 100% werden de scenario's RWZI_100, RWZI_50 en RWZI_0 opgesteld (_xx het percentage RWZI dat werd beschouwd). Per knoop en per dag van het jaar werden daarna de percentielen van het totale debiet berekend op basis van de 100-jaar meteorologische gegevens van Ukkel. Voor elke tijdreeks werd een periode 'geknipt' die representatief is voor de extreme droogte: de zomers van 2017, 2018 en 2019 (van april t.e.m. augustus). Voor elke tijdstap van deze geknipte reeks werd bepaald onder welk percentiel het debiet zich situeerde. Hierbij werd een som genomen over het aantal tijdstappen in de 'droge periode' per percentiel. De figuren hierna geven dan per locatie weer hoeveel dagen in de 'droge periode' het debiet zich op een bepaalde locatie en voor een bepaald scenario, onder het relevante percentiel bevindt. Het is dus niet enkel de kleur die

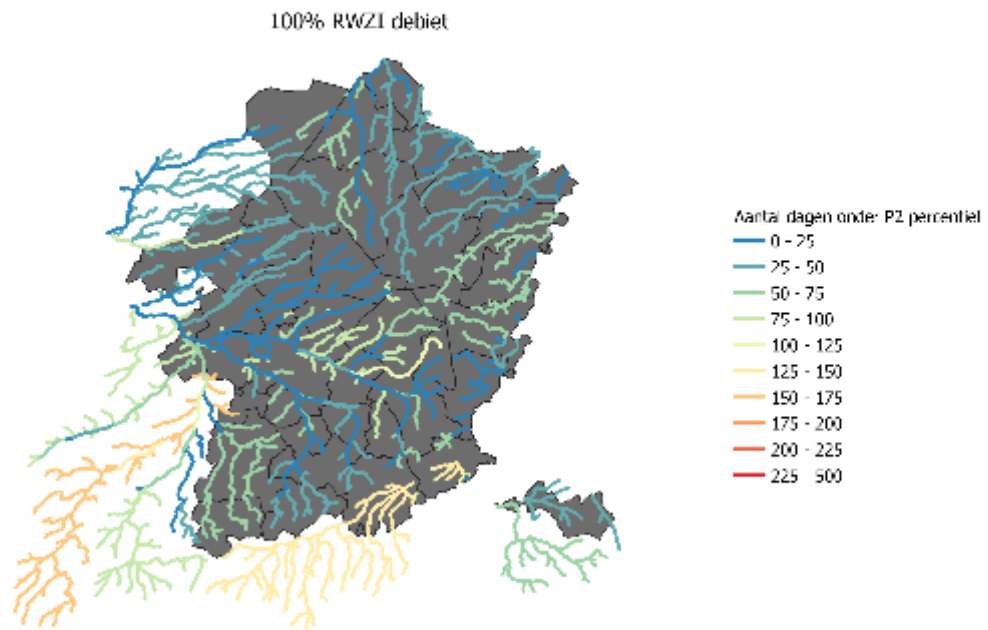
belangrijk is, maar voornamelijk de verandering van kleur onder een bepaald scenario, bij eenzelfde percentiel. 2- en 6-percentielwaarden werden beschouwd.



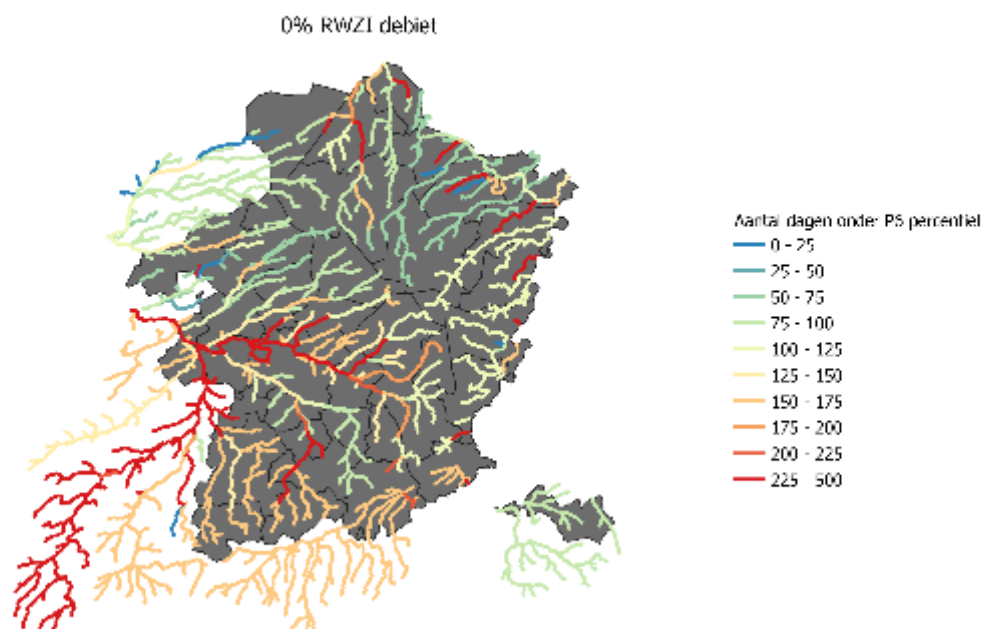
Figuur 131: Aantal dagen dat het debiet zich in een 'droge periode' onder de 2-percentielwaarde bevindt voor het scenario RWZI_0.



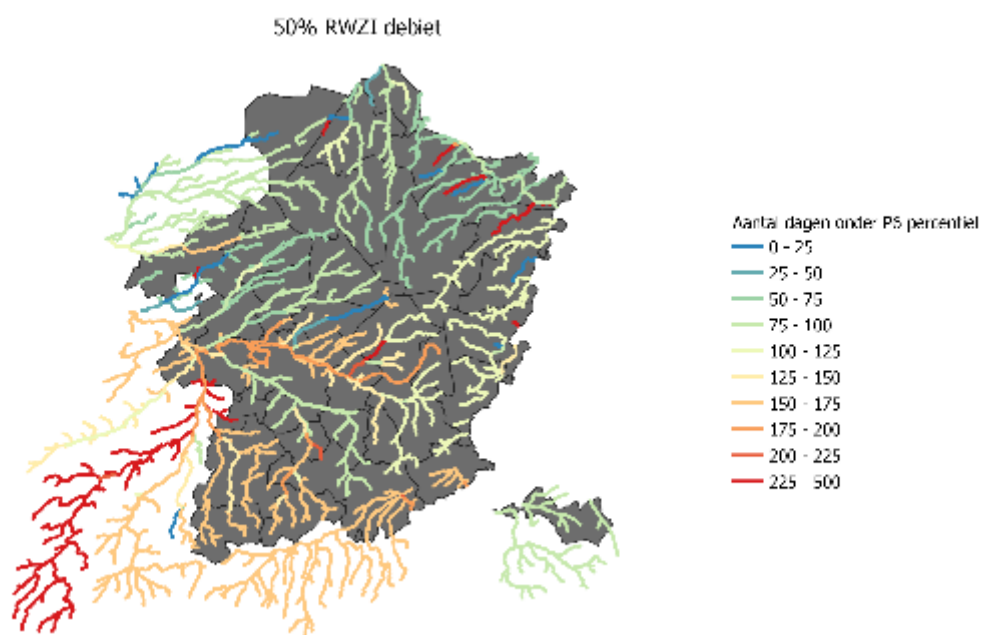
Figuur 132: Aantal dagen dat het debiet zich in een 'droge periode' onder de 2-percentielwaarde bevindt voor het scenario RWZI_50.



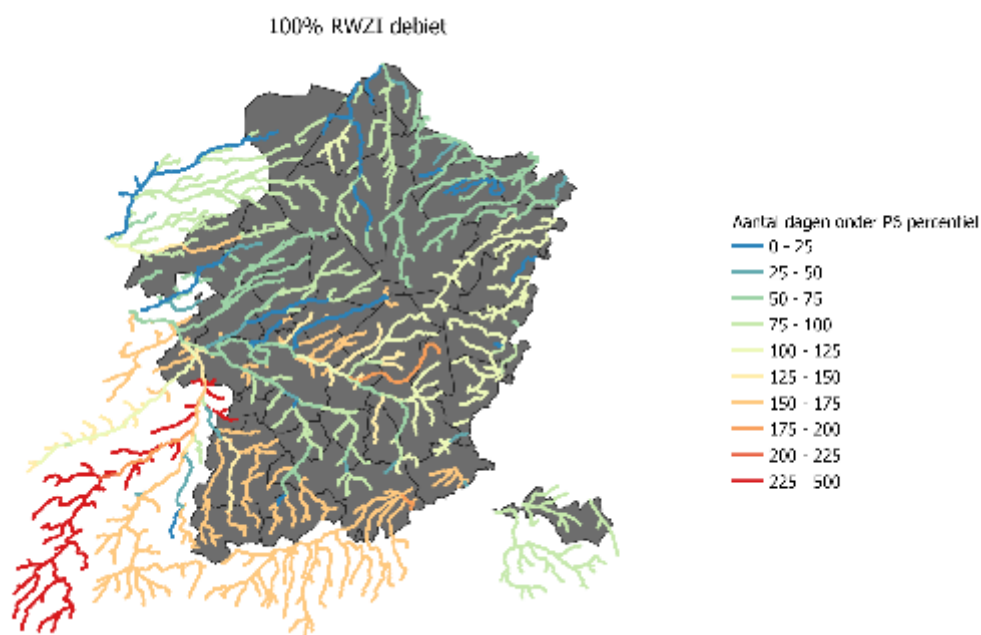
Figuur 133: Aantal dagen dat het debiet zich in een 'droge periode' onder de 2-percentielwaarde bevindt voor het scenario RWZI_100.



Figuur 134: Aantal dagen dat het debiet zich in een 'droge periode' onder de 6-percentielwaarde bevindt voor het scenario RWZI_0.



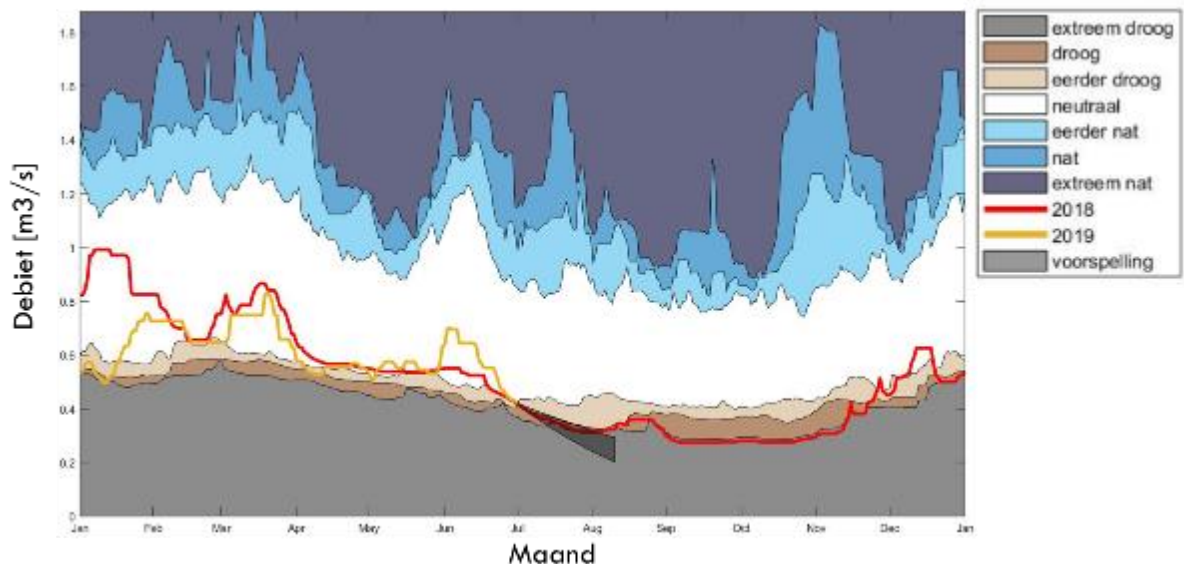
Figuur 135: Aantal dagen dat het debiet zich in een 'droge periode' onder de 6-percentielwaarde bevindt voor het scenario RWZI_50.



Figuur 136: Aantal dagen dat het debiet zich in een 'droge periode' onder de 6-percentielwaarde bevindt voor het scenario RWZI_100.

De bovenstaande scenariodoorrekeningen laten toe om aan te geven in welke mate RWZI-effluenten kunnen onttrokken aan de oppervlaktewaters zonder dat de debieten hiervan riskeren ernstig verstoord te worden. Doorvertaling hiervan is gegeven onder 6.3.3.

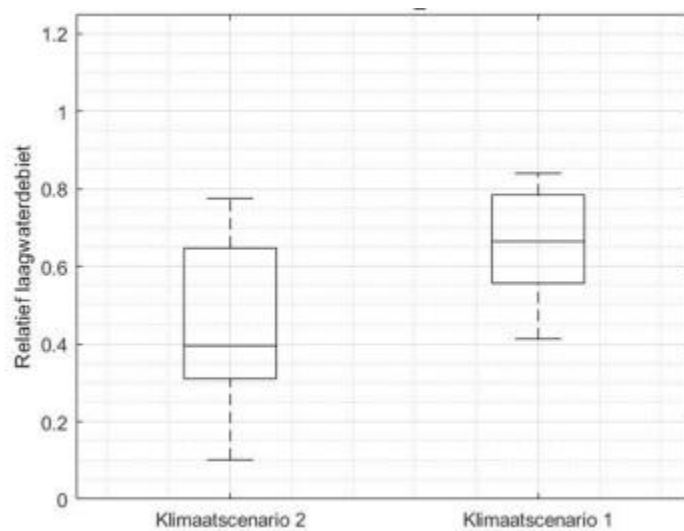
Een andere toepassing die tijdens de zomer van 2019 werd getest is het gebruik van het model voor real-time voorspelling. Wanneer de Provincie een abonnement zou nemen op het real-time ontvangen van de weersvoorspellingen van het KMI, kunnen deze doorgerekend worden in het oppervlaktewatermodel om voorspellingen te maken van de verdere evolutie in laagwaterdebieten in de komende dagen en weken. Omstreeks 1 juli 2019 werd dit getest; zie voorspellingsresultaat in Figuur 137 voor het debiet in de Melsterbeek te Rummen. De figuur toont via de grijze band het resultaat van de real-time voorspelling van de laagwaterdebieten voor de volgende 30 dagen. Omdat in dit geval enkel de weersvoorspellingen van het KMI beschikbaar waren voor de volgende 7 dagen, werd een pessimistische hypothese gemaakt en verondersteld dat de volgende 30 dagen volledig droog zouden blijven. Voor de verdamping werden een bandbreedte aan mogelijke temperaturen beschouwd, inclusief een pessimistisch scenario van extreme hitte.



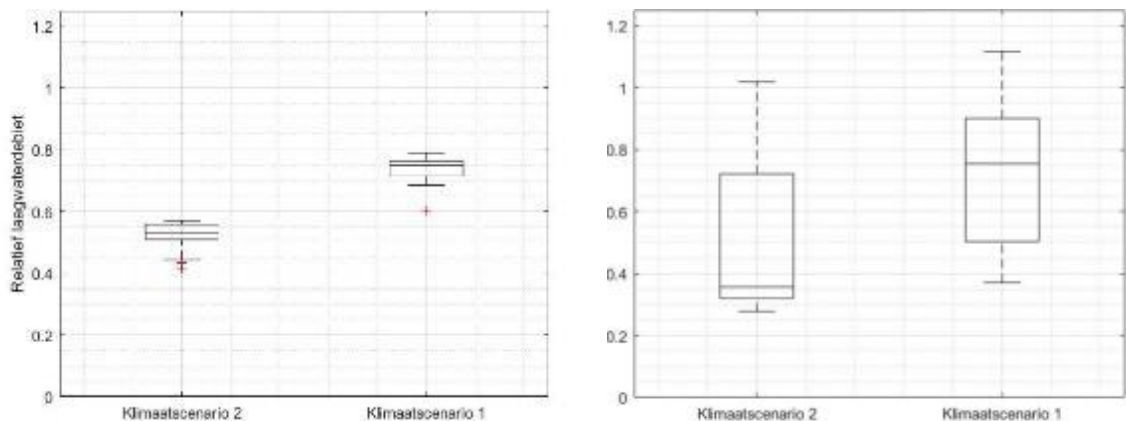
Figuur 137: Debiet van de Melsterbeek te Rummen: resultaat van de real-time voorspelling van de laagwaterdebieten op 1 juli 2019 voor de volgende 30 dagen (in dit geval waren enkel de weersvoorspellingen van het KMI voor de volgende 7 dagen beschikbaar; er werd een volledige droge periode van 30 dagen verondersteld, en een bandbreedte aan temperatuur/hitte/verdampingsscenario's).

Verder werden ook de klimaatscenario's doorgerekend. In Figuur 138 wordt als voorbeeld de impact op de laagwaterdebieten getoond voor klimaatscenario's 1 en 2. Voor het hoge impactscenario (klimaatscenario 2) is de relatieve verandering in het laagwaterdebiet gesitueerd tussen afgerond een daling met 20% en een daling met 90%. De mediaanwaarde van de daling is 60%, en het interkwartielbereik van 35% daling tot 68% daling. In Figuur 139 worden dezelfde typen impacts getoond voor twee andere locaties: de Demer te Hasselt en de Herk te Wellen. Hieruit blijkt dat de grootteordes van de mediaandaling ongeveer dezelfde zijn voor de meeste waterlooplocaties, maar dat de variabiliteit van jaar tot jaar sterk kan variëren van waterloop tot waterloop of van locatie tot locatie. Voor de grotere waterlopen en meer afwaartse locaties zoals de Demer te Hasselt is de variabiliteit kleiner als gevolg van het grotere opwaartse stroomgebied waardoor variaties gedempt (uitgemiddeld) worden. De omgekeerde geldt voor de kleine waterlopen of de stroomopwaarts gelegen locaties.

Voor de interpretatie van deze klimaatscenario's wordt verwezen naar deel 2.3.4 van dit rapport.



Figuur 138: Impact van de klimaatscenario's op de laagwaterdebieten in de Warmbeek te Achel: box-plots van de relatieve verandering van het laagwaterdebiet voor alle jaren van de simulatieperiode, voor klimaatscenario's 1 en 2.

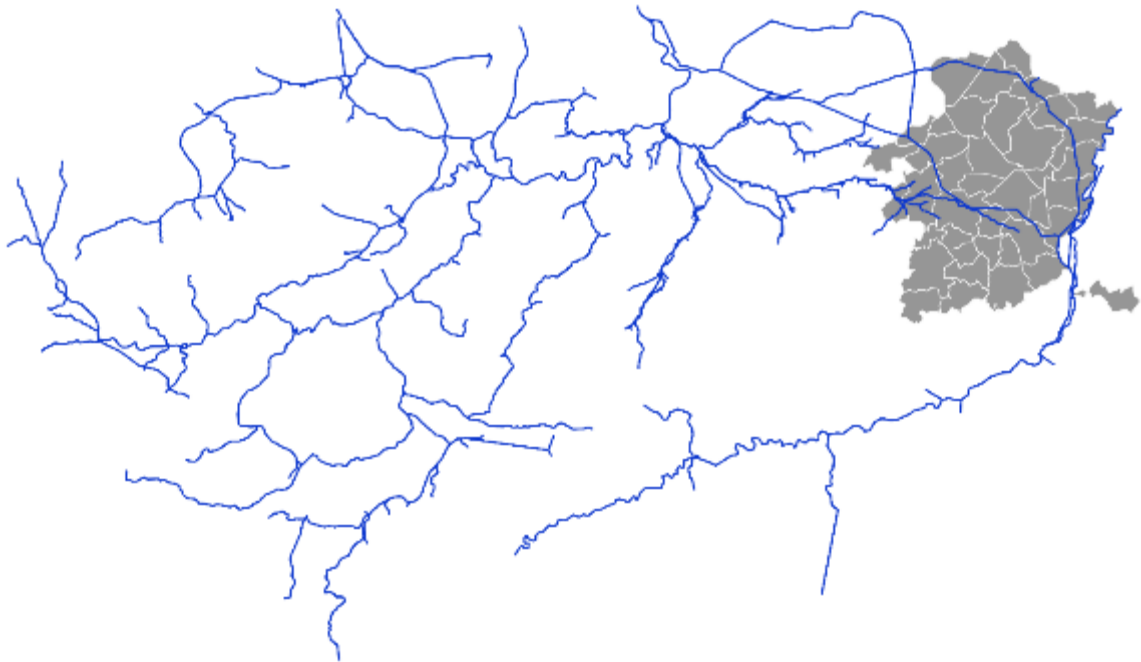


Figuur 139: Impact van de klimaatscenario's op de laagwaterdebieten in (links) de Demer te Hasselt en (rechts) de Herk te Wellen: box-plots van de relatieve verandering van het laagwaterdebiet voor alle jaren van de simulatieperiode, voor klimaatscenario's 1 en 2.

De verschillende voorbeelden geven aan dat de scenarioanalyse-mogelijkheden oneindig zijn. Het model kan zowel gebruikt worden om het effect van een set van maatregelen te evalueren, zowel bij reactief als proactief beheer, effectieve of zelfs optimale sets van maatregelen te bepalen, enz.

3.3.2 Bevaarbare waterlopen

Voor de bevaarbare waterlopen en kanalen die de provincie doorkruisen is een gelijkaardig waterbalansmodel opgemaakt. De bevaarbare waterlopen op het gebied van de Provincie Limburg bestaan uit de Maas, het Albertkanaal, de Zuid-Willemsvaart, het kanaal Bocholt-Herentals en hun onderlinge verbindingskanalen en aftakkingen. Ook de afwaartse loop van de Demer in Limburg is bevaarbaar maar deze wordt voor deze studie in het model van de onbevaarbare waterlopen beschouwd. Deze waterlopen staan verder in verbinding met een complex netwerk van rivieren en kanalen in Vlaanderen, Nederland, Wallonië en Noord-Franrijk. Een situering van dit complexe systeem ten opzichte van de Provincie, zoals gemodelleerd door de MIKE HYDRO Basin modellen van het Waterbouwkundig Laboratorium (zie verder) wordt geschetst in Figuur 140.



Figuur 140: Situering van de Provincie Limburg (grijs) ten opzichte van het netwerk van bevaarbare waterlopen en kanalen in Vlaanderen en de nabije omgeving.

Het Albertkanaal en de Zuid-Willemsvaart worden gevoed door de Maas. De wateraanvoer van deze rivier kan dus beschouwd worden als de opwaartse randvoorwaarde van het beschouwde watersysteem in Limburg. De Maas ontspringt in Frankrijk en stroomt België binnen in de Provincie Namen. Belangrijke zijrivieren in Wallonië zijn de Sambre en de Ourthe en het debiet wordt bepaald door een complexe interactie van verschillende stuwen, sluizen, waterkrachtcentrales en reservoirs (Pereira et al., 2016). Ter hoogte van Monsin (Luik) wordt er Maaswater afgeleid naar het Albertkanaal, onmiddellijk opwaarts van een waterkrachtcentrale en stuw met als functie het water op een streefpeil van 60 m TAW te houden. Hier vormt het eerste pand van het Albertkanaal dus een geheel met de Maas vanaf de stuw van Ivoz-Ramet in Wallonië. Water kan vanuit dit eerste pand terug de Maas bereiken langs de verschillende sluizen van Monsin, Haccourt-Visé en Lanaye (Ternaaien). Het Albertkanaal stroomt langs verschillende sluizen door naar Antwerpen. Verder afwaarts volgens de loop van de Maas kan er langs drie verschillende wegen water geleid worden naar de Zuid-Willemsvaart, alsook naar het Julianakanaal (Nederland), stroomt het water verder over de stuw van Borgharen en volgt het de natuurlijke loop van de Maas. De Zuid-Willemsvaart wordt onmiddellijk opwaarts van de sluis in Bocholt afgetakt door het kanaal Bocholt-Herentals. Afwaarts van sluis 3 in Mol staat dit kanaal in rechtstreekse verbinding met het pand Hasselt-Kwaadmechelen van het Albertkanaal. Een schematisatie van deze complexe verdelingsknoop Luik-Maastricht wordt gegeven in Figuur 141.

De waterverdeling over de verschillende aftakkingen wordt bepaald door een samenspel van deze verschillende hydraulische structuren, waarvan de operatie en het beheer onder verschillende (grensgebonden) overheden, bedrijven en agentschappen valt. Een benadering zou kunnen zijn om het instromend debiet naar het Albertkanaal te bepalen in functie van het opwaartse Maasdebiet. Deze aanname is echter een te grove vereenvoudiging, zoals ook aangetoond in Pereira et al. (2016). In werkelijkheid wordt het debiet naar een pand bepaald door een peildaling in dit pand, als gevolg van onttrekkingen door

watergebruikers en schuttingen aan de sluizen. Wanneer de daling te groot wordt, wordt er via de omloopriolen aan de sluizen water vanuit het opwaartse pand aangevoerd. De inname van water uit de Maas te Monsin wordt dus bepaald door de volledige afwaartse vraag. In periodes van onvoldoende aanvoer van water treedt het Maasafvoercontract in werking. Dit contract van 17 januari 1995 tussen Vlaanderen en Nederland legt vast welke fracties van het beschikbare debiet te Monsin voor Vlaams (Albertkanaal en Kempense kanalen) en Nederlands (Zuid-Willemsvaart en Julianakanaal) gebruik aangewend mogen worden:

- **Aanloopfase:** Maasdebiet tussen 100 m³/s en 60 m³/s. Maximaal Vlaams en Nederlands gebruik beperkt tot 25 m³/s.
- **Alarmfase:** Maasdebiet tussen 60 m³/s en 30 m³/s. Minimaal debiet van 10 m³/s dient gewaarborgd te worden over de stuw van Borgharen. Gemiddeld 32 dagen per jaar (Baetens et al., 2005).
- **Crisisfase:** Maasdebiet < 30 m³/s. Vlaams en Nederlands gebruik bedragen maximaal 1/3^e van het beschikbare Maasdebiet. Dit gebeurde in het recente verleden typisch gemiddeld 3 dagen per jaar (Baetens et al., 2005).

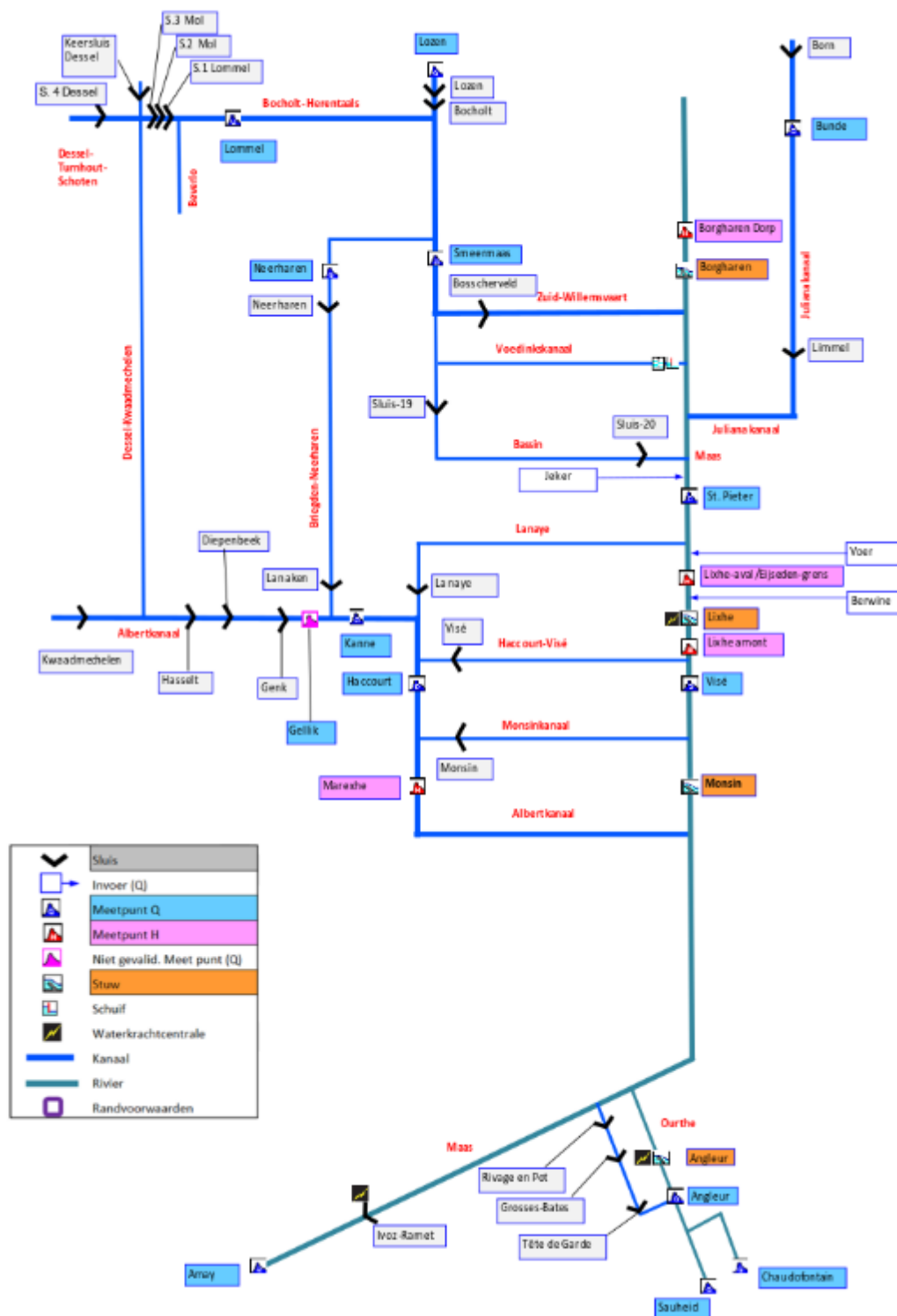
De watervraag zelf ontstaat uit de noden van de verschillende sectoren. In Baetens et al. (2005) wordt een overzicht gegeven van de verschillende onttrekkers per sector, met overzichtskaarten van hun ligging en ingeschatte debieten. Hier wordt kort overlopen over welke sectoren het gaat:

- **Scheepvaart:** Ten gevolge van het op- en afschutten van schepen wordt een volume water naar het afwaartse kanaalpand overgebracht, afhankelijk van de dimensies van de sluis en schepen en het aantal schuttingen. Daarnaast wordt water naar afwaartse panden geloosd om een bepaalde diepgang te verzekeren. Tenslotte dient een bepaald debiet in Antwerpen ter beschikking te zijn om zoutinvasie te vermijden.
- **Industrie:** Waterverbruik door industrie wordt aangewend voor o.a. productie van goederen, als koelwater, spoeling of bluswater.
- **Energie:** Voormalige elektriciteitscentrales (Langerlo en Donk) capteerden water als koelwater uit het kanaal. Daarnaast werden aan de sluizencomplexen Ham, Olen en Hasselt pompinstallaties gebouwd die de dubbele functie hebben de peilen te waarborgen, en bij overschotten groene stroom te genereren.
- **Landbouw:** Kanaalwater wordt onttrokken door verschillende irrigatiesystemen. De ligging van huidige bevoeiingen werden in kaart gebracht, maar de onttrokken volumes zijn niet bekend.
- **Drinkwaterproductie:** In Broechem wordt ruw water van het Albertkanaal gecapteerd voor productie van drinkwater door Water-Link. Ook de intercommunale Pidpa capteert kanaalwater, om grondwaterpeilen aan te vullen.
- **Natuur:** Verschillende natuurgebieden liggen onder invloed van de bevaarbare waterlopen in de Provincie, waar ze door middel van watervangen van water worden voorzien.
- **Recreatie:** De pleziervaart maakt gebruik van de sluizencomplexen en veroorzaakt zo een watervraag. Daarnaast gebruiken verschillende recreatiedomeinen en sportvelden water voor hun activiteiten (bv. irrigatie, vullen van vijvers, enz.)
- **Overige fluxen:** Waar het kanaal in ophoging ligt, kunnen waterverliezen optreden door infiltratie. Tijdens warme, droge periodes kunnen ook evaporatieverliezen belangrijk worden. Ten slotte zullen ter hoogte van de sluizen lekverliezen optreden.

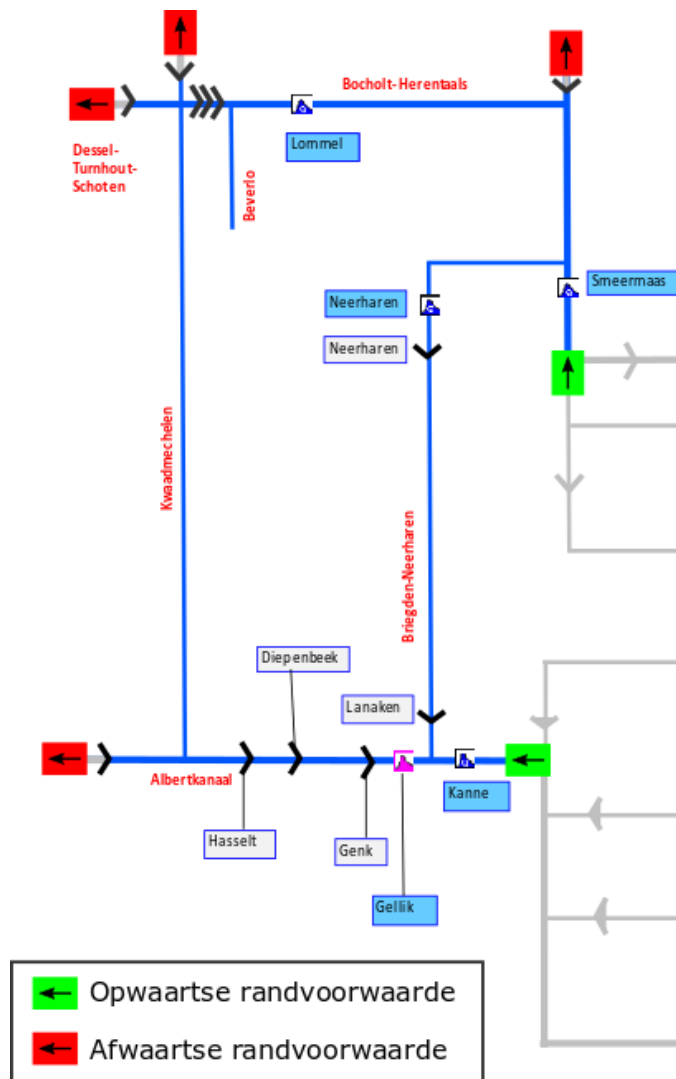
Daarnaast wordt er ook water geloosd op de kanalen:

- **Industrie:** Verschillende bedrijven lozen water op de kanalen in het studiegebied. Deze gegevens zijn beschikbaar gesteld door de VMM.
- **RWZI's:** De RWZI van Riemst loost op het Heeswater, welke afwatert naar het Albertkanaal.

Een modellering van de waterbalans op het niveau van de provincie Limburg beperkt zich tot het afwegen van de vraag en het aanbod van water in het Albertkanaal van Kanne tot Kwaadmechelen, De Zuid-Willemsvaart van Maastricht tot Lozen, het kanaal Bocht-Herentals vanaf Bocht tot Dessel en de onderlinge connecties tussen deze waterwegen. Een schematisatie van dit beperkte netwerk is weergegeven in Figuur 142.



Figuur 141: Algemene schematisatie van de verdelingsknoop Luik-Maastricht (Pereira et al., 2016).



Figuur 142: Schematisatie van het beschouwde netwerk van bevaarbare waterlopen en kanalen in de Provincie Limburg.

3.3.2.1 MIKE HYDRO Basin model

Het Waterbouwkundig Laboratorium heeft een operationeel waterbalansmodel opgebouwd van het stelsel van bevaarbare waterlopen en kanalen in Vlaanderen en omstreken, zoals weergegeven in Figuur 140. Het model heeft de Maas te Monsin als opwaartse randvoorwaarde en houdt rekening met de complexe interacties die er zijn aan:

- Albertkanaal - Maas: Monsin, Haccourt-Visé & Ternaaien;
- Albertkanaal - Zuid-Willemsvaart: Briegden-Neerharen;
- Zuid-Willemsvaart - Maas: sluis, voedingskanaal & basin;
- Albertkanaal - Kanaal Bocholt-Herentals: Dessel-Kwaadmechelen.

Het model deelt het netwerk op in reservoirs waaruit gebruikers debieten kunnen onttrekken of waarnaar opwaartse reservoirs of stroomgebieden water lozen. Dit model werkt met een tijdstap van 1 dag en kan zo inschatten hoe frequent en waar er tekorten optreden in de watervoorziening langsheen het netwerk.

Een eerdere versie van dit model maakte een vereenvoudiging van de complexe situatie van de verdelingsknoop Maas-Kanalen, door de meetreeks van Kanne als opwaartse randvoorwaarde te beschouwen. Aangezien deze zoals hierboven vermeld, bepaald wordt door de afwaartse watervraag, laat deze methode geen scenario-analyse toe. Om de sterke peildaling in het pand opwaarts van Genk in de zomer van 2011 te verklaren, werd een gedetailleerd hydrodynamisch Mike11-model opgemaakt. De modelleringsmethodologie en -resultaten van deze studie staan beschreven in Pereira et al. (2016).

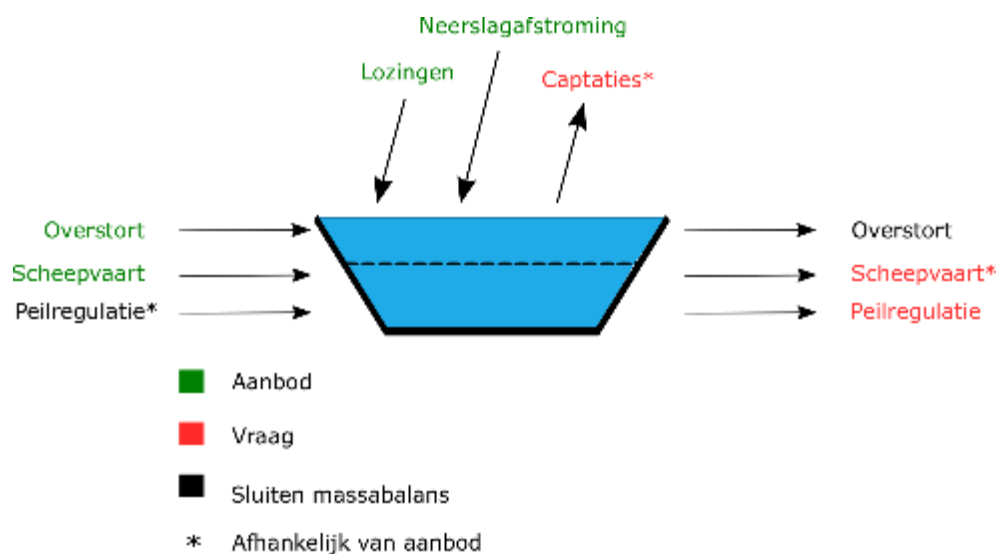
3.3.2.2 Conceptueel model kanalenetwerk

In deze opdracht werd een conceptueel waterbalansmodel opgebouwd voor het netwerk van kanalen in de Provincie zoals weergegeven in Figuur 3, inclusief de link met de Maas. Dit model is gebaseerd op enerzijds het bestaande MIKE HYDRO Basin model van het Waterbouwkundig Laboratorium en anderzijds de gegevens van De Vlaamse Waterweg. De randvoorwaarden zijn nu ter hoogte van Ternaaien en Maastricht aan de opwaartse zijde en ter hoogte van Kwaadmechelen, Dessel en Lozen aan de afwaartse zijde.

Het conceptueel model van de bevaarbare waterlopen simuleert de uitwisseling van water tussen verschillende kanaalpanden van bevaarbare rivieren en kanalen in Vlaanderen, Wallonië en Noord-Frankrijk. Het aanbod van water is afkomstig van neerslag, welke na afstroming via onbevaarbare waterlopen in het gebied de panden kan bereiken. Hiertoe werden hydrologische (NAM, PDM en VHM) modellen gekalibreerd aan de hand debietmeetreeksen. Naast neerslagafstroming is een kleiner deel van het wateraanbod afkomstig van lozingen op het oppervlaktewater. Water kan het systeem verlaten via verschillende oppervlaktewatercaptaties van bijvoorbeeld industrie en landbouw die water nodig hebben voor hun operationele werking. Een tweede manier waarop water uit het netwerk verdwijnt, is de uitstroom naar afwaarts, of lozen van gebruikers buiten het studiegebied. Uitwisseling van volumes tussen panden binnen het systeem gebeurt voornamelijk op basis van schuttingsdebieten ten behoeve van de scheepvaart, en het gebruik van omloopriolen en pompstations voor het handhaven van de streefpeilen op de verschillende panden.

De instroom in het model (dus de voeding vanuit de Maas) wordt gestuurd door de afwaartse vraag, maar rekening houdend met het Maasafvoercontract voor eventuele beperkingen.

Een schema van de waterbalans per kanaalpand wordt getoond in Figuur 143.



Figuur 143: Schematische voorstelling van de waterbalans op het niveau van één kanaalpand.

Water kan een kanaalpand binnenstromen wanneer:

- Het geloosd wordt door bijvoorbeeld industrie, RWZI's of andere.
- Een onbevaarbare waterloop uitmondt in het pand.
- Scheepvaartbewegingen van opwaartse panden naar het betreffende pand schuttingsdebieten veroorzaken.
- Overtollig water van opwaartse panden in het pand wordt geloosd.

Water zal uit het pand onttrokken worden door:

- Eventuele captatie van voornamelijk industrie of landbouw.
- Schuttingsdebieten van scheepvaart naar afwaartse panden.
- Een watervraag voor het handhaven van de streefpeilen in de afwaartse panden.

Deze waterbewegingen zullen een variatie van het waterpeil veroorzaken in het betreffende pand. Om de scheepvaart te verzekeren moet de volumebalans gesloten worden, welke oorzaak is van de volgende overige volume-uitwisselingen:

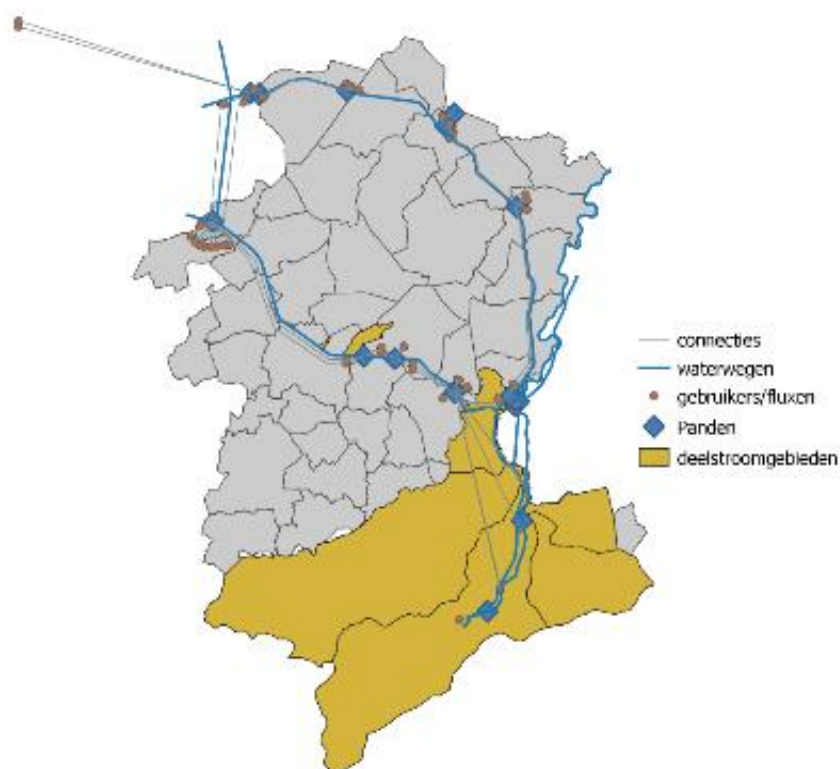
- Aanvoer van water naar het pand vanuit opwaartse panden bij een daling onder het streefpeil.
- Overstorten van overtollig water naar afwaartse panden bij een stijging boven het streefpeil.

De debieten die in het model worden gesimuleerd, zijn gebaseerd op een rondvraag bij de verschillende beheerders van de waterwegen, en zijn dus ook beschikbaar met verschillende periodes en resolutie. Neerslagafstroming wordt op dagbasis gemodelleerd, evenals lozingen van RWZI's, drinkwaterproductie en de schuttingsdebieten ten gevolge van de scheepvaart. Deze laatste werden bepaald op basis van datalogs van de scheepvaartbewegingen aan de verschillende sluizen. Overige captaties werden meestal aangeleverd per jaar. In het model werd enkel rekening gehouden met een vraag die representatief is voor 2013, om hiermee de mogelijke tekorten te kunnen identificeren, eerder dan de historische werking na te bootsten.

Om het model te actualiseren wordt momenteel data opgevraagd bij de verschillende beheerders van de waterwegen. Daarnaast worden ook neerslaggegevens en opwaartse debietmetingen verzameld. Van zodra deze verzameld zijn, kunnen de resultaten geactualiseerd worden t.e.m. 2018.

Voor het visualiseren en analyseren van de waterbalansen, werden de resultaten voor elk van bovenvermelde deelstromen en voor elk van de kanaalpanden die (gedeeltelijk) in de provincie gelegen zijn beschouwd (zie ook Figuur 144). Dit zijn:

- Albertkanaal panden 1 t.e.m. 4
- Maas vanaf de splitsing met het Albertkanaal in Monsin, tot het overgaan in de grensmaas vanaf de stuw van Borgharen
- Het kanaal Biegden-Neerharen
- De Zuid-Willemsvaart t.e.m. de sluis in Lozen
- Het kanaal Bocholt-Herentals tot de sluis in Dessel
- Het kanaal Dessel-Kwaadmechelen (dat 1 pand vormt samen met het 4e pand van het Albertkanaal en het eerste pand van het kanaal Dessel-Turnhout-Schoten)



Figuur 144: Overzicht van de panden in de waterbalans gerelateerd aan de bevaarbare waterlopen in Limburg.

De opwaartse randvoorwaarde wordt dus gevormd door het debiet dat aangevoerd wordt door de Maas te Monsin in Luik. De afwaartse randvoorwaarden zijn de gevraagde debieten naar het Julianakanaal en de Zuid-Willemsvaart in Lozen, welke voornamelijk door de scheepvaart worden bepaald, en de gevraagde debieten in de afwaartse panden van het Albertkanaal en de Kempische Kanalen, welke naast door de scheepvaart ook grotendeels door de drinkwaterproductie in Antwerpen worden bepaald. In totaal gaat het om 15 verschillende panden. Per kanaalpand kunnen er meerdere inkomende en uitgaande fluxen van hetzelfde type zijn. Zo werd er voor captaties een onderscheid gemaakt naar de bijhorende economische sector. Lozingen en captaties binnen eenzelfde sector werden wel geaggregeerd, maar de verdere opsplitsing naar het niveau van de individuele bedrijven is bekend.

Omdat captaties niet worden toegelaten wanneer het waterpeil een bepaalde drempel onder het streefpeil onderschrijdt, kan er een verschil bestaan tussen de gevraagde en de werkelijke uitgewisselde volumes. Uiteraard hangen ook de uitgaande debieten voor peilregulatie af van de beschikbare volumes in het pand, maar toch werden enkel de werkelijke volumes beschouwd voor de waterbalansanalyse en niet de gevraagde hoeveelheden, dit omdat dit geen watertekort veroorzaakt in het pand zelf, maar in het afwaartse pand. Bovendien werden ze al toegevoegd in de tabel van het afwaartse pand.

Ten slotte zijn er 4 fluxen benoemd onder 'uitzondering' omdat ze niet helemaal in de bovenstaande categorieën kunnen worden onderverdeeld. Dit zijn

- De voeding van het Julianakanaal, welke afhankelijk is van het Maasverdrag
- De voeding van de Zuid-Willemsvaart, welke eveneens afhankelijk is van het Maasverdrag
- De Voeding van het Albertkanaal ter hoogte van de splitsing met de Maas. Deze verdeling wordt berekend op basis van de afwaartse vraag langs het kanaal.
- De voeding van het kanaal Bocholt-Herentals, welke geïnterpreteerd kan worden als een flux ten behoeve van het handhaven van het streefpeil, maar welke op een andere manier berekend wordt in het model en hier dus apart staat.

3.4 Mijnwater en oppervlaktewater in mijnverzakkingsgebieden

De deelgemeenten Eisden en Leut van Maasmechelen zijn door historische steenkoolmijnbouw tot 7 m verzakt en hierdoor zijn de Vrietselbeek en Genootsbeek van stromingsrichting veranderd waardoor ze niet meer afwateren naar de Maas (Vansteelandt, 1984). De Dienst Mijschade plaatste pompinstallaties die het water wegpompen naar de Zuid-Willemsvaart (pompinstallatie Greven aan de Vrietselbeek) en naar de Maas (Peeters et al., 2004, Waterbouwkundig Laboratorium en Universiteit Antwerpen, 2005). Per jaar worden aanzienlijke hoeveelheden weggepompt. Dit water hoeft niet noodzakelijk gezien te worden als een verlies omwille van meerdere redenen. Ten eerste kan elders langs het kanaal water opgepompt worden voor irrigatie. Ten tweede kan het elders infiltreren waar de wanden van kanalen doorlaatbaarder zijn en zo wordt het grondwater gevoed (de doorlaatbaarheid van de Zuid-Willemsvaart is ongeveer $0.00167 \text{ m}^3/\text{s}$ per km (Jans, 1981)). Ten derde voedt het beken via overlopen langs het kanaal. Maar tijdens droge periodes zal er waarschijnlijk minder weggepompt worden en dus ook minder in het kanaal geloosd worden. Hier is meer info voor nodig. Een kilometer verder dan waar dit water in het kanaal wordt gepompt heeft de Vrietselbeek nog zijn natuurlijke loop en hier wordt er water van de Zuid-Willemsvaart weer in de Vrietselbeek gepompt.

Daarnaast heeft De Watergroep ondiepe putten in de alluviale aquifer in Eisden en Meeswijk voor drinkwaterproductie. In Eisden wordt dit gedaan sinds 1977 en in Meeswijk sinds 2014 (De Watergroep, 2019, persoonlijke communicatie). Dit voorziet bijna de helft van hun Limburgse klanten aan drinkwater (De Watergroep, 2019).

De mogelijkheden om het mijnwater te gebruiken voor diverse toepassingen hangt nauw samen met de kwaliteit van het water. Door drainage van de mijnterrils komt er sulfaat in het grondwater terecht en ook in de mijngangen zelf is er water met sulfaat (Peeters et al., 2004). Daardoor is niet al het water geschikt voor drinkwaterproductie (en andere toepassingen die een hoge waterkwaliteit vereisen), hoewel er opportuniteiten zijn voor bijvoorbeeld gebruik in sanitair en bedrijven (Peeters et al., 2004 en De Watergroep, 2019, persoonlijke communicatie). Uit eerdere studies bleek dat vele potentiële projecten niet economisch rendabel bleken. Dit komt onder andere door verschillen in de kwaliteit van het water dat in het kanaal gepompt wordt, het water dat voor drinkwaterproductie opgepompt wordt en het water in de mijnen (Peeters et al., 2004).

3.5 Regenwater bebouwde gebieden

De stedelijke waterhuishouding werd bestudeerd per zuiveringszone van een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). Dit liet toe om (in grootteorde) in te schatten wat de volumes hemelwater zijn die afstromen van de verharde oppervlakte, welke volumes zich bevinden in hemelwaterputten en wat het effect is van maatregelen rond het afkoppelen van verharding en het voorzien van infiltratievoorzieningen.

In een eerste stap werd ingeschat welke fractie van de landoppervlakte verhard is en aangesloten op de riolering van een zuiveringszone. Vervolgens werd per zuiveringszone een inschatting gemaakt van de beschikbare bronmaatregelen (hemelwaterputten). Ten slotte werd een eenvoudig conceptueel model van deze systemen gebruikt om de afgevoerde volumes en debieten te bepalen.

3.5.1 Inschatting verharde, afvoerende oppervlakte

De zonering- en uitvoeringsplannen van de VMM geven ruimtelijk aan in welke gebieden men verplicht is zich aan te sluiten op een bestaande riolering ('Centraal gebied' en 'Collectief geoptimaliseerd buitengebied'), in de toekomst aan te sluiten ('Collectief te optimaliseren buitengebied') of een individuele behandeling te voorzien. Via de eerste twee typen werd een inschatting gemaakt van de zone waarbinnen de verharding afwatert naar de riolering. Er werd verondersteld dat alle verharding aangesloten is op een gemengd stelsel. De rioleringsdatabank leert dat er wel al gescheiden stelsels aanwezig zijn, maar dat deze in de praktijk zeer zelden blijken af te wateren naar een waterloop, maar net afwaarts meestal aansluiten op een gemengd stelsel, wellicht in afwachting van een verder uitbreiding van het gescheiden systeem. De aangesloten verharding binnen deze gebieden werd ingeschat volgens twee methodes.

De eerste methode om de aangesloten verharding in te schatten maakt gebruik van de 'doorlaatbaarheidskaart' met een ruimtelijke resolutie van 5m. Deze kaart geeft de permeabiliteit van de bodem aan in %. Per rastercel wordt dit percentage vermenigvuldigd met 25m² om een benadering te krijgen van de verharde oppervlakte. Mogelijk leidt deze methode tot een overschatting van de aangesloten verharding omdat bijvoorbeeld ook private terrassen en parkeerplaatsen worden opgenomen, terwijl deze typisch afwateren naar naastgelegen doorlatende percelen. Ook de ruimtelijke resolutie lijkt nog vrij grof voor deze inschatting. Figuur 145 toont een voorbeeld van de doorlaatbaarheid voor een woonwijk in Limburg.



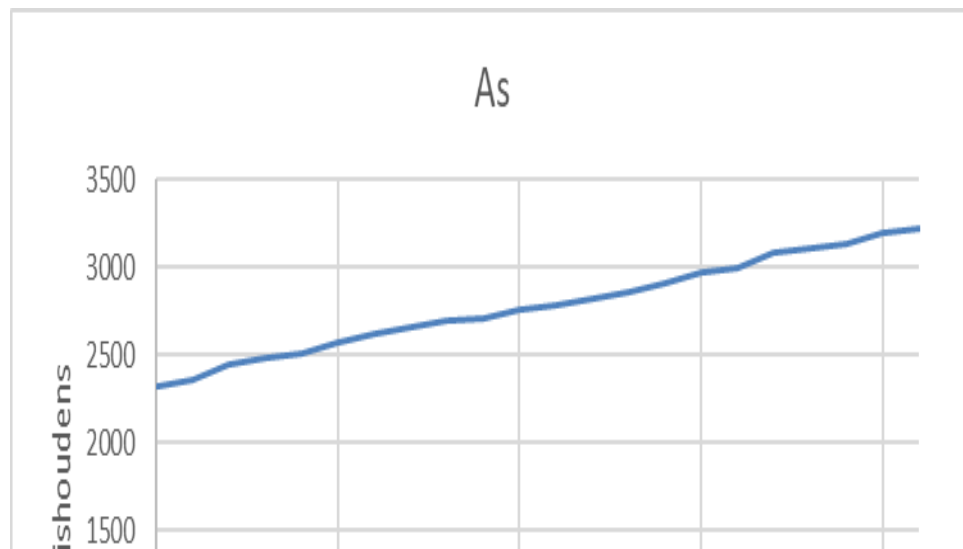
Figuur 145: Detail van de 'waterdoorlaatbaarheidskaart' welke per rastercel van 5m aangeeft hoeveel procent van de 'natuurlijke' doorlaatbaarheid werd behouden.

De tweede methode gaat uit van de veronderstelling dat alle wegen en gebouwen binnen de zones waarvoor er een riolering aanwezig is, ook aangesloten zijn op dit netwerk. Op die manier wordt getracht om het probleem van niet-aangesloten private verhardingen te omzeilen.

3.5.2 Inschatting beschikbaar volume in hemelwaterputten

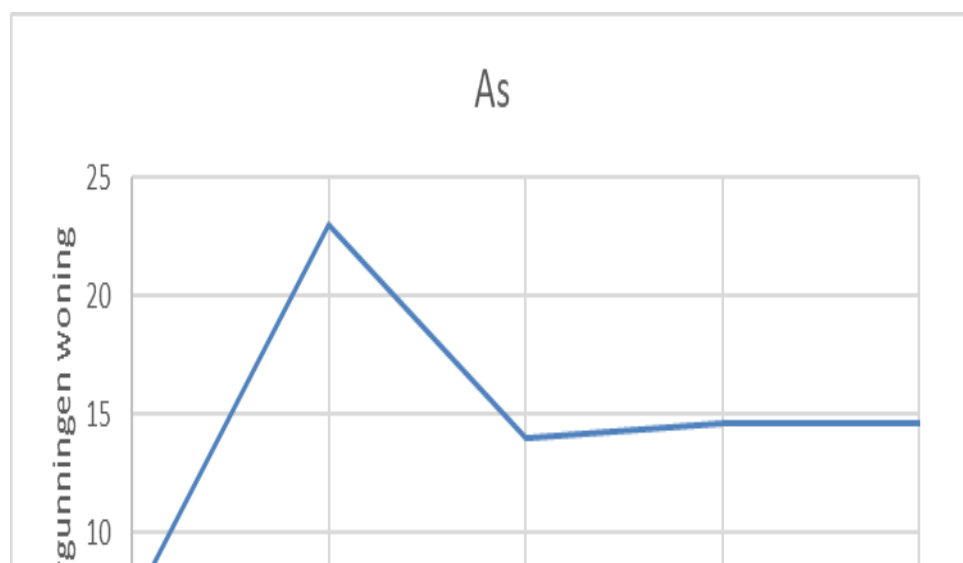
3.5.2.1 Methode op basis van cijfergegevens aantal huishoudens

Het aantal hemelwaterputten werd op twee manieren ingeschat, via een andere methode en andere gegevens vóór en na 2014. Vóór 2014 werd de inschatting gebaseerd op de bevraging die VMM in 2013 organiseerde (Vlaamse Milieumaatschappij, 2013). Die bevraging leert dat in Limburg 40% van de huishoudens over een opvangvoorziening van hemelwater beschikken. Hiervan zijn 62% ondergrondse regenwaterputten in beton of kunststof en 25% verplaatsbare of kleine regenwatertonnen. In 40% van de gevallen gaat het om voorzieningen met een capaciteit kleiner dan 6m³, in 40% van de gevallen gaat het om grotere voorzieningen, en 20% van de bevraagde huishoudens weet het niet. Het aantal huishoudens werd ingeschat via de gegevens beschikbaar op 'Provincie in cijfers'. Helaas worden die cijfers niet voor verschillende types woonwijken vrijgegeven. Dit laatste was nuttig geweest, want het percentage huishoudens met een hemelwaterput zal bijvoorbeeld in het stadscentrum anders zijn dan op het platteland. De grafiek hieronder toont een voorbeeld van inschatting van het aantal huishoudens voor de gemeente As.



Figuur 146: Aantal huishoudens in gemeente As ('Provincie in cijfers').

Vanaf 2014 wordt er per gemeente gearchiveerd voor hoeveel nieuwe eengezinswoningen er een bouwvergunning wordt verleend. Per vergunning wordt verondersteld dat er een hemelwaterput wordt aangelegd, dit conform de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening (GSV). Omdat het aantal vergunningen voor 2017 en 2018 nog niet zijn vrijgegeven, werd voor deze recente jaren het gemiddelde gebruikt van het aantal aangelegde hemelwaterputten in de drie voorgaande jaren (2014 – 2016). Het aantal hemelwaterputten zal in werkelijkheid groter zijn, omdat ook andere gebouwen voorzien zijn van een opvang; welke hier niet ingerekend zijn. De inschatting die hier gemaakt werd kan dus beschouwd worden als een ondergrens voor het volume beschikbaar voor regenwatergebruik. In de grafiek hieronder wordt voor het voorbeeld van de gemeente As het aantal bouwvergunningen voor vrijstaande eengezinswoningen getoond.



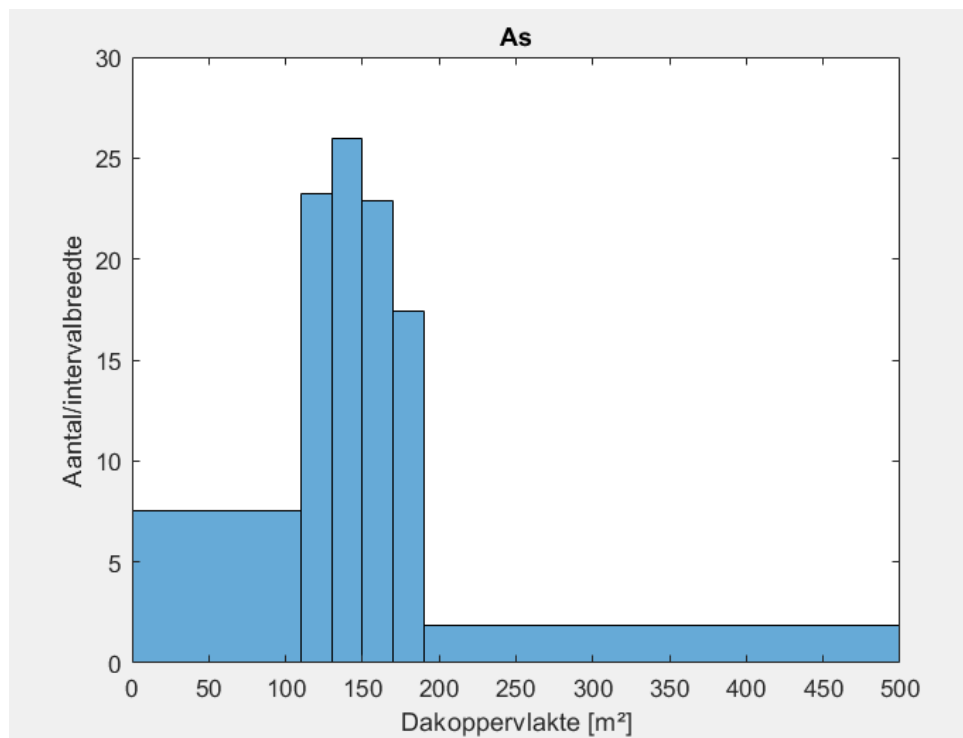
Figuur 147: Aantal bouwvergunningen voor vrijstaande eengezinswoningen in gemeente As ('Provincie in cijfers'). Jaren 2017 en 2018 zijn niet beschikbaar in de database en worden op basis van het gemiddelde voor 2014-2016 ingeschat.

Voor de gemiddelde grootte van de hemelwaterputten werd 5000 liter genomen, conform de minimumgrootte volgens de GSV. Per put wordt een afvoerende oppervlakte van 125 m² en een regenwatergebruik van 100 l/dag genomen. Dit gebruik kan binnen realistische grenzen gevarieerd worden om te onderzoeken hoe dit de waterbalans beïnvloedt. Voor het voorbeeld van de gemeente As werden also volgende inschattingen bekomen:

- Ingeschat aantal hemelwaterputten: 873
- Beschikbare buffercapaciteit: 4363 m³
- Totale afvoerende oppervlakte: 109 080 m²

3.5.2.2 Methode op basis van de GRB-databank

De GRB-databank van de Vlaamse overheid werd gebruikt om de door gebouwen ingenomen horizontale oppervlakte te berekenen. Om vertekening door grote industriële gebouwen, die eerder op een lokale buffer met vertraagde doorvoer worden aangesloten, te vermijden, werden oppervlakken binnen 'industriële zones' eerst verwijderd. Daarnaast werden enkel oppervlakken van type 'hoofdgebouw' beschouwd. Vervolgens werden deze oppervlakken ingedeeld volgens grootte: de VMM geeft in het technisch document bij de GSV een richtwaarde van 50 liter hemelwaterput per 1m² afvoerende oppervlakte, met een minimum van 5000 liter en een maximum van 10 000 liter. De grafiek hieronder toont voor het voorbeeld van de gemeente As het dichtheidshistogram van de oppervlakte van 'hoofdgebouwen' volgens de GRB-databank.

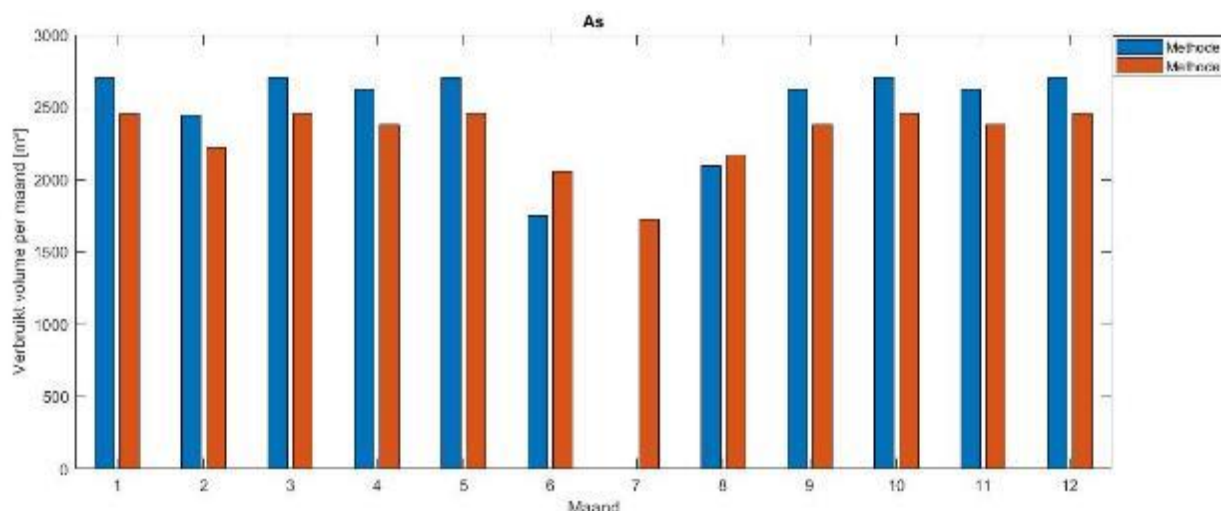


Figuur 148: Dichtheidshistogram van de oppervlakte van 'hoofdgebouwen' volgens de GRB-database in de gemeente As.

Deze aantallen werden vervolgens vermenigvuldigd met dezelfde fracties zoals hierboven ($\times 0.4 \times 0.62$). Wat het regenwatergebruik betreft, werd bij gebrek aan betere data dezelfde 100 liter per put per dag verondersteld. Het is immers niet zeker dat een grotere put op basis van de dakoppervlakte ook een groter regenwatergebruik kent. Voor het voorbeeld van de gemeente As werden op die manier volgende cijfers bekomen:

- Aantal putten: 792, maar verdeeld over putten van volumes 5, 6, 7, 8, 9 en 10 m³
- Beschikbare buffercapaciteit: 5735 m³
- Afvoerende oppervlakte: 117 133m²
- Per put draagt gemiddeld de volgende oppervlakte af: 80, 120, 140, 160, 180 en 245m².

Hieronder wordt een vergelijking getoond van het verbruikte regenwatervolume uit de hemelwaterputten, berekend volgens de twee methoden voor het jaar 2018. In de natte maanden, wanneer de putten allemaal vol zijn en er dus geen beperkingen zijn aan het verbruik, is het volume volgens methode 1 groter aangezien er simpelweg meer hemelwaterputten in rekening worden gebracht. In de droge zomer zal de kleine put droogvallen, maar hebben de grote putten nog voldoende water om aan de constante vraag te voldoen (zie ook verder).



Figuur 149: Ingeschat verbruikt volumewater uit hemelwaterputten in de gemeente As volgens de twee methodes.

3.5.3 Conceptueel model regenwateraanbod bebouwde gebieden

Om het regenwateraanbod in de bebouwde gebieden in te schatten, werd per zuiveringsgebied/rioleringsstelsel een vereenvoudigd conceptueel rioleringsmodel opgebouwd. De eerste stap hierbij is het inrekenen van initiële verliezen door middel van het simuleren van een oppervlakteberging van 2mm. Bovendien wordt een afvoercoëfficiënt van 0.8 toegepast, conform de aanbeveling in de code van goede praktijk voor toepassing bij continue simulaties met werkelijke neerslagreeksen. De gebruikte neerslag per zuiveringszone is eenvoudig ingeschat door met behulp van Thiessen-polygonen het dichtstbijzijnde meetstation te bepalen. Deze neerslag- en evaporatiereeksen worden na routing over het oppervlaktebergingsreservoir vermenigvuldigd met de aangesloten verharde oppervlakte, en gesplitst volgens de fractie van deze verharding die aangesloten is op hemelwaterputten. Hierbij wordt de tweede methode (zie hierboven) gebruikt: de resultaten van de twee methoden zijn gelijkaardig, zowel qua grootteorde van volumes als wat tijdsvariabiliteit betreft.

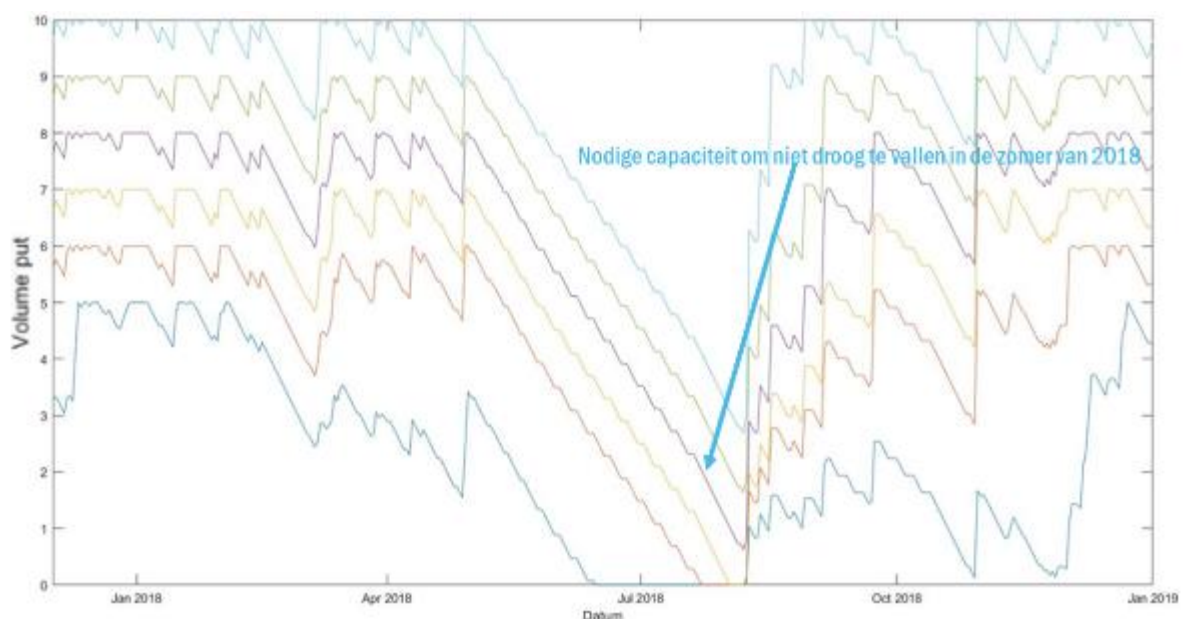
Na inrekenen van de hemelwaterputten (met een dagelijks verbruik van 100 liter) wordt hun overstortvolume weer bij het afstromende hemelwater van de aangesloten verharding zonder bronmaatregelen geteld. Hiertussen zit voor een bepaalde fractie van de hemelwaterputten nog een infiltratievoorziening. Deze fractie werd ingeschat op basis van het aantal bouwvergunning na 2014. Daarnaast kan ook een deel van de verharding zonder hemelwaterput aangesloten zijn op een buffer met vertraagde doorvoer of een infiltratievoorziening. Deze stap werd voorlopig niet geïmplementeerd, aangezien verwacht wordt dat de impact ervan op de volumes per zuiveringsgebied verwaarloosbaar zijn.

De twee deelstromen samen vormen de instroom van het rioleringsstelsel. Het stelsel zelf werd benaderend gemodelleerd via een conceptueel reservoirmodel, zoals ook toegepast in de studie “impact van de betonstop op rioleringen” door Sumaqua voor VLARIO. De uitstroom van het rioleringsstelsel bestaat uit enerzijds de afvoer naar de RWZI, maar ook uit overstortvolumes. Deze worden gefilterd door een veronderstelling te maken van de overstortfrequentie: er werd verondersteld dat de overstorten gemiddeld 10 keer per jaar in werking treden. Zo werd bepaald dat alle debieten onder het debiet met een voorkomingsfrequentie van 10 keer per jaar zullen doorstromen naar de RWZI. Alles daarboven wordt verondersteld over te storten. Uiteraard zal de precieze overstortfrequentie variëren per locatie.

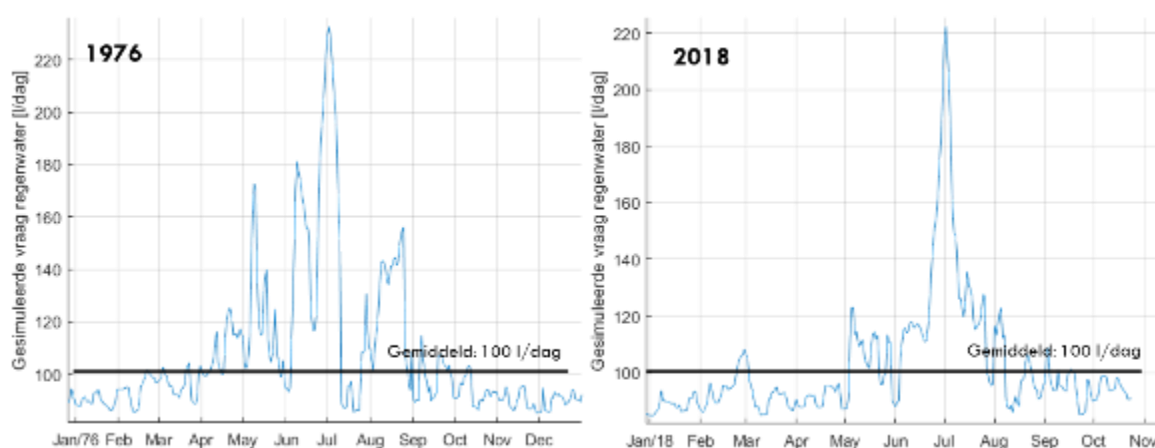
De fractie huishoudens die beschikken over een hemelwaterput wordt ingeschat op basis van de bevraging van de VMM (Vlaamse Milieumaatschappij, 2013). Zo werd bepaald welk volume hemelwater gebufferd kan worden en deels het systeem verlaat door regenwatergebruik. De impact van dat gebruik is echter beperkt, aangezien een groot aandeel van het hemelwater niet van daken, maar van wegen en andere verhardingen afstroomt.

3.5.4 Statistische analyse modelresultaten voor en na scenario's

In Figuur 150 wordt een voorbeeld van resultaat getoond van de simulatie van de hemelwaterputten in de Provincie. De figuur toont voor 2018 de tijdsevolutie van de vulling van verschillende hemelwaterputten met capaciteiten tussen 5000 en 10 000 liter. Er werd hierbij een effectieve toevoerende oppervlakte van 100 m² verondersteld per put, en een constant gemiddeld regenwatergebruik van 100 l/dag. Men zou het regenwatergebruik ook kunnen laten variëren met de weersomstandigheden, zodat het effect kan ingerekend worden van een verhoogd regenwatergebruik tijdens zeer warme zomerdagen. Figuur 151 geeft een voorbeeld van hoe het regenwatergebruik kan variëren in de tijd en dit voor twee extreem droge jaren (1976 en 2018). Deze tijdsvariatie werd ingeschat via de resultaten van een afzonderlijk onderzoek daarover van Sumaqua voor VMM (Wolfs & Willems, 2019). De simulatieresultaten in Figuur 150 geven aan dat – bij de veronderstelde gemiddelde dakoppervlakte en regenwatergebruik – een put met een capaciteit tussen de 7000 en 8000 liter nodig was om tijdens de droge zomer van 2018 net geen leegstand te hebben. Verder analyse, waarvan de resultaten staan samengevat in Figuur 152 geven aan dat de benodigde capaciteit van de hemelwaterputten zich situeert tussen de 6000 liter en de 9000 liter om voor de extreem droge zomer van 2018 net geen leegstand te hebben. De berekende benodigde capaciteit is hierbij afhankelijk van de gebruikte veronderstellingen: constant of weersafhankelijk regenwatergebruik, hellend of plat dak, zonder of met inrekening van oppervlakteberging (d.i. verlies aan afstromend regenwater van het dak, bv. verliezen voor bevochtiging of andere interceptie). Samengevat kan gesteld worden dat voor een gemiddeld GSV-dak en een gemiddeld regenwatergebruik een hemelwaterput met een capaciteit van 10 000 liter volstaat.



Figuur 150: Vulling van verschillende hemelwaterputten met capaciteiten tussen 5 000 en 10 000 liter voor elke dag in 2018, volgens een gemiddeld GSV-dag en een gemiddelde regenwatergebruik.



Figuur 151: Resultaten van het regenwatergebruiksmodel: tijdsvariabele regenwatervraag tijdens de extreme droge jaren 1976 en 2018.

	Constant hergebruik		Weersafhankelijk hergebruik	
	Zonder opp. berg.	Met opp. berg.	Zonder opp. berg.	Met opp. berg.
1921	10 m ³	21 m ³	14 m ³	25 m ³
1976	7 m ³	12 m ³	10 m ³	15 m ³
2017	5 m ³	9 m ³	6 m ³	10 m ³
2018	6 m ³	7 m ³	8 m ³	9 m ³
	Hellend dak	Plat dak		

Figuur 152: Benodigde capaciteit van de hemelwaterputten om bij constant of weersafhankelijk regenwatergebruik, bij hellende en platte daken, en zonder of met inrekening van oppervlakteberging, voor de extreem droge jaren 1921, 1976, 2017 en 2018 net geen leegstand te hebben.

4 Inventarisatie behoefte

4.1 Niet-technische samenvatting inventarisatie behoefte

De watervraag binnen de Provincie wordt begroot voor de belangrijkste sectoren: leidingwater, industrie, natuur, huishoudens, landbouw en recreatie. Waar mogelijk wordt een onderscheid gemaakt tussen de vraag voor grondwater en voor oppervlaktewater. Voor leidingwater, industrie en recreatie wordt voornamelijk gebruik gemaakt van informatie uit de grondwatervergunningen en leidingwaterproductiecijfers van de Watergroep.

Voor natuur is het niet mogelijk behoeftes op gelijkaardige wijze te kwantificeren zoals dit voor andere sectoren mogelijk is. Essentieel hier is de beweging van de waterpeilen. Daarom zijn de gevoelige gebieden binnen de Provincie in kaart gebracht, samen met peilbuizen binnen deze gebieden die de waterstand betrouwbaar weergeven. Voor deze peilbuizen kan met actuele peilmetingen de 'grondwater-index' berekend worden, die weergeeft of er op dat moment een problematische verdroging is.

Voor een aantal sectoren werd verdergaand de waterbehoefte in kaart gebracht. De watervraag vanuit irrigatie wordt op perceelsbasis berekend met een bodemwaterbalans voor de verschillende teelten en bodemtypes binnen de Provincie. Ook voor de irrigatie van de tuinen wordt een gelijkaardige berekening uitgevoerd. Er wordt ook voor een begroting gemaakt van de watervraag voor het wassen van auto's, en het vullen van zwembaden en siervijvers, en een aantal activiteiten in de recreatiesector. Uit deze inventarisatie komt o.m. naar voor dat alhoewel leidingwaterproductie, industrie en landbouw uiteraard het grootste deel van de watervraag uitmaken, het irrigeren van tuinen in droge zomers een niet onbelangrijk aandeel van de watervraag beslaat.

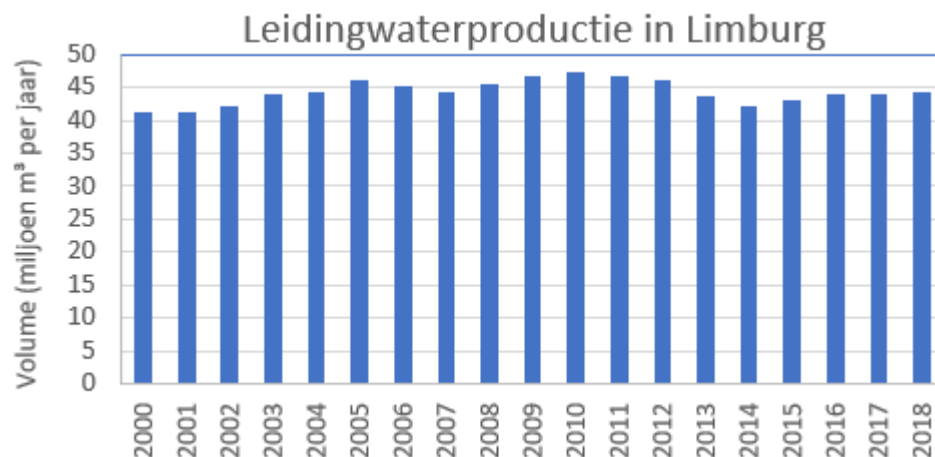
4.2 Leidingwater

4.2.1 Oppervlaktewater

Het gebruik van oppervlaktewater voor leidingwater is zeer beperkt, omdat hiervoor een hoge kwaliteit vereist is. Nog in kaart te brengen.

4.2.2 Grondwater

Het leidingwater in Limburg wordt geproduceerd door De Watergroep en zij leverden data omtrent de werkelijk opgepompte volumes. De watergroep heeft 26 productiesites in Limburg in dienst (De Watergroep, 2019, persoonlijke communicatie). De evolutie van de volumes opgepompt water ter productie van leidingwater is te zien in Figuur 153. De productie was redelijk stabiel tussen 2000 en 2017 en in 2017 werd er 44.4 miljoen m³ water opgepompt door De Watergroep. De grootste winningen zijn in Eisden en Meeswijk in de ondiepe alluviale aquifers. Deze waren goed voor respectievelijk 18% en 17.5% van de totale leidingwaterproductie in Limburg in 2017. Andere belangrijke winningen zijn in Lommel, Neerpelt, Wardwilder en Trekschuren, goed voor respectievelijk 12%, 7%, 5% en 4% van de winningen in 2017. De meeste winningen liggen in Zuid-Limburg en zijn voornamelijk in het Krijt aquifersysteem.

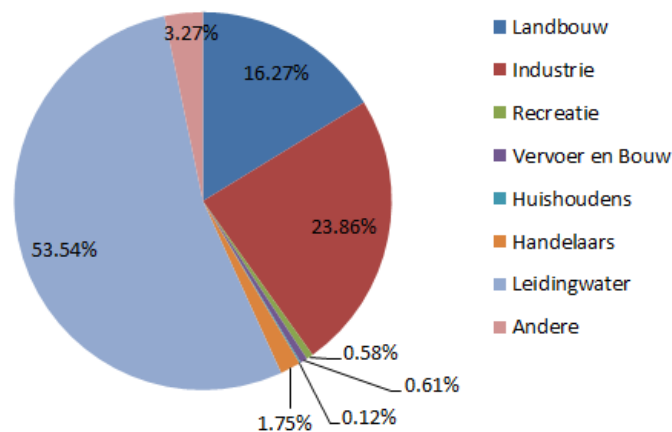


Figuur 153: Volumes leidingwaterproductie in Limburg door De Watergroep. Voor de winningen met periodes zonder data (Tongeren/Lauw II 2000-2008; Trekschuren 2000-2014 en Willekensmolen 2000-2014) is het gemiddelde van de beschikbare jaren genomen

Bron: De Watergroep, 2019, persoonlijke communicatie.

Uit data van de vergunningen voor het oppompen van grondwater die beschikbaar zijn via DOV is een herindeling gemaakt van de vele NACE-BEL sectoren in acht sectoren (industrie, landbouw, leidingwater, recreatie, vervoer en bouw, huishoudens, handelaars en andere). In deze data zitten de winningen in Eisden en Meeswijk niet inbegrepen, omdat de DOV data enkel de vergunningen bevat waar heffingen voor betaald moeten worden. Na het toevoegen van deze twee productielocaties (data van 2017) aan de vergunningen beschikbaar in het DOV (toestand 01/01/2018) blijkt dat ongeveer 53.5 % van het opgepompte grondwater in Limburg aangewend wordt voor leidingwaterproductie. Deze data is te zien in Figuur 154 voor alle vergunningen (plus de leidingproductie in Meeswijk en Eisden waar geen heffing op betaald moet worden) in Limburg.

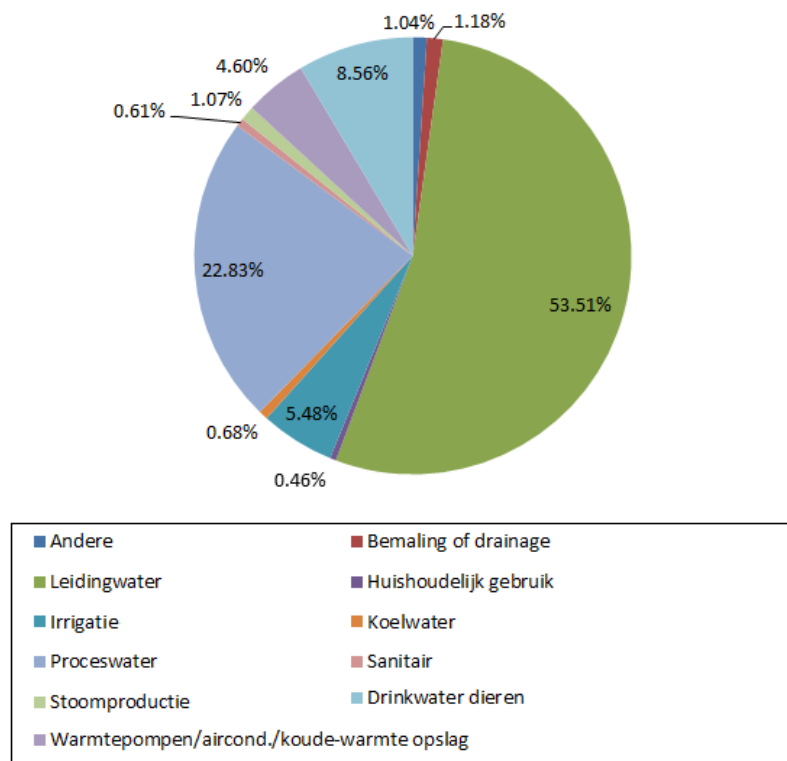
Bestemming vergunde debieten - sectoren



Figuur 154: Sectoren van de vergunningen voor oppompen van grondwater in Limburg - toestand op 01/01/2018. Ruwe data: DOV, 2019 en De Watergroep, 2019, persoonlijke communicatie.

Een tweede indeling is gemaakt op basis van de bestemmingen van de vergunningen. Bij vergunningen met meerdere bestemmingen is enkel met de belangrijkste rekening gehouden. De leidingwaterproductie in Eisden en Meeswijk is hier ook aan toegevoegd. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 155. De indeling in sectoren en bestemmingen komt niet altijd overeen omdat in de ruwe data de NACE-BEL sector niet altijd overeenkwam met de bestemming.

Toepassingen vergunde debieten in Limburg



Figuur 155: Toepassingen van de vergunningen voor oppompen van grondwater in Limburg - toestand op 01/01/2018.
 Ruwe data: DOV, 2019.

4.3 Industrie

4.3.1 Oppervlaktewater

Oppervlaktewater wordt voornamelijk gebruikt in processen die geen water van hoge kwaliteit vereisen. Wanneer het gaat om koelwater keert dit water terug na gebruik. Dit wordt meer in detail ingebouwd in het oppervlaktewatermodel van de bevaarbare waterlopen.

4.3.2 Grondwater

In Figuur 154 zijn de vergunningen voor het oppompen van grondwater ingedeeld per sector. 23.9% van de vergunningen zijn voor gebruik in de industrie. Het meeste hiervan is bestemd voor proceswater. Andere bestemmingen zijn warmtepompen, airconditioning en koude-warmte opslag, voor stoomproductie en voor koelwater.

4.4 Natuur

Waterverbruik bij natuur is veelal passief. In de zin dat de meeste natuurgebieden niet geïrrigeerd of bevoeid worden, maar enkel gebruik maken van water afkomstig van regenval en aanwezig grondwater. Veel natuurgebieden zijn gelegen in riviervalleien en hun vegetaties zijn sterk afhankelijk van de grondwaterstand. Enkele natuurgebieden zoals de Wijers en de vloeiwedestelsystemen, kennen wel bevoeiing met oppervlaktewater en hebben daar hun specifieke vegetaties aan te danken.

Natuur in Limburg is zeer verscheiden en hangt ook op verschillende manieren af van water. Binnen deze studie onderscheiden we grofweg drie relaties tussen natuur en water, nl. regenwater-afhankelijke natuur (infiltratiegebied en vennen), grondwaterafhankelijke natuur (randen van infiltratiegebied, beekvalleien en oppervlaktewater dat afhangt van de grondwaterstand) en ten slotte oppervlaktewaterafhankelijke natuur (vloeiwedestelsystemen en Wijers).

Hoewel hier het onderscheid wordt gemaakt tussen regen-, grond- en oppervlaktewaterafhankelijke natuur staan deze systemen in werkelijkheid met elkaar in contact. Water dringt in de bodem ter hoogte van infiltratiegebied, komt dicht onder het maaiveld afhankelijk van de watervoerende lagen en topografie en komt uiteindelijk aan het oppervlak om via beken en rivieren weg te stromen naar zee. Welke vegetaties uiteindelijk voorkomen hangt behalve waterkwaliteit ook af van andere factoren zoals waterkwaliteit (eutrofiëring, zuurtegraad...), bodemtype en beheer (maaien, plaggen, of autonoom laten ontwikkelen...).

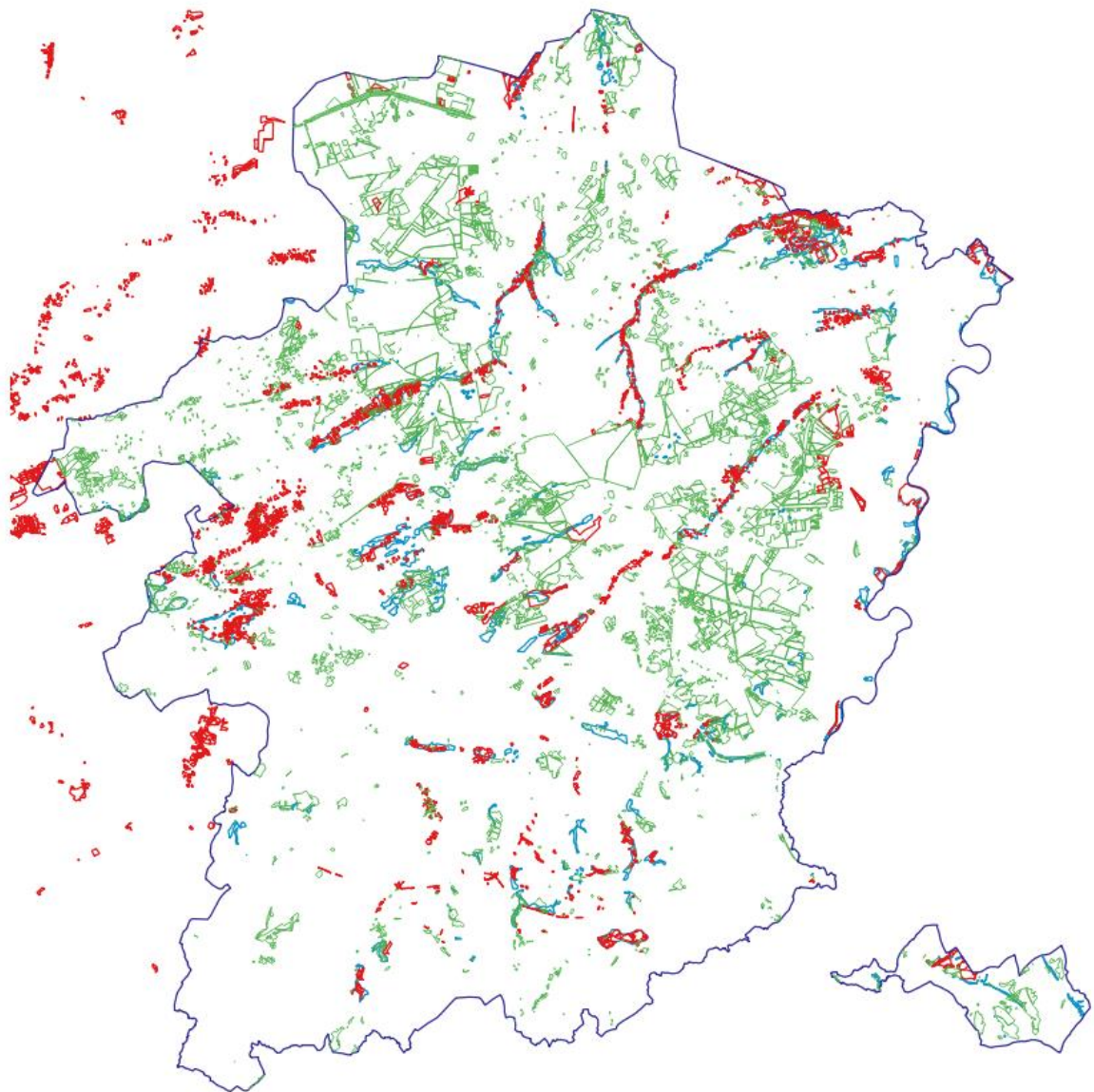
Er is ook een belangrijk verschil tussen de Kempen en Haspengouw en Voeren, omdat deze streken elk een zeer verschillende hydrologie kennen. De Kempen bestaan voornamelijk uit zand dat een watervoerend systeem vormt. De hydrologie hangt er vooral af van de topografie: infiltratie in hoger gelegen delen en opwelling van kwelwater waar het maaiveld lager komt dan de grondwatertafel. Haspengouw en Voeren bestaan uit een complex van klei-, leem-, zand- en mergellagen die dagzomen of bedekt zijn met een laag leem van enkele meters dik. De infiltratiegebieden staan of in contact met freatische lagen of zijn geïsoleerd en weinig gebufferd, waardoor ze in het laatste geval snel reageren op klimatologische veranderingen.

De focus van dit onderzoek ligt voornamelijk op grondwater- en oppervlaktewaterafhankelijke natuur. Regenwaterafhankelijke natuur hangt voornamelijk af van klimatologische omstandigheden zoals regenval en verdamping, zodat een kortetermijnbeleid bij droogte weinig soelaas kan bieden. Enkel langetermijnbeleid en een urgent klimaatbeleid zijn zinvol om mogelijke schade aan deze vegetaties en bijhorende fauna te verminderen.

4.4.1 Inventarisatie natuurgebieden

Beschouwde gebieden (Figuur 156) zijn

- erkende natuurgebieden (onder beheer van instellingen zoals Natuurpunt of Limburgs landschap vzw),
- gebieden onder beheer van het Agentschap voor Natuur en Bos
- en habitatrichtlijngebieden (waar volgens de Europese habitatrichtlijn maatregelen moeten genomen worden ter behoud en herstel van Europese habitats; deze gebieden kunnen overlappen met bestaande natuurgebieden).



Figuur 156: (links) Erkende natuurgebieden (rood), natuurgebieden in beheer van ANB (groen), en grondwaterafhankelijke habitatrichtlijngebieden (blauw) gelegen in de provincie Limburg.

4.4.2 Regenwaterafhankelijke natuur

4.4.2.1 Infiltratiegebied

Waar regenwater de ondergrond indringt, spreekt men van infiltratiegebied. Het gaat meestal over hoger gelegen gebieden waar water makkelijk doordringt (zand, zandleem, leem) en die in contact staan met een watervoerende laag in de ondergrond. Welke vegetaties hier voorkomen hangt af van het vochthoudend vermogen van de bodem en niet van de grondwaterstand. Op het Kempisch plateau bijvoorbeeld worden daarom voornamelijk droge heide vegetaties aangetroffen, omdat het zand weinig water kan vasthouden.

In Haspengouw en Voeren is de situatie complexer, minder goed gekend en niet zomaar te veralgemenen. Het kan bijvoorbeeld gaan over leembodems of kalkrijke leem die een goed waterhoudend vermogen hebben en de vegetaties lang van vocht kunnen voorzien, hoewel de grondwatertafel lager ligt. Op deze plaatsen kunnen bijvoorbeeld loofbossen en graslanden teruggevonden worden. Een ander voorbeeld is het voorkomen van geïsoleerde hooggelegen plaatsen waar Tertiair zand dagzoomt en ligt op een niet-watervoerende kleihoudende laag. Deze plaatsen vormen kleine infiltratiegebieden met kwel aan de flanken. Bij achterblijvende regenval drogen deze koppen snel uit, waardoor de kwel wegvalt wanneer de grondwatertafel zakt.

4.4.2.2 Vennen

Vennen zijn hooggelegen gebieden die afgesloten worden door een niet-watervoerende laag en losgekoppeld zijn van diepere freatische lagen. Omdat het grondwater niet verder kan doordringen of weglopen ontstaan er vennen waar de topografie iets lager ligt en het maaiveld de grondwatertafel snijdt. Voorbeelden zijn onder andere het Zwartven, Turfven en Ruiterskuilen ten westen van Opglabbeek, het Pijnven en 't Plat en delen van het militair domein Schietveld Houthalen-Helchteren. De peilen in deze vengebieden en vennen worden enkel bepaald door het actuele neerslagoverschot.

4.4.3 Grondwaterafhankelijke natuur

Randen van infiltratiegebied

Waar de topografie de watertafel van het infiltratiegebied snijdt ontstaan kwelgebieden waar water uit de ondergrond, al dan niet onder druk, ter hoogte van het maaiveld opwelt. Zeer duidelijke voorbeelden zijn te vinden aan de randen van het Kempisch plateau; in het oosten: de bron van de Asbeek, Ziepbeek en Neerharenheide die allemaal vochtige vegetatie zoals dopheide, gagel en broekbossen huizen; in het westen: de randen van militair domein kamp Beverloo waar dopheide en elzenbroekbos te vinden zijn. In Haspengouw en Voeren gaat het over verschillende versnipperde kwelgebieden die worden aangeduid met plaatsnaam 'Broek' of 'Beemd', vaak, maar niet altijd, in beekvalleien.

Beekvalleien

Beekvalleien vormen insnijdingen in het landschap en worden gevoed door grondwater. Niet alleen aan de bron, maar in vele gevallen ook aan de onderzijde van valleiwallen sijpelt kwelwater de vallei in. In de doorsnede van de vallei vinden we verschillende vegetaties terug. Bovenop het plateau liggen vaak weinig-grondwatergevoelige vegetaties zoals graslanden. Waar het grondwater dicht bij het maaiveld komt ontwikkelen vochtminnende vegetaties zoals broekbossen, vochtige graslanden zoals zilverschoongraslanden en ruigtevegetaties als moerasspirea. Onderin de vallei waar de constante aanvoer van kwel en beekwater zorgt voor een altijd hoge grondwatertafel ontwikkelen vegetaties zoals veen, zegge- en dotterbloemgraslanden die voorkomen bij een altijd hoge grondwatertafel. In de beek zelf worden vegetaties zoals fonteinkruid en vlottende waterranonkel teruggevonden. Voorbeelden zijn de Abeek- en de Bosbeekvallei in de Kempen en de Demer- en Herkvallei en in Haspengouw.

Oppervlaktewater (vijvers en poelen) afhankelijk van de grondwaterstand

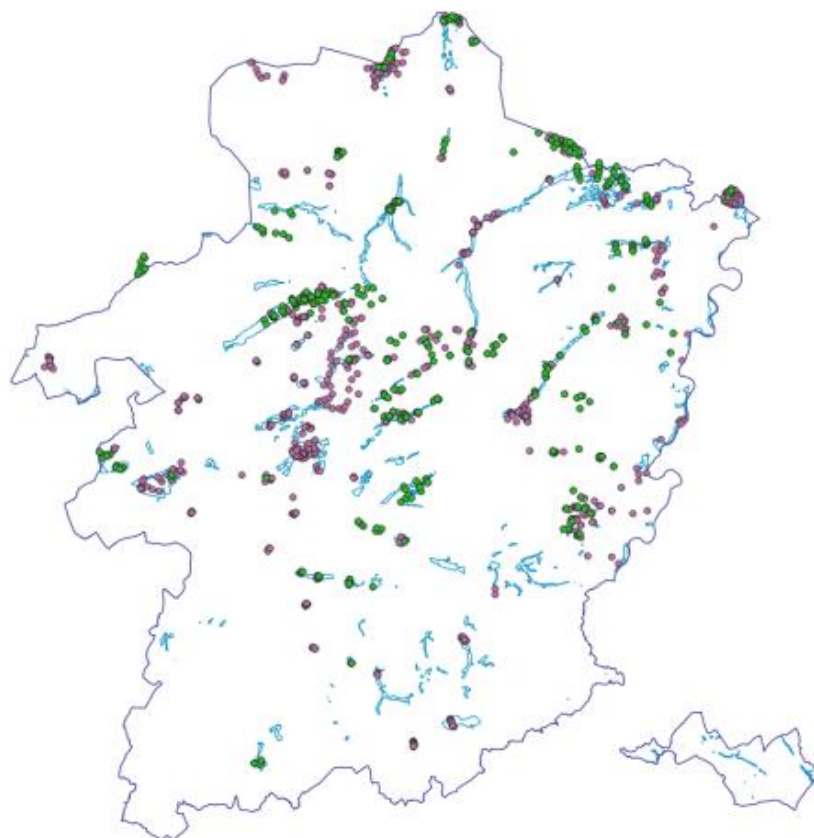
In laaggelegen gebieden zoals bijvoorbeeld riviervalleien, maar ook bijvoorbeeld diepe putten die de grondwatertafel snijden, ontstaan poelen en vijvers. Die zijn vooral belangrijk voor stilstaande water-vegetaties, waterfauna en amfibieën. Wanneer de grondwatertafel sterk zakt kunnen deze poelen droog komen te staan, wat nefast is o.m. voor de voortplanting van verschillende insecten en amfibieën.

4.4.3.1 Indicatoren droogte

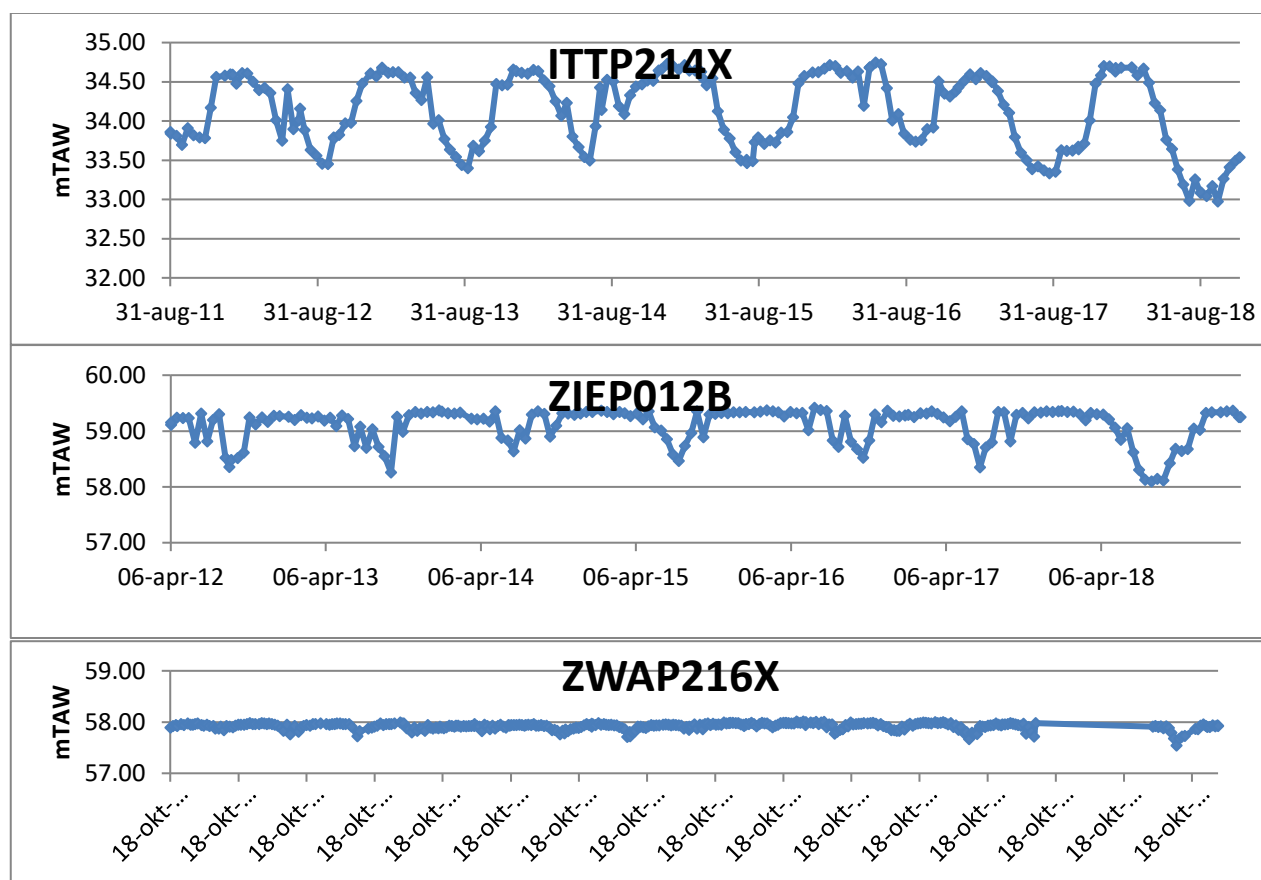
In verschillende natuurgebieden liggen peilbuizen die tijdelijk of permanent opgevolgd worden. Deze peilbuisdata zijn vrij beschikbaar via de Watina-databank van het INBO. Deze data worden ingegeven door terreinbeheerders of vrijwilligers, vooraleer deze metingen vrijgegeven wordt, moeten ze door het INBO gevalideerd worden. Momenteel is het INBO bezig de peilbuisdata van Limburg aan te vullen. In Figuur 157 staat een geografisch overzicht van het voorkomen van peilbuizen in Limburg. Er werd informatie verzameld over 1429 peilbuizen.

Afhankelijk van de ligging van de peilbuis en de hydrologie van het omliggende gebied, gedraagt het grondwater zich verschillend. Om data te interpreteren afkomstig van verschillende peilbuizen te kunnen interpreteren in het kader van droogtebeleid werd een grondwater-index opgesteld op basis van de karakteristieke grondwaterstanden 'gemiddeld hoogste grondwaterstand' (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG).

De gemiddeld hoogste (*laagste*) grondwaterstand is gedefinieerd als: "het gemiddelde van de drie hoogste (*laagste*) grondwaterstanden (GH3) in de winter(*zomer*)periode over tenminste 5 jaar bij kleine variatie tussen GH3 en LG3 en over 8 jaar bij grote variatie tussen GH3 en LG3. Het is maat voor het hoogste (*laagste*) grondwaterniveau in een normale winter (*zomer*). (van der Veen et al., 1994)



Figuur 157: Peilbuizen in natuurgebieden ontsloten via de Watina-databank (INBO, 2019a). Groen: peilbuizen die bemeaten worden, paars: bestaande peilbuizen die niet bemeaten worden.



Figuur 158: Tijdsreeksen van een peilbuis uit de Itterbeekvallei, de Ziepbeek en de Zwarte beek.

De grondwaterindex werd ontwikkeld binnen dit kader droogtebeleid in Limburg om de verschillende peilbuizen in Limburg op een uniforme manier te interpreteren. Afhankelijk van de ligging en de hydrologie kan het water enkele meters tot enkele centimeters schommelen. Daarom wordt deze methode voorgesteld om peilmetingen gestandaardiseerd weer te geven.

De grondwaterindex wordt als volgt berekend :

$$\text{grondwater-index} = \frac{G_{\text{act}} - GLG}{GHG - GLG}$$

met G_{act} : de actuele grondwaterstand

met GLG : de gemiddeld laagste grondwaterstand

met GHG : de gemiddeld hoogste grondwaterstand

Wanneer G_{act} gelijk is aan de gemiddeld hoogste grondwaterstand (gemiddelde winterstand in een 'normaal' jaar), is de grondwaterindex 1. Wanneer de G_{act} gelijk is aan de gemiddeld laagste grondwaterstand (gemiddelde zomerstand in een 'normaal' jaar) in een normaal jaar, is de grondwaterindex 0. Tijdens normale jaren zullen de peilbuismetingen meestal tussen 1 en 0 liggen. In drogere jaren zakt de grondwaterstand onder de gemiddeld laagste grondwaterstand en is de grondwaterindex negatief.

De grondwater-index kan voor alle peilbuizen berekend worden, ongeacht hun ligging, als de GHG en GLG bepaald kunnen worden. Dit vraagt dus opvolging van de peilbuis gedurende minstens 5 jaar bij kleine peilschommelingen en 8 jaar voor grote peilschommelingen.

Indeling in klassen en gevoeligheidsanalyse

Om de grondwaterindex te interpreteren werd ze opgedeeld in verschillende klassen, op basis van een gevoeligheidsanalyse. Deze indeling is als volgt:

Winterstand:	$x \geq 0.6$
Voor/najaarsstand:	$0.6 > x \geq 0.15$
Zomers droog:	$0.15 > x \geq -0.15$
Ernstig verdroogd:	$-0.15 > x$

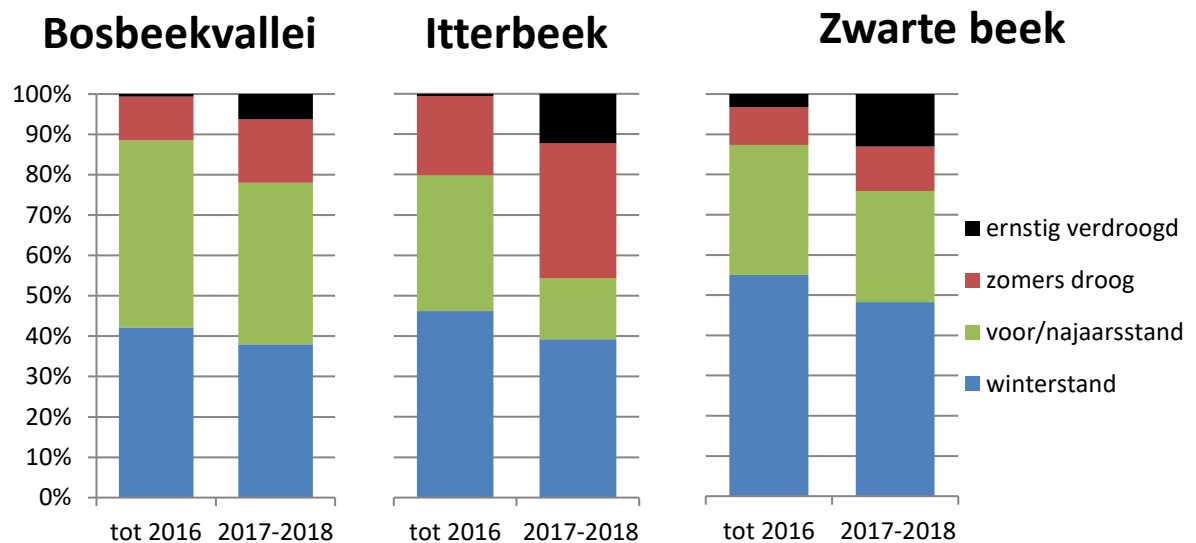
Deze indeling in klassen is bekomen na gevoeligheidsanalyse van een ruime selectie peilbuizen uit drie beekvalleien, nl. de Bosbeekvallei, de Itterbeek en de Zwarte Beekvallei. Om binnen de selectie te vallen dienen de peilbuizen

- minstens 5 jaar of minstens 8 jaar opgevolgd zijn,
- geen trends op lange termijn vertonen (vernating, verdroging of sprongen in de meting), zodat een betrouwbare GHG en GLG bepaald kon worden.

De peilmetingen van deze buizen werden opgedeeld in de jaren 2017-2018 die als droge jaren telden, en in voorafgaande 'normale' jaren van de eerste metingen van de peilbuis tot en met 2016. Voor iedere meting van iedere peilbuis werd de grondwater-index bepaald. De beslisregels waarmee deze index vervolgens werd ingedeeld in klassen ('winterstand', 'voor/najaarsstand', 'zomers droog' en 'ernstig verdroogd'), werd vervolgens gevarieerd. De voornaamste focus lag op de bepaling van de klasse 'ernstig verdroogd' waarbij het onderscheidend vermogen van belang was: proberen droogte op tijd vast te stellen, zonder nodeloos alarm te slaan bij gewone zomerdroogte.

Op basis van gevoeligheidsanalyse van drie beekvalleien werd -0.15 als treshhold voor de klasse 'ernstig verdroogd' vastgesteld. De klasse 'zomers droog' werd toegewezen wanneer de grondwater-index tussen -0.15 en 0.15 lag, zodat deze klasse de variatie die op de GLG zit omvat. De klasse voor/najaarsstand geeft de indexen tussen 0.15 en 0.6 weer. De klasse winterstand omvat alle indexen groter dan 0.6 en geeft ongeveer 40 tot 50% van de data weer, afhankelijk van het patroon van de peilbuizen.

De opdeling van de klassen is gebeurd opdat de ernstig verdroogde metingen gevoelig gedetecteerd konden worden, zonder alarm te slaan bij normale zomerdroogte.



Figuur 159: Indeling van de grondwaterindex in klassen na gevoeligheidsanalyse op basis van peilmetingen tot 2016, representatief voor 'normale' jaren, en van droge jaren 2017 en 2018.

4.4.3.2 Huidige vegetaties

Gebiedsdekkende informatie over de benodigde grondwaterstanden in natuurgebieden in Limburg was niet zomaar beschikbaar. Deze informatie is nochtans noodzakelijk om verbanden te leggen tussen grondwaterpeilevolutie en effecten op de gevoelige gebieden, en niet enkel te beperken tot 'leemte in kennis'. Daarom hebben de onderzoekers binnen de huidige opdracht een kaart ontwikkeld waar voor ieder perceel in Limburg dat beschermde, grondwatergevoelige natuur bevat, een range van grondwaterstanden gedefinieerd is waarbinnen deze vegetaties kunnen voorkomen. Om de vertaalslag te maken van bestaande vegetatietypes in Limburg naar benodigde grondwaterstanden, werd een methode ontwikkeld gebruik makend van de BWK-habitatkaart, de vegetatiekoppeling NICHE, de NICHE-bodemkaart en het eenvoudig NICHE Vlaanderen model.

NICHE (*Nature Impact Assessment of Changes in Hydro-Ecological Systems*) is een Nederlands hydro-ecologisch model dat door het INBO werd verbeterd en aangepast aan de Vlaamse situatie (Callebaut, et al. 2007). Het model is gebaseerd op standplaatsfactoren: grondwaterstand en bodemtype (eenvoudig model) aangevuld met trofiegraad, zuurgraad, inundantie en beheer (volledig model). Op grond van het berekende abiotisch milieu bepaalt NICHE de potentiële ontwikkeling van grondwaterafhankelijke vegetatie.

In deze studie voor provincie Limburg werd de redenering omgedraaid vertrekkende vanuit bestaande vegetaties. Om de impact van droogte na te gaan werd uitgegaan van gekarteerde vegetaties en vervolgens bepaald welke grondwaterstanden nodig zijn om deze vegetatie te kunnen behouden afhankelijk van de standplaatsfactor bodemtype.

BWK-habitatkaart

Om een overzicht te krijgen van (watergevoelige) natuur in Limburg werd de *BWK-habitatkaart versie 2 - toestand 2018* beschikbaar via Geopunt, gebruikt. Deze kaart is uitgegeven in 2006 en wordt sindsdien tweejaarlijks geüpdatet met recentere karteringen voornamelijk in Speciale Beschermingszones (SBZ). Omdat de focus bij recente karteringen voornamelijk op SBZ's ligt, is de kaart betrouwbaar als gebiedsdekkende kartering van natuur in Limburg.

In Limburg zijn er 133.617 percelen gekarteerd in de BWK-habitatkaart van 2018, goed voor een oppervlakte van 2315 km² en dus gebiedsdekkend. In Limburg zijn 12.286 percelen gekarteerd als Europees beschermd habitattypen, goed voor 166 km² en 4055 percelen als regionaal belangrijke biotoop ofwel 27 km².

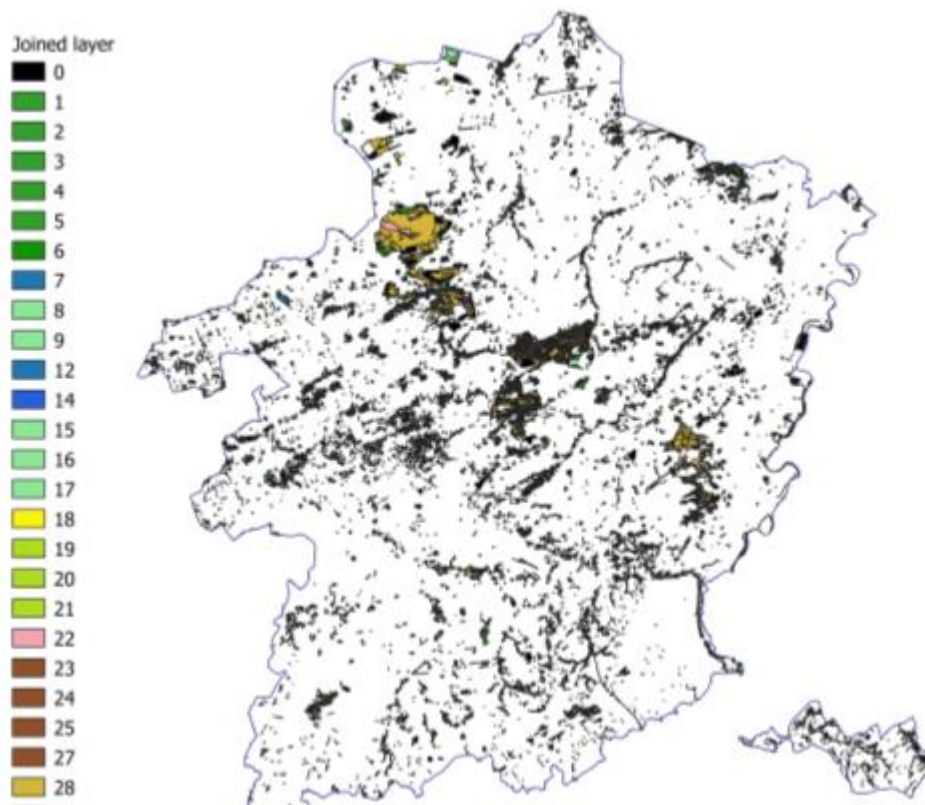
De koppeling tussen watergevoelige vegetaties en hun waterbehoefte

Binnen dit project is veel werk gebeurd om de benodigde waterpeilen van verschillende vegetaties ruimtelijk in kaart te brengen. Er werd getracht om de waterpeilbehoeftes voor natuur op perceelsniveau te definiëren aan de hand van het NICHE-model Vlaanderen van het INBO, dat erop gericht is om te voorspellen waar

bepaalde vegetaties zich potentieel kunnen ontwikkelen aan de hand van de abiotische omstandigheden waaronder bodemtextuur en waterpeil. Deze piste werd echter verlaten nadat bleek dat deze ruimtelijke koppeling geen betrouwbare resultaten opleverde. Dit heeft waarschijnlijk verschillende verklaringen: De BWK-habitatkaart wordt enkel geupdatet in SBZs en het NICHE-model is er enkel op gericht om potenties grofweg in kaart te brengen, waarbij vegetaties ruim gedefinieerd zijn, maar is niet geschikt om de specifieke behoefte van een reëel ontwikkelde vegetatie weer te geven.

Er kon dus wel in kaart gebracht waar de verschillende watergevoelige en Vlaams en Europees belangrijke natuur zich bevond, maar niet welke waterbehoefte zij hadden. In plaats daarvan werd geopteerd om voornamelijk van de peilbuisstanden in natuurgebieden uit te gaan, zoals in voorgaande paragraaf beschreven.

Het bestand *vegetatie_bodem.shp* bevat een kaart met de omzetting naar vegetatietypes in NICHE. De Limburgse riviervalleien komen duidelijk naar voren, evenals rivier- en kanaaloevers en oppervlakte-waterafhankelijke natuur zoals vloeiwedestelsystemen. Ook de militaire domeinen komen hier duidelijk naar voren, vnl. vanwege grote oppervlaktes aan droge heide die in NICHE de code 28 *verbond van struikhei en kruipbrem* kreeg. Deze vegetaties vallen grotendeels weg nadat de factor bodem is meegenomen (zie ruimtelijke koppeling GXG's a.d.h.v. vegetatiecode en bodemcode), omdat deze gebieden voornamelijk bestaan uit droge zandbodems met sterke menselijke verstoring.



Figuur 160: Vertaling van de habitats gekarteerd in de BWK-habitatkaart naar de vegetatiecodes overeenstemmend met het NICHE model.

4.4.4 Oppervlaktewaterafhankelijke natuur

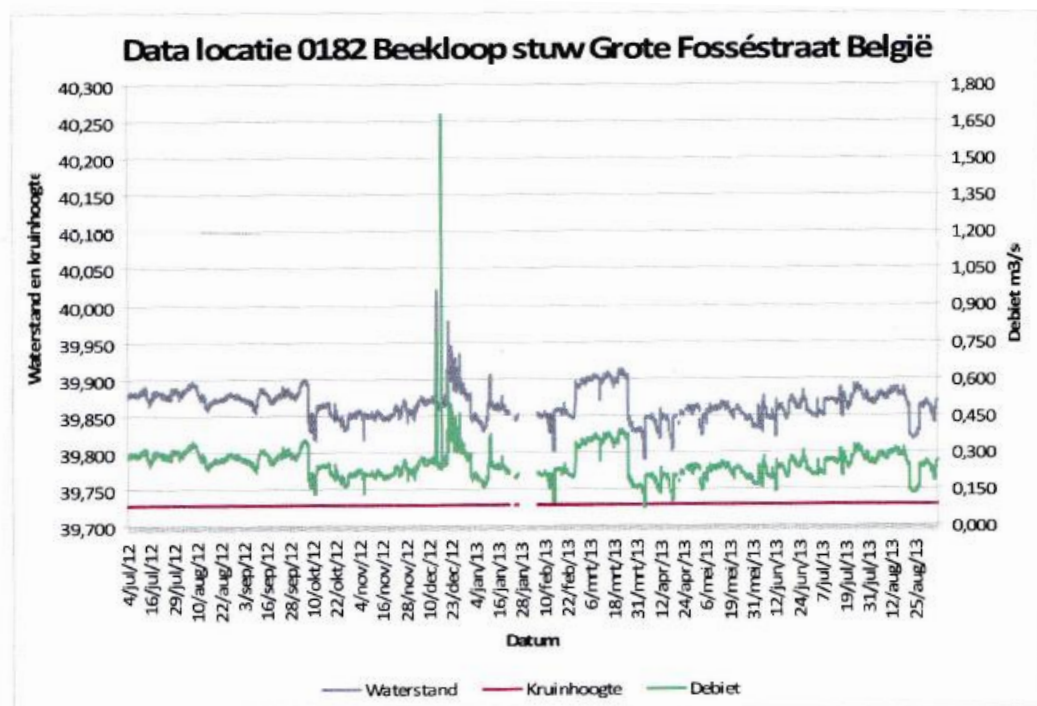
4.4.4.1 Vloeiweidesystemen

Vloeiweidesystemen (ook wel wateringgen genoemd) vinden we voornamelijk terug in de Kempen waar de kanalen worden gebruikt om het land te bevoeien. Een of meerdere beken leidt het water uit het kanaal naar een lager gelegen grachtensysteem dat de percelen bevoeit.

De vloeiweides zijn ingericht in de 19^{de} eeuw en werden tot begin 20^{ste} eeuw aangehouden voor hooiproductie. De graslanden die er terug te vinden zijn verschillen enorm van de gewoonlijke vegetaties in de Kempen, niet alleen door de kunstmatige vochtigheid, maar ook door de kwaliteit van het kanaalwater. Die worden immers gevoed met alkalisch Maaswater, terwijl het grondwater in de Kempen gewoonlijk licht zuur is. Voorbeelden zijn de wateringgen in Lommel die gevoed worden vanuit het kanaal Lommel-Herentals en de Schootsheide die gevoed wordt met water uit de Bosbeek.

4.4.4.1.1 Wateringen in Lommel

De wateringgen in Lommel-kolonie zijn een vloeiweidesysteem gevoed vanuit het kanaal Bocholt-Herentals via één beek genaamd de Grote Fossé. In het voorjaar (maart) worden de weides bevoeid door handmatig alle grachten (zouwen) open te maken en de stijghoogte in de Grote Fossé te verhogen tot 39.9 cm. Dit kan ter hoogte van de doorgang aan het kanaal (Bocholt-Herentals) nabij brug XI en aan de stuw aan de Grote Fossé. Elke perceel wordt gedurende vijf dagen bevoeid. Om de 4 ha vloeiweides in Lommel te bevoeien is 364 l/s nodig, ook de nabije populierenteelt vraagt extra water. Het debiet van de beek ligt tussen 0.15 en 0.30 m³/s, het water dat niet lokaal de bodem indringt, stroomt af naar Nederland. De hooilanden bevatten Europees en Vlaams beschermde natuurstreefbeelden met moerasspirea-, grote vossenstaart-, en glanshavergraslanden. De lokale vegetatie is atypisch voor de Kempen vanwege het alkalische water uit de Maas.



Figuur 161: Waterstand en debiet in de Grote Fossé doorheen het jaar (bron: waterschap De Dommel).

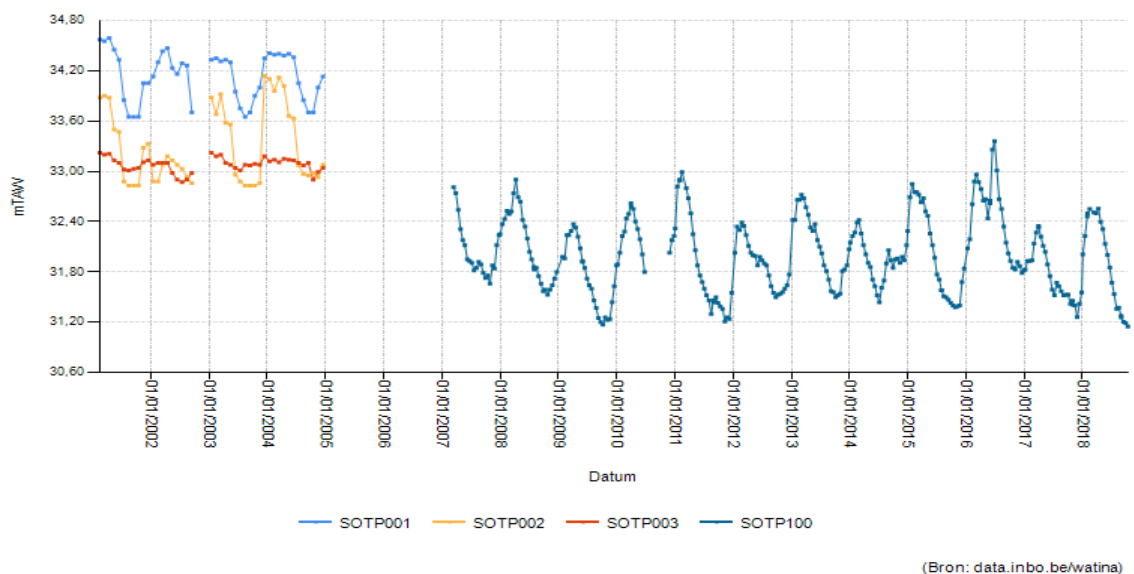
4.4.4.1.2 Lozerheide

De Lozerheide wordt zowel uit de Zuid-Willemsvaart als het kanaal Bocholt-Herentals gevoed met een bekenstelsel met als voornaamste beek de Kaulillerbeek. Het debiet van de Kaulillerbeek wordt geschat op grootteorde 0.06 m³/s. In tegenstelling tot de vloeiweide in Lommel, wordt de toevoer van water hier niet

actief gestuurd. De Lozerheide bevat voornamelijk elzenbroekbossen, met ertussen in volgorde van afnemend oppervlak moeresspirearuigtes, grote zeggevegetaties met riet, kamgrasland en een dotterbloemgrasland.

4.4.4.1.3 Schootsheide of schotshei

Door natuurgebied de Schootsheide loopt de Witbeek die opsplijt in een fijngeaderd bekenstelsel om de percelen te bevoeien. De Witbeek staat in contact met de Bosbeek en heeft een geschat debiet van 0.013 m³/s op basis van visuele inspectie. In de Schootsheide liggen enkele percelen met zeldzame zeggevegetaties (scherpe zegge en grote zeggevegetaties met riet), glanshavergrasland en vochtige eikenbos. In de Schootsheide liggen 4 peilbuizen, waarvan er 2 tot 2018 bemeten zijn (SOTP006X en SOTP100X). Enkel van SOTP100X is er data beschikbaar via Watina. Deze peilbuis zou als indicator voor het gebied kunnen werken. Het peilverloop in 2018 is er gelijkaardig aan dit van de zomer en najaar van 2009 en 2012.



Figuur 162: Verloop grondwaterpeilen in de Schootsheide.

4.4.4.1.4 Jagersborg

Jagersborg is een bosgebied bij Neeroeteren ten noorden van de Schootsheide en wordt gevoed door zowel de Tapziep en de Schaagterziep (beide uit de Zuid-Willemsvaart) en een derde naamloze beek die met elkaar in contact staan ter hoogte van de Witbeek. Het debiet in de Tapziep wordt geschat op 0.005 m³/s, het debiet in de Schaagterziep op 0.004 m³/s.

Behalve eiken- en elzen(moeras)bossen liggen er in het Jagersborg ook versnipperde zeggevegetaties die gevoelig zijn aan peilschommelingen. In het Jagersborg liggen er verspreid 10 peilbuizen waarvan er 4 nog steeds bemeten worden (JAGP011X, JAGP012X, JAGP013X en JAGP014X). Van de eerste twee is er data beschikbaar van 1991 tot 2012, van de volgende twee van 2000 tot 2012. Indien recente metingen vrijgesteld worden via Watina kunnen deze peilbuizen dus dienen als indicator.

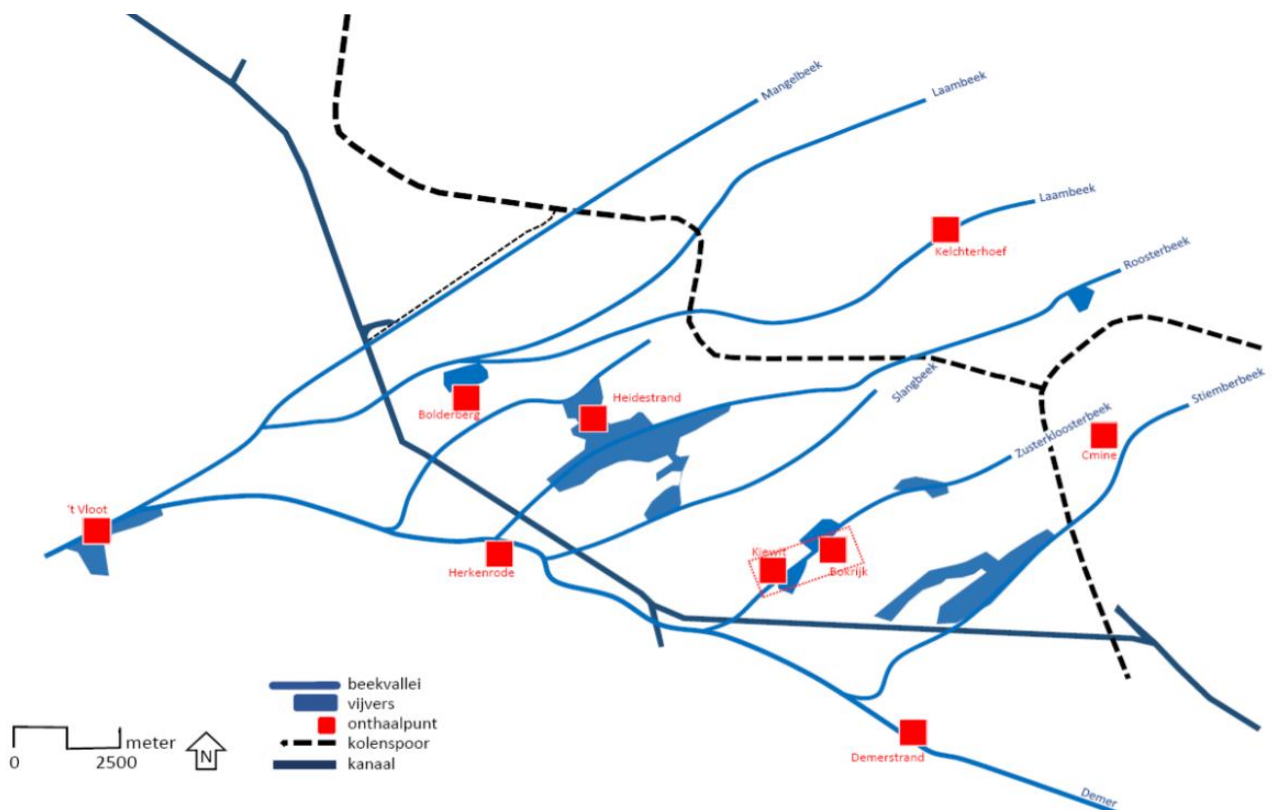
4.4.4.2 Wijersystemen

Tussen de rand van het Kempisch plateau en de Demervallei bevinden zich Wijers (ook Weijers of Weyers geschreven). Dit is een verzameling van vijvers die in een cascadesysteem met elkaar in verbinding staan. De Wijers zijn ontstaan uit een oud viskweeksysteem dat tegenwoordig zijn functie grotendeels verloren is, en nu zeldzame habitats behelst en watervogels zoals de roerdomp trekt. De vijvers worden gevoed vanuit beken die ontspringen aan de rand van het Kempisch plateau. Het infiltratiewater komt ook via de ondergrond op veel plaatsen in De Wijers aan de oppervlakte als kwelwater.

De behoefte aan waterkwantiteit om natuur in dit systeem te beschermen is zeer complex en variabel. Algemeen wordt uitgegaan van de vuistregel dat het vroegere peil en regeling van het vullen en leeglaten van de vijvers best aangehouden wordt. De viskwekers hielden een rotatie aan waarbij bepaalde vijvers om de enkele jaren werden leeggelaten en drooggezet om visparasieten af te doden. Op luchtfoto's is te zien dat sommige vijvers tegenwoordig (gedeeltelijk) droog staan.

In de ecohydrologische studie van de Maten (Aggenbach, et al. 2014) werd ook een knelpunten-analyse van het waterregime gemaakt. Algemeen was de conclusie dat de instroom van nutriëntrijk beekwater verminderd zou moeten worden om aquatische en amfibische vegetatie te bevorderen. Voor de ontwikkeling van habitats 3110 en 3130 is een stabiel en hoog waterpeil zeer ongunstig. Deze habitats hebben baat bij ondiep water dat regelmatig droogvalt, zeker indien de waterkwaliteit niet zeer goed is. Daarentegen voor vijvers met moerasvorming wordt beter een hoog en stabiel waterpeil gehandhaafd om moerasvogels zoals roerdomp kansen te geven. Ook natte vegetaties op de wallen tussen de vijvers en nabijgelegen percelen hebben baat bij hoge stabiele waterpeilen in de vijvers, vb. elzenbroekbossen.

In (Belmans, et al. 2013) wordt de waterbehoefte van de vijvers van het Midden-Limburgs vijvergebied berekend met het oog op de dimensionering van een waterzuiveringssysteem. Een afdoend debiet voor het vijvercomplex werd door het ANB binnen gedefinieerd als: *“een debiet dat voldoende is om de helft van de vijvers op 2 maanden te kunnen vullen.”* De waterbehoefte van de andere cascadesystemen werd voor dit onderzoek berekend volgens eenzelfde methode.



Figuur 163: Overzicht van Wijers in het gebied van het Kempisch plateau en de Demervallei (bron: VLM-studie).

4.4.4.2.1 Midden-Limburgs Vijvergebied en de Platwijers

Het Midden-Limburgs vijvergebied wordt gevoed vanuit de Roosterbeek en afgevoerd via de Oude Roosterbeek, Zonderikbeek en Slangbeek. Een gedetailleerde beschrijving van de verschillende cascadesystemen is te vinden in (Belmans, et al. 2013) en de opdrachtbeschrijving voorafgaand aan deze studie (voor een waterzuiveringssysteem). Er zijn 4 sluizen stroomopwaarts van het gebied die het water van de Roosterbeek afleiden naar zouwen die het water naar de vijvers leiden (in de onderstaande figuur staat een schema van hoe het water naar de verschillende vijvers geleid wordt):

- Sluis de Hoge Val: vertrek van de Platwijerszouw;
- Stenen Sluis: vertrek van de Hauwezouw;
- Wijvesluis: vertrek van de Wijvezouw;
- Sluis aan de Delleweg: oorsprong van de Schansbeek (Ketskenszouw of Vrankenzouw).

Tabel 16: Debieten van beken en zouwen in het Midden-Limburs vijvergebied (bron: INBO).

Datum	Platwijers Zouw	Roosterbeek				Verbinding	Zonderikbeek				Slangebeek
Meetpunt	P14	R2	R4	R9	R8	R12	Z3	Z5	Z6	Z7	S17
03/11/1999				0.112	0.143		0.204			0.263	
17/12/1999		0.253	0.139	0.21	0.065	0.075	0.044	0.244		0.09	
25/02/2000	0.004	0.855	0.898	0.89	0.391	0.342	0.215	0.212	0.484	0.806	
11/04/2000			0.113						0.142		0.03
30/08/2000		0.071	0.143	0.098	0.056		0.092	0.152	0.112	0.139	
Gemiddeld debiet	0.004	0.393	0.323	0.328	0.164	0.209	0.139	0.203	0.246	0.325	0.03

In (Belmans, et al. 2013) wordt de werking van de Stenen Sluis beschreven en de waterbehoefte van de vijvers gevoed door de Hauwezouw berekend met het oog op de dimensionering van een waterzuiveringssysteem. Een afdoend debiet voor het vijvercomplex werd door het ANB binnen gedefinieerd als “een debiet dat voldoende is om de helft van de vijvers op 2 maanden te kunnen vullen”. De waterbehoefte van de andere cascadesystemen werd voor dit project berekend volgens eenzelfde methode. Hierbij wordt enkel rekening gehouden met instroom uit oppervlaktewater, niet met toevoer uit kwel of met afvoer via beken en verdamping.

De eerste stuw “Sluis de Hoge Val” leidt volgens het INBO 0.004 m³/s van de Roosterbeek om in de **Platwijerszouw**. Deze zouw voedt de Platwijers die naar schatting ongeveer 33 ha beslaan (preciezere oppervlaktes moeten via ANB verkregen worden). Ongeveer 133 000 m³ is nodig om de helft van de vijvers van de Platwijers te vullen tot 80 cm. Om die op twee maanden tijd te vullen is een gemiddeld debiet van 0.025 m³/s nodig op de Platwijerszouw. Dit is 6 keer meer dan het gemeten debiet op de Platwijerszouw in januari 2013, wat erop wijst dat de waterbehoefte zeer ruim gedefinieerd werd in voorafgaande studie door ANB. Zeker omdat de meeste vijvers in praktijk niet 80 cm, maar slechts 35 cm diep zijn.

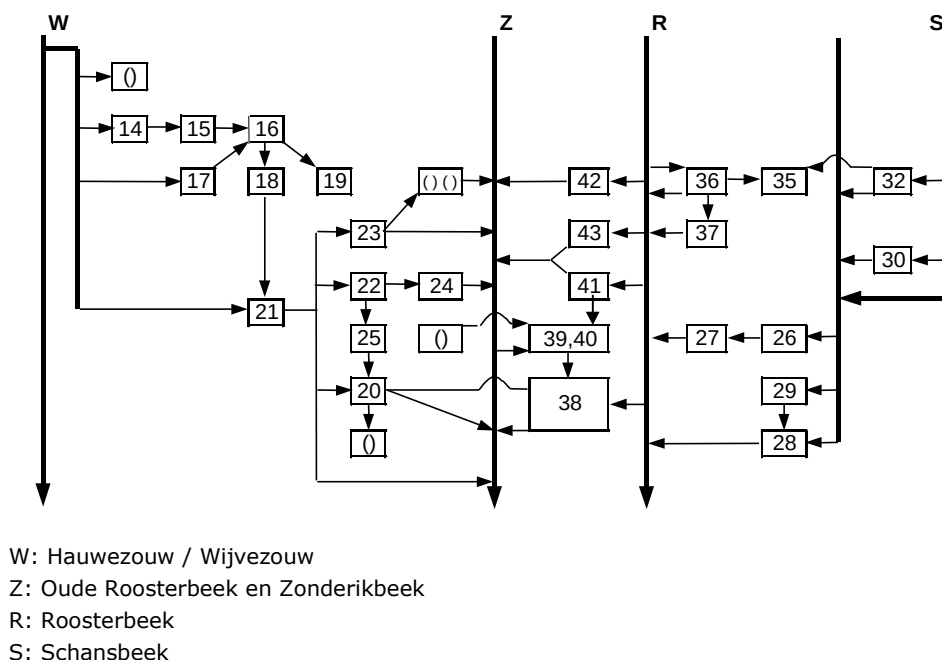
Stroomopwaarts van het gebied wordt de Roosterbeek via het stuw Stenen Sluis opgestuwd via de **Hauwezouw** om 45 ha vijvers in 3 cascadesystemen te voeden. Deze stuw wordt vermoedelijk manueel bediend door viskwekers die in hetzelfde gebied actief zijn. Het beheer van de stuw Stenen Sluis valt onder de Dienst Waterlopen van de provincie Limburg. Er wordt aangenomen dat ongeveer 40% van het debiet van de Roosterbeek wordt omgeleid via de Hauwezouw. Het gemiddelde debiet van de Roosterbeek ter hoogte van de stuw wordt geschat op 0.330 m³/s, waarvan dus gemiddeld 0.132 m³/s naar de drie cascades omgeleid kan worden en gemiddeld 0.198 m³/s doorstroomt (60%) via de Roosterbeek. Daarbij dient wel genoteerd te worden dat het debiet van de Roosterbeek sterk fluctueert van 0.071 m³/s tot wel 0.855 m³/s.

Een afdoend debiet voor het vijvercomplex werd door het ANB gedefinieerd als een debiet dat voldoende is om de helft van de vijvers op 60 dagen te kunnen vullen (Belmans, et al. 2013). Voor de cascades die gevoed worden via de Hauwezouw komt dit neer op 0.035 m³/s en voor de vijvers gevoed via de Roosterbeek komt men toe met een debiet van 0.035 m³/s.

De **Wijvezouw** is een relatief kleine gracht en wordt gevoed door zowel de Roosterbeek (via de Wijvesluis) als de Hauwezouw. Ze wordt meegerekend in de cascade van de Hauwezouw.

De **Schansbeek** voedt negen vijvers zuidelijk in het Midden-Limburs Vijvergebied met een totale oppervlakte van naar schatting 10.5 ha. Het gemiddelde debiet van deze beek is onbekend. Om de helft van deze vijvers tot

80 cm diep te vullen is naar schatting 42 100 m³ water nodig. Om dat op 2 maanden tijd aan te voeren is een gemiddeld debiet van 0.008 m³/s op de Schansbeek nodig.



Figuur 164: Schema van de vijvers van het Midden-Limburgs vijvergebied en de voeding vanuit beken en zouwen.

De **totale waterbehoefte** om het volledige systeem van Wijers afhankelijk van de **Roosterbeek** tot 80 cm diep te vullen op twee maanden tijd, wordt **geschat op 0.080 m³/s**. Deze berekening is zeer ruim gezien de meeste vijvers in praktijk een peil van ongeveer 35 cm hebben (bij een opmeting in januari 2013 door (Belmans, et al. 2013)).

4.4.4.2.2 Het Wik en provinciedomein Bokrijk

De vijvers van het Wik, provinciedomein Bokrijk en verder stroomafwaarts de Borggrave vijvers worden gevoed door de Zusterkloosterbeek. Via welke beken of grachten de vijvers exact uit de Zusterkloosterbeek gevoed worden is nergens beschreven. Aangenomen wordt dat het Wik, het provinciedomein Bokrijk en de Borggrave vijvers elk hun eigen cascadesysteem hebben. Omdat de Borggrave vijvers niet onder natuurgebied of beheer van ANB vallen worden ze buiten beschouwing gelaten.

Op luchtfoto's en karteringen is te zien dat de vijvers in het Wik deels bebost zijn en vochtige vegetaties (zegge, dopheide...) huizen tussen het open water en beboste delen. Dat wijst erop dat deze vijvers de laatste decennia droger hebben gestaan dan onder beheer van de viskwekers. Dit is niet het geval in het lagere gelegen provinciedomein Bokrijk. Het lagere waterpeil in de vijvers van het Wik ligt niet aan watertekort, maar aan het waterbeheer waarbij minder (of zelfs geen) water uit de Zusterkloosterbeek omgeleid wordt.

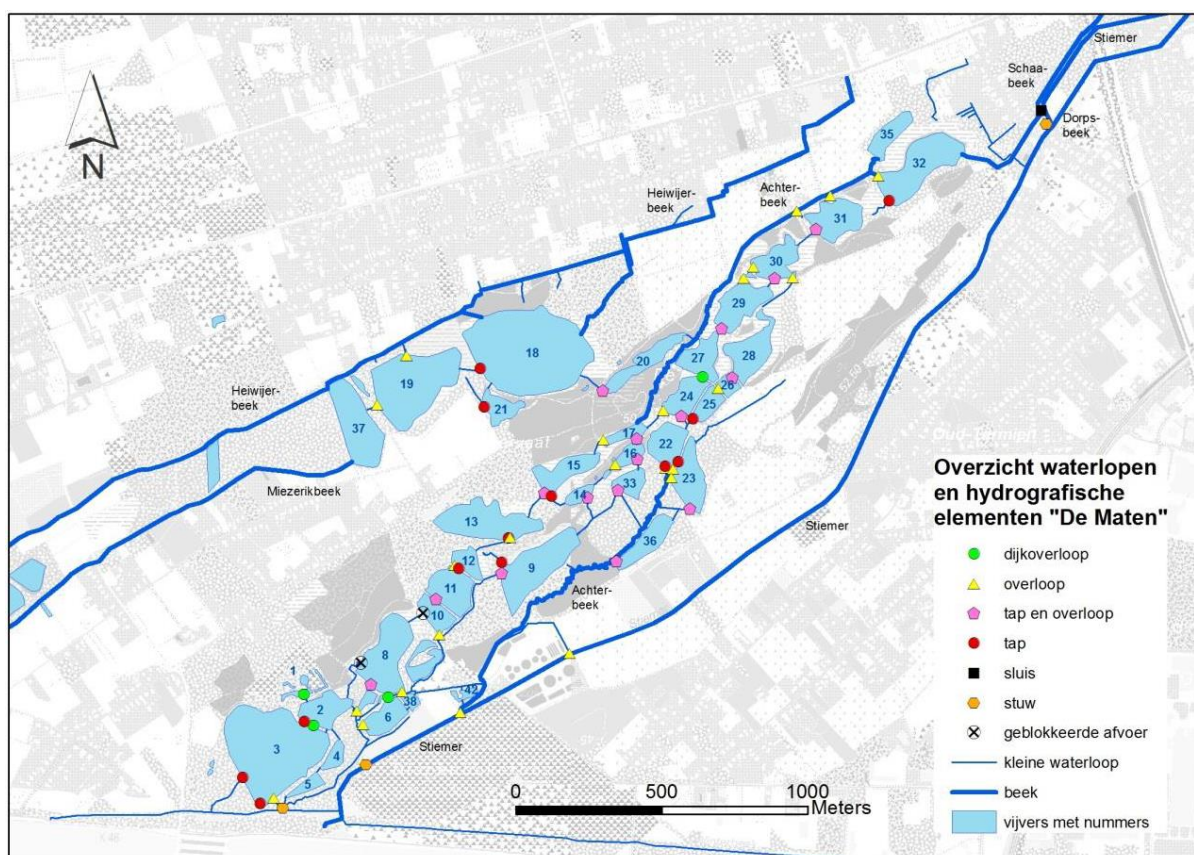
De vijvers van het Wik hebben een totale oppervlakte van naar schatting 29.5 ha. Om de helft daarvan tot 80 cm te vullen is 118 000 m³ water nodig. Dit is zeer ruime behoefteberekening, omdat in praktijk de vijvers de laatste decennia nooit volledig gevuld waren en het toekomstige beheer ook niet daarop gericht zal zijn. Om dat op 2 maanden tijd te bereiken is een debiet van 0.022 m³/s nodig. De vijvers van provinciedomein Bokrijk inclusief de Herkenrodevijvers beslaan een oppervlakte van naar schatting 39.5 ha. Om de helft te vullen tot 80 cm is 158 700 m³ water nodig, of een debiet van 0.030 m³/s in de aanvoer. De vijvers van Bokrijk zijn gewoonlijk gevuld, onder meer voor het toeristische fietspad 'fietsen door het water'.

4.4.4.2.3 De Maten

Voor een uitgebreide beschrijving van de ecohydrologie van De Maten wordt verwezen naar (Aggenbach, et al. 2014). Hier worden kort de aanvoerdebieten per vijverketen aangehaald (overzicht in Tabel 17). De aanvoer van de grootste vijverketen (de zuidelijke keten) is voornamelijk afhankelijk van de Schabeek die ontspringt in het kwelgebied ten noorden van De Maten. Via een sluisje en een stuw kan het water van de Schabeek aangevuld worden vanuit de Stiemerbeek. De kleinere vijverketen (noordelijke keten) wordt vanuit de Heiweijerbeek gevoed.

De instroom van de kleine vijverketen is weergegeven in Tabel 17 bij UA_14. De oppervlakte van de noordelijke keten is 21.4 ha, waardoor een watervolume van 85 528m³ nodig is om de helft te vullen tot 80cm, ofwel een debiet van 0.016 m³/s op de Heiweijerbeek om dit op 2 maanden te verwezenlijken. Uit de debietmeting blijkt dat het debiet van de Heiweijerbeek hier vaak onder zit.

De instroom en uitstroom van de grote, zuidelijke vijverketen is weergegeven in Tabel 18. De oppervlakte van de noordelijke keten is 40.3 ha, waardoor een watervolume van 161 257m³ nodig is om de helft te vullen tot 80cm, ofwel een totaaldebiet van 0.031 m³/s om dit volume aan water aan te voeren in 2 maanden tijd. Uit het somdebiet blijkt dat de aanvoer hier soms onder zit, omdat deze behoefteberekening zeer ruim genomen is.



Figuur 165: Overzicht waterlopen in De Maten (Aggenbach, et al. 2014).

Tabel 17: Gemeten debiet van de oppervlaktewateren in De Maten. UA_14 Heiweijerbeek opwaarts Huyskensweyer geeft het instroomdebiet voor de noordelijke keten aan.

	DEBIET (m ³ /s)					
	Stierner zonder Dorpsbeek (UA_04)	kwelgebied via duiker naar Stierner (UA_03)	Heiweyerbeek ten zuiden van N75 (UA_34)	Heiweyerbeek opwaarts Huyskensweyer (UA_14)	Schabeek (UA_01)	Brongebied Achterbeek (UA_41)
Meetpunt ID	UA_04	UA_03	UA_34	UA_14	UA_01	UA_6+UA_7
18/04/2012	0.16039	0.00032	0.00685	0.00841	0.00120	0.00139
07/06/2012	0.22331	0.00075	0.00482	0.01838	0.00622	0.00124
06/07/2012	0.14269	0.00008	0.00338	0.00447	0.00343	0.00042
25/07/2012	0.19759	0.00039	0.00452	0.00698	0.01029	0.00005
06/09/2012	0.18247	0.00204	0.00228	0.00353	0.00785	0.00035
08/10/2012	0.14462	0.00158	0.00508	0.01172	0.00436	0.00128
04/11/2012	0.27813	0.00077	0.00247	0.00980	0.00557	0.00099
09/12/2012	0.22852	0.00006	0.00792	0.01937	0.00361	0.00159
11/01/2013	0.30175	0.00045	0.00480	0.01823	0.00401	0.00176
05/03/2013	0.12648	0.00002	0.01540	0.01852	0.00161	0.00058

Tabel 18: Berekening van de instroom naar en de uitstroom van de vijverketens op basis van gemeten oppervlaktewaterdebiet. Waarden worden zowel in debieten weergegeven als in procentueel aandeel van een waterloop in de aan- of afvoer (Aggenbach, et al. 2014).

datum	Zuidelijke vijverketen											
	INSTROOM begin vijverketen								UITSTROOM			
	Schabeek (UA_1)		Stierner (UA_65 – UA_1)*		brongebied Achterbeek (UA_6 + UA_7)		som	aan RWZI (UA_41)		aan kanaal (UA_33)		som
	m ³ /s	%	m ³ /s	%	m ³ /s	%	m ³ /s	m ³ /s	%	m ³ /s	%	
18/04/2012	0.0012		?		0.0014			0.0017	8%	0.0203	92%	0.0220
07/06/2012	0.0062		?		0.0012			0.0000	0%	0.0199	100%	0.0199
06/07/2012	0.0034	7%	0.0427	92%	0.0004	1%	0.0465	0.0003	1%	0.0345	99%	0.0348
25/07/2012	0.0103	23%	0.0335	76%	0.0001	0%	0.0438	0.0044	9%	0.0455	91%	0.0500
06/09/2012	0.0079	21%	0.0283	78%	0.0004	1%	0.0365	0.0030	14%	0.0183	86%	0.0212
08/10/2012	0.0044	77%	0.0000	0%	0.0013	23%	0.0056	0.0100	15%	0.0563	85%	0.0663
04/11/2012	0.0056	81%	0.0003	5%	0.0010	14%	0.0069	0.0018	9%	0.0187	91%	0.0206
09/12/2012	0.0036	44%	0.0029	36%	0.0016	20%	0.0081	0.0279	77%	0.0085	23%	0.0363
11/01/2013	0.0040	59%	0.0011	15%	0.0018	26%	0.0068	0.0121	72%	0.0046	28%	0.0168
05/03/2013	0.0016	3%	0.0495	96%	0.0006	1%	0.0516	0.0050	77%	0.0015	23%	0.0064

* Bij open staan van het sluisje tussen meetpunt 1 en 4 is er instroom van water van Schabeek en Stierner naar de vijverketen. Vanaf juli 2012 daarom dit extra meetpunt. Het gemeten debiet op meetpunt 65 is afkomstig van de Schabeek en gedeeltelijk van de Stierner (bij open sluisje). In de tabel is het aandeel van de Schabeek (meetpunt 1) in mindering gebracht. Groen gemarkeerde cellen geven het debiet ter hoogte van UA_65 bij een open stand van het sluisje. Rood gemarkeerde cellen geven het debiet ter hoogte van UA_65 bij een gesloten stand van het sluisje.

? : kan niet berekend worden.

4.4.4.3 *Bepalingen minimale ecodebieten bevaarbare en onbevaarbare waterlopen*

Voor het bepalen van de minimale ecodebieten van onbevaarbare waterlopen moet met een aantal parameters rekening gehouden worden (INBO 2019 ontwerprapport, persoonlijke communicatie). Deze inventarisatie gebeurde per deelstroomgebied. Tabel 19 geeft de lijst van deelstroomgebieden waar al dan niet rekening gehouden moet worden met speerpuntgebieden (SPGB), Speciale Beschermingszones (SBZ) en bepaalde doelsoorten zoals beekprik, rivierprik, grote en kleine modderkruiper en rivierdonderpad. In de Maas komen ook belangrijke soorten zoals zalm voor die niet geselecteerd werden als HR-soort door INBO.

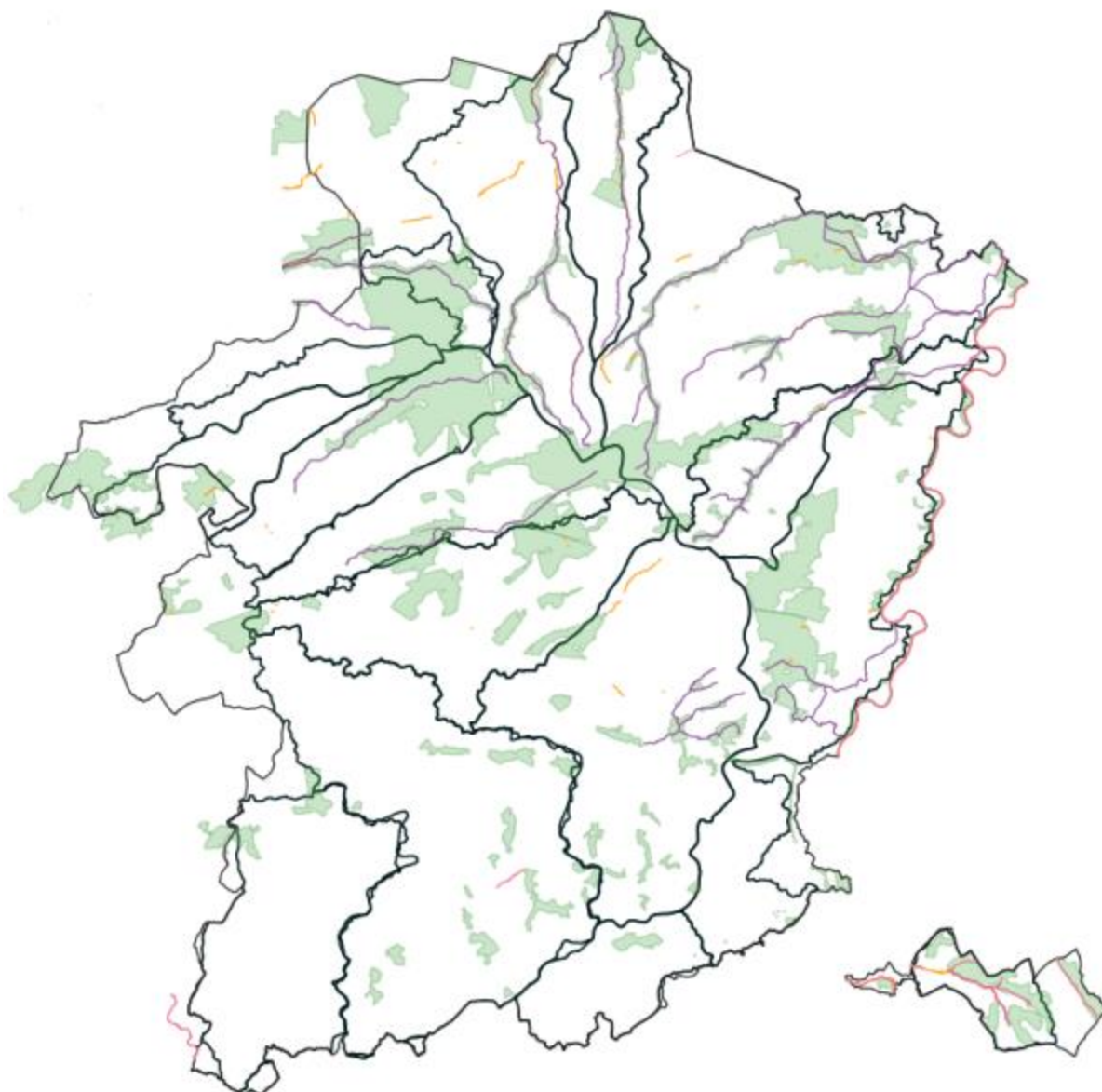
Belang van minimale waterdiepte, stroomsnelheid en debiet

Betreffende waterkwantiteit worden twee parameters naar voren geschoven die belangrijk zijn, omdat ze een impact hebben op de foerageermogelijkheden van aquatisch leven: waterdiepte en stroomsnelheid. Waterdiepte is belangrijk voor de foerageer- en schuilmogelijkheden die de overlevings- en voortplantingskansen van vissen bepalen. Stroomsnelheid is bepalend voor een aantal andere parameters zoals watertemperatuur en zuurstof die de waterkwaliteit van het habitat bepalen.

Zowel voor doelsoorten als andere vissen is een minimale waterdiepte van 65 cm aangewezen in kleine beken (<1m) en in kleine Kempense beken. Kleine beken worden gedefinieerd a.d.h.v. waterdiepte: kleine beek (<1m) en kleine kempische beek (<0.75 m). Hier is dus maar weinig 'speling' over, bij een kleine daling van de waterstand wordt de kwaliteit van het habitat voor vissen al aangetast. Voor grote beken (<1.5m) en grote Kempense beken (1.75m) wordt uitgegaan dat er grotere vissen voorkomen die minstens 75 cm nodig hebben.

De minimale stroomsnelheid die gemeten is in waterlopen met een duurzame populatie beekprik varieert van 2 tot 40 cm/s (Spikmans et al, 2013). Voor de rivierdonderpad varieert die van 20 tot 100 cm/s met maximaal 120 cm/s (Bless 1983, 1990).

Twee bovenstaande parameters zijn onder meer vervat in debiet. Om het debiet op te volgen worden twee voorstellen naar voren geschoven gebaseerd op historische peilen: de Tennant-methode en een referentiepeil voor minimaaldebiet. In de Tennant-methode wordt als vuistregel gesteld dat bij 10% van de gemiddelde afvoer het aquatisch leven ernstig verstoord is, bij 30% van de gemiddelde afvoer de kwaliteit van het habitat voldoende is en bij 60% van de gemiddelde afvoer is ze uitstekend (Zie rapport INBO voor onderbouwing). Bij referentiepeil voor minimaal debiet wordt voorgesteld om het gemiddelde van het 95^{ste} kwantiel van ieder normaal (niet-droog) meteorologisch jaar als signaalwaarde (alarmpeil) te hanteren om tijdig droogte vast te stellen.



Figuur 166: Weergave van de rivierdoelsoorten en speciale beschermingszones (groen).

Beekprik (paars) wordt als doel gesteld in de meeste Kempische rivieren, kleine modderkruiper (roze) in de Maas en grensmaas van de Abeek en rivierdonderpad (rood) in de Maas en Voeren. Habitat 3260 komt voornamelijk voor in Kempische rivieren, de Maasoevers en in Voeren. Speciale beschermingszones komen voor in alle deelstroomgebieden, al dan niet in (grond)watergebonden natuur.

Tabel 19: Het voorkomen van Speerpuntgebieden (SPGB), Speciale beschermingszones (SBZ), beekprik, rivierprik, grote modderkruiper, kleine modderkruiper, rivierdonderpad en habitat 3260 in de deelstroomgebieden.

Deelstroomgebied	SPGB	SBZ	Beekprik	Rivierprik	Grote modderkruiper	Kleine modderkruiper	Rivierdonderpad	Habitat 3260	Kempen of Haspengouw en Voeren
Abeek Itterbeek	Ja, Abeek	Ja, Abeek volledig, grote delen Itterbeek	Ja, volledige Itterbeek en Abeek	Neen, behalve Maas	Neen, behalve Maas	Ja, enkel Abeek grens bij NI	Ja, Maas en Abeek bij grens Nederland	Ja, delen Abeek en Itterbeek en bronbeken	Kempen
Bosbeek	Ja	Ja, stroomopwaarts van Zuid-Willemsvaart	Ja, volledig	Neen, behalve Maas	Neen	Neen, behalve Maas	Ja, enkel bij monding in de Maas	Ja, versnipperde delen	Kempen
Demer Hasselt tot Schulen	Neen	delen in Wijer-systemen	Neen	Neen	Ja, Demer, Roosterbeek, Zusterkloosterbeek	Neen	Neen	Snippers	Kempen
Demer opw Hasselt	Ja, Demer I en Munsterbeek	Ja, delen Demer, Winterbeek en Munsterbeek	Ja, Munsterbeek en opwaarts	Neen	Ja, Demer en Stiemer	Neen	Neen	Ja, Stiemer opw. Wijers, snippers Kaatsbeek en Munsterbeek	Kempen en Haspengouw en Voeren
Dommel	Neen	Ja, grote delen opw *	Ja, Dommel en Bollissenbeek	Neen	Neen	Neen	Neen	Ja, delen Dommel, Bollissenbeek en Holvenloop	Kempen
Grote Laak	Neen	Ja, opw *	Ja, klein deel opw grote Laak	Neen	Neen	Neen	Neen	Neen	Kempen
Grote Nete	Neen	Ja *	Ja	Neen	Neen	Neen	Neen	Neen	Kempen
Herk	Neen	Ja, delen Herk, Mombeek en Winterbeek	Neen	Neen	Ja, Herk	Neen	Ja, deel Sint-Annabeek	Neen	Haspengouw en Voeren

Jeker	Neen	Ja, klein deel Jeker	Neen	Neen	Neen	Neen	Neen	Neen	Haspengouw en Voeren
Maas ten zuiden Bosbeek	Neen	Ja verschillende delen	Ja, volledig	Ja, volledig	Neen	Ja, volledig	Ja, volledig	Ja, volledig	Kempen en Haspengouw en Voeren
Mangelbeek	Neen	Ja, delen Laambeek, Mangelbeek, Doolbeek	Ja, Mangelbeek	Neen	Neen	Neen	Neen	Neen	Haspengouw en Voeren
Melsterbeek	Neen	Ja, delen Kelsbeek en Logebeek	Neen	Neen	Neen	Neen	Neen	Neen	Haspengouw en Voeren
Voer	Neen	Ja, Veurs	Ja, Voer	Neen	Neen	Neen	Ja, Voer, Veurs en Noorbeek	Ja, Voer	Haspengouw en Voeren
Warmbeek	Ja	Ja, grote delen	Ja, volledig	Neen	Neen	Neen	Neen	Ja, grote delen Warmbeek	Kempen
Zwart water	Neen	Neen	Neen	Neen	Neen	Neen	Neen	Neen	Kempen
Zwarte beek	Ja	Ja	Ja	Neen	Neen	Neen	Neen	Neen	Kempen
Albertkanaal	Neen	Neen	Neen	Ja, volledig	Neen	Neen	Neen	Neen	Kempen
Andere kanalen	Neen	Neen	Neen	Neen	Neen	Neen	Neen	Neen	Kempen

* Vallei en brongebieden van de Zwarte beek, Bollisserbeek en Dommel met heide en vengebieden

4.5 Huishoudens

4.5.1 Oppervlaktewater

Huishoudens verbruiken voornamelijk leidingwater veelal afkomstig van grondwater. In beperkte mate worden ook rechtstreeks grondwater, regenwater en oppervlaktewater gebruikt. Oppervlaktewaterverbruik is moeilijk in kaart te brengen, maar kan in de toekomst wel gestimuleerd worden om hoogkwalitatief grondwater te vervangen wanneer ook water van lagere kwaliteit volstaat.

4.5.2 Grondwater

In Figuur 154 zijn de vergunningen voor het oppompen van grondwater ingedeeld per sector. Tussen 0.12% en 0.46% van deze vergunningen is voor particulieren voor het gebruik in huishoudens (Figuur 154 en Figuur 155). De indeling in sectoren en bestemmingen komt niet overeen omdat in de ruwe data de NACE-BEL sector niet altijd overeenkwam met de bestemming.

4.5.3 Analyse van de watervraag vanuit de behoefte

4.5.3.1 Watervraag van huishoudens in een ander licht

Onderzoek naar het waterverbruik door de huishoudens is veelal gebaseerd op enquêtes en in een meer gevorderde benadering op basis van het bijhouden van een dagboek door een selecte populatie. In 2016 werden minstens 250 Vlaamse huishoudens bevraagd in 2 golven (augustus-september, oktober november); in het totaal 504 huishoudens a.d.h.v. een dagboek gedurende 2 weken (VMM, 2016). Het waterverbruik is op deze basis als volgt in te delen:

Tabel 20: Gemiddeld watergebruik thuis in Vlaanderen, in liter per dag per persoon (VMM, 2016).

	Totaal	Aandeel	Leidingwater	Grondwater	Regenwater
Toilet	21,3	19%	17,2	0,3	3,9
Bad	5,1	4%	4,8	0,1	0,2
Douche	23,8	21%	23,2	0,2	0,3
Wastafel	9,4	8%	9,4	0,0	0,0
Wasmachine	15,5	14%	12,8	0,2	2,5
Handwas textiel	1,1	1%	1,0	0,0	0,1
Vaatwasser	2,3	2%	2,2	0,0	0,1
Vaatwas/hand	6,0	5%	5,6	0,1	0,4
Drank en voedsel	11,1	10%	10,9	0,1	0,1
Poetsen	5,8	5%	4,7	0,1	1,0
Planten en tuin	7,4	7%	4,1	0,5	2,8
Andere	4,7	4%	4,1	0,2	0,5
Lekken	0,1	0%	0,1	0,0	0,0
Subtotaal	113,6	99,6%	100,0	1,7	11,9
<i>Aandeel</i>			<i>88%</i>	<i>2%</i>	<i>10%</i>

In deze enquête valt buitenhuiswaterverbruik o.m. onder 'Planten en tuin', en eventueel onder 'Andere'. In dit onderzoek werd niet nagegaan in welke mate de graad van al dan niet klimatologische droogte in augustus – november 2016 dit verbruik mede kon bepalen³.

Uit de enquête konden geen besluiten worden getrokken m.b.t. de mate waarin huishoudens over grondwater of hemelwater beschikken, en dit omwille van te beperkt aantal respondenten.

³ Zonder dit in detail hier te ontwikkelen, kan men stellen dat de zomer van 2016 allermist als een droog seizoen kan worden beschouwd.

In een rechtlijnige doorrekening zou 'Planten en tuin' in de provincie Limburg met 872 923 inwoners (2018) een waterverbruik betekenen van 2 357 765 m³/jaar waarvan 1 306 329 m³/jaar leidingwater, 159 308 m³/jaar grondwater en 892 127 m³/jaar regenwater. Het waterverbruik 'Planten en tuin' grijpt gemiddeld plaats op 1 op de 5 dagen (frequentie van 0,2 /dag).

Buiten dergelijke globale cijfers van verbruik per IE, zijn relatief weinig gegevens bekend m.b.t. detail specifiek in het buitenhuiswaterverbruik in onze streken, naar systematische berekening van gazon of aanplanting, verbruik door een zwembad, aanwezigheid van een siervijver, of wassen van de auto.

Op basis van literatuur werd in eerste instantie getracht om hierin meer inzicht te verwerven. Wentz en Gober (2007) toonden aan, weliswaar in aride omgeving als Arizona (US), dat het waterverbruik in hoofdzaak bepaald wordt door het inkomensniveau, het aantal personen in het huishouden, de grootte van het perceel, de tuinaanleg (al dan niet beregend), en de aanwezigheid van een zwembad. Er bestond een duidelijk verband tussen de (toename van) oppervlakte van het perceel en het waterverbruik, m.n. 24 l/m².jaar. Naar verwachting neemt de vraag naar tuinberekening toe naargelang het klimaat droger wordt en in droogteperiodes wordt het inkomensniveau duidelijk meer bepalend voor het waterverbruik door een huishouden dan in meer normale periodes (Balling e.a., 2008).

Bhatti (1999) toonde reeds aan dat toename van welstand in Groot-Brittannië leidt tot veel meer zorg aan de tuin, inclusief verhoging van het waterverbruik.

De waterfactuur – hogere kostprijs van het water – zou nauwelijks invloed hebben op het verbruik door huishoudens. Verandering in waterverbruik door huishoudens wordt in veel hogere mate bepaald door niet-economische drukken dan in de andere maatschappelijke sectoren (Syme et al., 2004). Naast een aantal drijvende factoren zoals inkomen of eigendom van het perceel, is de attitude van de huishoudens bepalend, en dit zowel voor waterconservering als anderzijds voor soevereine reflexen die voluit kunnen spelen (mijn water!) (Syme et al., 2004). Domene en Sauri (2006) besluiten in hun studie dat de kost van het leidingwater het o.m. buitenhuiswaterverbruik geheel niet beïnvloedt in een grootstedelijk gebied zoals Barcelona waar de berekening van private groene oppervlakken betekenisvol is.

Thomas and Syme (1988) toonden anderzijds aan dat buitenhuis-watergebruik toch meer gevoelig was aan de kost van het water dan binnenhuisverbruik.

In een mediterraan klimaat zoals in Perth (AU) vormen de watergift, berekening in de private omgeving van groene oppervlaktes, gazon en plantsoenen, het belangrijkste aandeel in het buitenhuis-waterverbruik van huishoudens (Stone, 1996; Water Corporation, 2001, in Syme et al., 2004). In het grootstedelijk gebied Barcelona gaat 30% van het waterleidinggebruik van huishoudens naar irrigatie (Domene en Sauri, 2006).

Op basis van deze voorkennis wordt specifiek gefocust op de watergift in de tuin en de aanwezigheid van een zwembad of siervijver, naast ook het wassen van de auto.

4.5.3.2 Berekening in privétuinen

4.5.3.2.1 Systeembeschrijving

Berekeningssystemen, technologie en waterverbruik.

De onderstaande basisgegevens m.b.t. de installaties werden naar voor gebracht bij gesprekken met een van de grotere gespecialiseerde bedrijven in Vlaanderen in de aanleg van beregeningsinstallaties voor de private tuinen, openbaar groen en sportinfrastructuur. Waar het over 'ramingen' gaat betreft dit benaderingen gegeven door dit bedrijf. De gegevens van dit bedrijf zijn uiteraard bekend bij de onderzoekers, maar worden hier niet vermeld omwille van privacy-redenen.

Informatie die elders werd bekomen is van de nodige bronvermelding voorzien.

1. Semiautomatische systemen

Verbruik:

Deze systemen worden door gespecialiseerde bedrijven of professionele tuinaanleggers aangelegd. Deze systemen zijn oordeelkundig aangelegd zodat bij een berekening de oppervlakte eerder homogeen (overal dezelfde dosis) en volledig of ruimer dan de bedoelde oppervlakte wordt beregend. De dosis binnen een beregeningscyclus (dag) bedraagt doorgaans 4 mm voor gazon. De dosis voor plantsoenen en vaste planten is

uiterst afhankelijk van de soort; dit kan variëren van 2 mm/dag tot 15 mm/dag, struiken vanaf 10 mm/dag, bomen van 50 liter tot 300 liter per dag per boom.

Ten opzichte van een normale plantverdamping kunnen deze dosissen te hoog zijn in voor- of najaar, en doorgaans te laag in warme zomerperiodes. De beheerder kan de elektronische standaardinstellingen aanpassen, bv. de dosis verhogen bij aanhoudende strenge droogte; hij dient dan niet te vergeten de standaardinstelling te hernemen na deze periode.

De installatie houdt geen rekening met het reële weer en evenmin met de weersverwachting. De betere installatie is wel voorzien van een sensor die de berekening kan onderbreken onder invloed van neerslag. De sensor heeft meestal een geheugen van ca. 4 mm neerslag; dit betekent dat de sensor tot 4 mm neerslag kan opnemen, waarna de berekening terug kan starten na verdamping van 4 mm. Ingeval 4 mm of meer neerslag valt kan men ervan uitgaan dat de beregeningscyclus op die dag wordt onderbroken. Ingeval van 2 mm neerslag kan men ter vereenvoudiging uitgaan van een kans op onderbreking van 50%, afhankelijk van de verdamping.

Uit de verzamelde neerslagreeksen van de verschillende waarnemingsstations (zie 2.3.1) kan men het aantal dagen met een bepaalde neerslagsom berekenen. Gemiddelden over de periode maart 1993 tot februari 2019 worden als volgt berekend:

Gemiddeld over de waarnemingspunten in Limburg	mm	# dagen/jaar	# dagen/april-september
Aantal dagen per jaar met neerslag van minstens	1	132	66
	2	104	52
	3	82	41
	4	67	34

Deze resultaten zijn consistent met bevindingen van het KMI (2019) waar gemiddelden voor deze regio in de periode 1981-2010 vermeld worden tussen 125 en 145 dagen/jaar met minstens 1 mm neerslag, en tussen 17 en 25 dagen/jaar met minstens 10 mm neerslag.

Rekening houdend met het aantal dagen neerslag met minstens 2 mm en 4 mm, kan men berekenen dat de beregeningscyclus gemiddeld 43 dagen tussen april en september wordt onderbroken. Het aantal dagen met beregening bedraagt dan 140 dagen per jaar.

Deze benadering is enerzijds mogelijk onderschat gezien de installatie handmatig ook reeds kan ingezet worden in een droge maand maart of oktober. Doorgaans wordt ze niet handmatig onderbroken tijdens de zomermaanden gezien een sensor-onderbreking aanwezig is. Anderzijds is ook een overschatting mogelijk doordat de eigenaar de installatie later kan activeren ingeval een natte maand april, of tijdelijk onderbreken in uitdrukkelijk nattere periodes.

In de verdere analyse wordt uitgegaan van de watergift voor een gazon. Gezien de hoge variabiliteit voor andere plantsoenen worden deze in een vereenvoudiging gelijkgesteld aan gazon.

De standaardinstelling in de beregeningscyclus van 4 mm per dag van een installatie met sensor betekent over gemiddeld 140 dagen een waterverbruik van gemiddeld 560 mm/jaar (560 l/m²/jaar). In grootteorde en gemiddeld kan men stellen dat deze hoeveelheid meer dan het dubbele bedraagt van hetgeen een graszode als aanvullende watergift kan vragen. Dit betekent dat gemiddeld in grootteorde ongeveer de helft van dit verbruik wordt doorgespoeld naar de freatische grondwaterlaag, en/of afgeleid via drainage naar een oppervlaktewater.

De te hoge beregeningsdosis, samen met de nodige bemesting en maai-intensiteit, laat wel toe om voortdurend een frisgroene grasmat te realiseren.

Het relatief hoge, overmatige waterverbruik door (kostelijke) meer gesofistikeerde systemen ten opzichte van eenvoudigere beregeningsystemen wordt ook bevestigd door onderzoek (Syme et al., 2004).

Bovenstaande type van systemen vallen onder volledig beheer van de eigenaar of tuinbeheerder. Meer recente systemen zijn beheersbaar (timing, dosis) met smartphone. Een particulier heeft doorgaans niet de tijd en het inzicht om de berekening dag aan dag nauwkeuriger aan te sturen.

Deze systemen worden doorgaans in grotere tuinen geïnstalleerd als onderdeel van een totaal-tuinaanleg. Gazons worden overhead beregend met bv. pop-up sproeiers; plantsoenen doorgaans met druppeldarm. De beregende oppervlakte per tuin kan gaan van enkele 10-tallen aren tot meer dan een ha, hetgeen een jaarlijks waterverbruik betekent in grootteorde van 1000-den tot soms meer dan 10 000 m³/jaar per tuin.

Verdere toelichtingen:

- Er bestaan reeds private systemen die door meer gespecialiseerde bedrijven extern worden beheerd, en die ook rekening houden met de weersverwachting (neerslagkans en grootte) hetgeen ongetwijfeld een significante verbetering betekent. Deze laatste systemen worden nauwelijks in de privésector geïnstalleerd gezien de hogere kost.
- Zoals verder uiteengezet is doorgaans geen debietmeter aanwezig, of wordt het debiet ook niet extern geregistreerd.
- Verder bestaat er geen enkele certificatieverplichting, of garantie op de kwaliteit noch m.b.t. de professionele aanlegger, noch m.b.t. het aangelegde systeem.
- Evenmin bestaat er een vorm van verplichte keuring, bv. 5-jaarlijkse audit, op het behoorlijk functioneren of voldoen aan kwaliteitscriteria of duurzaamheidscriteria.

Waterbronnen:

Gezien het gemiddelde (hoge) jaarlijkse verbruik zou een hemelwaterreserve slechts voor enkele weken volstaan, of wordt verbruik van leidingwater zeer kostelijk. Daarom wordt doorgaans als waterbron voor deze systemen grondwater, een geboorde waterput gekozen. Soms is nog een oude grondwaterput aanwezig. Een raming geeft dat aanzienlijk minder dan 10% van deze systemen op leidingwater zijn aangesloten; leidingwater kan gekozen worden meestal omwille van de slechte waterkwaliteit van aanwezig (ijzerhoudend) grondwater.

De grondwaterwinning valt onder Vlare, rubriek 53.8. De eigenaar en ook de putboorder hebben het meestal niet over dit verbruik en gaan doorgaans uit van een “grondwaterwinning voor huishoudelijk verbruik” (max. 500 m³/jaar); de putboorder levert dan een attest van ‘niet-ingedeelde inrichting’. De eigenaar, en niet de putboorder, is gehouden deze winning te melden aan de Dienst heffingen van de Vlaamse Milieumaatschappij. Het is, voorzichtig gesteld, niet bekend of deze melding steeds effectief gebeurt. Een debietmeter is zeker niet standaard voorzien. Men kan schatten dat slechts een kleine fractie van de waterputten in dit verband werd geregistreerd.

De kost voor dergelijke semiautomatische systemen in de tuinaanleg betekent dat dergelijke aanleg doorgaans samengaat met een hoge levensstandaard.

2. Doe-het-zelfsystemen

Hierbinnen zijn 2 systemen te onderscheiden: permanente systemen, en nood- of aanvullende beregening.

- **Permanente systemen**

Deze systemen zijn technisch te vergelijken met de hoger beschreven professioneel aangelegde systemen, maar waarbij de eigenaar zelf het ontwerp maakt, het nodige materiaal aankoopt en zelf aanlegt. Veelal zijn deze systemen niet semiautomatisch, maar manueel: de eigenaar schakelt de installatie aan en bepaalt op gevoel of gewoonte of eventueel met timer de beregeningsduur, de dosis. Zelfaanleg is goedkoper in de aanschaf, maar de beregening riskeert veelal niet homogeen of volledig te zijn, of absoluut inefficiënt werkend als gevolg van foute dimensionering.

Door handmatige aansturing kan men verwachten dat doorgaans minder frequent wordt beregend, maar door gebrek aan inzicht en als gevolg van een meer hydrofobe bodem bij droogte, de beregening per keer minder efficiënt is. Omtrent het jaarlijkse waterverbruik van dergelijke installaties bestaat, zover bij de onderzoekers bekend, geen enkele inventarisatie of kennis. Het verbruik is wellicht zeer uiteenlopend, maar betekenisvol. Rekening houdend met de kennis over professionele systemen en de meer handmatige aansturing van de doe-het-zelf-systemen, kan men grofweg aannemen dat deze laatste systemen gemiddeld 2/3 waterverbruik betekenen van dit van de professionele systemen. Maar de efficiëntie van de doe-het-zelfsystemen laat veelal te wensen over.

De doe-het-zelfsystemen betreffen middelgrote tuinoppervlaktes, bv enkele 10-tallen are.

Waterbronnen:

Zowel geboorde putten als het drinkwaterleidingnet kunnen waterbron zijn. Hierover bestaan geen gegevens. Geraamd wordt dat minstens 50 % over een eigen grondwaterwinning beschikt gezien de oplopende kosten van leidingwater. Een hemelwaterput levert absoluut onvoldoende reserve.

- Incidentele beregening, noodberegening, aanvullende beregening

In vele tuinen worden jaarlijks beperkte oppervlaktes tijdelijk beregend: plantsoenen, moestuin,... In uitdrukkelijk droge periodes komt het voor dat zeer veel particulieren met een kleine sproeier en hobby-uitrusting de groene vlakken in de tuin trachten te behouden, gazon groen te houden, en plantsoenen en bomen van verdroging trachten te redden. Er bestaat een veelheid van sproeiers; dosis en frequentie volgen het gevoel van de eigenaar en zijn doorgaans niet gestructureerd. In de praktijk kan men ervan uitgaan dat plaatselijk ofwel veel te hoge of veel te lage dosissen worden toegediend: de efficiëntie is veelal zeer laag. Gezien er ofwel plaatselijk (plantsoen, moestuin) ofwel slechts veel wordt beregend bij uitdrukkelijke droogte, kan men het gemiddeld jaarverbruik aanzienlijk lager inschatten, op 5% t.o.v. de professionele systemen.

Het debiet is zeer variabel naargelang het type van hobbysproeier, en in grootteorde 0,2 à 1 m³/u. Bij aanschakeling op de hemelwaterput zal deze reserve snel worden opgebruikt. Indien geen eigen grondwaterwinning voorhanden is, wordt in de praktijk tijdens droge periodes reeds binnen enkele dagen op leidingwater overgeschakeld.

3. Daktuinen

Voornamelijk in stedelijk gebied worden meer en meer daktuinen aangelegd. Daktuinen beschikken over een kleinere bodembuffer, substraat. Omwille van de blootstelling is het waterverbruik per oppervlakte plantsoen er minstens 2 x hoger dan vollegrondse plantsoenen (Geurts en Wilko, 2013). Waterbron is doorgaans leidingwater; hemelwateropvang levert onvoldoende. Ondanks het hoger waterverbruik wordt de oppervlakte daktuin niet verder ontwikkeld, ervan uitgaande dat deze verwaarloosbaar klein is in verhouding met de vollegrondse tuinen.

4.5.3.2.2 Benadering van de beregende tuinoppervlakte

Er bestaat in onze streken geen inventarisatie van de effectief beregende oppervlakte in de privétuinen.

De berekening en de aard van de beregeningsinstallatie is zeer afhankelijk o.m. van factoren zoals de bodemeigenschappen, maar ook van de levensstandaard.

- Tuinoppervlakte tuin

In het huidige onderzoek werd een benadering gemaakt van het voorkomen, de ruimtelijke spreiding en de oppervlakte van privétuinen, gekoppeld aan wooneenheden in de provincie Limburg. Deze GIS-operatie verliep in volgende fases (enkel de belangrijkste GIS-bewerkingen worden hier vermeld):

- Op basis van het ruimtelijke bestemmingsplan (Bron: Geopunt) werden volgende gebieden geïsoleerd:

Code	Hoofdcode	Verrekend
01xx	Woongebieden	X
02xx	Gemeenschapsvoorzieningen	
03xx	Dienstverleningsgebieden	
04xx	Recreatiegebieden	
05xx	Parkgebieden	
06xx	Bufferzones	
07xx	Groengebieden	X
08xx	Bosgebieden	X
09xx	Agrarische gebieden	X
10xx	Bedrijvenzones 1	
11xx	Bedrijvenzones 2	
12xx	Ontginningsgebieden	
13xx	Stort-, opspuitings- en bezinkings-gebieden	
14xx	Militaire gebieden	
15xx	Infrastructuur	
16xx	Overige	X
17xx	Landelijke gebieden	

- Binnen de bestemmingszones werden de kadastrale percelen geïsoleerd (Bron: GRB, Geopunt)

- Vervolgens werden enkel percelen geïsoleerd waarop een hoofdgebouw wordt vermeld; vanuit de datalaag Hoofdgebouw (Bron: GRB, Geopunt).
- De niet-bebouwde oppervlakte van het kadastrale perceel wordt bepaald door abstractie te maken van de oppervlakte van het hoofdgebouw.
- Bij nagaan in detail op de bekomen datalaag bleek dat ook verschillende grote domeinen werden betrokken die in militair domein, groengebieden en agrarische gebieden (bv. maneges) liggen. Deze oppervlaktes wel meenemen zou een betekenisvolle aberratie kunnen betekenen in de uiteindelijke benadering. Ze werden weggelaten. Het resultaat levert een benadering voor het aantal privétuinen, m.n. 360 937 tuinen voor de ganse provincie, met een totale oppervlakte van 32 895 ha.
- Men kan ervan uitgaan dat zeer grote tuinen, privédomeneinen, als geheel niet worden berekend. Daarom wordt gekozen om grotere privédomeneinen niet als geheel te verrekenen. Om een zicht te bekomen omtrent het voorkomen hiervan, wordt in een gevoeligheidsanalyse nagegaan welke impact dergelijke aanname kan hebben op de uiteindelijke benadering van het aantal en oppervlakte tuinen (privédomeneinen). Er werd berekend hoeveel domeinen voorkomen met een grotere dan een gestelde oppervlakte.

Oppervlakte van de privétuin	Aantal privétuinen en t.o.v. van alle tuinen	Uitgesloten oppervlakte/ totale oppervlakte tuinen
> 5 ha	146 0.04%	5.9 %
> 4 ha	202 0.06 %	6.6 %
> 3 ha	333 0.09 %	8.0 %
> 2 ha	645 0.18 %	10.3 %

Met daling van de bovengrens in beschouwde oppervlaktes neemt de uitgesloten oppervlakte exponentieel toe. Er werd met reserve gekozen om oppervlaktes > 5 ha niet mee te nemen in de analyse, en de oppervlaktes van domeinen tot max. 2 ha mee te nemen in de benadering (bv. op een domein van 3.6 ha wordt max. 2 ha potentieel beregenend).

- Door bovenstaande werd een bruto benadering gegeven van de tuinoppervlakte als het verschil tussen de oppervlakte van het kadastrale perceel en de oppervlakte van het hoofdgebouw. Vanzelfsprekend maken ook verhardingen zoals oprit, terrassen, paden, en bijgebouwen deel uit van deze bruto-oppervlakte. Dewaelheyns (2014) werkte een benadering uit voor de netto-oppervlakte 'groen', plantsoen en gazon. Zij digitaliseerde op basis van orthofoto in een aantal at random geselecteerde gebieden de tuingedeelten en bekwam volgende benadering:

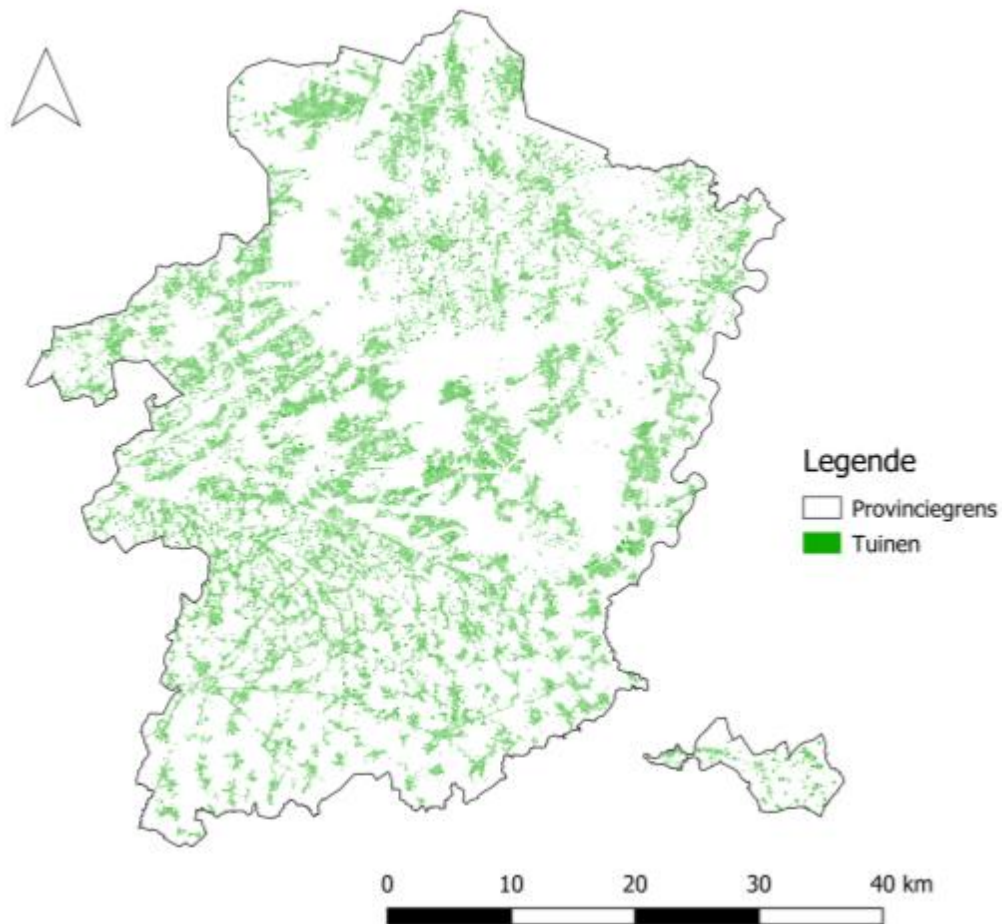
$$V = -0.472 + 1.002 \cdot U \quad \text{met} \quad U = \ln(\% \text{ bruto oppervlakte tuin})$$

$$V = \ln(\% \text{ netto oppervlakte tuin, groen, plantsoen})$$

Op deze wijze kan berekend worden dat gemiddeld 62% van de tuinoppervlakte bestaat uit gazon of plantsoen. Op schaal van de provincie betekent dit dat 7.9% van de oppervlakte van de provincie bestaat uit privétuinoppervlakte met gazon of plantsoen.

- Om technische redenen werden tenslotte tuinen van < 10m² weggelaten. Men kan aannemen dat dit meestal artefacten betreft door onnauwkeurigheden in de digitale data. Het betreft 23 187 records, doch met slechts een totale oppervlakte van ca. 3 ha.

Figuur 167 geeft de percelen met privétuinen weer die op deze wijze werden geïdentificeerd.



Figuur 167: Privétuinen in de provincie Limburg in kaart gebracht.

Tabel 21 geeft een indeling van de oppervlakte van tuinen met aantallen. In een vereenvoudiging wordt gesteld dat per privétuin een huishouden aanwezig is.

- Beregende tuinoppervlakte

De effectief systematisch beregende oppervlakte tuinen (met semi-automatische systemen) hangt nauw samen met de welstand van de eigenaar. Een raming geeft aan dat in sommige residentiële wijken 60% tot 80% van de tuinen aangelegd werd waarbij een beregening is voorzien. De systemen worden doorgaans aangelegd in eerder grotere tuinen vanaf ca. 1000 m². Incidentele beregening komt algemeen voor.

Tabel 21 geeft conservatieve ramingen weer voor het oppervlakteaandeel dat per klasse en per beregeningswijze beregend wordt. De incidentele beregening geldt voor een gemiddeld jaar.

4.5.3.2.3 Benadering van het waterverbruik in beregening

1. Benadering voor de provincie Limburg

Rekening houdend met grootteorde van verbruik van de beregeningswijzen en met de benadering voor de beregende oppervlaktes, kan men een schatting bekomen voor de totale beregening in privétuinen in de provincie.

Tabel 21: Benadering van het gemiddelde jaarverbruik voor beregning in privétuinen in de provincie Limburg

Oppervlakte:		10-500	500-1000	1000-2500	2500-10000	10000-20000 m²	
per klasse:	aantal tuinen:	228855	72148	28344	7450	807	
	totale oppervlakte:	5719	4922	4101	3253	1173 ha	
	gemiddeld:	0.025	0.068	0.14	0.44	1.45 ha/huishouden	
Opp. aandeel, beregend (%)							
	Semi-autom.systemen:		0.2%	0.5%	0.5%	0.5%	
	Zelfbouw, permanente systemen:	0.3%	0.2%	0.2%			
	Incidentele beregning:	15.0%	15.0%	10.0%	1.0%	0.5%	
Gemiddeld jaarverbruik (m³/j)							aan, per installatie:
	Semi-autom.systemen:	0	55123	114818	91080	32857	0.56 m ³ /m ³ .j
	Zelfbouw, permanente systemen:	48037	27561	22964	0	0	0.28 m ³ /m ³ .j
	Incidentele beregning:	240185	206711	114818	9108	1643	0.028 m ³ /m ³ .j
		288222	289395	252600	100188	34500	
Totaal:							964905 m ³ /j
Waterbron							Totaal:
Grondwater	aandeel:	10%	10%	90%	99%	100%	
	verbruik:	28822	28940	227340	99186	34500	418788 m ³ /j
Leidingwater	aandeel:	85%	85%	10%	1%		
	verbruik:	244989	245986	25260	1002		517237 m ³ /j
Hemelwater	aandeel:	5%	5%				
	verbruik:	14411	14470				28881 m ³ /j

Watergift in privétuinen in de provincie Limburg wordt geraamd op gemiddeld 965 000 m³ per jaar in grootteorde, waarvan 42% grondwater, 54% leidingwater en 3% hemelwater.

Verder kan men ramen dat van dit jaarverbruik, omwille van de lage efficiëntie vooral in de semi-automatische systemen, ongeveer 20% draineert naar het freatische grondwater of kleindeels afgevoerd wordt via kunstmatige drainage.

2. Toetsing

Gezien in bovenstaande benadering is gebaseerd op een aanzienlijk aantal elementen uit zgn. expertkennis, is het aangewezen om de grootteorde van verbruik te toetsten indien mogelijk aan andere onderzoeksgegevens. Zoals reeds aangegeven bestaat in onze streken nauwelijks data.

Extrapolatie van besluiten uit het eerder vermelde onderzoek van de VMM (2016) betekenen een waterverbruik voor 'Planten en tuin' van gemiddeld 2 357 765 m³/jaar in de provincie, waarvan 55% leidingwater, 7% grondwater en 38% hemelwater. Het verbruik van dit water grijpt gemiddeld plaats op 1 dag op de 5 (frequentie). Dit bevraagde waterverbruik bedraagt meer dan het dubbele van het berekende voor beregning. Gezien de indeling in de enquête kan men aannemen dat in het bevraagde waterverbruik 'Planten en tuin' vrijwel alle buitenhuis-waterverbruik is inbegrepen; het is niet duidelijk in welke mate bv. auto of fiets wassen, reinigen van een oprit, zwembad, of het houden van kleine of grote dieren, enz... inbegrepen zijn; in de bovenstaande benadering daarentegen werd enkel de beregning van gazon en plantsoen doorgerekend, met een frequentie voor permanente systemen van 1 per dag. Zoals beschreven kan men verwachten dat het aandeel grondwater in het verbruik voor beregning in grootteorde van 40% ligt, aanzienlijk hoger dan 7% voor 'Planten en tuin' waar 55% leidingwater wordt aangegeven.

Belangwekkende data konden ook gevonden worden in Amerikaans onderzoek in Boston, Massachusetts (Runfola et al., 2013). Het klimaat is er in goede mate vergelijkbaar met het Belgische klimaat. De staat heeft een gematigd zeeklimaat met enigszins hogere zomer- en lagere wintertemperaturen en met een gemiddeld hogere jaarneerslag van 1200 mm, gelijkelijk verspreid over het jaar. Uit een omstandige inventarisatie van het waterverbruik kon aangetoond worden dat het waterverbruik per huishouden dat ingezet wordt voor beregning enkel van gazon 11 l/huishouden.m².jaar bedraagt. Indien men in een vereenvoudigde benadering aanneemt dat een perceel met hoofdgebouw in de huidige studie overeenkomt met 1 huishouden, kan men, rekening houdend met de relevante oppervlakte, berekenen dat voor Limburg het waterverbruik voor beregning van gazon 2 108 409 m³/jaar zou bedragen, meer dan het dubbele van het berekende verbruik in

bovenstaande benadering. Indien men rekening houdt met mogelijk andere levensstandaard, andere cultuur m.b.t. beregening, en dat de studie voor Boston enkel gazon, en niet de andere plantsoenen betrof, wordt de benadering voor de provincie Limburg plausibel.

3. Verdere zonering

Gezien voorkomen en grootte van de tuinen ook geografisch werden bepaald, zal nog worden nagegaan in welke mate

- bodemeigenschappen het verbruik kunnen beïnvloeden (specifiek voor incidentele beregening),
- en in welke mate gegevens m.b.t. welstand, levensstandaard, kunnen effect hebben op dit waterverbruik.

Hierdoor kan dit waterverbruik mogelijk meer regionaal worden gespecificeerd binnen de provincie.

Besluiten:

Het waterverbruik voor beregening van gazon en plantsoen in de privétuin in de provincie wordt geraamd op gemiddeld grootteorde 1 mio m³/jaar.

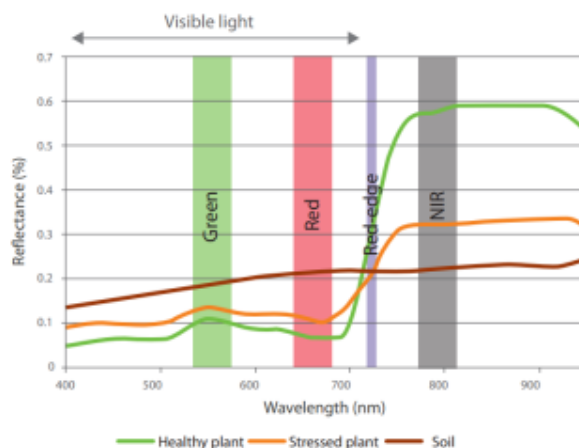
Het waterverbruik buitenhuis door particulieren ligt gevoelig hoger, mogelijk meer dan 2 mio m³/jaar in de provincie, doch hier bestaat nauwelijks detail over.

4.5.3.2.4 Benadering van de oppervlakte tuin beregend in 2018

De bovenstaande benaderingen geven een beeld voor een gemiddeld jaar. Extreme jaren geven uiteraard een aanzienlijk ander jaarverbruik, voornamelijk door noodberegening: redden van de graszode en/of plantsoenen en bodem.

Door hetgeen volgt werd getracht een beeld te geven van de locaties, de oppervlakte en aantal tuinen die beregend werden in de extreme zomer van 2018 in de provincie. Voor de benadering van het percentage tuinen die bewaterd werden in de zomer van 2018, wordt gewerkt met satellietbeelden. Hiervoor worden Sentinel-2 beelden gebruikt van het Theia platform (<https://theia.cnes.fr>). Dit betreft gecorrigeerde reflectiebeelden van de Sentinel 2A en de Sentinel 2B satellieten. Sentinel-2 satellieten bevinden zich op zo'n 786 km van het aardoppervlak en passeren elke 5 dagen voorbij hetzelfde punt met dezelfde invalshoek; ze capteren het zonlicht dat gereflecteerd wordt in 13 verschillende banden.

Het reflectiepatroon van bodem en planten wordt weergegeven in Figuur 168. Planten nemen veel licht op in het zichtbare licht (VIS) voor de fotosynthese terwijl de bodem hier meer licht reflecteert. In het NIR (nabij-infrarode licht) daarentegen zullen planten meer licht reflecteren dan de bodem. Planten die stress ondervinden zullen meer licht reflecteren in het VIS en minder licht reflecteren in het NIR dan gezonde planten.



Figuur 168: Reflectiepatroon van de bodem en planten in het zichtbaar licht (VIS) en het nabij-infrarode licht (NIR)

Om deze verschillen in reflectiepatronen te accentueren kunnen indices berekend worden. Een veel gebruikte index is de Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Deze index wordt berekend aan de hand van de reflectie in de rode band (RED) en de reflectie in het NIR en varieert tussen -1 en 1:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Een gezonde plant zal dus een hoge NDVI hebben, terwijl een gestresseerde plant eerder lage NDVI-waarden vertoont.

Bij de Sentinel-2 satellieten bevindt band 4 zich in het rode licht (RED) en band 8 in het NIR.

Door de enorme droogte gedurende de maand juli 2018, daalde de NDVI van niet geïrrigeerde grasperken sterk tussen eind juni en begin augustus. Om te beoordelen of een tuin bewaterd werd in de zomer van 2018, worden de gemiddelde NDVI-waarden van de tuinen van begin augustus vergeleken met deze van eind juni. Wanneer het verschil tussen de beide waarden van een perceel klein is en tevens de NDVI berekend in augustus voldoende hoog, wordt er verondersteld dat er waarschijnlijk water gegeven werd op desbetreffend perceel.

Deze berekeningen werden uitgevoerd met GIS-software. Om enkel de privétuinen in beschouwing te nemen, werden de administratieve percelen (GRB - Adp - administratief perceelgrens, Geopunt) geselecteerd die zich in een woonzone (Gewestplan-BG, Geopunt) bevinden en waarop zich een gebouw (GRB - Gbg - gebouw aan de grond, Geopunt) bevindt.

Resultaten:

De volgende figuur geeft een detail van de beeldvorming zoals ze werd uitgevoerd voor de gehele provincie.



Figuur 169: Identificatie van betrokken percelen op orthofoto, detail te Pelt; verwerking naar NDVI van satellietbeelden op 3 verschillende data in 2018.

Om het totale aantal bewaterde tuinen te berekenen a.d.h.v. satellietbeelden werd gewerkt in verschillende stappen:

- (1) Er werd gestart met de administratieve percelen (GRB - Adp - administratief perceelgrens, Geopunt) die zich in een woonzone (Gewestplan-BG, Geopunt) bevinden en waarop zich een gebouw (GRB - Gbg - gebouw aan de grond, Geopunt) bevindt. Dit betreft een totaal van 377 203 percelen. Uit deze percelen werd een subselectie (254 042 percelen) genomen van de percelen die groot genoeg zijn (> 500 m²) t.o.v. de pixels van de gebruikte satellietbeelden (10 x10 m²) en klein genoeg zijn (< 10 000 m²) om als "privétuin" te beschouwen.

- (2) In een volgende stap werd gekeken naar de NDVI van deze subselectie; enkel de percelen met voldoende vegetatie zijn relevant voor dit onderzoek. Hierbij werden enkel de tuinen geselecteerd waarbij de NDVI op 27 juni 2018 groter is dan 0.5 en de NDVI op 6 augustus 2018 groter is dan 0.3. Op deze manier werd het aantal relevante tuinen tot de studie teruggebracht tot 135 841 percelen.
- (3) Tenslotte werd gekeken welke van deze 135 841 percelen bewaterd werden in de zomer van 2018. Dit werd gedaan door te kijken naar het verschil tussen de NDVI's op 27 juni 2018 en 6 augustus 2018 enerzijds en tussen de NDVI's op 15 september 2018 en 6 augustus 2018 anderzijds. Voor beide verschillen werd een drempelwaarde van 0.08 gekozen. Wanneer beide verschillen kleiner zijn dan deze drempelwaarde, werd er hoogstwaarschijnlijk gedurende de maand juli in 2018 water gegeven op dit perceel. Dit betreft 12 230 percelen ofwel 11% van de percelen die voldeden aan de eerste selectiecriteria (1) en (2).

Criterium (1) : de percelen moeten een relevante oppervlakte hebben		
aantal percelen met een oppervlakte <10 000 m ²		373 591
aantal percelen met een oppervlakte > 500m ²		257 654
aantal percelen met 500m ² > oppervlakte > 10 000 m ²		254 042
Criterium (2) : er moet voldoende vegetatie op de percelen staan		
aantal percelen met NDVI (6/08/2019) >0.3		231 461
aantal percelen met NDVI (27/06/2019) > 0.5		135 841
Percelen die aan criteria (1) en (2) voldoen		113 668
Criterium (3) : percelen die voldoende groen bleven in augustus 2018		
aantal percelen met NDVI (15/09/2019) - NDVI (6/08/2019) <0.08		157 297
aantal percelen met NDVI (27/06/2019) - NDVI (6/08/2019) <0.08		156 919
Percelen die aan de drie criteria (1), (2) en (3) voldoen		12 230
Besluit :		
aantal	11%	
oppervlakte	12%	

Besluiten:

Op basis van de gestelde criteria kan men besluiten dat in 2018 op minstens 11% van de beschouwde tuinen, of op minstens 12% van de oppervlakte van het totaal van de tuinen betekenisvol water aan de vegetatie werd toegediend. 'Betekenisvol' kan men in dit verband lezen als meer water dan enkel om de vegetatie te laten overleven. De bodembedekking bleef in de geïdentificeerde tuinen immers fotosynthetisch zeer actief.

Gezien conservatief werd omgesprongen met uitsluitingscriteria en met de interpretatie van de NDVI, kan men ervan uitgaan nog een ruime oppervlakte van min of meer bewaterde tuinoppervlakte niet in dit besluit is vervat.

Men kan meer algemeen besluiten dat watergift in de tuinen bij aanhoudende droogte een betekenisvolle oppervlakte betreft. Op deze wijze bevestigt dit in meer algemene zin de besluiten van de voorgaande paragrafen.

4.5.3.3 Zwembaden en siervijvers

- Zwembaden

In de private omgeving dient onderscheid gemaakt te worden tussen aangelegde permanente zwembaden, tijdelijke zwembaden, bovengronds, en tenslotte ook kleine eenheden. Ze worden meestal in open lucht aangelegd. Eigenaars van een permanent zwembad hebben doorgaans geen notie van het waterverbruik hiervan (Wentz en Gober, 2007).

Op basis van sporadische informatie uit de sector van verkoop, aanleg en onderhoud wordt het waterverbruik voor deze 3 types als volgt geraamd (zie ook volgende box).

Het waterverbruik door permanente zwembaden (standaard zwembad) is na de initiële vulling beperkt tot het op peil houden van het bad en de spoeling van het filtersysteem. Gezien deze baden een lange levensduur hebben wordt ook rekening gehouden met hervullingen bv. na grondig onderhoud of herstelling.

De waterbalans van een buitenzwembad volgt de verdamping en het neerslagverloop. Neerslagoverschot tijdens de winter wordt grotendeels afgevoerd. In de zomerperiode dient geregeld bijgevoerd te worden als gevolg van gebruik en verdamping, zeker wanneer het water wordt bijverwarmd, meestal het geval bij permanente zwembaden. Permanente zwembaden zijn meestal ook voorzien van een zeil om verwarmingskosten te drukken – hierdoor neemt ook de verdamping af. Zwemvijvers worden ter vereenvoudiging hier geklasseerd onder zwembaden.

Standaardzwembad		10x5x1.5 m ³
Initiële vulling		75 m ³
Incidentele vullingen (grondig onderhoud, herstellingen)		0.2 /seizoen
Bijvulling (verdamping en gebruiksverliezen)		1 m ³ /week
Filterspoeling		5 m ³ /seizoen
Waterverbruik per seizoen		41 m ³ /seizoen
Seizoensopstellingen, bovengronds (zelfbouw, al dan niet tijdelijk)	vulling	10 m ³ /seizoen
	reiniging en bijvullingen	15 m ³ /seizoen
	Waterverbruik per seizoen	25 m ³ /seizoen
Kleine eenheden	vulling	0.5 m ³ /seizoen
	bijvullingen	1.5 m ³ /seizoen
	Waterverbruik per seizoen	2 m ³ /seizoen

Seizoensopstellingen zijn meestal zelfbouw, bovengronds, op basis van een aangekocht pakket. Het bestaat uit opblaasbare delen of uit een structuur met een folie, al dan niet voorzien van een filter. Deze opstellingen kunnen ook meerdere seizoenen blijven staan, maar ze worden niet als permanent zwembad beschouwd.

Kleine eenheden tenslotte betreffen kinderbadjes e.d.

Gegevens m.b.t. aanwezigheid van deze zwembaden zijn niet beschikbaar. Waar in 2000 in België ca. 1300 permanente baden werden aangelegd, wordt naar zeggen van een bedrijf in de sector verwacht dat in 2019 in België nagenoeg 3000 zwembaden worden aangelegd; er kan gerekend worden op grootteorde 300 in Limburg in 2019. Dit aantal per jaar is betekenisvol toegenomen als gevolg van het uitzonderlijke seizoen 2018.

Om alsnog een notie te hebben van de grootteorde in waterverbruik wordt een vork in de aanwezigheid van een type zwembad doorgerekend (zie Tabel 22).

Tabel 22: Raming van het waterverbruik van zwembaden in de provincie Limburg.

Aantal tuinen in Limburg met groene oppervlakte >10 m ² :		337604						
	Verbruik per bad	Piektverbruik per bad	Hypothese 1			Hypothese 2		
			Voorkomen in de tuinen	Waterverbruik	Piektverbruik	Voorkomen in de tuinen	Waterverbruik	Piektverbruik
				m ³ /seizoen	m ³ /periode		m ³ /seizoen	m ³ /periode
Klein zwembadje	2	0.5	2%	13504	3376	3%	20256	5064
Seizoensofstelling	25	10	1%	84401	33760	2%	168802	67521
Permanent zwembad	41	0	1%	138418	0	2%	276835	0
Totaal:				236323	37136		465894	72585

Het gemiddelde jaarlijkse waterverbruik door de huishoudens in dit verband kan in grootteorde worden geschat tussen 250 000 en 500 000 m³/seizoen in Limburg.

Indien de vulling van de tijdelijke baden in een periode gelijktijdig gebeurt, bv. in het voorjaar, dan betekent dit een piektverbruik in grootteorde van 30 000 tot 80 000 m³ in deze periode, of 16% van het jaarlijkse verbruik.

Men kan ervan uitgaan dat de waterbron doorgaans leidingwater is.

- Siervijvers

Onder siervijver wordt verstaan dat het watervolume niet in contact is met de omliggende bodem: de vijver maakt geen deel uit van het grondwatersysteem.

De jaarlijkse bijvulling van siervijvers kan aanzienlijk variëren naar gelang het neerslagdeficit tijdens de zomermaanden. In grootteorde kan men hiervoor uitgaan van gemiddeld 200 mm; voor een vijver met een oppervlakte van 20 m² betekent dit een waterhoeveelheid van 4 m³. In de aanname dat in 2% van de tuinen een siervijver voorkomt, betekent dit een verbruik van ca. 26 500 m³/jaar in de provincie. In veel gevallen gebeurt de aanvulling ook met hemelwater.

4.5.3.4 Wassen van de auto

In 2018 staan in Limburg 478 441 personenwagens geregistreerd voor een bevolking van 872 923 inwoners, 361 077 huishoudens, of 1.33 auto's per huishouden.

Bij wassen van de auto met de tuinslang is te rekenen met ca. 150 l water (ref. Pidpa); met emmer en spons of hogedrukreiniger ligt dit tussen 50 en 100 l.

Bij autowassen door particulieren komt het vervuilde waswater doorgaans terecht in de RWA

Uit een enquête uit 2002 in opdracht van Aminal Water bij 303 huishoudens (Van Tomme en De Sutter, 2005) zou 1399 l/jaar per huishouden verbruikt worden voor het zelf wassen van de auto in Vlaanderen. Hiervan was 64% leidingwater, 9% grondwater, en 28% hemelwater.

Rekening houdend met het aantal huishoudens in de provincie Limburg zou dit een waterverbruik betekenen van 505 000 m³/jaar voor het wassen van de auto. Met 1.41 auto's per huishouden voor Vlaanderen in het jaar van de enquête en aan 100 l/beurt, kan men berekenen dat alle auto's gemiddeld 10 maal per jaar met de hand gewassen worden. Deze cijfers lijken een betekenisvolle overschatting gezien het grote aandeel bedrijfswagens waarvan een aanzienlijk deel langs de carwash passeert, en gezien een aandeel van de wagens hooguit enkele malen per jaar wordt gewassen.

In een alternatieve doorrekening waarbij 75% van het wagenpark gemiddeld 12 maal per jaar wordt gewassen, en 25% slechts gemiddeld 4 maal per jaar wordt gewassen, en waarbij telkens 50% van de wasbeurten thuis gebeuren, dan becijfert men het waterverbruik thuis op 239 221 m³/jaar.

Nota m.b.t. het alternatief, carwash:

Er bestaat grote variatie in het waterverbruik naargelang het type carwash, maar ook binnen een bepaalde technologie. Bovendien moet bijkomend nog rekening gehouden met speciale zorgen (wassen binnenzijde, onderbodemwassen,...) (Huybrechts e.a., 2002).

Tabel 23: Gemiddeld bruto waterverbruik per type (Huybrechts e.a., 2002).

	Watergebruik (l/wasbeurt)
Roll-over	100-350
Wasstraat	200-650
Self-carwash	70-80

De B.B.T. voor car- en truckwash vereisen dat bij een gebruik van meer dan 5000 m³ water op jaarbasis, het verplicht is 80 à 90% te recycleren. Het maximum verswaterverbruik per wagen mag dan nog slechts 80 liter per wagen bedragen. Huidige (vergunde) carwashbedrijven recycleren tot ca. 95% van het waterverbruik. Het netto waterverbruik wordt dan ook betekenisvol ingeval van de autowas door particulieren.

In Vlaanderen wordt in hoofdzaak leidingwater en grondwater gebruikt in de carwashsector.

4.5.3.5 Verruiming

In de bovenstaande benaderingen werd gefocust op specifieke en herkenbare activiteiten zoals het wassen van de auto, de aanwezigheid van een zwembad of de beregeningsinstallatie van een tuin. Een aantal van deze activiteiten zijn in min of meerdere mate gerelateerd aan de levensstandaard. Op basis van de vergelijking van de eerder grove benadering in het geciteerde onderzoek van de VMM (2016) en de bovenstaande doorrekeningen, kan men stellen dat het buitenhuiswaterverbruik nog betekenisvol bepaald wordt door andere verbruiksposten die mogelijk minder in het licht staan, bv.

- het wassen van een mountainbike of moto kan aanzienlijk frequenter gebeuren dan het wassen van de auto;
- het gebruik van een tuinslang betekent in grootteorde 1 m³/u, bv. voor het reinigen van verharde oppervlakken buitenhuis;
- het waterverbruik bij het houden van een paard bedraagt aanzienlijk meer dan dit van 1 IE;
- enz...

4.5.4 Demografische ontwikkelingen

Bronnen:

- Federaal planbureau en Algemene Directie Statistiek, 2017.
- Federaal planbureau en Statbel, 2019.
- Statbel: waarnemingen 1991-2018
- FPB en Statbel: vooruitzichten 2019-2071

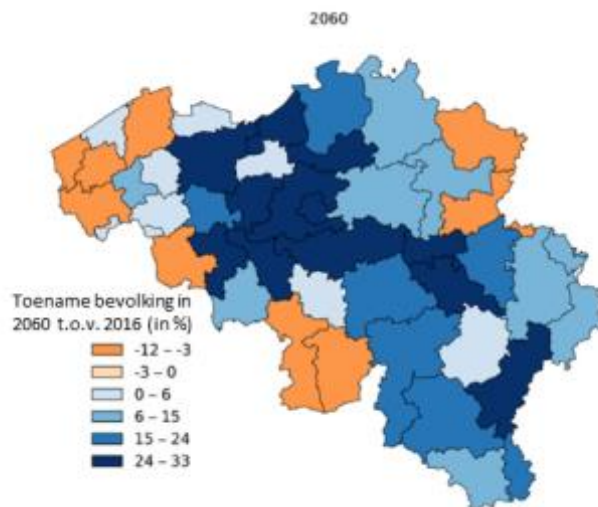
De Belgische bevolking neemt toe met 16% tussen 2018 en 2070 tot 13.226.178 inwoners. De jaarlijkse stijging in deze projectieperiode is aanzienlijk minder vergeleken met de laatste 3 decennia, en dit voornamelijk als gevolg van afnemende migratie.

Het aantal huishoudens in België neemt toe met 21% en bedraagt 5.96 miljoen in 2070. Het aantal huishoudens stijgt sneller dan de bevolking door toename van het aantal eenpersoonshuishoudens. Deze toename vermindert geleidelijk, en zeker vanaf 2040.

In de provincie Limburg liggen een aantal prognoses anders dan deze voor België. Dit is voornamelijk gevolg van het verdwijnen van de babyboomgeneratie, en van verschillen in vergrijzing en in interne migratie in België. Het bevolkingscijfer in Limburg in 2018 bedraagt 870.880. In Limburg neemt de bevolking toe met ca. 2% tot 2040; nadien wordt een afname verwacht tegen 2060 tot terug ongeveer het huidige bevolkingscijfer. Deze globale cijfers maskeren wel regionale verschillen. Binnen de provincie zal in het arrondissement Hasselt de bevolking blijven toenemen, met 7% tegen 2070. In de arrondissementen Maaseik en Tongeren wordt tegen 2070 een afname verwacht met resp. 15% en 4% ten opzichte van het huidige bevolkingscijfer.

Overall in Limburg is het gemiddeld aantal personen (2.4) per huishouden vandaag lichtjes hoger dan gemiddeld elders in het land; tegen 2070 zal dit omgekeerd zijn (2.2).

Bovenstaande langetermijnprognoses zijn in 2018 niet wezenlijk veranderd t.o.v. de prognoses in 2012.



Figuur 170: Demografische ontwikkelingsvooruitzichten 2060 t.o.v. 2016 (%) per arrondissement (Federaal Planbureau)

Samengevat kan men stellen dat in bevolkingscijfer en in aantal huishoudens op de lange termijn (2060-2070) in de provincie als geheel relatief weinig verandering verwacht wordt ten opzichte van de huidige situatie. In het kader van de opdracht worden daarom deze demografische evoluties niet verder ontwikkeld als scenario.

4.6 Landbouw

Eerder onderzoek heeft reeds aangegeven dat er onduidelijkheid bestaat over het waterverbruik door de landbouwsector in Vlaanderen (Danckaert en Lenders, 2018):

Het totale waterverbruik door de landbouw in 2016 wordt op basis van het Landbouwmonitoringsnetwerk (LMN) van het Departement Landbouw en Visserij (DLV) ingeschat op 55.5 miljoen m³, waarvan 33 miljoen m³ grondwater (59%). Leidingwater en regenwater zijn goed voor 8% (4 miljoen m³) en 30% (16 miljoen m³). Oppervlaktewater blijft beperkt tot 1.5 miljoen m³. DLV baseert zich op extrapolatie van representatieve bedrijfsboekhoudingen.

De Vlaamse milieumaatschappij (VMM) rapporteert echter het totale waterverbruik in de Vlaamse landbouw op 69 miljoen m³ in 2016. De VMM schat het grondwaterverbruik in op 55 miljoen m³ of 80% van het totale waterverbruik in de landbouw. Leidingwater en regenwater zijn goed voor respectievelijk 9% en 7%.

4.6.1 Vanuit de vraag

4.6.1.1 Oppervlaktewater

Detail van wateronttrekkingen uit oppervlaktewaters lijkt moeilijk te vinden

Op een aantal plaatsen langs de Kempische kanalen bestaan tappen waar water in omliggende grachten kan gevoerd worden om perimeters te bevoeien, grondwater te voeden. Over de ligging en regeling hebben we geen gegevens. Gezien onttrekkingen uit (bevaarbare waterlopen en) kanalen vergunningsplichtig zijn (indien > 500 m³/j), bestaan deze gegevens mogelijk bij de Vlaamse Waterweg.

Gegevens zijn beschikbaar m.b.t. de irrigatienetwerken van de CIRO (Ophoven-Kinrooi) en het in aanleg zijnde Elerweerd aan de Maas. Beide onttrekken uit (plassen aan) de Maas.

Captaties uit andere (stromende) oppervlaktewaters kunnen, zolang geen afbreuk wordt gedaan aan de rechten van de stroomafwaarts gelegen oevereigenaars (bv. Natuur). Gezien ze gratis en niet meldings- of vergunningsplichtig zijn, bestaat geen inventaris.

Op basis van terreinervaring van de rapporteurs in deze opdracht wordt van volgende uitgegaan:

In Noord-Limburg en in de noordelijke Maasvallei zijn onttrekkingen uit oppervlaktewaters zeer beperkt. De bedrijven kiezen er al snel voor relatief oppervlakkig grondwater, de veiligheid van de eigen putten met goede waterkwaliteit.

In Zuid-Limburg ligt grondwaterpeil dikwijls dieper. De neiging om toch op oppervlaktewater te draaien is dan ook groter, maar het aanbod, het aantal beken is eens in de leemstreek laag. Zeer waarschijnlijk bestaan een aantal captaties uit de Gete, maar gegevens ontbreken. Men kan ramingen maken in de zin van langs de Gete 20 haspels aan 40 m³/u hetgeen in grootteorde 0.2 m³/s zou betekenen tijdens droge periodes.

Wellicht zullen heel wat 'noodonttrekkingen' voorkomen met citerne uit beken of poelen, zoals in 2018, maar dit gaat over waarschijnlijk structureel relatief verwaarloosbare volumes, eventueel wel betekenisvol natuurlijk indien een beek tijdens droogte geen debiet meer heeft.

Wel komt de waterbehoefte van de landbouw in kaart. Een toetsing hiervan met de vergunde debieten zal wellicht niet overeenkomen met de behoefte, maar niet omwille van oppervlaktewateronttrekking, wel o.m. omwille van onvergunde grondwaterputten.

4.6.1.2 Grondwater

In Figuur 154 zijn de vergunningen voor het oppompen van grondwater ingedeeld per sector. 16.3% van de vergunde volumes is voor de landbouw. In Figuur 155 is te zien dat 5.5% van het totaal vergund volume voor irrigatie is en 8.6% voor drinkwater voor dieren. De andere 2.2% is bestemd voor sanitair, proceswater, reiniging van stallen en andere.

4.6.2 Vanuit de behoefte

4.6.2.1 Areaal cultuurgrond

Het areaal van vollegrondse teelten werd in een eerste benadering berekend op basis van de Landbouwgebruikspercelenkaart 2017 (VLM, Geopunt).

Deze database werd verder verfijnd:

Eventuele dubbeltellingen werden verwijderd op basis van de unieke identicator ALVID. Deze perceelsidentificatie van de Adm. Landbouw en Visserij is stabiel over de jaren en is niet bepaald door het landbouwbedrijf dat aangifte doet.

Waar de percelen marginaal buiten de provinciegrenzen liggen werd enkel de oppervlakte binnen de provincie meegenomen.

Percelen vermeld met een op basis van de hoofdteeltcode uitdrukkelijk niet-landbouwproductie werden eveneens uitgesloten, zie Tabel 24.

Tabel 24: Hoofdteeltcodes uitgesloten uit de landbouwgebruikspercelenkaart 2017

Code	HFDLT
1	Hoofdgebouwen
2	Andere stallen en gebouwen
3	Poelen <= 0,1 ha
4	Houtkanten en houtwallen <= 10 m breed
5	Tuin met hoogstam
6	Begraasde niet-landbouwgrond met overeenkomst
9	Onverharde landingsbaan of veiligheidszones op vliegvelden
89	Braakliggend land met minimale activiteit met EAG
98	Faunamengsel
894	Andere bebossing
895	Bomen in groep
8910	Bebossing loofbomen-ecologisch
8911	Bebossing loofbomen-economisch
8915	Bebossing populieren
9825	Heide in natuurbeheer
9828	Natuurlijk grasland met minimumactiviteit
9829	Natuurlijk grasland zonder minimumactiviteit
9831	Bloemenmengsel
9832	Bloemenmengsel voor EAG Braak

Het bruto areaal cultuurgrond berekend op basis van de Landbouwgebruikspercelenkaart 2017 bedraagt in de provincie 95 061 ha op 67 309 percelen.

De kencijfers voor de provincies in Vlaanderen in 2017, opgemaakt door het Departement Landbouw en Visserij, baseren zich op de resultaten van de landbouwenquête van FOD Economie –Algemene Directie Statistiek (zie). Deze cijfers wijken betekenisvol af van deze uit de Landbouwgebruikspercelenkaart 2017. Uit de metadata kon geen informatie bekomen worden met het detail van de rekenwijze door AD Statistiek. Wat de oppervlakte cultuurgrond betreft steunen de statistieken op de teeltoppervlakten die binnen het kader van de GLB en van de agromilieuwetgeving door de landbouwbedrijven zijn aangegeven bij de gewestelijke overheden. De referentieperiode voor de teelten is april/mei. Bij de berekening van de teeltoppervlakten baseert AD Statistiek zich op administratieve gegevens van de perceelsaangifte van de gewesten. Deze gegevens zijn afkomstig van de verzamelaanvragen die de producenten indienen in het kader van het Europees geïntegreerd beheers- en controlesysteem (GBCS) voor de betaling van steun. De effectieve teeltoppervlakte wijkt hierdoor betekenisvol af van de oppervlakte cultuurgrond.

De perceelsaangifte, de effectieve teeltoppervlakte van elk perceel, is geen publieke informatie. In de huidige opdracht is de kennis van de geografische ligging van elke teeltoppervlakte echter essentieel gezien ze de zonale waterbehoefte bepaalt. Om hieraan tegemoet te komen wordt in een vereenvoudigde benadering de bruto cultuuroppervlakte van elk perceel, waarvan de ligging wel gekend is, lineair aangepast volgens de verhouding tussen de effectieve teeltoppervlakte en de bruto cultuuroppervlakte voor de provincie als geheel. Dit kan leiden tot afwijkingen voor het individuele perceel, maar er wordt redelijkerwijze van uitgegaan dat op het abstractieniveau en de schaal van de huidige opdracht, een afwijking weinig betekenisvol wordt.

Tabel 25: Oppervlakte (ha) en indeling cultuurgrond per provincie (statistiek Vlaanderen.be), 2017.

provincie	Oppervlakte Cultuurgrond	Voedergewassen	waarvan weiden	waarvan mais	Akkerbouw	waarvan granen	waarvan aardappelen	waarvan suikerbieten	Tuinbouw	waarvan groenten	waarvan fruit	waarvan sierteelt	Andere
Vlaanderen	610,971	344,345	219,504	120,043	208,594	125,902	50,589	20,517	55,849	31,956	17,773	6,120	2,184
Antwerpen	94,040	75,786	46,794	27,970	12,266	7,378	4,263	399	5,541	2,775	932	1,835	446
West-Vl.	199,006	98,153	63,787	32,922	78,413	39,038	24,854	7,351	21,985	20,039	757	1,190	455
Oost-Vl.	145,618	92,189	57,234	33,562	45,660	28,556	12,449	2,963	7,383	3,656	1,481	2,245	386
Limburg	84,899	43,291	26,398	16,467	27,005	18,270	3,043	4,484	14,171	3,326	10,258	587	433
Vlaams Br.	87,409	34,927	25,290	9,122	45,249	32,661	5,981	5,321	6,770	2,161	4,346	263	463

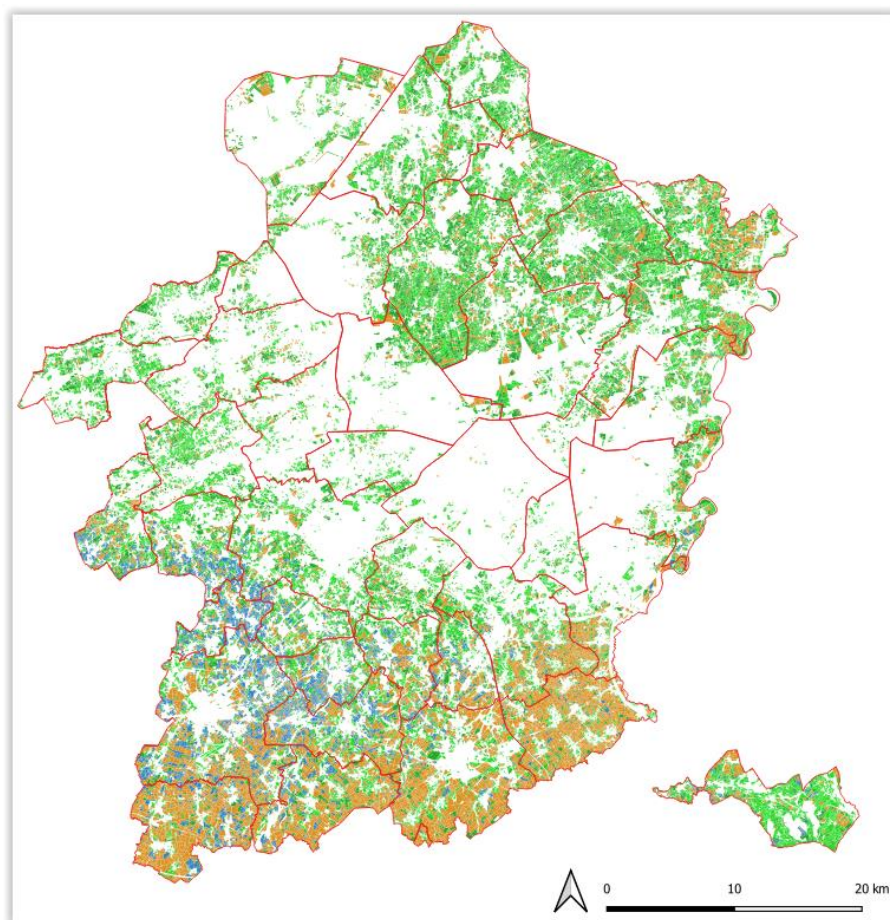
De referentie vermeldt eveneens dat de gemeenten in Noord-Limburg en Haspengouw bij de Vlaamse gemeenten horen waar de landbouw het hoogste aandeel in de totale oppervlakte heeft.

De kencijfers die voor de provincie in deze opdracht worden doorgerekend zijn dan als volgt:

Teeltdiversiteit (verschillende gecodeerde teelten):	167 (Hoofddeeltcodes ALV)
Aantal percelen:	67 309
Areaal cultuurgrond:	82.958 ha

Detail is in bijlage E.

Een globaal overzicht van de percelen en teeltgroepen wordt gegeven door volgende figuur.



Figuur 171: Teeltgroepen vollegrondse landbouw in de provincie. Groen = grasland, donker groen = maïs, blauw = pitfruit, beige = andere akkerbouwteelten (granen, groenten, aardappelen,...) (VLM, 2017).

4.6.2.2 Bodemvochtleverend vermogen

Zoals onder hoofding 2.4 uiteengezet kent Limburg zeer uiteenlopende bodemtypes en, met uitzondering van de beekvalleien, een duidelijk regionaal onderscheid tussen noord en zuid (inclusief Voeren), met grofweg de Demervallei als scheiding.

Onder het ontwikkelde GIS werd nagegaan op welke bodemassociaties het landbouwareaal ligt.

Tabel 26: Oppervlakte cultuurgrond (ha) per bodemassociatie in de provincie.

Bodemassociatie nr.	Oppervlakte ha	Legende	Bodemtype	ha
13	518	zandgronden zonder profielontwikkeling	S	
14	6441	droge zand- en lemig-zandgronden met humus of/en ijzer B horizont	S	
16	2507	droge zand- tot licht-zandleemgronden met kleur B horizont of met textuur B horizont	S	
20	2215	droge zand- en lemig-zandgronden met diepe antropogene humus A horizont	S	
22	81	niet gedifferentieerde zandige substraatgronden op zand	S	
26	53	droge licht-zandleem- en zandleemgronden met verbrokkelde textuur B horizont	S	
59	2529	droge alluviale gronden zonder profielontwikkeling	S	
15	11562	natte zand- en lemig-zandgronden met humus of/en ijzer B horizont	S	
17	2037	natte zand- tot licht-zandleemgronden met kleur B horizont of met textuur B horizont	S	
19	4429	complex van de associaties 15 + 17	S	
21	685	natte zand- en lemig-zandgronden met diepe antropogene humus A horizont	S	
23	1857	niet gedifferentieerde zandige substraatgronden op klei-zandcomplex	S	
62	33	zones met steile hellingen	S	34945
27	2366	natte licht-zandleem- en zandleemgronden met verbrokkelde textuur B horizont	L	
28	357	droge zandleemgronden met textuur B horizont of met verbrokkelde textuur B horizont	L	
29	5499	natte zandleemgronden met textuur B horizont of met verbrokkelde textuur B horizont	L	
30	7190	leemgronden met textuur B horizont: droge associatie	L	
31	15644	leemgronden met textuur B horizont: normale associatie	L	
32	5127	leemgronden met textuur B horizont: matig droge associatie	L	
33	2164	leemgronden met textuur B horizont: matig natte associatie	L	
34	335	leemgronden met textuur B horizont: natte associatie	L	
35	223	leemgronden met gevlekte textuur B horizont	L	
37	73	niet gedifferentieerde zandlemige of lemige substraatgronden op zand	L	
38	2464	niet gedifferentieerde zandlemige of lemige substraatgronden op klei-zandcomplex	L	
39	92	niet gedifferentieerde zandlemige of lemige substraatgronden op klei	L	
40	88	stenig leemgronden met textuur B horizont of met structuur B horizont met bijmenging van grint	L	
41	1283	stenig leemgronden met textuur B horizont of met structuur B horizont met bijmenging van krijt of silex	L	
57	66	kleigronden met structuur B horizont	L	
61	244	alluviale gronden met profielontwikkeling	L	43214
60	4831	natte alluviale gronden zonder profielontwikkeling	A	4831

Uiteraard zullen bepaalde teelten eerder op bepaalde bodemassociaties voorkomen. Daarom werd diepgaander ook doorgerekend welke oppervlakte van elke teelt-bodemcombinatie voorkomt in de provincie. Deze data zijn beschikbaar, doch te uitgebreid om volledig in rapport weer te geven. Deze data worden meegenomen in de ruimtelijke doorrekeningen.

Het al dan niet voorkomen van een (beregende) teelt en het seizoensneerslagverloop zijn uiteraard uitermate meer bepalend voor het watergebruik door berekening dan het bodemvochtleverend vermogen. Gezien het abstractieniveau van het huidige onderzoek wordt daarom uitgegaan van 3 bodemtypes in de doorrekening, als volgt:

Natte alluviale bodems: valleibodems die langsheen oppervlaktewaters liggen. Het vochtleverend vermogen is doorgaans zeer hoog omwille van de hoge grondwaterpeilen. De textuur of de profielontwikkeling is daarom ook van ondergeschikt belang in het vochtleverend vermogen. Een aantal bodems zijn, in de mate dat er geen kunstmatige drainage aangelegd is, landbouwkundig minder geschikt omwille van te hoge grondwaterpeilen. Deze associaties worden samengevat als 'A-type'.

Bodems met lichtere textuur: bodems met een minder gunstig vochtleverend vermogen omwille van een lagere natuurlijke bodemvochtretentie. Het betreft in hoofdzaak zand- tot licht-zandleembodems, zowel droge als natte gronden. Omwille van de zandige ondergrond zijn deze bodems veelal minder doorwortelbaar. Zogenaamde natte gronden kunnen in het voorjaar gedurende nog een aantal weken langer water leveren, maar in volle seizoen zal in droge periodes even snel watertekort optreden voor gewassen. Zoals ook eerder is uiteengezet, zijn vele zogenaamde 'natte' gronden gedurende de laatste decennia eveneens meer droogtegevoelig geworden. Algemeen gesteld beschikken deze bodems over een matige bodemvochtreserve, maar het aanwezige water is afhankelijk van bodemprofiel of

humusgehalte zeer goed beschikbaar voor gewassen. Veel van deze bodems lenen zich daarom o.m. goed voor de groenten- of aardappelteelt indien beregeningswater beschikbaar is. Deze associaties worden samengevat als 'S-Type'.

Bodems met zwaardere textuur: bodems met een gunstig vochtleverend vermogen omwille van de textuur en de veelal goede doorwortelbaarheid. De textuur is meestal zandleem tot leem. De bodemvochtreserve is doorgaans hoog, maar de waterbeschikbaarheid hangt sterk samen met de bodemstructuur en is niet steeds zo ruim als in de bodems van type S. Deze associaties worden samengevat als 'L-type'.

Voor een aantal belangrijke teelten werd vervolgens doorgerekend op welke bodemtypes deze teelten voorkomen.

Tabel 27: Ligging van oppervlakte cultuurgrond (ha) per bodemassociatie voor enkele belangrijke teelten in de provincie.

Bodemassociatie	Type	Teelt											
		code:											
		60	201	202	831	832	8512	8535	9511	91	901	9516	9711
		ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha
13	S	198	129	38	0	0	0	0	13	23	10	0	0
14	S	2294	2195	549	39	3	0	32	70	55	179	0	0
16	S	762	742	284	39	33	0	9	31	65	43	0	18
20	S	748	794	249	32	15	0	14	9	3	18	10	0
22	S	39	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	S	28	10	11	0	0	0	0	0	1	0	0	0
59	S	775	494	270	15	4	0	0	0	82	78	24	71
15	S	4941	3678	843	82	28	0	43	26	48	313	5	0
17	S	900	631	167	10	3	0	4	3	13	19	0	13
19	S	1608	1613	328	48	0	0	18	16	66	67	8	1
21	S	338	210	61	0	0	0	0	1	1	4	1	0
23	S	937	474	157	0	0	0	0	0	0	30	1	2
62	S	7	13	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	L	1032	369	328	0	0	0	8	9	26	50	6	87
28	L	91	56	47	0	0	0	0	0	2	15	0	28
29	L	1427	730	527	18	0	0	0	6	97	142	50	834
30	L	836	433	479	140	20	0	0	0	1180	504	45	166
31	L	2114	965	781	280	211	121	54	14	1764	1024	76	1555
32	L	1367	546	270	105	23	15	30	0	415	176	74	532
33	L	567	225	153	17	24	4	0	0	82	58	22	404
34	L	61	34	20	0	0	0	0	0	3	3	10	98
35	L	51	14	34	0	6	0	0	0	18	14	10	16
37	L	9	7	2	2	0	0	0	0	2	4	2	4
38	L	532	214	220	12	7	8	0	0	81	66	6	421
39	L	20	21	27	0	0	0	0	0	0	2	0	4
40	L	28	17	1	4	0	0	0	0	1	13	0	0
41	L	840	185	18	0	0	0	0	0	48	23	0	11
57	L	50	9	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
61	L	37	12	17	0	0	0	0	0	3	3	0	100
60	A	2635	868	333	20	1	0	0	4	61	70	14	128
Totaal:		25272	15712	6222	862	376	149	212	202	4141	2930	363	4494
Areal op:													
	S	54%	70%	48%	31%	23%	0%	57%	84%	9%	26%	14%	2%
	L	36%	24%	47%	67%	77%	100%	43%	14%	90%	72%	83%	95%
	A	10%	6%	5%	2%	0%	0%	0%	2%	1%	2%	4%	3%

Vanzelfsprekend wordt grasland relatief meer aangetroffen op de doorgaans nattere alluviale gronden (type A, associatie 60). Ook een deel van het maïsareaal is er aanwezig, en een relatief beperkt areaal in de perenteelt en aardbeiteelt. M.u.v. 4% van het areaal aardbeien, worden deze teelten worden doorgaans niet of verwaarloosbaar berekend op deze alluviale gronden (zie verder). Gezien de analyse een benadering zal geven van de landbouwwatervraag voor beregening, worden de alluviale gronden gezien hun vochtleverend vermogen verder buiten beschouwing gelaten.

Voor de relevante bodemtypes worden een typeprofiel en relevante vochtretentiekenarakteristieken gekozen.

4.6.2.3 Agroklimatologie

4.6.2.3.1 Klimatologische referentie

De spreiding van de neerslag en de referentie-evapotranspiratie in de ruimte en in de tijd werd in meer detail bestudeerd onder hoofding 2.1, en samengevat in termen van jaarnormaalwaarden. Voor de plantaardige productie is uiteraard vooral het neerslagdeficit in het groeiseizoen bepalend. Daarom werd de analyse specifiek hernoemen voor de periode april tot september.

In de behoefteanalyse wordt een benadering gegeven voor de referentiesituatie over een periode van 30 jaar, van 1986 tot 2015. Slechts voor enkele waarnemingsplaatsen zijn voldoende lange tijdreeksen voorhanden van zowel neerslag als referentie-evapotranspiratie. Daarom werd in een eerste fase het neerslagdeficit vergeleken over kortere periodes tussen de stations met langjarige reeksen (30 jaar) en relevante stations met reeksen over minder lange termijn. In het bijzonder werd de vergelijking gemaakt m.b.t. ZW-Limburg (ref. Gorsem) over 25 jaar, en meer centraal ook Genk, over meer dan 10 jaar.

Voor de duidelijkheid wordt een neerslagdeficit hier weergegeven als een positieve waarde, als het verschil tussen de referentie-evapotranspiratie en de neerslag over de gestelde periode. Een negatieve waarde geeft een neerslagoverschot weer.

Tabel 28: Gemiddelde neerslagdeficit tijdens de maanden april tot september voor een aantal waarnemingsplaatsen en over verschillende langjarige waarnemingen.

Beschikbare data:	KLEINE BROGEL	GENK	GORSEM	MAASTRICHT (NI)	STAMPROY (NI)
	1986 - vandaag (mm)	1994-2004 (mm)	1994 - vandaag (mm)	1986 - vandaag (mm)	1986 - vandaag (mm)
Beschouwde periode:					
1986-2015					
apr.	11			18	21
mei	27			30	32
juni	22			28	31
juli	20			29	27
aug.	3			6	13
sept.	-10			-7	-7
Totaal, apr.-sept.	73			104	117
mrt.1994-feb.2019					
apr.	13		19	20	22
mei	23		28	25	30
juni	26		29	31	33
juli	26		30	32	30
aug.	2		10	0	9
sept.	-6		-2	-3	-6
Totaal, apr.-sept.	84		114	105	117
mrt.1994-dec.2004					
apr.	-1	5	7	7	8
mei	24	34	29	21	30
juni	24	29	29	35	33
juli	31	24	11	34	24
aug.	13	19	20	18	18
sept.	-20	-24	-23	-18	-24
Totaal, apr.-sept.	71	88	72	97	90

Hoewel Kleine Brogel het enige synoptische KMI-weerstation (alle Penman-parameters + neerslag) is in Limburg is het klimaat er geenszins representatief voor de agroklimatologie in de provincie - dus rekening houdend met de landbouwbedrijvigheid.

Uit de analyse blijkt over de lange termijn (minstens 25 jaar) dat het verloop van het neerslagdeficit tijdens het groeiseizoen in de regio ten zuiden van de Demer en tot aan de Maas, maar ook in de het NO-deel van de provincie een zeer gelijkaardig verloop kent. Rekening houdend ook met ruimtelijke spreiding in de neerslag (zie Figuur 13) kan men besluiten dat het neerslagdeficit in deze zones zich duidelijk onderscheiden van het verloop van het neerslagdeficit op het Kempisch plateau en ten NW hiervan.

Er is getracht om ook data van meer centraal in Limburg, in Genk, te kunnen betrekken. Neerslag-waarnemingen zijn hier weliswaar beschikbaar vanaf 1993 tot vandaag; waarnemingen van de Penmanparameters zijn slechts beschikbaar van de periode maart 1994-2004. In een analyse over 10 jaar merkt

men grotere ruimtelijke variatie in de provincie. Dit is inherent aan een kortetermijnanalyse. Het verloop van het deficit in Genk sluit, in deze periode althans, anderzijds wel goed aan bij het verloop elders, m.u.v. Kleine Brogel, en ook Gorsem. Op basis van deze gegevens, en gezien het abstractieniveau waarmee de opdracht wordt uitgevoerd, is er echter geen reden om m.b.t. het neerslagdeficit voor het seizoen voor plantaardige productie verdere zonering binnen de provincie door te voeren.

4.6.2.3.2 Periodiciteit

Belangrijk is de tijdspanne waarover men de weersfenomenen analyseert. Het neerslagdeficit berekend op dagbasis kent vanzelfsprekend een veel hogere variabiliteit, meer extremen in verhouding tot een berekening op week- of maandbasis.

Met betrekking tot vochtvoorziening van gewassen kiest men deze tijdspanne zo dat deze samenvalt met de tijd die gemiddeld verloopt totdat de gemakkelijk beschikbare bodemvochtreserve is uitgeput door verdamping, rekening houdend ook met de berekeningsefficiëntie. Dit is de zgn. periodiciteit (Leliaert e.a., n.d.; Doorenbos J et al., 1992). Op basis van de verzamelde gegevens wordt de periodiciteit als volgt berekend:

bouwlaag, bodemtype:	L	S		
Areaalaandeel, potentieel beregend	55%	45%		
Veldcapaciteit (pF2 voor L en A; pF1.9 voor S en Z):	33.0	28.0	%vol	a
Gemiddelde stressdrempel (pF2.7):	21.0	14.0	%vol	b
Gemakkelijk opneembaar water (RAW) (a-b):	12.0	14.0	%vol	
Volgens areaal gewogen gemiddelde RAW			12.9 %vol	c
Bouwlaagdikte			28 cm	d
RAW (c*d):			36 mm	e
Grootteorde max. gewasverdamping, gemiddeld over alle teelten, zomer:			4 mm/dag	f
Berekeningsefficiëntie:			0.8	g
Periodiciteit (e*g/f):			7.2 dagen	

Gezien de diversiteit van de teelten en bodems, en het detailniveau van de studie, en in een voorzichtige benadering wordt de periodiciteit gelijkgesteld aan 7 dagen.

4.6.2.4 Karakterisering van de berekening

4.6.2.4.1 Berekening van akkerbouwmatige teelten en grasland

In de ervaring van de auteurs van deze studie bestaan nog veel lacunes in inzichten, maatschappelijk en bij bedrijfsleiders in onze streken. De betekenis van de bijkomende en vooral ook oordeelkundige watergift wordt algemeen maatschappelijk maar ook door veel bedrijfsleiders onderschat. Daarom wordt in deze studie plaats geruimd voor enige toelichtingen.

Marginale meeropbrengsten van de meeste groenten, aardappelen of fruit als gevolg van een irrigatiedosis zijn zeer betekenisvol. De bruto meeropbrengsten bedragen al snel € 250 tot gevoelig meer dan € 500/ha na een correct geplaatste berekening met 25 mm, voor een totale beregeningskost van € 50 à € 150/ha voor deze dosis.

Naast toename van de fysische productie (kg/ha) is er, uiteraard afhankelijk van de teelt, evenzeer de kwaliteitstoename. Zo kan het halen van een overwegend exportkaliber in de perenteelt in vele seizoenen niet zonder bedruppeling; de exportkalibers betekenen quasi een verdubbeling in de veilingprijs t.o.v. de kleinere kalibers (Janssens et al., 2015). Korte droogteperiodes tijdens de teelt van spinazie zorgen voor overschrijdingen van de normen m.b.t. nitraatgehalte in het blad. Droogte in aardappelen tijdens de knolinitatie zorgen veelal voor onverkoopbare partijen omwille van de gebrekkige velkwaliteit, of nadien door het hoge aantal drijvers als gevolg van doorwas, enz...

Minder gekend maar minstens zo belangrijk is dat watergift bij droogte ook fysiologische effecten heeft in de gewasontwikkeling. De invloed op de ontwikkelingsfasen heeft gevolgen voor de berekeningstrategie en het maatschappelijk rendement van het water, ten minste indien de berekening oordeelkundig loopt, d.w.z. dat elke beregenisdosis optimaal wordt omgezet in productwaarde en dit met de minst mogelijke milieudruk. Zo vereist de oordeelkundige berekening van aardappelen dat enerzijds de bodemvochttoestand reeds optimaal

wordt gehouden tijdens de knolinitiatie, maar dat anderzijds imperatief tijdens de knoldikking de watergift in geval van droogte zal worden volgehouden (Bries et al., 1995). Zoniet gaat het effect, de opbrengstverhoging en het financiële rendement, van de voorgaande beregeningen teniet, en kan zelfs een lagere opbrengst waargenomen worden en met hogere bodemreststikstof dan in het geval geheel niet werd beregend. Daarom dient een bedrijfsleider zekerheid te hebben m.b.t. hiervoor gereserveerde waterhoeveelheden, en kan een beregeningsverbod midden in de zomer overmatig negatieve gevolgen hebben voor de teelt. Daarom ook dient het beleid m.b.t. beschikbaar stellen van water gefocust te zijn op beregeningsregime of beregeningsstrategie en niet op momentele interventies – verbod - in al dan niet water beschikbaar stellen.

Voor een aantal groenteteelten vormt de mogelijkheid tot beregening vandaag zo goed als teeltvoorwaarde. Anders gesteld: in de bedrijfsvoering zijn deze teelten niet rendabel zonder de mogelijkheid van beregening. In de teelt van erwten voor de versmarkt of voor diepvries of inmaak, kan in vele seizoenen niet zonder extra watergift tegen de oogst aan omwille van de kwaliteit (smaak en vooral hardheid). Groenten in nateelt (bv. met zaai of plant in juli na spinazie) zoals bonen, bloemkool, enz.. vereisen in de meeste seizoenen bijkomende watergiften om zinnige bedrijfsopbrengst en vermarktbare kwaliteit te halen. Ingeval van mislukte nateelt wordt naast het financiële verlies de milieudruk zeer hoog als gevolg van reststikstof in de bodem. Indien niet kan beregend worden na een voortelt zou de akker dan onproductief blijven voor de rest van het seizoen; in de praktijk wordt zonder beregeningsmogelijkheid daarom slechts zelden nog een voortelt gezet.

In meerdere teelten dient beregend te worden met een ‘regulated deficit irrigation’ strategie (RDI): d.w.z. dat zeker niet aan alle watervraag van het gewas door beregening mag voldaan worden voor een maximaal rendement. Voorbeelden hiervan zijn erwten, bonen, pitfruit,... , en zeker ook voor granen in de mate dat ze zouden beregend worden. Anderzijds moet na een droogteperiode en de gewenste uitdroging van de bodem (RDI) wel degelijk met een beperkte watergift kunnen tussengekomen worden wil de opbrengst niet instorten.

Het areaal suikerbiet ligt omwille van de lange teeltcyclus, hoge vochtvraag en bodemkarakteristieken grotendeels in Haspengouw, waar de teelt dan ook nauwelijks wordt beregend. Nochtans ligt ca. 9% van het areaal op de lichtere gronden waar veelal moet beregend worden. Ondanks dit nadeel, blijft de teelt aanwezig op deze lichtere gronden (N-Limburg). De teelt past immers goed in een rotatie bv. met groenten, of wordt soms gezet als verplichte 3^{de} teelt bij veeteeltbedrijven. De teelt levert ook zekerheid m.b.t. het bekomen van pulp, gewild in het voederrantsoen voor veeteeltbedrijven. Deze argumenten laten verwachten dat ook op middellange termijn de teelt aanwezig zal blijven in N-Limburg ondanks de noodzaak tot beregenen.

De aardbeiteelt en ook frambozen, blauwe bes en braambes vormen in de provincie een economisch intensieve specialisatie, met een belangrijke werkgelegenheid. Voor deze teelten werd in 2017 503 ha geregistreerd. Nagenoeg de helft van het Vlaamse areaal aardbei ligt in Limburg. Frambozen en braambessen worden onder kap geteeld. Op basis van gegevens van de Veiling Borgloon en de BFV werd in 2014 35% in de aardbeiteelt onder kap geteeld (Janssens P., 2019, persoonlijke communicatie). Gezien geweten is dat dit areaal groeiend is, wordt 50% als geteeld onder kap verondersteld. Deze evolutie heeft uiteraard effect op de watervraag. In de aardbeiteelt wordt geraamd dat 40% van het areaal doordragers zijn. In Limburg zou dit aandeel lager zijn. Hier werd gerekend met 30%.

Beregening in groenvoederteelten:

Meerdere auteurs hebben in de laatste 40 jaar er reeds op gewezen dat beregenen van snijmaïs en uitdrukkelijker nog van gras in de meeste gevallen als niet rendabel dient te worden beschouwd. Enkel op zeer droge zandgronden kan beregenen van grasland met een haspelinstallatie rendabel worden wanneer men arbeidskost verwaarloost (Janssen G., 1982). Op een sterk gespecialiseerd veeteeltbedrijf op zandgrond dat naast gras ook snijmais verbouwt, bedraagt de kans dat de arbeidsopbrengst bij niet-beregenen lager uitvalt dan de minimale arbeidskost met beregenen, kleiner dan 5% (Boerderij/veelhouderij, 2000). In de kostenstructuur van dergelijke bedrijven is de situatie vandaag niet wezenlijk veranderd.

Voor grasland komt het er in een sterke vereenvoudiging op neer dat er per mm beregening een toename van de drogestofproductie wordt waargenomen van 10 à 15 kg DS/mm.ha, hetgeen in de meeste bedrijfssituaties zelfs niet toelaat de marginale kost⁴ van de beregening te dekken, zelfs indien

⁴ Marginale kost van een beregening betreft arbeid, energie, onderhoud en berging, en taxen. Vaste kosten betreffen de materiële installatie zelf, de afschrijving van de investering.

aankoopbesparend gerekend wordt aan 150 €/ton DS in een normaal jaar. Enkel in extreem droge jaren waarin beregend wordt om de zode te redden of waarin tekorten aan groenvoeder leiden tot hoge marktprijzen, kunnen kosten deels gedekt worden. Doorgaans is het bedrijfsmatig echter niet verantwoord te investeren in een installatie die slechts een fractie van de jaren, voor het redden van de zode, kan ingezet worden, en dit zal de komende jaren niet veranderen⁵.

Bovendien wordt bij grasland boven een luchttemperatuur van 25°C luxeconsumptie waargenomen: toenemende waterverdamping leidt niet meer in verhouding tot toenemende drogestofproductie, de rendabiliteit van een beregening zal dan nog verder afnemen (Hoving I., 2000). Boven de 30 °C verdampt het gras nog steeds volop maar valt de grasgroei zelfs stil: er is geen bijkomende drogestofproductie meer.

Ook in de meer zuidelijke streken in Europa waar in het huidige klimaat reeds een groter neerslagtekort voorkomt, is het areaal in grasland dat beregend wordt zeer beperkt juist omwille van de huidige kostenstructuur (o.m. Anon., 2018; AcclimaTerra, 2018).

Er kunnen evenwel secundaire redenen zijn om alsnog te beregenen zoals in geval van uiterst goedkoop (oppervlakte-)water, op zeer droge zandgronden, afgeschreven installatie, beperking in bedrijfsoppervlakte, niet verrekenen van arbeid (!),... In Nederland wordt de onrendabele investering in beregening van grasland soms verantwoord als het betalen van een (kostelijke) verzekeringspremie om ten tijde van verdroging een voldoende grasaanbod te houden (Hoving I., 2004).

Ook in de maïsteelt dient er zeer omzichtig omgesprongen te worden met de investering in beregeningscapaciteit. Onder voorwaarden van een zeer lage beregeningskost (lage investeringskost, waterbron aan de oppervlakte aan het perceel; en weerom een zeer lage arbeidskost) dient men gemiddeld minstens 3 oordeelkundige beregeningen per seizoen uit te voeren, enkel om uit de kosten te raken. Enkel op zeer droge zandgronden kan dit voorkomen. De rendabiliteit is dan ook zeer voorwaardelijk. In Frankrijk heeft een gunstig premiestelsel de beregening van korrelmaïs in het verleden zeer doen toenemen (Bloch E., 2005), maar wordt de toekomst van deze beregening, voorzichtig geformuleerd, in vraag gesteld (Le Treut H., 2013; AcclimaTerra, 2018).

Zowel voor maïs als voor gras wordt in de huidige studie ervan uitgegaan dat enkel op droogtegevoelige gronden incidenteel beregening voorkomt, op een zeer beperkt areaal, m.n. op 3% van dit areaal.

4.6.2.4.2 Totale areaal onder beregening

In hetgeen volgt wordt een benadering gegeven voor het areaal dat structureel beregend wordt. Hieronder wordt verstaan dat het landbouwbedrijf over beregeningsinstallatie beschikt, inbegrepen de waterbron. Er wordt in die zin abstractie gemaakt van de noodberegening zoals deze voorkwam in 2018 waar bv. met citerne werd water gehaald uit een oppervlaktewater of andere bron, en open gevoerd op het perceel. De hoeveelheden die op deze laatste wijze kunnen toegediend worden zijn immers verwaarloosbaar.

In de tabel in Bijlage E wordt overzicht gegeven van de 167 gecodeerde teelten die door de VLM werden geregistreerd in 2017 in de provincie Limburg. Deze data laag werd uitgewerkt onder GIS (Samengevat door *Figuur 171*).

In deze tabel wordt achtereenvolgens gegeven:

- de (hoofddeelt)teeltcode (VLM)
- de totale oppervlakte (ha) van alle percelen waar de teelt werd gehouden in 2017 in Limburg
- de hoofddeelt - beschrijvend
- het aandeel van de beteelde oppervlakte die onder beregening ligt
- de beteelde oppervlakte die onder beregening ligt en wordt meegenomen in de doorrekening van de waterbehoefte.

⁵ Op langere termijn onder evoluerend klimaat kan men evenmin verwachten dat beregenen van grasland rendabel wordt. In de maatschappelijke en economische afweging zullen intensievere teelten meer en meer voorrang krijgen (AcclimaTerra, 2018).

Te noteren valt dat geen inventaris bestaat m.b.t. het aandeel van de betaalde oppervlakte die onder beregening ligt. Er is dan ook teruggevallen op expertkennis. De vermelde cijfers zijn gebaseerd op expertkennis van de medewerkers van de Bodemkundige Dienst van België. Uiteraard houdt deze werkwijze vereenvoudigingen in. Alle teelten werden overlopen en gewogen in dit verband, ook in verhouding tot de vastgestelde arealen. Bv. teelt van witloofwortel of cichorei kan opkomstberekening vergen, maar deze hoeveelheden zijn verwaarloosbaar gezien het abstractieniveau van deze studie. Voor verschillende teelten vormt de mogelijkheid van beregenen zelfs een (teeltcontract)voorwaarde, bv. voor alle volgteelten. Ook werd rekening gehouden met het gunstige aanbod van beregeningswater zoals dit bv. binnen de CIRO-perimeter geldt.

Samenvattend kan men stellen dat 4907 ha of 5.9% van het areaal cultuurgrond op min of meer intensieve wijze wordt beregend.

4.6.2.4.1 Regionaal areaal onder beregening

Gezien de waterbehoefte uiteraard samenhangt met het vochtleverend vermogen werd nagegaan waar een aantal in oppervlakte belangrijke teelten te situeren zijn. Voortgaande op de informatie van de bodemassociatiekaart werd onderscheid gemaakt tussen gemeenten in de vallei en ten zuiden van de Demer, en ten noorden hiervan. Tabel 27 geeft deze analyse.

Tabel 29: Ligging van oppervlakte cultuurgrond (ha) in de Limburgse gemeenten volgens een grove indeling volgens de bodemassociatiekaart, en dit voor enkele belangrijke teelten.

Gemeente	Teelt												
	code:	60	201	202	831	832	8512	8535	9511	91	901	9516	9711
		ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha
As	98	80	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beringen	577	208	95	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0
Bocholt	978	919	179	34	4	0	14	7	9	91	0	0	0
Bree	1152	1446	295	22	8	0	29	0	27	44	0	0	0
Dilsen-Stokkem	596	370	201	7	5	0	0	14	8	8	0	11	0
Genk	156	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ham	325	204	97	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0
Hamont-Achel	569	636	81	0	0	0	0	9	28	74	3	0	0
Hechtel-Eksel	416	237	98	0	3	0	0	9	17	14	0	0	0
Heusden-Zolder	309	58	55	0	0	0	0	0	0	30	14	0	0
Houthalen-Helchtere	267	298	61	31	16	0	23	0	26	35	0	0	0
Kinrooi	684	843	157	57	25	0	22	34	81	25	17	8	0
Leopoldsburg	114	64	43	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Lommel	593	455	113	0	3	0	0	3	26	84	0	0	0
Lummen	888	288	122	0	0	0	0	0	0	9	1	0	0
Maaseik	1007	882	355	46	7	0	15	3	96	43	0	2	0
Maasmechelen	357	255	205	0	0	0	0	0	33	27	20	34	0
Oudsbergen	1098	1097	332	54	8	0	6	3	7	75	0	0	0
Peer	1795	1693	297	4	2	0	13	38	11	65	0	0	0
Pelt	990	783	100	26	6	0	0	39	2	60	0	0	0
Tessenderlo	600	350	65	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0
Zonhoven	316	73	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zutendaal	215	42	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alken	431	162	118	6	0	0	0	0	14	32	14	130	0
Bilzen	1051	428	245	18	14	0	0	6	337	116	12	62	0
Borgloon	587	249	119	25	28	18	10	0	216	118	45	512	0
Diepenbeek	601	264	152	0	0	0	0	0	15	11	1	14	0
Gingelom	356	67	226	113	102	105	38	14	588	331	7	371	0
Halen	456	159	274	0	0	0	0	0	41	63	0	194	0
Hasselt	1293	435	343	0	0	0	8	14	15	43	1	100	0
Heers	469	349	128	106	37	12	0	0	357	212	39	283	0
Herk-de-Stad	675	277	134	0	0	0	0	9	31	39	14	285	0
Herstappe	12	1	0	13	0	0	0	0	13	4	0	5	0
Hoeselt	320	191	106	26	0	0	2	0	101	57	22	183	0
Kortessem	466	237	90	13	24	0	5	0	81	64	35	198	0
Lanaken	334	104	143	2	6	0	0	0	93	70	27	29	0
Nieuwerkerken	153	76	99	0	0	0	0	0	13	28	7	300	0
Riemst	408	197	278	96	32	0	0	0	686	288	24	108	0
Sint-Truiden	768	218	410	20	17	0	5	0	410	259	27	1151	0
Tongeren	877	460	229	125	32	10	19	0	672	333	15	153	0
Voeren	1623	429	36	12	0	0	5	0	65	103	0	59	0
Wellen	295	116	105	6	0	4	0	0	23	6	16	304	0
Totaal:	25272	15712	6222	862	376	149	212	202	4141	2930	363	4494	0
Areaal in													
gem.ten N v.d.Demer	56%	72%	48%	33%	23%	0%	57%	78%	9%	26%	15%	1%	
gem.ten Z v.d.Demer	44%	28%	52%	67%	77%	100%	43%	22%	91%	74%	85%	99%	
Beregend areaal	505	314	124	604	301	74	106	20	414	586	363	449	

4.6.2.4.2 Benadering voor de irrigatiehoeveelheden en frequentie

Huidige klimaat:

Teeltsimulaties werden uitgevoerd op dagbasis over 33 klimaatjaren (1986-2018) voor 6 teeltgroepen x 2 bodemtypes, en verder maïs en gras enkel op droogtegevoelige gronden, en voor aardbei met onderscheid tussen voorjaarsteelt of doordragers en telkens met of zonder kap. Elke simulatie werd uitgevoerd onder beregning, en zonder beregning, hetgeen in het totaal 1188 simulatie-runs vereiste.

Het areaal is gebaseerd op de landbouwgebruikspercelenkaart van 2017.

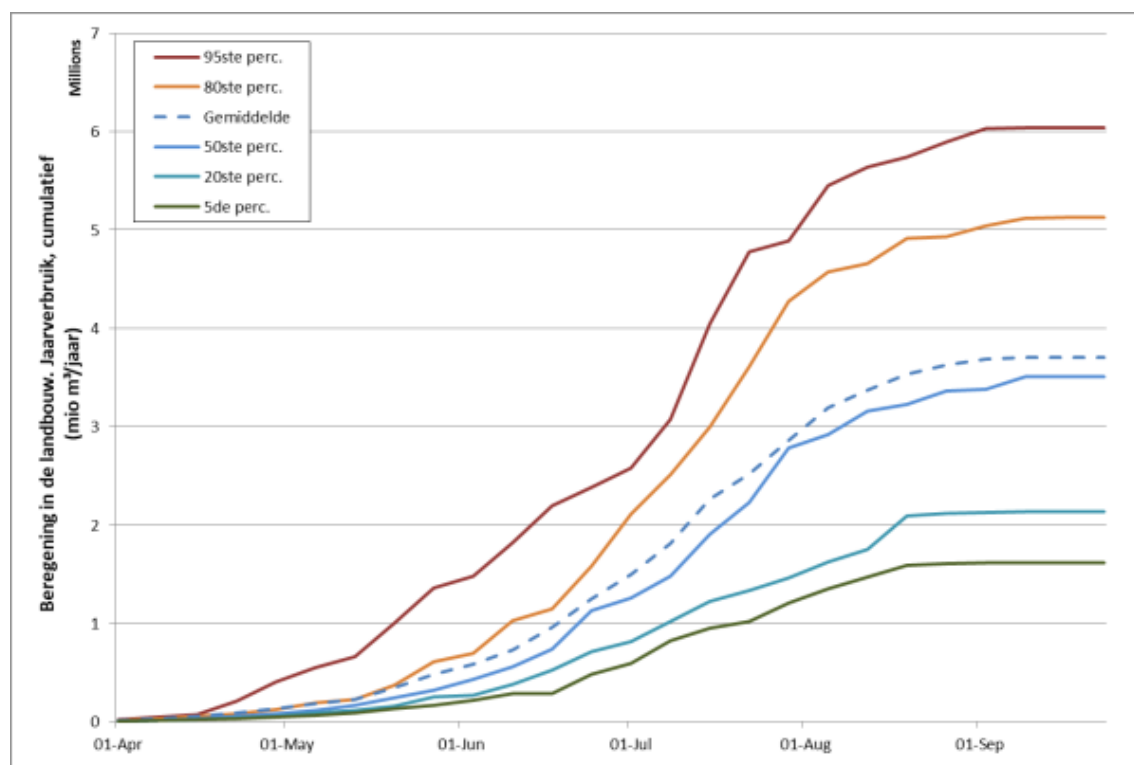
De simulaties werden eveneens uitgevoerd verdergaand dan de 30-jarige periode 1986-2015, ook voor de klimaatjaren 2016 tot 2018 zodat ook recentere informatie beschikbaar wordt.

In de simulaties wordt rekening gehouden met het zgn. investeringscriterium m.b.t. een beregeningsinstallatie. Een bedrijf zal normaliter over een beregeningsinstallatie voor vollegrondse teelten beschikken die de gewaswatervraag in piekperiodes maximaal tot 70 à 80% dekt. Verder investeren in beregeningscapaciteit is niet meer rendabel. Daarom wordt in de simulaties aangesloten bij de praktijk en rekening gehouden met de mogelijkheid om een beregeningshoeveelheid toe te dienen die overeenkomt met maximaal 5.2 mm/per dag (bruto). De simulaties betreffen in die zin een meer reële watervraag die in periodes met extreem hoge watervraag lager ligt dan de waterbehoefte van de gewassen.

In de dimensionering van irrigatievoorzieningen, in onze streken, wordt de gezamenlijke verliesfactor ($R_{\text{transport}}$), als ontwerpnorm, m.b.t. de leiding tussen extractiepunt (waterbron) en emitter (de beregeningsinstallatie) in grootteorde begroot op 5% van de waterstroom, of een aanvoerefficiëntie (E_c) van 95%. Deze verliesfactor werd doorgerekend.

De nodige frequentieanalyses gebeuren volgens de Weibull-relatie (o.m. Raes *et al.* 1996; Doorenbos *et al.* 1992).

Het jaarlijkse verloop van de waterbehoefte voor beregning in Limburg in de referentieperiode (1986 – 2015) wordt dan als volgt berekend (cijfermatig detail wordt gegeven in bijlage F):



Figuur 172: Cumulatief jaarverbruik in de beregening in de landbouw (openlucht, inclusief kap) in Limburg (Klimatologische periode 1986-2015).

Gemiddeld bedraagt de waterbehoefte voor berekening in de referentiesituatie 3.7 mio m³/jaar. De mediaan ligt op 3.5 mio m³/jaar. In een op de 5 jaren bedraagt deze meer dan 5 mio m³/jaar of minder dan 2.1 mio m³/jaar, en in een op de 20 jaren meer dan 6 mio m³/jaar.

Deze gegevens zullen toelaten om in real time, de beregeningsbehoefte tijdens het lopende seizoen op te volgen ten opzichte van langjarige omstandigheden.

Toekomstig klimaat:

Na transformatie van de huidige klimaatreeksen (neerslag en verdamping) zullen alle teeltsimulaties hernomen worden voor het gestelde klimaatscenario.

Toetsing:

De benadering van de waterbehoefte in de berekening van vollegrondse gewassen is gesteund op bodemeigenschappen, specifieke teeltkarakteristieken en klimaatgegevens binnen de provincie Limburg, en expertkennis m.b.t. beregende arealen. Waarnemingen, meetgegevens in de watervraag zijn zowel voor Vlaanderen als voor de provincies niet beschikbaar. Toch wordt getracht om verdere toetsing uit te voeren.

Toetsing ten opzichte van lokale registratiedata:

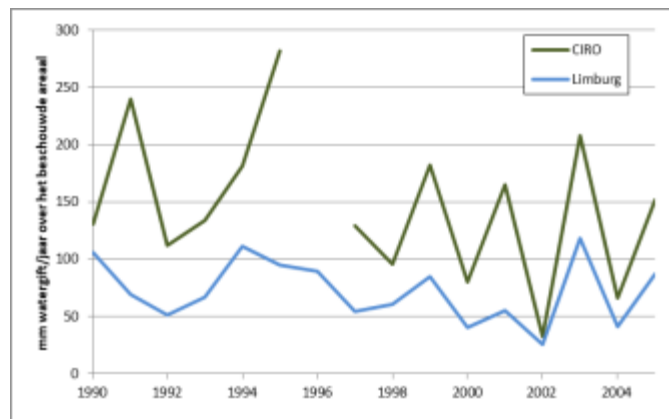
In Limburg werd sinds 1990 voor een specifieke perimeter van de CIRO (coöperatieve irrigatie ruilverkaveling Ophoven) wel verbruik geregistreerd aan de hydrant (kraan aan het perceel) (Mededeling R. Ceyssens, 2010). In 2018 bedraagt de perimeter van de CIRO reeds ca. 2500 ha. Dergelijke registratiedata zijn uniek in Vlaanderen. In Tabel 30 wordt de watergift getoetst aan het areaal groenten als belangrijkste verbruiker binnen de perimeter.

Tabel 30: Waterverbruik binnen de CIRO in de periode 1990-2005.

Jaar	Perimeter, alle teelten	Groenten-areaal	Aandeel groenten in de perimeter	Water verkocht (aan de hydrant) m ³ /jaar	Gemiddelde watergift (aan de hydrant) mm/areaal groenten
	ha	ha			
1990	1200	270	23%	352724	131
1991	1200	275 int ^x	23%	658655	240
1992	1200	280 int	23%	314417	112
1993	1200	285 int	24%	381860	134
1994	1200	290 int	24%	526418	182
1995	1200	295	25%	832179	282
1996	onduidelijk	307 int		onduidelijk	onduidelijk
1997	1910	319 int	17%	412535	129
1998	1910	331 int	17%	317577	96
1999	1910	343 int	18%	624449	182
2000	1910	355	19%	283596	80
2001	1910	370 int	19%	611710	165
2002	1910	385 int	20%	124228	32
2003	1910	400 int	21%	832306	208
2004	1910	415 int	22%	275083	66
2005	1910	430	23%	653950	152

x: areaal geïnterpoleerd

Toetsing aan de bekomen resultaten voor de ganse provincie Limburg, met een beregend areaal van 4907 ha, over de periode 1990-2006, wordt gegeven in *Figuur 173*. Hier werd gewerkt met de data in zoverre zij beschikbaar zijn: het beschouwde areaal binnen de provincie betreft alle beregende teelten; binnen de CIRO betreft het enkel de groenten.



Figuur 173: Toetsing van het waterverbruik uitgedrukt in mm watergift per jaar binnen de CIRO en voor Limburg over het beschouwde landbouwareaal tussen 1990 en 2005.

Het waterverbruik, uitgedrukt in mm (of $10 \times \text{m}^3/\text{ha}$), over het beschouwde areaal binnen de CIRO is betekenisvol hoger dan berekend voor de provincie Limburg. Dit is te verklaren op basis van een aantal redenen:

- In het waterverbruik berekend voor de provincie werd wel een beperkte oppervlakte grasland en maïs doorgerekend (ca. 3% van het areaal, in N-Limburg), hetgeen het gemiddelde waterverbruik licht drukt t.o.v. de doorrekening voor de CIRO.
- Zeer belangrijke factor is dat de kostprijs van het water gewonnen uit oppervlaktewater aan de Maas door de CIRO zeer gunstig is. Hierdoor worden in verhouding ook veel meer andere gewassen dan groenten berekend, t.o.v. de gehele provincie hetgeen voornamelijk tot uiting komt in droge jaren. Het areaal van de andere teelten (bv. suikerbiet) werd niet verrekend in de benadering voor de CIRO. Men kan stellen dat de benadering voor de CIRO in die zin een betekenisvolle overschatting is in gemiddelde dosis (mm/jaar).
- De perimeter van de CIRO is gelegen op eerder droogtegevoelige gronden, hetgeen meer water vergt in de berekening. In de verrekening voor Limburg werd uiteraard ook de berekening op deels minder droogtegevoelige gronden doorgerekend.

Belangrijk is dat de dynamiek, het verloop in de resultaten voor de provincie zeer consistent is met meetresultaten binnen de perimeter van de CIRO.

Toetsing ten opzichte van ramingen:

In het kader van het MIRA 2007 werd een benadering uitgewerkt voor het waterverbruik van gewassen in Vlaanderen, tot in 2005 – niet regionaal uitgesplitst (D'hooghe et al., 2007). Volgende tabel geeft enkele kengetallen m.b.t. vollegrondse teelten. Vermoedelijk betreft deze cijfers gemiddelde en meerjaarlijkse grootheden. Indien men abstractie maakt van de sierteelt en boomkwekerij die in Limburg minder doorwegen, dan werd het waterverbruik voor vollegrondse teelten in Vlaanderen in 2005 geraamd op $11.6 \text{ mio m}^3/\text{j}$.

Tabel 31: Kengetallen waterverbruik in Vlaanderen voor vollegrondse teelten in 2005 (D'hooghe et al., 2007)

Teelt	mio m^3/j
Akkerbouw (incl. groententeelt extensief)	6.09
Groententeelt intensief	2.37
Fruit, open lucht	0.96
Fruit, overkapt	2.19
Subtotaal	11.61
Boomkwekerij	3.56
Sierteelt	13.65

Ten opzichte van de raming voor Vlaanderen in waterverbruik voor berekening in deze teelten voor 2005, betekent de watervraag in Limburg over de klimaat-referentieperiode tot 2015 een aandeel van $(3.71/11.61=)$ 32%. Dit is een betekenisvol aandeel. Een aantal bemerkings hierbij:

- De waterbehoefte voor berekening is zeer variabel naargelang het klimaatjaar. Het ligt dan ook niet voor de hand om het waterverbruik dan ook te vatten door grove ramingen zoals deze door D'hooghe e.a., 2007.

- In de simulaties werd uitgegaan van de landbouwgebruikspercelenkaart van 2017. Sinds 2005 hebben zich verschillende verschuivingen in het areaal voorgedaan, bv. diversificatie in de groenten, ontwikkeling van het areaal peren,...
- Limburg beschikt over 2 specifieke perimeters met water uit de plassen aan de Maas voorzien voor beregening met een totale bruto-oppervlakte van meer dan 3000 ha (CIRO en Elerweerd - deze laatste in uitvoering). Deze voorzieningen geven aan de landbouwsector ruime mogelijkheid in de ontwikkeling van beregend areaal.

4.6.2.4.3 Restitutie

Het waterverbruik voor beregening zoals dit wordt geregistreerd door debietmeters aan de bron of aan hydranten, geeft de hoeveelheden aan die wordt gespreid over vollegrondse teelten. Een betekenisvol deel van dit beregeningswater, welke de bron ook zij, zal echter doorspoelen naar de ondergrond, het freatische watervlak en/of via drainage naar oppervlaktewater, en niet deel uitmaken van de hoeveelheid evapotranspiratie door de teelt. Dit proces wordt restitutie genoemd. Deze restitutie heeft niet of niet noodzakelijk vandoen met een verkeerde beregeningspraktijk: het gerestitueerde water bestaat deels uit onvermijdbare verliezen, en vooral uit het feit dat na het beregeningsseizoen er geëindigd wordt met een relatief vochtiger bodemprofiel waardoor neerslagoverschot in de herfst vroeger en meer doorspoelt. De restitutiefactor (het aandeel van de beregeningshoeveelheid dat uiteindelijk doorspoelt) werd in een studie over bloemkool en aardappelen op verschillende bodemtypes berekend als liggende tussen 39% en 57% (Janssens en Elsen, 2013). Dit besluit is overigens consistent met andere onderzoeken (bv. Hoving I., 2000).

4.6.2.5 Landbouw, andere verbruikers

4.6.2.5.1 Veeteelt

Het verbruik in de veeteelt is opgelijst op basis van grondwateronttrekkingen.

4.6.2.5.2 Serreteelt

Nota: alle teelten onder kap werden gerekend onder vollegrondse teelten.

De oppervlakte onder glas is eerder beperkt in Limburg: 132 ha (Tollenaers en Van der Flaes, 2014).

Bij teelt onder glas wordt vrijwel steeds hemelwater opgevangen en gestockeerd voor gebruik. Teelten van tomaat, paprika, komkommer zijn doorgaans op substraat, hydrocultuur, en hierbij wordt in ca. 80% van de serres hercirculatie van water toegepast, zodat deze serres slechts verwaarloosbaar externe input van water vergen. Enkele andere teelten zoals sla of andere groenten, wanneer ze in volle grond onder glas worden geteeld, vergen wel grotere hoeveelheden water, voor watergift of doorspoeling: 1200 à 1400 mm/jaar, hetgeen slechts met 50% ingevuld kan worden met gecapteerd hemelwater.

De watervraag voor serreteelt in de provincie wordt daarom ook als relatief niet belangrijk beschouwd. De geregistreerde grondwaterwinningen worden uiteraard wel opgenomen in de analyse.

4.6.2.6 Maatschappelijke en bedrijfscontext m.b.t. watergift in de plantaardige productie

Na energie (de zonnestraling), vormt water de belangrijkste factor in de vegetale productie. De relatie tussen biomassa-productie en voldoening aan de watervraag van een gewas is voor de meeste gewassen in de verschillende ontwikkelingsfases lineair, zeer betekenisvol, en wetenschappelijk zeer verregaand gekwantificeerd, gekend. De plantaardige productie is eveneens de basis voor de dierlijke productie.

De bijkomende productie als gevolg van watergift in periodes van droogte vormt dan ook een motivatie voor de landbouwbedrijven. Het is een belangrijke optimalisatie, zowel bedrijfsmatig als macro-economisch: alle andere inputs dan water, zoals landoppervlakte, bodembewerkingen, teeltzorgen, oogst, bedrijfsbeheer, enz... blijven quasi identiek als in het geval geen water wordt toegediend.

Uiteraard mag watergift niet dienen om fouten in bodembeheer te compenseren, zoals de zorg voor bodemorganischestofgehalte, vermijden van afspoeling, van verdichting, enz...

Naast de fysische, kwantificeerbare meeropbrengsten in termen van oogstbaar product per eenheid van oppervlakte, heeft de mogelijkheid van watergift in het landbouwbedrijf veel verdergaande effecten:

Baten voor het landbouwbedrijf:

Zonder eventueel verdoken kosten te minimaliseren, is het duidelijk dat de beschikbaarheid van water belangrijke bijkomende, rechtstreekse en verdoken baten betekent. Deze bijkomende meeropbrengsten, rechtstreekse baten of verdoken baten, zijn zeer reëel, zeer betekenisvol, doch moeilijk kwantificeerbaar.

Deze baten dienen in een afweging echter te worden meegenomen:

- Bedrijfszekerheid op korte en lange termijn is minstens zo bepalend dan het opbrengstniveau of de bijkomende opbrengst. De technische mogelijkheid tot beregenen betekent de zekerheid dat een bepaald opbrengstniveau kan gehaald worden, onafhankelijk van het seizoensklimaat, en dit is fundamenteel in de relatie met zijn afnemers. Het vormt bv. de verwerkende industrie een van de beslissende criteria in het afsluiten van een teeltcontract. Voor een aantal teelten is de mogelijkheid tot beregening ondertussen ook veelal voorwaarde tot een contract (bv. bonen als 2^{de} teelt). De mogelijkheid tot beregening geeft het bedrijf m.a.w. sneller toegang tot teeltcontracten en de mogelijkheid tot diversificatie. Watergift koppelt de productie m.a.w. grotendeels los van de grillen van het klimaat.
- Substitutie binnen het bedrijfsareaal: gezien er door beregening zekerheid van een bepaald opbrengstniveau op een gegeven bedrijfsareaal ontstaat, kan een deel van het areaal vrijgemaakt worden voor bijkomende teelten, bv. groenten. De baten bestaan dan uit de saldi van het vrijgekomen areaal (€500 tot meerdere €1000den/ha), of zekerheid m.b.t. contracten. Dit effect kan zich voordoen bv. binnen een bedrijf met traditioneel enkel groenvoederteelten.
- Fysische meeropbrengsten (kg-opbrengsten) worden in een vereenvoudiging doorgaans aan contract- of aan marktprijs doorgerekend. De kwaliteit van de vrucht daarentegen is minstens even belangrijk:
 - tenderometergetal bij erwt,
 - beheersing diktemaat bij schorseneer, wortel, e.a.,
 - bewaarbaarheid, velkwaliteit, sortering (frietkwaliteit) bij aardappelen,
 - export-kaliber in de pitfruitteelt,
 - mogelijkheid als bladoogst bij spinazie,
 - enz...

De kwantificering hiervan is echter niet voldoende eenduidig mogelijk. Baten kunnen oplopen tot meer dan € 1000/ha (typevoorbeeld: kaliber van *Conference*). Evenzeer kan door kwaliteitsverlies levering van de vrucht zelfs worden geweigerd, bv. in bloemkool, spinazie, in aardappel na doorwas of gebrekkige velkwaliteit, enz... Verliezen kunnen dan oplopen tot meerdere €1000den/ha.
- Typische ziekteontwikkelingen op teelten die droogtegerelateerd zijn worden vermeden of gemilderd: bladluizeninfectie, echte meeldauw,... Bestrijding met chemische middelen kan door beregenen vermeden worden (grootteorde van kosten €70/ha).
- Punctuele beregening bij aanhoudende droogte laat correcte werking herbiciden toe: grootteorde van kosten €70/ha indien bijkomende bespuiting noodzakelijk is, hogere kost indien bijkomende bespuiting niet mogelijk en opbrengstdaling wordt gerekend.
- Opkomstberegening, of aangieten van plantgoed, laat homogene opkomst en homogeen gewas toe, vermijdt herinzaai (bv. witloofwortel, suikerbiet, bonen, wortelen, ui, kolen, prei, ...), grootteorde €200/ha tot meer dan €500/ha;
- Bijkomende biomassa in de productie: opbrengst loof, bietenpulp, ...;
- Beheersing stikstoffixatie bij vlinderbloemigen;
- Beheersing van de stikstofhuishouding:
 - beheersing (beperking) nitraatgehalte in bladgroenten (spinazie,...),
 - lagere stikstofrest in de bodem in het najaar, na de teelt, als gevolg van betere opname van stikstof uit de bodem;

- Beheersing van de bodem- en gewastemperatuur (vermijden doorwas, vruchtval bij vlinderbloemigen,...)

Het is duidelijk dat deze rechtstreekse of verdoken baten financieel zeer betekenisvol zijn. Het voorkomen van deze baten is uiteraard zeer wisselend naargelang het jaar.

Bijkomende kosten voor het landbouwbedrijf:

- In de bedrijfsbeslissing tot investering in beregeningsuitrusting zijn in principe alle kosten reeds betrokken, zowel afschrijvingen als marginale kosten van een beregening.
- Een bijkomende beregening in een teelt ingeval van droogte kan de bladnatperiode verlengen, waardoor een bijkomende fyto-behandeling nodig is, bv. Phytophthora in de aardappelteelt; in geval van natuurlijke neerslag zijn deze behandelingen uiteraard eveneens vereist.

Maatschappelijke kosten/baten

- Macro-economisch betekent de blijvende mogelijkheid tot watergift aan een bepaalde vrucht de ontwikkeling van alle gerelateerde sectoren, de hele maatschappelijke en economische keten: zowel in de vereiste landbouwmechanisatie, kennisontwikkeling, toelevering (plantgoed, zaden,...) als in de afzet (versmarkten, verwerkende industrie met eveneens de vereiste mechanisatie). De effecten zijn uitdrukkelijk bedrijfsoverschrijdend, zeker in het kader van klimaatverandering. Wel zal rekening gehouden moeten worden met verschuivingen in het areaal, maar steeds zal de watervoorziening sleutelfactor blijven in de productie.
- Beregening vergt een bijkomende energiekost. Maar macro-economisch en energetisch blijven in de vegetale productie in de landbouw in onze streken alle andere inputs (andere dan de beregening) per eenheid van oppervlakte quasi dezelfde onder beregende als niet beregende omstandigheden: bodembewerkingen, bemesting, zaaigoed, land of pacht, oogstkosten, bedrijfsbeheer,... Beregening betekent dat diezelfde andere inputs, die jaarlijks eveneens een bepaalde energie-inhoud betekenen voor voedselproductie, veel efficiënter kunnen worden ingezet.
- Werking van de stikstofbemesting ingeval van watergift bij droogte: hogere opname door het gewas waardoor lagere minerale stikstofrest in de bodem in het najaar werd bij verschillende gewassen vastgesteld. Dit heeft effect op de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit.
- Het is niet zo dat door beregening het organischestofgehalte van de bodem afneemt als gevolg van intensere mineralisatie. Onderzoek heeft aangetoond dat dit proces ruim gecompenseerd wordt door toename van biomassa als gevolg van de watergift.
- Op voorwaarde dat de andere functies van water (oppervlaktewater en grondwater) niet in het gedrang komen, wordt door beregening water (terug) in het landschap gebracht, en niet afgevoerd naar de Noordzee. Restitutie van het beregeningswater in het landschap bedraagt in grootteorde 50%.
- Temperatuurbeheersing en neerslagefficiëntie: een volgehouden gewasverdamping in een beregende teelt zorgt voor een luchttemperatuur die lager ligt dan ingeval van een niet beregende teelt. Intense neerslag op een droge bodem is minder efficiënt, deze neerslag zal minder snel en meer heterogeen infiltreren dan in een vochtige bodem.

4.6.3 Langetermijnontwikkelingen

Evoluties in de landbouwsector zijn uitermate beleidsgestuurd. Zo brengt de verdere aanpassing van de landbouwproductiewaarde aan wereldmarktprijzen belangrijke ontwikkelingen mee.

Intensieve veeteelt komt verdergaand onder druk omwille van nutriëntenthematiek, wereldmarktprijzen, en verschuiving in dieet naar voedsel dat niet geschikt is voor menselijke consumptie. In openlucht zal veeteelt deels migreren naar regio's of bodems die minder voor akkerbouw geschikt zijn;

In de veeteelt worden verdergaand de waterstromen herbekeken, rekening houdend met de waterkwaliteiten en mogelijkheden van hergebruik van waters. Men kan verwachten dat hierdoor in de toekomst een daling van de waterbehoefte kan optreden. Anderzijds worden in een klimatologische evolutie meer hittedagen voorspeld zodat drinkwaterverbruik per vee-eenheid wel zal toenemen. Samenvattend kan men verwachten dat het totale waterverbruik door de veeteelt in de provincie in de toekomst zeker niet zal toenemen.

Intensificatie in de akkerbouw en specialisatie: verdergaand zoeken naar meerwaarden of niches volgens lokale vraag. Voorbeelden hiervan zijn groententeelten, sierplanten,...

In deze intensificatie wordt gezorgd dat alle inputs die per oppervlakte-eenheid nodig zijn voor landbouwkundige productie verder worden geïoptimaliseerd, o.m. door technieken in precisielandbouw inbegrepen de berekening. Contingentering, voorbehouden van waterreserves, voor berekening, zal structureel deel uitmaken van het waterbeleid zoals dit ook in regio's ten zuiden van België in de huidige tijd bestaat.

Ook biologische landbouw wordt een goed omschreven niche; deze kan, zonder hoge energie-input, milieudruk of sterk verhoogde import, de nodige landbouwproductie voor de bevolking immers niet vervangen. Ook in de biologische landbouw zal bijkomende watergift meer toenemen voor gespecialiseerde teelten (Zoals ook in de traditionele landbouwproductie worden bulkproducten in de bio-voeding in hoge mate ingevoerd).

Glastuinbouw is reeds verregaand zelfvoorzienend in haar watervoorziening op basis van hemelwater en dit zal in de toekomst weinig veranderen; er zal grotere wateropslag aangelegd worden om de toenemende winterregens te stockeren voor drogere zomers.

In deelsectoren kan men verwachten dat grenzen komen aan de schaalvergrotingen.

4.7 Recreatie

4.7.1 Oppervlaktewater

Indien van voldoende kwaliteit kan oppervlaktewater dienen voor irrigatie of zwembijvers. Nog in kaart te brengen.

4.7.2 Grondwater

In Figuur 154 zijn de vergunningen voor het oppompen van grondwater ingedeeld per sector. 0.58% van deze vergunningen zijn voor recreatie (sportaccommodaties, kampeerterreinen, golfterreinen etc). De bestemming voor dit water is voornamelijk voor beregning (irrigatie), proceswater en sanitair.

4.7.3 Behoeft in specifieke activiteiten

4.7.3.1 Sportterreinen

M.b.t. waterbehoefte wordt gefocust op outdoor sporten. Men kan ervan uitgaan dat zowel in de professionele als amateursporten de kwaliteit van de infrastructuur toenemend verbeterd wordt. Specifiek voor grassportvelden betekent dat verdergaand aandacht besteed wordt aan de kwaliteit van de graszode voor voetbal, golf, hockey,.... Er bestaat zeer weinig systematische informatie m.b.t. de waterbehoefte in dit verband. Op basis van kencijfers en een benadering van de betrokken oppervlakte wordt alsnog getracht een schatting te bekomen van de waterbehoefte van voetbalterreinen en golfinfrastructuur.

4.7.3.1.1 Voetbalterreinen

- Aantal voetbalterreinen in Limburg

Voetbal is in Vlaanderen een grotendeels georganiseerde sport, waarbij teams grotendeels in een verband van clubs en organisaties spelen. Op basis van lijsten vrijgegeven door de KBVB en de vereniging Recreatievoetbal (zaterdagploegen, caféploegen, uiteenlopende verenigingen,...) kon een overzicht gevormd worden van de clubs in Limburg. Op beide lijsten wordt ook aangegeven op welke adressen de terreinen zich bevinden. Uiteraard worden meerdere terreinen ook gespeeld door meerdere clubs. Alle adressen van terreinen werden nagegaan zodat een goed beeld kon bekomen worden van de sites met voetbalterreinen in Limburg. De bekomen lijst is weergegeven per gemeente in bijlage G. Het betreft 219 geïdentificeerde sites. Een aantal sites valt duidelijk onder gemeentelijke infrastructuur (als zodanig vermeld); vele sites zijn ook duidelijk in privaat beheer.

Op de meeste sites zijn meerdere terreinen aanwezig. Op basis van luchtfoto's (Geopunt) werd steekproefsgewijze geschat dat gemiddeld 3 terreinen per site aanwezig zijn. Het aantal terreinen wordt zo geraamd op 660 voor de provincie.

- Benadering van de waterbehoefte

Wanneer voetbal gespeeld wordt in een hoger competitieniveau, zullen in toenemende mate het competitieterrein, maar ook de oefenterreinen verzorgd worden, en beregend. Maar ook voetbalterreinen waarop als amateur wordt gespeeld worden zeer dikwijls bijzonder verzorgd (persoonlijke communicaties). Ook vele amateurclubs kennen een uitgebreide werking, organisatie met zorg voor de infrastructuur.

Er wordt gerekend met 0.3 ha per terrein. Het voorkomen van kunstgras is algemeen als marginaal verondersteld.

Er kan onderscheid gemaakt worden in een professionele berekening en een ad-hocberekening. In een professionele berekening kan worden uitgegaan van

- een aangepaste uitrusting (relatief betere efficiëntie in de berekeningsgift),
- een frequente berekening in enige mate afgestemd op de waterbehoefte.

De berekening maakt hier deel uit van het beheer van de grasmat (bemesting, maaien, verluchten, doorzaai, enz...).

In een ad-hocberekening wordt meer ingeval van nood beregend, periodes van droogte, en met minder aangepast uitrusting.

Gezien geen informatie voorhanden is met betrekking tot de effectieve beregeningshoeveelheden, wordt hier een raming doorgerekend voor een meer oordeelkundige berekening. Op basis van klimatologische data (neerslag en verdamping op dagbasis) van Genk voor de periode van 2000 tot 2018, en voor de maanden april tot september werd berekend a.d.h.v. een dagwaterbalans welke de waterbehoefte is per seizoen voor een aanhoudende grasontwikkeling. Het resultaat van deze benadering is weergegeven in bijlage G. Op deze wijze kan de waterbehoefte geraamd worden op 320 mm in een gemiddeld seizoen (d.i. ca. 480 m³/terrein), variërend tussen 224 en 471 mm/seizoen.

Verdergaand kan men enkel werken met aannames:

- ca. 10% van de terreinen worden eerder oordeelkundig beregend, dit betekent ca. 20 clubs met 3 professioneel beregende speelterreinen;
- 30% van de terreinen worden beregend ad hoc; dit betekent dat op ca. 1 op de 3 sites 3 terreinen tijdelijk beregend worden bij droogte;
- 60% van de voetbal terreinen wordt aldus nooit beregend en verdroogt verregaand tijdens zeer droge jaren;
- in een ad hoc berekening wordt slechts 50% watergift aangenomen t.o.v. een meer oordeelkundige bewatering, watergift met lagere efficiëntie.

Op deze wijze kan men de waterbehoefte voor de voetbalterreinen in Limburg in een gemiddeld jaar ramen, berekenen op grootteorde 160 000 m³/jaar met spreiding tussen 100 000 à 250 000 m³/ jaar.

4.7.3.1.2 Golfterreinen

- Theoretische waterbehoefte

(Kencijfers werden ontleend aan golfvlaanderen.be (2012), en in overleg met een bedrijf dat hiervoor infrastructuur aanlegt)

Golfinfrastructuur past zich doorgaans in in een beheerd landschap. Waterbehoeftes betreffen in het algemeen de accommodatie (gebouwen, horeca, onderhoud,...) en de berekening in de spelzones en specifieke park- of tuinaanplanting. Het landschap rond deze zones wordt in onze streken doorgaans nooit beregend. De accommodatie maakt doorgaans gebruik van leidingwater en dient eveneens te voldoen aan de watertoets (opvang en gebruik van hemelwater,...). Waar berekening wordt toegepast worden meestal andere waterbronnen aangesproken gezien de nodige volumes.

Voor de greens (zone rond de hole) vergen een absolute grasverzorging waarvoor ook berekening noodzakelijk is. Ook de surrounds (zone rond de green) en de tees (afslagplaatsen) worden bijzonder verzorgd; verder kunnen ook delen van de fairways (zone tussen tee en green) en driving range (oefenterrein) beregend worden.

Het aantal holes waarover een golf beschikt is dan ook zeer bepalend in de waterbehoefte. Een golf die over 18 holes beschikt, heeft in ontwerp, enkel voor de spelgedeelten, als snel een gemiddelde installatiecapaciteit van 500m³/dag bij droog weer. Deze capaciteit kan zeer verschillen in het bijzonder ook naargelang de kwaliteit van de beregeningsinstallatie (nieuwe installaties halen 75%, oudere amper 50% efficiëntie). Voor een 18 holesgolf wordt de waterbehoefte ingeschat op grootteorde 35 000 à 50 000 m³/jaar. Bij langdurige en hevige droogte (2017-2019) volstaat de installatiecapaciteit veelal niet langer waardoor de beschikbare capaciteit voornamelijk ingezet wordt op de belangrijkste delen van de spelzone: greens, eventueel surrounds, en tees.

- Waterbehoefte in Limburg

Limburg beschikt over 7 golfterreinen (bronnen: o.m. golfinflanders.com). Deze worden opgelijst in Tabel 32.

Grondwatervergunningen werden opgezocht (DOV), evenals de ligging t.o.v. oppervlaktewaters. Op luchtfoto (Geopunt, zomeropname 2018) werd nagegaan welke delen van de spelzone waarschijnlijk werden beregend.

Golfclub Lanaken ligt grotendeels in Nederland. AT Golf beschikt enkel over een driving range, en wijkt uit voor het eigenlijke spel naar de Koninklijke Limburg Royal club. M.b.t. de waterbehoefte wordt het terrein van AT Golf niet verder beschouwd. Voor de 5 overige terreinen binnen de Limburgse grenzen wordt getracht een beeld te geven.

Tabel 32: Golfterreinen in Limburg en berekening

Limburgse golfterreinen		# holes	Grondwaterwinningvergunning (ref.DOV, aug.2019)		Vermoedelijke toestand in de zomer 2018 (interpretatie op basis van luchtfoto, Geopunt)		Oppervlaktewater		Waterbron voor de berekening in Limburg-B
			huidige m ³ /j	historische m ³ /j	Greens	Fairways	Waterloop	Stilstaand	
Flanders Nippon Golf & Business Club	Hasselt	27	geen	-	beregend	beperkt verdroogd, plaatselijk beregend (?)	Albertkanaal	-	-
Golfforum	Lummen	9	geen	15000 + 12000	beregend	beregend, matig verdroogd	op 200 m afstand	-	OW ?
Koninklijke Limburg Golf Club	Houthalen-Helchteren	18	50000 + 5000	80000	beregend	beregend, zeer verdroogd	op 200 m afstand	-	GW vergund
Millennium Golf	Paal-Beringen	27	geen	-	beregend	verdroogd	aanwezig	-	OW ?
Spiegelven Golf Club	Genk (Zutendaal)	18	geen	9000	beregend, matig verdroogd	plaatselijk beregend, tot zeer verdroogd	-	de facto grondwater	?
Golfclub Lanaken	Lanaken-	27	geen (in B)	-	beregend	matig verdroogd	Maas	-	-
AT Golf	Tessenderlo	0 (*)	geen	-	?	matig verdroogd	-	-	-

(*) enkel teebox, driving range en putting green

Het aantal holes (en bijgevolg tees, fairways and greens) verschilt aanzienlijk naargelang het golfterrein.

Rekening met het totale aantal aanwezige holes, kan men ramen dat de waterbehoefte voor golfterreinen, spelzones, in Limburg ligt tussen 200 000 en 300 000 m³/jaar, verdere accommodatie uitgezonderd.

Op basis van luchtfotodata is waarneembaar dat in 2018 in lijn met een correcte grasverzorging de greens op alle terreinen werden beregend. Ook de fairways van minstens 4 van de 5 golfterreinen werden beregend, doch in 2018 hooguit als zodereddend.

Momenteel beschikt enkel de Koninklijke Limburg Golfclub nog over grondwaterwinningvergunningen (18 holes, 55 000 m³/jaar).

Millennium Golf (27 holes) is aangelegd rond waterpartijen die aansluiten aan niet-bevaarbare waterlopen. Men kan aannemen dat hier generiek gebruikt wordt gemaakt van het recht op waterwinning (behalve wanneer specifieke verbondsregels werden uitgevaardigd).

Voor de andere golfterreinen is niet duidelijk welke de waterbron is (leiding- of oppervlaktewater).

Samenvattend blijkt slechts 1 golf water te winnen uit grondwater, en mogelijk betrekken enkele golfterreinen water uit oppervlaktewaters.

4.7.3.2 Watergebonden vakantieparken

Verschillende vakantieparken groeiden in de omgeving van oppervlaktewaters. In veel gevallen gaat het over waterpartijen die volledig in evenwicht staan met het freatische grondwater.

Er werd getracht om een overzicht van watergebonden vakantieparken op te maken op basis van verschillende bronnen. Vervolgens werd cartografisch nagegaan of deze parken over een grondwaterwinning beschikken.

Waterpark	Gemeente	Grondwatervergunning m ³ /jaar
Zwemparadijs Hengelhof	Houthalen	100000
Openluchtzwembad 't Soete Dal	Zutendaal (Genk)	4000
Recreatiedomein De Wouterbron	Opoeteren (Maaseik)	geen
Molenheide SaraLand	Helchteren	1000
Aqua Mundo Erperheide	Peer	geen
Aqua Mundo De Vossemeren	Lommel	geen

Volgens de informatie aangegeven door DOV is er enkel Zwemparadijs Hengelhof dat structureel voor de watervoorziening van de zweminfrastructuur grondwater wint. Andere winningen zijn minder belangrijk.

4.8 Handel

4.8.1 Oppervlaktewater

Voor het oppompen van oppervlaktewater voor handel is geen specifieke informatie beschikbaar.

4.8.2 Grondwater

In Figuur 154 zijn de vergunningen voor het oppompen van grondwater ingedeeld per sector. 1.75 % van de vergunde debieten zijn voor handelaars en deze worden voornamelijk gebruikt als proceswater, koelwater, voor reiniging en voor sanitair.

4.9 Andere

4.9.1 Oppervlaktewater

Er is geen specifieke informatie beschikbaar.

4.9.2 Grondwater

In Figuur 154 zijn de vergunningen voor het oppompen van grondwater ingedeeld per sector. 0.61% van de vergunningen is voor gebruik in vervoer en bouw waar het voornamelijk als proceswater, koelwater, voor reiniging en spoelwater gebruikt wordt.

3.3% is niet verder ingedeeld en dit zijn voornamelijk warmtepompen, airconditioning en koude-warmte opslag en in mindere mate proceswater in overheidsinstellingen, ziekenhuizen en andere instellingen met een dienstenfunctie. Ook vergunningen voor bemaling niet in de bouw horen bij deze 3.3%

5 Waterbalansen in de ruimte van de provincie Limburg

5.1 Niet-technische samenvatting waterbalansen in de ruimte van de provincie Limburg

Het aanbod van en de vraag naar water wordt voor zowel oppervlaktewater als grondwater in balans gegoten. Voor oppervlaktewater worden er balansen berekend voor 16 deelstroombekkens binnen de Provincie; voor grondwater worden er berekend voor 21 grondwaterlichamen binnen de 3 grote aquifers (Brulandkrijt-, Centraal Kempisch-, en Maassysteem). De balansen worden maandelijks berekend voor de periode 2000-2018. Op deze manier kan gekeken worden waar en wanneer knelpunten, zijnde onevenwichten in vraag en aanbod zich voordoen, en waar oorzaken van deze onevenwichten te vinden is.

5.2 Inleiding

In dit onderzoeksluik worden waterbehoefte en -aanbod uit de inventaris verwerkt en gekoppeld in de ruimte en in de tijd, zodat een waterbalans ontstaat voor de provincie Limburg. Deze balans heeft als doel de knelpunten te belichten die op bepaalde locaties en tijdstippen kunnen ontstaan.

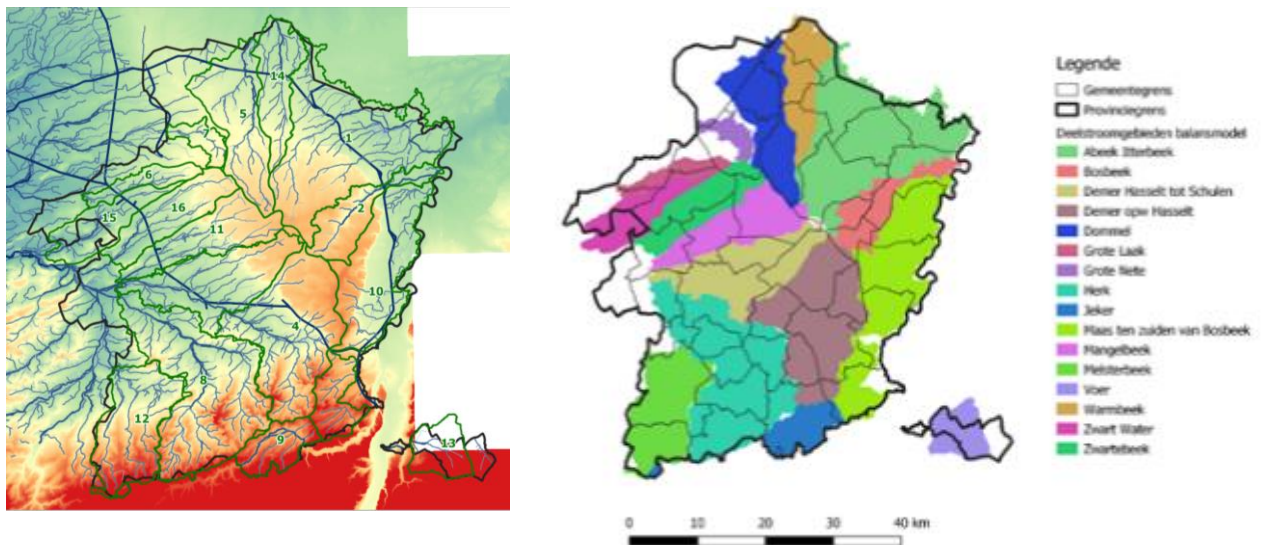
Gezien het verschil in ruimtelijke schaal tussen grond- en oppervlaktewater, worden er initieel aparte balansen berekend beide. Finaal wordt een synthese van beide balansen gemaakt op de ruimtelijke schaal van het oppervlaktewater. Als temporele resolutie wordt de periode 2000 tot en met 2018 genomen, met een tijdstap van één maand.

5.3 Oppervlaktewater – onbevaarbare waterlopen

Voor de ruimtelijke spreiding van de onbevaarbare waterlopen worden 16 deelstroombekkens in Limburg beschouwd (Tabel 33, Figuur 174), zoals ook afgebakend in het model van de onbevaarbare waterlopen in sectie 3.3.

Tabel 33: Deelstroombekkens van de onbevaarbare waterlopen en hun oppervlakte binnen de provincie Limburg

Nr.	Naam	Oppervlakte [km ²]	Aandeel [%]
1	Abeek Itterbeek	306.4	12.6%
2	Bosbeek	79.7	3.3%
3	Demer Hasselt tot Schulen	162.4	6.7%
4	Demer opw Hasselt	237.7	9.8%
5	Dommel	144.3	5.9%
6	Grote Laak	36.8	1.5%
7	Grote Nete	26.7	1.1%
8	Herk	294.8	12.1%
9	Jeker	61.3	2.5%
10	Maas ten zuiden van Bosbeek	234.4	9.7%
11	Mangelbeek	113.3	4.7%
12	Melsterbeek	146.0	6.0%
13	Voer	30.9	1.3%
14	Warmbeek	90.5	3.7%
15	Zwart Water	50.3	2.1%
16	Zwartebeek	97.8	4.0%
17	Geen DSB	313.3	12.9%
0	Limburg	2426.6	100.0%



Figuur 174: Deelstroombekkens van de onbevaarbare waterlopen binnen de provincie Limburg

In de tijd worden berekeningen gemaakt voor de periode 2000 tot 2018, met een tijdstap van 1 maand.

5.3.1 Aanbod

Het aanbod aan water in de onbevaarbare waterlopen volgt uit de berekeningen van het oppervlaktewatermodel zoals beschreven in sectie 3.3. Het aanbod wordt opgesplitst in vier delen:

- Neerslagafstroming
- Opwaarts debiet (enkel relevant voor het deelstroombekken van de Jeker)
- Effluënten RWZI
- Effluënten industrie

5.3.2 Vraag en behoefte

5.3.2.1 Leidingwater, industrie, huishoudens en recreatie

De watervraag uit de onbevaarbare waterlopen voor leidingwater, industrie, huishoudens en recreatie wordt binnen deze balansberekening als verwaarloosbaar beschouwd.

Een uitzondering hierop zijn de golfterreinen beschreven in sectie 4.7.3.1.2. Vier van deze terreinen bevinden zich langs onbevaarbare waterlopen en zullen hiermee hun irrigatiebehoefte grotendeels invullen.

5.3.2.2 Natuur

Wijersystemen

Voor de Wijersystemen (in detail beschreven in sectie 4.4.4.2) wordt de watervraag ingebouwd in het oppervlaktewatermodel.

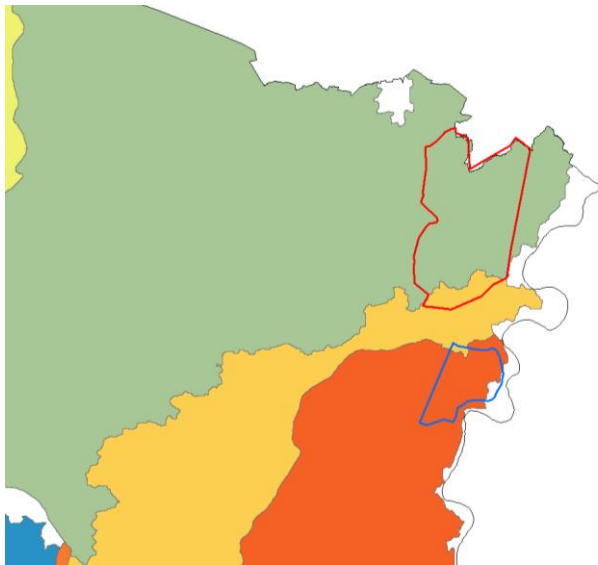
Wateringen

De watervraag voor de wateringen of vloeiwedestelsystemen (zie sectie 4.4.4.1) wordt gekwantificeerd op basis van het geschatte debiet op de instroomlocatie. Voor de temporele spreiding over het jaar werd aangenomen dat de vraag uniform verdeeld was over de 12 maanden. In de ruimte werden de gebieden toegekend aan de deelstroombekkens op basis van het overlappende oppervlakte:

- Lommel: geen deelstroombekken
- Lozerheide: Abeek Itterbeek
- Schootsheide: Bosbeek
- Jagersborg: Abeek Itterbeek & Bosbeek

5.3.2.3 Landbouw

De behoefte vanuit de landbouw voor oppervlaktewater situeert zich voornamelijk in de irrigatieperimeters van de CIRO (coöperatieve irrigatie Ophoven) en Elerweerd (Figuur 175).



Figuur 175: irrigatieperimeters van CIRO (rood) en Elerweerd (blauw)

Er bevinden zich 1290 landbouwpercelen met een totaal areaal van 2213 hectare deze irrigatieperimeters, voornamelijk in het deelstroombekken van de Abeek en Itterbeek, en van de Maas ten zuiden van de Bosbeek (Tabel 36). Voor deze landbouwpercelen werd de irrigatiebehoefte berekend ahv. het model beschreven in sectie 4.6.2.

Tabel 34: Aantal en oppervlakte van de percelen binnen de irrigatieperimeters van CIRO en Elerweerd, en hun verdeling over de deelstroombekkens

Deelstroombekken	Aantal percelen	Oppervlakte [ha]
Abeek Itterbeek	887	1587
Bosbeek	102	148
Geen DSB	12	14
Maas ten zuiden van Bosbeek	289	462

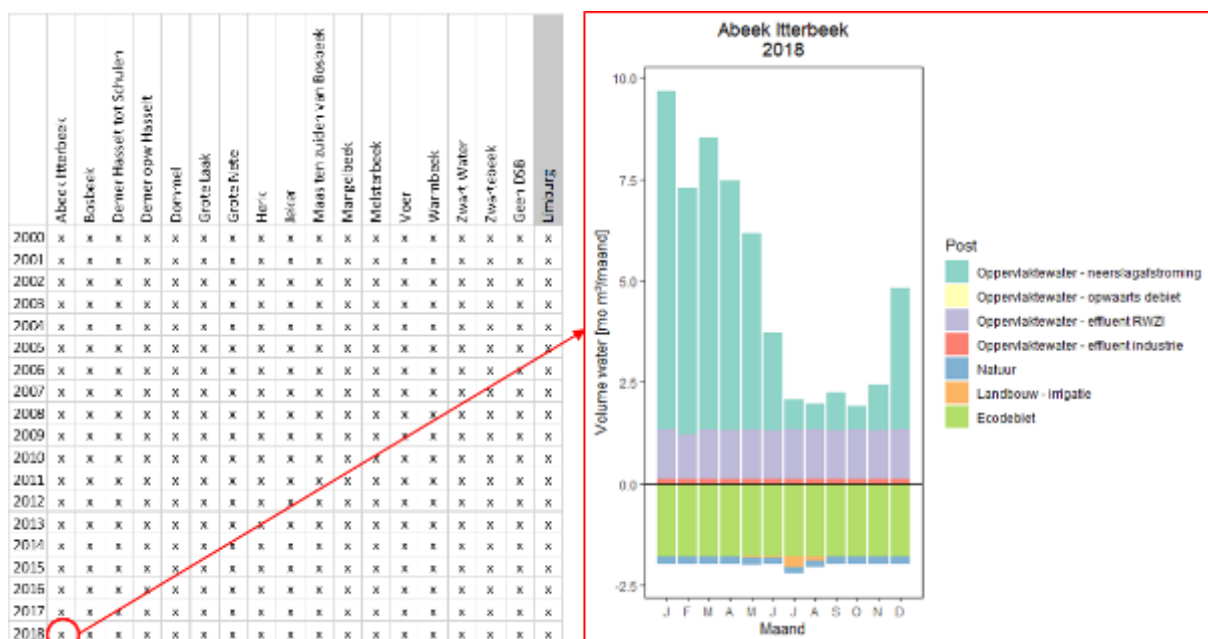
Buiten deze irrigatieperimeters is ook geweten dat een aantal landbouwers irrigeren met oppervlaktewater uit de Gete en Demer, maar relatief tot de totale waterbehoefte voor irrigatie gaat dit niet om betekenisvolle volumes.

5.3.2.4 Ecodebieten

Het ecodebiet aan de uitstroom van elk deelstroombekken wordt berekend volgens de Tennant-methode (Tennant, 1976). Hieruit blijkt dat ongeveer 30% van het gemiddeld neerslagafvoervolume per maand en per deelstroomgebied beschouwd kan worden als de waterbehoefte. Op deze manier wordt de waterbehoefte voor het aquatisch leven in de waterloop beschouwd. De waterbehoefte voor vegetatie kan op deze manier echter niet in rekening gebracht worden, en is mogelijk meer gevoelig aan de grondwaterstand.

5.3.3 Resultaten

In totaal zijn jaarbalansen berekend voor 19 jaar (periode 2000 tot 2018) en 16 deelstroombekkens, hetgeen resulteert in 342 jaarbalansen (overzicht in Figuur 176, links). Elke jaarbalans heeft een tijdstap van één maand (geïllustreerd in Figuur 176, rechts).



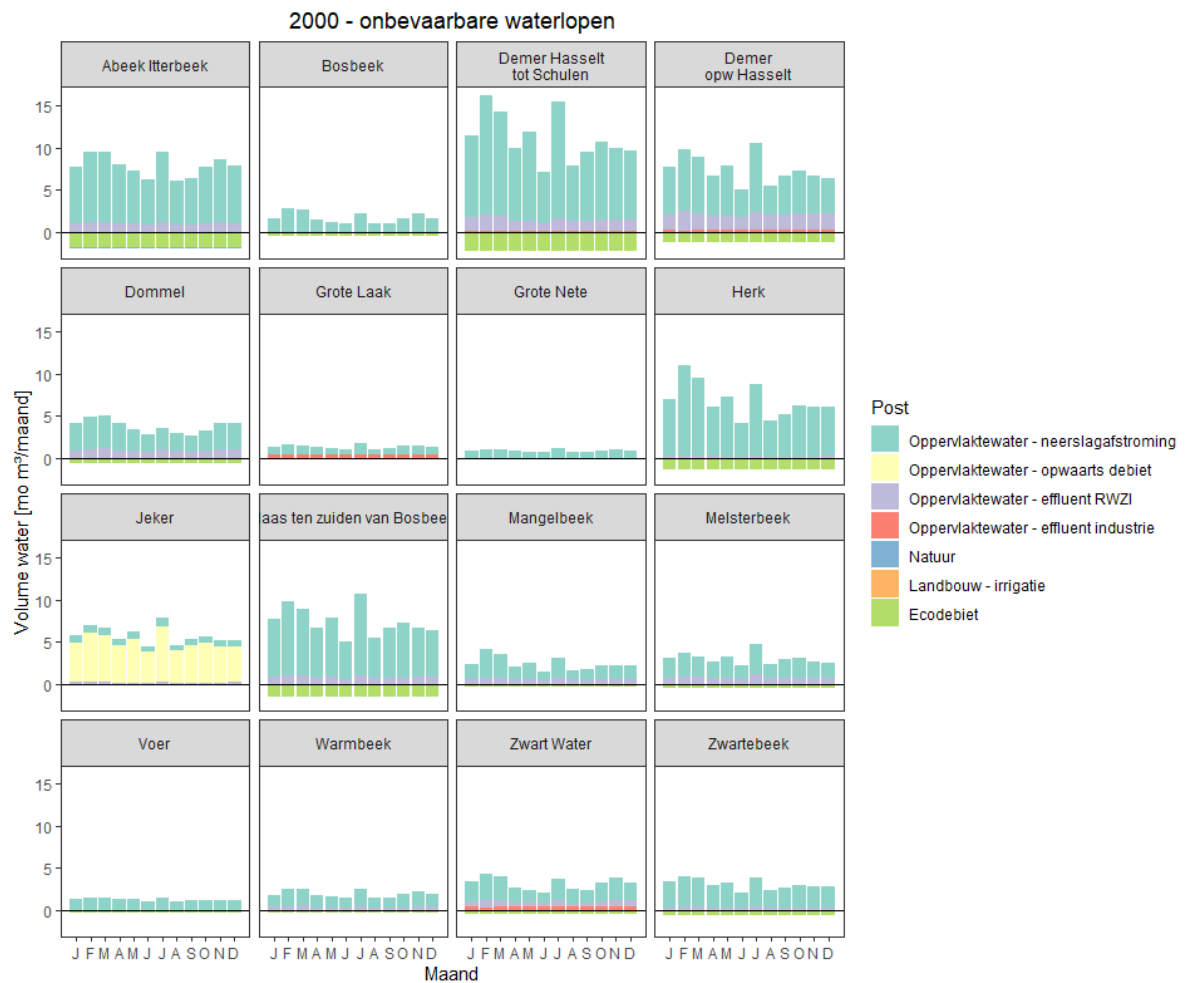
Figuur 176: Links: overzicht van de jaarbalansen voor de onbevaarbare waterlopen; elke 'x' staat voor 1 jaarbalans. Rechts: ter illustratie de jaarbalans van 2018 voor de Abeek Itterbeek; positieve watervolumes betreffen het wateraanbod, negatieve volumes de watervraag.

Met de aangemaakte database wordt gekeken naar knelpunten die kunnen ontstaan in de ruimte en/of de tijd. Er kunnen tijdsreeksen uitgelicht worden voor een specifieke locatie, zoals bijvoorbeeld voor de Abeek en Itterbeek voor de periode 2000-2018. Hieruit kan de impact van de droge jaren, zoals 2018, vergeleken worden met nattere jaren, zoals 2002 (Figuur 177). Ook kan een aggregatie van alle deelstroombekkens gemaakt worden, zodat een waterbalans voor de volledige provincie Limburg verkregen wordt (bijlage H).



Figuur 177: Jaarbalansen voor de onbevaarbare waterlopen voor de Abeek en Itterbeek, periode 2000-2018. Positieve watervolumes betreffen het wateraanbod, negatieve volumes de watervraag.

Om het verschil in de waterbalansen tussen de verschillende deelstroombekkens te bekijken worden deze balans voor één jaar uit de dataset gelicht. Hieruit blijkt de aard en kwantiteit van het wateraanbod sterk kan verschillen van bekken tot bekken (ter illustratie het jaar 2000 in Figuur 178).



Figuur 178: Jaarbalansen voor de onbevaarbare waterlopen voor het jaar 2000, voor de 16 deelstroombekken. Positieve watervolumes betreffen het wateraanbod, negatieve volumes de watervraag.

5.4 Oppervlaktewater – bevaarbare waterlopen

Voor de bevaarbare waterlopen en kanalen wordt een apart model ontwikkeld analoog aan het model voor de onbevaarbare waterlopen. De resultaten van dit model worden op eenzelfde wijze verwerkt en omgerekend naar waterbalansen, en worden finaal vergeleken en geaggregeerd met de balansen van de onbevaarbare waterlopen en het grondwater.

5.5 Grondwater

Voor de ruimtelijke spreiding van het grondwater zijn 21 grondwaterlichamen beschouwd binnen de provincie Limburg, verdeeld over de 3 grondwatersystemen (Tabel 35).

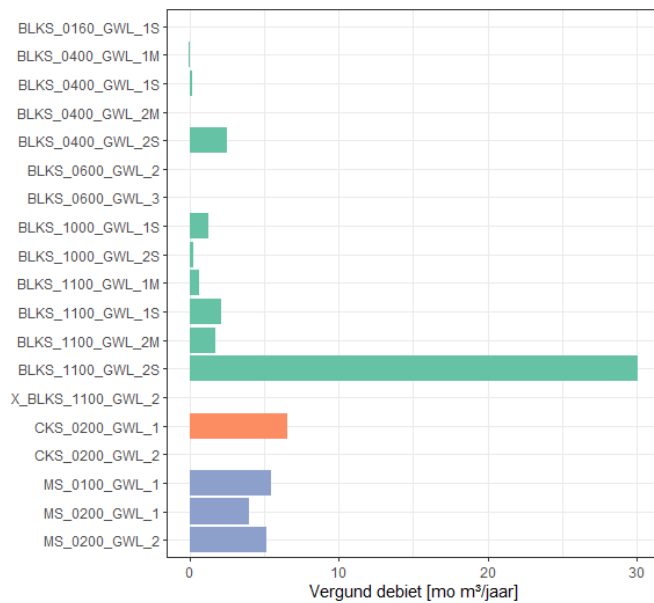
Tabel 35: Grondwaterlichamen beschouwd voor de waterbalans. BLKS: Brulandkrijtsysteem, MS: Maassysteem, CKS: Centraal Kempisch Systeem.

Systeem	Lichaam	Beschrijving
BLKS	BLKS_0160_GWL_1S	Pleistoceen Rivierafzettingen, lokaal gespannen
BLKS	BLKS_0160_GWL_1M	
BLKS	BLKS_0400_GWL_1M	Oligoceen Aquifersysteem, freatisch
BLKS	BLKS_0400_GWL_1S	Oligoceen Aquifersysteem, lokaal freatisch
BLKS	BLKS_0400_GWL_2M	Oligoceen Aquifersysteem, gespannen
BLKS	BLKS_0400_GWL_2S	Oligoceen Aquifersysteem, gespannen
BLKS	BLKS_0600_GWL_2	Brusseliaan Aquifer, gespannen
BLKS	BLKS_0600_GWL_3	Brusseliaan venster: contact met Diestiaan, lokaal gespannen
BLKS	BLKS_1000_GWL_1S	Landeniaan Aquifersysteem, lokaal gespannen
BLKS	BLKS_1000_GWL_2S	Landeniaan Aquifersysteem, gespannen
BLKS	BLKS_1100_GWL_1M	Krijt Aquifersysteem, freatisch
BLKS	BLKS_1100_GWL_1S	Krijt Aquifersysteem, freatisch
BLKS	BLKS_1100_GWL_2M	Krijt Aquifersysteem, gespannen
BLKS	BLKS_1100_GWL_2S	Krijt Aquifersysteem, gespannen
BLKS	X_BLKS_1100_GWL_2	Ten N van de grens van het BLKS, in het Krijt Aquifersysteem, gespannen
CKS	CKS_0200_GWL_1	Centrale zanden van de Kempen, freatisch
CKS	CKS_0200_GWL_2	Noordelijke Zanden van de Kempen, freatisch, plaatselijk semi-freatisch
CKS	CKS_0250_GWL_1	
MS	MS_0100_GWL_1	Quartair Aquifersysteem, freatisch
MS	MS_0200_GWL_1	Kempens Aquifersysteem, freatisch, plaatselijk semi-freatisch
MS	MS_0200_GWL_2	Kempens Aquifersysteem in de Centrale Slenk, freatisch, plaatselijk semi-freatisch

De waterbalans van het grondwater wordt, net zoals deze van het oppervlaktewater, berekend voor de periode 2000-2018, met een tijdstap van één maand.

5.5.1 Aanbod

Het wateraanbod van elk grondwaterlichaam wordt in het kader van dit onderzoek gelijkgesteld aan het vergunde debiet voor 2018. Gezien bij dit debiet op lange termijn geen dalingen in de grondwatervoorraad waargenomen worden, kan dit beschouwd worden als een 'evenwichtsdebiet'. Het totaal vergunde debiet voor Limburg bedraagt 79.8 mo m³ in 2018, de verdeling over de verschillende grondwaterlichamen wordt getoond in Figuur 179.



Figuur 179: Vergund debiet [m³ m³/jaar] voor de verschillende grondwaterlichamen in 2018

5.5.2 Vraag en behoefte

5.5.2.1 Leidingwater

Voor de vraag naar leidingwater worden de vergunde debieten van 2018 genomen. Deze vraag wordt per jaar gelijkmatig verdeeld over de 12 maanden.

5.5.2.2 Industrie

Voor de grondwatervraag vanuit de industrie worden de vergunde debieten van 2018 genomen. Deze vraag wordt per jaar gelijkmatig verdeeld over de 12 maanden.

5.5.2.3 Natuur

Binnen de sector natuur is het aandeel grondwaterafhankelijk gebieden in Limburg ontegensprekelijk zeer belangrijk. Deze gebieden vereisen echter voornamelijk een bepaald grondwaterpeil, waar daarentegen voor de overige sectoren in de balans gewerkt wordt met volumes grondwater. Het omrekenen van het vereiste waterpeil voor de grondwaterafhankelijke natuurgebieden naar een vraag in volume water wordt als niet haalbaar beschouwd (en dit niet enkel in het kader van deze opdracht). Bijgevolg wordt de vraag vanuit de sector natuur naar grondwater niet meegenomen in de waterbalans.

5.5.2.4 Huishoudens

Vanuit de vraag

Op basis van de vergunde debieten voor 2018 bedraagt de grondwatervraag voor huishoudens 99317 m³/jaar in de volledige provincie Limburg. Deze vraag wordt per jaar gelijkmatig verdeeld over de 12 maanden.

Vanuit de behoefte

Bovenop de vergunde debieten bestaat er vanuit de huishoudens ook een waterbehoefte voor de irrigatie van tuinen, het onderhouden van siervijvers, vullen van zwembaden, en het wassen van auto's. Deze behoefte is

niet vervat in de vergunde debieten. Deze posten worden in sectie 4.5 berekend voor de volledige provincie Limburg:

- Irrigatie tuinen:
 - 0.40 mo m³/jaar grondwater
 - 0.52 mo m³/jaar leidingwater. Dit volume zit in feite reeds vervat in de post 'leidingwater' (sectie 5.5.2.1). In de verdere berekening wordt deze uit de post 'leidingwater' weggehaald en verder apart beschouwd.
 - 0.03 mo m³/jaar hemelwater. Wordt verder niet in rekening gebracht.
- Siervijvers: 0.03 mo m³/jaar
- Vullen zwembaden: 0.25 tot 0.50 mo m³/jaar leidingwater. Dit volume zit ook reeds vervat in de post 'leidingwater', en wordt net zoals het volume bestemd voor irrigatie tuinen hieruit weggehaald en verder apart beschouwd.
- Auto wassen: 0.25 tot 0.50 mo m³/jaar leidingwater. Dit volume zit ook reeds vervat in de post 'leidingwater', en wordt net zoals het volume bestemd voor irrigatie tuinen hieruit weggehaald en verder apart beschouwd.

Aangezien de hierboven beschreven behoefte zich vooral voordoet in de zomermaanden, wordt ze per jaar gelijkmatig verdeeld over de maanden april tot en met september.

5.5.2.5 Landbouw

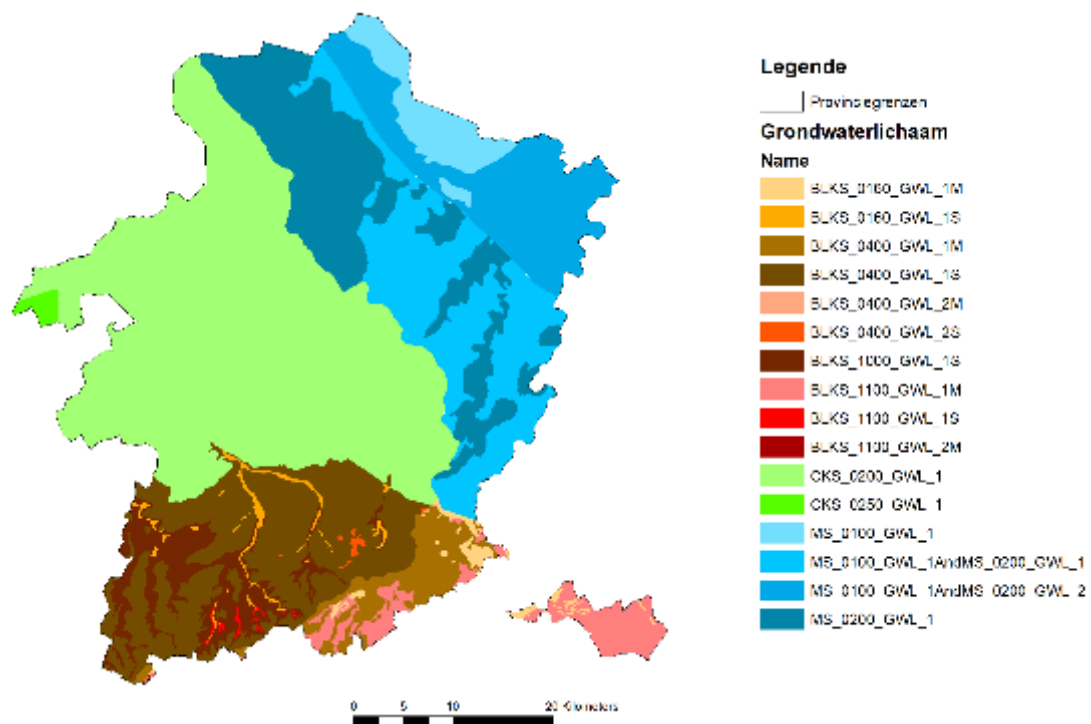
Binnen de grondwatervraag van de landbouwsector kan in grote lijnen een onderscheid gemaakt worden tussen irrigatie, waar de vraag sterk varieert gedurende het jaar, en andere toepassingen, waar de vraag gedurende het jaar eerder constant is. Op basis van de vergunde debieten van 2018 bedraagt irrigatie 33% van de totaal grondwatervraag vanuit de landbouwsector in Limburg (Tabel 36).

Tabel 36: Vergunde debieten voor de landbouwsector in Limburg in 2018

Toepassing	Vergund debiet [mo m ³ /jaar]
Andere	0.14
Drinkwater dieren	6.94
Huishoudelijk gebruik	0.12
Irrigatie	4.34
Irrigatie/drinkwater dieren	0.01
Koelwater	0.03
Proceswater	1.34
Sanitair	0.26
Warmtepompen/aircond./koude-warmte opslag	0.01
Totaal:	13.19

De grondwatervraag voor alle toepassingen exclusief irrigatie werd op basis van deze vergunde debieten gedefinieerd als 8.85 mo m³/jaar. Deze vraag wordt per jaar gelijkmatig verdeeld over de 12 maanden.

De irrigatiebehoefte voor de belangrijkste gewassen in Limburg wordt modelmatig berekend in sectie 4.6.2. Dit model berekent voor de periode 2000-2018 maandelijks de irrigatiebehoefte voor de belangrijkste landbouwgewassen. Om deze behoefte toe te kennen aan het correcte grondwaterlichaam werd een speciale kaartlaag aangemaakt met enkel de relevante grondwaterlichamen voor irrigatie (Figuur 180). Op basis van deze kaart wordt de irrigatiebehoefte van elk landbouwperceel aan een grondwaterlichaam verbonden.



Figuur 180: Grondwaterlichamen relevant voor irrigatie uit de landbouw

5.5.2.6 Recreatie

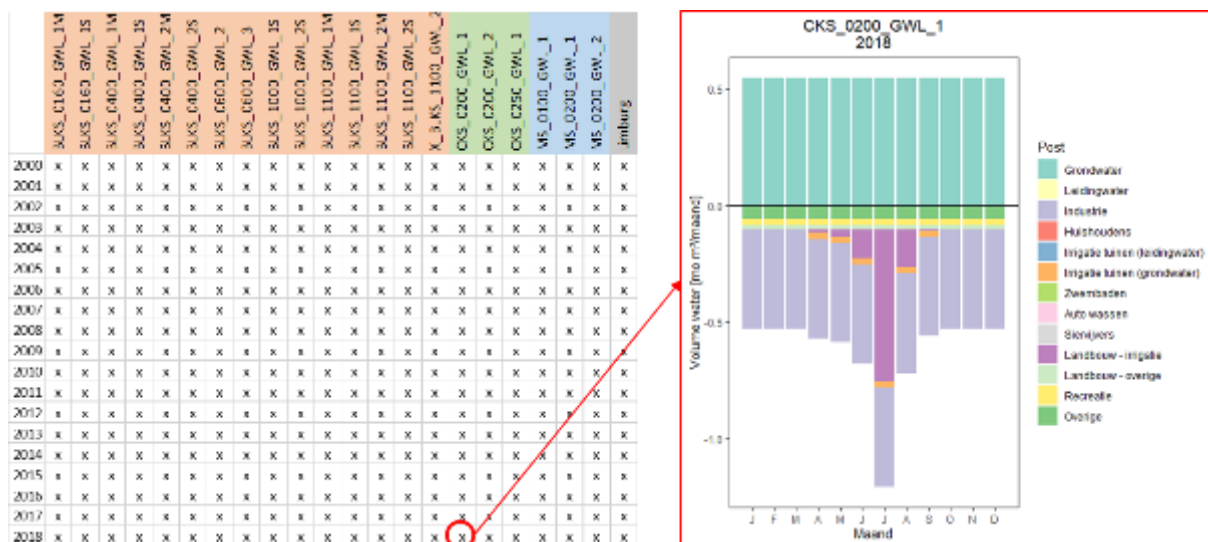
Op basis van de vergunningen bedraagt de grondwatervraag voor recreatie 0.47 mo m³/jaar voor de volledige provincie Limburg. Deze vraag wordt per jaar gelijkmatig verdeeld over de 12 maanden.

5.5.2.7 Overige

Op basis van de vergunningen bedraagt de grondwatervraag voor handelaars en andere sectoren respectievelijk 1.42 en 2.86 mo m³/jaar voor de volledige provincie Limburg. Deze vraag wordt per jaar gelijkmatig verdeeld over de 12 maanden.

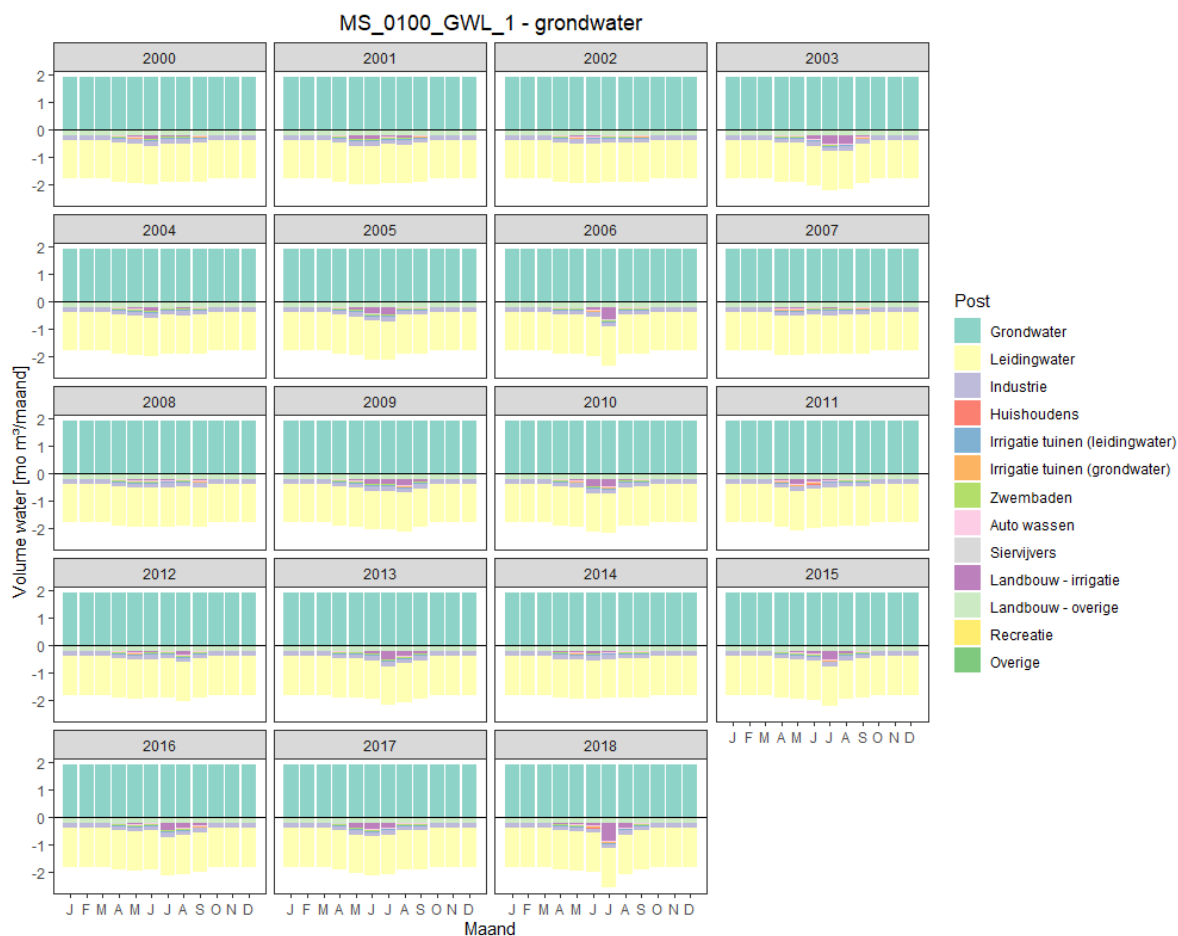
5.5.3 Resultaten

In totaal zijn jaarbalansen berekend voor 19 jaar (periode 2000 tot 2018) en 21 grondwaterlichamen, hetgeen resulteert in 418 jaarbalansen (overzicht in Figuur 181, links). Elke jaarbalans heeft een tijdstap van één maand (geïllustreerd in Figuur 181, rechts Figuur 176).



Figuur 181: Links: overzicht van de jaarbalansen voor het grondwater; elke 'x' staat voor 1 jaarbalans. Rechts: ter illustratie wordt de jaarbalans van 2018 voor het lichaam CKS_0200_GWL_1 getoond. Positieve watervolumes betreffen het wateraanbod, negatieve volumes de watervraag.

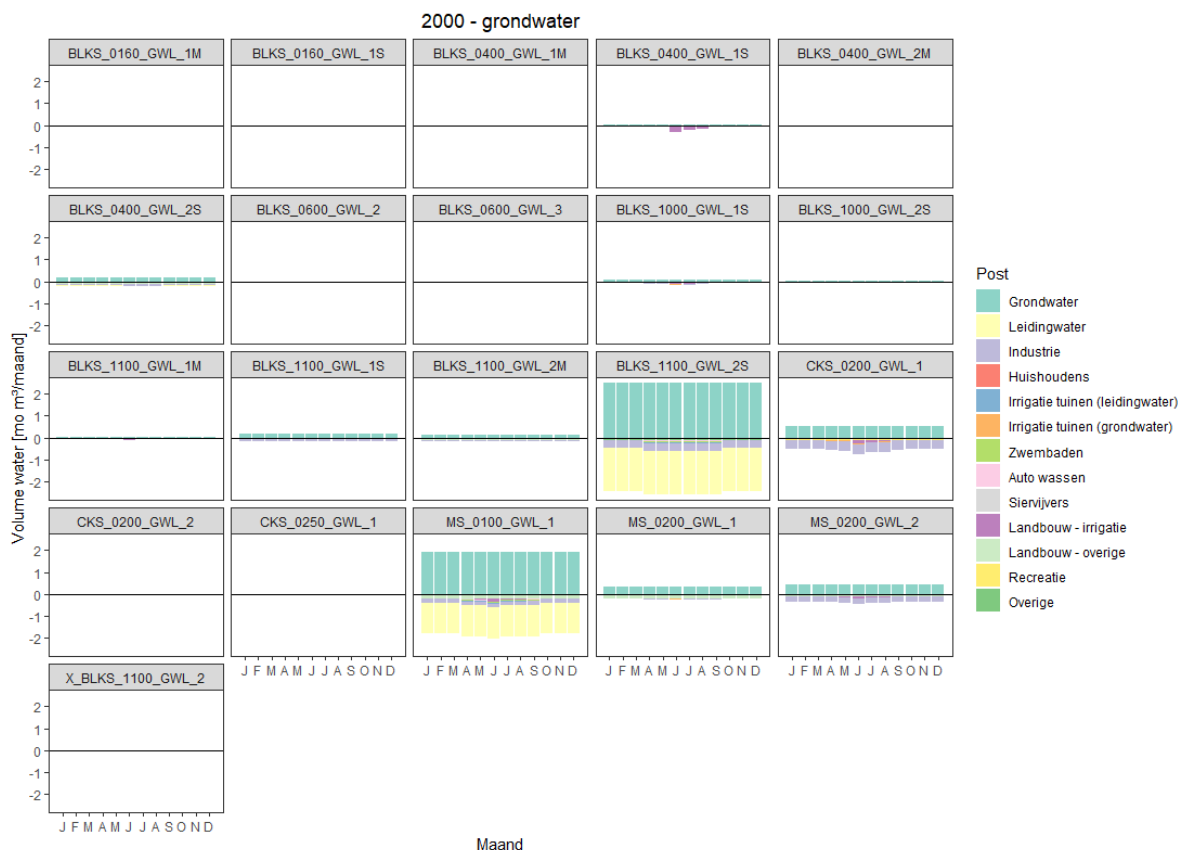
Analoog aan de balansen voor het oppervlaktewater wordt met deze database gekeken naar knelpunten die kunnen ontstaan in de ruimte en/of de tijd. Een voorbeeld van de tijdsreeks 2000-2018 voor een specifiek grondwaterlichaam, in dit geval MS_0100_GWL_1, wordt weergegeven in Figuur 182.



Figuur 182: Jaarbalansen voor het grondwater voor MS_0100_GWL_1, voor periode 2000-2018. Positieve watervolumes betreffen het wateraanbod, negatieve volumes de watervraag.

Op deze wijze wordt onder meer gekeken naar de impact van droge en natte jaren op de waterbehoefte. Net zoals bij de oppervlaktewaterbalans kan ook een aggregatie van alle deelstroombekkens gemaakt worden, zodat een waterbalans voor de volledige provincie Limburg verkregen wordt (bijlage I).

Er kan ook voor een jaar gekeken worden naar de ruimtelijke verdeling over de verschillende grondwaterlichamen (ter illustratie voor 2000 in Figuur 183). Onder andere het relatief groot aandeel van de leidingwaterproductie in twee grondwaterlichamen (BLKS_1100_GWL_2S en MS_0100_GWL_1) komen hier sterk naar voren.



Figuur 183: Jaarbalansen voor het grondwater voor het jaar 2000, voor 21 grondwaterlichamen. Positieve watervolumes betreffen het wateraanbod, negatieve volumes de watervraag.

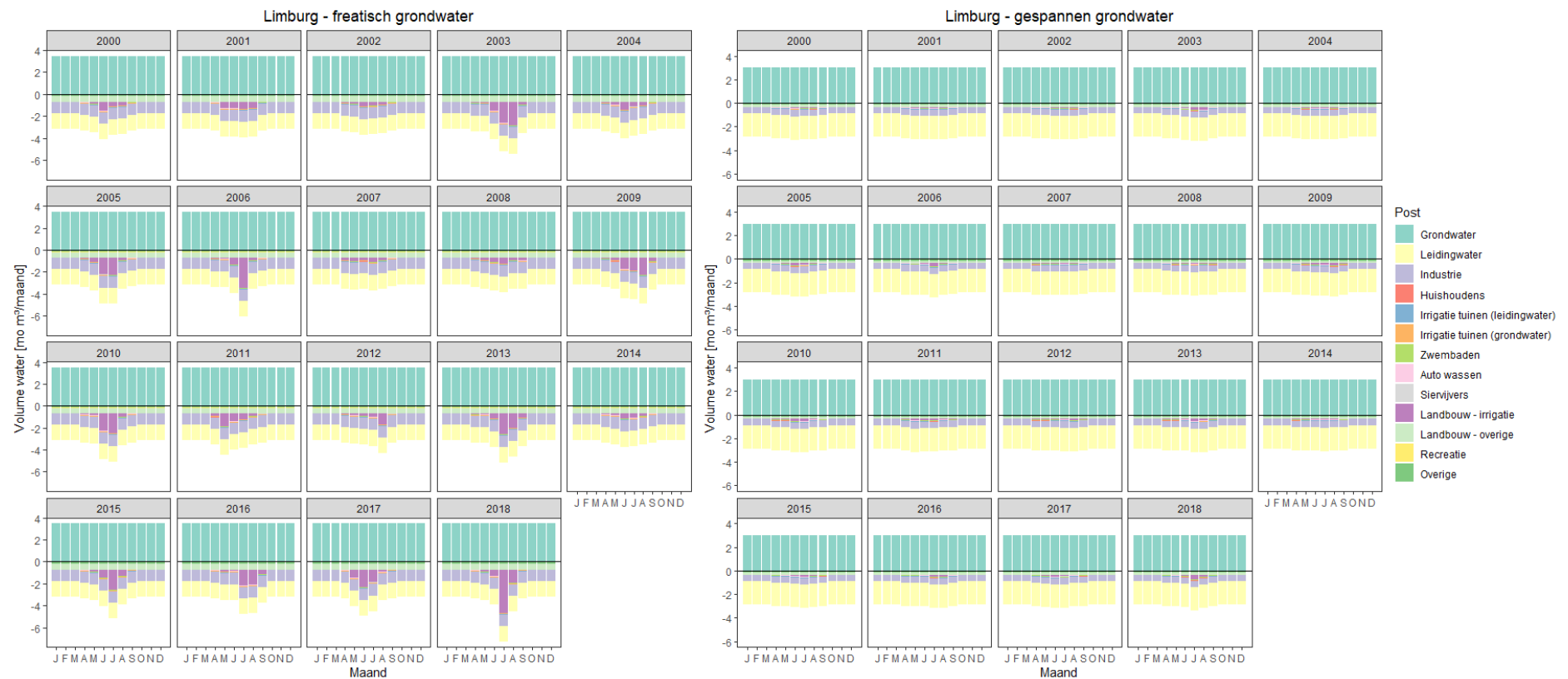
Belangrijk bij de interpretatie van de grondwaterbalansen met het oog op een knelpuntenanalyse, is dat een schijnbaar onevenwicht in de balans in de zomermaanden niet noodzakelijk betekent dat er daadwerkelijk een tekort aan water is. In dit opzicht is het belangrijk de seizoensale dynamiek naast een meerjarige analyse te leggen.

Verder kan een onderscheid gemaakt worden tussen ondiepe/freatische en diepe/gespannen grondwaterlichamen. Hoewel het gelijkstemmen van ondiepe met freatische grondwaterlagen en diepe met gespannen grondwaterlagen niet in alle situaties opgaat, kan deze opsplitsing toch in grote lijnen als valabel beschouwd worden. In Tabel 37 wordt de indeling van de 21 grondwaterlichamen in freatisch/gespannen weergegeven.

Tabel 37: Opdeling van de grondwaterlichamen in freatisch/gespannen

Grondwaterlichaam	Beschrijving	Type
BLKS_0160_GWL_1M		Freatisch
BLKS_0160_GWL_1S	Pleistoceen Rivierafzettingen, lokaal gespannen	Freatisch
BLKS_0400_GWL_1M	Oligoceen Aquifersysteem, freatisch	Freatisch
BLKS_0400_GWL_1S	Oligoceen Aquifersysteem, lokaal freatisch	Freatisch
BLKS_0400_GWL_2M	Oligoceen Aquifersysteem, gespannen	Gespannen
BLKS_0400_GWL_2S	Oligoceen Aquifersysteem, gespannen	Gespannen
BLKS_0600_GWL_2	Brusseliaan Aquifer, gespannen	Gespannen
BLKS_0600_GWL_3	Brusseliaan venster: contact met Diestiaan, lokaal gespannen	Freatisch
BLKS_1000_GWL_1S	Landeniaan Aquifersysteem, lokaal gespannen	Gespannen
BLKS_1000_GWL_2S	Landeniaan Aquifersysteem, gespannen	Gespannen
BLKS_1100_GWL_1M	Krijt Aquifersysteem, freatisch	Freatisch
BLKS_1100_GWL_1S	Krijt Aquifersysteem, freatisch	Freatisch
BLKS_1100_GWL_2M	Krijt Aquifersysteem, gespannen	Gespannen
BLKS_1100_GWL_2S	Krijt Aquifersysteem, gespannen	Gespannen
X_BLKS_1100_GWL_2	Ten N van de grens van het BLKS, in het Krijt Aquifersysteem, gespannen	Gespannen
CKS_0200_GWL_1	Centrale zanden van de Kempen, freatisch	Freatisch
CKS_0200_GWL_2	Noordelijke Zanden van de Kempen, freatisch, plaatselijk semi-freatisch	Freatisch
CKS_0250_GWL_1		Freatisch
MS_0100_GWL_1	Quartair Aquifersysteem, freatisch	Freatisch
MS_0200_GWL_1	Kempens Aquifersysteem, freatisch, plaatselijk semi-freatisch	Freatisch
MS_0200_GWL_2	Kempens Aquifersysteem in de Centrale Slenk, freatisch, plaatselijk semi-freatisch	Freatisch

Op basis van deze gegevens kan uit de dataset een aggregatie voor freatisch en gespannen grondwater gemaakt worden voor de volledige provincie Limburg (Figuur 184).

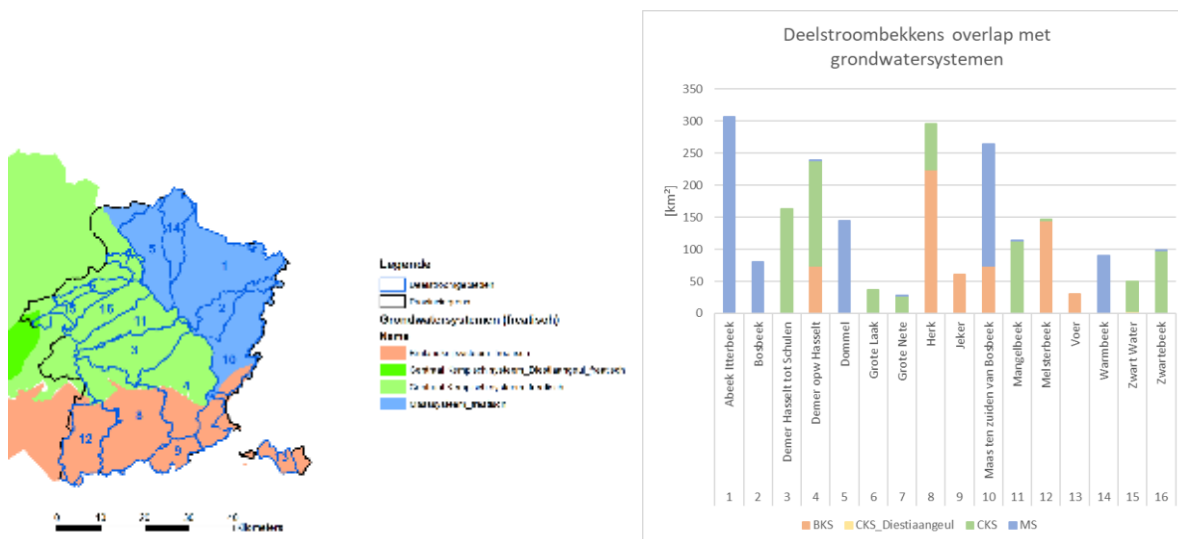


Figuur 184: Jaarbalansen voor het grondwater voor de volledige provincie Limburg, voor periode 2000-2018, opgesplitst in freatisch grondwater (links) en gespannen grondwater (rechts). Positieve watervolumes betreffen het wateraanbod, negatieve volumes de watervraag.

5.6 Synthese grondwater en oppervlaktewater

5.6.1 Herrekening naar deelstroombekkens

Met het oog op een aggregatie van de aparte balansen voor grond- en oppervlaktewater, is een herrekening uitgevoerd van de grondwaterbalans naar de deelstroombekkens van de oppervlaktewaterbalans uitgevoerd. Sommige deelstroombekkens bevinden zich volledig boven één grondwatersysteem, voor anderen vallen er meerdere grondwatersystemen binnen het bekken (Figuur 185).



Figuur 185: Aandeel van de grondwatersystemen [km²] binnen elk deelstroombekken

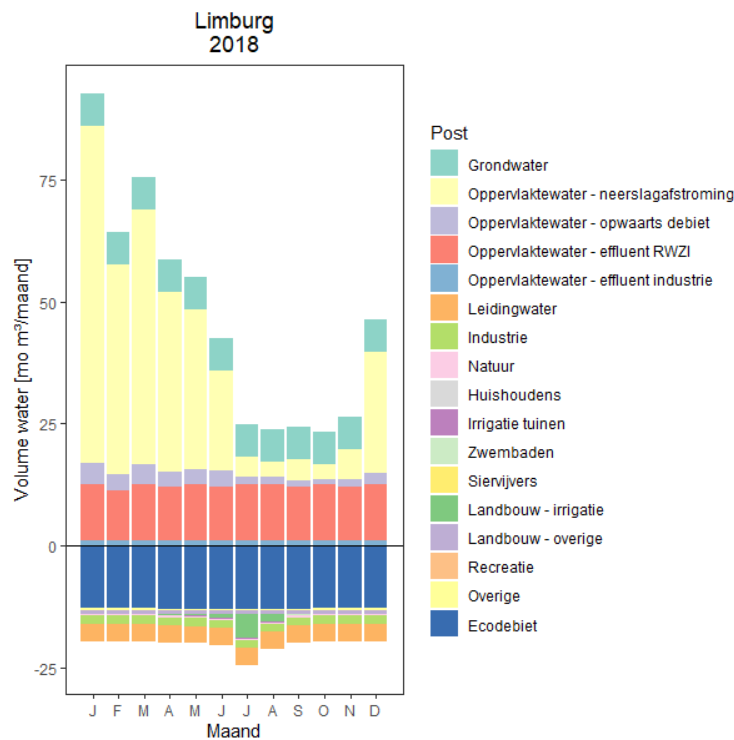
De omrekening van grondwaterlichaam naar deelstroombekken werd voor elke post van de waterbalans uitgevoerd volgens het meest relevante criterium. Een overzicht van de gevolgde werkwijze is weergegeven in Tabel 38, een meer gedetailleerde beschrijving is te vinden in bijlage J.

Tabel 38: Wijze van herrekening ruimtelijke schaal en verwijzing naar relevante bijlage

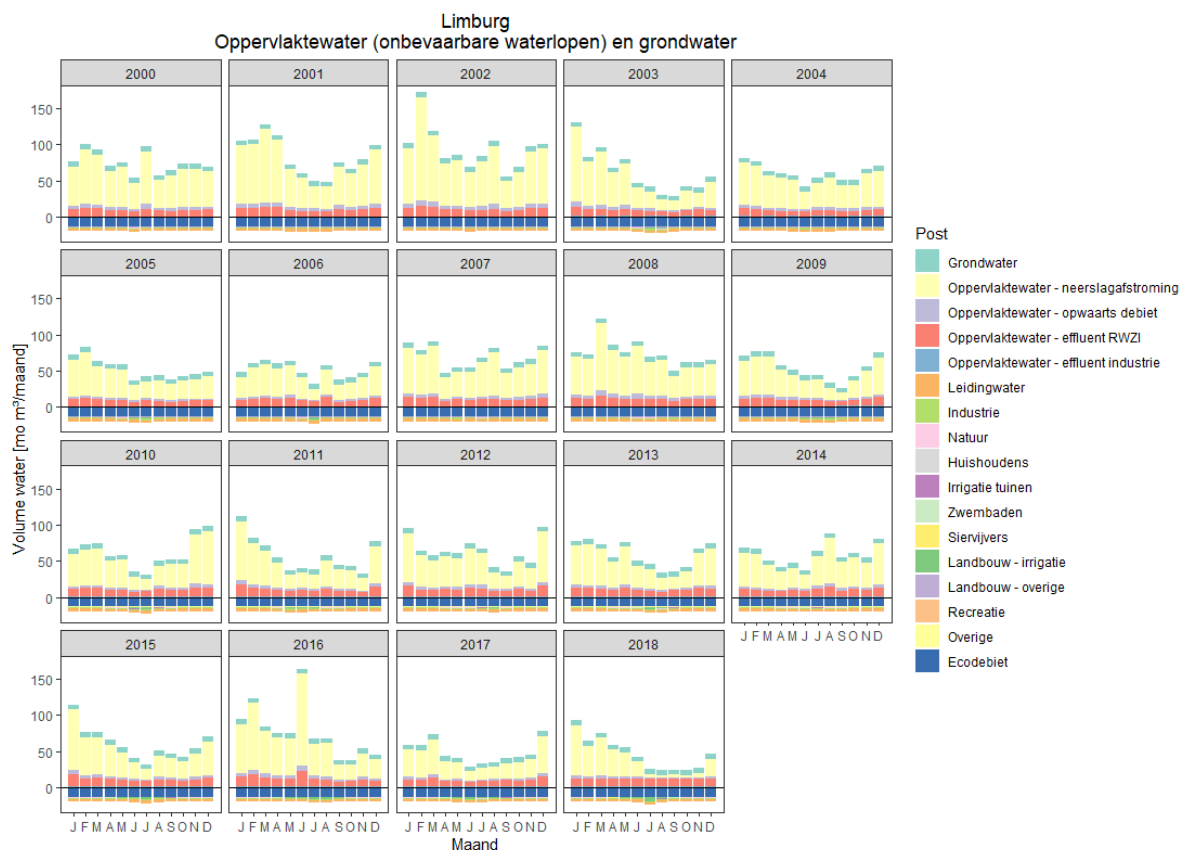
Post	Verdeling	Bijlage
Aanbod	Oppervlakte deelstroombekken	J1
Vraag leidingwater	Locatie vergunning	J2
Vraag huishoudens	Locatie vergunning Oppervlakte tuinen Aantal huishoudens	J3
Vraag landbouw (excl. irrigatie)	Oppervlakte deelstroombekken	J4
Vraag landbouw (irrigatie)	Oppervlakte landbouwpercelen	J4
Vraag recreatie	Locatie vergunningen	J5
Vraag overige	Locatie vergunningen	J6

5.6.2 Resultaten

In totaal zijn jaarbalansen opnieuw berekend voor 19 jaar (periode 2000 tot 2018) en 16 deelstroombekkens, hetgeen resulteert in 342 balansen met een tijdstap van één maand. Met de resulterende dataset worden oppervlaktewater en grondwater naast elkaar gelegd op eenzelfde ruimtelijke en temporele schaal. Uit deze dataset kunnen individuele jaarbalansen uitgelicht worden (Figuur 186: balans voor de volledige provincie in 2018), of er kan gekeken worden naar tijdsreeksen voor bepaalde locaties (Figuur 187: balans voor de volledige provincie voor de periode 2000-2018).



Figuur 186: Waterbalans voor de provincie Limburg in 2018



Figuur 187: Waterbalans voor de provincie Limburg voor de periode 2000-2018

6 Knelpunten en beleid

6.1 Niet-technische samenvatting knelpunten en beleid

In de knelpunten en mogelijke maatregelen wordt een onderscheid gemaakt tussen algemene maatregelen, en maatregelen die specifiek zijn voor een bepaald deelstroombekken of een bepaalde sector. Onder de algemene maatregelen wordt gekeken naar de mogelijkheden voor gebruik van water uit de kanalen die gevoed worden met Maaswater. Een belangrijk deel van het landschap in de omgeving van deze kanalen bevindt zich lager dan het waterpeil, zodat water uit deze kanalen in de toekomst kan dienen voor bevoeding en infiltratie in deze gebieden. Hierdoor kunnen bijvoorbeeld de drogere zomers die zullen ontstaan door klimaatverandering deels opgevangen kunnen worden door infiltratie van Maaswater in de nattere winterperiodes. In elk geval zal het in stand houden en verbeteren van de aanvulling van het oppervlakkige grondwater in de toekomst steeds belangrijker worden. Maatregelen die hierop inspelen, zoals ontharding en verminderde of vertraagde afvoer uit het landschap, worden hierbij ook opgelijst. Voor sectoren huishoudens, natuur en landbouw zijn bij droogte een aantal specifieke maatregelen mogelijk, waarbij een onderscheid gemaakt wordt tussen maatregelen op korte en lange termijn. Een maatregel op korte termijn voor de huishoudens is bijvoorbeeld een verbod op beregening in de tuinen, of op het wassen van de auto's. Behalve het waterbesparende effect hiervan kan dit ook bijdragen aan de perceptie van water als een schaars goed, zodat dit ook een positieve maatregel op lange termijn kan zijn. Naast deze opdeling in algemene en specifieke maatregelen, zijn op basis van de inventarisatie en waterbalansen ook knelpunten per deelstroombekken geïdentificeerd, en de mogelijkheden voor het beleid om hierop in te spelen opgelijst.

6.2 Inleiding

In de ontwikkeling van het beleid op korte en lange termijn (reactief en proactief) in het beheer van de waterbronnen en de regulatie van de waterverbruikers, is het inzicht in de werking van de systemen van de bronnen essentieel. Daarom wordt in deze inleiding de systeemwerking van de belangrijke waterbronnen die de grondwaterlichamen en de oppervlaktewaters vormen, samengevat.

6.2.1 Werking van grondwatersystemen en implicaties voor het beleid

Grondwaterreservoirs zijn grote reservoirs met lange verblijftijden en daarom zijn ze ideaal om periodes van droogte te bufferen. Aquifersystemen die in goede kwantitatieve toestand zijn, zijn ook in periodes van droogte een bron van water.

De tijdreeksen van de stijghoogtes in de verschillende grondwaterlichamen tonen langjarige variaties in de stijghoogtes. Daarom is het aangewezen om naar gemiddelde stijghoogtes over 15 tot 30 jaar te kijken en naar trends over meerdere jaren om de kwantitatieve toestand van de grondwaterlichamen te bepalen. Analyse van de evolutie van de stijghoogtes in de volgende jaren zullen aantonen of er een dalende trend in de grondwaterstijghoogtes is in sommige freatische grondwaterlichamen, of dat de grondwaterlichamen terug herstellen. De afwezigheid van een trend in de stijghoogtes op lange termijn toont ook dat de afgelopen jaren de huidige grondwaterextracties in de provincie Limburg duurzaam beheerd werden voor het geldende klimaat.

Maar de lange residentietijden maken aquifersystemen ook kwetsbaar: de effecten van overexploitatie kunnen nog jaren tot decennia zichtbaar zijn in lage stijghoogtes. Dit wil zeggen dat (1) tijdelijke noodmaatregelen zoals het verlagen of verbieden van grondwaterextracties in het algemeen weinig impact hebben op de langtermijnstoestand van het aquifersysteem op de schaal waarop deze studie werd uitgevoerd; (2) algemeen zuinig, duurzaam en rationeel omgaan met grondwater bijdraagt tot een goede kwantitatieve toestand van de aquifersystemen.

Grondwaterreservoirs in een goede kwantitatieve toestand kunnen fungeren als buffersystemen waarin water wordt opgeslagen in de winter zodat we in de zomer ook nog water ter beschikking hebben. In deze optiek en op basis van de data-analyse en modellen uitgevoerd in deze studie in de provincie Limburg, lijken proactieve maatregelen (op lange termijn) voor grondwatersystemen meer aangewezen dan strikt reactieve maatregelen,

d.i. tijdelijke maatregelen tijdens droogtes waarin het oppompen van grondwater tijdelijk beperkt of verboden wordt. Hierbij moet verder ingezet worden op het duurzaam beheren van de vergunningen, het nauw opvolgen van de evolutie van de tijdreeksen van de stijghoogtes, het voorspellen van de reactie van de stijghoogte op veranderingen in grondwatervoeding en verbruik met behulp van transiënte grondwatermodellen, het slim gebruiken van grondwater (i.e. water van geschikte kwaliteit gebruiken voor bepaalde toepassingen en water van hoge kwaliteit houden voor toepassingen waarvoor deze kwaliteit nodig is), het sensibiliseren van de bevolking om zuinig om te springen met leidingwater, wildextracties van grondwater tegengaan, en inzetten op infiltratie en grondwatervoeding.

De proactieve maatregelen moeten ervoor zorgen dat de grondwatersystemen in de provincie Limburg gezond blijven zodat ze tijdens droge periodes nog geëxploiteerd kunnen worden en kunnen herstellen na periodes van droogte.

6.2.2 Werking van oppervlaktewatersystemen en implicaties voor het beleid

In tegenstelling met het grondwatersysteem reageert het oppervlaktewatersysteem veel sneller op veranderlijke meteorologische condities zoals droogte. Hiervoor zijn reactieve maatregelen dus wel zinvol. Uiteraard is het vooral belangrijk om via proactieve (lange termijn duurzame) maatregelen de kans op watertekorten te beperken. Indien er tijdens een uitzonderlijk droge periode toch dreigende of effectieve waterschaarste is, zijn er ook een aantal opties voor reactieve maatregelen. De voornaamste en deze waar de provincie een actieve of minstens secundaire rol in kan spelen worden hierna beschreven. Ze bestaan enerzijds uit maatregelen die het wateraanbod (de beschikbaarheid aan oppervlaktewater) verhogen of optimaliseren. Anderzijds zijn er maatregelen die de watervraag beperken. Verder zijn er een aantal begeleidende maatregelen zoals handhaving en communicatie/sensibilisering.

Hieronder wordt eerst een overzicht gegeven. Het is duidelijk dat een aantal van deze maatregelen eerder op het Vlaams niveau genomen moeten worden, of door andere partijen zoals De Vlaamse Waterweg, de drinkwatermaatschappijen, de steden en gemeenten of rioolbeheerders, enz.

Voor het proactieve beleid zijn er een groot aantal mogelijke maatregelen, die elk afzonderlijk maar een beperkte impact hebben, maar die samen de problematiek op een lange-termijn duurzame wijze aanpakken en de komende jaren dus best gaandeweg geïmplementeerd. Hierna wordt een overzicht gegeven, waarbij “x” de maatregelen aanduidt waar vooral op moet ingezet worden, en “(x)” eventueel of van secundair belang. Bij bepaalde maatregelen kan de provincie zelf initiatief nemen, terwijl dat bij andere maatregelen samen met of door partners kan gebeuren.

Maatregelen die het wateraanbod optimaliseren:

Door aangepast landbeheer:

- x Minder drainage van valleigronden of andere van nature natte gronden; verondiepen, opstuwen (met vispasseerbare stuwtjes), dempen of omleggen van drainagegrachten in natuurgebieden; beperken/stopzetten van drainage/ontwatering van natuurgebieden door omliggend landgebruik
- x Herstel van wetlands; verondiepen van te diep ingesneden waterlopen in natuurgebieden; hermeandering van waterlopen
- x Behoud en (waar mogelijk) herstel van veengebieden (= natuurlijke sponswerking); cf. ook onderzoek KU Leuven (team Gert Verstraeten)
- x Omvorming van naaldbos naar gemengd loofbos (of naar open vegetaties op cruciale plekken voor hemelwaterinfiltratie); cf. ook onderzoek UA (Jan Staes)
- x Systematische blauwgroene dooradering van buitengebied en stedelijk gebied (aanleg oeverzones, , ...)
- x Herstel van KLE's: i.s.m. Regionale Landschappen
- x Grachten herstellen: ook i.s.m. Regionale Landschappen

- x Minder verharding en klimaatrobuuste stedelijke waterhuishouding (o.a. hemelwaterplan; infiltratiegrachten, wadi's op openbaar en privé terreinen, groendaken, ...): voor steden en gemeenten, rioolbeheerders

(x) Plaatsen van grond en stenen dammen in landbouwgebieden

(x) Erosiebestrijdingsmaatregelen

Door intelligente sturing watersysteem, doordacht peilbeheer:

- x Omvormen van klassieke drainage op landbouwpercelen naar peilgestuurde drainage
- x Plaatsen of herstellen van regelbare stuwtjes, knijpstuwen, ...
- x Gewijzigde regeling stuwen; slimme (real time) sturing waterpeilen in waterlopen en kanalen (stuwen), ook bv. extra opslag in meanders: ook voor VMM & De Vlaamse Waterweg

Door op andere manieren water te bufferen / te sparen:

- x Aangepast ruimingsbeheer van waterlopen
- x Eigen (privé) regenwateropslag/buffers bij particulieren, bedrijven ook land- en tuinbouwbedrijven
- (x) Nieuwe captatiebekkens, collectieve spaarbekkens
- (x) Nieuwe waterbuffers langs waterlopen voor landbouwers
- x Verplichte retourbemaling

Door hergebruik, grijswater, zuivering:

- x Sluiten van de waterkringlopen bij bedrijven
- (x) Hergebruik van gezuiverd afvalwater
- (x) Hergebruik van gezuiverd regenwater, ev. tot drinkwater
- (x) Hergebruik water (bv. douchewater) huishoudens

Andere:

- x Communicatiecampagnes/opleidingen/...
- x Transparante melding/registratie van verbruikte volumes
- (x) Vergunningenbeleid wateronttrekking langs onbevaarbare waterlopen
- (x) Opsporen illegale winningen & sanctionering op maat; boetes in verhouding met schade
- x Organiseren van handhaving bij maatregelen
- x Subsidies, bv. voor opslag regenwater, drainagewater of grijswater op land- of tuinbouwbedrijf of andere innovaties (VLIF, ...)
- x Organiseren van wateraudits bij bedrijven, ook land- en tuinbouwbedrijven
- x Herziening waterverdragen met andere regio's: is voor CIW & De Vlaamse Waterweg

Maatregelen die de watervraag reduceren:

Binnen de sector land- en tuinbouw:

- x Doordachte bodembewerking: inzetten op koolstofopbouw, verbetering of herstel van de bodemstructuur, herstel goede humustoestand van de bodem, minder kerende bodembewerking
- x Remediatie en voorkomen van bodemverdichting, vb. door zware mechanisatie en strakke timing in de grondbewerking en in de oogst
- x Aanpassingen in het teeltplan, naar minder waterbehoevende teelten (geen zeer waterbehoevende teelten op droge zandgronden), of met een verschuiving van de zaaidatum

- x Implementeren van precisielandbouw; correcte aansturing van irrigatie via sensoren of externe begeleiding
- (x) Verbod van inefficiënte irrigatietechnieken
- x Aandacht voor waterbesparende maatregelen in de stallen bij reiniging
- (x) Aandacht voor lekverliezen bij het laven het vee, correct gebruik van drinknippels, temperatuurscontrole in de stallen
- x Opvangen van regenwater
- (x) Systematisch (her)gebruik van het effluent van een waterzuivering

Binnen de sector industrie:

- x Implementeren van waterzuinige technologieën
- x Graduele tariefverhoging waterverbruik (toepassing van duurder tarief boven xx l/dag; vereist slimme meters)
- x Gebruik van regenwater aflopend van industrieterreinen

Binnen de sector scheepvaart:

- x Installeren van pompen bij sluizen: terugpompen van schutwater: gebeurt door De Vlaamse Waterweg

Bij de huishoudens:

- x Meer regenwaterputten en effectief regenwatergebruik
- x Collectieve regenwaterputten in steden, ev. tweedecircuit
- x Graduele tariefverhoging waterverbruik (toepassing van duurder tarief boven xx l/dag; vereist slimme meters)
- x Sensibilisering, ook m.b.t. voeding

In de reactieve context kunnen volgende acties genomen worden anticiperend op een dreigende waterschaarste bij droogte en voorspelde droogte:

Maatregelen die het wateraanbod verhogen of optimaliseren:

- x Reductie stuwafvoeren
- x Terugpompen van water bij sluizen, ev. via noodpompen: gebeurt door De Vlaamse Waterweg
- (x) Sluiten van vistrappen
- x Aangepaste/uitgestelde ruiming waterlopen
- (x) (Her)gebruik van het effluent van een waterzuivering
- (x) Omschakeling van oppervlaktewatergebruik naar grondwatergebruik (tijdelijk!)
- (x) Tijdelijke versoepeling van de normen (bv. watertemperatuur voor lozing van koelwater): voor De Vlaamse Waterweg
- (x) Verplichten van retourbemaling

Maatregelen die de watervraag reduceren:

- x Beperken lekverliezen aan sluizen via gegroepeerd schutten: voor De Vlaamse Waterweg
- x Diepgangbeperkingen scheepvaart: voor De Vlaamse Waterweg
- x Verbod pleziervaart: voor De Vlaamse Waterweg
- (x) Verbod op sproeien van gazons en/of wassen van auto's
- (x) Verbod op vullen van zwembaden

(x) Zwemverbod / recreatieverbod personen

x Sensibilisering via media

x Captatieverbod: verbod gebruik oppervlaktewater (ev. geheel of bepaalde landbouwgewassen of bepaalde deelsectoren industrie): afweging wordt verder bekeken in opdracht rond Vlaamse reactief afwegingskader

(0) Enkel 's nachts beregenen (heeft echter weinig effect)

(x) Vervroegen maaitijdstip voor beperking verdamping

x Afsluiten van de tapplaatsen aan waterspaarbekkens

x (Gedeeltelijk) dichtzetten van de watervangen ter bevoeiing natuurgebieden

(x) Verbod freatisch grondwatergebruik (uitgezonderd voor drinkwaterproductie)

(0) Verbod freatisch grondwatergebruik industrie, ev. enkel voor bepaalde deelsectoren

(0) Verbod diep grondwater, ev. afhankelijk van de gebruikstoepassing

(0) Verbod (leiding)watergebruik industrie, ev. enkel voor bepaalde deelsectoren

(0) Alternatieve koeling

(0) Afbouw / stilleggen bepaalde energiecentrales/waterkrachtcentrales en opschalen alternatieven of invoer energie uit buitenland

(0) Lozingsbeperkingen om minimale waterkwaliteit te vrijwaren

Begeleidende maatregelen

x Handhaving van maatregelen

Met de volgende modellen die binnen deze studie voor de provincie Limburg werden ontwikkeld konden voor een groot aantal van de voorgestelde maatregelen de hydrologische of waterkwalitatieve impact doorgerekend worden.

- **Waterbalansmodel:** impact van de reductie in het waterverbruik door landbouw - irrigatie, industrie en huishoudens, en voor natuurbeheer; impact van de verhoging of wijziging in het aanbod aan oppervlaktewater (via neerslagafstroming, via opwaartse instroom, via RWZI-effluentdebieten of andere industriële effluentdebieten) en grondwater.
- **Grondwatermodel:** gedetailleerde ruimtelijk variabele impact op jaargemiddelde grondwaterstanden en dit per grondwaterlichaam.
- **Oppervlaktewatermodel:** gedetailleerde ruimtelijk variabele impact op daggemiddelde waterloopdebieten langs het netwerk van onbevaarbare waterlopen en bevaarbare waterlopen en kanalen.

Voor een aantal van de maatregelen kon de hydrologische of waterkwalitatieve impact niet doorgerekend worden met deze modellen en dient de impactschatting eerder kwalitatief te gebeuren (via expertinschatting). Hierna volgt een verdere beschrijving en hydrologische/waterkwalitatieve impactinschatting van geselecteerde maatregelen. In het kader van de parallel lopende Vlaamse opdracht "Uitwerking van een reactief afwegingskader voor prioritair watergebruik tijdens waterschaarste" zal de socio-economische en ecologische impact van de reactieve maatregelen verder geëvalueerd worden als basis voor de afweging en prioritering van deze maatregelen.

6.3 Knelpunten en beleidsmaatregelen

In het overzicht van de vastgestelde knelpunten wordt onmiddellijk gefocust op de deelstroombekkens. Deze geven aanleiding tot beleid en maatregelen. Een belangrijk gedeelte van deze maatregelen is generiek, voor de provincie en voor specifieke sectoren. In die zin worden beleid en maatregelen daarom eerst op een hoger plan besproken vooraleer wordt ingezoomd op de deelbekkens.

6.3.1 Generieke maatregelen

6.3.1.1 *Potentieel vanuit de bevaarbare waterlopen.*

Albertkanaal en de Zuid-Willemsvaart, het kanaal Bocholt-Herentals en hun onderlinge verbindingskanalen en aftakkingen worden gevoed uit het Maaswater. De beheersing van het waterpeil in deze waters is zeer complex, niet alleen gezien het regime van de Maas hoofdzakelijk bepaald wordt door neerslaggebeurtenissen in Wallonië en Frankrijk, maar ook omwille van wateronttrekking voor drinkwaterproductie, scheepvaart, enz., de eisen in de waterverdragen met Nederland (Maas en de kanalen gevoed vanuit de Zuid-Willemsvaart), en eveneens door de karakteristieken van de kanalen zelf en technische uitrustingen aan de sluizencomplexen (Waterbouwkundige Laboratorium en Universiteit Antwerpen, 2005).

Vanuit de Zuid-Willemsvaart en het kanaal Bocholt-Herentals bestaan tappingen die grotere perimeters, maar ook zeer kleine systemen bevoeien. Tappingen gebeuren via overloop of gestuurd. Voor watergebonden natuurwaarden worden minimumdebieten voorzien; in andere gebieden worden watertaps afgesloten in de loop van het voorjaar zodra verwacht wordt dat de voeding van het kanaal afneemt. Het geheel van de tappingen is echter slechts beperkt gedocumenteerd, gekend (Waterbouwkundige Laboratorium en Universiteit Antwerpen, 2005).

Waar het peil in de Kempische Kanalen aanzienlijk hoger ligt dan het omliggende land, vernat het kanaalwater reeds dit omliggende land; op vele plaatsen bestaan onwateringsgrachten langsheen het kanaal om de stabiliteit van de dijken te handhaven. Deze ontwateringsgrachten voeden ook tijdens droogteperiodes de stroomafwaarts gelegen waterlopen die richting Nederland afwateren.

- **Verdergaand inzetten op bestaande grondwaterpeilbeheersingsystemen**

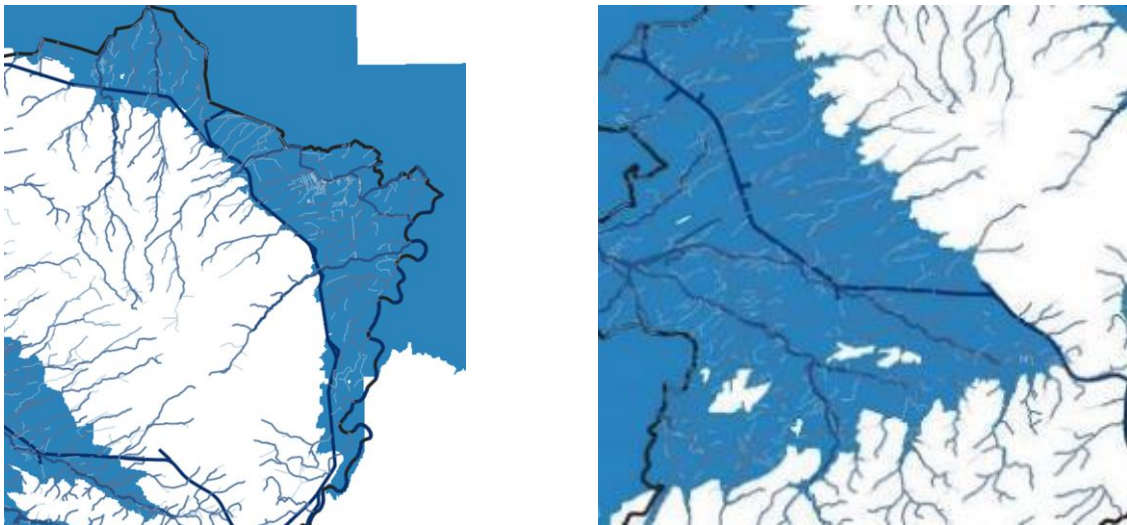
In de laatste 100-150 jaar werden vele systemen aangelegd hetzij om te bevoeien, hetzij om te ontwateren; ze werden ontworpen om zeer lange tijd te functioneren en dat in tijden dat van klimaatverandering geen sprake was, en dat voedselproductie de enige harde noodzaak was. Vandaag is de maatschappelijke context enerzijds zeer verbreed, en anderzijds worden vele van de ingrepen niet echt meer onderhouden omwille kosten of van schaal van landbouw, of ze naderen stilaan hun levenseinde. De bodemwaterhuishouding moet dan ook herbekenen worden en nieuwe oordeelkundige investeringen zijn nodig in, gekaderd in een duurzame, klimaatrobuuste landbouw.

Ter illustratie: in het gebied Buitenheide (beneden Prinsenloop, Hamont-Achel) ligt een grachtensysteem, oorspronkelijk voornamelijk bestemd om te ontwateren naar de Prinsenloop. Dit systeem beslaat een oppervlakte van meer dan 1 km². Het wordt momenteel slechts beperkt onderhouden, een aantal grachten werden ook gedempt of ingebuisd. Het kan onderzocht worden om dit systeem te herontwerpen op basis van een gewenst waterpeilbeheer en dit door stuwen en heraanleg van grachten: dit houdt de mogelijkheid om het grachtensysteem in de zomerperiode ook te voeden door water uit de Prinsenloop. Stroomafwaarts aan de Nederlandse zijde is dergelijk peilbeheer en grachtensysteem in evenwicht met de Prinsenloop wel gerealiseerd.

- **Onderzoek naar potentieel voor nieuwe bevoeingen**

In periodes van hoogwater, voornamelijk winterperiodes, betekent het Maaswater een belangrijke potentiële waterbron voor bevoeiing. De waterpeelhoogte in de kanalen ligt topografisch hoger dan meerdere perimeters in de ruime omgeving waar het grondwaterpeil dermate laag ligt dat men over droge bodems kan spreken. Indien als gevolg van klimaatverandering bijkomende vermindering in aanvulling van het freatische grondwater zal optreden, dan kan de aanvoer door bijkomende bevoeingen dit mitigeren. Dergelijke infrastructuur veronderstelt een ruimtelijke planning en investeringen die op langere termijn te overwegen zijn, doch tijdig kunnen opgestart worden. Het is aangewezen om na te gaan welke gebieden hiervoor in

aanmerking komen. De Figuur 188 geeft de gebieden weer die topografisch lager liggen dan 42,5 mTAW voor de Zuid-Willemsvaart en voor het eerste deel van het kanaal Bocholt-Herentals, en 60 mTAW voor het Albertkanaal.



Figuur 188: Gebieden topografisch lager gelegen (blauw ingekleurd) dan het streefwaterpeil in de Zuid-Willemsvaart en het kanaal Bocholt-Herentals tot Bocholt, en in het Albertkanaal tot Genk.

Bemerking:

Met betrekking tot de Maas werden tijdens het kennisuitwisselingstraject bezorgdheden geuit, met name de garantie om voldoende water bij droogte te voorzien voor de natuurlijke loop van de Maas. Het Albertkanaal en de Zuid-Willemsvaart worden immers eveneens vanuit de Maas gevoed.

Echter het debiet van de Maas wordt voornamelijk bepaald door regenval in de Ardennen en Noord-Frankrijk, wat leidt tot zeer grillige debieten tussen 25 en 800 m³/s bij normale waterstanden en tot 2600 m³/s bij extreme regenval. Door snelle hydraulische geleidbaarheid van de grind- en zandbanken, zullen de oevers relatief snel verdrogen bij extreme droogte. Dit gegeven is eigen aan het natuurlijke karakter van de Maas, het debiet naar de kanalen heeft hier een kleine impact op.

Wat wel van belang is voor de ontwikkeling van natuur specifiek aan de Maasoevers, is het natuurlijke grillige karakter dat leidt tot erosie- en sedimentatieprocessen in de Maasvallei (Peters en Kustjens, 2008). De afzettingen van kalkrijke grind- en zandbanken tijdens hoogwater (in de winter) zijn essentieel voor het ontstaan en de successie van de stroomdalgraslanden in de Maas (6120). Deze vegetaties met vb. vetkruid en wilde tijm zijn aangepast aan de droge kalkrijke oevers.

6.3.1.2 Waterconservering in het landschap

▪ Infiltratie en ontharding

Het is algemeen gekend dat de aanvulling van de freatische grondwaterlichamen door neerslagoverschot in het gedrang is door menselijke activiteiten. Het reeds grotendeels generiek beleid kan verruimd worden of verstrengd.

Voor nieuwe projecten, maar ook voor bestaande infrastructuur kan verder ingezet worden op infiltratie van neerslagoverschot of van afspoelend regenwater.

- Erosiemaatregelen zijn reeds verregaand ingezet in de openruimte, de landbouw.
- Infiltratieinfrastructuren en voorzieningen kunnen zeker verder ontwikkeld worden: niet alleen voor nieuwe projecten maar ook voor bestaande infrastructuur en verharde oppervlakten.
- Ook in zones, bodems met mindere infiltratiecapaciteit kan verder buffercapaciteit uitgebouwd worden, eerder door kleine watervlakken dan door ondergrondse infrastructuur, verregaande integratie van wadi's en greppels in de leefomgeving en in infrastructuur.
- Uitbreiding van overstromingsgebieden

Verschillende van deze maatregelen vergen in de meeste gevallen reservering van ruimte.

Er dient verdergaand ingezet worden op onthardingsmaatregelen. Dit dient een thema te worden, bv. bij hernieuwing van omgevingsvergunningen, maar ook door programma's en bewustmaking bij de brede bevolking.

▪ Maatregelen bij structurele grondwaterpeilverlagingen

Structurele verlaging van de grondwatertafel heeft in het verleden velerlei projecten mogelijk gemaakt in de open ruimte, in wegeninfrastructuur en in meer verstedelijkte omgeving.

Indien nodig wordt tijdelijke grondwaterpeilverlaging gerealiseerd, droogzuigingen bij infrastructuurwerken of aanleg van gebouwen. Indien deze tijdelijke droogzuigingen significante effect hebben op natuur of andere waarden, worden hiervoor reeds verplicht maatregelen voorzien (damplanken, retourbemaling, enz...) als resultaat van de Watertoets.

Aandacht kan anderzijds wel gaan naar bestaande structurele grondwaterpeilverlagingen voor handhaving van infrastructuurwerken, gebouwen of bestemmingszones. Het is in het kader van de huidige opdracht niet mogelijk

- om voor de provincie een inventaris te geven en na te gaan welke effecten deze structurele ontwateringen hebben,
- welke de doorgaans zeer ruime veiligheidsmarges zijn die werden ingebouwd,
- na te gaan in welke mate deze ontwateringen blind gebeuren dan wel of ze gestuurd worden op basis van grondwaterpeilmonitoring,
- en bijgevolg te bepalen in welke mate dergelijke ontwatering scherper kan aangestuurd worden, verminderd,
- na te gaan of het ontwateringswater kan hergebruikt worden.

Ter illustratie:

- Afpompingen in mijnverzakkingsgebied zijn noodzakelijk en worden hier niet verder behandeld (zie ook 3.4).
- Een gekende afwatering/ontwatering grijpt plaats langs de Noord-Zuidverbinding ter hoogte van Lindel in het deelstroombekken van de Dommel. Naar verluidt heeft deze ontwatering peilverlaging ver buiten de weg tot gevolg. Hier zijn bovenstaande vragen bijvoorbeeld relevant. Verdergaand ook: het water voedt het oppervlaktewater, maar mogelijk kan dit beschikbaar komen voor andere toepassingen, bv. irrigatie. De bevoegdheid, het beheer hierin ligt bij AWW.

- Verbetering in drainagetoestand

Kunstmatige drainage is vergunningsplichtig wanneer ze 5 ha of meer betreft, zo niet is ze meldingsplichtig. Drainage is niet mogelijk in vogelrichtlijngebieden of in of op een afstand van 50 m uit habitatgebieden tenzij een passende beoordeling drainage dit wel zou mogelijk maken. Drainage betekent freatische grondwaterpeilverlaging; in kwelgebieden werkt deze peilverlaging ruimtelijk betekenisvol door in de omgeving van de gedraineerde zone. Drainage van landbouwpercelen heeft toegelaten een ongekennde oppervlakte productiever te maken voor voeding van de bevolking. Drainage laat toe om met minder bodemstructuurschade het land te berijden of bewerkingen uit te voeren. Door grondwaterpeilverlaging doet zich in droge seizoenen minder capillaire nalevering van water (en nutriënten) voor, met opbrengstderving tot gevolg. De landbouwsector is zich hiervan bewust. Beleid kan zich richten op

- stimulering van aanleg van peilgestuurde drainage i.p.v. een nieuwe drainage, waardoor de netto waterpeilverlaging drastisch kan verminderd worden,
- stimulering van omvorming naar peilgestuurde drainage bij herdrainage.

6.3.2 Sectorale maatregelen

6.3.2.1 Huishoudens

Kwaliteitsvol drinkwater is in onze streken een vanzelfsprekende basisvoorziening voor de mens. Binnen het huishouden wordt water ook verbruikt voor andere doeleinden dan drinkwater, en zeer waarschijnlijk met toch betekenisvolle hoeveelheden vergeleken met andere sectoren.

Met de nodige reserve kan men stellen dat de oorsprong van het water gebruikt in de huishoudens niet steeds is gekend, en dat een betekenisvolle hoeveelheid wordt onttrokken uit niet geregistreerde grondwaterwinningen. Het is te overwegen om in de stedenbouwkundige uittreksels die vereist zijn bij transacties van onroerende goederen verplichtend laten op te nemen de aanwezigheid van een grondwaterwinning, ook indien deze buiten gebruik is, en de geïnstalleerde pompcapaciteit, en welke de meldings- of vergunningstoestand hiervan is. Deze informatie is reeds zeer toegankelijk raadpleegbaar via DOV (<https://www.dov.vlaanderen.be>), data met continue actualisatie. Wellicht dient dergelijke verplichting decretaal geregeld te worden.

Maatregelen m.b.t. de huishoudens kunnen proactief zijn. Ze betreffen dan programma's van bewustwording.

Maatregelen die samenhangen met de uitvoering van het Waterbeleid zijn reeds generiek, en maken deel uit van de Watertoets, bv. bij nieuwbouw of vernieuwbouw. De provincies hebben de mogelijkheid verstrengde maatregelen op te leggen, bv. m.b.t. infiltratie en ruimte maken voor (vasthouden van) water in het landschap.

Reactieve maatregelen kunnen overwogen worden, zoals het verbod op beregening van tuinen, of op het wassen van de auto. Deze maatregelen hebben niet enkel het waterbesparend effect, maar ze kunnen zeer belangrijke invloed hebben op de attitude van de bevolking en sociale controle m.b.t. dit schaarse goed. In die zin wordt een reactieve maatregel in wezen ook proactief.

Er werd aangetoond dat beregening in private tuinen een betekenisvolle watervraag betekent, en waarvan een belangrijk deel van grondwater. Zeker wanneer het semi-automatische systemen van beregening betreft loopt de waterbehoefte per eenheid van oppervlakte zeer op. Noch dergelijke systemen, noch de aanleggers zijn momenteel onderworpen aan enige kwaliteitscontrole of certificering of een vorm van kwaliteitslabel. Een dergelijke regelgeving valt buiten de competenties van de huishoudens, maar kan aangewezen zijn voor de sector van de aanleggers.

6.3.2.2 Natuur

- Captatie uit waterlopen

Het waterpeil in de waterlopen is in zeer hoge mate neerslagafhankelijk. De reactietijden zijn doorgaans zeer kort. In periodes van hoogwater kan oppervlaktewater een zeer belangrijke waterbron betekenen. Captatie in deze periode brengt water (terug) in het landschap en vermijdt dat andere waterbronnen aangesproken worden (grondwater, leidingwater) en/of dat het afgevoerd via het waterlopenstelsel naar zee. Wanneer het

regime van het oppervlaktewater en natuurwaarden niet worden verstoord, dienen deze captaties m.a.w. aangemoedigd te worden. Gezien de korte reactietijden dient, indien ecodebieten dreigen in het gedrang te komen, het voorzorgsprincipe gehanteerd te worden: d.i. tijdig captatieverbod. Met de huidige inzichten kan i.f.v. de weersverwachtingen het risico op of verwachting van verbod vroegtijdig worden aangekondigd.

Captaties in tijden van hoogwater kunnen zowel actief als passief zijn. Passieve systemen zijn bijvoorbeeld overlopen die water bij hoogwaterstand afvoeren richting een overstromingsgebied of grachtensysteem, enkel indien de natuurlijke loop van de rivier hiermee niet in het gedrang komt. Afhankelijk van de abiotische omstandigheden kan ervoor gekozen worden dit water te laten infiltreren in het grondwatersysteem of als oppervlaktewater op te slaan. Deze maatregelen kunnen gecombineerd worden met natuurdoelen, zoals al meerdere voorbeelden bekend zijn in Limburg. Deze mogelijkheden en de impact op de waterlopen moeten geval per geval nagegaan in een ecohydrologische studie en kunnen niet op de schaal van dit rapport nagegaan worden.

- Waterlopen vertraagd laten afvloeien

Beken en rivieren voeren water af vanuit grondwater naar de Noordzee. Door de loop van rivieren te vertragen wordt eveneens de afvoer vertraagd en in sommige gevallen de bergingscapaciteit van de rivier vergroot. In praktijk betekent dit vaak (her)meanderen van waterlopen of de stroom vertragen met vb. dood hout, en verbetert dit eveneens de natuurlijke toestand van de waterloop. Sommige vegetaties, zoals riet, (laag)veen- en moerasvegetaties kunnen door hun begroeiing eveneens de afvoer van water vertragen en water later weer langzaam vrijgeven. Voor deze maatregelen geldt eveneens dat de kosten-baten geval per geval bestudeerd moeten worden.

- Tijdelijk onderhouden van ecodebieten en grondwaterstanden in tijden van droogte

Indien water in kanalen of oppervlaktewater gebufferd wordt van winter op zomer, kan dit water gebruikt worden om het ecodebiet of grondwaterpeil aan te vullen bij ernstige droogte. Om dit mogelijk te maken dienen er regelbare taps te zijn van het oppervlaktewater naar het te bevoelen gebied. Op korte termijn kan op die manier schade aan de gevoeligste vegetaties beperkt worden. De waterkwaliteit (met name zuurtegraad en nutriëntenbelasting) is echter eveneens belangrijk. Veel vegetaties verdragen geen eutrofiëring of wijziging van de zuurtegraad. De impact van de waterkwaliteit met name op lange termijn moet nagegaan worden.

- Monitoring grondwaterpeilen – grondwaterafhankelijke natuurwaarden

Zoals elders gedocumenteerd (paragraaf 4.4), zijn de verschillende monitoringnetwerken (grondwaterpeilmonitoring,) voor de grondwaterafhankelijke natuurwaarden in de provincie niet gebiedsdekkend, en komen de geregistreerde waterpeilen niet of nauwelijks real-time beschikbaar. Het is aan te bevelen om te onderzoeken hoe hierin best verbetering gebracht kan worden, bij voorkeur door de huidige natuurbeheerders en/of overheden, eventueel door eigen aanleg en beheer door de provincie.

6.3.2.3 Landbouw

Het werd reeds gedocumenteerd dat de maatschappelijke en bedrijfsmatige betekenis van watergift in vollegrondse teelten veelal ongekend is of onderschat (zie 4.6.2.4.1). Het is aan te bevelen dat deze betekenis duidelijker wordt onderbouwd zodat verdere objectivering mogelijk wordt van de meerwaarden die in deze sector gerealiseerd worden.

Naast de significante betekenis die water heeft in verschillende teelten van de plantaardige productie, is verdere sensibilisatie in de veeteeltsector nodig in de thematiek van negatieve of zwakke rendabiliteit van beregening in de groenvoederteelten.

- Een onmiddellijke zinvolle maatregel (reactief of proactief) is beregeningsverbod op grasland bij luchttemperatuur > 25°C.
- Het financiële rendement van beregening van grasland op lange termijn waarbij de installatie ook dient afgeschreven te worden en arbeid dient gerekend te worden, is in de meeste bedrijfsituaties en op de meeste gronden negatief. En ook in vele bedrijfsituaties dekken de kosten van beregening van maïs evenmin de financiële meeropbrengsten. Het vergunningsbeleid voor grondwaterwinningen kan het maatschappelijke rendement van beregening van grasland en maïs verregaand in rekening brengen: in de vergunningen kan in winningshoeveelheid de capaciteit voor grasland en mogelijk ook

voor maïs worden afgebouwd, tenzij het bedrijf hiervoor een omvattende verantwoording kan voorleggen.

Wanneer ecodebieten niet in het gedrang komen en indien de fyto-sanitaire voorwaarden het mogelijk maken, vormt oppervlaktewater voor landbouwdoeleinden een zeer waardevolle waterbron

- voor uitvoeren van bespuitingen
- voor irrigatie
- voor drenken van dieren
- en dit aan relatief lage kosten (dure dieptepompen worden vermeden).

Bovendien wordt door irrigatie oppervlaktewater terug in het landschap gebracht en toegevoegd aan het grondwater; niet alle beregeningswater kan worden verdampt (zie 4.6.2.4.3). Belangrijk ook is dat de energiekost bij captatie van oppervlaktewater lager kan liggen dan deze van grondwaterwinning. Captatie kan daarom uitdrukkelijk duurzamer zijn dan grondwaterwinning. Captatie onder deze voorwaarden is dan ook aan te moedigen, aan te bevelen. Anderzijds kan de waterkwaliteit dit verhinderen (blauwalgen, bruinrotverspreiding,..) en leert de analyse van het oppervlaktewatersysteem dat de bron niet steeds continu is, juist voornamelijk in droge seizoenen, wanneer captatieverbod vereist is om ecodebieten of bevaarbaarheid te handhaven.

Grondwaterwinning: de vergunningen kunnen gehandhaafd worden of uitgebreid zolang het grondwaterlichaam kwantitatief niet bedreigd wordt⁶. De nodige monitoring wordt uitgevoerd door de overheid (VMM). Het is hierbij eerder reeds uiteengezet (zie 6.2) dat gebeurtenissen m.b.t. grondwaterpeilen niet op jaarbasis kunnen worden beoordeeld maar wel op lange termijn. Captatieverbod als reactieve maatregel heeft op de bestudeerde schaal weinig effect.

De waterbehoefte voor irrigatie varieert vanzelfsprekend extreem naargelang de periode in het jaar, maar ook over de verschillende jaren heen. Een vergunde hoeveelheid in grondwaterwinning wordt in vele jaren niet gewonnen, in drogere jaren aanzienlijk overschreden. Daarom zijn volgende beleidsmaatregelen te overwegen, zoals deze ook in Frankrijk reeds in een aantal stroombekkens zijn ontwikkeld (Amigues et.al., 2006; OCED, 2015):

- De vergunde wateronttrekking voor irrigatie kan beschouwd over meerdere jaren als een voortschrijdende gemiddelde onttrekking.
- Men kan ervan uitgaan dat water een schaars productiemiddel wordt (voor alle sectoren). Er kan op termijn overwogen worden dat ook binnen de landbouw een gereguleerde markt kan ontwikkelen waar bedrijven in de droge jaren waar de rotatie op het bedrijf minder water vereist, zij een deel van de vergunde hoeveelheid kunnen doorverkopen aan bedrijven met een meer eisende rotatie in dat jaar. Hierbij dient uitdrukkelijk wel zorg voor gedragen te worden dat alle bedrijven, meer of minder kapitaalcrachtige, eenzelfde toegang krijgen tot deze transacties.

Met betrekking tot de efficiëntie van de watergift: momenteel bestaat geen enkele (zelf)controle op deze efficiëntie. Bij een berekening is een homogeen bergengingsgebeed zeer belangrijk en moeten verliezen beperkt worden:

- Een verbod op overdag beregenen met het doel verdampingsverliezen te vermijden levert slechts een zeer beperkte waterbesparing op (< 5%); dergelijk verbod is bovendien bedrijfseconomisch niet te verantwoorden – het vereist een nagenoeg verdubbeling van de capaciteit en bijgevolg van investering voor een nagenoeg zelfde rendement.
- Een hogere efficiëntie is te halen door stoppen van overhead beregenen vanaf een bepaalde hoge windsnelheid om drift (afdrijven van de neerslag) tegen te gaan. Vele bedrijfsleiders leggen daarom reeds de berekening stil bij hoge windsnelheden. De instelling van een verbod hier rond is echter moeilijk te handhaven: hoe wordt de hoge windsnelheid gedefinieerd en gemeten? Sensibilisatie is hier belangrijk.

⁶ Uiteraard blijven de voorwaarden van een milieuvergunning of een captatievergunning gelden, waarbij de pompkegel (de lokale peilverlaging door de individuele captatie) geen nadelige invloed mag uitoefenen op bv. nabijgelegen andere winningen, natuurwaarden, enz...

- Bestaande en/of oude beregeningssystemen zijn momenteel niet onderworpen aan enige kwaliteitscontrole. Men kan overwegen om een zelfcontrole op de beregeningsinstallatie te voorzien in een toepasselijk lastenboek. Een test van de installatie is immers zeer eenvoudig te ontwerpen en door de bedrijfsleider uit te voeren.
- Precisielandbouw kan aangemoedigd worden: er bestaan reeds systemen die locatiespecifiek de beregeningsdosis kunnen aanpassen.

6.3.3 Knelpunten en specifiek beleid per deelstroombekken

De maatregelen en acties in de lopende bekkenbeheerplannen (2016-2021) kunnen worden ingedeeld in 9 maatregelengroepen, waarbij elke maatregel verder geconcretiseerd wordt in waterlichaamspecifieke, gebiedsspecifieke en/of generieke acties (CIW, 2016).

1. maatregelen voor toepassing van Europese wetgeving (groep 1);
2. maatregelen voor de realisatie van het kostenterugwinningsbeginsel en het “de vervuiler-betaalt” -principe (groep 2);
3. maatregelen met betrekking tot duurzaam watergebruik (groep 3);
4. maatregelen met betrekking tot beschermde gebieden en waterrijke gebieden (groep 4A grondwater en 4B oppervlaktewater);
5. maatregelen met betrekking tot kwantiteit (groep 5A grondwater en 5B oppervlaktewater);
6. maatregelen met betrekking tot overstromingen (groep 6);
7. maatregelen met betrekking tot verontreiniging (groep 7A grondwater en groep 7B oppervlaktewater);
8. maatregelen voor andere schadelijke effecten (groep 8A hydromorfologie en groep 8B waterbodem);
9. andere maatregelen om de milieudoelstellingen te bereiken (groep 9).

Tabel 39: Overzicht van vaststellingen, knelpunten en specifiek beleid per deelstroombekken

	Vaststellingen en knelpunten	Specifiek beleid	Maatregel-groep
Abeek-Itterbeek	Drinkwaterwinning, industrie en landbouw (irrigatie) zijn grote verbruikers. Tijdens droge zomers overschrijdt de irrigatiebehoefte het aanbod. Op lange termijn is in het huidige klimaat de grondwaterbalans in evenwicht. Verstoringen van de ecodebieten in het DSB komen beperkt voor. Twee peilbuizen (SHHP024D en SHHP114A) liggen nabij de bron van de Abeek. SHHP024D werd in januari 2020 nog als extreem droog beoordeeld. Dit wijst op een bijzonder kwetsbare situatie voor de bovenloop van de Abeek en bijhorende vegetaties. 3 van de 6 peilmetingen van de Itterbeek stroomafwaarts van Zuid-	Inzetten op waterconservering in het landschap, specifiek te overwegen: uitbreiding van bevoelings met kanaalwater in perioden van hoogwater naar topografisch hoger gelegen verdroogde perimeters. Lokaal hergebruik van RWZ-effluent is te overwegen waar zij geen effect op ecodebietverstoring heeft. Het natuurgebied Smeethof is een oud ontwateringsgebied. Stuwten in de Veldhouwerbeek laten toe reactief bij te sturen in overleg met de lokale beheerder. Peilpunt lossing: SMES002X	

	Willemsvaart gaven extreme droogte aan in zomer 2018.		
Bosbeek	Tijdens de zomermaanden neemt de grondwatervraag nauwelijks toe. De grondwaterbalans in het DSB is er in evenwicht. Het ecodebiet in het DSB wordt jaarlijks gemiddeld ca. 30 dagen extreem verstoord. Veel waardevolle vegetaties in de Bosbeekvallei ten westen van de Zuid-Willemsvaart. Ten oosten van de Zuid-Willemsvaart vormen de Witbeek (, Bosbeek) en Zuid-Willemsvaart een watertoevoer voor moerasbosgebied Jagersborg (ANB)	Inzetten op waterconservering. Zeker dient nagegaan te worden in welke mate de extreme debietverstoringen alsnog inherent zijn aan de hydrografie in dit gebied. Gezien de bedreigde perimeters voornamelijk stroomopwaarts en hoger liggen dan het kanaal, kan kanaalwater kan hier niet worden aangewend voor bevoeding met uitzondering van de broekbossen bij Jagersborg beheerd door ANB.	
Demer Hasselt tot Schulen	De grondwaterbalans is niet in evenwicht (*). Winning van leidingwater en nijverheden vormen hier de grootste vraag. Tijdens de zomermaanden neemt de grondwatervraag nauwelijks toe. Verstoringen van de ecodebieten in het DSB komen regelmatig voor. De vijvercomplexen op de Roosterbeek en Heiwijerbeek houden water vast en maken watergebonden vegetatie mogelijk. Moeras en rietvegetaties mogen niet herhaaldelijk verdrogen om verlanding te voorkomen. Habitats 3110 en 3130 hebben behoefte aan beperkte droogval in de zomer.	Inzetten op waterconservering in de beekvalleien en vijvercomplexen. Specifiek inzetten op ontharding en infiltratie. RWZ-effluent kan niet elders aangewend worden zonder verdere verstoring van ecodebieten. Complex netwerk van taps en stuwen in midden-Limburgs vijvergebied beschreven en bekend bij INBO en ANB. Inplannen van natuurstreefdoelen met oog op stroomopwaarts bufferen water. Het vijvercomplex op de Zusterkloosterbeek ter hoogte van het Wik kan sterker worden ingezet om water te bufferen (?) indien impact op vegetatie en werking van tappen en sluizen beter bekend is.	
Demer opw. Hasselt	Winning van leidingwater vormt de grootste grondwatervraag. Irrigatie in landbouw doet de behoefte in droge seizoenen gevoelig toenemen. Verstoringen van de ecodebieten in het DSB komen voor.	Inzetten op waterconservering in de beekvalleien. RWZ-effluent kan niet elders aangewend worden zonder verdere verstoring van ecodebieten.	
Dommel	Winning van leidingwater vormt de grootste grondwatervraag. Irrigatie is er van mindere betekenis. Verstoringen van de ecodebieten in het DSB komen beperkt voor.	RWZ-effluent kan beperkt elders aangewend worden zonder verdere verstoring van ecodebieten. Lommel kolonie en Hageven kunnen bij droogte vanuit kanaal	

	Grondwatergevoelige natuur in de Dommelvallei, monitoring niet mogelijk vanwege onvoldoende kwalitatieve peilmetingen.	Bocholt-Herentals worden gevoed, indien dit waterverbruik te verantwoorden is.	
Grote Laak	Industrie vormt veruit de belangrijkste grondwatervraag. De grondwaterbalans is niet in evenwicht (*) Verstoringen van de ecobebieden in het DSB komen beperkt voor.	Specifiek inzetten op ontharding en infiltratie. Hergebruik van RWZ-effluent is te overwegen en verstoort de ecobebieden niet.	
Grote Nete	-	-	
Herk	Naast winning van leidingwater en industrie heeft landbouw een belangrijke waterbehoefte, zowel in veeteelt als periodisch voor irrigatie waardoor de vraag dan vergunde hoeveelheden overschrijdt. Tot extreme verstoringen van de ecobebieden in het DSB komen regelmatig voor, minder in de vallei van de Mombeek.	Inzetten op waterconservering in de beekvalleien. Specifiek inzetten op ontharding en infiltratie. RWZ-effluenten kunnen beperkt aangewend worden zonder verdere verstoring van ecobebieden. Langere opvolging van bestaande peilbuizen nodig voor monitoring (peilpunten startend met EGO)	
Jeker	Aanbod en onttrekkingen zijn relatief beperkt, doch niet in evenwicht in drogere seizoenen. Verstoringen van de ecobebieden in het DSB komen eerder beperkt voor.	Waterconservingsmaatregelen. RWZ-effluent kan beperkt aangewend worden zonder verdere verstoring van ecobebieden. Langere opvolging van bestaande peilbuizen nodig voor monitoring (peilpunten startend met KEV)	
Maas ten zuiden van Bosbeek	Verstoringen van de ecobebieden in het DSB komen niet voor. 2/4 peilpunten in Ziepebeekvallei vertonen langdurig diep wegzakkende grondwatertafel in 2018 (ZIEP016 en ZIEP061). Precair voor vegetaties zoals gagel en berkenbroekbos. Stroomdalgraslanden langs de Maas (6120) hangen af van de natuurlijke dynamiek van de Maas, met name kalkrijke grind- en zandafzettingen bij (winter)overstroming zijn essentieel.	Het Maasregime wordt bij laag water betekenisvol mede bepaald door voeding vanuit het freatische grondwaterlichaam dat hier een hoge hydraulische conductiviteit heeft. Structurele verhoging van het waterpeil in dit DSB (vanuit de Zuid-Willemsvaart) is niet aangewezen gezien de nodige peilverlagingen in het Mijnverzakkingsgebied (winning te Eisden). Project De levende Grensmaas.	
Mangelbeek	Winning van leidingwater en nijverheden vormen hier de grootste vraag. Tijdens de zomermaanden neemt de grondwatervraag nauwelijks toe. De grondwaterbalans is niet in evenwicht (*)	Specifiek inzetten op ontharding en infiltratie. RWZ-effluent kan beperkt aangewend worden zonder verdere verstoring van ecobebieden.	

	De ecodebieten in het DSB worden geregeld verstoord. Peilpunt SHHP227A aan bron van Mangelbeek en MAN zowel in 2018 als 2019 extreem verdroogd. 1/5 peilpunten in de laambeekvallei (TEU) extreem verdroogd voor lange periode.		
Melsterbeek	Verstoringen van de ecodebieten in het DSB komen zelden voor. Grondwatergebonden natuur vnl. in de benedenloop richting VI-Brabant.		
Voer	Verstoringen van de ecodebieten in het DSB komen voor.	RWZ-effluent kan aangewend worden zonder verdere verstoring van ecodebieten.	
Warmbeek	Tot extreme verstoringen van de ecodebieten in het DSB komen voor. Grondwatergebonden natuur vnl. ten noorden van kanaal Bocholt Herentals	Inzetten op waterconservering in het landschap, specifiek te overwegen: uitbreiding van bevoeiingen met kanaalwater in perioden van hoogwater naar topografisch hoger gelegen verdroogde perimeters. Langere opvolging van bestaande peilbuizen nodig voor monitoring (peilpunten startend met DOB)	
Zwart Water	Industrie vormt veruit de belangrijkste grondwatervraag. De grondwaterbalans is niet in evenwicht (*). Verstoringen van de ecodebieten in het DSB komen voor. Belangrijke grondwatergebonden natuur in Grootbeekvallei.	Specifiek inzetten op ontharding en infiltratie. Effluent van de stroomafwaarts gelegen RWZI kunnen aangewend worden zonder verdere verstoring van ecodebieten.	
Zwartebeek	Kortstondig komen beperkte tekorten voor in de grondwaterbalans waarvoor alle sectoren in wisselend belang verantwoordelijk zijn. Tot extreme verstoringen van de ecodebieten in het DSB komen voor. Belangrijke grondwatergebonden natuur in het militair domein en de Zwartebeekvallei	Specifiek inzetten op ontharding en infiltratie. RWZ-effluent kan beperkt aangewend worden zonder verdere verstoring van ecodebieten.	

7 Ontwikkeling instrumenten en afwegingskader

7.1 Niet-technische samenvatting ontwikkeling instrumenten en afwegingskader

De inventarisatie en de berekende waterbalansen worden in een aantal modules gegoten, die toelaten om tijdens het voorjaar of de zomer een zicht te krijgen op de actuele situatie qua droogte binnen de Provincie. Er zijn 3 afzonderlijke modules ontworpen; m.b.t. de grondwaterreserves, de oppervlaktewaterdynamiek, en m.b.t. de toestand van de waterpeilen voor grondwatergebonden natuurwaarden.

De grondwatermodule biedt de mogelijkheid om voor een gevraagde datum een overzicht te krijgen van de grondwaterbalans, voor heel de Provincie, of voor de grondwaterlichamen binnen een geselecteerd deelstroombekken. Verder wordt voor het huidige jaar ook een overzicht gegeven van het klimaat: het oplopende neerslagtekort wordt getoond en vergeleken met dat van voorgaande jaren. Ten slotte kan voor het huidige jaar ook gekeken worden naar de oplopende watervraag voor de verschillende sectoren. Deze informatie wordt ook ruimtelijk weergegeven via de 3D Maps applicatie van Excel, zodat de berekeningen interactief geraadpleegd kunnen worden.

Het waterbalansmodel voor de onbevaarbare oppervlakkige waterlopen is actueel gemaakt, zodat debietsvoorspellingen voor de huidige situatie en scenario-analyse uitgevoerd kunnen worden. Het is een zelfstandige applicatie die werd geschreven en gecompileerd met MATLAB. Deze module laat toe om de neerslagafstroming en de waterbalans op niveau van de Provincie te berekenen, om op een geselecteerde knoop van het waterloppennetwerk lokale neerslagafstroming en bijdrage van effluënten te berekenen, en om de toestand van alle waterlopen in het waterloppennetwerk weer te geven in een bepaalde periode, ten opzichte van een langere tijdreeks.

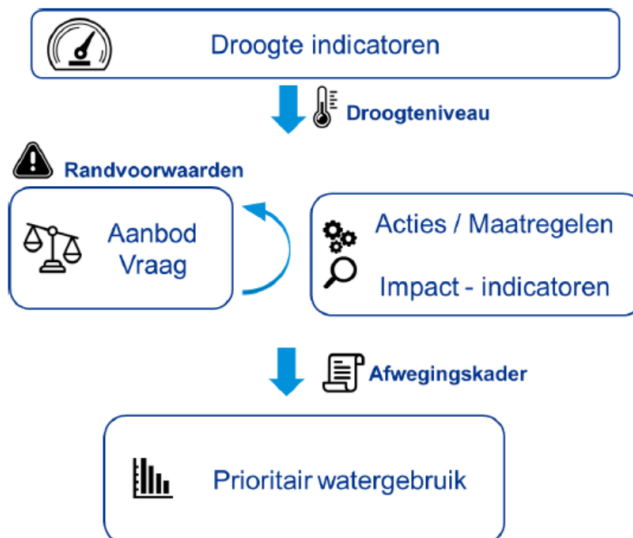
Voor de grondwatergevoelige natuur wordt een aparte module voorzien, waar op basis van actuele peilmetingen berekend en weergegeven wordt welke de toestand is binnen deze gebieden. Ook deze informatie wordt ruimtelijk weergegeven met 3D Maps.

De 3 modules laten toe om knelpunten te detecteren wanneer waterhoeveelheden niet langer in balans zijn of bepaalde waterpeilen worden bereikt. De stap naar het nemen van maatregelen vereist echter keuzes waarbij afwegingen dienen gemaakt die niet noodzakelijk objectiveerbaar zijn. Het afwegingskader hiervoor werd uitgewerkt consistent met het afwegingskader dat op Vlaams niveau ontwikkeld is (VRAG, 2021), en wordt verder toegelicht in Hoofdstuk 8 van dit rapport.

7.2 Ontwikkeling instrumenten en aanzet tot ontwikkeling afwegingskader

Het afwegingskader heeft als doel om tot een gebiedspecifieke prioritering te komen van acties en maatregelen. Dit kan zowel in een reactieve context (bij een uitzonderlijk droge periode met dreigende of effectieve waterschaarste) als in een proactieve context (lange-termijn duurzame maatregelen om de risico's bij waterschaarste te beperken). De opmaak van het reactief afwegingskader is parallel uitgevoerd met de opdracht "Uitwerking van een reactief afwegingskader voor prioritair watergebruik tijdens waterschaarste" voor de Vlaamse Overheid (VRAG, 2021). Binnen die opdracht fungeert de Provincie Limburg als een pilot case. De socio-economische en ecologische impact van de reactieve maatregelen is binnen die opdracht verder geëvalueerd als basis voor de afweging en prioritering van deze maatregelen.

Onderstaande figuur geeft een overzicht van de bouwstenen die een dergelijk afwegingskader vraagt. De bouwstenen voor "vraag en aanbod" werden tijdens de voorliggende studie voor de Provincie Limburg - als eerste Vlaamse Provincie - gedetailleerd uitgewerkt en ook een aantal acties en maatregelen werden reeds hydrologisch geëvalueerd.



Figuur 189: Bouwstenen voor de opmaak van een reactief afwegingskader

Voor het evalueren van het droogteniveau en de verhouding tussen aanbod en vraag zijn voor de Provincie Limburg drie specifieke modules ontwikkeld:

- Module grondwater
- Module onbevaarbare waterlopen
- Module grondwatergevoelige natuur

Deze modules staan toe om specifiek voor de Provincie in meer detail te kijken naar de actuele droogtetoestand in Limburg. Deze opbouw en werking van deze modules worden in dit hoofdstuk verder toegelicht. De verdere doorrekening van acties en maatregelen, impact-indicatoren en finaal de afweging van de maatregelen voor prioritair watergebruik wordt toegelicht in Hoofdstuk 8 van dit rapport. Specifiek in sectie 8.2 wordt geïllustreerd hoe de ontwikkelde modules kunnen bijdragen aan het afwegen van de reactieve maatregelen.

7.3 Ontwikkeling van de modules

7.3.1 Doelstellingen

Centrale doelstellingen die door de ontwikkeling van de modules in het instrument worden beoogd:

- Opvolgen en weergegeven van de **actuele toestand** van de watervoorraad en –behoefte, voor de verschillende waterbronnen (grondwater, onbevaarbare waterlopen,...) en sectoren:
 - voor de provincie als geheel,
 - de mogelijkheid om in te zoomen op relevante deelgebieden in de provincie, specifieke deelstroombekkens of grondwaterlichamen,
 - voor een aantal relevante waterlichamen of deelsectoren (bijvoorbeeld waterpeil van de betrokken waterlopen, watervraag voor irrigatie, ...) wordt ook een toekomstprojectie voor de komende periode (10-45 dagen) voorzien
 - gezien de thematiek wordt uitgegaan van minstens de klimatologische zomerperiode
- Identificeren van **knelpunten** (a.d.h.v. het al dan niet overschrijden van bepaalde indicatoren), en formuleren en inschatten van de gevolgen van mogelijke **beleidsmaatregelen** op de watervoorraad en –vraag, zowel voor de gehele provincie als voor relevante geografische subeenheden.

7.3.2 Inventaris en keuze van databronnen voor aansturing van de modules

Op basis van de analyse van de data en van de systeemwerking die in de voorgaande onderdelen van de opdracht werden uiteengezet, blijkt het niet mogelijk om zowel aan de aanbodzijde als aan de behoeftezijde onder een allesomvattende modelomgeving uit te werken. Concreet bleek het niet mogelijk om bv.

- voor grondwaterlichamen modellen te ontwikkelen die toelaten om *met voldoende nauwkeurigheid* beschikbare hoeveelheden te berekenen of effecten op grondwaterpeilen te voorspellen in absolute termen,
- voor grondwatergebonden natuurwaarden prognoses te ontwikkelen, bv. in functie van het lopende seizoen.

Het geheel van de modules en de uiteindelijke interface houdt hiermee rekening:

- enerzijds wordt een onderdeel ontwikkeld dat gevoed wordt door de modellen voor aanbod en behoefte op basis van een verregaande automatisatie in de data-toelevering (bv. dagelijkse meteorologische waarnemingen), en
- anderzijds worden delen gevoed door monitoringdata naargelang deze beschikbaar komen.

Hierdoor hebben sommige delen een real-time karakter, andere onderdelen hebben dit in veel mindere mate.

Het ontwikkelde instrument heeft tot doel om in reële tijd en in de toekomst, in het bijzonder tijdens de hydrologische zomer, de evolutie van waterbronnen en waterverbruik kunnen op te volgen, en hierop gewenste maatregelen te kunnen nemen.

De modules worden (automatisch) aangestuurd op dagbasis, door meteorologische waarnemingen van de voorgaande dagen enerzijds en anderzijds door meteorologische voorspellingen voor de komende tijd. Het doel is immers de huidige toestand te kennen in een aantal waterbalansen, en prognoses voor de komende periode. Het instrument kan (maar moet niet noodzakelijk) op elke gewenste dag geüpdatet worden door de beheerder.

In hetgeen volgt wordt opgelijst welke databronnen kunnen worden aangesproken worden voor het bekomen van data in reële tijd voor de aansturing van de modules.

Nodige data betreffen:

- Meteorologische data: waarnemingen en verwachtingen van neerslag en verdamping
- Waterpeilen: grondwaterpeilen

7.3.2.1 Meteorologie

Men kan ervan uitgaan dat de nodige meteorologische data volledig op de markt kunnen worden aangekocht. In onderstaande tabel werd getracht de data te identificeren zoals ze anderzijds ook bij verschillende

overheden kunnen worden bekomen; dit zal mogelijk maar niet steeds een lagere kost of andere dienstverlening betekenen.

Gezien de gewenste opvolging en actualisaties, wordt bij voorkeur voorzien dat meteorologische parameters dagelijks kunnen worden gecommuniceerd en verwerkt.

Tabel 40: Databronnen van de meteorologische parameters ten behoeve van de modules in het instrument

	Leverancier	Methode, bron, en toelichtingen	Kosten
WAARNEMINGEN			
Neerslag	Waterinfo, VMM (o)	Bij voorkeur ref. stations (<u>pluviometrie</u>) t.o.v. interpolatie - via protocol (BDB) voor automatisch inlezen voor de gekozen deelbekkens	0
Referentieverdamping (ETO)	KMI (o)	<u>Bultot</u> - (provinciaal of) Ukkel - evenredigheidscoëfficiënt met Penman-Monteith-benadering is beschikbaar	x
	KMI	<u>Penman-Monteith</u> of nodige parameters met rekenmodule beschikbaar; nadeel: complexiteit ingeval van ontbrekende waarden - station te Kleine Brogel - evenredigheidscoëfficiënt met Bultot-benadering is beschikbaar	x
	Waterinfo (VMM)	<u>'Potentiële evapotranspiratie'</u> Betekenis (rekenbasis en referentiekader) t.o.v. de huidige studiebenadering vergt nog nadere informatie, onderzoek	0
WEERSVERWACHTING			
Neerslag	KMI (-BDB) (o)	<u>agromet</u> Bestaande abonnementservice (36 uren en/of) 10 dagen - 3 regio's in Limburg: vochtig Haspengouw (15), Limburgse Kempen (12), Maasland (13) - met vork (onzekerheid) - momenteel enkel grafisch: te bevragen voor beschikbaar numeriek bestand	x (€205.70 /jaar, grafisch)
	KMI	<u>ECMWF</u> - 7 dagen, medium-range - Ukkel	x
Referentieverdamping (ETO)	KMI (o)	<u>Bultot</u> - 7 dagen - te bevragen naar real-timebeschikbaarheid - evenredigheidscoëfficiënt met Penman-Monteith-benadering is beschikbaar	x
	KMI	<u>Penman-Monteith</u> of zijn parameters - 7 dagen - te bevragen naar real-timebeschikbaarheid, ofwel rekenmodule beschikbaar op basis van de parameters; nadeel: complexiteit ingeval van ontbrekende waarden - evenredigheidscoëfficiënt met Bultot-benadering is beschikbaar	x
	KMI (-BDB)	<u>agromet</u> - bestaande abonnementservice (36 uren,) 10 dagen - 3 regio's in Limburg: vochtig Haspengouw (15), Limburgse Kempen (12), Maasland (13)	x Grafisch: €205.70

		- met vork (onzekerheid) - momenteel enkel grafisch: te bevragen voor beschikbaar numeriek bestand - berekeningsmodule voor ET Penman-Monteith mogelijk, vergt nog ontwikkeling	/jaar, (2019)

M.b.t. de verschillende methodes voor berekening van de referentiegrasverdamming (ET₀, Penman-Monteith of Bultot): zie paragraaf 2.3.2.

Bij de keuzes van bronnen kan men zich laten leiden door een aantal criteria, bv.

- nauwkeurigheid, waarbij belangrijk is dat de fenomenen vnl. neerslaggestuurd zijn
- bruikbaarheid, digitale formaat, en
- mogelijkheid voor gebruiksvriendelijke invoer in de modules, bij voorkeur macrogestuurd
- maximaal bundelen en stroomlijnen van informatie:
 - betrekken van Vlaamse instanties (VMM) ofwel KMI;
 - niet via tussenkanalen (bv. BDB, KU Leuven),
- minimale kosten
- mogelijkheid van helpdeskfunctie.

Op basis van deze criteria zijn een aantal keuzes voorop geschoven, aangeduid in bovenstaande tabel met (o) bij de leverancier.

7.3.2.2 Waterpeilen in grondwaterafhankelijke natuur

Het grondwaterpeil in een selectie peilbuizen in grondwaterafhankelijke natuurgebieden wordt als invoer gebruikt om de actuele toestand in deze natuurgebieden op te volgen. De gevolgde methodiek is deze beschreven in sectie 4.4.3: voor een selectie peilbuizen die als representatief beschouwd wordt voor locaties met grondwatergevoelige natuur, en voldoende betrouwbaar is volgens de voorgaande meetreeks, wordt de grondwater-index berekend. Met deze index kan vervolgens een beoordeling van het waterpeil gemaakt worden: winterstand – voor/najaarsstand – zomers droog – ernstig verdroogd.

Tabel 41: Databronnen van waterpeilen in grondwaterafhankelijke natuur

WAARNEMINGEN			
Peilstand in water-gevoelige natuur	Watina databank (INBO)	Te stroomlijnen in overleg met INBO, ANB, BDB en UA. NOTA: deze selectie is niet gebiedsdekkend voor de provincie Limburg	0

7.4 Module grondwater

De grondwatermodule biedt de mogelijkheid om voor een gevraagde datum een overzicht te krijgen van de grondwaterbalans, voor heel de Provincie, of voor de grondwaterlichamen binnen een geselecteerd deelstroombekken. De module baseert zich op de berekeningen uit sectie 5.5 voor de 21 grondwaterlichamen binnen de provincie, die in de module verder up-to-date gebracht kunnen worden naar de actuele situatie op basis van automatisch ingelezen klimaatgegevens (neerslag en ETO). De neerslaggegevens worden ruimtelijk verdeeld ingelezen uit de relevante stations uit de database van Waterinfo. Omdat de doelstelling van deze module is om een beeld te krijgen op de evolutie van de gemiddelde grondwatertoestand op lange termijn, worden deze waterbalansen geaggregeerd voor een periode van 10 jaar.

Naast de lange termijn-grondwaterbalansen wordt verder voor het huidige jaar ook een overzicht gegeven van het klimaat: het oplopende neerslagtekort wordt getoond en vergeleken met dat van voorgaande jaren. Ten slotte kan voor het huidige jaar ook gekeken worden naar de oplopende watervraag voor de verschillende sectoren. Naast de weergave van de actuele situatie wordt ook een voorspelling van 45 dagen voorzien, op basis van een 45-dagen neerslagvoorspelling van het KMI (zie sectie 7.3.2.1) en een representatieve ETO-reeks.

Deze informatie wordt ook ruimtelijk weergegeven via de 3D Maps applicatie van Excel, waarin de resultaten van de berekeningen interactief geraadpleegd kunnen worden.

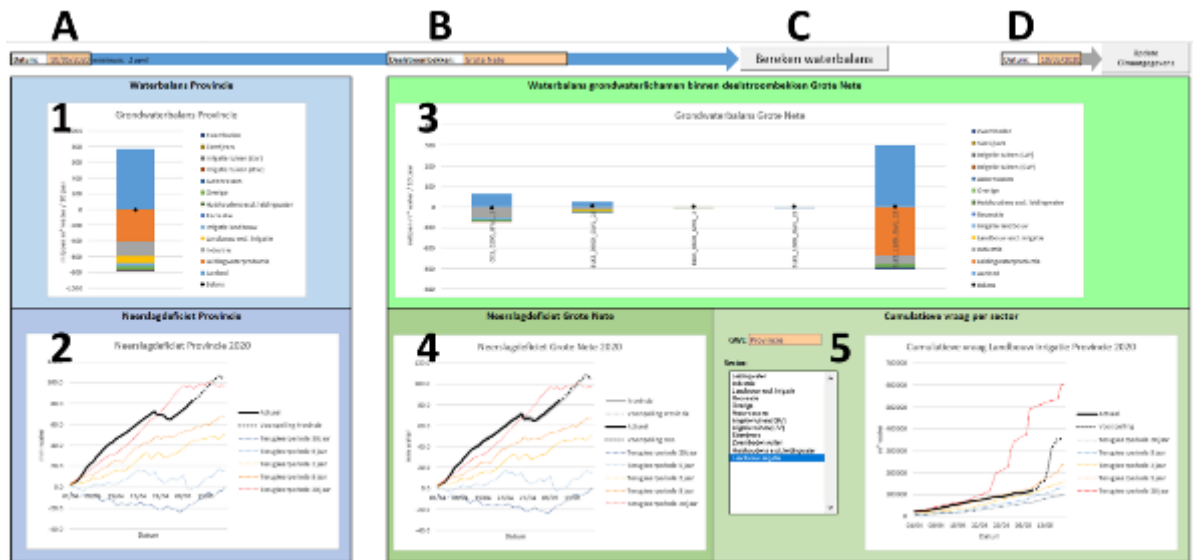
7.4.1 Installatie en opstarten

De grondwatermodule wordt opgebouwd als een Excel-spreadsheet (vereiste versie: 2016 of recenter). Het voordeel hiervan is dat dit een laagdrempelige toepassing is, met grote transparantie, zodat tussentijdse resultaten van de berekeningen ook zichtbaar zijn voor de gebruiker. Gezien de grootte van de achterliggende database is het wel belangrijk voor vlot gebruik dat met volgende punten rekening gehouden wordt:

- Gezien de grootte en complexiteit van het achterliggende databestand wordt aangeraden om vóór opening van de module een nieuwe instantie van Excel te openen, en daar onder hoofding 'Formulas' bij 'Calculation Options' de optie 'Manual' te selecteren. Hierdoor worden formules niet meer automatisch herberekend.
- De klimaatgegevens worden met het bijgeleverde **weatherData2.bat** bestand bijgewerkt. Dit bestand haalt neerslag- en ETO-gegevens van de servers van KMI, BDB, en Waterinfo. De locatie van dit bestand moet ingegeven worden in tabblad 'Voorspellingen' in cel C6. Daarna worden de voorspellingen automatisch ingelezen via de achterliggende VBA-modules.
- Na het inlezen van nieuwe klimaatgegevens is het aangeraden het Excel-bestand af te sluiten en de wijzigingen op te slaan. Hierdoor wordt de databank herberekend en worden de wijzigingen opgeslaan, dit duurt ca. 10 minuten afhankelijk van de rekenkracht van de computer. Hierna kan het bestand opnieuw geopend worden en kan vlot gewerkt worden met de aangepaste databank.

7.4.2 Aansturing module en weergave van de resultaten

De module wordt aangestuurd en de resultaten worden weergegeven in het tabblad **Dashboard** (Figuur 190).



Figuur 190: Dashboard van het grondwaterinstrument

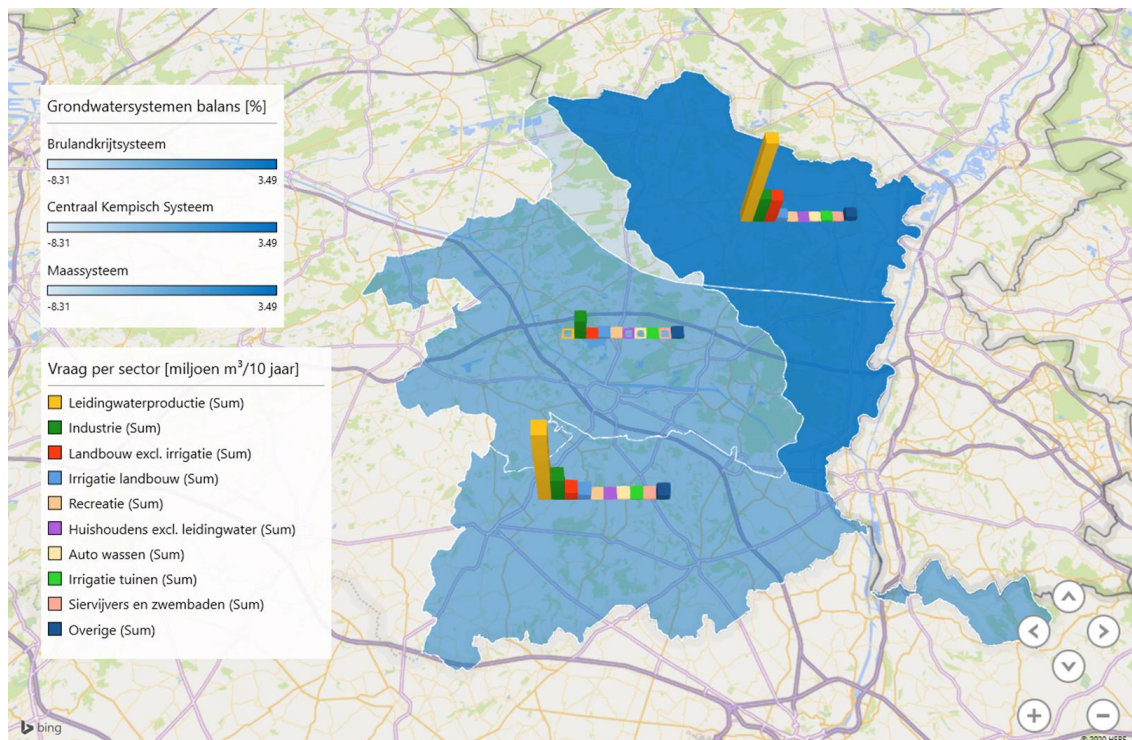
Op dit tabblad wordt volgende informatie weergegeven:

- **Waterbalans Provincie** ('1' op Figuur 190): de (grond)waterbalans voor de volledige provincie, geaggregeerd over de laatste 10 jaar
- **Neerslagdeficiet Provincie** ('2' op Figuur 190): het neerslagdeficiet voor het gevraagde jaar. De volle zwarte lijn geeft het gemeten neerslagdeficiet weer, de stippelijne geeft de voorspelling.
- **Waterbalans grondwaterlichamen binnen deelstroombekken** ('3' op Figuur 190): (grond)waterbalans van alle grondwaterlichamen die betekenisvol binnen het geselecteerde deelstroombekken liggen
- **Neerslagdeficiet deelstroombekken** ('4' op Figuur 190): neerslagdeficiet voor het gevraagde jaar, binnen het geselecteerde deelstroombekken. Ter referentie worden terugkeerperiodes weergegeven gebaseerd op de klimaatreeksen van de periode 2000-2018, en wordt het gemiddelde neerslagdeficiet van de provincie in grijs weergegeven.
- **Cumulatieve vraag per sector** ('5' op Figuur 190): na ingeven van een grondwaterlichaam en sector, wordt de cumulatieve vraag weergegeven voor het gevraagde jaar. Indien "landbouw irrigatie" geselecteerd wordt, worden ook terugkeerperiodes weergegeven gebaseerd op de periode 2000-2018.

Voor de aansturing van de module is volgende invoer mogelijk:

- **Datum** ('A' op Figuur 190): de datum waarvoor de berekeningen uitgevoerd worden
- **Deelstroombekken** ('B' op Figuur 190): het deelstroombekken waarvoor grondwaterbalansen, neerslagdeficiet en cumulatieve vraag per sector berekend worden
- Nadat zowel datum als deelstroombekken ingegeven zijn, kan de waterbalans berekend worden door op de knop **'Bereken waterbalans'** te drukken ('C' op Figuur 190)
- **Update Klimaatgegevens** ('D' op Figuur 190): Geef hier de huidige datum is, en druk op de knop 'Update Klimaatgegevens'. Vervolgens worden automatisch klimaatgegevens opgehaald en ingelezen in het instrument. Dit kan eenmalig gebeuren als er nieuwe klimaatgegevens zijn, vervolgens kunnen de balansen voor verschillende deelstroombekkens of tijdstippen berekend worden met 'Bereken waterbalans'.

Naast het grafisch weergegeven van de informatie op het dashboard wordt er ook een **ruimtelijke weergave** aangemaakt. Deze weergave maakt gebruik van de 3D Maps applicatie van Excel, en wordt geopend door binnen het Excel bestand Insert > 3D Maps > Open 3D Maps in te geven (illustratie in Figuur 191). Na het openen van de kaart moet nog eenmaal op 'Refresh Data' in de 'HOME' werkbalk gedrukt worden om up-to-date gegevens in te laden.



Figuur 191: Illustratie van de ruimtelijke weergave van de grondwaterbalans

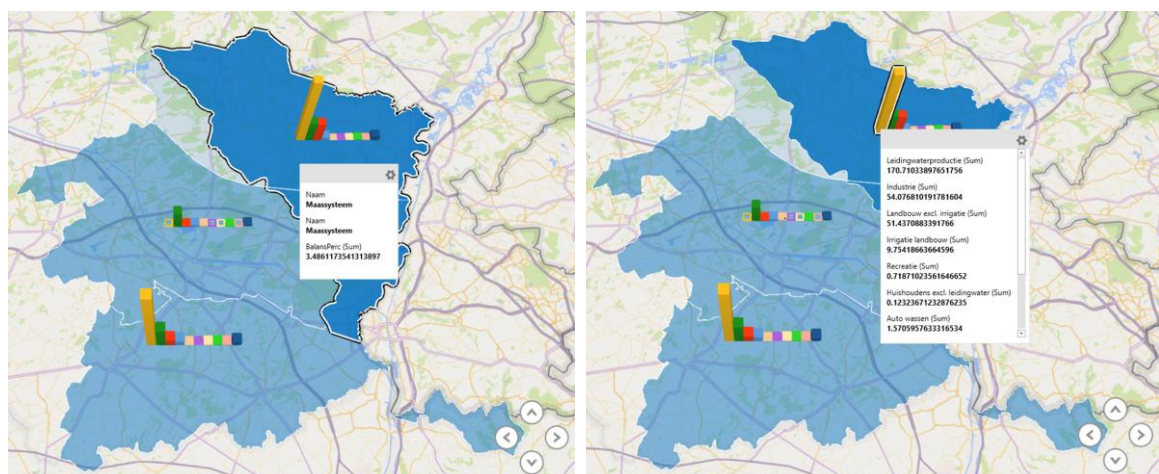
De ruimtelijke weergave bestaat uit twee kaartlagen:

- **Grondwatersystemen balans:** hier wordt de balans (als percentage van het totale aanbod van het grondwatersysteem) getoond per grondwatersysteem:

$$\text{BalansPerc} = \frac{\text{Aanbod} - \text{Vraag}}{\text{Aanbod}} * 100$$

Voor deze balans worden de resultaten van de 21 grondwaterlichamen geaggregeerd naar de 3 grote grondwatersystemen binnen de provincie Limburg: het Brulandkrijtsysteem, het Centraal Kempisch Systeem, en het Maassysteem. De oppervlaktes van elk van de 3 grondwatersystemen kunnen individueel geselecteerd worden om de naam van het grondwaterlichaam en de waarde van de balans te raadplegen (Figuur 192, links).

- **Vraag per sector [miljoen m³ water/10 jaar]:** hier wordt voor elk grondwatersysteem de watervraag voor de afgelopen 10 jaar weergegeven voor de verschillende sectoren. Ook hier kunnen de balkjes individueel aangeklikt worden om de exacte waarden te raadplegen (Figuur 192, rechts)



Figuur 192: Informatievenster dat verschijnt bij aanklikken van het grondwatersysteem (links) en de vraag per sector (rechts)

7.5 Module waterbalansmodel onbevaarbare waterlopen

Hieronder wordt beknopt beschreven hoe het opgeleverde waterbalansmodel van de onbevaarbare waterlopen kan gebruikt worden voor actualisatie van de debietsvoorspellingen en scenario-analyse. Het opgeleverde model is een op zichzelf staande toepassing van de in sectie 3.3 beschreven methode voor het inschatten van het lokaal oppervlaktewateraanbod via onbevaarbare waterlopen in de Provincie Limburg: op basis van gekalibreerde hydrologische modellen en een hoogtemodel van de provincie wordt een inschatting gemaakt van het debiet afkomstig van neerslagafstroming. Er werd bij het opstellen van het model geen gebruik gemaakt van hydrodynamische modellen, terreinmetingen of andere informatie over de ligging van waterlopen of werking van kunstwerken. Een gevolg daarvan is dat waterloopassen zoals ze in dit model voorkomen, lokaal kunnen afwijken van hun werkelijke ligging. Het is daarnaast belangrijk te beseffen dat de uitkomst van een berekening met dit model een benadering is voor het aanbod water afkomstig van neerslagafstroming in een bepaalde periode, eerder dan een nauwkeurige voorspelling van het ogenblikkelijke debiet in een waterloop, zoals bijvoorbeeld vereist voor overstromingsvoorspellingen. Naast neerslagafstroming kan men ook eenvoudig inschatten wat de lokale debieten als gevolg van lozingen van RWZI's (DWA) of industrie op de onbevaarbare waterlopen zijn.

7.5.1 Installatie en opstarten

Het model kan geïnstalleerd worden met het opgeleverde bestand *MyAppInstaller_mcr.exe*. Het is een zelfstandige applicatie die werd geschreven en gecompileerd met MATLAB, en ze vereist dan ook de installatie van de correcte versie van MATLAB Runtime (MathWorks 2020) voor uitvoering. De vereiste versie van MATLAB Runtime is daarom bijgevoegd in het installatiebestand en dient dus niet meer apart gedownload te worden. De gebruiker dient ook een geldige licentie voor Microsoft Excel te hebben geïnstalleerd. Tijdens de installatie zal de gebruiker gevraagd worden waar de applicatiebestanden mogen worden opgeslagen.

Na installatie kan de toepassing opgestart worden door te dubbelklikken op het bestand '*Waterbalansmodel_onbevaarbare_waterlopen_Limburg.exe*' in de map 'application' welke werd gegenereerd op de door de gebruiker aangegeven locatie.

7.5.2 Invoer en vereiste bestanden

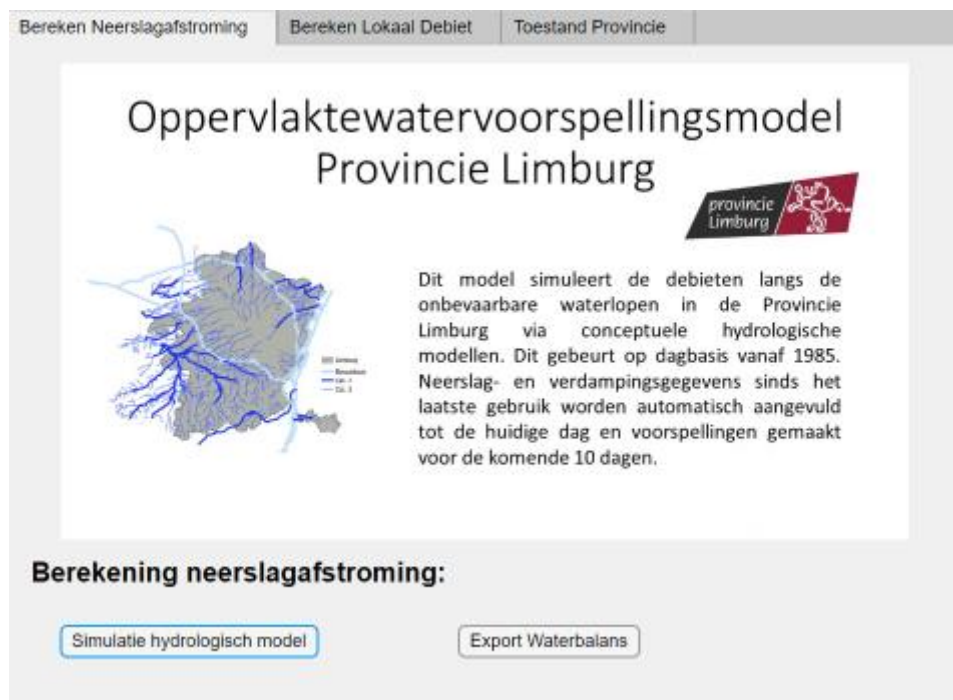
Het model vereist enkele bestanden als invoer om de simulaties uit te kunnen voeren. Dit zijn allen Excel-spreadsheets, maar ook andere types van spreadsheets kunnen gebruikt worden. Belangrijk is dat steeds dezelfde templates worden gebruikt (wat betref tabelhoofden en eenheden). Enkel de inhoud kan door de gebruiker veranderd worden, bijvoorbeeld om andere periodes te simuleren, of door lozingen toe te voegen. Voor elk van de vereiste bestanden werden daarom voorbeelden toegevoegd bij het opgeleverd model. De verschillende invoerbestanden zijn:

- Neerslag per deelstroomgebied in **mm/dag**.
- Potentiële evapotranspiratie per deelstroomgebied in **mm/dag**.
- Debieten van RWZI-effluenten per zuiveringsinstallatie, in **m³/dag**.
- Locaties van de RWZI-lozingen, als knoop van het waterloppennetwerk.
- Debieten van industriële lozingen per lozingspunt, in **m³/dag**.
- Locaties van de industriële lozingen, als knoop van het waterloppennetwerk.
- Een kalender met de overeenkomstige tijdstippen, stap van één dag.

Zolang dezelfde formaten en eenheden worden aangehouden, is de gebruiker vrij om invoerreeksen aan te passen met als doel andere periodes of alternatieve scenario's te simuleren. Toevoegen van lozingen van RWZI's of industrie kan door het verzamelen van de juiste debietreeksen. Voor het bepalen van de overeenkomstige rekenknoop, kan gebruik gemaakt worden van de 'Selecteer Knoop'-knop, zoals hieronder beschreven. 'Lozingen van RWZI's' dienen te worden opgevat als een inschatting van het geloosde afvalwater of droogweerafvoer (DWA) na zuivering. Daarnaast zal afstromend hemelwater van verharde oppervlakken die zijn aangesloten op gemengde rioleringsstelsels eveneens gesimuleerd worden, maar dit aandeel wordt reeds meegenomen in de berekening van neerslagafstroming.

7.5.3 Functionaliteit

De applicatie geeft na opstarten het volgende beginscherm weer (Figuur 193):



Figuur 193: Beginscherm van de toepassing.

De gebruiker heeft vervolgens drie tabbladen en functionaliteiten ter beschikking:

1. **Bereken Neerslagafstroming:** startscherm, simulatie van de neerslagafstroming en simulatie van de oppervlaktewaterbalans voor de onbevaarbare waterlopen op niveau van de Provincie.
2. **Berekenen lokaal debiet:** lokale neerslagafstroming en bijdrage effluënten berekenen in een door de gebruiker geselecteerde knoop van het waterloppennetwerk.
3. **Toestand Provincie:** figuren genereren die de toestand van alle waterlopen in het waterloppennetwerk weergeven in een bepaalde plotperiode, ten opzichte van de volledig ingevoerde reeks.

7.5.3.1 Berekenen neerslagafstroming

In dit startscherm dienen voorafgaand aan alle andere berekeningen eerst de namen van de verschillende invoerpaden naar de verschillende invoerbestanden te worden opgegeven. Als default waarden worden hier de namen van de overeenkomstige voorbeeldbestanden ingevuld, maar voor een correcte werking moet de gebruiker eerst de bestandslocatie op zijn PC toevoegen.

Met de knop 'Simulatie PDM' worden de beschikbare meteo-reeksen ingeladen en wordt neerslagafstroming gesimuleerd per deelstroomgebied, aan de hand van de gekalibreerde hydrologische modellen (zie eerder). Dit gebeurt voor de opgegeven periode, die vanaf 01/01/1985 gekozen kan worden. Wanneer een periode wordt opgegeven die recenter is dan de meest recente periode die eerder door de gebruiker gesimuleerd werd met het model, worden automatisch de meest recente waarnemingen van neerslag, potentiële evapotranspiratie en waterloopdebieten ingelezen vanuit de databanken van VMM (waterinfo.be) en het KNMI. Ook worden de 10-dagen voorspellingen van neerslag en potentiële evapotranspiratie automatisch ingelezen, dit vanuit de ftp-server zoals de BDB die voor deze opdracht heeft opgezet. Bij het simuleren van het model worden voor de dagen in het verleden de waarnemingen gebruikt en voor 10 dagen in de toekomst de toekomstvoorspellingen. Alle invoerbestanden dienen zich te bevinden in de folder "input". Via het bestand "settings.json" kan de gebruiker indien gewenst twee settings in het model aanpassen: "vervang_PDM_door_debietmetingen" (true of false; true is de default; bij "true" worden voor de dagen in het verleden voor de bemeten deelstroomgebieden de gemeten debieten gebruikt in plaats van de gesimuleerde debieten; bij "false" worden

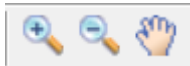
de debieten zoals gesimuleerd door het model op basis van de gegevens van neerslag en potentiële evapotranspiratie gebruikt) en "PDM_warmup_dagen" (deze bepaalt de lengte van de initiële periode die gesimuleerd wordt maar waarvan de resultaten niet getoond worden, want mogelijk minder nauwkeurig door de opwarmperiode die elk hydrologisch model nodig heeft; de defaultwaarde bedraagt 365 dagen, dus 1 jaar).

Met de knop 'Export Waterbalans' wordt een Excel-bestand gegenereerd dat per deelstroomgebied van het waterbalansmodel van de Provincie de dagdebieten neerslagafstroming, opwaartse instromen en effluënten samenvat. De eenheden van deze export zijn allen m^3/s , de individuele waarden komen overeen met de tijdstippen in de ingevoerde kalender. De eerste tijdstappen van deze simulatie moeten als onbetrouwbaar worden beschouwd, zie ook verder.

7.5.3.2 Lokaal debiet

In het tweede tabblad (Figuur 194) kan de gebruiker zelf een knoop van het waterloppennetwerk selecteren en hiervoor het lokale aanbod neerslagafstroming en effluent bepalen:

- 'Selecteer Knoop': er verschijnt een kaart (zie Figuur 195) van het grafenmodel waarin genavigeerd kan worden met de volgende knoppen:



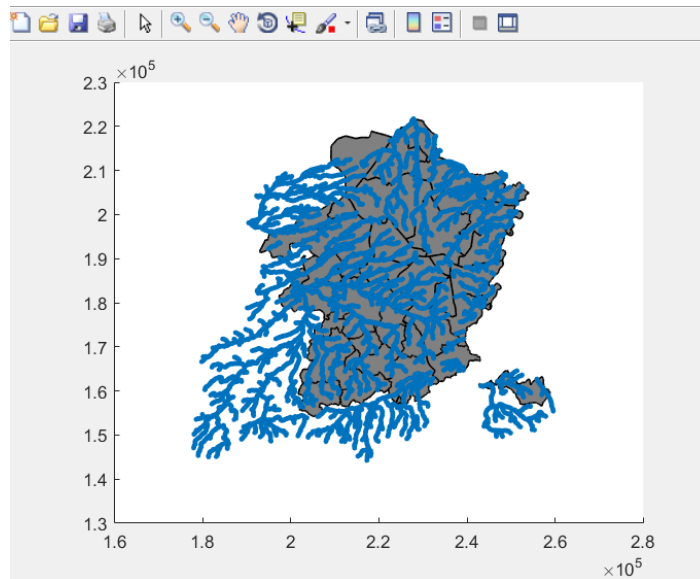
Gemeentegrenzen worden als referentie getoond op de achtergrond van de figuur. De gebruiker kan de naam van een knoop achterhalen door eerst op de volgende knop te klikken:



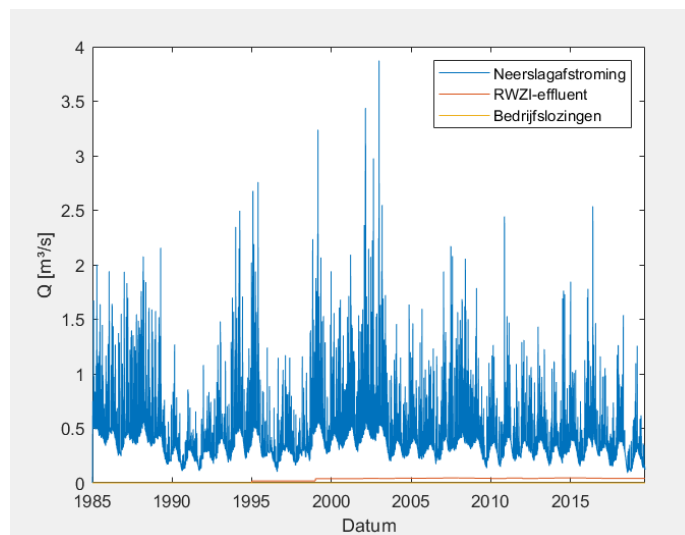
en daarna op de gewenste rekenknoop. De naam van de knoop waarvoor men de berekening wil uitvoeren, moet vervolgens in het tekstvenster worden ingegeven. Ook hier staat een standaardwaarde ingevuld als voorbeeld.

Figuur 194: Tabblad 'Berekenen lokaal debiet'.

- 'Bereken Debiet': het neerslagafstromingsdebiet en de effluentdebieten voor de ingevoerde knoop worden berekend en geplot in een figuur, bijvoorbeeld zoals in Figuur 196.
- 'Exporteren': De berekende debieten kunnen bewaard worden in een Excel-bestand. De eenheden van deze export zijn allen m^3/s , de individuele waarden komen overeen met de tijdstippen in de ingevoerde kalender.



Figuur 195: Kaart met het waterloppennetwerk voor selectie van een rekenknoop door de gebruiker.

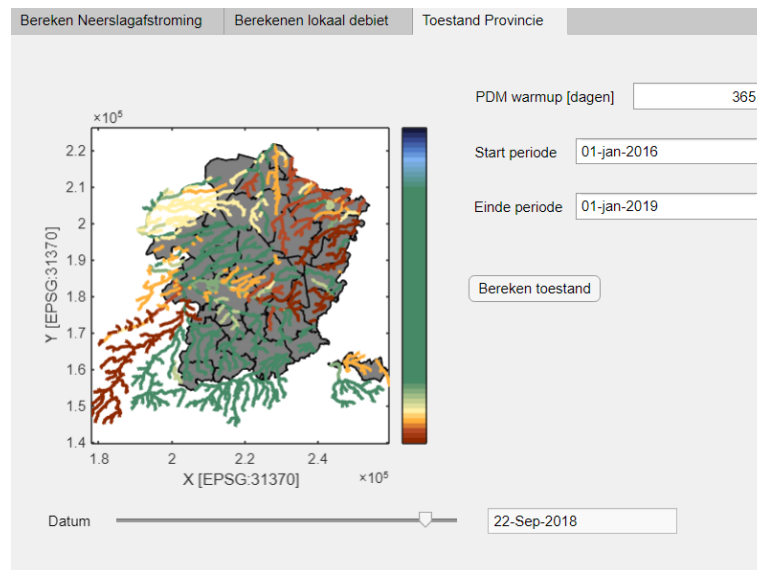


Figuur 196: Voorbeeld van een gegenereerde debietplot.

7.5.3.3 Toestand waterlopen in de provincie

In het derde tabblad kan de gebruiker een simulatie maken van de toestand van alle waterlopen in het studiegebied: per 'pand' (deel van de waterloop tussen samenvloeiingen, opwaartse of afwaartse randvoorwaarden) worden percentielen (per stap van 2%) berekend voor het debiet over de volledige ingevoerde periode, min een door de gebruiker ingevoerde 'warmup'-periode. Omdat de hydrologische modellen interne toestanden zoals bodemvocht simuleren, waarvan de initiële condities niet gekend zijn, worden de eerste rekenstappen van het model als onrealistisch beschouwd. Er wordt aangeraden om de resultaten van minstens 356 dagen vanaf de startdatum uit resultaten te weren. De gebruiker kan zelf deze periode aanpassen bij de berekening van de percentielen.

Vervolgens berekent het model voor elke dag van een geselecteerde periode, en voor elk pand, de toestand van dat pand in verhouding tot de eerder berekende percentielen, en plot het resultaat in een figuur. De start- en einddatum van deze 'plotperiode' kan zelf worden ingevoerd via 'Start periode' en 'Einde periode'. De gebruiker kan voor de kaart zelf ook van datum veranderen met de balk onder de figuur. De overeenkomstige datum wordt ernaast getoond. De kleuren komen overeen met het percentiel, in stappen van 2%. Omwille van het zeer grote aantal rekenknopen, en de grote hoeveelheid data, kan deze berekening gemakkelijk meerdere minuten duren.



Figuur 197: Tabblad 'Toestand Provincie'.

7.6 Module grondwatergebonden natuur

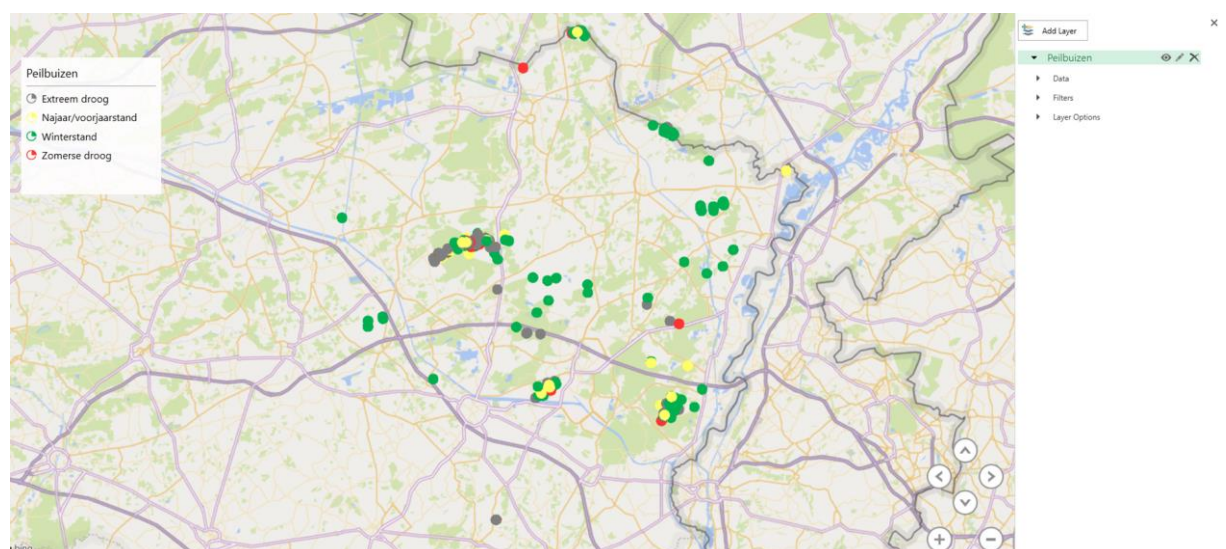
Voor grondwatergevoelige natuur werd de module 'InstrumentNatuur.xlsx' aangemaakt als Excel spreadsheet. Net zoals de grondwatermodule bestaat deze uit een aansturingstabel, en een ruimtelijke weergave via 3D Maps.

De aansturingstabel betreft het tabblad **Peilbuizen**. Hier zijn de betrouwbare en relevante peilbuizen binnen grondwatergevoelige natuurgebieden weergegeven, die geanalyseerd en opgelijst werden in de inventaris (zie sectie 4.4). Voor elke peilbuis werden volgende gegevens verzameld:

- Meting: methode waarmee de peilmeting uitgevoerd wordt (sonde, handmatig,...)
- Maaiveld: hoogteligging het maaiveld aan de peilbuis (mTAW)
- GHG_mMV: gemiddelde hoogste grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld
- GLG_mMV: gemiddeld laagste grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld
- Kwaliteit: indicatie van de betrouwbaarheid van de datareeks, kan gebruikt worden om te filteren bij de ruimtelijke weergave
- Opmerking
- Peil: hier kan door de gebruiker de meest recente peilmeting ingegeven worden
- Index: hier wordt de grondwater-index, zoals gedefinieerd in relevante sectie in het hoofddocument, berekend op basis van het ingegeven peil en de peilbuis specifieke parameters GHG en GLG.
- Beoordeling: een beoordeling van de grondwaterindex op basis van de criteria gedefinieerd in sectie 4.4:

Grondwater-index	Beoordeling	Kleurcodering
$\text{index} \geq 0.6$	Winterstand	Groen
$0.15 \leq \text{index} < 0.6$	Najaar/voorjaarsstand	Geel
$-0.15 \leq \text{index} < 0.15$	Zomers droog	Rood
$\text{index} < -0.15$	Extreem droog	Zwart

De berekening in deze module wordt vervolgens gekoppeld aan een ruimtelijke weergave in 3D Maps. Hier wordt de beoordeling voor elke peilbuis weergegeven als een puntwaarde. Peilbuizen/punten waarvoor geen informatie beschikbaar is worden gefilterd uit de kaart (deze krijgen de indeling 'Geen waarde' onder Beoordeling in de tabel). De resulterende kaartlaag is geïllustreerd voor een fictieve actuele peilstand van 29 cm onder het maaiveld in



Figuur 198: Illustratie ruimtelijke weergave van de grondwatergevoelige natuur, voor een uniforme fictieve actuele peilstand van -0.29 meter

In deze versie van de module is het vereist dat actuele peilmetingen manueel ingegeven worden. Als verdere uitbreiding van deze module kan op termijn gedacht worden aan:

- Uitbreiden van het aantal peilbuizen in de databank met gegevens uit andere bestaande meetnetten, of nog aan te leggen meetnetten (uitbreiding van Tabel 41).
- Een real-time koppeling met bestaande of toekomstige meetnetten om automatisch de meest recente peilmetingen in te lezen.

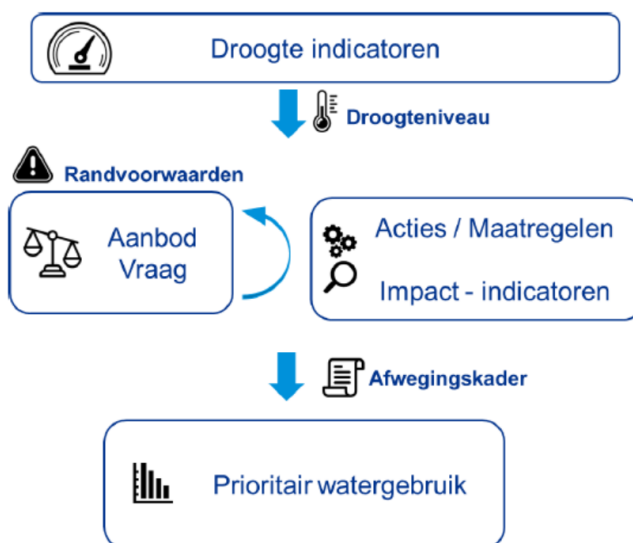
8 Reactieve maatregelen voor de Provincie Limburg

8.1 Link met Vlaams reactief afwegingskader

Gedurende de periode januari 2020 – maart 2021 werd via nauwe consultatie met de betrokken belanghebbenden een eerste versie van het Vlaams reactief afwegingskader voor prioritair watergebruik tijdens waterschaarste ontwikkeld. Het einddoel van dit afwegingskader is om tijdens periodes van extreme droogte en dreigende of effectieve waterschaarste in (delen van) Vlaanderen tot weloverwogen beslissingen te komen m.b.t. de maatregelen om de kans op waterschaarste en de socio-economische en ecologische gevolgen ervan te beperken. De Provincie Limburg fungeerde daarbij als pilootcase.

Het afwegingskader bestaat daarbij uit volgende componenten (zie ook Figuur 199):

- ✓ **Droogte/waterschaarste-indicatoren:** Indicatoren die aangeven wanneer één of meerdere sectoren te kampen krijgen met dreigende of effectieve waterschaarste.
- ✓ **Waterbalans (wateraanbod en watervraag):** Indicatoren die op ieder ogenblik aangeven hoe groot voor verschillende Vlaamse deelgebieden het wateraanbod wordt ingeschat, bestaande uit oppervlaktewater, grondwater, regenwater en ander water (grijswater), alsook de watervraag vanuit de verschillende sectoren. Het verschil geeft een indicatie van de grootte van het watertekort.
- ✓ **Acties / maatregelen:** Een overzicht van de reactieve acties en maatregelen die genomen kunnen worden om bij dreigende waterschaarste de kans op effectieve waterschaarste te beperken, en bij effectieve waterschaarste de socio-economische en ecologische gevolgen te minimaliseren.
- ✓ **Impactindicatoren:** Indicatoren die in grootteorde en gebiedsspecifiek aangeven (i) hoe groot de kost is die gepaard gaat met de actie of maatregel, (ii) hoe sterk deze het watertekort en de bijhorende socio-economische en ecologische gevolgen vermindert, (iii) hoe deze kost en baat verdeeld is over de betrokken sectoren. Bepaalde indicatoren zijn hierbij kwantitatief, andere zijn eerder kwalitatief.
- ✓ **Principes:** Principes die voorgesteld worden om in rekening te brengen bij de afweging.
- ✓ **Beperkingen:** Beperkingen (in de studie ook “randvoorwaarden” genoemd) die voorgesteld worden als absolute prioriteit bij de afweging.
- ✓ **Afweging:** Voorstel van gebiedsspecifieke prioritering van de acties en maatregelen op basis van de real-time droogtetoestand en impactindicatoren en na toepassing van de principes en beperkingen.

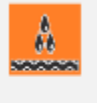
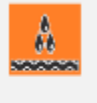
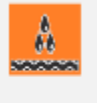
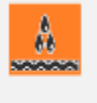
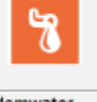
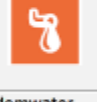
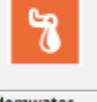
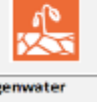
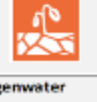


Figuur 199: Bouwstenen voor afweging van prioritair watergebruiken tijdens periodes van waterschaarste

8.2 Droogte/waterschaarste-indicatoren

De droogte/waterschaarste-indicatoren werden afgeleid door voor elk van de betrokken waterbehoefte sectoren de typen waterbronnen en waterschaarsteproblematieken te identificeren; zie het samenvattend overzicht in Figuur 200. Voor elk van deze problematieken werd een indicator geselecteerd, die in real-time en gebiedsvariabel berekend kan worden, en waarvoor drempelwaarden gedefinieerd konden worden voor volgende twee droogteniveaus:

- **Droogteniveau 1:** Het watersysteem komt mogelijk onder druk met gevaar op waterschaarste voor één of meerdere sectoren en/of met gevaar aan het watersysteem indien geen voorzorgsmaatregelen worden genomen. Dit niveau komt overeen met de fase “alarm”.
- **Droogteniveau 2:** Het watersysteem bereikt een kritiek niveau, waarbij er zich effectief waterschaarste voordoet voor één of meerdere sectoren. Dit niveau komt overeen met de fase “crisis”.

		Sector/deelsector/doelgroep							
		Drinkwatermaatschappijen	Huishoudens, handelaars, o	Scheepvaart (beroepsvaart,	Industrie	Land- en tuinbouw - Akkerb	Landbouw - Veeteelt	Recreatie	Natuur/Ecologie
Typen waterbronnen									
Typen problematieken/deelproblematieken									
Oppervlaktewater									
Waterlopen: Alle									
Waterlopen: Bevaarbare en kanalen									
Waterlopen: Onbevaarbare									
Waterlopen: Polders									
Stilstaande wateren: putten, vijvers, poelen, ...									
Zwemwateren, visvijvers, andere wateren voor recreatief gebruik									
Bufferbekkens									
	Laag debiet of waterstand								
	Onvoldoende waterinnamemogelijkheid	X	x		X	X	X	X	X
	Aangetaste aquatische ecologische toestand								X
	Uitgedroogde valleigronden door laag water								X
	Onvoldoende diepgang scheepvaart			X					
	Stabiliteit van dijken in gevaar bij lage waters			X	X	X	X	X	X
	Internationale verdragen (met NL)	X		X	X	X	X	X	X
	Slechte fysico-chemische waterkwaliteit	X			X	X	x	X	X
	Hoog zoutgehalte	X			X	X	X	X	X
	Hoge watertemperatuur	x			X				x
	Slechte biologische waterkwaliteit								
	Aanwezigheid van blauwalgen	x			X	X	x	X	x
Grondwater									
Freatisch grondwater									
Gespannen grondwater									
	Laag grondwaterstand								
	Onvoldoende onttrekkingsmogelijkheid (ev.	X	X		X	X	X	X	X
	Verdroogde ondergrond in kwetsbare natuu								X
	Mineralisatie van veenbodems of andere ko								X
	Stabiliteit van gebouwen in gevaar bij uitgad		X		X				
	Slechte fysico-chemische waterkwaliteit	X	X		X	X	X	(x)	
	Hoog zoutgehalte	X	X		x	X	X	x	
Leidingwater									
	Drinkwaterproductietekort		X		X	X	X	X	
	Leegstand spaarbekkens drinkwatermaatsch	X							
	Hoog drinkwatergebruik	X							
	Onvoldoende capaciteit voor aankoop	X							
	Lek in drinkwaterleidingnetwerk	X							
Bodemwater									
	Laag bodemvochtgehalte								
	Aantasting vegetatie					X	x		X
	Productieverlies gewassen						x	X	
	Dor gras (bv. gazon)		X						
Regenwater									
Leegstand hemelwaterputten en -bekkens		x	X		X	X	X	X	
Grijswater - effluentwater									
Onvoldoende beschikbaarheid aan kwaliteitsvol effluent		x			X	X		X	

Figuur 200: Overzicht van waterbronnen en waterschaarsteproblematieken voor elk van de hoofdsectoren.

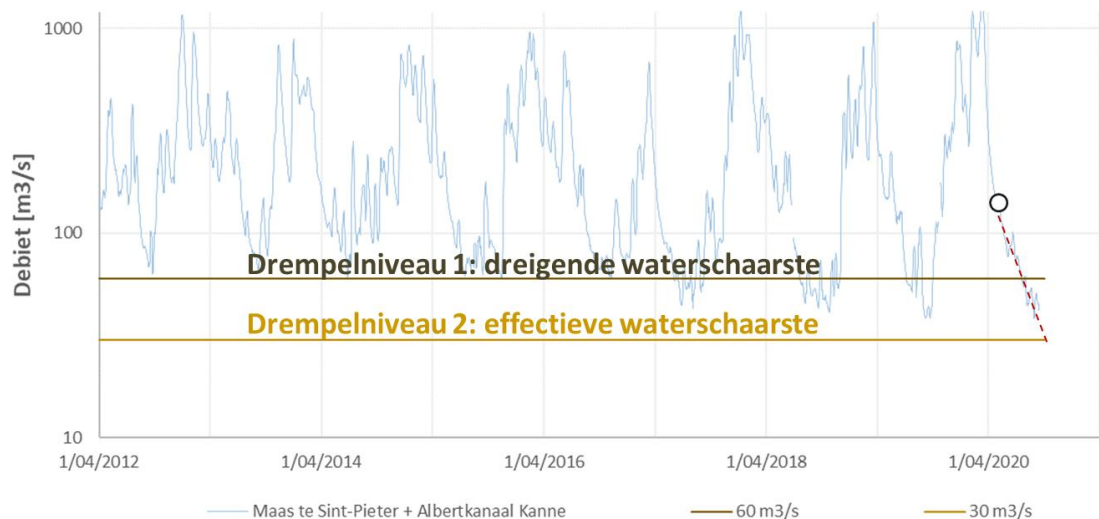
Uit deze long-list van deze droogte/waterschaarste-indicatoren werd een short-list geselecteerd bestaande uit volgende indicatoren:

- Meteorologische droogte-indicatoren:
 - ✓ Standardised Precipitation Index & Standardised Precipitation Evapotranspiration Index
 - ✓ Doorlopend potentieel neerslagtekort
- Hydrologische waterschaarste-indicatoren:
 - ✓ Waterloopdebieten
 - ✓ Waterpeilen waterlopen en kanalen
 - ✓ Bodemvochtgehaltes
 - ✓ Freatische grondwaterstanden
- Waterkwaliteitsgerelateerde waterschaarste-indicatoren:
 - ✓ (Waterkwaliteit waterlopen, ter hoogte van innamepunten)
 - ✓ Zoutgehalte waterlopen
 - ✓ Waterkwaliteit recreatiewateren
 - ✓ Proliferatie van blauwalgen
 - ✓ Watertemperatuur: ter hoogte van innamepunten koelwater elektriciteitscentrales
- Ruwwaterbeschikbaarheidsindicatoren drinkwatersector
- Vullingsgraad hemelwaterputten

Er werd een dashboard opgebouwd, geïmplementeerd in Power BI, waarvoor deze indicatoren in real-time weergegeven worden samen met de drempelwaarden. In het dashboard wordt ook aangegeven waar en wanneer de drempelwaarden onder- of overschreden worden, dus wanneer drempelniveau 1 of 2 bereikt wordt. Dit dashboard staat ook ter beschikking van de Provincie Limburg.

De real-time waarden van de indicatoren worden afgeleid uit de real-time beschikbare waarnemingen of een berekening gebruik makend van zulke waarnemingen. Voor de meteorologische droogte-indicatoren, het bodemvochtgehalte en de vullingsgraad van de hemelwaterputten zijn deze waarnemingen de dagmetingen van neerslag en potentiële evapotranspiratie beschikbaar op waterinfo.be. Voor de waterloopdebieten en -waterpeilen zijn dat de dagmetingen ter hoogte van de hydrometrische stations langs de bevaarbare en onbevaarbare waterlopen. Voor de freatische grondwaterstanden zijn dat de grondwaterstandsmetingen, beschikbaar op Databank Ondergrond Vlaanderen. Voor de waterkwaliteitsgerelateerde waterschaarste-indicatoren zijn dat de waterkwaliteitsmetingen van de VMM en het HIC, de meldingen bij het centraal online meldpunt voor blauwalgenbloeien, en de meldingen en waarschuwingen via de geëigende procedure voor de erkende zwem- en recreatievijvers. De ruwwaterbeschikbaarheidsindicatoren voor de drinkwatersector worden bepaald o.b.v. een aantal onderliggende waarnemingen en dit per bevoorradingsgebied van drinkwater.

Figuur 201 toont een voorbeeld van de twee drempelwaarden voor het onverdeelde Maasdebiet; deze zijn indicatief voor dreigende en effectieve waterschaarste langs het Albertkanaal en Kempische kanalen.



Figuur 201: Voorbeeld van de twee drempelwaarden voor het onverdeelde Maasdebiet; deze zijn indicatief voor dreigende en effectieve waterschaarste langs het Albertkanaal en Kempische kanalen.

De droogte/waterschaarste-indicatoren en de bijhorende drempelwaarden laten toe om in real time en gebiedsvariabel een objectief beeld te bekomen van de droogte- en waterschaarstetoestand, dus te beslissen vanaf wanneer en waar maatregelen overwogen kunnen worden om hetzij anticiperend op dreigende waterschaarste de kans op effectieve waterschaarste zo veel als mogelijk te beperken (d.i. bij bereiken van droogtetoestand 1), hetzij te prioriteren in het beschikbare water in geval van effectieve waterschaarste (d.i. bij droogtetoestand 2). Omdat het verband tussen over- of onderschrijding van de drempelwaarden en het effectief voorkomen van waterschaarste niet helemaal eenduidig is, blijft expertinterpretatie van de indicatorencijfers nodig, aangevuld met lokale terreinkennis, om te beslissen of, waar en wanneer eerste maatregelen best toegepast worden.

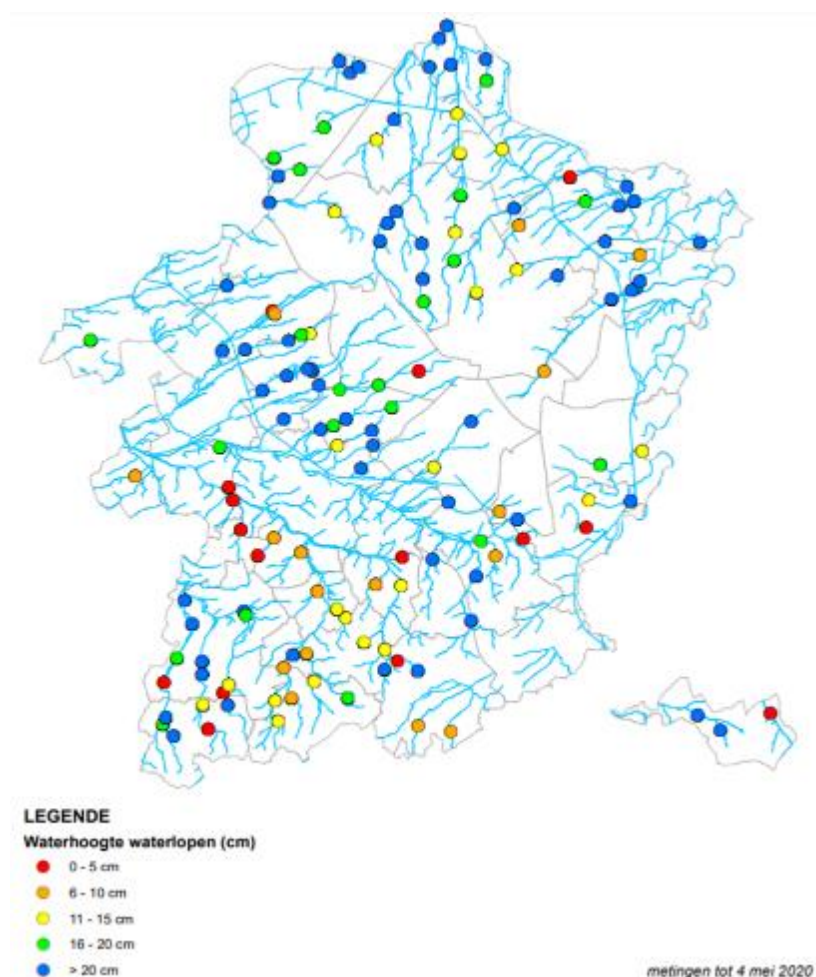
Voor de Provincie Limburg kunnen de Vlaamse indicatoren door de Provincie verder aangevuld worden met de waterpeilmetingen van het droogteteetnet van de Provincie en met de voorspellingen die voor de Provincie beschikbaar zijn o.b.v. de instrumenten die binnen deze studie werden ontwikkeld. Hierna worden deze bijkomende indicatoren waarover de Provincie Limburg beschikt verder toegelicht, met verwijzing naar de eerdere delen van dit rapport voor de details.

De waterpeilmetingen van het droogteteetnet van de Provincie

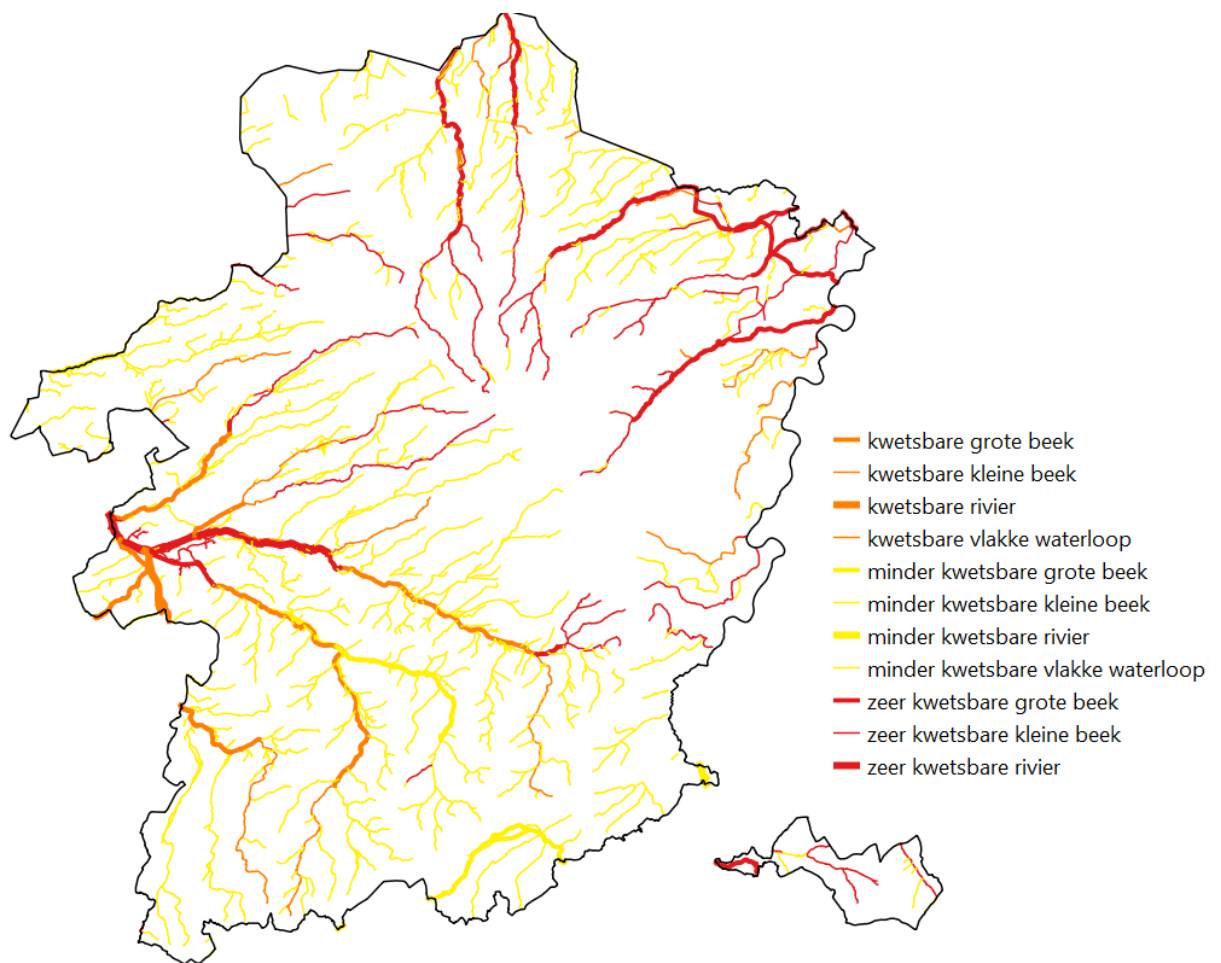
De Provincie heeft sinds de zomer van 2020 een eigen droogteteetnet met waterpeilmetingen beschikbaar. De locaties van deze staan weergegeven in Figuur 202, samen met de voorbeeldwaarnemingen voor 4 mei 2020. Deze waterpeilindicatoren kunnen aanvullend aan de debiet- en waterpeilwaarnemingen van VMM en HIC gebruikt worden. Dezelfde drempelwaarden als afgeleid voor de waterpeilen in het Vlaamse reactief afwegingskader kunnen hierbij gebruikt worden: 90- en 95-percentielwaarden voor droogteniveaus 1 en 2, behalve wanneer de grenswaarden van Tabel 42 gehaald worden. De grenswaarden in Tabel 42 zijn gedefinieerd i.f.v. de typologie en de graad van ecologische kwetsbaarheid van de waterloop. Figuur 203 toont de ruimtelijke afbakening van de ecologisch zeer kwetsbare, kwetsbare en andere onbevaarbare waterlopen voor de Provincie. Voor de ecologisch zeer kwetsbare kleine bekken incl. bronbeken, waarvoor geen drempelwaarde vermeld staat in Tabel 42, wordt voorgesteld om een permanent captatieverbod op te leggen.

Tabel 42. Voorstel van grenswaarden voor de waterdiepte langs de onbevaarbare waterlopen en dit i.f.v. de typologie van de waterloop en de graad van ecologische kwetsbaarheid.

Typologie	Ecologisch kwetsbaar	zeer	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



Figuur 202: Locaties van de waterpeilmetingen in het droogtemeetnet van de Provincie Limburg.

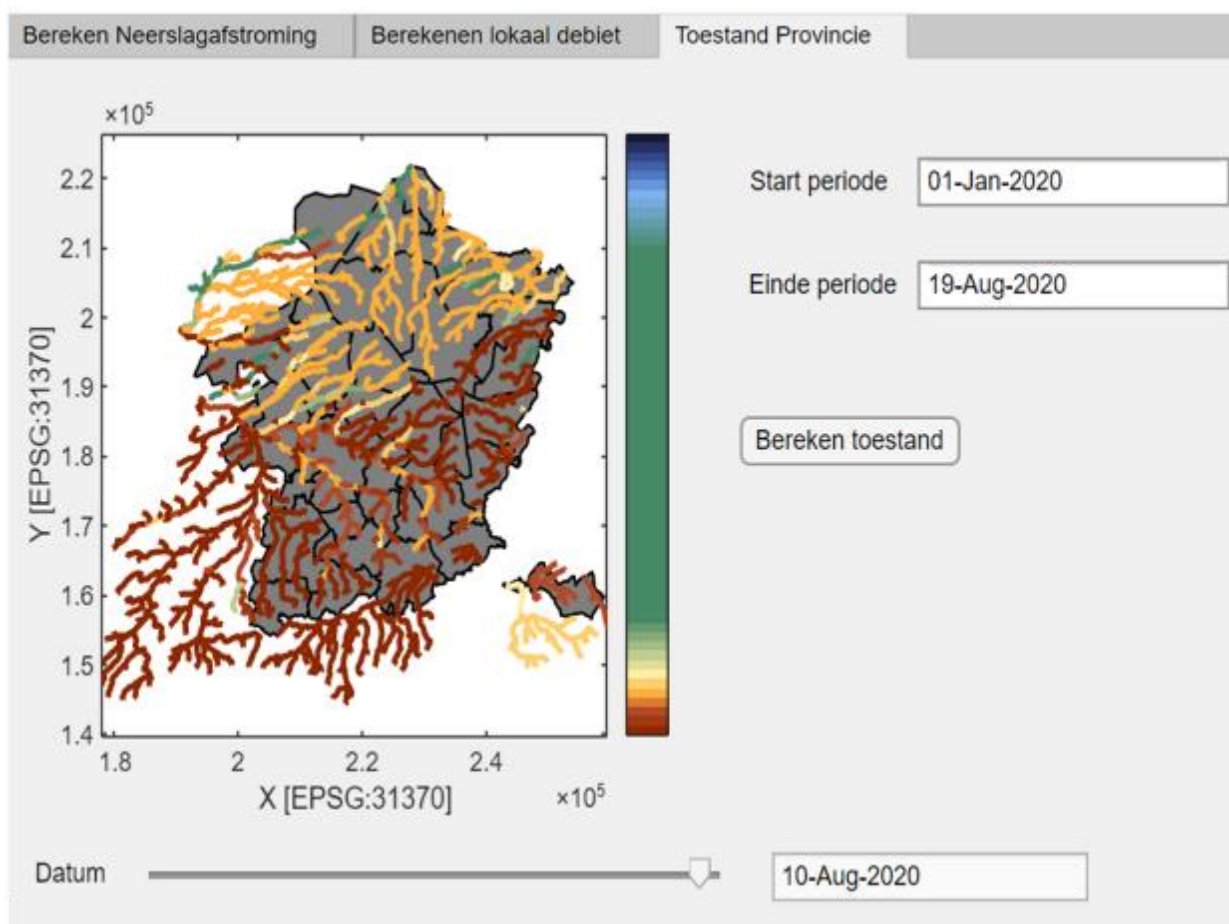


Figuur 203: Typologieën van onbevaarbare waterlopen m.b.t. ecologische kwetsbaarheid in Vlaanderen

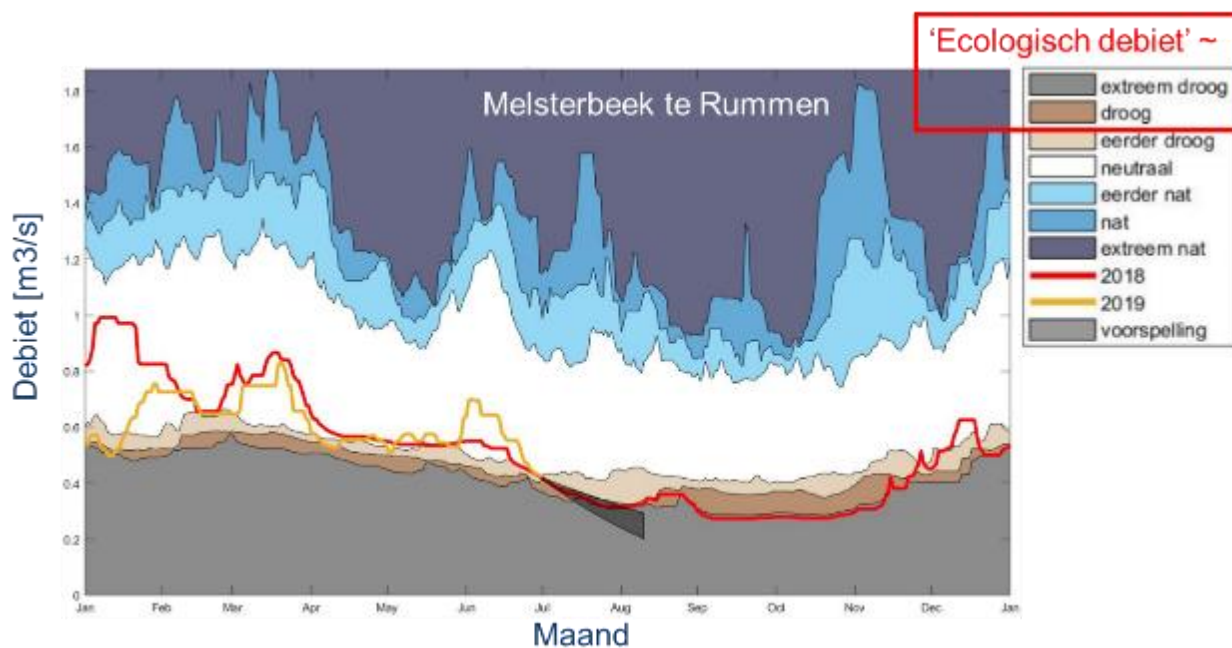
Het oppervlaktewatervoorspellingsmodel voor de Provincie

De Vlaamse waterschaarste-indicatoren voor waterloopdebieten zijn gebaseerd op het debietmeetnet van VMM en HIC. Voor de Provincie Limburg kunnen die aangevuld worden met de resultaten van het oppervlaktewatermodel en -voorspellingsmodel ontwikkeld binnen de voorliggende opdracht. Deze laten toe om ook op de onbemeten locaties informatie te bekomen van de debiettoestand en voorspellingen te bekomen voor de komende dagen o.b.v. de beschikbare meteorologische voorspellingen voor neerslag en verdamping.

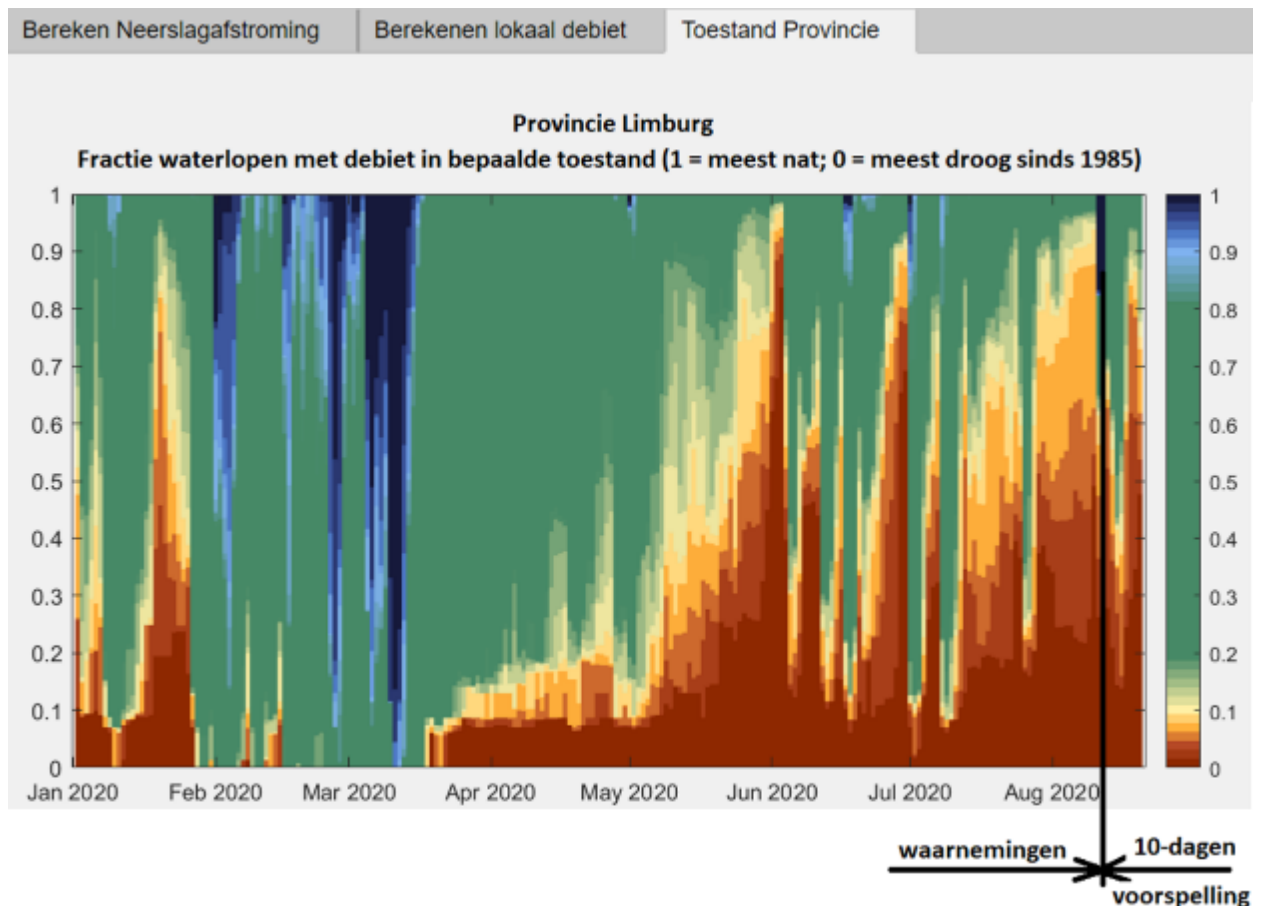
Figuur 204, Figuur 205 en Figuur 206 tonen voorbeeldresultaten van de tools die voor de Provincie Limburg werden ontwikkeld daarvoor. Figuur 204 toont een voorbeeld van de waterloopdebiettoestand voor alle onbevaarbare waterlopen in de Provincie. Binnen deze opdracht werd een tool ontwikkeld die toelaat om dergelijke toestand van de waterloopdebieten op ieder tijdstip te tonen en in real-time te updaten aan recent beschikbaar gekomen neerslag-, verdamping- en debietgegevens van VMM, HIC en Rijkswaterstaat. De tool laat ook toe om voor elke locatie langs het waterloppennetwerk de debiettoestand te evalueren via een grafiek zoals in Figuur 205 waarbij de historische en real-time gemodelleerde of waargenomen debieten worden vergeleken met de lange-termijn debietstatistieken. Dit kan ook voor de voorspelde waarden voor de komende dagen. De tool geeft ook een samenvattende grafiek van de debiettoestand voor alle gemodelleerde onbevaarbare waterlooplocaties in de Provincie; zie voorbeeld in Figuur 206.



Figuur 204: Voorbeeld van ruimtelijk variabele toestand van de waterlopendebieten voor de onbevaarbare waterlopen in de Provincie Limburg (de kleuren geven de laagwaterdebiettoestand weer); voorbeeld voor 10 augustus 2020.



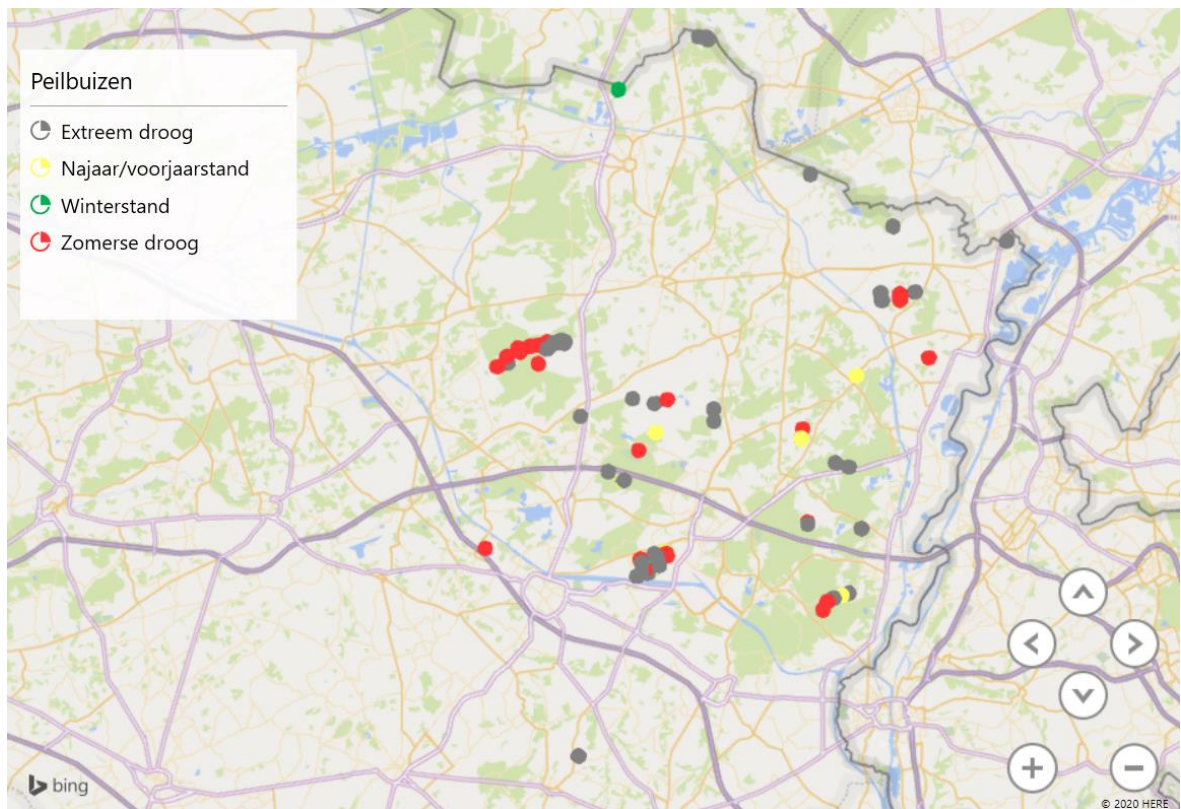
Figuur 205: Voorbeeldresultaat van de real-time voorspelling van het debiet langs de Melsterbeek te Rummen en vergelijking met langetermijnstatistieken; voorbeeld voor begin juli 2019.



Figuur 206: Voorbeeldresultaat van de debiettoestand voor alle locaties langs de onbevaarbare waterlopen in de Provincie Limburg: historisch dag per dag voor de historische periode en voorspelling voor de komende 10 dagen; voorbeeld voor 10 augustus 2020.

De freatische grondwaterstandindicatoren voor de kwetsbare natuurgebieden

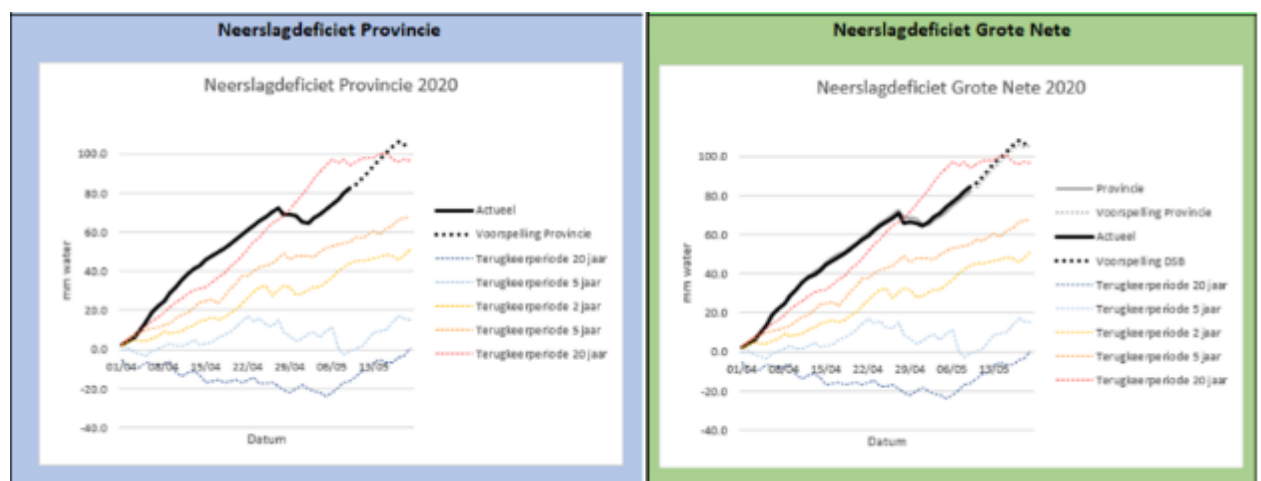
De Vlaamse waterschaarste-indicatoren voor freatische grondwaterstanden langs kwetsbare natuurgebieden zijn gebaseerd op de DOV relatieve freatische grondwaterstandsindicator en dit voor de DOV-meetputten in de buurt van de GWATES (Grondwaterafhankelijke Terrestrische Ecosystemen) gebieden die het INBO gebruikt met 5 klassen van grondwaterafhankelijke habitats. Binnen deze opdracht voor de Provincie Limburg werden meer gedetailleerd representatieve peilbuizen voor watergebonden natuur geïdentificeerd, bestaande uit 99 peilbuizen waarvan 82 met sondes worden opgevolgd. Ook werden binnen deze opdracht meer specifieke drempelwaarden gedefinieerd; zie voorbeeld in Figuur 207.



Figuur 207: Voorbeeld van droogtetoestand o.b.v. representatieve peilbuizen van freatische grondwaterstand voor kwetsbare natuurgebieden in de Provincie Limburg, voor augustus 2018.

Neerslagdeficiet

Als onderdeel van de grondwatertool ontwikkeld binnen deze opdracht wordt het neerslagdeficiet berekend voor de ganse Provincie en ook voor elk deelstroomgebied afzonderlijk, samen met de toekomstvoorspellingen. Deze voorspelling geeft aanvullende informatie t.o.v. de cumulatieve neerslagtekortindicator die in het Vlaamse reactief afwegingskader als droogteindicator gebruikt wordt.



Figuur 208: Voorbeeld van neerslagdeficiet voor de ganse Provincie (links) en voor stroomgebied van de Grote Nete (rechts) samen met de toekomstvoorspelling, berekend in de grondwatertool.

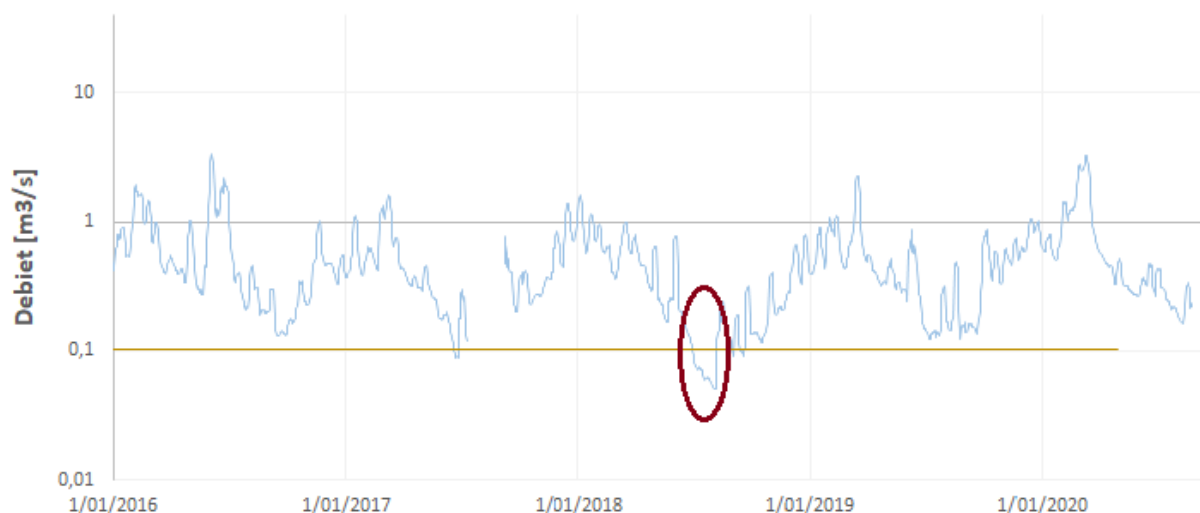
8.3 Waterbalans (wateraanbod en watervraag)

Per deelstroomgebied en waterlooplocatie werd via de tools ontwikkeld binnen deze opdracht op dagschaal voor de periode 2000-2019 zowel het wateraanbod als de watervraag of waterbehoefte in kaart gebracht op basis van de beschikbare informatie. Het wateraanbod bestaat hierbij uit oppervlaktewater, grondwater, regenwater, leidingwater en ander water (grijswater). De watervraag werd ingeschat voor de volgende hoofdsectoren: industrie, scheepvaart, landbouw, huishoudens, natuur.

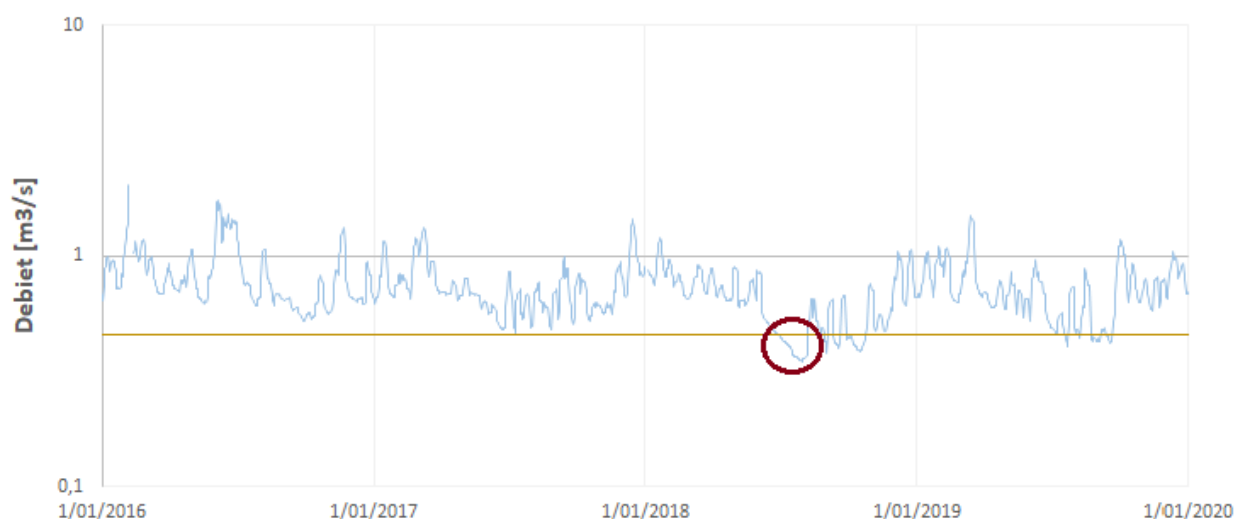
De watervraag werd gebaseerd op de cijfers van de heffingen, de vergunningen voor watercaptaties en lozing van afvalwater (beschikbaar voor bedrijven met een klasse 1 en 2 activiteit), de rapportering i.k.v. het integraal milieujaarverslag (IMJV) voor de Vlaamse bedrijven die conform VLAREM vergunningsplichtig zijn als klasse 1 of 2 én boven de drempelwaarde emitteren, en de rapportering van de bedrijfslozingen (emissie-rapportering) voor bedrijven met een continue debietsregistratie opgelegd via vergunning i.k.v. het zelfcontroleprogramma en de bedrijven opgenomen in het jaarprogramma van het meetnet afvalwater van de VMM. Voor de sector industrie zijn daarbij de grootste watergebruikers gekend. Er werd daarbij rekening gehouden met het verschil tussen het totaal watergebruik en het netto waterverbruik (d.i. het gebruik min de lozing). Enkel langs de onbevaarbare waterlopen zijn de niet-vergunde captaties niet gekend; deze zijn dus onderschat in de huidige waterbalans. Via een nieuw uitvoeringsbesluit zal dat in de toekomst anders zijn, wat een correctie toelaat van dit deel van de balans. Voor de industrie werd verder onderscheid gemaakt tussen de verschillende bedrijfssectoren via de NACE-codes, waardoor de totale watervraag vanuit die sector verder opgedeeld kon worden in de watervraag voor de verschillende deelsectoren. Voor de landbouwsector werd de waterbehoefte voor irrigatie, gezien het belang ervan tijdens droogteperiodes, afzonderlijk ingeschat. Een deel daarvan dekt de ongekende captaties uit de onbevaarbare waterlopen. Dit laatste gebeurde via een model dat rekening houdt met de ruimtelijke verschillen in bodemtype en teelttypen. Voor natuur werd de watervraag beperkt tot de inname van oppervlaktewater ter bevoeiing van natuurgebieden en de minimale ecologische debieten langs waterlopen; de opname van bodemwater door natuurlijke vegetatie werd niet afzonderlijk als watervraag gekwantificeerd maar als intrinsiek onderdeel beschouwd van de natuurlijke hydrologische processen in elk stroomgebied. Voor de scheepvaart werd de watervraag ingeschat via gegevens over de scheepvaarttrafiek en de schuttingsverliezen.

Het **aanbod** aan oppervlaktewater werd gebaseerd op debietmetingen gecombineerd met beschikbare hydrologische modellen. Het aanbod aan grondwater werd beperkt tot de huidige vergunde volumes, uitgaande van het principe dat de vergunningsverlener de toegelaten onttrekkingen beperkt tot deze die een evenwicht garanderen tussen grondwateronttrekking en -voeding. Het aanbod aan ander water is gebaseerd op de gegevens over de lozingen door bedrijven en de daggegevens van debieten geloosd door de rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's). Het aanbod aan regenwater werd gebaseerd op een inschatting die een modelberekening op basis van gegevens over de rioleringsstelsels combineert met het deel regenweerdebieten dat toekomt aan de RWZI's.

Het **verschil tussen het wateraanbod en de watervraag** geeft een indicatie van de grootte van het watertekort. Dit werd in deze opdracht berekend door gebruik te maken van de dynamische waterbalans ontwikkeld binnen deze opdracht. De resultaten werden consistent met de aanpak voor het Vlaams reactief afwegingskader enerzijds jaargemiddeld berekend voor de periode 2005-2019 (als referentie) en anderzijds voor een voorbeelddroogteperiode. De periode 4 juli – 9 augustus 2018 werd hierbij als voorbeelddroogteperiode gekozen omdat deze voor een groot aantal locaties in de Provincie één van de meest extreme hydrologische droogtegevolgen kende tijdens de afgelopen 4 droge zomers. Figuur 209 toont o.b.v. het debiet langs de Demer te Bilzen dat het 95-percentieldebiet er gedurende de afgelopen droge zomers sterkst onderschreden werd in de periode van 4 juli tot 9 augustus 2018; idem voor het debiet langs de Stiemerbeek te Diepenbeek (zie Figuur 210). Het is dus een goede droogteperiode om het reactief afwegingskader voor te testen.



Figuur 209: Tijdsverloop van het 7-dagen debiet van de Demer te Bilzen, met aanduiding van de extreme laagwaterperiode in juli 2018.



Figuur 210: Tijdsverloop van het 7-dagen debiet op de Stiemerbeek te Diepenbeek, met aanduiding van de extreme laagwaterperiode in juli 2018.

Figuur 212 vat de totale waterbalans voor de Provincie Limburg samen o.b.v. de periode 2005-2019 en dit voor de verschillende deelcomponenten van wateraanbod en watervraag voor het onbevaarbare oppervlaktewatersysteem.

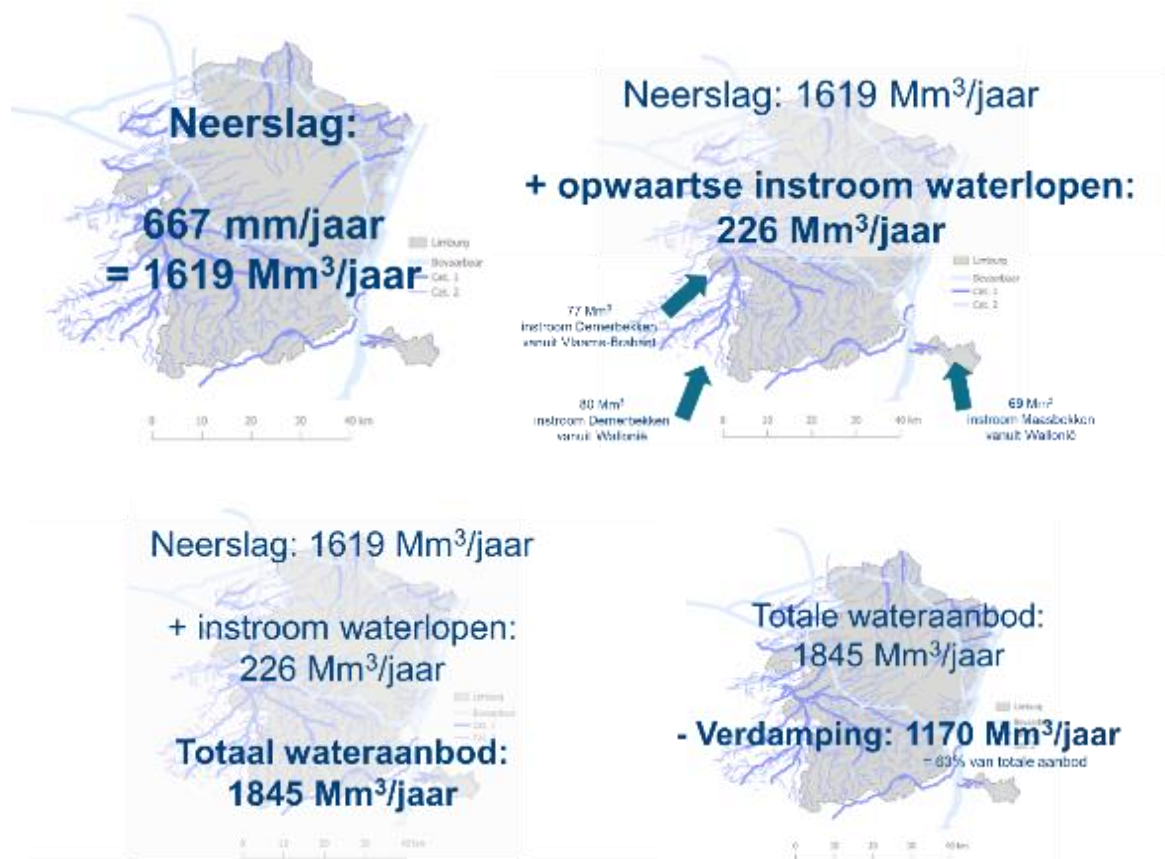
Veruit het meeste wateraanbod is afkomstig van neerslag en afstroming in de Provincie zelf. De jaarneerslag boven de Provincie bedraagt 667 mm/jaar, ofwel 1619 Mm³/jaar (Figuur 211).

De totale neerslagafstroming naar de onbevaarbare waterlopen in de Provincie bedraagt in het totaal 452 Mm³/jaar. Het grootste deel daarvan is afkomstig van traag uitstromend freatisch grondwater (274 Mm³/jaar) gevolgd door afstroming via drainage en neerslagafstroming langs de onverzadigde zone van de ondergrond, ook wel de hypodermische afstroming genoemd (112 Mm³/jaar), 86 Mm³/jaar via de riolering en 65 Mm³/jaar via andere oppervlakteafstroming, zoals via beken en grachten of rechtstreeks langs de oppervlakte zoals verharding, weilanden en akkers (Figuur 213).

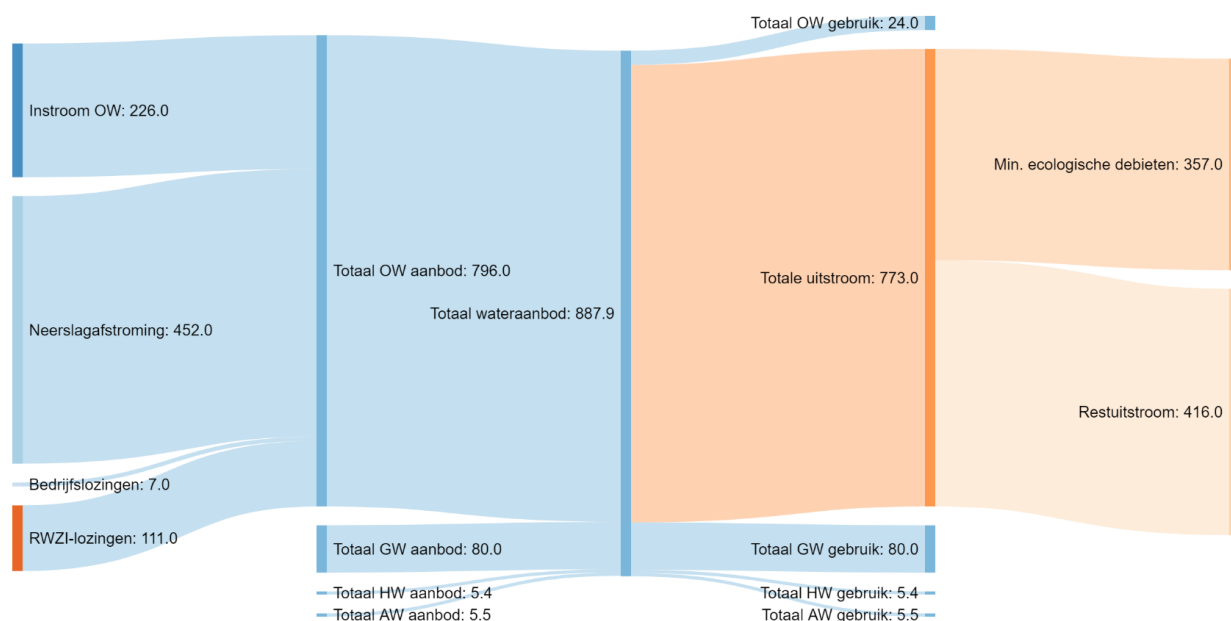
Dit wateraanbod via de totale neerslagafstroming wordt aangevuld met 226 Mm³/jaar opwaartse instroom langs waterlopen. Deze is voor 77 Mm³/jaar afkomstig van instroom vanuit Vlaams-Brabant via het Demerbekken, voor 80 Mm³/jaar vanuit Wallonië via het Demerbekken en voor 69 Mm³/jaar vanuit Wallonië via het Maasbekken (Figuur 211). Neerslag en instroom van waterlopen geven een totaal wateraanbod van 1845 Mm³/jaar (Figuur 211). 1170 Mm³/jaar hiervan verdampt, d.i. 63% van het totale wateraanbod.

Verder zijn er lozingen in het onbevaarbare oppervlaktewatersysteem voor een totaal van $118 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$, waarvan $111 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ afkomstig is van RWZI-effluentlozingen en $7 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ van bedrijfslozingen, vooral afvalwaterlozingen (Figuur 214). Dit geeft een totaal oppervlaktewateraanbod van $796 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ (Figuur 215). Aangevuld met de grondwateronttrekkingen voor $80 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$, waaronder $43 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ gebruikt voor leidingwaterproductie, de opslag en het gebruik via regenwaterputten voor $5 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ en ander water, vooral hergebruik van afvalwater, voor $6 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$, geeft dit een totaal wateraanbod van $887 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ (Figuur 215).

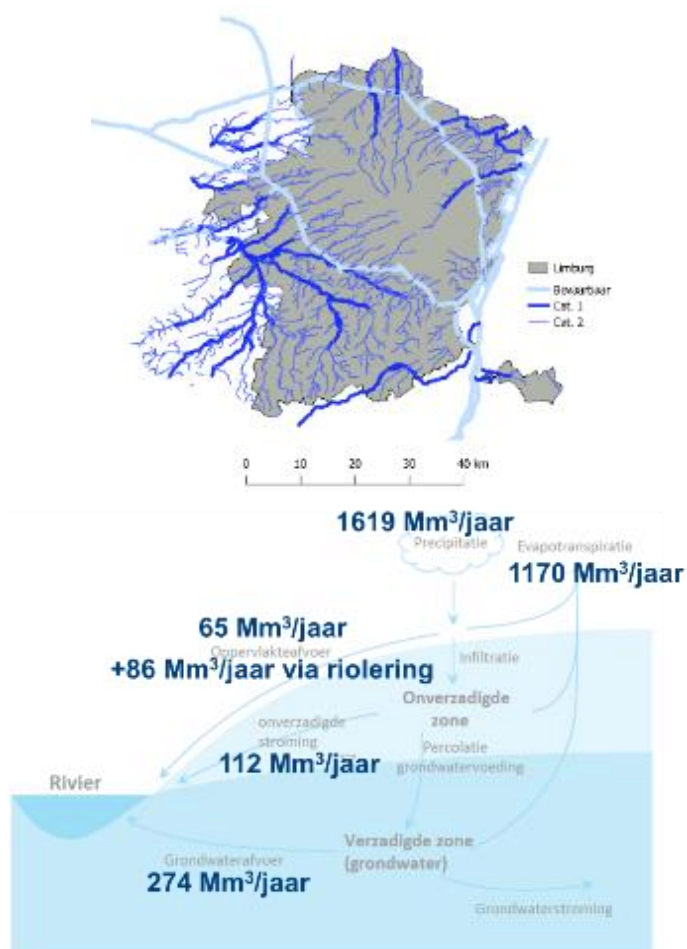
Dezelfde waterbalans voor het wateraanbod is in Figuur 214, Figuur 215 en Figuur 216 weergegeven voor de voorbeelddroogteperiode van 4 juli – 9 augustus 2018. Het totale wateraanbod daalt tot $440 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$, bestaande uit $328 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ oppervlaktewateraanbod, $105 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ grondwateronttrekkingen, $2 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ opslag en gebruik via regenwaterputten en $6 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ ander water.



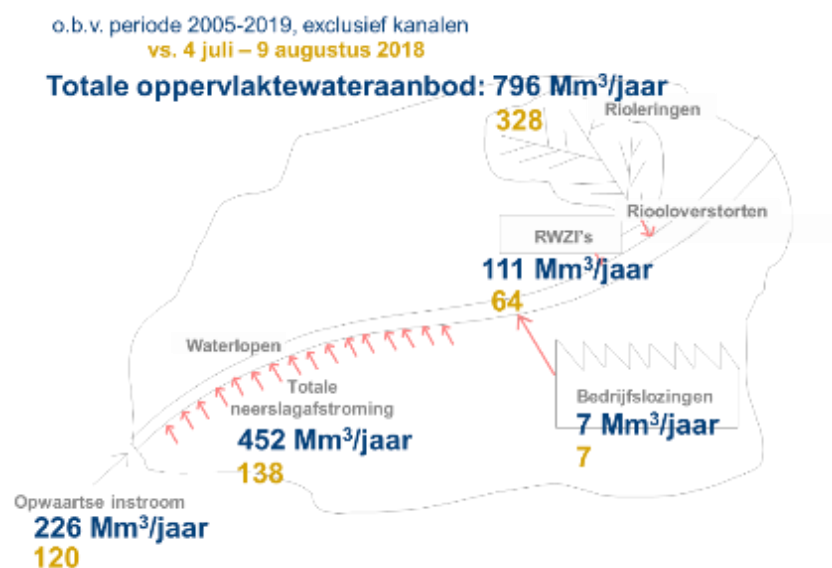
Figuur 211: Totaal wateraanbod van neerslag en opwaartse instroom van waterlopen voor de Provincie Limburg.



Figuur 212: Totale waterbalans voor de Provincie Limburg: wateraanbod, jaargemiddeld o.b.v. de periode 2005-2019 exclusief de kanalen, voor verschillende deelcomponenten van wateraanbod, watergebruik en uitstroom, in Mm³/jaar. OW=oppervlaktewater, GW=grondwater, HW=hemelwater, AW=ander water (gezuiverd effluentwater).



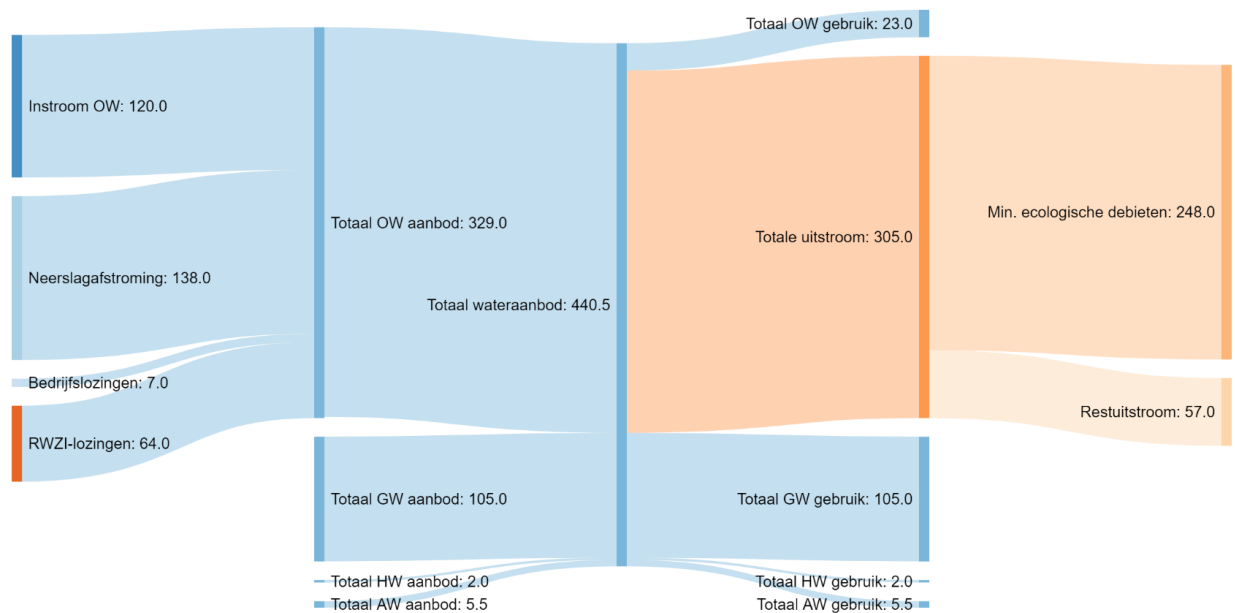
Figuur 213: Totale waterbalans voor de Provincie Limburg: neerslagafstroming, verdeeld over de afstroming via de oppervlakte, via de riolering, via de onverzadigde zone en de drainage, en de grondwaterafstroming.



Figuur 214: Totaal oppervlaktewateraanbod voor de Provincie Limburg, jaargemiddeld o.b.v. de periode 2005-2019 en voor de voorbeelddroogteperiode van 4 juli – 9 augustus 2018, opgedeeld in totale neerslagafstroming, opwaartse instroom, instroom van RWZI-effluentlozingen en instroom van bedrijfslozingen.



Figuur 215: Totaal wateraanbod voor de Provincie Limburg, jaargemiddeld o.b.v. de periode 2005-2019 en voor de voorbeelddroogteperiode van 4 juli – 9 augustus 2018, opgedeeld in totaal oppervlaktewateraanbod, grondwateronttrekkingen waaronder het deel voor leidingwaterproductie, de opslag en het gebruik via regenwaterputten en ander water, vooral hergebruik van afvalwater.



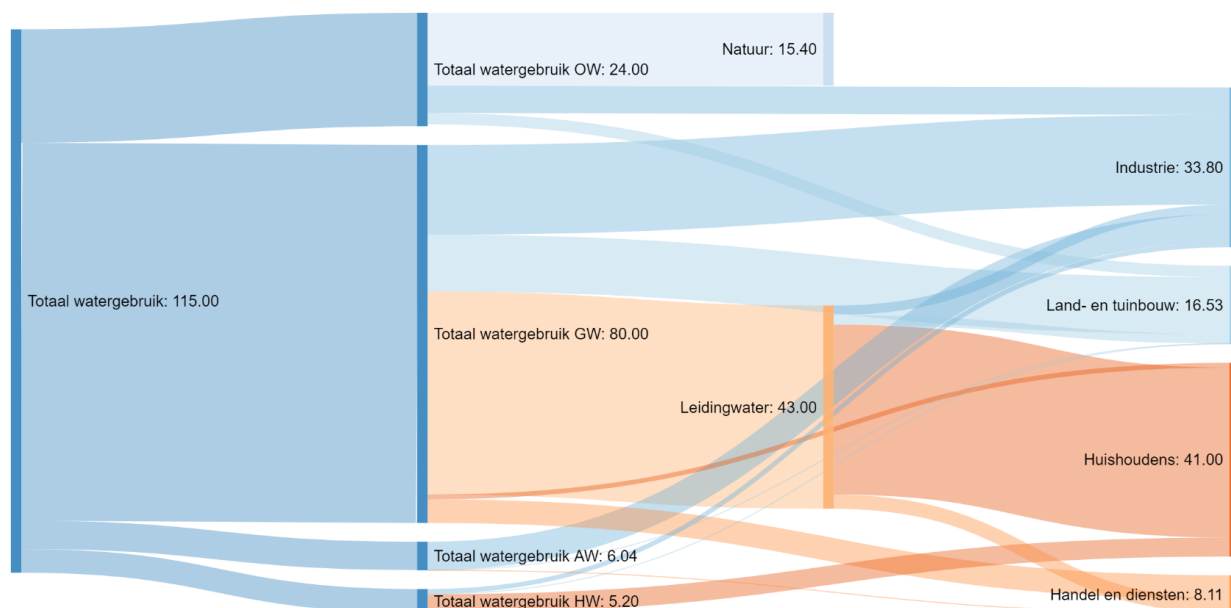
Figuur 216: Totale waterbalans voor de Provincie Limburg: wateraanbod o.b.v. de droogteperiode 4 juli – 9 augustus 2018 exclusief de kanalen, voor verschillende deelcomponenten van wateraanbod, watergebruik en uitstroom, in Mm³/jaar. OW=oppervlaktewater, GW=grondwater, HW=hemelwater, AW=ander water (gezuiverd effluentwater).

In Figuur 217 wordt het totale watergebruik door de verschillende sectoren en verdeeld over de verschillende typen waterbronnen, verder gedetailleerd.

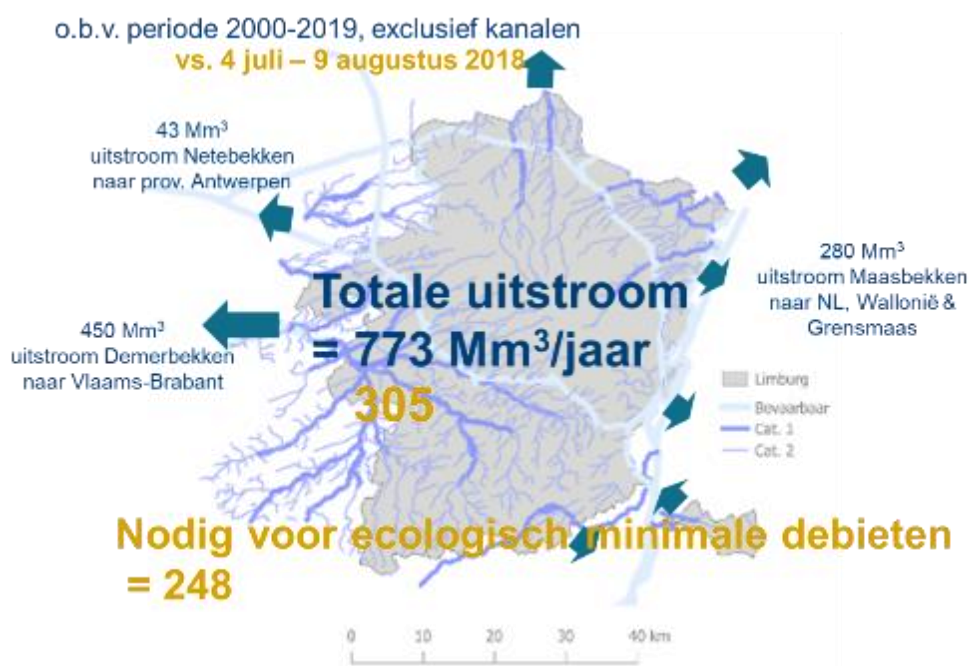
De totale watervraag in het gebied bedraagt 115 Mm³/jaar. Aan het grootste deel van deze watervraag wordt tegemoetgekomen via het grondwater (80 Mm³/jaar), de rest via het oppervlaktewater (24 Mm³/jaar), het hemelwater (5 Mm³/jaar) en ander water, d.i. gezuiverd effluentwater (6 Mm³/jaar). Het totale leidingwatergebruik bedraagt 43 Mm³/jaar. Dit leidingwater is in de Provincie haast uitsluitend afkomstig gespannen grondwater. Vermits het gespannen grondwater niet beschouwd wordt voor de reactieve maatregelen (want reactietijd van diepe, gespannen grondwaterlichamen op droogte en maatregelen is te traag), zijn in dit gebied maatregelen m.b.t. leidingwaterverbruik minder aan de orde (niet rechtstreeks, tenzij de connectiviteit met andere bevoorradingsgebieden in Vlaanderen in rekening gebracht wordt).

De totale watervraag langs de onbevaarbare waterlopen is verdeeld in 41 Mm³/jaar voor de huishoudens, 34 Mm³/jaar voor de industrie, 16,5 Mm³/jaar voor de land- en tuinbouw, 15 Mm³/jaar voor de inname van oppervlaktewater in natuurgebieden (o.a. de 1001 vijvers in het gebied van de Wijers en de andere Natura 2000 gebieden), en 8 Mm³/jaar voor de handel en diensten (Figuur 217). Daarnaast is er de aquatisch ecologische watervraag langs de waterlopen, ingeschat via de ecologisch minimale debieten, die jaargemiddeld o.b.v. de periode 2005-2019 goed is voor 357 Mm³/jaar (Figuur 212) en voor de droogteperiode van 4 juli – 9 augustus 2018 goed is voor 248 Mm³/jaar (Figuur 216).

Gemiddeld loopt er op jaarbasis netto 773 Mm³/jaar water uit de Provincie (Figuur 218). Deze uitstroom gebeurt voor 450 Mm³/jaar naar Vlaams-Brabant via het Demerbekken, voor 280 Mm³/jaar naar Nederlands, de Grensmaas en Wallonië via het Maasbekken, en voor 43 Mm³/jaar naar de Provincie Antwerpen via het Netebekken. Wanneer de ecologisch minimale debieten hiervan afgetrokken worden, dan is er een restuitstroom van 416 Mm³/jaar (Figuur 212). Voor de droogteperiode van 4 juli – 9 augustus 2018 is de totale uitstroom veel minder: 305 Mm³/jaar. Ook de restuitstroom is voor die droogteperiode heel wat minder: 57 Mm³/jaar (Figuur 216).



Figuur 217: Totale waterbalans voor de Provincie Limburg: totaal watergebruik, jaargemiddeld o.b.v. de periode 2005-2019 exclusief de kanalen, voor verschillende deelcomponenten van wateraanbod, watergebruik en uitstroom, in Mm3/jaar. OW=oppervlaktewater, GW=grondwater, HW=hemelwater, AW=ander water (gezuiverd effluentwater).



Figuur 218: Totale uitstroom langs waterlopen uit de Provincie Limburg, jaargemiddeld o.b.v. de periode 2005-2019 en voor de voorbeelddroogteperiode van 4 juli – 9 augustus 2018.

Dezelfde analyse werd ook gedaan voor het stelsel van bevaarbare waterlopen en kanalen die de Provincie doorkruisen. Omdat het weinig zinvol is om voor dat stelsel enkel de delen die gelokaliseerd zijn binnen de Provincie te beschouwen, werd de waterbalansanalyse voor het ganse stelsel van Albertkanaal en Kempische kanalen uitgevoerd. De resultaten daarvan kunnen gevonden worden in het eindrapport bij het Vlaams reactief afwegingskader (VRAG, 2021).

8.4 Acties en maatregelen

Samen met de betrokken belanghebbenden werd in het Vlaams reactief afwegingskader een overzicht gemaakt van de mogelijke reactieve maatregelen. Hierbij was het belangrijk om een goed onderscheid te maken tussen maatregelen die in een reactieve context toepasbaar zijn, en deze die horen bij een proactief waterbeheer. Reactieve maatregelen zijn deze die anticiperend of tijdens een droogtecrisis situatie uitzonderlijk genomen kunnen worden om de gevolgen van de droogtecrisis te beperken. Tabel 43 geeft een overzicht van de geselecteerde maatregelen, opgedeeld in wateraanbodverruimende of sturende maatregelen, watervraagbeperkende maatregelen of acties, en begeleidende maatregelen. Deze reactieve maatregelen werden ook voor de Provincie Limburg beschouwd.

Wateriaanbodverruimende of sturende maatregelen

Aanpassen hydraulische regeling (vooral bevaarbare / grote waterlopen)

- terugpompen van water bij bepaalde sluizen via mobiele noodpompen
- water anders verdelen ter hoogte van bepaalde verdelingspunten langs waterwegen
- *stopzetten omgekeerd spuibeheer bij bepaalde zeesluizen*

Omschakelen naar andere waterbronnen

- verbod op het gebruik (tijdelijk niet lozen in waterloop) van het effluent van een waterzuivering

Bijkomende waterbronnen creëren

- aankoop leidingwater buurregio's voor bepaalde bevoorradingsgebieden LW

Watervraagbeperkende maatregelen of acties

Scheepvaart

- verbod pleziervaart voor bepaalde gebieden
- opleggen van gegroepeerd schutten tot volle sluizen voor bepaalde gebieden, maar met maximale wachttijden van 1, 2, 3 of 4 uur
- diepgangbeperkingen scheepvaart langs bepaalde waterwegen
- verbod beroepsvaart langs bepaalde waterwegen
- *stopzetten van baggeren bij te hoge turbiditeit*

Drinkwatermaatschappijen

- ruwwaterinname tijdelijk stopzetten en reserves aanspreken voor bepaalde drinkwatermaatschappijen

Leidingwaterverbruikers

— verbod op LW verbruik voor niet-essentiële toepassingen voor bepaalde gebieden of gans Vlaanderen:

- verbod op afspritzen van voertuigen, aanhangwagens en opleggers
- verbod op vullen of bijvullen van zwem- en plonsbaden (met meer dan 100 liter), van vijvers en het bevoorraden van fontein
- verbod op reinigen van verhardingen zoals straten, straatgreppels, voetpaden, terrassen, opritten, parkings en pleinen
- verbod op besproeien van terreinen (sportterrein en festivalweide), van velden, grasvelden, parken en tuinen
- verbod op besproeien en reinigen van daken, gevels, tenten, luifels
- verbod op LW verbruik door bedrijven in bepaalde gebieden, behalve wanneer de opname vereist is om de veiligheid te waarborgen

Recreatie

- innameverbod waterlopen voor recreatievijvers in bepaalde gebieden, geheel of gedeeltelijk: 50, 80% of 100%
- *recreatieverbod bepaalde recreatievijvers*
- *zwemverbod bepaalde zwemvijvers*

Natuur

- innameverbod waterlopen ter bevoeiing natuurgebieden in bepaalde gebieden, geheel of gedeeltelijk sluiten van watervangen: 50%, 80% of 100%

Landbouw

- innameverbod waterlopen voor irrigatie van vollegrondsteelten in bepaalde gebieden
- innameverbod freatisch GW voor irrigatie van vollegrondsteelten in bepaalde gebieden
- innameverbod waterlopen voor andere landbouwactiviteiten in bepaalde gebieden, geheel of gedeeltelijk: 50% of 100%, behalve voor drenken van vee
- innameverbod freatisch GW voor andere landbouwactiviteiten in bepaalde gebieden, geheel of gedeeltelijk: 50% of 100%, behalve voor drenken van vee

Industrie

- innameverbod waterlopen voor bedrijven in bepaalde gebieden, behalve wanneer de opname vereist is om de veiligheid te waarborgen, geheel of gedeeltelijk: 50% of 100%
- innameverbod freatisch GW voor bedrijven in bepaalde gebieden, behalve wanneer de opname vereist is om de veiligheid te waarborgen, geheel of gedeeltelijk: 50% of 100%
- *lozingsbeperkingen om minimale waterkwaliteit te vrijwaren*

Elektriciteitscentrales

- *afbouw / stilleggen bepaalde energiecentrales/waterkrachtcentrales en opschalen alternatieven of invoer energie uit buitenland*

Meerdere watergebruikers

- totaal innameverbod waterlopen voor alle watergebruikers in bepaalde gebieden
- totaal innameverbod freatisch GW voor alle watergebruikers in bepaalde gebieden

Begeleidende maatregelen : worden niet rechtstreeks als maatregel beschouwd, maar zijn begeleidend aan de vorige

- handhaving van maatregelen
- sterke sensibilisering via media
- tijdelijke vergunning geven voor gebruik van alternatieve waterbronnen
- systeem opzetten die beschikbaarheid van alternatieve waterbronnen in kaart brengt

Tabel 43: Overzicht van de geselecteerde reactieve maatregelen en acties. Voor de maatregelen in schuin lettertype werd geen impact op de waterbalans doorgerekend, maar werd de maatregel aanbevolen o.b.v. de overschrijding van de drempelniveaus van waterkwaliteitsgerelateerde waterschaarsteindicatoren.

Naast deze geselecteerde maatregelen zijn er enkele reactieve maatregelen die nuttig zijn om in de toekomst bijkomend te beschouwen, maar die in deze studie niet weerhouden werden omdat de impact niet ingeschat kon worden met de huidige beschikbare kennis of modellen, of omdat ze momenteel nog niet toepasbaar zijn.

8.5 Impactindicatoren

Voor elk van de weerhouden maatregelen werd een raming gemaakt van de kost van de maatregel, wie deze kost draagt, hoe sterk deze het watertekort en de bijhorende socio-economische en ecologische gevolgen (d.i. schade) vermindert, en hoe deze baat verdeeld is over de betrokken sectoren.

Voor de raming van de kost en de schade werden enkel de directe, lokale kosten en gevolgen beschouwd, op korte termijn. Ze werden opgedeeld in de economische, sociale en ecologische gevolgen.

De economische gevolgen van waterschaarste of onttrekkingsverbod voor bedrijven werden bijvoorbeeld ingeschat op basis van het productieverlies en bijhorend verlies aan inkomsten voor aftrek van interest, belastingen, afschrijvingen en amortisatie (ingeschat via de jaarrekeningen van de ondernemingen) in geval van een sterke beperking in het waterverbruik en op basis van de bijkomende kost door over te schakelen op leidingwater bij een beperkte beperking in het waterverbruik vanuit oppervlaktewater of grondwater. Daarnaast werden ook de gevolgen door tijdelijke werkloosheid ingeschat via het aantal werknemers, zowel de kost ervan voor de onderneming, de werknemer en de overheid.

De economische gevolgen van een irrigatieverbod voor de landbouw werden ingeschat door een berekening van het productieverlies per teeltgroep i.f.v. de bodemkarakteristieken en de gebiedsspecifieke grootte van het areaal voor elk van de teeltgroepen en het inkomstverlies via de eenheidsprijs per gewastype.

De gevolgen van leidingwaterbeperking voor huishoudens, als een ander voorbeeld, werd ingeschat via de waarde van leidingwaterverbruik op basis van een categorisatie van waterverbruiken gebaseerd op een willingness-to-pay analyse.

De ecologische gevolgen aan terrestrische natuurgebieden werden ingeschat als een percentage van de ecosysteemdiensten die deze gebieden leveren; deze aan het aquatisch leven in de waterloop via de kost voor het herintroduceren van de gestorven vissoorten.

Het is duidelijk dat de verschillende mogelijke maatregelen uiteenlopende gevolgen veroorzaken, en dat een specifieke methodiek vereist was om deze gevolgen geval per geval te kwantificeren. Bij elke kost-inschatting werd dezelfde 'scope' beschouwd, met name directe, lokale kosten en schade ten gevolge van de maatregel op korte termijn.

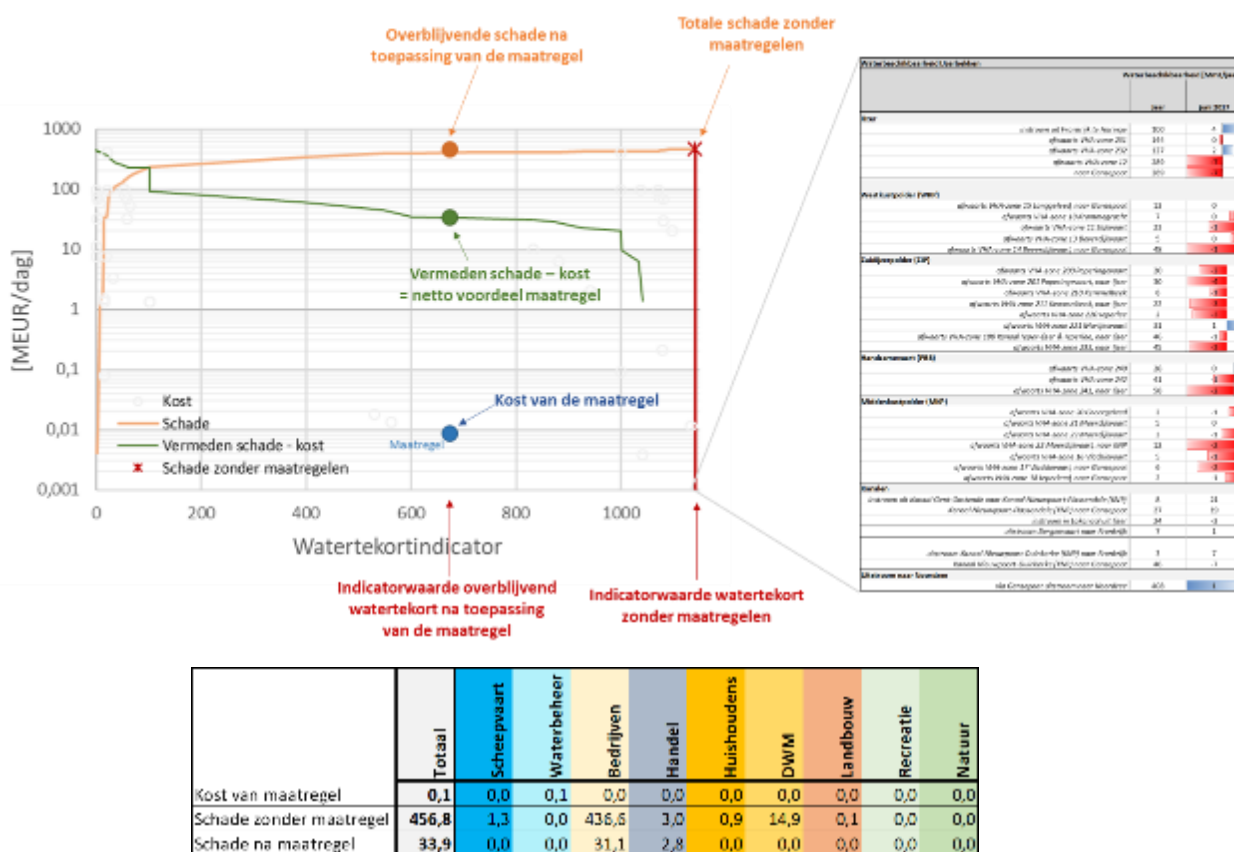
Meer details over de toegepaste socio-economisch en ecologische impactberekeningen kunnen teruggevonden worden in het eindrapport bij het Vlaams reactief afwegingskader (VRAG, 2021).

Belangrijke opmerking is dat de meeste van deze directe kost- en schaderamingen grootteorde-inschattingen zijn en een grootteorde minder nauwkeurig dan de impactinschatting op het watertekort via de waterbalans. Ook werden de keteneffecten (bv. doorwerking van opbrengstverlies van landbouwgewassen naar de agrovoedingsindustrie of de doorwerking van een verbruiksbeperking in de industrie naar andere bedrijven die afnemen van de door de verbruiksbeperking getroffen bedrijven) en secundaire effecten zoals het potentieel verlies aan klanten en marktaandeel of de kosten ten gevolge van een shift in transportmodus bij scheepvaartmaatregelen niet in rekening gebracht. Wanneer deze keten- en secundaire effecten later toegevoegd zouden worden, kan dit de afweging en geadviseerde prioritering van maatregelen mogelijk nog wijzigen. Of dit laatste het geval is, zal afhangen van de relatieve verschillen in de grootteordes van de kost- en schadecijfers die de afweging bepalen. Zoals ook tijdens het overleg met de belanghebbenden toegelicht is elk model of benadering van de realiteit onderhevig aan onzekerheden. Verdere verfijningen zijn enkel zinvol indien ze de impact op het watertekort, de kosten en schade per maatregel en sector relatief t.o.v. elkaar sterk (in grootteorde) wijzigen.

De verschillende typen gevolgen werden zo veel als mogelijk uitgedrukt in euro's om de economische, sociale en ecologische gevolgen, ook al stellen ze andere typen gevolgen voor, toch enigszins een vergelijkingsbasis te geven. Ze worden wel afzonderlijk gerapporteerd aan de beslissingsnemer zodat die rekening kan houden met relatieve gewicht van deze drie typen gevolgen. Een aantal gevolgen kunnen niet in economische termen worden uitgedrukt maar zijn wel relevant voor de beslissingsnemers. Deze kwalitatieve informatie, zoals het aantal getroffen bedrijven, werknemers, schepen, personen, het aantal hectare aangetast natuurgebied, de

potentiële impact op de waterkwaliteit, etc. kan/zal nog aan de impactindicatoren worden toegevoegd. Verder zijn er een aantal bedrijven die een veiligheidsrisico kennen in geval van waterschaarste. Een inventarisatie van deze bedrijven, samen met het type risico en het veiligheidsprotocol dat gevolgd moet worden, is voorzien op korte termijn.

Voor elk van de maatregelen werd de vermindering in het watertekort ingeschat via de waterbalans en dit ruimtelijk verdeeld per deelstroomgebied en kanaalpand. De watertekorten werden voor alle deelstroomgebieden in de Provincie geaggregeerd tot een watertekortindicator, door optelling van de watertekorten over alle deelstroomgebieden en kanaalpanden. Figuur 219 illustreert de aanpak voor een voorbeeldgebied en voorbeeldroogteperiode. Wanneer voor dat voorbeeld de watertekorten langs de verschillende kanaalpanden en deelstroomgebieden worden opgeteld, wordt zonder maatregelen een watertekortindicatorwaarde van 1100 gevonden. Na toepassing van een maatregel daalt deze tot 670. De totale schade van het watertekort daalt erdoor van 380 MEUR/dag tot 350 MEUR/dag. De maatregel heeft een zeer lage kost van 0,01 MEUR/dag, waardoor het netto voordeel 30 MEUR/dag bedraagt.



Figuur 219: Voorbeeld van impactanalyse langs het Albertkanaal en Kempische kanalen voor een voorbeeldroogteperiode. Linkerbovenfiguur: watertekortindicator en overblijvende schade voor en na toepassing van een maatregel, kost en netto voordeel van de maatregel; rechterbovenfiguur: watertekort per kanaalpand; onderfiguur: verdeling van de kost en schade over de betrokken hoofdsectoren.

8.6 Principes

Na een bevraging bij de belanghebbenden en verdere besprekingen werd ervoor gekozen om bij de afweging van de maatregelen volgende principes toe te passen:

- Eerst een verbod op het niet-essentieel waterverbruik, en pas daarna op het essentieel waterverbruik. Volgende toepassingen werden als niet-essentieel waterverbruik beschouwd:
 - afspreken van voertuigen, aanhangwagens en opleggers;
 - vullen of bijvullen van zwem- en plonsbaden (met meer dan 100 liter), van vijvers en het bevoorraden van fonteynen;

- reinigen van verhardingen zoals straten, straatgreppels, voetpaden, terrassen, opritten, parkings en pleinen;
 - besproeien van terreinen (sportterrein en festivalweide), van velden, grasvelden, parken en tuinen;
 - besproeien en reinigen van daken, gevels, tenten, luifels.
- De eigen inspanningen worden beloond door geen verbod op te leggen aan het opvangen hemelwater in bedrijfseigen bekkens; dus enkel verbod op 'vreemd/publiek' water. Wanneer in de toekomst bijkomende gegevens beschikbaar komen betreffende inspanningen (bv. wateraudits, al dan niet toepassen van drainage, investeringen in hergebruik of waterbesparende maatregelen) kan hier rekening mee gehouden worden om te differentiëren in de toepassing van bepaalde maatregelen.
 - Het niet in gevaar brengen van de gezondheid voor de mens. Er worden daardoor geen maatregelen voorgesteld die een negatieve impact hebben op de beschikbaarheid van essentieel leidingwater voor burgers.

Volgende principes werden ook besproken met de belanghebbenden maar werden niet weerhouden om redenen die hierna kort worden samengevat:

- Bestaande verzekeringen die de geleden schade geheel of gedeeltelijk terugbetalen werden niet in beschouwing genomen, omdat ze geen invloed hebben op de totale schade en de kost gedragen wordt door andere actoren. Indien consequent maatregelen zouden genomen worden die aanleiding geven tot een bepaalde verzekerbare schade, wordt verwacht dat dit een invloed heeft op de grootte van de verzekeringspremies. De uitzonderlijke schade bij waterschaarste wordt op deze wijze collectief gedragen door de verzekerden.
- Er zijn geen "essentiële" sectoren beschouwd, vermits dit een politieke keuze inhoudt. Dit wil uiteraard niet zeggen dat de beslissingsnemer deze politieke keuze niet kan maken tijdens het beslissingsproces. Het huidig kader beoogt objectieve informatie aan te reiken aan de beslissingsnemer en daarbij politieke keuzes zoveel mogelijk buiten beschouwing te laten, tenzij het gaat om principes die breed gedragen worden.
- De draagkracht van de sectoren en de economische kwetsbaarheid en schokbestendigheid werden niet in rekening gebracht, wegens te weinig informatie hierover.

8.7 Beperkingen

De volgende beperkingen werden toegepast die gelden als absolute prioriteit bij de afweging:

- Het voorkomen van irreversibele schade, door de instandhouding van kwetsbare natuur maximaal te blijven garanderen i.k.v. de wettelijke verplichtingen terzake. Het niet onderschrijven van de ecologisch minimale debieten en/of waterpeilen langs de ecologisch kwetsbare waterlopen en de ecologisch minimale freatische grondwaterstanden in buurt van de grondwaterafhankelijke terrestrische ecosystemen (GWATES-gebieden) krijgen dus absolute prioriteit.
- Het niet in gevaar brengen van de stabiliteit van dijken en van de veiligheid van de scheepvaart langs de bevaarbare waterlopen en kanalen, door minimale peilen maximaal te blijven garanderen.

8.8 Afweging

De toepassing van de verschillende hiervoor besproken bouwstenen van het reactief afwegingskader wordt hierna geïllustreerd voor de beschouwde voorbeelddroogteperiode van 4 juli – 9 augustus 2018.

In Tabel 44, Tabel 45 en Tabel 46 zijn de resultaten samengevat voor de jaargemiddelde waterbeschikbaarheid o.b.v. de periode 2005-2019 en voor de droogteperiode van 4 juli tot 9 augustus 2018. De waterbeschikbaarheid is er weergegeven, de ecologisch minimale debieten in rekening gebracht, voor elk van de deelstroomgebieden (VHA-zones) in de Provincie Limburg en dit afzonderlijk voor de deelstroomgebieden in het Demerbekken (Tabel 44), Netebekken (Tabel 45) en Maasbekken (Tabel 46). In deze waterbalans werden nog geen waterbesparende maatregelen toegepast. Daardoor zijn er op een groot aantal locaties watertekorten. De toepassing van het afwegingskader hierop heeft dus als doel om deze tekorten op een meest efficiënte wijze te verminderen en de impact tijdens de waterschaarstecrisis te beperken, rekening houdend met de kosten en baten.

Tabel 44: Waterbeschikbaarheid in Mm3/jaar per deelstroomgebied, voor de deelstroomgebieden in het Demerbekken en de Provincie Limburg, voor de onbevaarbare waterlopen. Jaar = jaargemiddelde waterbeschikbaarheid o.b.v. de periode 2005-2019; juli 2018 = waterbeschikbaarheid voor 4 juli – 9 augustus 2018 zonder maatregelen. Blauw = positieve waterbeschikbaarheid, Rood = negatieve waterbeschikbaarheid (ecologisch minimale debieten zijn in rekening gebracht).

Waterbeschikbaarheid provincie Limburg excl. kanalen		Waterbeschikbaarheid [Mm3/jaar]	
		Jaar	juli 2018
DEMERBEKKEN			
Demer			
	<i>afwaarts VHA zone 600</i>	11	-2
	<i>afwaarts VHA-zone 601</i>	36	-2
	<i>afwaarts VHA-zone 602</i>	54	0
	<i>afwaarts VHA-zone 604</i>	69	1
	<i>afwaarts VHA-zone 663</i>	0	0
	<i>afwaarts VHA-zone 664</i>	295	33
Herk			
	<i>instroom Herk uit Wallonië</i>	3	-5
	<i>afwaarts VHA-zone 610 Herk</i>	7	-9
	<i>afwaarts VHA-zone 612 Herk</i>	16	-10
	<i>afwaarts VHA-zone 611 Mombeek</i>	5	0
	<i>afwaarts VHA-zone 613 Herk</i>	33	-3
Melsterbeek			
	<i>afwaarts VHA-zone 630 Melsterbeek</i>	4	-4
	<i>afwaarts VHA-zone 631 Melsterbeek</i>	8	-5
	<i>afwaarts VHA-zone 632a Melsterbeek</i>	23	-4
Velpe			
	<i>afwaarts VHA-zone 642 Velpe</i>	11	-3
	<i>afwaarts VHA-zone 660 Demer</i>	12	-2
Zwarte Beek			
	<i>afwaarts VHA-662 Zwarte Beek</i>	12	-2
	<i>afwaarts VHA-zone 663 Zwarte Beek</i>	28	-4
Andere			
	<i>afwaarts VHA-zone 605 Mangelbeek</i>	20	5
	<i>afwaarts VHA-zone 603 Slangbeek en Roosterbeek</i>	11	4

Tabel 45: Waterbeschikbaarheid in Mm3/jaar per deelstroomgebied, voor de deelstroomgebieden in het Netebekken en de Provincie Limburg, voor de onbevaarbare waterlopen. Jaar = jaargemiddelde waterbeschikbaarheid o.b.v. de periode 2005-2019; juli 2018 = waterbeschikbaarheid voor 4 juli – 9 augustus 2018 zonder maatregelen. Blauw = positieve waterbeschikbaarheid, Rood = negatieve waterbeschikbaarheid (ecologisch minimale debieten zijn in rekening gebracht).

NETEBEKKEN			
Grote Nete en Grote Laak			
<i>Grote Nete, afwaarts VHA zone 500</i>	15	-3	
<i>Grote Laak, afwaarts VHA-zone 511</i>	9	1	

Tabel 46: Waterbeschikbaarheid in Mm3/jaar per deelstroomgebied, voor de deelstroomgebieden in het Maasbekken en de Provincie Limburg, voor de onbevaarbare waterlopen. Jaar = jaargemiddelde waterbeschikbaarheid o.b.v. de periode 2005-2019; juli 2018 = waterbeschikbaarheid voor 4 juli – 9 augustus 2018 zonder maatregelen. Blauw = positieve waterbeschikbaarheid, Rood = negatieve waterbeschikbaarheid (ecologisch minimale debieten zijn in rekening gebracht).

MAASBEKKEN			
Maasbekken oosten en zuiden prov. Limburg			
<i>Dommel, afwaarts VHA-zone 935 = uitstroom naar Nederland</i>	24	2	
<i>Keersop-Elzenloop, afwaarts VHA-zone 930 = uitstroom naar Nederland</i>	2	1	
<i>Warmbeek, afwaarts VHA-zone 931 = uitstroom naar Nederland</i>	8	-4	
<i>Erkbeek, afwaarts VHA-zone 932 = uitstroom naar Nederland</i>	3	0	
<i>Lozerbroekbeek, afwaarts VHA-zone 923 = uitstroom naar Nederland</i>	6	0	
<i>Abeek, afwaarts VHA-zone 921 = uitstroom naar Nederland</i>	10	-2	
<i>afwaarts VHA-zone 922 = uitstroom naar Grensmaas</i>	17	-7	
<i>o.a. Vrietselbeek, afwaarts VHA-zone 920 = uitstroom naar Grensmaas</i>	12	0	
<i>Jeker, opwaartse instroom uit Wallonië</i>	13	-6	
<i>Jeker, afwaarts VHA-zone 901 = uitstroom naar Maas (Wallonië)</i>	19	-6	
<i>Voer, opwaartse instroom uit Wallonië</i>	8	5	
<i>Berwijn, opwaartse instroom uit Wallonië</i>	4	-3	
<i>Voer, afwaarts VHA-zone 900 = uitstroom naar Maas (Wallonië)</i>	28	12	
<i>Gulp, afwaarts VHA-zone 910 = uitstroom naar Maas (Wallonië)</i>	12	3	

De waterbeschikbaarheidsresultaten voor de voorbeelddroogteperiode Tabel 44, Tabel 45 en Tabel 46 geven aan dat de watertekorten vooral gesitueerd zijn langs de bovenlopen. Indien de droogteperiode langer zou aanhouden, dan zouden ook de meer afwaarts gelegen waterloopsegmenten getroffen worden.

In de Provincie Limburg zijn er veel ecologisch kwetsbare waterlopen aanwezig (zie Figuur 203). De ecologisch minimale debieten werden in rekening gebracht om de watertekorten per waterloopsegment te bepalen. De waterbeschikbaarheden die in Tabel 44, Tabel 45 en Tabel 46 per deelstroomgebied worden weergegeven zijn dus het resultaat van de beschikbare waterloopdebieten per waterloopsegment min de ecologisch minimale debieten. De ecologisch minimale debieten werden hierbij bepaald via de percentielwaarden gebruikt in het Vlaams reactief afwegingskader. Deze staan vermeld in Tabel 47 en wijken wat af van de drempelwaarden volgens de Tennant-methode die eerder in deze opdracht werd toegepast. Ze worden hier toegepast om consistent te zijn met het Vlaams reactief afwegingskader en dit conform de typologie van waterlopen in Figuur 203.

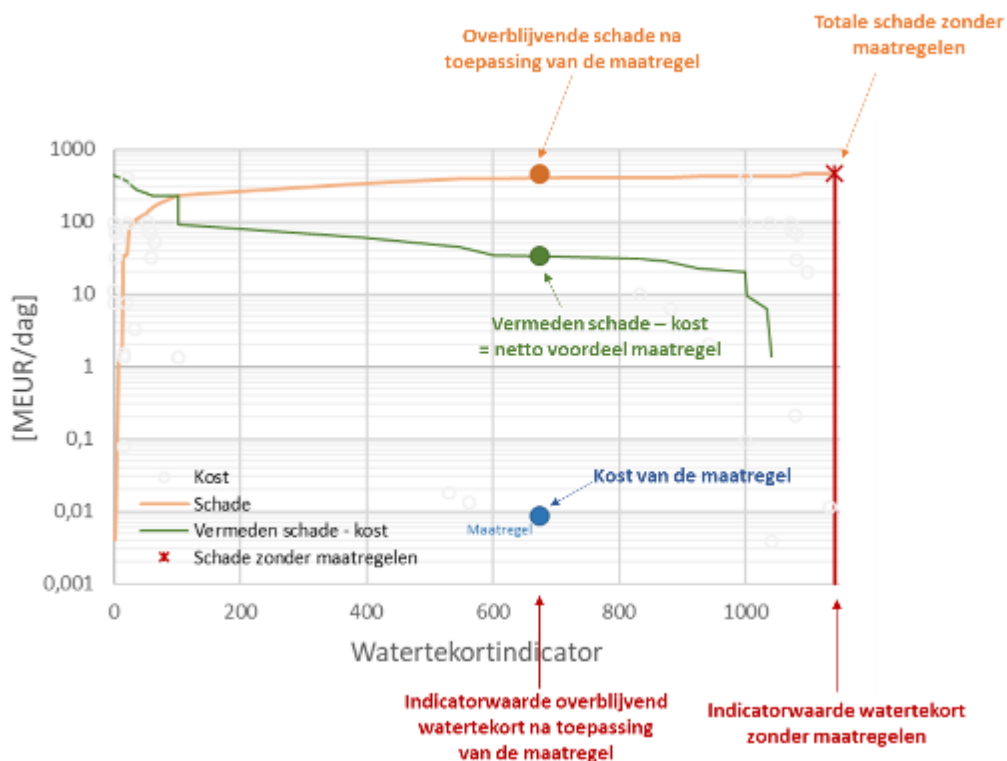
Tabel 47. Percentielwaarden voor het waterloopdebiet als drempelwaarden voor de ecologisch minimale debieten langs de onbevaarbare waterlopen en dit i.f.v. de typologie van de waterloop en de graad van ecologische kwetsbaarheid.

Typologie	Ecologisch kwetsbaar	zeer	Ecologisch kwetsbaar	Overige
Kleine beken, incl. bronbeken			90 percentiel	95 percentiel
Grote beken	90 percentiel		95 percentiel	98 percentiel
Kleine, grote en zeer grote rivieren	95 percentiel		98 percentiel	Geen

In Tabel 44, Tabel 45 en Tabel 46 is dus voor de onbevaarbare waterlopen in de Provincie getoond welke waterlopen zich precies in een laagwaterdebiettoestand bevinden onder 90-, 95- of 98-percentielwaarden tijdens de beschouwde droogteperiode. Wat de kwetsbare natuurgebieden (terrestrische ecosystemen) betreft, worden de freatische grondwaterstanden in de buurt van die gebieden als meest indicatief beschouwd. Omdat het grondwatermodel ontwikkeld voor de Provincie in deze opdracht geen transient model is, maar enkel jaargemiddelde resultaten geeft, kon dat model niet ingezet worden om de impact van de reactieve maatregelen te beoordelen. Daarom werd een alternatieve aanpak gevolgd. Omdat er in de meeste van de betrokken gebieden een sterk verband bestaat tussen enerzijds de tijdstmomenten waarbij lage percentielwaarden van de waterloopdebieten in de buurt onderschreden worden en anderzijds de tijdstmomenten waarbij lage percentielwaarden voor de freatische grondwaterstanden bereikt worden, werd er voorlopig gewerkt met de waterloopdebieten en deze ook als representatief beschouwd voor de terrestrische ecosystemen in de buurt. Dezelfde percentielwaarden als voor de ecologisch minimale debieten werden beschouwd.

8.8.1 Impact mogelijke maatregelen

Hierna wordt de impact van de mogelijke maatregelen besproken, beperkt tot deze die van toepassing zijn in de Provincie Limburg. Ze zijn beschouwd per sector waarop de maatregel van toepassing is. De impact wordt hierna per maatregel samengevat via de volgende grafiek (Figuur 220), die hier eerst toegelicht wordt.



Figuur 220: Toelichtingen bij de grafiek die hierna wordt gebruikt om de impact en de effectiviteit van de maatregelen samen te vatten.

Deze grafiek bevat volgende variabelen:

- De **watertekortindicator** geeft een samenvattend beeld van het totale watertekort in het beschouwde gebied, door optelling van de watertekorten in Mm^3/jaar in alle deelstroomgebieden. Ze is uitgedrukt in Mm^3/jaar maar deze eenheid wordt in de figuur niet vermeld vermits de interpretatie ervan niet zo eenvoudig is. Een watersysteem gedraagt zich immers niet zo lineair dat $X \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ waterbesparing door een maatregel leidt tot $X \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ vermindering van de watertekortindicator. Door de eenheid erbij te vermelden bestaat het gevaar dat men de indicator zo zal gaan interpreteren. De watertekortindicator heeft enkel als doel om de watertekorten langs de verschillende deelstroomgebieden in de Provincie via 1 waarde samen te vatten. Details over hoe dit totale watertekort verdeeld is over de verschillende panden kunnen teruggevonden worden in een grafiek zoals deze van Tabel 44, Tabel 45 en Tabel 46.
- De **kost van de maatregel** wordt weergegeven in MEUR/dag. Meestal wordt deze kost door één van de sectoren gedragen. Wanneer voor bepaalde maatregelen de kost niet per dag wordt berekend, maar voor de ganse waterschaarstperiode, wordt deze totale kost gedeeld door de duur van de waterschaarstperiode om de kost per dag te bepalen. Door de kost voor alle maatregelen terug te brengen naar eenzelfde eenheid kunnen de kosten bij de verschillende maatregelen vergeleken worden en ook afgewogen t.o.v. de overblijvende schade.
- De **overblijvende schade** door het watertekort in MEUR/dag. Dit is de totale schade voor alle sectoren samen. Hier geldt dezelfde beschouwing als bij de kost van de maatregel: wanneer de schade niet per dag wordt berekend, maar voor de ganse waterschaarstperiode, wordt de totale schade gedeeld door de duur van de waterschaarstperiode om de schade per dag te bepalen.
- Het **netto voordeel van de maatregel** in MEUR/dag, berekend als de vermeden schade door de maatregel (verschil tussen de schade voor en na toepassing van de maatregel) min de kost van de maatregel.

Zonder toepassing van maatregelen zou er een totaal watertekort bestaan, zoals aangeduid aan de rechterzijde van de grafiek. Ook de totale schade staat er aangeduid. Deze kan verder opgedeeld worden over de betrokken sectoren. De grafiek geeft per maatregel, of voor een bepaalde set aan maatregelen, weer:

- ✓ hoe sterk deze het totale watertekort vermindert;
- ✓ hoe sterk deze de schade vermindert en hoe groot de overblijvende schade is;
- ✓ wat het netto voordeel van de maatregel is.

Op basis van deze resultaten wordt gezocht naar een maatregel of set van maatregelen die het totale watertekort tot nul herleid en dit met een zo laag mogelijke kost of een zo groot mogelijk netto voordeel, tenzij beneden een bepaalde waarde voor de watertekortindicator het netto voordeel van de maatregel niet langer daalt. In dat laatste geval kan een beperkte overblijvende schade toegelaten worden.

De curves in Figuur 220 van overblijvende schade versus watertekortindicator en van netto voordeel van de maatregel versus watertekortindicator zijn weergegeven als continue functies, maar de verbanden zijn niet noodzakelijk eenduidig. Verschillende maatregelen kunnen immers leiden tot eenzelfde daling in watertekortindicator, maar tot een andere overblijvende schade en ander netto voordeel. De continue curves weergegeven in de figuur zijn bepaald door uitmiddeling over de beschouwde maatregelen. Dit maakt dat de bollen, die de cijfers per maatregel weergeven, niet noodzakelijk op de curven hoeven te liggen. Het zijn de resultaten weergegeven door de bollen die van belang zijn; de curven zijn enkel bedoeld ter visuele referentie. Wanneer voor een bepaalde maatregel de bol boven de curve ligt gaat het om een maatregel die relatief t.o.v. de andere maatregelen meer overblijvende schade geeft (voor de oranje bol) of een lagere kost of groter netto voordeel geeft (voor de groene bol). Wanneer de bol onder de curve ligt gaat het om een maatregel die t.o.v. de andere maatregelen relatief minder overblijvende schade geeft (voor de oranje bol) of een hoger netto voordeel geeft (voor de groene bol).

Hierna wordt via die samenvattende grafiek voor elk van de beschouwde maatregelen de impact weergegeven.

8.8.1.1 Maatregelen bedrijven – Beperking of stopzetting oppervlaktewaterinname door bedrijven

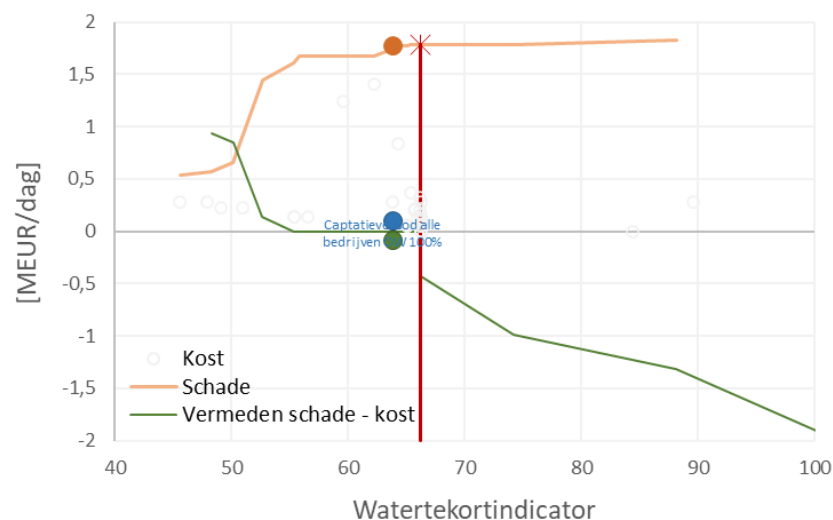
Een beperking of volledige stopzetting van oppervlaktewater door bedrijven kan voor bepaalde gebieden of waterlopen overwogen worden om oppervlaktewaterschaarste te voorkomen of beperken. Voor de beschouwde voorbeelddroogteperiode en de Provincie Limburg heeft dit vooral tot doel om de waterloopdebieten boven de ecologisch minimale debieten te houden voor de ecologisch kwetsbare waterlopen.

Het innameverbod wordt best alleen toegepast langs de waterlopen waar dit nodig is. De waterloopdebieten gemeten ter hoogte van de debietmeetstations, de waterpeilen gemeten via het droogtemeetnet van de Provincie en de waterloopdebieten berekend met de oppervlaktewatertool ontwikkeld voor de Provincie laten toe om te bepalen waar dit best gebeurt.

Hierna wordt een maximalistisch scenario beschouwd waarbij een volledige stopzetting van de inname van oppervlaktewater door alle bedrijven in de Provincie wordt toegepast, met als doel om de maximaal haalbare impact van de maatregel in te schatten.

De impactresultaten in Figuur 221 geven aan dat zonder maatregelen voor deze droogteperiode het totale watertekort in de Provincie volgens de watertekortindicator 66 Mm³ bedraagt met een bijhorende (vooral ecologische) schade van 1,78 MEUR/dag. Bij een volledige stopzetting van de inname van oppervlaktewater uit de onbevaarbare waterlopen door alle bedrijven in de Provincie en dit gedurende de beschouwde droogteperiode daalt de watertekortindicator slechts in zeer beperkte mate: van 66 naar 63. Dit zorgt voor slechts een zeer beperkte daling in de overblijvende schade van de waterschaarste (van 1,78 naar 1,77 MEUR/dag). De kost van de maatregel (0,1 MEUR/dag) blijkt groter dan de vermeden schade. De vermeden schade min de kost is negatief en bedraagt -0,09 MEUR/dag; maatregel is dus niet kostenefficiënt.

De beperkte impact van een stopzetting van de oppervlaktewaterinname door bedrijven heeft te maken met de zeer beperkte (gekende) oppervlaktewateronttrekking door bedrijven langs de onbevaarbare waterlopen in de Provincie. De grootgebruikers van oppervlaktewater in de regio onttrekken immers vooral uit de bevaarbare kanalen; deze werden afzonderlijk beschouwd langs het Albertkanaal en Kempische kanalen. Verder wordt in de Provincie Limburg vooral grondwater gebruikt. Men dient er wel mee rekening te houden dat de oppervlaktewateronttrekking langs de onbevaarbare waterlopen slechts onvolledig gekend is. In het verleden bestond er immers geen meldingsplicht voor onttrekkingen langs de onbevaarbare waterlopen. Daarom dienen bij het overwegen van deze maatregel de impactresultaten zoals hier voorgesteld aangevuld te worden met lokale terreinkennis en ervaring m.b.t. de grootte van de regionale onttrekkingen tijdens droogteperiodes.



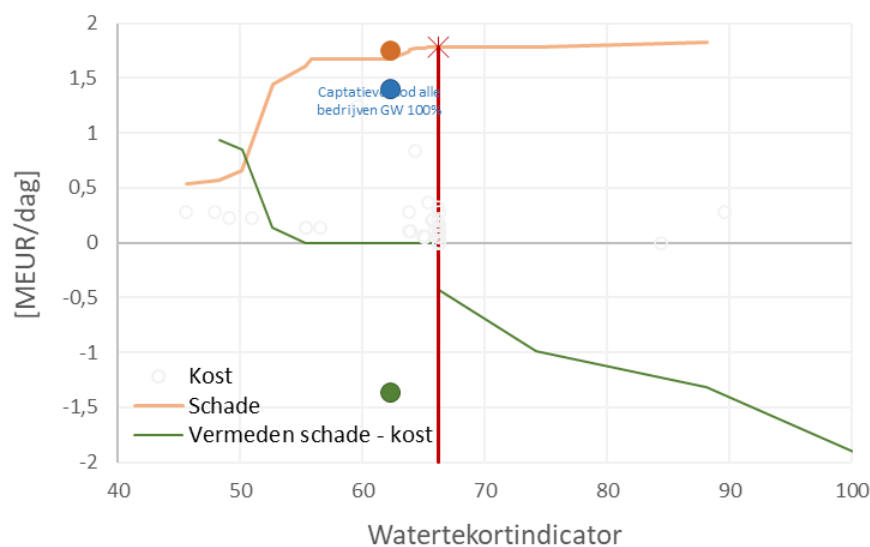
Figuur 221: Samenvatting van de impact van de maatregel (geen oppervlaktewaterinname bedrijven), volgens de vergunde of gemelde oppervlakteverbruikswaarden op de watertekortindicator en de overblijvende schade, samen met de kost en het netto voordeel van de maatregel in MEUR/dag.

8.8.1.2 Maatregelen bedrijven – Beperking of stopzetting freatische grondwaterinname door bedrijven

Een beperking of volledige stopzetting van de inname van freatisch grondwater door bedrijven kan overwogen worden om grondwaterreserves te sparen, daardoor hogere freatische grondwaterstanden te bekomen, en als gevolg daarvan ook grotere grondwaterafstromingsdebieten naar de waterlopen en dus hogere laagwaterdebieten langs die waterlopen. Ook grondwaterafhankelijke natuurgebieden worden dan minder geïmpacteerd.

Bij een volledige stopzetting van de inname van freatisch grondwater door alle bedrijven in de ganse Provincie Limburg gedurende de beschouwde droogteperiode in de ganse Provincie Limburg daalt de watertekortindicator slechts in zeer beperkte mate (Figuur 222): van 66 naar 62. De kost van de maatregel (1,4 MEUR/dag) is veel groter dan de vermeden schade. De vermeden schade min de kost is negatief en bedraagt -1,4 MEUR/dag; de maatregel is dus niet kostenefficiënt en dit in sterke mate.

De beperkte impact van een stopzetting van de freatische grondwaterinname door bedrijven heeft te maken met de tijdsvertraging waarmee de maatregel een impact heeft op de freatische grondwaterstanden en waterloopdebieten, door de reactietijd van het freatisch grondwatersysteem op dergelijke gewijzigde condities.



Figuur 222: Samenvatting van de impact van de maatregel (geen freatische grondwaterinname bedrijven) op de watertekortindicator en de overblijvende schade, samen met de kost en het netto voordeel van de maatregel in MEUR/dag.

8.8.1.3 Maatregelen landbouw – Beperking of volledige stopzetting irrigatie van vollegrondsteelten

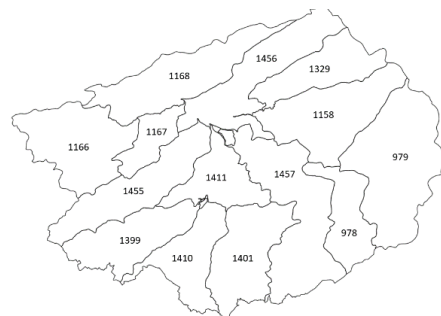
De irrigatiebehoefte door de landbouw werd ingeschat volgens het model dat in deze opdracht voor de Provincie Limburg werd ontwikkeld. Deze berekening gebeurde per deelbekken (zie afbakening van de deelgebieden voor de Provincie Limburg in Tabel 48). De resultaten van deze berekening staan samengevat in Tabel 48 voor de totale irrigatiebehoefte en per deelbekken o.b.v. de periode 2005-2019 en voor de voorbeelddroogteperiode van juli 2018. In Tabel 49 staan dezelfde ramingen voor de irrigatiebehoefte vermeld, maar specifiek voor het (gehele) Demerbekken.

Tabel 48: Irrigatiebehoefte voor de landbouw, totaal en per teelt voor het ganse Provincie Limburg en per deelbekken o.b.v. de periode 2005-2019 en voor de droogteperiode juli 2018, in Mm3/jaar (voor de droge periode werden de waarden herschaald naar dezelfde eenheid om cijfers gemakkelijker te kunnen vergelijken). De cijfers zijn na aftrekking van 36% om rekening te houden met het water dat infiltreert in de bodem en niet opgenomen wordt of verdampt via de landbouwgewassen.

Irrigatiebehoefte landbouw provincie Limburg excl. kanalen			
		irrigatiebehoefte [Mm3/jaar]	
		Jaargem 2005-2019	juli 2018
Totale irrigatiebehoefte ganse Provincie			
	<i>Totaal</i>	2	26
Totale irrigatiebehoefte per deelbekken			
<i>deelbekken 967</i>	0,1	1,8	
<i>deelbekken 978</i>	0,1	1,8	
<i>deelbekken 979</i>	0,1	1,3	
<i>deelbekken 1123</i>	0,1	1,3	
<i>deelbekken 1158</i>	0,0	0,4	
<i>deelbekken 1168</i>	0,1	0,8	
<i>deelbekken 1256</i>	0,1	0,8	
<i>deelbekken 1329</i>	0,0	0,2	
<i>deelbekken 1336</i>	0,0	0,2	
<i>deelbekken 1401</i>	0,6	4,9	
<i>deelbekken 1405</i>	0,6	4,9	
<i>deelbekken 1406</i>	0,6	4,9	
<i>deelbekken 1407</i>	0,6	4,9	
<i>deelbekken 1456</i>	0,1	0,6	
<i>deelbekken 1457</i>	0,5	4,8	

Tabel 49: Irrigatiebehoefte voor de landbouw, totaal en per teelt voor het ganse Demerbekken en per deelbekken o.b.v. de periode 2005-2019 en voor de droogteperiode juli 2018, in Mm3/jaar (voor de droge periode werden de waarden herschaald naar dezelfde eenheid om cijfers gemakkelijker te kunnen vergelijken). De cijfers zijn na aftrekking van 36% om rekening te houden met het water dat infiltreert in de bodem en niet opgenomen wordt of verdamppt via de landbouwgewassen. De kaart (rechts) geeft de deelbekkens weer.

Irrigatiebehoefte landbouw Demerbekken		
irrigatiebehoefte [Mm3/jaar]		
Jaargem 2005-2019 juli 2018		
Totale irrigatiebehoefte ganse Demerbekken		
<i>Totaal</i>	2	30
<i>Aardappelen</i>	0,5	7,8
<i>Bloemkool</i>	0,0	0,1
<i>Boon</i>	0,0	0,0
<i>Erwt</i>	0,1	2,2
<i>Fruit en noten</i>	1,1	14,1
<i>Grasland</i>	0,0	0,2
<i>Maïs</i>	0,1	1,3
<i>Suikerbieten</i>	0,0	0,1
<i>Wortel</i>	0,3	4,6
Totale irrigatiebehoefte per deelbekken		
<i>deelbekken 978</i>	0,1	2,1
<i>deelbekken 979</i>	0,1	1,5
<i>deelbekken 1158</i>	0,0	0,5
<i>deelbekken 1166</i>	0,1	1,3
<i>deelbekken 1167</i>	0,1	1,1
<i>deelbekken 1168</i>	0,1	0,9
<i>deelbekken 1329</i>	0,0	0,2
<i>deelbekken 1399</i>	0,2	2,3
<i>deelbekken 1401</i>	0,6	5,7
<i>deelbekken 1410</i>	0,3	3,3
<i>deelbekken 1411</i>	0,2	2,3
<i>deelbekken 1455</i>	0,3	2,7
<i>deelbekken 1456</i>	0,1	0,7
<i>deelbekken 1457</i>	0,5	5,6



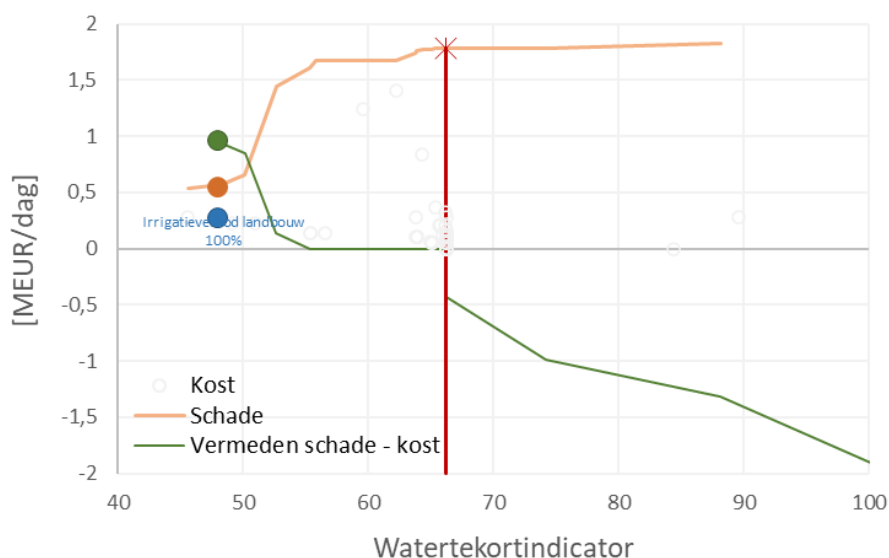
Bij een volledig stopzetting van de irrigatie van vollegrondsteelten gedurende de beschouwde droogteperiode zorgt dat voor een aanzienlijke daling in de wateronttrekking, vooral van grondwater, maar ook van oppervlaktewater. Dit gaat gepaard met een economisch verlies, dat berekend werd zoals gedetailleerd beschreven in het eindrapport bij het Vlaams reactief afwegingskader en geïllustreerd in Tabel 50 voor het Demerbekken als voorbeeld.

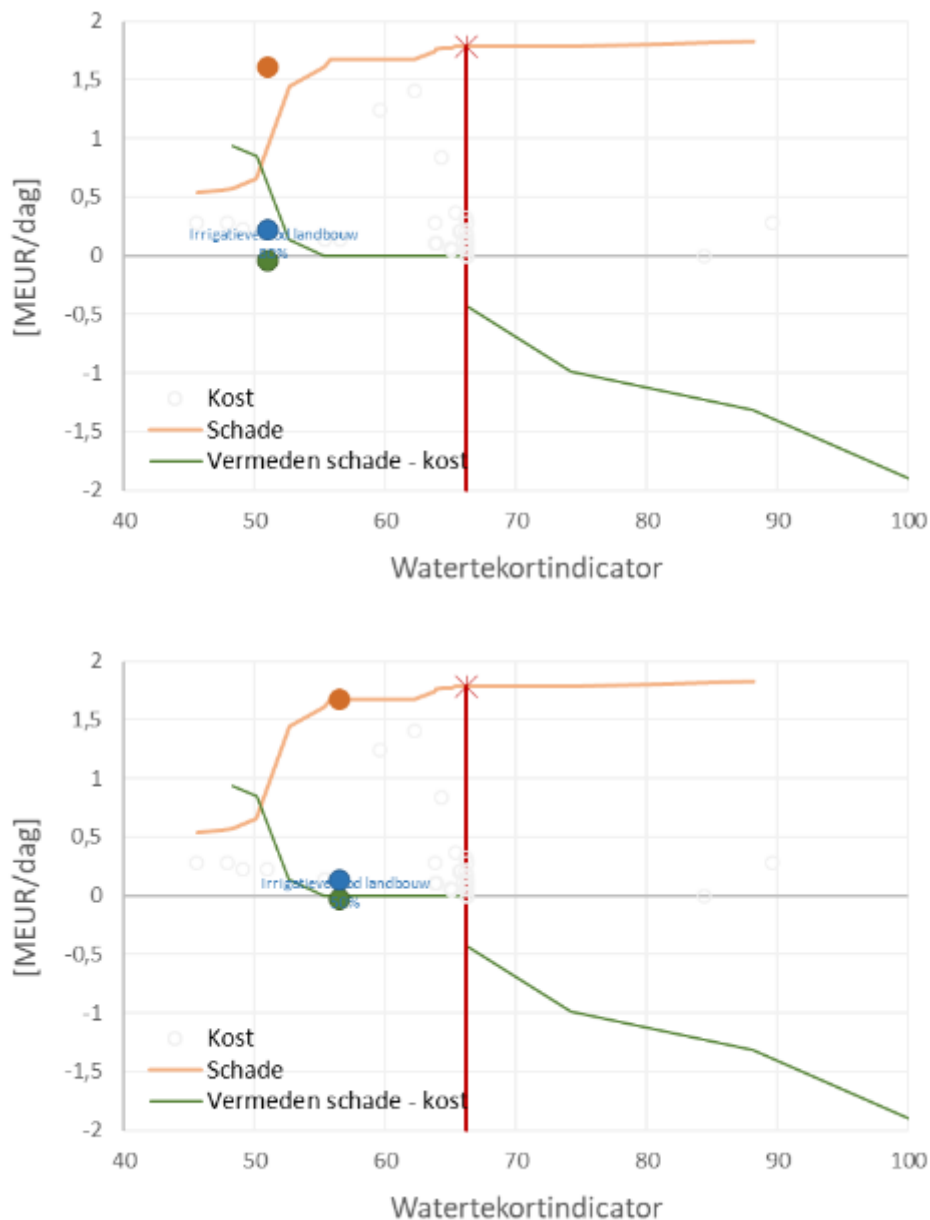
Tabel 50: Deelresultaten bij de berekening van de economische kost van een volledig irrigatieverbod in juli 2018 voor het Demerbekken.

Kost irrigatieverbod gewassen Demerbekken				
	Opbrengst zonder irrigatieverbod (ton)	Opbrengst na irrigatieverbod (ton)	Opbrengstverlies (ton)	Opbrengstverlies (EUR)
Totaal	546482	338888	34197	10149858
<i>Aardappelen</i>	69820	60572	9249	1156083
<i>Bloemkool</i>	77	28	50	15734
<i>Boon</i>	3	3	0	0
<i>Erwt</i>	147	121	25	7511
<i>Fruit en noten</i>	337455	315658	21797	8718775
<i>Grasland</i>	40312	40299	13	0
<i>Maïs</i>	40723	40356	367	42583
<i>Suikerbieten</i>	42221	42103	118	2959
<i>Wortel</i>	15723	13146	2578	206213

Bij een stopzetting of beperking van de irrigatie van vollegrondsteelten (wat in dit bekken vooral reductie geeft in de grondwateronttrekkingen, maar via de grondwaterafstroming ook op de laagwaterdebielen langs de waterlopen) daalt de watertekortindicator in sterke mate (Figuur 223): van 66 naar 48. Beperking of stopzetting van irrigatie van vollegrondsteelten blijkt dus effectief te zijn, maar zorgt voor onvoldoende stijging van de freatische grondwaterstanden en van de waterloopdebieten opdat ze hoger worden dan de ecologisch minimale waarden. Daarom blijft de overblijvende schade aanzienlijk: 0,55 MEUR/dag. De vermeden schade min de kost is wel sterk positief en bedraagt +0,96 MEUR/dag.

Tabel 48 geeft aan welke percentages van de totale irrigatievraag volgens de raming toegeschreven worden aan bepaalde teeltgroepen. Zo kan X% irrigatieverbod gerealiseerd worden door het irrigatieverbod eerst op te leggen voor de minder kapitaalintensieve teelten. Een andere optie is om, zoals in Frankrijk, het irrigatieverbod op te leggen voor bepaalde dagen van de week, samen met een % van het op voorhand afgesproken toegelaten onttrekkingsvolume.

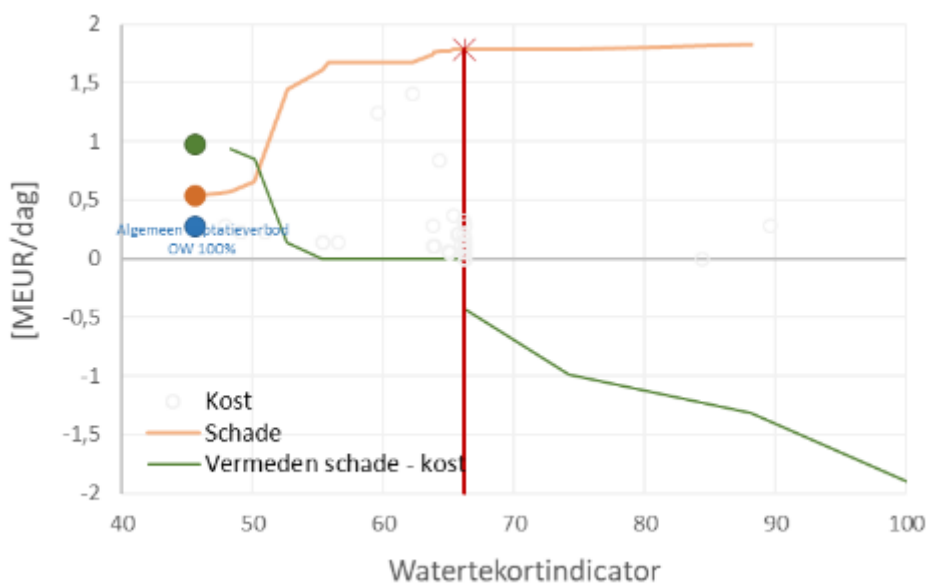




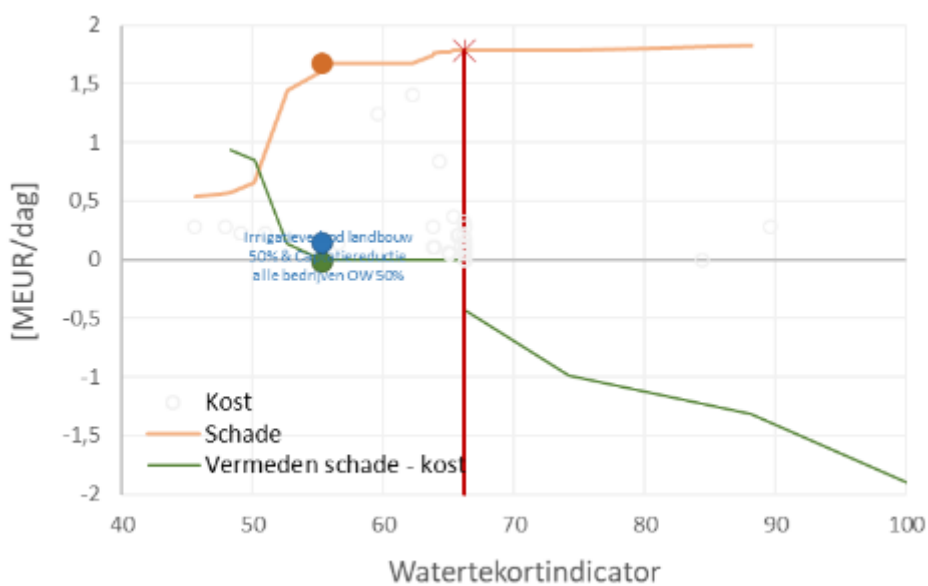
Figuur 223: Samenvatting van de impact van de maatregel (volledige stopzetting van de irrigatie van vollegrondsteelten) op de watertekortindicator en de overblijvende schade, samen met de kost en het netto voordeel van de maatregel in MEUR/dag. Bovengrafiek: volledige stopzetting; middengrafiek: 80% beperking; ondergrafiek: 50% beperking.

8.8.1.4 Maatregelen bedrijven en landbouw – Beperking of stopzetting irrigatie vollegrondsteelten samen met beperking of stopzetting oppervlaktewaterinname door bedrijven

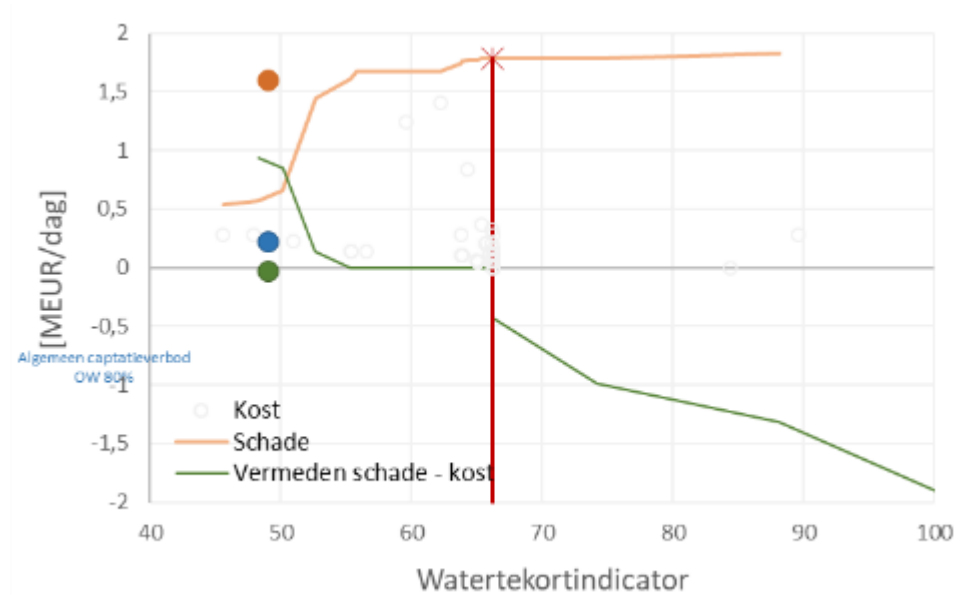
Wanneer de beperking of stopzetting van de irrigatie van vollegrondsteelten wordt gecombineerd met een beperking of stopzetting van de oppervlaktewaterinname vanuit de onbevaarbare waterlopen in de Provincie door alle bedrijven, worden bij een volledige stopzetting van beide de impactresultaten van Figuur 224 bekomen. De watertekortindicator en de overblijvende schade daalt in beperkte mate t.o.v. de overblijvende schade na de stopzetting van de irrigatie. De kost stijgt en de vermeden schade min de kost wordt kleiner. Bij 50% beperking i.p.v. volledige stopzetting voor zowel de oppervlaktewateronttrekkingen als de irrigatie is de efficiëntie veel minder (Figuur 225): de vermeden schade min de kost bereikt een waarde rond de nulwaarde. Ook bij 80% beperking van zowel de oppervlaktewateronttrekkingen als de irrigatie is de efficiëntie minder (Figuur 226) en bereikt de vermeden schade min de kost ook een waarde rond de nulwaarde.



Figuur 224: Samenvatting van de impact van de maatregel (geen oppervlaktewaterinname bedrijven in combinatie met stopzetting irrigatie van vollegrondsteelten) op de watertekortindicator en de overblijvende schade, samen met de kost en het netto voordeel van de maatregel in MEUR/dag.



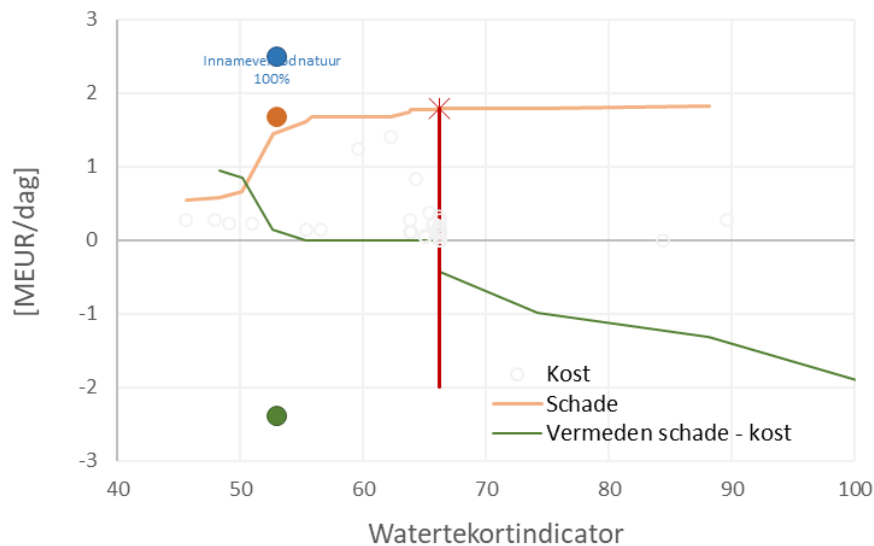
Figuur 225: Samenvatting van de impact van de maatregel (50% beperking van de oppervlaktewaterinname bedrijven in combinatie met 50% reductie van de irrigatie van vollegrondsteelten) op de watertekortindicator en de overblijvende schade, samen met de kost en het netto voordeel van de maatregel in MEUR/dag.



Figuur 226: Samenvatting van de impact van de maatregel (80% beperking van de oppervlaktewaterinname bedrijven in combinatie met 80% reductie van de irrigatie van vollegrondsteelten) op de watertekortindicator en de overblijvende schade, samen met de kost en het netto voordeel van de maatregel in MEUR/dag.

8.8.1.5 Maatregelen natuur – Beperking of stopzetting oppervlaktewaterinname in natuurgebieden

Meerdere natuurgebieden in de Provincie Limburg wordt bevoeid of gevoed door oppervlaktewater, denk maar aan de vloeiveides en de voeding van de vele vijvers van het vijvergebied De Wijers. Door deze oppervlaktewaterinname tijdelijk te beperken of stop te zetten kan de oppervlaktewaterschaarste verminderd worden. Voor de kwetsbare natuurgebieden wordt geen beperking of stopzetting van de oppervlaktewaterinname beschouwd, dit conform het principe van instandhouding van de kwetsbare natuur. Wanneer de beperking of stopzetting van oppervlaktewaterinname in natuurgebieden wel zou gebeuren en dit voor alle natuurgebieden in de Provincie, dan worden de impactresultaten van Figuur 227 bekomen. De maatregel heeft een sterke positieve impact op de oppervlaktewaterbeschikbaarheid. De waterbeschikbaarheidsindicator daalt van 66 naar 55. Maar de vermeden schade blijft hoog, waardoor een negatief netto voordeel wordt bekomen.



Figuur 227: Samenvatting van de impact van de maatregel (volledige stopzetting van de oppervlaktewaterinname in natuurgebieden) op de watertekortindicator en de overblijvende schade, samen met de kost en het netto voordeel van de maatregel in MEUR/dag.

Merk op dat de schade aan deze natuur in geval van watertekorten ingerekend wordt bij alle andere maatregelen. Bij geen maatregelen werd deze schade geraamd – conform de methode voor de berekening van het verlies aan ecosysteemdiensten zoals beschreven in het eindrapport van het Vlaams reactief afwegingskader (VRAG, 2021). Verder zijn er de ecologisch minimale debieten langs de ecologisch kwetsbare en zeer kwetsbare waterlopen (zie kaart in Figuur 203). Wanneer de waterbeschikbaarheid per waterloopsegment lager wordt dan dit ecologisch minimale debiet, dan wordt de waterbeschikbaarheid negatief, wat dus anticiperend op dreigende waterschaarste maximaal via de andere maatregelen vermeden moet worden. In de Provincie Limburg zijn er een groot aantal ecologisch kwetsbare waterlopen, wat verklaard waarom de ecologische schade in de Provincie bij droogte zo groot is.

Voor de schadebepaling aan de natuur, werd dus naast de schade aan de terrestrische natuurgebieden (zoals hoger toegelicht) ook de schade door het eventueel niet halen van de ecologisch minimale debieten, hetzij om de uitgangssituatie te bepalen (d.i. de schade wanneer er geen of onvoldoende maatregelen worden genomen) en dus om de schade te bepalen die door maatregelen vermeden kan worden, hetzij omdat alle andere maatregelen uitgeput zijn. De ecologische schadebepaling door het niet halen van de ecologisch minimale debieten gebeurt zoals beschreven in het eindrapport van het Vlaamse reactief afwegingskader (VRAG, 2021): via de kost van het terugzetten van het visbestand.

8.8.1.6 Maatregelen leidingwaterproductie en -verbruik

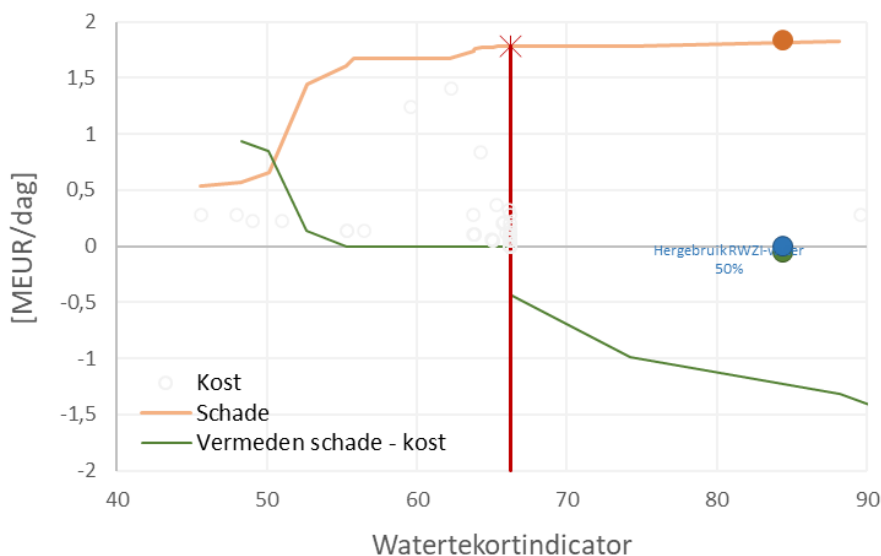
In de Provincie Limburg onttrekt De Watergroep haast uitsluitend ruwwater uit de gespannen grondwaterlagen. Maatregelen m.b.t. de ruwwaterinname voor leidingwaterproductie door De Watergroep vanuit het hier beschouwde watersysteem zijn dus niet aan de orde. Dit wil uiteraard niet zeggen dat er geen maatregelen m.b.t. leidingwatergebruik beschouwd moeten worden. Wanneer er dreigend watertekort ontstaat voor leidingwaterproductie, en dit onvoldoende gecompenseerd kan worden door de connectiviteit en mogelijke transfers tussen de verschillende drinkwatermaatschappijen en bevoorradingsgebieden en via aankoop uit de buurregio's, dienen er maatregelen genomen te worden om het leidingwatergebruik te beperken. Omdat de regio rijk is aan grondwater is de kans daarop veel beperkter dan in de meeste andere gebieden van Vlaanderen. Ook de eventuele overschakeling van leidingwatergebruik op alternatieve waterbronnen is om dezelfde reden niet aan de orde.

8.8.1.7 Verbod op tijdelijk hergebruik van RWZI-effluentwater

In voorgaande maatregelen werd telkens bij de waterbalans verondersteld dat al het RWZI-effluentwater dat normaal geloosd wordt in de onbevaarbare waterlopen, ook tijdens de droge periode in deze waterlopen

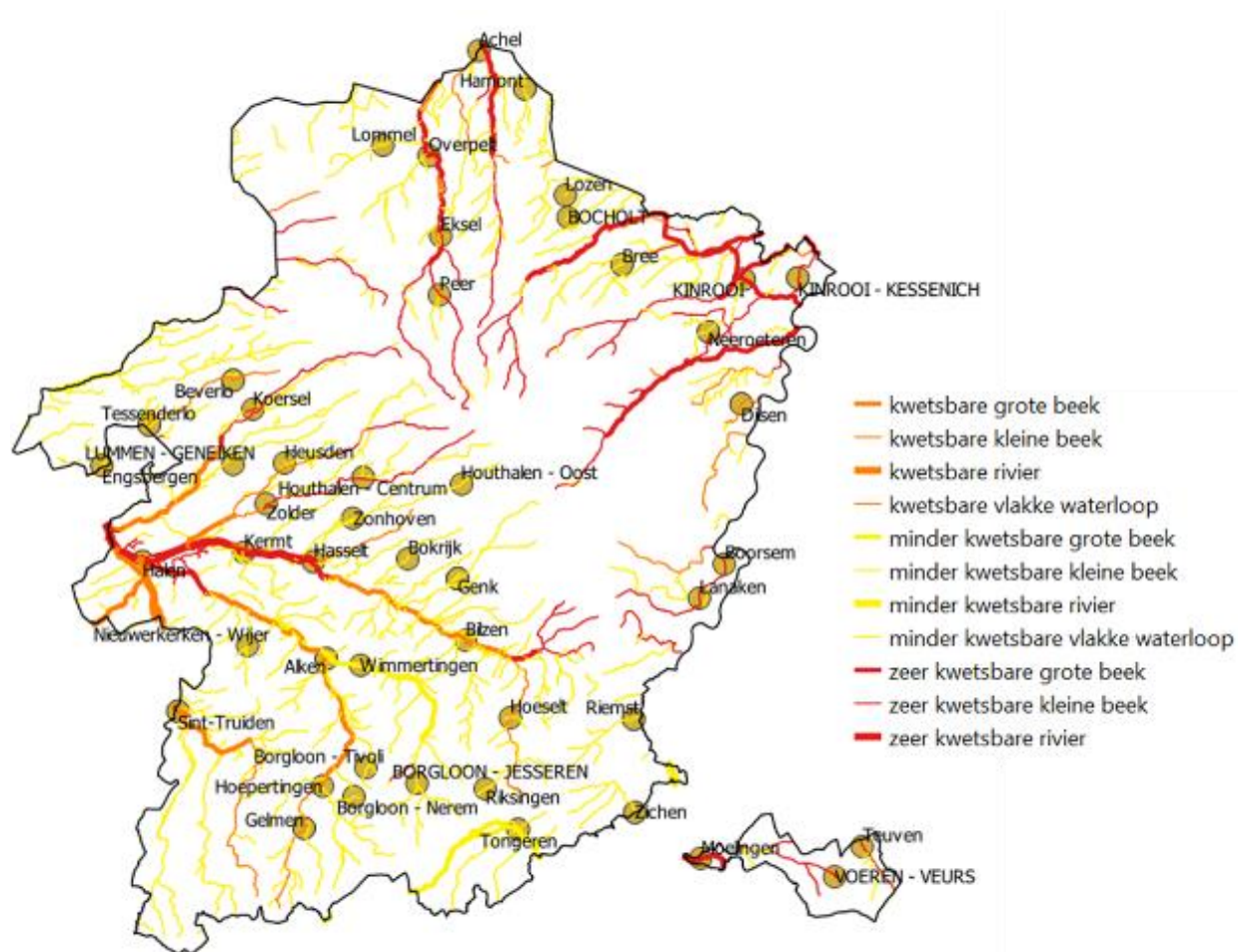
geloosd wordt. Er werd dus verondersteld dat dit water niet hergebruikt wordt, bv. in de landbouw. Het ter beschikking stellen van zulk effluentwater wordt standaard voorzien door Aquafin. Daarom wordt een verbod op zulke ter beschikking stelling hier als maatregel beschouwd. Omdat in de waterbalans bij de vorige maatregelen geen RWZI-hergebruik verondersteld werd, wordt het effect van de maatregel hier ingeschat door de maatregel om te keren en het effect na te gaan van 100% en 50% hergebruik van het RWZI-effluentwater.

Figuur 228 toont dat 50% hergebruik van al het RWZI-effluentwater in de Provincie Limburg voor een aanzienlijke toename zorgt van de watertekortindicator: van 66 naar 84. Voor vele deelgebieden stijgt het watertekort in het oppervlaktewatersysteem aanzienlijk. De kost van de maatregel werd voorlopig op 0 gezet, maar dit kan nog verder bekeken worden met de sector. Onafhankelijk van die kost en van de precieze netto toename van de schade door het hergebruik zou het hergebruik voor een daling zorgen in de laagwaterdebeten. Daarom wordt voorgesteld om langs de waterlopen met een watertekort of waar het hergebruik verder afwaarts een watertekort zou veroorzaken, dit hergebruik tijdelijk niet toe te laten, en dit als anticiperende maatregel bij het bereiken van droogteniveau 1.



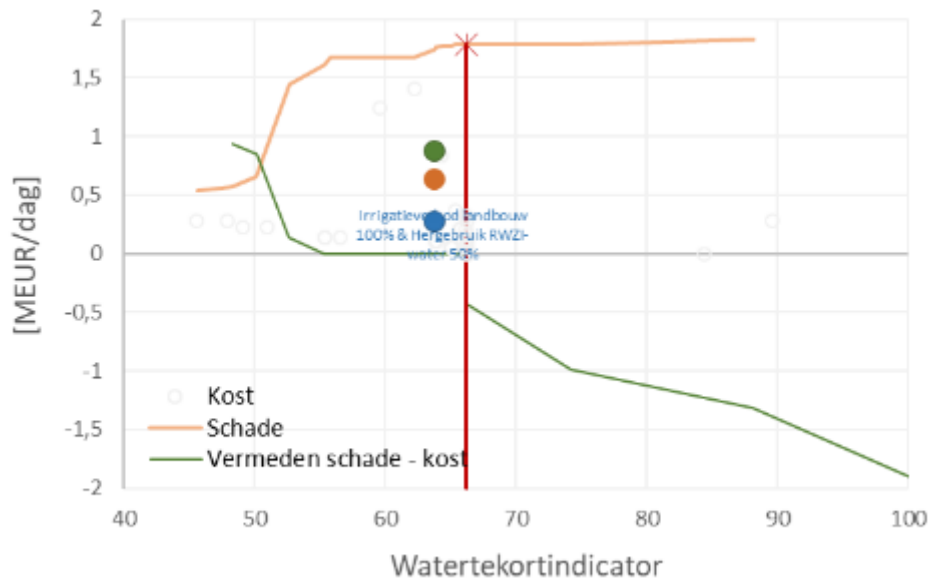
Figuur 228: Samenvatting van de impact van een 50% hergebruik van het RWZI-effluentwater op de watertekortindicator en de overblijvende schade, samen met de kost en het netto voordeel van de maatregel in MEUR/dag.

De precieze lokalisatie van de RWZI's t.o.v. de ecologische kwetsbare waterlopen is daarbij uiteraard belangrijk; zie Figuur 229 voor de locaties. Het zullen vooral de RWZI's gelegen langs bovenlopen en die tijdens droge periodes een significante bijdrage leveren tot het totale waterloopdebiet, die in beeld komen voor verbod op hergebruik.



Figuur 229: Locaties van de RWZI's t.o.v. de ecologisch zeer kwetsbare, kwetsbare en minder kwetsbare waterlopen

Omdat hergebruik van RWZI-effluentwater vooral nuttig is tijdens droogteperiodes en zeker wanneer er een irrigatieverbod geldt, voor hergebruik als irrigatiewater, werd ook de combinatie van een stopzetting van de irrigatie van vollegrondsteelten en 50% hergebruik van RWZI-effluentwater doorgerekend: Figuur 230. De effectiviteit van de stopzetting van de irrigatie op de vermindering van het watertekort vermindert erdoor (watertekortindicator daalt slechts van 66 naar 64); de vermeden schade min de kost blijft sterk positief (0,9 MEUR/dag), maar minder dan bij enkel de stopzetting van de irrigatie.



Figuur 230: Samenvatting van de impact van een combinatie van stopzetting van de irrigatie van vollegrondsteelten met 50% hergebruik van RWZI-effluentwater op de watertekortindicator en de overblijvende schade, samen met de kost en het netto voordeel van de maatregel in MEUR/dag.

8.8.1.8 Maatregelen Albertkanaal en Kempische kanalen

Langs het Albertkanaal en de Kempische kanalen zijn er een groot aantal andere maatregelen aan de orde, waaronder maatregelen gerelateerd aan de scheepvaart, om de schuttingsverliezen aan de sluizen te beperken of te compenseren. Voor een beschrijving van deze maatregelen en hun afweging wordt verwezen naar het eindrapport van het Vlaamse reactief afwegingskader (VRAG, 2021).

8.8.1.9 Maatregelen waterbeheerder

Wat verder nog aan de orde is, is de interactie tussen het onbevaarbare waterlopensysteem in de Provincie Limburg en het bevaarbare waterlopen- en kanalsysteem van het Albertkanaal en Kempische kanalen. Een voorbeeld is het vervangen van oppervlaktewateronttrekkingen uit de onbevaarbare waterlopen en/of freatische grondwateronttrekkingen door oppervlaktewater uit naburige kanalen. Dit is echter meestal niet toepasbaar, tenzij voor irrigatiewater in de landbouw. Het evalueren van dergelijke maatregelen vraagt een koppeling tussen de waterbalansen van beide gebieden. Dit wordt in het korte-termijn vervolgtraject bij het Vlaams reactief afwegingskader verder bekeken.

8.8.2 Resultaten afweging

Voor de hier beschouwde droogteperiode en langs de onbevaarbare waterlopen geldt dat waterschaarste vooral voorkomt bij de natuur. De watertekorten worden vooral veroorzaakt door overschrijding van de ecologisch minimale debieten (en gerelateerde problematisch lage freatische grondwaterstanden). Door de relatief beperkte onttrekkingen door bedrijven in het gebied zorgt deze voor slechts een zeer beperkte daling van de watertekorten aan de relatief grote kost. Verbod op onttrekking van water voor irrigatie is effectiever en heeft een lagere kost, maar de watertekorten en overblijvende ecologische gevolgen blijven belangrijk. Geen enkele van de maatregelen slaagt erin om de watertekorten en overblijvende ecologische schade volledig tot nul te herleiden. Hergebruik van RWZI-effluentwater vergroot de ecologische watertekorten en ecologische schade in sterke mate. Verbod op zulk hergebruik is dus een primaire maatregel.

Deze analyse geeft volgende prioritering van de hiervoor beschouwde maatregelen (hoogste prioriteit eerst).

Anticiperend bij dreigende waterschaarste (droogteniveau 1):

- Maatregelen Aquafin – Verbod op het gebruik (tijdelijk niet lozen in waterloop) van het effluent van de RWZI's langs waterlopen met dreigende watertekort

Bij effectieve waterschaarste (droogteniveau 2):

- Maatregelen landbouw – Innameverbod waterlopen en freatisch grondwater voor irrigatie van vollegrondsteelten, ev. stapsgewijs via % of teeltgroepen: eerst gras, suikerbieten en maïs, daarna aardappelen en andere reguliere teelten maar niet de kapitaalintensieve groenten, daarna (indien echt noodzakelijk) de intensieve groenteteelt; dit laatste wordt in het korte-termijn vervolgtraject samen met de sector verder bekeken
- Maatregelen meerdere oppervlaktewatergebruikers – Beperking of verbod andere oppervlaktewateronttrekkingen, dus algemeen captatieverbod, behalve voor drenken van vee en wanneer de opname vereist is om de veiligheid te waarborgen; dit laatste wordt in het korte-termijn vervolgtraject samen met de sector verder bekeken
- (innameverbod De Watergroep is niet aan de orde aangezien zij in deze regio diep grondwater onttrekken)

Eventueel kunnen hier nog andere maatregelen ingeschoven worden door de interactie met het Albertkanaal en Kempische kanalen te beschouwen.

Daarnaast wordt geadviseerd om volgende maatregelen van kracht te laten gaan (dus in te schuiven in de bekomen volgorde van maatregelen) zodra droogteniveau 1 of de volgende drempelwaarden voor droogteniveau 2 worden bereikt voor volgende waterschaarste-indicatoren (en uiteraard enkel indien de betrokken maatregel nog niet via de hogere prioritering van toepassing is):

Anticiperend op dreigende waterschaarste (dus na bereiken van droogteniveau 1):

- Maatregelen alle waterverbruikers – Verbod op niet-essentieel waterverbruik, zoals verbod op leidingwatergebruik voor:
 - verbod op afspritzen van voertuigen, aanhangwagens en opleggers;
 - verbod op vullen of bijvullen van zwem- en plonsbaden (met meer dan 100 liter), van vijvers en het bevoorraden van fonteinën;
 - verbod op reinigen van verhardingen zoals straten, straatgreppels, voetpaden, terrassen, opritten, parkings en pleinen;
 - verbod op besproeien van terreinen (sportterrein en festivalweide), van velden, grasvelden, parken en tuinen;
 - verbod op besproeien en reinigen van daken, gevels, tenten, luifels.

Bij effectieve waterschaarste, zodra de drempelwaarden voor droogteniveau 2 worden bereikt voor volgende waterschaarste-indicatoren:

- Melding blauwalgenbloei – Geen captatie voor besproeiing van voedings- en voedergewassen en veedrenking; captatie afgeraden voor andere toepassingen
- Melding blauwalgenbloei – Geen waterrecreatie voor waterski, jetski, zwemmen, duiken, waterpolo, triatlon, windsurfen, waadpak- en bellyboatvissen; afgeraden voor kajakken, kanovaren, roeien, zeilen, hengelen, waterfietsen, ...
- Waterkwaliteit of melding botulisme voor recreatiewateren en zwembijvers – Geen recreatie voor recreatiewateren en zwembijvers
- Minimale ecologische debieten: Maatregelen meerdere oppervlaktewatergebruikers – Totaal innameverbod langs het waterloopsegment met overschrijding van het ecologisch minimale debiet en/of waterpeil
- Minimale ecologische freatische grondwaterstanden in buurt van de grondwaterafhankelijke terrestrische ecosystemen (GWATES-gebieden) – Totaal innameverbod freatisch grondwater in de GWATES-gebieden.

Bepaalde van deze algemene maatregelen zouden best meteen ook op Vlaams niveau bekeken worden om eventueel een algemeen Vlaams verbod uit te vaardigen, bijvoorbeeld voor niet-essentieel waterverbruik wanneer droogtetoestand 1 zich gelijktijdig zou voordoen in meerdere Vlaamse deelgebieden.

Voor het Albertkanaal en de Kempische kanalen werd volgende prioritering bekomen:

Anticiperend op dreigende waterschaarste (dus na bereiken van droogteniveau 1):

- Maatregelen waterbeheerder – Water terugpompen aan sluizen i.f.v. verwachte tekort per pand
- Maatregelen scheepvaart – Geen pleziervaart
- Maatregelen scheepvaart – Gegroepeerd schutten, eerst voor maximale wachttijd van 1 uur, daarna 2, 3 en maximaal 4 uur

Bij effectieve waterschaarste (droogteniveau 2):

- Maatregelen scheepvaart – Vaarverbod
- Maatregelen natuur, recreatie, landbouw incl. viskweek gecombineerd – Beperking of verbod waterinname aan watervangen: eerst 50%, daarna 80%, daarna (indien echt noodzakelijk) 100%
- Maatregelen industrie & handel en diensten – Beperking of verbod (indien echt noodzakelijk) waterinname door bedrijven, behalve wanneer de opname vereist is om de veiligheid te waarborgen.
- Maatregelen drinkwatermaatschappijen – Innamebeperking water-link (voor het Albertkanaal en Netekanaal), aanspreken reserves + aankoop ruw water of drinkwater van andere regio's (connectiviteit en mogelijke transfers tussen de verschillende drinkwatermaatschappijen en bevoorradingsgebieden moet hier uiteraard maximaal worden benut). Bij een beperking van de inname door water-link wordt steeds gegarandeerd dat de leveringszekerheid niet in het gedrang komt. Bij onderbreking van de levering van drinkwater treedt aanzienlijke schade op (o.m. gevolgen voor volksgezondheid en veestapel). Deze gevolgen wegen niet op tegen mogelijke voordelen. Het garanderen van de levering van drinkwater werd ook reeds via de beperkingen beschreven.

De hiervoor opgelijste gebiedsspecifieke voorbeeldresultaten gelden voor de beschouwde voorbeelddroogteperiode en kunnen dus wijzigen voor andere droogteperiodes. Daarom zullen in het kortetermijn vervolgetraject bij het Vlaams reactief afwegingskader een aantal andere droogteperiodes doorgerekend worden, waaronder meer extreme droogteperiodes dan deze die zich de afgelopen jaren hebben voorgedaan. Dit moet ook meer zicht geven op het belang om op termijn naar een systeem te gaan dat zowel de waterbalans als de afweging in real time aanpast aan de actuele situatie. Dit laatste vraagt de nodige IT-ontwikkelingen.

Een belangrijke vaststelling die bij de toepassing voor de voorbeeldperiodes gedaan werd, is dat er tijdens extreme droogteperiodes langs heel wat ecologisch kwetsbare waterlopen in de Provincie Limburg overschrijdingen van de ecologisch minimale debieten voorkomen, die niet volledig weggewerkt kunnen worden door reactieve maatregelen. Het is duidelijk dat een doortastend proactief waterbeheer, waarbij tijdens natte periodes opwaarts meer water wordt vastgehouden, geïnfiltreerd en vertraagd afgevoerd (zie maatregelen zoals eerder in dit rapport voorgesteld) essentieel is om de kans op waterschaarste beperkt te houden.

8.9 Eindbeschouwing

De informatie die de verschillende bouwstenen van het reactief afwegingskader aanleveren, zoals hiervoor samengevat, vragen – door de betrokken onzekerheden en gemaakte veronderstellingen – voldoende expertinterpretatie en worden bovendien best aangevuld met lokale terreinkennis over de droogtetoestand, de watersysteemwerking en de effectiviteit en handhaafbaarheid van maatregelen. De informatie die het reactief afwegingskader aanlevert is bijgevolg enkel als beslissingsondersteunend te aanzien. Het komen tot een finale besluitvorming over de reactieve maatregelen is ook niet de scope van de voorliggende opdracht.

Bovendien zijn er politieke overwegingen te bedenken om bepaalde maatregelen wel of niet te nemen. Deze opdracht paste na consultatie van een ruime groep belanghebbenden enkele principes toe, hetzij omdat ze breed gedragen worden, hetzij omdat ze wettelijk vereist zijn, maar andere politieke keuzes werden buiten beschouwing gelaten.

Daarnaast zijn er enkele typen van impact, zoals de impact op waterkwaliteit en de socio-economische keteneffecten, die niet of eerder kwalitatief ingerekend werden door een gebrek aan voldoende kennis. Het reactief afwegingskader werd echter als een dynamisch instrument opgebouwd dat toelaat om toekomstige verfijningen door te voeren na validering door toepassing ervan tijdens toekomstige droogteperiodes en wanneer bijkomende kennis ter beschikbaar komt.

Tenslotte is het belangrijk dat er goede afstemming is tussen het reactief en het proactief beleid. Toepassing van het huidige afwegingskader op historische droogteperiodes brengt de risico's in beeld, wat toelaat om mede op basis van die kennis te identificeren waar proactief prioritair geïnvesteerd moet worden. Het opvolgen van het proactief beleid laat toe om na te gaan hoe die investeringen bijdragen aan de reductie van totale maatschappelijke impact bij een bepaalde droogte-crisis en dus op de toepassing van het reactief afwegingskader. Verder dient erover gewaakt te worden dat wettelijke en beleidsmatige regelingen vanuit het pro- en reactief beleid, maar evengoed vanuit andere beleidsdomeinen, elkaar niet tegenwerken of inconsistent zijn, en dat de rechtszekerheid gegarandeerd blijft.

9 Referenties

- AcclimaTerra, Le Treut, H. (dir), 2018. Anticiper les changements climatiques en Nouvelle-Aquitaine. Pour agir dans les territoires. Éditions Région Nouvelle-Aquitaine, 2018, 488 p.
- Aggenbach, C.J.S., Desmet, N., Liczner, Y., Patyn, J., Vanderhaeghe, F., Van Diggelen, R., 2014. Ecohydrologische studie SBZ-H De Maten. ECOBE 014-R182 hoofdrapport en bijlagenrapport. Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer ECOBE/WVITO/INBO.
- Amigues J.P., P. Debaeke, B. Itier, G. Lemaire, B. Seguin, F. Tardieu, A. Thomas (Ed.), 2006. Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise scientifique collective, Rapport, INRA (France), 380 p + bijlagen.
- ANB, 2010. Vlaamse natuureservaten. Uitgegeven op Geopunt op 28/7/2010.
- ANB, 2013. Habitatrichtlijn(deel)gebieden. Uitgegeven op Geopunt op 7/1/2014.
- ANB, 2016. Erkende natuureservaten. Uitgegeven op Geopunt op 19/5/2016.
- Allen, R.G., Pereira L.S., Raes D. and Smith M., 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper. FAO, Rome, Italy.
- Anon., 2018. Propositions d'actions d'économies d'eau en agriculture sur la Galaure et la Drôme des collines. Chambre d'agriculture Drôme. 39 p.
- Baetens, J., Van Eerdenbrugh, K., Meire, P., Mostaert, F., 2005. Inventarisatie voor de opmaak van zoetwaterstrategieën - Watersysteem van het Albertkanaal en de Kempense Kanalen. Universiteit Antwerpen - Ecobe, i.s.m. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap - LIN - AWZ - Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek.
- Balling R. C. Jr., Gober P., en Jones N., 2008. Sensitivity of residential water consumption to variations in climate: An intraurban analysis of Phoenix, Arizona. Water Resource Research, 44, W10401.
- Belmans, S., Schomaker, T., Wiegant, W., Casteleyn, K. Staes, W., 2013. Uitwerken vann ecohydrologische inzichten in het Midden-Limburgs Vijvergebied in functie van het behoud en herstel van oligotrofe tot mesotrofe stilstaande wateren. HaskoningDHV Belgium NV.
- Berlamont, J., 1999. Riolerings. Acco, Leuven & Den Haag, 434 p., ISBN 9789033438912
- Bhatti, M., 1999. The meanings of gardens in an age of risk. In: T. Chapman, J. Hocky (Eds.), Ideal Homes? Social Change and Domestic Life. Routledge, London, 181–193.
- Bless, R. (1983). Untersuchungen zur Substratpräferenz der Groppe, *Cottus gobio* Linnaeus 1758 (Pisces Cottidae). Senckenbergiana Biol., 63(3/4), 161-165.
- Bless R. (1990). Die Bedeutung von gewässerbaulichen Hindernissen im Raum-ZeitSystem der Groppe (*Cottus gobio* L.). Natur und Landschaft, 65, Heft 12, 581-585.
- Bloch E., 2005. Des primes européennes critiquées. Libération, 10 aug. 2005.
- Bries J., Vandendriessche H., Geypens M., 1995. Bemesting en beregning van aardappelen in functie van opbrengst en kwaliteit. IWONL, Brussel. 250 p.
- Boerderij/veehouderij, 2000. Boerderij/veehouderij 85 – nr.18 (sept. 2000).
- Brusaert, W., 2005. Hydrology: an introduction. University Press, Cambridge. 599 p.
- Bultot F., Coppens A., Dupriez G.L., 1983. Estimation de l'évapotranspiration potentielle en Belgique (Procédure révisée). IRM-KMI Serie A Nr 112. 28 p.
- CIW, 2012. Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen. Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid
<https://www.integraalwaterbeleid.be/nl/publicaties/code-goede-praktijk-rioleringsystemen>
- CIW, 2016. Stroomgebiedbeheerplannen voor Schelde en Maas 2016-2021. Maatregelenprogramma. Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid. 118 p.
- Danckaert S. en Lenders S., 2018. Watervbruik en -beschikbaarheid in landbouw en agrovoeding, Departement Landbouw en Visserij, Brussel. 47 p.
- Dep. LNE, 2011. Richtlijnenboek milieueffectrapportage "Richtlijnenboek voor de discipline water", eindversie, rev. 0.7. Departement Omgeving, Brussel. 175 p.
- Dep. LNE, 2016. Richtlijnenboek Milieueffectrapportage. Algemeen methodologische en procedurele aspecten. Departement Omgeving, Brussel. 169 p.
- Dep. Omgeving, 2003. Geactualiseerd MERichtlijnenboek Discipline Fauna & Flora. Eindrapport. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Dep. Omgeving, Brussel. 155 p.

- De Watergroep, 2019. Waterproductiecentrum Eidsen. On line: <https://www.dewatergroep.be/nl-be/over-de-watergroep/infrastructuur/eidsen>. Geraadpleegd op: 20/05/2019
- Dewaelheyns, V. 2014. The garden complex in strategic perspective : the case of Flanders. KU Leuven, Groep Wetenschap & Technologie, 2014. 326 p.
- D'hooghe J., Wustenberghs H. en Lauwers L., 2007. Inschatting van het watergebruik in de landbouw op basis van nieuwe en geactualiseerde kengetallen per landbouwactiviteit. Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA. MIRA/2007/04, ILVO. 80 p.
- Dingman, S. L., 2002. Physical hydrology, 2nd edition. Prentice-Hall, New Jersey. 623 p.
- Domene, E., Saurí, D., 2006. Urbanisation and water consumption: Influencing factors in the metropolitan region of Barcelona. Urban Studies, 43(9), 1605–1623.
- Doorenbos J., Pruitt W.O., 1992. Crop Water requirements. FAO irrigation and drainage paper nr. 24. Rome.
- DOV, 2019. Online: www.bodemverkenner.be
- Elsen F., Balcer D., 2010. Ruilverkaveling Molenbeersel: studie naar de mogelijkheden van irrigatie. Bodemkundige Dienst van België i.s.m. Libost i.o.v. Vlaamse Landmaatschappij Limburg. 187 p.
- Elsen F., Balcer D., Janssens P., 2012. Maatschappelijk project Elerweerd, Haalbaarheidsstudie Irrigatieproject Elen-Meerheuvel. Bodemkundige Dienst van België i.s.m. Grontmij i.o.v. Steengoed CVBA. 156 p.
- Federaal planbureau en Statbel, 2019. Demografische vooruitzichten 2018-2070. Bevolking en huishoudens. Brussel. 40 p.
- Federaal planbureau en Algemene Directie Statistiek, 2017. Demografische vooruitzichten 2016-2060. Bevolking en huishoudens. Brussel. 50 p.
- Fetter, C. 2001. Applied hydrogeology. 4th ed. New Jersey: Prentice-Hall, Inc
- Fitts, C. R., 2012. Groundwater science. Academic Press. Elsevier. 961 p.
- Haecon en Witteveen en Bos, 2003. Ontwikkelen van regionale modellen ten behoeve van het Vlaams grondwater model (VGM) in gms/modflow, bestek nr. I 2003 s 0013 x. Perceel nr. 3 : Brulandkrijtmodel. Deelopdracht 2: opbouw van het grondwaterstromingsmodel, gevoeligheidsanalyse en kalibratie. In opdracht van het Ministerie Vlaamse Gemeenschap, departement leefmilieu en infrastructuur, administratie milieu-, natuur-, land- en waterbeheer, afdeling water. 102 p.
- Hoving I., 2000. Effect berekening gering bij extreme zomerse temperaturen. Praktijkonderzoek 2000-3. 40-41.
- Hoving I., 2004. Weidegras beschikbaar ondanks droogte. Praktijkkompas Rundvee, april 2004. 10-11.
- Huybrechts D., De Baere P., Van Espen L., Wellens B., Dijkmans R., 2002. Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor car- en truckwash. Vito. 2002/IMS/R/192.
- INBO, 2019a. [online] Watina. URL: <https://watina.inbo.be/>
- INBO, 2019b. Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart - Toestand 2018. Uitgegeven op Geopunt op 5/2/2019.
- Jagannathan P., Arlery R., ten Kate H., Zavarina M. V., 1967. A note on climatological normals. WMO Technical Note 84, World Meteorological Organization, Geneva.
- Jans M, 1981. Inleidende studie over de voeding van het Albertkanaal en de Kempische kanalen met het oog op debietberekening op komputermodel. Dienst voor de Scheepvaart, Hasselt.
- Janssen G., 1982. Rendabiliteit van aanvullende berekening op weiden in België. Belgische Boerenbond. 14 p.
- Janssens P. en Elsen F., 2013. Benadering van de grondwaterrestitutiefactor bij berekening in volleggrondse teelten in Vlaanderen. Onderzoek in opdracht van Studiedienst van de Belgische Boerenbond, Leuven. 37 p.
- Janssens P., Vandendriessche H., Vanderborght J., Diels J., 2015. Plant-Soil-Water relations and implications for the management of irrigation and fertilization in 'Conference' pear orchards in a temperate climate. Doctoraatsthesis KU Leuven. 133 p.
- Lancaster P., Salkauskas K. 1986. Curve and Surface Fitting: An Introduction. Computational mathematics and applications. Academic Press, 280 p.
- Le Treut, H., 2013 Les impacts du changement climatique en Aquitaine: un état des lieux scientifique. Pessac: Presses Universitaires de Bordeaux, LGPA-Editions, 2013, 365 p. (Dynamiques environnementales, HS 2013).

- Leliaert J., Feyen J., Badji M., n.d.. Conception et dimensionnement de systèmes d'irrigation sous pression. AGCD, Brussel, KULeuven.
- Maidment, D. R., 1993. Handbook of Hydrology. D. R. Maidment, ed., McGraw-Hill, New York, Chapter 1.
- MathWorks (2020), MATLAB Runtime: *Run compiled MATLAB applications or components without installing MATLAB*, <https://nl.mathworks.com/products/compiler/matlab-runtime.html>
- Moore, R.J., 2007. The PDM rainfall-runoff model. Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss. 11, 483–499.
- Moore, R.J., 1985. The probability-distributed principle and runoff production at point and basin scales. Hydrol. Sci. J. 30, 273–297.
- OCDE, 2015. Changement climatique, eau et agriculture: Vers des systems résilients. Etudes de l'OCDE sur l'eau. Ed. OCDE. 112 p.
- Peeters L, Haerens B, Van der Sluys J en Dassargues A, 2004. Modelling seasonal variations in nitrate and sulphate concentrations in a vulnerable alluvial aquifer. Environmental geology, 46, p 951-961.
- Pereira, F., Nossent, J., Verwaest, T., Mostaert, F. (2016). Verlaging van de waterstanden in het Albertkanaal juli 2011: advies. Versie 4.0. WL Adviezen, 14_074. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. IV, 33 p.
- Peters, B en G. Kurstjens, 2008. Maas in Beeld: Succesfactoren voor een natuurlijke rivier; Projectgroep Maas in Beeld. Bureau Drift/ Kurstjens ecologisch adviesbureau, Berg en Dal / Beek Ubbergen. 99 p.
- Runfola D.M., Polsky C., Nicolson C., Giner N.M., Pontius R.G., Krahe J., Decatur A., 2013. A growing concern? Examining the influence of lawn size on residential water use in suburban Boston, MA, USA. Landscape and urban planning 119 (2013) 113-123.
- Schwanghart, W., Kuhn, N.J., 2010. TopoToolbox: a set of Matlab functions for topographic analysis. Environmental Modelling & Software, 25, 770-781.
- Severyns J. en De Smedt F., 2006. Ontwikkeling van regionale modellen ten behoeve van het Vlaams grondwater model (VGM) in gms/modflow, perceel 2: Maassysteem. Deelrapport 2: opbouw van het grondwaterstromingsmodel, gevoeligheidsanalyse en calibratie. In opdracht van het Ministerie Vlaamse Gemeenschap, departement leefmilieu en infrastructuur, administratie milieu-, natuur-, land- en waterbeheer, afdeling water. 82 p.
- Spikmans F.M., Schiphouwer M., Kranenbarg J. & Breeuwer H. (2013). Naar duurzame populaties beekprik in Noord-Brabant. Voorbereidingsstudie herintroductie. Stichting RAVON, Nijmegen & IBED – Universiteit van Amsterdam.
- Stone, R., 1996. Water efficiency program for Perth. Desalination 106, 377–390.
- Stuurman R.; Dierckx J.; Runhaar H., 2003. Uitwerking van de methodiek voor de bepaling van de gewenste grondwatersituatie voor natuur in potentieel natte gebieden in Vlaanderen. Bodemkundige Dienst van België i.s.m. TNO. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Afdeling Natuur. Waterbouwkundig Laboratorium: Rapporten T50. 86 + appendices pp.
- Syme J.G., Shao Q, Po M., Campbell E., 2003. Predicting and understanding home garden water use. Landscape and urban planning 68 (2004) 121-128.
- Tennant, D. L. (1976). Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. Fisheries, 1, 6–10.
- Thomas, J.F., Syme, G.J., 1988. Estimating residential price elasticity for water in the presence of private substitutes: a contingent valuation. Water Resour. Res. 24, 1847–1857.
- T'jollyn F., Bosch H., Demolder H., De Saeger S., Leyssen A., Thomaes A., Wouters J., Paelinckx D., Hoffmann M., 2009. Ontwikkeling van criteria voor de beoordeling van de lokale staat van instandhouding van de Natura 2000 habitattypen. Versie 2.0. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2009 (46). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. 326 p.
- Tóth, J. A., 1963. A theory of groundwater motion in small drainage basins in Central Alberta, Canada. Journal of Geophysical research 67, no 11, 4795-4811.
- Tollenaers W., Van der Flaes J., 2014. De Limburgse Land- en Tuinbouw in kaart. Deputatie van de provincie Limburg. 66 p.
- Tran, Q.Q., De Niel, J., Willems, P., 2018. Spatially-distributed conceptual hydrological model building: a generic top-down approach starting from lumped models. Water Resources Research, 54(10), 8064-8085
- van der Veen G. J. & Garritsen A. C. (1994) Kennisoverzicht ecohydrologie: inventarisatie van kennis en expertise op gebied van ecohydrologie en verdroging. Nationaal Onderzoeksprogramma Verdroging (NOV-rapport 7).

- Vansteelandt P, 1984. De waterhuishouding in het mijnverzakkingsgebied van de kolenmijn Eisdien (Hydrogeology of the mining subsidence area of the Eisdien coal mine). Tijdschrift Water, 18, 138–143.
- Vansteenkiste, Th., Tavakoli, M., Van Steenberghe, N., De Smedt, F., Batelaan, O., Pereira, F., Willems, P., 2014. Intercomparison of five lumped and distributed models for catchment runoff and extreme flow simulation. Journal of Hydrology, 511C, 335–349.
- Van Tomme I., De Sutter R., 2005. Actualisering en analyse van het watergebruik van de huishoudens, de industriële kleinverbruikers, de sector landbouw en de sector handel en diensten in Vlaanderen (1991-2003). Ondersteunend onderzoek MIRA T 2005. Studie i.o.v. de VMM. Ecolas NV. 37 p.
- Verbeiren B., Batelaan O. en De Smedt F., 2006. Ontwikkeling van regionale modellen ten behoeve van het Vlaams grondwater model (VGM) in gms/modflow. Deelrapport 2: opbouw van het grondwaterstromingsmodel, gevoeligheidsanalyse en kalibratie, perceel 1: Centraal Kempisch Systeem. In opdracht van het Ministerie Vlaamse Gemeenschap, departement leefmilieu en infrastructuur, administratie milieu-, natuur-, land- en waterbeheer, afdeling water. 66 p.
- VMM, 2006. Hydrogeologisch 3D model van de ondergrond van Vlaanderen. Vlaamse Milieumaatschappij, afdeling operationeel waterbeheer, dienst Grondwater. Online: <https://www.dov.vlaanderen.be/portaal/?module=verkenner>
- VMM, 2006b. Grondwaterstromingsgevoelige gebieden (Watertoets). Uitgegeven op Geopunt op 5/10/2006
- VMM, 2006c. Grondwaterbeheer in Vlaanderen: het onzichtbare water doorgrond. Vlaamse Milieumaatschappij. Aalst. 150 p.
- VMM, 2008a. Grondwater in Vlaanderen: het Brulandkrijtsysteem. Vlaamse Milieumaatschappij. Aalst. 125 p.
- VMM, 2008b. Grondwater in Vlaanderen: het Centraal Kempisch systeem. Aalst. Vlaamse Milieumaatschappij, 110 p.
- VMM, 2008c. Grondwater in Vlaanderen: het Maassysteem. Aalst. Vlaamse Milieumaatschappij, 96 p.
- Vlaamse Milieumaatschappij, 2013. Opvang en afvoer van regenwater. Een bevraging bij huishoudens in Vlaanderen, 15 p.
- Vlaamse Milieumaatschappij, 2018. Watergebruik door huishoudens – het watergebruik in 2016 bij de Vlaming thuis. 41 p
- VMM - Vlaamse Milieumaatschappij, 2019. Geopunt. Retrieved from <https://www.geopunt.be>, mei 2019
- Vlaamse Overheid, 2019. Waterinfo. Retrieved from <https://www.waterinfo.be/>, januari 2019
- VRAG (2021). 'Uitwerking van een reactief afwegingskader voor prioritair watergebruik tijdens waterschaarste', Studie door KU Leuven (o.l.v. P.Willems), Sumaqua (V.Wolfs), KPMG (K.Geryl), Cycloop (K.Sips), Bodemkundige Dienst van België (T.Coussement) en Universiteit Antwerpen (J.Staes, A.Crabbé) voor Vlaamse Milieumaatschappij, de Vlaamse Waterweg, het Departement Mobiliteit en Openbare Werken, het Departement Omgeving, het Departement Landbouw en Visserij, het Departement Economie, Wetenschap en Innovatie, en het Agentschap Natuur & Bos, Eindrapport, maart 2021, 558 p.
- Waterbouwkundig Laboratorium en Universiteit Antwerpen (Ecosystem Management Research Group), 2005. Watersysteem van het Albertkanaal en de Kempense kanalen, inventarisatie voor de opmaak van zoetwaterstrategieën: eindrapport. 102 p.
- Wentz E.A. en Gober P., 2007. Determinants of Small-Area Water Consumption for the City of Phoenix, Arizona. Water Resource Management (2007) 21:1849–1863
- Willems P., 2009. A time series tool to support the multi-criteria performance evaluation of rainfall-runoff models. Environmental Modelling & Software, 24(3), 311–321
- Willems, P., 2013. Waterloopmodellering. Acco Leuven & Den Haag, 268 p., ISBN 978-90-334-9296-9, D/2013/0543/132, NUR 955
- Willems, P., Mora, D., Vansteenkiste, Th., Taye, M.T., Van Steenberghe, N., 2014. Parsimonious rainfall-runoff model construction supported by time series processing and validation of hydrological extremes – Part 2: Intercomparison of models and calibration approaches. Journal of Hydrology, 510, 591–609
- Wolfs, V., Willems, P., 2019. Analyse historische droogte en ontwerprichtlijnen bronmaatregelen onder klimaatverandering, voor VMM, januari 2019, 42 p.

10 Bijlagen

BIJLAGE A: Vertaling van de habitats gekarteerd in de BWK-habitatkaart naar de vegetatiecodes overeenstemmend met het NICHE model.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	HAB	NICHE C2	NICHE C2	NICHE C2	LEG	Grondwaterafl	Grondwaterafl	Legende	ZekerOnzeker	Behoort tot code	Behoort tot habitattype	Behoort tot subtype	Kalibratiemodus	NICHE C2 diff
2	1130	0	0	0	0	3 sommige localities	hab	hab	zeker	1130	1130	1130	1130	0
3	1130 vg	0	0	0	0	3	hab	hab	zeker	1130	1130	vg	1130	0
4	1140	0	0	0	0	3 niet	hab	hab	zeker	1140	1140	1140	1140	0
5	1310 1330 hpr	0	0	0	0	3	hab	hab	onzeker	1310 1330	1330	hpr	1330	0
6	1310 pol	0	0	0	0	3 alle localities	hab	hab	zeker	1310	1310	pol	1310	0
7	1310 zk	0	0	0	0	3 alle localities	hab	hab	zeker	1310	1310	zk	1310	0
8	1310 zv	0	0	0	0	3 alle localities	hab	hab	zeker	1310	1310	zv	1310	0
9	1320	0	0	0	0	3 alle localities	hab	hab	zeker	1320	1320	1320	1320	0
10	1330 bin	0	0	0	0	3 alle localities	hab	hab	zeker	1330	1330	bin	1330	0
11	1330 da	0	0	0	0	3 alle localities	hab	hab	zeker	1330	1330	da	1330	0
12	1330 hpr	0	0	0	0	3 alle localities	hab	hab	zeker	1330	1330	hpr	1330	0
13	1330 hpr gh	0	0	0	0	3	ohab	ohab	onzeker	1330	1330	hpr	1330	0
14	1330 mz	0	0	0	0	3	hab	hab	zeker	1330	1330	da	1330	0
15	2110	0	0	0	0	0 niet	hab	hab	zeker	2110	2110	2110	2110	0
16	2120	0	0	0	0	0 niet	hab	hab	zeker	2120	2120	2120	2120	0
17	2130 had	0	0	0	0	0 sommige localities	hab	hab	zeker	2130	2130	had	2130	0
18	2130 hd	0	0	0	0	0 sommige localities	hab	hab	zeker	2130	2130	hd	2130	0
19	2150	0	0	0	0	0 niet	hab	hab	zeker	2150	2150	2150	2150	0
20	2160	0	0	0	0	0 sommige localities	hab	hab	zeker	2160	2160	2160	2160	0
21	2160 2170	0	0	0	0	1	hab	hab	onzeker	2160 2170	2170	2170	2170	0
22	2170	0	0	0	0	1 alle localities	hab	hab	zeker	2170	2170	2170	2170	0
23	2180	0	0	0	0	0 sommige localities	hab	hab	zeker	2180	2180	2180	2180	0
24	2190	0	0	0	0	3 alle localities	hab	hab	zeker	2190	2190	2190	2190	0
25	2190 bos	0	0	0	0	3 alle localities	hab	hab	onzeker	2190	2190	gh	2190	0
26	2190 mp	15	15	15	15	3 alle localities	hab	hab	zeker	2190	2190	mp	2190	0
27	2310	28	28	28	28	0 niet	hab	hab	zeker	2310	2310	2310	2310	0
28	2310 2330	28	28	28	28	0	hab	hab	onzeker	2310 2330	2310	2310 2330	2310 2330	0
29	2310 4010	28	22	22	22	0	hab	hab	onzeker	2310 4010	2310	4010 7150	4010 7150	1
30	2310 bos	28	28	28	28	0	hab	hab	zeker	2310	2310	2310	2310	0
31	2310 gh	28	28	28	28	0	ohab	ohab	onzeker	2310	2310	2310	2310	0
32	2330	0	0	0	0	0 niet	hab	hab	zeker	2330	2330	2330	2330	0
33	2330 bos	0	0	0	0	0 niet	hab	hab	zeker	2330	2330	2330	2330	0
34	2330 gh	0	0	0	0	0	ohab	ohab	onzeker	2330	2330	2330	2330	0
35	2330 bu	0	0	0	0	0 niet	hab	hab	zeker	2330	2330	bu	2330	0
36	2330 dw	0	0	0	0	0 niet	hab	hab	zeker	2330	2330	dw	2330	0
37	3110	0	0	0	0	3 alle localities	hab	hab	zeker	3110	3110	3110	3110	0
38	3130	0	0	0	0	3 alle localities	hab	hab	zeker	3130	3130	aom	3130	0
39	3130 gh	0	0	0	0	3	ohab	ohab	onzeker	3130	3130	aom	3130	0
40	3130 aom	0	0	0	0	3 alle localities	hab	hab	zeker	3130	3130	aom	3130	0
41	3130 aom, rbms	14	14	14	14	3 alle localities	ohab	ohab	onzeker	3130	3130	aom	3130	0
42	3130 na	0	0	0	0	3 alle localities	hab	hab	zeker	3130	3130	aom	3130	0
43	3130 rbmr	0	0	0	0	3 alle localities	hab	hab	onzeker	3130 rbmr	3130	na	3130	0
44	3140	0	0	0	0	3 alle localities	hab	hab	zeker	3140	3140	3140	3140	0
45	3140 gh	0	0	0	0	3	ohab	ohab	onzeker	3140	3140	3140	3140	0
46	3150	0	0	0	0	3 alle localities	hab	hab	zeker	3150	3150	3150	3150	0
47	3150 gh	0	0	0	0	3	ohab	ohab	onzeker	3150	3150	3150	3150	0
48	3150 rbmr	0	0	0	0	3	hab	hab	onzeker	3150 rbmr	3150	3150	3150	0
49	3160	0	0	0	0	3 alle localities	hab	hab	zeker	3160	3160	3160	3160	0
50	3160 gh	0	0	0	0	3	ohab	ohab	onzeker	3160	3160	3160	3160	0
51	3160 rbmr	0	0	0	0	3	hab	hab	onzeker	3160 rbmr	3160	3160	3160	0
52	3260	0	0	0	0	3 sommige localities	hab	hab	zeker	3260	3260	3260	3260	0
53	3270	0	0	0	0	3 sommige localities	hab	hab	zeker	3270	3270	3270	3270	0
54	4010	22	22	22	22	2 alle localities	hab	hab	zeker	4010	4010	4010 7150	4010 7150	0
55	4010 7150	22	22	22	22	2	hab	hab	onzeker	4010 7150	4010	4010 7150	4010 7150	0

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	HAB	NICHE C	NICHE C2	NICHE C LEG	NICHE C2 LEG	Grondwateralt	Grondwateralt20	Legende	ZekerOnzeker	Behoort tot code	Behoort tot habitattype	Behoort tot subtype	Kalibratiemodus	NICHE C diff
56	4010.4030	22	22			2	hab	onzeker	4010.4030	4010	4010		4010	0
57	4010.4030.bos	22	22			2	hab	onzeker	4010.4030	4010	4010		#N/A	0
58	4010.bos	22	22			2 alle localities	hab	zeker	4010	4010	4010		4010.7150	0
59	4010.rbbms	22	22			2 alle localities	hab	onzeker	4010.rbbms	4010	4010		rbbms	0
60	4030	28	28			0 niet	hab	zeker	4030	4030	4030		4030	0
61	4030.bos	28	28			0 niet	hab	zeker	4030	4030	4030		4030	0
62	4030.gh	28	28			0	hab	onzeker	4030	4030	4030		4030	0
63	5130	0	0			0 niet	hab	zeker	5130	5130	5130		5130	0
64	5130.bos	0	0			0 niet	hab	onzeker	5130	5130	5130		5130	0
65	6110	0	0			0 niet	hab	zeker	6110	6110	6110		6110	0
66	6120	0	0			0 niet	hab	zeker	6120	6120	6120		6120	0
67	6120.bos	0	0			0 niet	hab	onzeker	6120	6120	6120		6120	0
68	6210.hk	0	0			0 niet	hab	zeker	6210	6210	6210	hk	6210	0
69	6210.sk	0	0			0 niet	hab	zeker	6210	6210	6210	sk	6210	0
70	6230	0	0			0 sommige localities	hab	zeker	6230	6230	6230		6230	0
71	6230.6410	17	17			2	hab	onzeker	6230.6410	6410	6410		6230	0
72	6230.bos	0	0			0	hab	zeker	6230	6230	6230		6230	0
73	6230.gh	0	0			0	hab	onzeker	6230	6230	6230		6230	0
74	6230.ha	0	0			0 niet	hab	zeker	6230	6230	6230	ha	6230	0
75	6230.ha.bos	0	0			0 niet	hab	zeker	6230	6230	6230	ha	6230	0
76	6230.hmo	0	0			2 alle localities	hab	zeker	6230	6230	6230	hmo	6230	0
77	6230.hmo.bos	0	0			2 alle localities	hab	zeker	6230	6230	6230	hmo	6230	0
78	6230.hn	0	0			0 niet	hab	zeker	6230	6230	6230	hn	6230	0
79	6230.hnk	0	0			0 niet	hab	zeker	6230	6230	6230	hnk	6230	0
80	6410	17	17			2 alle localities	hab	zeker	6410	6410	6410		6410	0
81	6410.bos	17	17			2 alle localities	hab	zeker	6410	6410	6410		6410	0
82	6410.gh	17	17			2	hab	onzeker	6410	6410	6410		6410	0
83	6410.mo	17	17			2 alle localities	hab	zeker	6410	6410	6410	mo	6410	0
84	6410.mo.bos	17	17			2 alle localities	hab	onzeker	6410	6410	6410	mo	6410	0
85	6410.ve	17	17			2 alle localities	hab	zeker	6410	6410	6410	ve	6410	0
86	6430	8	8			2 sommige localities	hab	zeker	6430	6430	6430		6430.rbbhf	0
87	6430.bos	8	8			2 sommige localities	hab	zeker	6430	6430	6430		6430.rbbhf	0
88	6430.rbbhf	8	8			2	hab	onzeker	6430.rbbhf	6430	6430		6430.rbbhf	0
89	6430.rbbhf.bos	8	8			2	hab	onzeker	6430.rbbhf	6430	6430		6430.rbbhf	0
90	6430.bz	9	9			2 sommige localities	hab	zeker	6430	6430	6430	bz	6430.rbbhf	0
91	6430.hf	8	8			2 alle localities	hab	zeker	6430	6430	6430	hf	6430.rbbhf	0
92	6430.hw	8	8			2 alle localities	hab	zeker	6430	6430	6430	hw	6430.rbbhf	0
93	6430.mr	8	8			2 alle localities	hab	zeker	6430	6430	6430	mr	6430.rbbhf	0
94	6430.mr.rbbmr	8	8			2	hab	onzeker	6430.rbbmr	6430	6430	mr	rbbmr	0
95	6510	20	20			1 sommige localities	hab	zeker	6510	6510	6510	hu	6510	0
96	6510.bos	19	19			1 sommige localities	hab	onzeker	6510	6510	6510	hu	6510	0
97	6510.bos.gh	19	19			1	hab	onzeker	6510	6510	6510	hu	6510	0
98	6510.gh	19	19			1	hab	onzeker	6510	6510	6510	hu	6510	0
99	6510.hu	20	20			1 niet	hab	zeker	6510	6510	6510	hu	6510	0
100	6510.hu.bos	20	20			1 niet	hab	zeker	6510	6510	6510	hu	6510	0
101	6510.hua	19	19			1 alle localities	hab	zeker	6510	6510	6510	hua	6510	0
102	6510.huk	0	0			0 niet	hab	zeker	6510	6510	6510	huk	6510	0
103	6510.hus	19	19			1 alle localities	hab	zeker	6510	6510	6510	hus	6510	0
104	7110	24	24			3 alle localities	hab	zeker	7110	7110	7110		7110	0
105	7140	0	0			3 alle localities	hab	zeker	7140	7140	7140		7140	0
106	7140.bos	0	0			3 alle localities	hab	onzeker	7140	7140	7140		7140	0
107	7140.gh	0	0			3	hab	onzeker	7140	7140	7140		7140	0
108	7140.rbbms	14	14			3	hab	onzeker	7140.rbbms	7140	7140		7140	0
109	7140.rbbms.bos	14	14			3	hab	onzeker	7140.rbbms	7140	7140		7140	0

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	HAB	NICHE C	NICHE C2	NICHE C LEG	NICHE C2 LEG	Grondwateraht	Grondwateraht20	Legende	ZekerOnzeker	Behoort tot code	Behoort tot habitattype	Behoort tot subtype	kalibratiemodus	NICHE C diff
110	7140 base	0	0			3 alle localities	hab	hab	zeker	7140	7140	base	7140	0
111	7140 cl	0	0			3 alle localities	hab	hab	zeker	7140	7140	cl	7140	0
112	7140 meso	14	14			3 alle localities	hab	hab	zeker	7140	7140	meso	7140	0
113	7140 mrd	0	0			3 alle localities	hab	hab	zeker	7140	7140	mrd	7140	0
114	7140 mrd gh	0	0			3	ohab	onzekeer	7140	7140	7140	mrd	7140	0
115	7140 oli	23	23			3 alle localities	hab	zeker	7140	7140	7140	oli	7140	0
116	7150	25	25			2 alle localities	hab	zeker	7150	7150	4010 7150			0
117	7210	15	15			3 alle localities	hab	zeker	7210	7210	7210		7210	0
118	7220	0	0			3 alle localities	hab	zeker	7220	7220	7220		7220	0
119	7230	15	15			3 alle localities	hab	zeker	7230	7230	7230		7230	0
120	7230 bos	15	15			3	hab	zeker	7230	7230	7230		7230	0
121	9110	0	0			0 niet	hab	zeker	9110	9110	9110		9110	0
122	9110 gh	0	0			0 niet	hab	onzekeer	9110 9110	9110 9110	9110		9110	0
123	9120	0	0			0 sommige localities	hab	zeker	9120	9120	9120		9120 9190	0
124	9120 gh	0	0			0	ohab	onzekeer	9120	9120	9120	qb	9120 9190	0
125	9120 qb	0	0			0 sommige localities	hab	zeker	9120	9120	9120	qb	9120 9190	0
126	9120 qb gh	0	0			0	ohab	onzekeer	9120	9120	9120	qb	9120 9190	0
127	9130	0	0			0 sommige localities	hab	zeker	9130	9130	9130	end	9130	0
128	9130 end	0	0			0 sommige localities	hab	zeker	9130	9130	9130	end	9130	0
129	9130 fm	0	0			0 sommige localities	hab	zeker	9130	9130	9130	fm	9130	0
130	9150	0	0			0 niet	hab	zeker	9150	9150	9150		9150	0
131	9150 sk	0	0			0	hab	zeker	9150	9150	9150		9150	0
132	9160	5	5			1 sommige localities	hab	zeker	9160	9160	9160		9160	0
133	9160 gh	5	5			1	ohab	onzekeer	9160	9160	9160		9160	0
134	9190	6	6			0 sommige localities	hab	zeker	9190	9190	9190		9120 9190	0
135	9190 gh	6	6			0	ohab	onzekeer	9190	9190	9190		9120 9190	0
136	91EO	2	2			3 alle localities	hab	zeker	91EO	91EO	91EO		91EO	0
137	91EO gh	2	2			3	ohab	onzekeer	91EO	91EO	91EO		91EO	0
138	91EO sf	0	0			3 alle localities	hab	zeker	91EO	91EO	91EO	sf	91EO	0
139	91EO va	4	4			3 alle localities	hab	zeker	91EO	91EO	91EO		91EO	0
140	91EO vavc	4	4			3 alle localities	hab	zeker	91EO	91EO	91EO		91EO	0
141	91EO vc	0	0			3 alle localities	hab	zeker	91EO	91EO	91EO		91EO	0
142	91EO vf	4	4			3 alle localities	hab	zeker	91EO	91EO	91EO		91EO	0
143	91EO vfm	2	4			3 alle localities	hab	zeker	91EO	91EO	91EO		91EO	1
144	91EO vm	2	2			3 alle localities	hab	zeker	91EO	91EO	91EO		91EO	0
145	91EO vmvo	2	1			3 alle localities	hab	zeker	91EO	91EO	91EO		91EO	1
146	91EO vn	3	3			3 alle localities	hab	zeker	91EO	91EO	91EO		91EO	0
147	91EO vnva	3	4			3 alle localities	hab	zeker	91EO	91EO	91EO		91EO	1
148	91EO vnvm	3	2			3 alle localities	hab	zeker	91EO	91EO	91EO		91EO	1
149	91EO vo	1	1			3 alle localities	hab	zeker	91EO	91EO	91EO		91EO	0
150	91F0	0	0			1 sommige localities	hab	zeker	91F0	91F0	91F0		91F0	0
151	Brussel													
152	gh	0	0			0	gh	zeker	gh	gh	gh		gh	0
153	gh 3150	0	0			3	ohab	onzekeer	3150	3150	3150		gh	0
154	gh ae	0	0			0	gh	zeker	gh	gh	gh		gh	0
155	gh ao	0	0			0	gh	zeker	gh	gh	gh		gh	0
156	gh ha	0	0			0	gh	zeker	gh	gh	gh		gh	0
157	gh ha bos	0	0			0	gh	zeker	gh	gh	gh		gh	0
158	rbbah	0	0			3 alle localities	gh	zeker	rbbah	rbbah	rbbah		gh	0
159	rbhbc	18	18			2 alle localities	gh	zeker	rbhbc	rbhbc	rbhbc		rbhbc	0
160	rbhbc bos	18	18			2 alle localities	gh	onzekeer	rbhbc	rbhbc	rbhbc		gh	0
161	rbbsf	8	8			2 alle localities	gh	zeker	rbbsf	rbbsf	rbbsf		6430 rbbsf	0
162	rbbsf bos	8	8			2 alle localities	gh	onzekeer	rbbsf	rbbsf	rbbsf		gh	0
163	rbbkam	21	21			2 sommige localities	gh	zeker	rbbkam	rbbkam	rbbkam		rbbkam	0

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	HAB	NICHE C	NICHE C2	NICHE C LEG	NICHE C2 LEG	Grondwateraht	Grondwateraht20	Legende	ZekerOnzeker	Behoort tot code	Behoort tot habitattype	Behoort tot subtype	kalibratiemodus	NICHE C diff
165	rbhbc bos	7	12			3 alle localities	gh	onzekeer	rbhbc	rbhbc		gh		1
166	rbhmr	12	12			3 alle localities	gh	zeker	rbhmr	rbhmr		gh		0
167	rbhmr bos	12	12			3 alle localities	gh	onzekeer	rbhmr	rbhmr		gh		0
168	rbhms	14	14			3 alle localities	gh	zeker	rbhms	rbhms		gh		0
169	rbhms bos	14	14			3 alle localities	gh	onzekeer	rbhms	rbhms		gh		0
170	rbpppm	0	0			0 niet	gh	zeker	rbpppm	rbpppm		gh		0
171	rbbsf	0	0			3 alle localities	gh	zeker	rbbsf	rbbsf		gh		0
172	rbbsf bos	0	0			3 alle localities	gh	onzekeer	rbbsf	rbbsf		gh		0
173	rbbsg	0	0			0 niet	gh	zeker	rbbsg	rbbsg		gh		0
174	rbbsm	27	27			2 alle localities	gh	zeker	rbbsm	rbbsm		gh		0
175	rbbsm bos	27	27			2 alle localities	gh	onzekeer	rbbsm	rbbsm		gh		0
176	rbbsso	0	0			3 alle localities	gh	zeker	rbbsso	rbbsso		gh		0
177	rbbsso bos	0	0			3 alle localities	gh	onzekeer	rbbsso	rbbsso		gh		0
178	rbbsp	0	0			0 niet	gh	zeker	rbbsp	rbbsp		gh		0
179	rbbsp bos	0	0			0 niet	gh	onzekeer	rbbsp	rbbsp		gh		0
180	rbbvos	19	19			1 alle localities	gh	zeker	rbbvos	rbbvos		gh		0
181	rbbzil	16	16			1 alle localities	gh	zeker	rbbzil	rbbzil		gh		0
182	x	0	0			0	onab	onzekeer	x	x		gh		0

1	Code N2000 habitattype	N2000 Habitattype	Code Vegetatie	NICHE Vlaanderen Vegetatie	Koppeling	Opmerking	KOPPELING
3	2190_mp	Duinpannen met kalkminnende vegetaties	15	Caricion davallianae	CHECK	CHECK	G Keuze van het vegetatietype uit NICHE dat het meest gevoelig voor verdroging is
4	2310	Psammoïele heide met <i>Calluna</i> en <i>Genista</i>	28	Calluno - Geniston pilosae			S Keuze van een vegetatietype uit NICHE dat breder gedefinieerd is dan het habitattype (bvb. gegevens voor het habitattype worden als inschatting voor een subtype gebruikt)
5	2310,4010	Psammoïele heide met <i>Calluna</i> en <i>Genista</i> 'of Noord-Atlantische vochtige heide met <i>Erica tetralix</i> '	22	Ericion tetralicis	G		R Keuze van het meest representatieve vegetatietype uit NICHE (= meest voorkomende vegetatietype, zelfs als dit niet het meest gevoelige is)
6	2330	Open grasland met <i>Corynephorus</i> en <i>Agrostis</i> - soorten op landduinen					B Keuze van vegetatietypen die niet overeenkomen met het zoombiotop, maar die overeenkomen met vegetatietypen die overeenkomen met het zoombiotop
7	2330_bu	Buntgras-verbond					B Directe koppeling of geen gegevens
8	2330_dv	Overheersend verbond					
9	3110	Mineraalarme oligotrofe vateren van de Atlantische zandvlakten					
10	3130	Oligotrofe tot mesotrofe stilstaande vateren					
11	3130_aom	Overkruidgemeenschappen (<i>Littorelletum</i>)					
12	3130_aom,rbms	Overkruidgemeenschappen of regionaal belangrijk biotoop kleine zeggenvegetatie	14	Caricion nigrae	B		
13	3150	Van nature eutrofe meren met vegetatie van het type <i>Magnopotamo</i> of <i>Holochortum</i>					
14	3160	Oystroïde natuurlijke poelen en meren					
15	3260	Submontane en laagland rietten met vegetaties behorend tot het <i>Ranunculo-Alutensis</i> en het <i>Callitriche-Batrachion</i>					
16	3270	Rivieren met slioevers met vegetaties behorend tot het <i>Chenopodion rubrip.</i> en <i>Bidenton p.p.</i>					
17	4010	Noord-Atlantische vochtige heide met <i>Erica tetralix</i>	22	Ericion tetralicis			
18	4010,4030	Noord-Atlantische vochtige heide met <i>Erica tetralix</i> 'of Droge Europese heide'	22	Ericion tetralicis	G		
19	4030	Droge Europese heide	28	Calluno - Geniston pilosae			
20	5130	Voedselrijke zoomvormende ruigten					
21	6120	Kalkminnend grasland op dorre zandbodem					
22	6210	Kalkrijk grasland, exclusief duingrasland					
23	6210_hk	Kalkrijk grasland, exclusief duingrasland					
24	6210_sk	Kalkrijke zomen en struvelen					
25	6230	Sootenrijke heischrale graslanden					
26	6230_ha	Sootenrijk struisgrasland					
27	6230_hmo	Vochtig heischraal grasland koppeling via Watermooi					
28	6230_hn	Droog heischraal grasland					
29	6230_hnk	Heischraal grasland met kalkminnende soorten (<i>Stenactis-Brachypodium</i>)					
30	6230,6410	Sootenrijke heischrale graslanden op arme bodems 'of Grasland met <i>Molinia</i> op kalkhoudende, venige of lemige kleibodem (<i>Molinia</i>)	17	Junco - Molinion	B		
31	6410	Grasland met <i>Molinia</i> op kalkhoudende, venige of lemige kleibodem (<i>Molinia</i>)	17	Junco - Molinion			
32	6410_mo	Basenrijk <i>Molinia</i> -graslanden (Blauwgraslanden s.s.)	17	Junco - Molinion	S		
33	6410_ve	Basenrijk <i>Molinia</i> -graslanden, inclusief het Veldruistype	17	Junco - Molinion	S		
34	6430	Voedselrijke zoomvormende ruigten	8	Filipendulion	R		
35	6430_bz	Boszomen	9	Gallio - Alliarion			
36	6430_hf	Vochtig tot natte moeraspalearuigten	8	Filipendulion			
37	6430_hv	Verbond van harig vilgenroosje	8	Filipendulion	R		
38	6430_mv	Verbond van echte heemst, moeraslatyrus en/of moerasmelkdistel	8	Filipendulion	R		
39	6510	Laaggelegen schraal hooiland: glanshaververbond	20	Arrhenatherion elatioris	R		
40	6510_hu	Laaggelegen schraal hooiland: glanshaververbond, excl. onderstaande types	20	Arrhenatherion elatioris			
41	6510_hua	Verbond van grote voszstaart, associatie van weidekerfveertuig	19	Alopecurion pratensis			
42	6510_huk	Kalkrijk lamgrasland (<i>Gallio-Trifolietum</i>)					in eerdere versies 21Cynodon cristati (S)
43	6510_hus	Grote pimpinellgraslanden	19	Alopecurion pratensis			
44	7110	Acieel hoogveen	24	Oxycooco - Ericion			
45	7120	Aangestast hoogveen waar natuurlijke regeneratie nog mogelijk is					in eerdere versies 23 Venige heide (R)
46	7140	Overgangs- en trilveen					
47	7140_base	Basenrijk trilveen met ronde zegge					
48	7140_cl	Verlandingsvegetaties van draadzegge in voedselarme, zure vennen					
49	7140_meso	Basenrijk tot matig basenrijk, zuur tot circum-neutraal laagveen	14	Caricion nigrae			
50	7140,rbms	Overgangs- en trilveen of regionaal belangrijk biotoop kleine zeggenvegetaties	14	Caricion nigrae	B		
51	7140_mrd	Moerasveen met of zonder moeraspalearuigten op zandbodem					

1	Code N2000 habitattype	N2000 Habitattype	NICHE Vlaanderen		Koppeli g	Opmerking
2			Code Vegetatie	Vegetatie		
52	7140_oli	Natte heide en venoevers met hoogveensoorten	23	Venige heide		
53	7150	Slenken in veengronden met vegetatie behorend tot het <i>Rhynchosporion</i>	25	Rhynchosporion albae		
54	7210	Kalkhoudende moerassen met <i>Cladium mariscus</i> en soorten van het <i>Caricion davalliana</i>	15	Caricion davalliana	R	
55	7220	Kalktufbronnen met tufsteenformatie (<i>Cratoneurion</i>)				
56	7230	Alkalisch laagveen	15	Caricion davalliana		
57	8310	Niet voor het publiek opengestelde grotten				
58	9110	Beukenbossen van het type <i>Luzulo-Fagetum</i>				
59	9120	Atlantische zuuromvinnende beukenbossen met <i>Ilav</i> en soms ook <i>Taxus</i> in de ondergroei				
60	9120_qb	Atlantische zuuromvinnende beukenbossen met <i>Ilav</i> en soms ook <i>Taxus</i> in de ondergroei				
61	9130	Beukenbossen van het type <i>Asperulo-Fagetum</i> , subtype Atlantisch neutrofiel beukenbos				
62	9130_end	Atlantisch neutrofiel beukenbos (<i>Endymio-Fagetum</i>)				
63	9130_fm	Beukenbossen van het type <i>Asperulo-Fagetum</i> , subtype Midden-Europees neutrofiel beukenbos				
64	9150	Midden-Europese kalkrijke beukenbossen behorende tot het <i>Capphalanthero-Fagion</i>				
65	9160	Sub-Atlantische en midden-Europese vintereikenbossen of eikenhaagbeukbossen	5	Carpinion betuli		
66	9190	Oude zuuromvinnende eikenbossen op zandlakten met <i>Quercus robur</i>	6	Betulo-Quercetum roboris		
67	91E0_sf	Zachthoutoebos				
68	91E0_va	Beekbegeleidend vogelkers-essenbos en essen-lepenbos	4	Pruno - Fraxinetum		
69	91E0_vc	Goudveil-essenbos				
70	91E0_vavc		4	Pruno - Fraxinetum	B	
71	91E0_vf	Beekbegeleidend vogelkers-essenbos en essen-lepenbos	4	Pruno - Fraxinetum		
72	91E0_vfvm		4	Pruno - Fraxinetum	B	bodem K1, KV
73	91E0_vfvm		4	Pruno - Fraxinetum	G	bodem ZV, L1, LV
74	91E0_vfvm		2	Carici elongatae - Alnetum	B	bodem V, Z1
75	91E0_vm	Meso- tot oligotroof elzen- en berkenbroek	2	Carici elongatae - Alnetum		
76	91E0_vmo		2	Carici elongatae - Alnetum	G	bodem V
77	91E0_vmo		2	Carici elongatae - Alnetum	B	bodem Z1, Z2, L1, LV
78	91E0_vmo		1	Sphagno- Alnetum	G	bodem ZV
79	91E0_vmo		1	Sphagno- Alnetum	B	bodem KV
80	91E0_vn	Ruigte-elzenbos (Filipendulo-Alnetum)	3	Macrophorbio - Alnetum		
81	91E0_vnva		3	Macrophorbio - Alnetum	G	bodem K1, KV, ZV, LV, V
82	91E0_vnva		4	Pruno - Fraxinetum	G	bodem L1
83	91E0_vnvm		2	Carici elongatae - Alnetum	G	bodem V
84	91E0_vnvm		2	Carici elongatae - Alnetum	B	bodem Z1, Z2
85	91E0_vnvm		3	Macrophorbio - Alnetum	G	bodem ZV, L1, LV
86	91E0_vnvm		3	Macrophorbio - Alnetum	B	bodem K1, KV
87	91E0_vo	Meso- tot oligotroof elzen- en berkenbroek	1	Sphagno- Alnetum		
88	91E0_vt	Meso- tot oligotroof elzen- en berkenbroek	1	Sphagno- Alnetum		
89	91E0	Bossen op alluviale grond met <i>Alnus glutinosa</i> en <i>Fraxinus excelsior</i>	2	Carici elongatae - Alnetum	R	
90	91F0	Gemengde oeverformaties met <i>Quercus robur</i> , <i>Ulmus laevis</i> en <i>Ulmus minor</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> of <i>Fraxinus angustifolia</i> , langs de grote rivieren (<i>Ulmion minoris</i>)				
91	rbbah	zilde plassen				
92	rbbhc	regionaal belangrijk biotoop dotterbloemgrasland	18	Calthion palustris		
93	rbbhf	regionaal belangrijk biotoop moeraspirearigte met graslandkenmerken	8	Filipendulion		
94	rbbkam	soortenrijk kamgrasland	21	Cynosurion cristati		
95	rbbmc	regionaal belangrijk biotoop grote zeggenvegetaties	12	Magnocaricion met Phragmites		
96	rbbmc	regionaal belangrijk biotoop grote zeggenvegetaties	7	Caricion gracilis		toegevoegd 01/2018
97	rbbmr	regionaal belangrijk biotoop rietland en andere Phragmion-vegetaties	12	Magnocaricion met Phragmites		
98	rbbms	regionaal belangrijk biotoop kleine zeggenvegetaties (BWK ms) niet vervat in overgangsvelden (7140)	14	Caricion nigrae		
99	rbbppm	structuurrijke, oude aanplanten van Grove den				
100	rbbst	moerasbos van breedbladige wilgen				
101	rbbstg	brei- en gaspeldoornstruweel				
102	rbbstn	regionaal belangrijk biotoop gageelstruweel, niet vervat in habitattypen t.g.v. hun ondergroei	27	RIG Myrica gale (Chrysococco-sphagnetum)		
103	rbbstn	vochtig wilgenstruweel op venige en zure grond				
104	rbbvos	soortenrijk grote vossenstaartgrasland	19	Alopecurion pratensis		
105	rbbzil	regionaal belangrijk biotoop zilverschoongrasland onder zilte elementen	16	Lolio-Potentillion anserinae		

BIJLAGE B: Overzicht van de NICHE-bodemcodes en hun betekenis.

zuurgraad		
Cijfercode	pH klasse	
1	Z	zuur
2	ZW	zwak-zuur
3	LT	basisch
trofie		
Cijfercode	Trofieklasse	
1	O	oligotroof
2	M	mesotroof
3	ME	meso-eutroof
4	E	eutroof
5	HE	hyper-eutroof
Vlaamse NICHE bodemcodes		
CijferCode	Code	Beschrijving
110 000	Z1	humusarme zandgronden (dunne humuslaag); podzol
120 000	Z2	humusrijke zandgronden (dikke humuslaag)
130 000	ZV	venige zandgronden; moerige zandgronden; zandige veengronden
140 000	L1	alluviale leemgronden, arm aan OM
150 000	LV	alluviale leemgronden, rijk aan OM; venige leemgronden
50 000	Le	eolische leemgronden
20 000	K1	alluviale kleigronden, arm aan OM
30 000	KV	alluviale kleigronden, rijk aan OM; venige klei; klei op veen
60 000	MK	maritieme klei
80 000	V	veen
70 000	P	trilveen
100 000	W	Open water
100 000	D	Droge gronden die niet in aanmerking komen voor NICHE
100 000	B	Bebouwde of sterk beïnvloede gronden
100 000	NG	niet gespecificeerd
beheer		
Cijfercode	Beheer	
0	geen	
1	Laagfrequent	
2	begrazing	
3	hoogfrequent	
overstroming		
0 = geen overstroming		
1 = regelmatig		
2 = incidenteel		

BIJLAGE C: Overzicht van GXG's per vegetatie- en bodemtype.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	VEG_TYPE	VEG_NL	SOIL	BodemCod	Bodem	GHG_MIN	GHG_MAX	GLG_MIN	GLG_MAX
2	Sphagno-Betuletum	Berkenbroekbos	30000	KV	alluviale kleigronden, rijk aan OM; venige klei; klei op veen	-0.20	-0.01	-0.38	-0.20
3	Sphagno-Betuletum	Berkenbroekbos	80000	V	veen	-0.23	0.18	-0.36	-0.05
4	Sphagno-Betuletum	Berkenbroekbos	130000	ZV	venige zandgronden; moerige zandgronden; zandige veengronden	-0.36	0.01	-0.77	-0.20
5	Carici elongatae-Alnetum	Mesotroof elzenbroekbos	80000	V	veen	-0.18	0.24	-0.32	0.15
6	Carici elongatae-Alnetum	Mesotroof elzenbroekbos	110000	Z1	humusarme zandgronden (dunne humuslaag); podzol	-0.46	0.06	-0.97	-0.14
7	Carici elongatae-Alnetum	Mesotroof elzenbroekbos	120000	Z2	humusrijke zandgronden (dikke humuslaag)	-0.46	0.06	-0.97	-0.14
8	Carici elongatae-Alnetum	Mesotroof elzenbroekbos	130000	ZV	venige zandgronden; moerige zandgronden; zandige veengronden	-0.46	0.06	-0.97	-0.14
9	Carici elongatae-Alnetum	Mesotroof elzenbroekbos	140000	L1	alluviale leemgronden, arm aan OM	-0.46	0.06	-1.10	-0.29
10	Carici elongatae-Alnetum	Mesotroof elzenbroekbos	150000	LV	alluviale leemgronden, rijk aan OM; venige leemgronden	-0.46	0.06	-1.10	-0.29
11	Macrophorbio-Alnetum	Ruigte elzenbroekbos	20000	K1	alluviale kleigronden, arm aan OM	-0.30	0.19	-0.82	-0.04
12	Macrophorbio-Alnetum	Ruigte elzenbroekbos	30000	KV	alluviale kleigronden, rijk aan OM; venige klei; klei op veen	-0.22	0.23	-0.62	-0.13
13	Macrophorbio-Alnetum	Ruigte elzenbroekbos	80000	V	veen	-0.36	0.22	-0.70	0.04
14	Macrophorbio-Alnetum	Ruigte elzenbroekbos	130000	ZV	venige zandgronden; moerige zandgronden; zandige veengronden	-0.22	0.23	-0.62	-0.13
15	Macrophorbio-Alnetum	Ruigte elzenbroekbos	140000	L1	alluviale leemgronden, arm aan OM	-0.89	0.47	-1.24	0.08
16	Macrophorbio-Alnetum	Ruigte elzenbroekbos	150000	LV	alluviale leemgronden, rijk aan OM; venige leemgronden	-0.22	0.23	-0.62	-0.13
17	Pruno-Frasinetum	Vogelkers-essenbos	20000	K1	alluviale kleigronden, arm aan OM	-0.42	-0.01	-0.89	-0.14
18	Pruno-Frasinetum	Vogelkers-essenbos	30000	KV	alluviale kleigronden, rijk aan OM; venige klei; klei op veen	-0.43	0.13	-0.79	-0.06
19	Pruno-Frasinetum	Vogelkers-essenbos	130000	ZV	venige zandgronden; moerige zandgronden; zandige veengronden	-0.43	0.13	-0.79	-0.06
20	Pruno-Frasinetum	Vogelkers-essenbos	140000	L1	alluviale leemgronden, arm aan OM	-0.42	-0.01	-0.89	-0.14
21	Pruno-Frasinetum	Vogelkers-essenbos	150000	LV	alluviale leemgronden, rijk aan OM; venige leemgronden	-0.43	0.13	-0.79	-0.06
22	Carpinion betuli	Haagbeuken - verbond	140000	L1	alluviale leemgronden, arm aan OM	-0.66	-0.05	-2.14	-0.17
23	Betulo-Quercetum	Berken-eikenbos	110000	Z1	humusarme zandgronden (dunne humuslaag); podzol	-1.79	-0.21	-2.72	-0.38
24	Betulo-Quercetum	Berken-eikenbos	120000	Z2	humusrijke zandgronden (dikke humuslaag)	-1.79	-0.12	-2.72	-0.38
25	Caricion gracilis	Verbond van Scherpe zegge	20000	K1	alluviale kleigronden, arm aan OM	-0.43	0.21	-0.99	-0.11
26	Caricion gracilis	Verbond van Scherpe zegge	30000	KV	alluviale kleigronden, rijk aan OM; venige klei; klei op veen	-0.32	0.09	-0.70	-0.03
27	Caricion gracilis	Verbond van Scherpe zegge	80000	V	veen	-0.09	0.28	-0.77	0.19
28	Caricion gracilis	Verbond van Scherpe zegge	130000	ZV	venige zandgronden; moerige zandgronden; zandige veengronden	-0.45	0.10	-0.75	-0.17
29	Caricion gracilis	Verbond van Scherpe zegge	140000	L1	alluviale leemgronden, arm aan OM	-0.31	0.32	-0.73	0.01
30	Caricion gracilis	Verbond van Scherpe zegge	150000	LV	alluviale leemgronden, rijk aan OM; venige leemgronden	-0.12	0.10	-0.75	-0.17
31	Filipendulion	Moerasspirea - verbond	20000	K1	alluviale kleigronden, arm aan OM	-0.45	0.31	-1.72	-0.42
32	Filipendulion	Moerasspirea - verbond	30000	KV	alluviale kleigronden, rijk aan OM; venige klei; klei op veen	-0.45	0.31	-1.72	-0.42
33	Filipendulion	Moerasspirea - verbond	80000	V	veen	-0.36	0.35	-0.87	0.20
34	Filipendulion	Moerasspirea - verbond	130000	ZV	venige zandgronden; moerige zandgronden; zandige veengronden	-0.46	0.35	-1.09	0.20
35	Filipendulion	Moerasspirea - verbond	140000	L1	alluviale leemgronden, arm aan OM	-0.80	0.31	-1.70	-0.21
36	Filipendulion	Moerasspirea - verbond	150000	LV	alluviale leemgronden, rijk aan OM; venige leemgronden	-0.80	0.31	-1.70	-0.21
37	Gallio - Alliarion	Verbond van Look-zonder-lock	20000	K1	alluviale kleigronden, arm aan OM	-0.76	-0.14	-1.57	-0.30
38	Gallio - Alliarion	Verbond van Look-zonder-lock	110000	Z1	humusarme zandgronden (dunne humuslaag); podzol	-1.24	-0.50	-1.60	-0.50
39	Gallio - Alliarion	Verbond van Look-zonder-lock	130000	ZV	venige zandgronden; moerige zandgronden; zandige veengronden	-1.24	-0.50	-1.60	-0.50
40	Gallio - Alliarion	Verbond van Look-zonder-lock	140000	L1	alluviale leemgronden, arm aan OM	-0.76	-0.14	-1.57	-0.30
41	RG Phalaris arundinacea [Convolvulo-Filipendulion]	Rompgemeenschap van Rietgras	20000	K1	alluviale kleigronden, arm aan OM	-0.36	0.03	-1.78	-0.88
42	RG Phalaris arundinacea [Convolvulo-Filipendulion]	Rompgemeenschap van Rietgras	30000	KV	alluviale kleigronden, rijk aan OM; venige klei; klei op veen	-0.36	0.02	-0.99	-0.31
43	RG Juncus effusus [Molinietalia/Lolio-Pitrus]	Rompgemeenschap van Pitrus	80000	V	veen	-0.11	0.44	-0.55	0.12
44	RG Juncus effusus [Molinietalia/Lolio-Pitrus]	Rompgemeenschap van Pitrus	110000	Z1	humusarme zandgronden (dunne humuslaag); podzol	-0.13	0.44	-0.82	0.12
45	RG Juncus effusus [Molinietalia/Lolio-Pitrus]	Rompgemeenschap van Pitrus	120000	Z2	humusrijke zandgronden (dikke humuslaag)	-0.13	0.44	-0.82	0.12
46	RG Juncus effusus [Molinietalia/Lolio-Pitrus]	Rompgemeenschap van Pitrus	130000	ZV	venige zandgronden; moerige zandgronden; zandige veengronden	-0.11	0.44	-0.55	0.12
47	Magnocaricion met Phragmites	Grote zeggevegetatie met Riet	20000	K1	alluviale kleigronden, arm aan OM	-0.14	0.37	-0.55	0.03
48	Magnocaricion met Phragmites	Grote zeggevegetatie met Riet	30000	KV	alluviale kleigronden, rijk aan OM; venige klei; klei op veen	-0.06	0.37	-0.55	0.03
49	Magnocaricion met Phragmites	Grote zeggevegetatie met Riet	80000	V	veen	-0.09	0.37	-0.45	0.03
50	Magnocaricion met Phragmites	Grote zeggevegetatie met Riet	140000	L1	alluviale leemgronden, arm aan OM	-0.14	0.37	-0.55	0.03
51	Magnocaricion met Phragmites	Grote zeggevegetatie met Riet	150000	LV	alluviale leemgronden, rijk aan OM; venige leemgronden	-0.14	0.37	-0.55	0.03
52	RG Glyceria maxima	Rompgemeenschap van Liesgras	20000	K1	alluviale kleigronden, arm aan OM	-0.03	0.75	-0.75	-0.30
53	RG Glyceria maxima	Rompgemeenschap van Liesgras	140000	L1	alluviale leemgronden, arm aan OM	-0.03	0.75	-0.75	-0.30
54	Caricion nigrae	Verbond van Zwarte zegge	80000	V	veen	-0.07	0.22	-0.57	-0.04
55	Caricion nigrae	Verbond van Zwarte zegge	110000	Z1	humusarme zandgronden (dunne humuslaag); podzol	-0.04	0.22	-0.70	-0.02
56	Caricion nigrae	Verbond van Zwarte zegge	120000	Z2	humusrijke zandgronden (dikke humuslaag)	-0.06	0.22	-0.74	-0.17
57	Caricion nigrae	Verbond van Zwarte zegge	130000	ZV	venige zandgronden; moerige zandgronden; zandige veengronden	-0.25	0.22	-0.95	-0.05
58	Caricion davallianae	Knopbies - verbond/ kalkmoeras	110000	Z1	humusarme zandgronden (dunne humuslaag); podzol	-0.09	0.01	-0.38	-0.07
59	Caricion davallianae	Knopbies - verbond/ kalkmoeras	120000	Z2	humusrijke zandgronden (dikke humuslaag)	-0.09	0.01	-0.38	-0.07
60	Caricion davallianae	Knopbies - verbond/ kalkmoeras	130000	ZV	venige zandgronden; moerige zandgronden; zandige veengronden	-0.09	0.01	-0.38	-0.07
61	Caricion davallianae	Knopbies - verbond/ kalkmoeras	140000	L1	alluviale leemgronden, arm aan OM	-0.09	0.01	-0.38	-0.07

1	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	VEG_TYPE	VEG_NL	SOIL	BodemCod	Bodem	GHG_MFGH	MAJGLG_MFGLG	MAJGLG_MFGLG	MAJGLG_MFGLG
62	Carlion davallianae	Knopbies - verbond/ kalkmoeras	150000	LV	alluviale leemgronden, rijk aan OM; venige leemgronden	-0.09	0.01	-0.38	-0.07
63	Lolio-Potentillon	Zilver schoon - verbond	20000	K1	alluviale kleigronden, arm aan OM	-0.21	0.20	-0.98	-0.13
64	Lolio-Potentillon	Zilver schoon - verbond	30000	KV	alluviale kleigronden, rijk aan OM; venige klei; klei op veen	-0.09	0.14	-0.96	-0.36
65	Lolio-Potentillon	Zilver schoon - verbond	120000	Z2	humusrijke zandgronden (dikke humuslaag)	-0.06	-0.04	-0.72	-0.66
66	Lolio-Potentillon	Zilver schoon - verbond	140000	L1	alluviale leemgronden, arm aan OM	-0.30	0.26	-0.66	0.03
67	Junco - Molinion	Verbond van Biezenknoppen en Pijpestrootje	30000	KV	alluviale kleigronden, rijk aan OM; venige klei; klei op veen	-0.16	0.04	-0.42	-0.13
68	Junco - Molinion	Verbond van Biezenknoppen en Pijpestrootje	80000	V	veen	-0.16	0.07	-0.42	0.01
69	Junco - Molinion	Verbond van Biezenknoppen en Pijpestrootje	110000	Z1	humusarme zandgronden (dunne humuslaag); podzol	-0.18	-0.06	-1.13	-0.86
70	Junco - Molinion	Verbond van Biezenknoppen en Pijpestrootje	120000	Z2	humusrijke zandgronden (dikke humuslaag)	-0.18	-0.06	-1.13	-0.86
71	Junco - Molinion	Verbond van Biezenknoppen en Pijpestrootje	130000	ZV	venige zandgronden; moerige zandgronden; zandige veen gronden	-0.17	0.01	-0.72	-0.07
72	Junco - Molinion	Verbond van Biezenknoppen en Pijpestrootje	150000	LV	alluviale leemgronden, rijk aan OM; venige leemgronden	-0.16	-0.02	-0.42	-0.13
73	Calthion palustris	Dotterbloem - verbond	20000	K1	alluviale kleigronden, arm aan OM	-0.25	0.16	-0.68	-0.18
74	Calthion palustris	Dotterbloem - verbond	30000	KV	alluviale kleigronden, rijk aan OM; venige klei; klei op veen	-0.08	0.16	-0.61	0.07
75	Calthion palustris	Dotterbloem - verbond	80000	V	veen	-0.25	0.33	-0.81	0.19
76	Calthion palustris	Dotterbloem - verbond	110000	Z1	humusarme zandgronden (dunne humuslaag); podzol	-0.51	-0.01	-1.02	-0.46
77	Calthion palustris	Dotterbloem - verbond	120000	Z2	humusrijke zandgronden (dikke humuslaag)	-0.51	0.12	-0.99	-0.51
78	Calthion palustris	Dotterbloem - verbond	130000	ZV	venige zandgronden; moerige zandgronden; zandige veen gronden	-0.07	0.09	-0.46	-0.23
79	Calthion palustris	Dotterbloem - verbond	140000	L1	alluviale leemgronden, arm aan OM	-0.51	0.16	-1.23	-0.15
80	Calthion palustris	Dotterbloem - verbond	150000	LV	alluviale leemgronden, rijk aan OM; venige leemgronden	-0.05	0.16	-1.17	-0.16
81	Alopecurion pratensis	Verbond van Grote vossestaart	20000	K1	alluviale kleigronden, arm aan OM	-0.23	0.03	-0.90	-0.52
82	Alopecurion pratensis	Verbond van Grote vossestaart	30000	KV	alluviale kleigronden, rijk aan OM; venige klei; klei op veen	-0.23	0.03	-0.90	-0.52
83	Alopecurion pratensis	Verbond van Grote vossestaart	110000	Z1	humusarme zandgronden (dunne humuslaag); podzol	-0.23	0.03	-0.90	-0.52
84	Alopecurion pratensis	Verbond van Grote vossestaart	120000	Z2	humusrijke zandgronden (dikke humuslaag)	-0.23	0.03	-0.90	-0.52
85	Alopecurion pratensis	Verbond van Grote vossestaart	130000	ZV	venige zandgronden; moerige zandgronden; zandige veen gronden	-0.23	0.03	-0.90	-0.52
86	Alopecurion pratensis	Verbond van Grote vossestaart	140000	L1	alluviale leemgronden, arm aan OM	-0.21	0.09	-1.09	-0.35
87	Arrhenatherion elatioris	Glanzhaver - verbond	20000	K1	alluviale kleigronden, arm aan OM	-0.85	-0.25	-2.50	-0.50
88	Arrhenatherion elatioris	Glanzhaver - verbond	110000	Z1	humusarme zandgronden (dunne humuslaag); podzol	-1.39	-0.25	-2.50	-1.87
89	Arrhenatherion elatioris	Glanzhaver - verbond	140000	L1	alluviale leemgronden, arm aan OM	-1.05	-0.25	-2.50	-0.50
90	Cynosurion cristati	Kamgras - verbond	20000	K1	alluviale kleigronden, arm aan OM	-0.70	0.14	-1.52	-0.33
91	Cynosurion cristati	Kamgras - verbond	30000	KV	alluviale kleigronden, rijk aan OM; venige klei; klei op veen	-0.70	0.14	-1.52	-0.33
92	Cynosurion cristati	Kamgras - verbond	110000	Z1	humusarme zandgronden (dunne humuslaag); podzol	-0.80	-0.13	-1.52	-0.89
93	Cynosurion cristati	Kamgras - verbond	140000	L1	alluviale leemgronden, arm aan OM	-0.70	0.14	-1.52	-0.33
94	Ericion tetralicis	Dophei - verbond	110000	Z1	humusarme zandgronden (dunne humuslaag); podzol	-0.47	0.20	-1.66	-0.01
95	Ericion tetralicis	Dophei - verbond	120000	Z2	humusrijke zandgronden (dikke humuslaag)	-0.46	0.03	-1.17	-0.36
96	Venige heide	Venige heide	80000	V	veen	-0.20	0.06	-0.74	-0.13
97	Venige heide	Venige heide	110000	Z1	humusarme zandgronden (dunne humuslaag); podzol	-0.20	-0.01	-0.74	-0.29
98	Venige heide	Venige heide	120000	Z2	humusrijke zandgronden (dikke humuslaag)	-0.20	-0.01	-0.74	-0.29
99	Venige heide	Venige heide	130000	ZV	venige zandgronden; moerige zandgronden; zandige veen gronden	-0.20	0.06	-0.74	-0.13
100	Oxycocco - Ericion	Hoogveenmos - verbond	80000	V	veen	-0.13	0.17	-0.43	0.08
101	Oxycocco - Ericion	Hoogveenmos - verbond	110000	Z1	humusarme zandgronden (dunne humuslaag); podzol	-0.16	0.11	-0.23	-0.07
102	Oxycocco - Ericion	Hoogveenmos - verbond	120000	Z2	humusrijke zandgronden (dikke humuslaag)	-0.16	0.11	-0.23	-0.11
103	Oxycocco - Ericion	Hoogveenmos - verbond	130000	ZV	venige zandgronden; moerige zandgronden; zandige veen gronden	-0.13	0.17	-0.03	0.08
104	Pynchosporion albae	Verbond van Veenmos en Snavelbies	110000	Z1	humusarme zandgronden (dunne humuslaag); podzol	0.02	0.44	-0.66	0.12
105	RG Molinia caerulea [Oxycocco-sphagnetes]	Romp gemeenschap van Pijpestrootje	110000	Z1	humusarme zandgronden (dunne humuslaag); podzol	-1.00	0.09	-1.27	-0.07
106	RG Molinia caerulea [Oxycocco-sphagnetes]	Romp gemeenschap van Pijpestrootje	120000	Z2	humusrijke zandgronden (dikke humuslaag)	-1.00	0.09	-1.27	-0.07
107	RG Molinia caerulea [Oxycocco-sphagnetes]	Romp gemeenschap van Pijpestrootje	130000	ZV	venige zandgronden; moerige zandgronden; zandige veen gronden	-0.05	0.09	-0.67	-0.07
108	RG Myrica gale [Ericion tetralicis]	Romp gemeenschap van Vilde gagel	80000	V	veen	-0.60	0.16	-1.26	-0.02
109	RG Myrica gale [Ericion tetralicis]	Romp gemeenschap van Vilde gagel	110000	Z1	humusarme zandgronden (dunne humuslaag); podzol	-0.76	0.10	-1.26	-0.03
110	RG Myrica gale [Ericion tetralicis]	Romp gemeenschap van Vilde gagel	120000	Z2	humusrijke zandgronden (dikke humuslaag)	-0.76	0.02	-1.26	-0.33
111	RG Myrica gale [Ericion tetralicis]	Romp gemeenschap van Vilde gagel	130000	ZV	venige zandgronden; moerige zandgronden; zandige veen gronden	-0.22	0.03	-1.26	-0.09
112	Calluno - Genistion pilosae	Verbond van Struikhei en Kruipbrem	110000	Z1	humusarme zandgronden (dunne humuslaag); podzol	-1.72	-0.51	-1.96	-1.14
113									
114									
115									
116									
117									
118									
119									

Kempen

Maasbekken

Dommelvallei

In de Dommelbeekvallei ligt het gelijknamige natuurgebied de Dommelbeekvallei en de Ortolaan. Opvallend zijn de basenarme blauwgraslanden (ernstig bedreigd !), de vele Dotterbloemgraslanden en elzenbroekbos op veen die in andere beekvalleien veel minder aanwezig zijn. Er zijn 31 peilbuizen geïnstalleerd in 4 transecten over de vallei. Slechts 16 daarvan zouden nu nog bemeten worden. De peilbuizen die niet meer bemeten worden, werden enkel in 2003 opgevolgd (DMLP001-DMLP015). De overige 16 peilbuizen zijn in 2015 en 2016 geïnstalleerd. In deze tijdsreeksen is de verdroging van 2018 duidelijk zichtbaar en dieper dan in 2017. De tijdsreeksen zijn nog te recent om een GLG en GHG te bepalen, maar indien deze peilbuizen nog minstens 2 tot 3 jaar opgevolgd worden, kunnen de peilbuizen die een stabiel verloop kennen in de toekomst ook gaan dienen als indicator. Verderop in de Dommelvallei bij de grens met Nederland, ligt het Hageven. Hier zijn een aantal unieke vegetaties te vinden zoals kalkmoerassen, waarschijnlijk vanwege de aanvoer van kalkrijk Maaswater in het gebied. Behalve droge en vochtige heide ligt er dieper in de vallei een mozaiek van veenvegetatie, trilveen, gagelstruweel, zwarte en scherpe zegge. Over het hele Hageven liggen 69 peilbuizen. De meesten daarvan worden niet meer bemeten. 22 peilbuizen werden nog tot recent opgemeten (2016) en beschikken over voldoende data om een GLG en GHG te definiëren. Nog 42 andere peilbuizen worden minder recent opgevolgd (tot 2000), maar beschikken eveneens over voldoende data om op verder te bouwen. Indien deze peilbuizen opnieuw opgevolgd zouden worden, kunnen ze dienen als indicator. Drie daarvan (HAGP037X, HAGP100X en HAGP101X) worden tot op heden opgevolgd. Enkel bij HAGP100X is de verdroging van 2018 zichtbaar in de tijdsreeks.

Warmbeekvallei

De warmbeekvallei herbergt interessante grondwatergevoelige vegetatie ter hoogte van de N71, waar ze deels omgeleid wordt om graslanden met glanshaver, zegge en moerasspirea te bevochtigen. Nog noordelijker waaiert de Warmbeek uit in verschillende moerasbosgebieden met berkenbroek-, elzenbroek- en eikenbossen. Over de hele Warmbeekvallei liggen 22 peilbuizen, waarvan er 16 nog bemeten worden. WARP001X-WARP006X liggen in twee transecten dicht bij de grens van Nederland, WARP025A bij de vloeiwijde aan de N71.

Abeekvallei

De abeek ontspringt ter hoogte van het schietveld Houthalen-Helchteren en loopt noord, noordoost tot aan de grens met Nederland waar ze uiteindelijk doorstroommoerassen Stamprooierbroeken Smeethof vormt. Die een groot deel van de gemeente Molenbeersel beslaan. In de Abeekvallei zijn vooral veel broekbossen, dotterbloemgraslanden en zeggevegetaties te vinden.

In de Abeek staan 87 peilbuizen, waarvan 59 nog bemeten worden. 35 peilbuizen werden geplaatst in 2018 in 5 verschillende transecten door de Abeekvallei in het Stamprooierbroek. De peilbuizen bevatten een sonde waarmee ze dagelijks worden gemeten, maar omdat deze peilbuizen nog maar data vanaf 2018 loggen, kan geen GLG afgeleid worden en zijn ze niet bruikbaar als indicator. 24 peilbuizen werden vroeger geplaatst (2001-2007) en worden tweewekelijks opgemeten. Deze data is slechts tot 2012 beschikbaar is in Watina. 10 van deze peilbuizen bevinden zich in 3 groepen van transecten ter hoogte van de N73 waarvan data tot 2012 beschikbaar is voor alle peilen en enkele buizen nog bemeten worden (maar geen data van vrijgegeven is. Vraag of data na 2012 vrijgegeven kan worden?) 9 andere peilbuizen liggen verspreid aan de buitenzijde van de Abeekvallei ter hoogte van Grote Brogel. Hiervan is echter geen data vrijgegeven via Watina.

In het Smeethof staan 69 peilbuizen, waarvan er 24 nog bemeten worden. 11 van deze peilbuizen zouden dienst kunnen doen als indicator. Ze staan er sinds 1999 en worden nog steeds bemeten. De andere peilbuizen zijn voornamelijk slechts tussen 1999 en 2001 opgevolgd.

Itterbeekvallei

De itterbeekvallei loopt van het Kempisch plateau naar de Maasvallei en duikt onderweg ook de Zuid-Willemsvaart onderdoor. Er liggen vooral veel elzenbroekbossen afgewisseld met moerasspireagrasslanden. Stroomopwaarts van de Zuid-Willemsvaart liggen slechts 3 peilbuizen, die slechts 1 jaar opgevolgd zijn. Stroomafwaarts liggen er 14 peilbuizen in 3 transecten die van 2011 tot heden bemeten worden via een sonde. Op deze plaats ligt volgens de kaart met grondwatergevoelige vegetatie (afgeleid van de BWK) echter weinig grondwatergevoelige (en Europees of Vlaams beschermde) habitats. Alle peilbuizen waren in 2018 verdroogd in vergelijking met de jaren ervoor.

Bosbeekvallei

De bosbeekvallei loopt 24 km NO doorheen de provincie van As over Neeroeteren en Maaseik tot ze in de Maas uitmondt. Tussen As en de Zuid-Willemsvaart heeft de Bosbeek een sterk grondwatergebonden karakter met moerasbossen aan de oever. Voorbij de Zuid-Willemsvaart dient ze als bron voor bevoeding van natuurgebied de Schotshei. In het brongebied bij As staan 35 peilbuizen, waarvan er 30 niet meer bemeten worden sinds 2013. Van de overige 5 die wel bemeten worden is geen data meer beschikbaar op Watina sinds 2012. In het traject na As tussen As en de Zuid-Willemsvaart bij Neeroeteren liggen 6 transecten die tot op heden

bemeten worden. Bij 5 van de 6 transecten was het mogelijk een goede indicatorpeilbuis te identificeren. Bij BOBP018X-BOBP021X mist data tussen 2015 en 2018 die niet beschikbaar is via Watina.

Asbeek en Ziepbeek

De Asbeek en de Ziepbeek ontspringen aan de oostzijde van het Kempisch plateau. Er staat vooral veel vochtige dopheide en gagelstruweel, typisch voor vochtige, maar nutriëntarme bodems. Aan de bronzone van de Asbeek vinden we ook berkenbroekbossen.

In de Asbeek in nationaal park Hoge Kempen liggen 10 peilbuizen die bemeten worden. Van 3 daarvan is slechts data tot 2006 beschikbaar. De andere 7 worden via sondes gemonitord, zodat dagelijks een nieuw peilstand doorgestuurd worden. 4 peilbuizen liggen tezamen in een transect ter hoogte van een naaldhoutbos met adelaarsvaren en heide. Ze worden van 2012 tot heden gemeten. In drie van deze peilbuizen is de verdroging in 2018 zichtbaar. Het duidelijkst is ASBP006X, waar zowel de droogte van 2017 als van 2018 uitkomen en eveneens een dal in 2013. Stroomopwaarts bevinden zich nog 3 peilbuizen in een vochtig gebied, volgens BWK beoordeeld als een complex met dotterbloemen, zeggevegetatie, laagveen en heischraal grasland. Hier toont ASBP002X een zeer duidelijk dal in 2018, dieper dan andere jaren. ASBP001X kent een zeer stabiele grondwaterstand die het jaarrond op of enkele cm onder het maaiveld zit (zodat hier gevoelige vegetaties kunnen groeien), maar in 2018 is de grondwaterstand gedurende juli en augustus meer dan 5cm onder het maaiveld gebleven.

Maasvallei

Demerbekken

Zwarte beekvallei
Vallei van de grote beek
Ziepbeekvallei
Demervallei
Laambeekvallei
Mangelbeekvallei
Slangbeekbron
Stiernerbeek

Haspengouw en Voeren

Herkvallei

Jekervallei

In de Jekervallei ligt één erkend natuurreserveaat (De Kevie) en twee gebieden onder beheer van ANB (Kleinmeers en de Jekervallei). In de Kevie en de Jekervallei staan respectievelijk 15 en 11 peilbuizen die werden opgevolgd tussen 2001 en 2002. Dat is te kort om een GLG te definiëren, waardoor deze peilbuizen niet kunnen dienen als indicator. In de Kevie zou 1 peilbuis nog worden opgevolgd (KEVP007B), hiervan is echter geen peildata beschikbaar via Watina. Indien deze data vrijgezet kan worden zou deze peilbuis mogelijk kunnen dienen als indicator.

Melsterbeek en Molenbeekvallei en beken ter hoogte van Sint-Truiden

Noch in Opd'Hei noch in één van de zes door ANB beheerde gebieden ter hoogte van de Melsterbeek en Molenbeekvallei, zijn er peilbuizen aanwezig. Van deze beekvalleien kan dus geen indicator aangeduid worden.

Mombeekvallei

In de Mombeekvallei bevinden zich vijf erkende natuurgebieden en negen door ANB beheerde gebieden. Drie van die gebieden hebben peilbuizen staan: de Mombeekvallei, de Nietelbroeken en de Middenloop van de Mombeekvallei.

In de Mombeekvallei en Nietelbroeken staan 36 peilbuizen die in tussen 1999 en 2003 zijn geplaatst. 30 daarvan zouden nog bemeten zijn, maar via Watina is slechts data tot 2004 beschikbaar waardoor geen betrouwbare GLG bepaald kan worden. In 2018 zijn nog verschillende validatiemetingen gebeurd, indien data tussen 2004 en 2018 vrijgezet kunnen worden, kunnen verschillende peilbuizen hier als indicator gaan dienen.

In de Middenloop van de Mombeekvallei (Zammelen) bevinden zich 3 peilbuizen die niet meer actief bemeten worden sinds 1996. Ze zijn zodoende niet bruikbaar als indicator, omdat geen GLG berekend kan worden.

Voeren

In Voeren liggen 14 gebieden onder beheer van ANB en één erkend natuurgebied. In regio Voeren zijn geen peilbuizen te vinden. De meeste vegetaties zijn echter weinig grondwatergevoelig, vb. eiken en haagbeukbossen en -houtkanten gelegen bovenop de heuvels.

BIJLAGE E: Overzicht van areaal van de verschillende vollegrondse landbouwteelten en de benadering van het beregende areaal in de provincie Limburg.

Code	Hoofdtypeelt	ha	Landbouwlaag	hoofdtypeelt	Beregend areaal	ha	Code	Hoofdtypeelt	ha	Landbouwlaag	hoofdtypeelt	Beregend areaal	ha
60	25272	Grasland			1.5%	379	8512	149	Spruitkool - industrie			70%	104
700	1560	Grasklaver			sporadisch		8533	107	Schorseneer - industrie			100%	107
201	15712	Silomaïs			2%	314	8456	2	Butternutpompoeien - industrie			10%	0
202	6222	Korrelmaïs			2%	124	8511	74	Asperge - industrie			10%	7
831	862	Erwten (andere dan droog geoogst)			70%	604	8517	0	Rabarber - industrie			10%	0
931	47	Erwten (andere dan droog geoogst)			100%	47	8535	212	Wortel (niet-vroege) (consumptie) - industrie			50%	106
8519	41	Spinazie - industrie			80%	33	9535	66	Wortel (niet-vroege) (consumptie) - vers			100%	66
8563	60	Ajuinen (vroege) - industrie			100%	60	8538	45	Prei - industrie			100%	45
8564	53	Wortel (vroege) (consumptie) - industrie			100%	53	8556	170	Pompoenen - industrie			10%	17
9564	13	Wortel (vroege) (consumptie) - vers			100%	13	9409	0	Pastinaak - vers			10%	0
9563	17	Ajuinen (vroege) - vers			100%	17	9511	202	Asperges - vers			10%	20
8410	134	Stamslabonen - industrie			80%	107	8527	11	Rode kool - industrie			100%	11
8411	74	Snijbonen - industrie			80%	59	8540	3	Witte kool - industrie			100%	3
8412	98	Flageolets (voor de boon) - industrie			80%	79	8546	1	Savooikool - industrie			100%	1
832	376	Tuin- en veldbonen (Vicia faba) - industrie			80%	301	9538	43	Prei - vers			100%	43
932	20	Tuin- en veldbonen (Vicia faba) - vers			80%	16	9546	4	Savooikool - vers			100%	4
9410	0	Stamslabonen - vers			80%	0	9543	3	Knolselder - vers			100%	3
9412	4	Flageolets (voor de boon) - vers			80%	3	9556	9	Pompoenen - vers			10%	1
8514	127	Ajuinen (niet-vroege) - industrie			20%	25	9620	3	Andere kolen - vers			10%	0
9514	53	Ajuinen (niet vroege) - vers			20%	11	91	4141	Suikerbieten			10%	414
94	0	Snijbonen - vers			100%	0	9561	5	Witloofwortel				
856	17	Andere kruiden - industrie			100%	17	9515	4	Witloof (voor het loof) - vers				
859	1	Peterselie - industrie			100%	1	9811	662	Cichorei (inuline)				
864	5	Basilicum - industrie			100%	5	35	428	Triticale				
951	23	Andere groenten - vers			100%	23	36	130	Spelt				
956	1	Andere kruiden - vers			100%	1	37	11	Boekweit				
957	2	Geneeskrachtige en aromatische planten			100%	2	39	58	Andere granen (bv. Mengkoren)				
8518	9	Kropsla - industrie			100%	9	42	0	Zonnebloempitten				
8523	1	Bloemkool - industrie			100%	1	311	7656	Wintertarwe				
8526	2	Chinese kool - industrie			100%	2	312	79	Zomertarwe				
9518	2	Kropsla - vers			100%	2	321	2447	Wintergerst				
9523	22	Bloemkool - vers			100%	22	322	190	Zomergerst				
9526	2	Chinese kool - vers			100%	2	323	7	Brouwgerst				
9527	3	Rode kool - vers			100%	3	331	60	Winterrogge				
9534	1	(Knol)venkel - vers			100%	1	332	19	Zomerrogge				
9541	2	Courgettes - vers			100%	2	341	6	Winterhaver				
9548	1	Groene selder - vers			100%	1	342	41	Zomerhaver				
9552	0	Tomaten - vers			100%	0	381	1	Sorghum				
9557	3	Andere alternatieve slasoorten - vers			100%	3	51	39	Voedererwten (niet voor menselijke consumptie)				
9547	6	Chrysanten			100%	6	52	17	Tuin- en veldbonen (niet voor menselijke consumptie)				
955	1	Graszoden			100%	1	71	250	Voederbieten				
9724	8	Aardbeiplanten			100%	8	644	0	Lupinen				
901	2930	Aardappelen (niet-vroege)			20%	586	639	17	Snijrogge				
902	29	Aardappelen (pootgoed)			20%	6	660	8	Grasluzerne				
904	122	Aardappelen (vroege, rooi na 19/6)			20%	24	721	17	Eenjarige klaver				
905	2	Aardappelen (primeur, rooi voor 20/6)			20%	0	722	25	Meerjarige klaver				
9516	363	Aardbeien	50% niet onder kap		100%	363	723	8	Rode klaver				
		Idem	50% onder kap		100%		731	19	Eenjarige luzerne				
9717	79	Frambozen	onder kap		100%	79	732	70	Meerjarige luzerne				
9722	43	Blauwe bessen	wel (op zand)		100%	43	742	1	Voederwortelen				
9721	18	Braambessen	onder kap		100%	18	743	8	Andere voedergewassen				
9710	3023	Meerjarige fruitteelten (appel)			1%	30	744	3	Mengsel van vlinderbloemigen				
9711	4494	Meerjarige fruitteelten (peer)			10%	449	745	21	Mengsel van gras en vlinderbloemigen (andere dan grasklaver)				
							747	4	Wikke				
							9823	124	Weiland met niet-oogstbare bomen (> 100 bomen per ha)				
							9827	112	Weiland met oogstbare hoogstam bomen (> 100 bomen/ha)				
							63	55	Graskruiden mengsel				
							9530	0	Raap - vers				
							9713	6	Meerjarige fruitteelten (pruim)				
							9714	56	Andere meerjarige fruitteelten				
							9715	6	Druiven				
							9716	66	Wijnstokken				
							9725	586	Meerjarige fruitteelten (zoete kers, laagstam)				
							9726	21	Meerjarige fruitteelten (zoete kers, hoogstam)				
							9727	165	Meerjarige fruitteelten (zure kers)				
							9728	1	Meerjarige fruitteelten (perzik)				
							9729	1	Kiwibes				

Code Hoofddeelt	ha Landbouwlaag hoofddeelt	Beregend areaal ha
9730	4 Meerjarige fruitteelten hoogstam (appel)	
9731	1 Meerjarige fruitteelten hoogstam (peer)	
9517	1 Rabarber - vers	
9718	48 Rode bessen soms onder kap	
9719	7 Stekelbessen soms onder kap	
9720	0 Zwarte bessen niet	
9723	3 Andere bessen niet	
921	427 VezelMas (bestemd voor vezelproductie)	
922	0 Vezelhennep (bestemd voor vezelproductie)	
872	21 Andere hennep dan vezelhennep	
9821	0 Tabak	
9822	0 Hop	
883	1 Bebossing (korte omlooptijd)	
884	10 Miscanthus	
34	31 Japanse haver	
643	11 Gele mosterd	
4111	25 Winterkoolzaad	
645	0 Phacelia	
647	4 Andere niet-vlinderbloemige groenbedekker	
648	1 Andere vlinderbloemige groenbedekker	
656	3 Bladrammenas	
658	0 Mengsel met 1 of meer vlinderbloemige groenbedekkers	
81	58 Braakliggend land zonder minimale activiteit	
82	46 Braakliggend land met minimale activiteit zonder EAG	
85	42 Andere bedekking	
96	1 Niet-eetbare tuinbouwgewassen	
962	12 Kerstbomen	
963	3 Wijmenaanplantingen	
9201	3 Hazelnoten	
9202	2 Walnoten	
972	0 Andere eenjarige fruitteelten	
999	857 Niet nader omschreven gewas - kleine landbouwer	
9603	283 Boomkweek - sierplanten	
9581	115 Sierbomen en -struiken	
9585	2 Snijplanten >= 5 jaar	
9578	4 Perk- en balkonplanten	
9580	5 Vaste planten	
9569	1 Plantgoed van niet-vlinderbloemige groenten	
9565	3 Jongplanten voor de sierteelt	
9572	7 Bloembollen en -knollen, andere dan begonia	
954	15 Andere niet-houtachtige sierplanten	
9602	80 Boomkweek - fruitplanten	
9604	65 Boomkweek - andere	
9560	4 Boomkweek - bosplanten	
8550	15 Rammenas - industrie	
8559	8 Andere groenten - industrie	
9540	0 Witte kool - vers	
8409	13 Pastinaak - industrie	

Waterwaag openlictheilen (inclusief onder kap) per 7 dagen, in de referentiesituatie (landbouwbruiksperspecien 2017)		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Uitdrukking in m³/perheer 7 dagen. Het betreft tuu-vaarden aan het oeracpunt, de waterbon (de netto-berengingshoevelheden op het perceel ligen laer)		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
01-Apr	5552	7983	6867	4271	9561	8883	5569	7030	7268	5783	6648	8275	6177	9425	4496	4863	24558	7025	15096	9745	7953	15288	6867	6802	157380	7787	13175	6014	22799	7804	9245	14048	6178	
08-Apr	16969	15117	12027	26191	32182	21435	15068	14468	14468	12917	15539	24855	11869	17720	15187	14658	50210	24186	20524	21696	16171	14409	30866	315913	33700	18689	12453	40715	2799	2686	3420	15505		
15-Apr	17795	33515	39632	19057	34928	52524	28635	22169	28207	19511	48012	48745	19808	27196	29205	22123	54919	75194	38908	32237	29105	79232	24013	44100	67236	670949	202555	39710	27718	36705	68465	42118	46299	40831
22-Apr	29318	70161	73817	26656	56750	70144	39711	53666	49338	32147	91642	71347	31313	45310	44227	32776	70172	99599	63400	49646	57612	21072	14410	61119	95328	68119	95328	76324	68119	95328	68119	95328	68119	95328
29-Apr	55683	95427	108113	55526	177888	79445	51957	170489	87764	57492	198454	84123	41943	41943	41943	41943	84130	114534	85488	64910	78955	523786	61806	99455	852881	254778	54803	95876	117706	90301	76382	86638	93029	
06-May	7252	142658	122231	99839	67020	207828	102824	172573	207816	98190	70545	183208	95952	76734	79045	129319	94389	133828	96734	79045	129319	94389	133828	96734	117274	1019518	550769	120722	138392	120595	119655	112673	217617	
13-May	88891	129323	172231	195208	251381	117201	107534	237582	225100	199132	211501	115339	218787	218787	218787	218787	187156	122073	147126	139594	99510	148900	563819	245917	131847	1180657	748595	84609	130597	151796	157616	148124	243461	257897
20-May	209586	143942	212484	416116	610774	154227	392037	395418	240143	291106	243542	136214	331121	332534	243294	323231	227184	197198	229754	212113	162192	586090	270105	264889	1454143	1330602	113749	138276	278142	316745	278514	1042766	309441	
27-May	257890	157148	235099	954831	1039358	283789	599484	396413	298168	281488	723425	410192	349638	405177	243529	921395	280859	271634	535759	520291	688212	171567	611123	280758	653313	1832855	2134080	260544	398758	431835	434535	301031	1952518	325591
03-Jun	170954	249062	170954	962929	1064702	315863	615651	502136	287062	273610	173425	541444	371894	441993	453069	978565	411733	721477	949970	2045785	605026	703290	66671	1003643	2379249	2168427	280568	435882	597224	769915	1082790	321875	2711758	724536
10-Jun	449436	190924	645199	1831707	1399253	336069	785714	853910	682631	789199	2114957	562359	538838	671023	897099	985585	416211	959516	949970	2045785	605026	703290	66671	1003643	2379249	2168427	280568	435882	597224	769915	1082790	321875	2711758	724536
17-Jun	6754061	300429	852147	2195568	1577826	445308	112555	136232	1324022	1203861	1020285	2138285	814273	711569	936064	1183004	4892403	590026	1146265	1291257	2323228	945586	813380	793282	1584129	3985623	2434489	534057	706253	886511	1201520	436899	2976013	1067369
24-Jun	1164001	546935	878601	2236555	1800389	622468	1146897	255063	305846	1412283	2257200	696412	886868	961400	1364574	1760452	713436	168463	1382112	2411037	1658007	836534	103278	114855	2627019	5727360	2815893	655738	738580	912215	1846171	610465	3001580	1735845
01-Jul	200071	172247	958982	3015102	1875887	967073	1259434	255063	305846	1412283	2257200	696412	886868	961400	1364574	1760452	713436	168463	1382112	2411037	1658007	836534	103278	114855	2627019	5727360	2815893	655738	738580	912215	1846171	610465	3001580	1735845
08-Jul	339943	452384	117898	4615131	3583482	197321	1400561	238145	4020237	1430246	3056922	1008565	179274	2318245	167891	2403318	1036371	1345238	2836175	640986	2998465	801654	2852286	137268	266596	155002	3768835	955728	150001	408662	4374427	198001	3768835	955728
15-Jul	319943	452384	117898	4615131	3583482	197321	1400561	238145	4020237	1430246	3056922	1008565	179274	2318245	167891	2403318	1036371	1345238	2836175	640986	2998465	801654	2852286	137268	266596	155002	3768835	955728	150001	408662	4374427	198001	3768835	955728
22-Jul	319943	452384	117898	4615131	3583482	197321	1400561	238145	4020237	1430246	3056922	1008565	179274	2318245	167891	2403318	1036371	1345238	2836175	640986	2998465	801654	2852286	137268	266596	155002	3768835	955728	150001	408662	4374427	198001	3768835	955728
29-Jul	319943	452384	117898	4615131	3583482	197321	1400561	238145	4020237	1430246	3056922	1008565	179274	2318245	167891	2403318	1036371	1345238	2836175	640986	2998465	801654	2852286	137268	266596	155002	3768835	955728	150001	408662	4374427	198001	3768835	955728
05-Aug	4781346	163700	129219	848832	5216299	1729841	430466	137474	2121213	2542305	5019656	2997355	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647
12-Aug	507759	163700	129219	848832	5216299	1729841	430466	137474	2121213	2542305	5019656	2997355	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647
19-Aug	507759	163700	129219	848832	5216299	1729841	430466	137474	2121213	2542305	5019656	2997355	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647
26-Aug	507759	163700	129219	848832	5216299	1729841	430466	137474	2121213	2542305	5019656	2997355	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647	4013647
02-Sep	510447	204089	227801	5914891	5480972	3920066	2453207	318067	5714437	897241	4589062	4589062	3104275	3975537	2081089	7687276	1314968	8984569	2102338	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567
09-Sep	510447	204089	227801	5914891	5480972	3920066	2453207	318067	5714437	897241	4589062	4589062	3104275	3975537	2081089	7687276	1314968	8984569	2102338	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567
16-Sep	510759	207582	2281031	5923932	5485058	3582228	2453207	318067	5714437	897241	4589062	4589062	3104275	3975537	2081089	7687276	1314968	8984569	2102338	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567
23-Sep	510749	208001	2381653	5923932	5485058	3582228	2453207	318067	5714437	897241	4589062	4589062	3104275	3975537	2081089	7687276	1314968	8984569	2102338	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567	4450567
mm (tuu, het beregende)		104	43	46	121	112	72	54	70	117	100	94	58	64	89	43	58	27	125	44	92	91	32	38	106	147	67	44	92	34	80	84	92	135

BIJLAGE G: Overzicht van voetbalclubs en terreinen in Limburg, en benadering van de waterbehoefte in een professionele berekening.

- Overzicht van voetbalclubs en terreinen in Limburg, per gemeente:

Site	Club	Ref	Clubnaam	Gemeente	Ligging van de terreinen	Site	Club	Ref	Clubnaam	Gemeente	Ligging van de terreinen
1	KBVB	EENDR.	ST-JORIS ALKEN	Alken	St. Jorisstraat 48	78	93 KBVB	K. HEERS V.V.	Heers	Raes van Heerslaan	
2	KBVB	K.W.S.	ALKEN	Alken	Langveld	79	94 KBVB	AMANDINA VC	SCHAKKEBROEK	Herk-de-Stad	Schoolstraat 69/1
3	KBVB	V.C.T.T.	ALKEN	Alken	Eikendreef	80	95 KBVB	BS SPORT	BERBROEK-SCHULEN	Herk-de-Stad	Grotestraat
4	KBVB	K. AS	V.V.	As	Vennekeslaan	81	96 KBVB	K. HERK-DE-STAD	F.C.	Herk-de-Stad	Pikkeleerstraat
5	KBVB	K. NIEL	S.K.	As	Melkerijstraat	97	RVB	VETERANEN	HERK VC	Herk-de-Stad	Pikkeleerstraat (Pleinen van Herk-de-Stad FC)
6	RVB	DENNENGAERDE	AS	As	Terreinen Niel SK - Melkerijstraat , Niel bij As	82	98 KBVB	SP CLUB	DONK	Herk-de-Stad	Hurbroekstraat 1
7	KBVB	K.V.K.	BERINGEN	Beringen	Hasseltse Steenweg 130	83	99 KBVB	F.C. ANADOL		Heusden-Zolder	Valentinusstraat 59
8	KBVB	D.FUFO-BER	BERINGEN	Beringen	Koolmijnlaan 372	84	100 KBVB	K. BOLDERBERG	F.C.	Heusden-Zolder	Kluisstraat
9	KBVB	BILZERSE	WALTWILDER V.V.	Bilzen	Zeeptstraat	85	101 KBVB	K. ST. VIVERSEL		Heusden-Zolder	Sporkstraat 16
10	KBVB	HEIS	SPORT BILZEN	Bilzen	St. Jozefstraat	86	102 KBVB	K. VRIJHEID	ZOLDER	Heusden-Zolder	Sint Annastraat
11	KBVB	J.B.	EIGENBILZEN	Bilzen	Haenenbosch	87	103 KBVB	K.V.V. HEUSDEN - ZOLDER		Heusden-Zolder	De Nieuwe Dijk 35
12	KBVB	S.K.	MUNSTERBILZEN	Bilzen	Appelboomgaardstraat 6B	88	104 KBVB	S.K. HEUSDEN 06		Heusden-Zolder	Noordberm 31
13	KBVB	STORMVOGELS	ROSMEEER	Bilzen	Kerkstraat	89	105 KBVB	V.V. STATIESPORT	ZOLDER	Heusden-Zolder	Michel Scheperslaan
14	KBVB	WHITE STAR	SCHOONBEEK-BEV	Bilzen	Hereveld	90	106 RVB	GEREN	BIJ	Heusden-Zolder	Sportvelden Sint Baaf Padbroekweg 1 Heusden Zolder
15	KBVB	K.M.R.	BIESEN	Bilzen	Biesenveldweg 1	91	107 RVB	ODT	BASCULE	Heusden-Zolder	Butastraat Eversel (Heusden-Zolder) achter de sporthal
16	KBVB	SPOUWEN -	MOPERTINGEN	Bilzen	Blookstraat 31	92	108 KBVB	K.ALT-HOESELT	V.V.	Hoeseelt	Smisstraat
17	KBVB	K. BOCHOLTER	V.V.	Bocholt	Eikenlaan	93	109 KBVB	K.S. VERBR.	HOESELT	Hoeseelt	Bergstraat
18	KBVB	K. KAULILLE	F.C.	Bocholt	Erkstraat 19	94	110 KBVB	F.C. EENDRACHT	HOUTHALEN	Houthalen-Helchteren	Springstraat
19	KBVB	R.C.	REPPPEL	Bocholt	Zandstraat	95	111 KBVB	HOUTHALEN	V.V.	Houthalen-Helchteren	Oudstrijderslaan
20	KBVB	MARSVLINDERS	KAULILLE	Bocholt	Winterdijkweg	96	112 KBVB	K.F.C. HELSON	HELCHTEREN	Houthalen-Helchteren	Sportstraat Helchteren
21	RVB	FC BREUGHEL		Bocholt	Terreinen KWB Kaulille - Winterdijkweg , Kaulille	97	113 KBVB	PARK F.C.	HOUTHALEN	Houthalen-Helchteren	Palmenstraat
22	RVB	KWB	BOCHOLT	Bocholt	Winterdijk z/n , Kaulille	98	114 RVB	OC76	HELCHTEREN	Houthalen-Helchteren	Technische Schoolstraat , Helchteren
23	RVB	KWB	SPORT KAULILLE	Bocholt	Winterdijkweg , Kaulille	99	115 RVB	SHV75	HELCHTEREN	Houthalen-Helchteren	Terreinen RS Laak - Lakerheiweg , Houthalen
24	RVB	FC BAZAAR		Bocholt	KWB Kaulille , Winterdijkweg 12	116	RVB	ROLANDS CLUB		Houthalen-Helchteren	Terreinen RS Laak - Lakerheiweg 1 , Houthalen
25	RVB	OLYMPIC	KREYEL SPORT	Bocholt	Kakebeekstraat , Bocholt	100	117 RVB	ST2000		Houthalen-Helchteren	Koningsplein z/n , Helchteren (Oude pleinen SK Sonnis)
26	RVB	FC GOOLDERHEIDE		Bocholt	Bostraat 1 , Bocholt	101	118 RVB	VIGOR	KWALAAK	Houthalen-Helchteren	Binnewed binnenvaartstraat 51, Houthalen
27	KBVB	HABO S.K.	BORGLOON	Borgloon	Rotenstraat	102	119 KBVB	FC MAASLAND	NOORD OOST	Kinrooi	Hoverstraat
28	KBVB	K. H.I.H.	HOEPERTINGEN	Borgloon	Weg op Berlingen 15	103	120 KBVB	K.V.V. H.O.	MOLENBEERSEL	Kinrooi	Truyenstraat
29	KBVB	K.F.C.	DE JEUGD BORGLOON	Borgloon	Sittardstraat	121	RVB	BROEKDUIVELS	KINROOI	Kinrooi	Dennebosstraat , Kinrooi (Achter gemeentehuis)
30	KBVB	K.F.C.	SPARTA KOLMONT	Borgloon	Broekstraat 6A	122	RVB	EXCELSIOR	HEES KINROOI	Kinrooi	Dennebosstraat
31	KBVB	GROEN	STAR BEEK	Bree	Geussensstraat	123	RVB	FC APACHEN	09	Kinrooi	Dennebosstraat , Kinrooi
32	RVB	VETERANEN	ST. GERDINGEN	Bree	Terreinen GS Beek - Geussensstraat , Beek	104	124 RVB	FC DE JAGERS	MOLENBEERSEL	Kinrooi	Breivinsstraat , Kinrooi
33	KBVB	K. OPITTER	F.C.	Bree	Opstraat 77A	105	125 KBVB	K. STAL	SPORT KOERSEL	Koersel	Nieuwendijk
34	KBVB	K.S.K.	BREE	Bree	Bocholterstraat	106	126 KBVB	K.V.V. WEERSTAND	KOERSEL	Koersel	Sportlaan
35	RVB	CAUBERG	VV BREE	Bree	Opitterkiezel 202 , Kapelhof	107	127 KBVB	TURKSE	FC BERINGEN	Koersel	Steenstortstraat
36	RVB	DE VEDETTEN		Bree	Hansweg , Bree (Gerkenberg)	108	128 RVB	KVV	EENDRACHT	Koersel	Gildestraat 9 , Koersel
37	RVB	FC GERKENBERG		Bree	Hansweg z/n, 3960 Bree	109	129 RVB	OLCF	KOERSEL (oud leiding Chir	Koersel	Heihoewegweg z/n, 3582 Koersel (Plein ligt +/- 400m van lokaal)
38	RVB	VBC	BOONEN	Bree	Kolisboomstraat , Bree	110	130 KBVB	K. KORTESSEMSE	V.V.	Kortesssem	Kapelstraat 15
39	KBVB	HEIDEBLOEM	DILSEN V.V.	Dilsen-Stokkem	Sportlaan	111	131 KBVB	S.K. VLIJERMAALROOT		Kortesssem	Oud Mersenhovenstraat
40	KBVB	K. EENDR.	CLUB ROTEM	Dilsen-Stokkem	Burg. Henrylaan	112	132 KBVB	F.C. VLIJERMAAL		Kortesssem	Valgaerstraat
41	RVB	FORTUNA	ROTEM 2	Dilsen-Stokkem	Terreinen van Rotem FC - Burg. Henrylaan Dilsen-Stokkem	113	133 KBVB	F.C.	VLDWEZELT	Lanaken	Winevenstraat 56
42	KBVB	K. LANGLAARSE	V.V.	Dilsen-Stokkem	Oude Baan	114	134 KBVB	FC APOLLO	74 GELLIK	Lanaken	Gelikerheide 6
43	KBVB	KVV.	VLUIG EN VRIJ STOKKEM	Dilsen-Stokkem	Koeweerd	115	135 KBVB	K. LANAKEN	V.V.	Lanaken	Sportstraat
44	KBVB	K. ST.	ELEN	Dilsen-Stokkem	Stationsstraat	136	RVB	VETERANEN	LANAKEN VV	Lanaken	Sportstraat Lanaken
45	KBVB	K. DIEPENBEEK	VV DE ZWALUW	Genk	Wasserijstraat	116	137 KBVB	K.FORTUNA	56 SMEERMAAS LAI	Lanaken	Maaseikersteenweg
46	KBVB	S.K.	ROOIERHEIDE	Genk	Heidestraat	117	138 KBVB	V.C.	KESSELT	Lanaken	Kiezeweg
47	KBVB	BREGEL	SPORT	Genk	Meistraat	118	139 KBVB	K.V.C.	ARBEID ADELT REKEM	Lanaken	Heidestraat
48	KBVB	CALCIO	GENK	Genk	Steenbeukstraat 20	119	140 RVB	FC KEMPKE	REKEM	Lanaken	Daalbroekstraat 106 Rekem 3621
49	KBVB	EENDRACHT	TERMIEN	Genk	Oud-Termienstraat	120	141 KBVB	K. ESK	LEOPOLDSBURG	Leopoldsbu	Heidestraat 71
50	KBVB	F.C.	TURKSE RANGERS	WATERS	Genk	121	142 RVB	VETERANEN	HEPPEN	Leopoldsbu	heidestraat 65, 3971 leopoldsbu (naast het buurthuis
51	KBVB	FC RACING	BOXBERG	Genk	Krommestraat	122	143 RVB	RENA BOYS	LEOPOLDSBURG	Leopoldsbu	Lokaal : Café Boskant VV - corpselestraat 15 , leopoldsbu
52	KBVB	GENKER	V.V.	Genk	Kattevennen 6A	123	144 KBVB	GRENSTR.	KOL. LOMMEL	Lommel	St. Bernadusstraat
53	KBVB	INTER	SPORT WINTERSLAG	Genk	Hortensiastraat 26 B	124	145 KBVB	K. KATTENBOS	SPORT	Lommel	Oude Diestersebaan 55
54	KBVB	K. BOKRIJK	SPORT	Genk	Kneipstraat	125	146 KBVB	K. LUTLOMME	V.V.	Lommel	Konijnenpijpstraat 29
55	KBVB	K. ZWARTBERG	F.C.	Genk	G.A. Galopinlaan	147	RVB	FC SCHUIJRKE		Lommel	Lutlommel VV, Konijnenpijp 29, 3920 Lommel
56	KBVB	K.R.C.	GENK	Genk	Stadionplein 4	126	148 KBVB	K.F.C. VERBR.	LOMMEL	Lommel	Rozenstraat
57	RVB	MWW	GENK	Genk	Roerstraat z/n - Genk	127	149 KBVB	LOMMEL	UNITED	Lommel	Speelpleinstraat 24
58	RVB	FC DERBO		Genk	Schansbroekstraat zn te 3600 Genk	150	RVB	FC VANDENBERKEN		Lommel	Terreinen Jeugd Lommel United - Speelpleinstraat , Lommel (Soc
59	KBVB	K. EENDR.	GINGELOM	Gingelom	Roodkruisstraat	128	151 KBVB	LOMMEL	UNITED WS	Lommel	Pijnvenstraat
60	KBVB	K. DARING	HUVO JEUK	Gingelom	Cindristraat	129	152 RVB	CSC	BARRIER A + VETERANEN	Lommel	St. Theresiastraat z/n , Lommel (Barr)
61	KBVB	R.D.K.	GRAVELO	Gingelom	Diepe Steeg	153	RVB	FC STORMVOGELS		Lommel	St Theresiastraat , Lommel (Naast plein CSC Barrier)
62	KBVB	K.F.C.E.	ZELEM	Halen	Broekstraat	130	154 RVB	FC BALENDIJK		Lommel	uinenstraat z/n (t.h.v. nr. 114) - Lommel
63	KBVB	K.F.C.	M.D. HALEN	Halen	Pijpenpoelstraat	131	155 RVB	FC BAR-A-BASS		Lommel	Achter sporthal Lommel - Speelpleinstraat, Lommel
64	KBVB	VERBR.	LOKSBERGEN	Halen	Lindestraat	156	RVB	FC PINAL		Lommel	Achter sporthal Lommel - Speelpleinstraat, Lommel
65	KBVB	K.F.C.	HAM UNITED	Ham	Sportlaan 10 c	132	157 RVB	FC KOLONIE		Lommel	Buurthuis de Kom Lommel Kolonie achter de kerk
66	KBVB	EXCELSIOR	HAMONT	Hamont-Achel	Watermolenstraat	133	158 RVB	VK KOLONIE		Lommel	Terein achter de kerk van Lommel Kolonie
67	RVB	FC CSM		Hamont-Achel	Terreinen Excelsior Hamont - Watermolenstraat	134	159 RVB	KARTOES	LOMMEL	Lommel	Driehoek 85 , Lommel
68	KBVB	K. ACHEL	V.V.	Hamont-Achel	Siggertstraat 10	135	160 RVB	KWB	KATTENBOS	Lommel	Einde 215 , Lommel
69	KBVB	K.F.C.	HAMONT 99	Hamont-Achel	Bevrijdingsstraat 21	161	RVB	KWB	LOMMEL BARRIER	Lommel	Terreinen Stort Sport - Vaartstraat z/n , Lommel-Barrier
70	RVB	VETERANEN	KFC HAMONT 99	Hamont-Achel	KFC Hamont '99 "Het Leeuwke", Bevrijdingsstraat, 3930 Hamo	162	RVB	STORT	SPORT B	Lommel	Vaartstraat z/n , Lommel-Barrier
71	RVB	SV	SPRINTERS	Hamont-Achel	Buitenheide 1 , Achel-Statie	136	163 RVB	KWB	WERKPLAATSEN	Lommel	Martinus van gurp laan , Lommel
72	RVB	JEROMMEKES	1	Hamont-Achel	Terreinen Sprinters Achel - Buitenheide , Achel-Statie	137	164 RVB	SPARTA	BLAUW-WIT B	Lommel	Weerstands laan z/n , Lommel-Barrier
73	RVB	JEROMMEKES	2	Hamont-Achel	Terreinen Sprinters Achel - Buitenheide , Achel-Statie	165	RVB	VETERANEN	SPARTA BLAUW-W	Lommel	Weerstands laan z/n , Lommel-Barrier
74	KBVB	F.C.	TORPEDO HASSELT	Hasselt	Generaal Lemanstraat	166	RVB	VETERANEN	WIJERKEN	Lommel	Zeisstraat , Lommel
75	KBVB	HERK	SPORT HASSELT	Hasselt	St Lambrechts Herkstr 69	167	RVB	WIJERKEN	FC	Lommel	Zeisstraat z/n, 3920 Lommel
76	KBVB	K. GODSHEIDE	V.V.	Hasselt	Plattevijverstraat	139	168 KBVB	K.V.V.	LUMMEN	Lummen	Maria van Loonstraat 5
77	KBVB	K. H.O.	HEIDE HASSELT	Hasselt	Heksenbergstraat	140	169 KBVB	S.K.	MELDRIT	Lummen	Pastorijstraat
78	KBVB	K.S.K.	HASSELT	Hasselt	Oude Kuringerbaan	141	170 KBVB	V.K.	GESTEL	Lummen	Gestelstraat
79	KBVB	RC	HADES	Hasselt	Puvennestraat 81	142	171 KBVB	W.S.	LINTHOUT	Lummen	Kapelstraat 72
80	KBVB	SPORTING	HASSELT RUNKST	Hasselt	Kapellekensbampdstraat 8	143	172 RVB	GILDE	GENEIKEN	Lummen	Sacramentstraat 4, Lummen
81	KBVB	SK	THOR HASSELT	Hasselt	Ten Hove	144	173 KBVB	K. FLANDRIA	DORNE	Maaseik	Dornerstationstraat
82	KBVB	S.K.	HERKENRODE	Hasselt	Hentjeslaan 3/D	145	174 KBVB	K. WATERLOOS	V.V.	Maaseik	Ketelstraat
83	KBVB	K. EENDR.	STEVVOORT	Hasselt	De Libottonstraat	146	175 KBVB	REAL	NEEROETEREN-MAASEIK	F Maaseik	Borglaan
84	KBVB	K. HECHTEL	F.C.	Hechtel-Eksel	Hoefstraat	147	176 KBVB	S.S.D.	OPOETEREN	Maaseik	Dorperheideweg
85	RVB	ZWARTE DUIVELS	HECHTEL	Hechtel-Eksel	Terreinen K. Hechtel FC - Hoefstraat z/n , Hechtel	177	RVB	FC DE KALLER		Maaseik	pleinen van SSD Opoeteren, dorperheideweg 2, 3680 Opoeteren
86	RVB	KWB76	HECHTEL	Hechtel-Eksel	K. Hechtel FC, Duinenstadion	178	KBVB	SLW	MAASEIK	Maaseik	Sportlaan
87	KBVB	K.F.C.	EKSEL	Hechtel-Eksel	Dennestraat	148	179 RVB	OLDIES	MAASEIK	Maaseik	SL Wrfeld, Sportlaan z/n, 3680 Maaseik
88	RVB	VETERANEN	KFC EKSEL	Hechtel-Eksel	Terreinen KFC Eksel - Sportlaan , Eksel (ingang aan parking spo	149	180 KBVB	V.V.	VEN-MAASEIK	Maaseik	Ven
89	RVB	FC PUNDERSHOEK		Hechtel-Eksel	St. Willebrordusstraat z/n , Eksel	150	181 KBVB	VRIJ VOORUIT	VOORSHOVEN	Maaseik	Tismansweg
90	RVB	KWB	EKSEL	Hechtel-Eksel	Windmolenstraat z/n , Eksel	182	RVB	NC	UNITED	Maaseik	Voetbalpleinen Voorshoven VV
91	RVB	SPORTVRIEND	HECHTEL	Hechtel-Eksel	Lupinestraat z/n , Hechtel (Atletiekpiste)	183	RVB	FC DE	TRAM	Maaseik	Dilserbaan z/n Neeroeteren
92	KBVB	E. MECHELEN-BOVELINGEN-OP	Heers	Heers	Gelindenstraat						

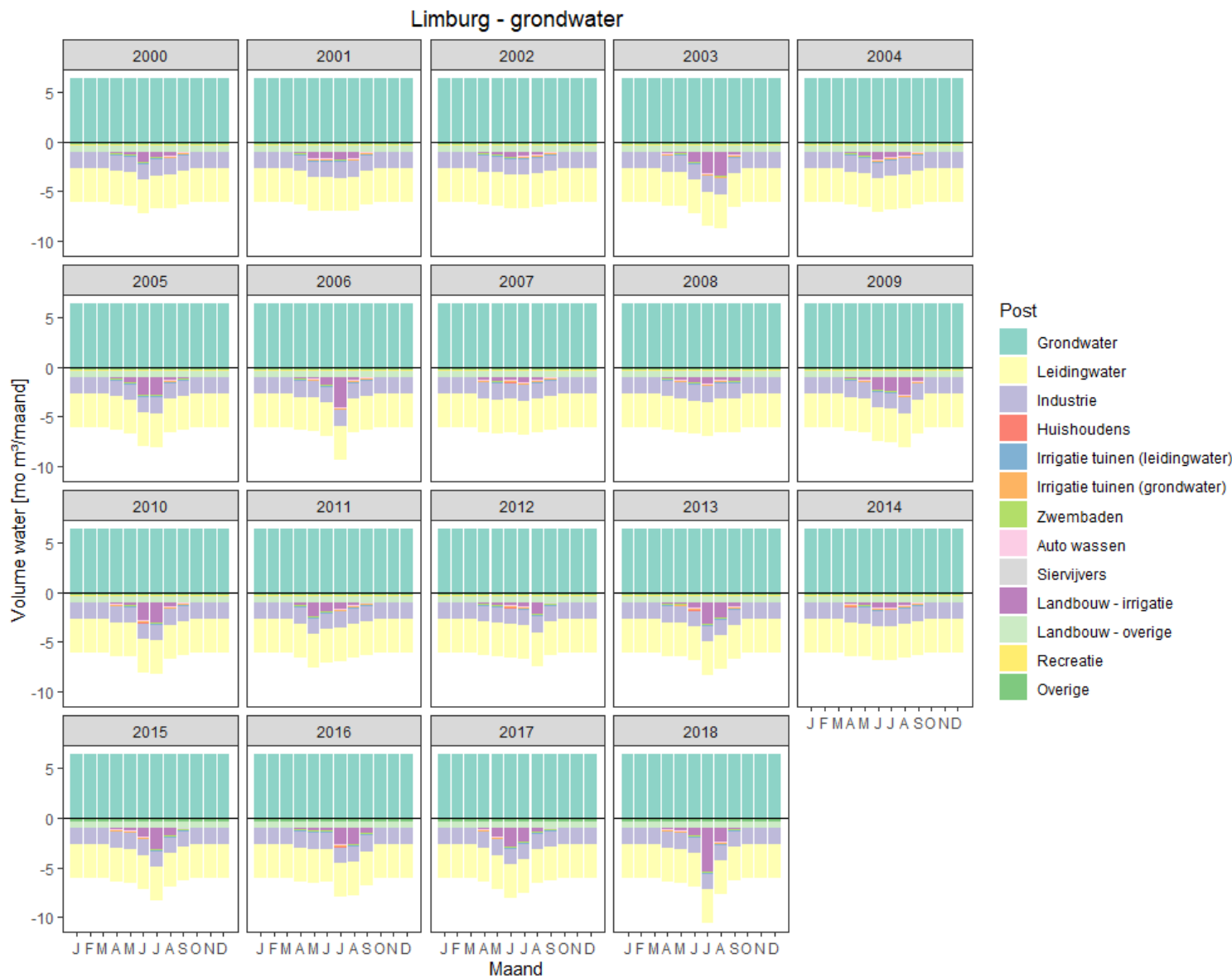
Site	Club	Ref	Clubnaam	Gemeente	Ligging van de terreinen
152	184	RVB	VNFCBOYS NEEROETEREN	Maaseik	Kromstraat Ophoven
153	185	KBVB	K. BOORSEM SPORT	Maasmechelen	Grote straat
154	186	KBVB	EENDRACHT MECHELEN A/D M	Maasmechelen	Zandstraat 58
155	187	KBVB	F.C. JUVE MAASMECHELEN	Maasmechelen	Bostulpstraat
156	188	KBVB	GRIMBIE 69	Maasmechelen	Weg naar Zutendaal
157	189	KBVB	K. PATRO EISDEN MAASMECHEL	Maasmechelen	Koolmijn Limburg Maaslaan 2
158	190	KBVB	LINDEBOYS SP.LEUT	Maasmechelen	Dreef
159	191	KBVB	K. UIKHOVEN V.C.	Maasmechelen	Uikhoverstraat
160	192	RVB	MEESWIJK '90	Maasmechelen	Poelsweg Eisdien (kunstgras)
161	193	KBVB	V.V. NIEUWERKERKEN	Nieuwerkerken	Kerkstraat 136
162	194	KBVB	HEIDEBLOEM WIJSHAGEN	Oudsbergen	Parklaan 12
163	195	KBVB	K.S.K. MEEUWEN	Oudsbergen	Kerkhofstraat 18/1
164	196	KBVB	SPORT. NEVOK GRUITRODE	Oudsbergen	Groenstraat 38
165	197	KBVB	SPORTING ELLIKOM	Oudsbergen	Heikantstraat 53
166	198	KBVB	EENDR. LOUWEL	Oudsbergen	Weg naar Opoeteren 256
167	199	KBVB	K. KABOUTERS OPGLABBEK	Oudsbergen	Kruisstraat
200	RVB	ZEBRA'S	Oudsbergen	Terreinen Kab. FC Opglabbeek - Kruisstraat, Opglabbeek	
168	201	KBVB	S.K. NIEUWE KEMPEN	Oudsbergen	Resedastraat 14
202	RVB	VETERANEN NIEUWE KEMPEN	Oudsbergen	Terreinen Nieuwe Kempen Opglabbeek Resedastraat 10	
203	RVB	FC HOOLVEN	Oudsbergen	Violastraat 3660 Opglabbeek - Lokaal: Sporthal Opglabbeek	
169	204	RVB	ITM 2002 MEEUWEN	Oudsbergen	Baan naar Helchteren, Meeuwen
170	205	RVB	BIJNS BOYS OPGLABBEK	Oudsbergen	Ophovenstraat Opglabbeek
206	RVB	FC BOSKOP	Oudsbergen	ophovenstraat in opglabbeek (zonder nr tegenover huisnr 86)	
171	207	RVB	UIS CLUBKE	Oudsbergen	Weg naar Helchteren 59 - 3670 Meeuwen
172	208	KBVB	A.C. Tervant	Paal	Duistbosstraat
173	209	KBVB	K.F.C. FLANDRIA PAAL	Paal	Diesterssesteenweg
174	210	KBVB	K. PEERDER SPORTVRIENDEN	Peer	Deusterstraat
175	211	KBVB	RACING PEER	Peer	Lindebosstraat
176	212	KBVB	S.V. BREUGEL	Peer	Kerklaan
213	RVB	KLEINE BROGEL B3	Peer	Terreinen SV Breugel - Kerkstraat, Kleine-Brogel	
177	214	KBVB	SP. WIJCHMAAL	Peer	Sportlaan
215	RVB	VETERANEN SPORTING WIJCHMAAL	Peer	Terreinen Sporting Wijchmaal - Sportlaan, Wijchmaal	
178	216	KBVB	SPORTING GROTE-BROGEL	Peer	Bocholterweg
217	RVB	VETERANEN GROTE-BROGEL	Peer	Terreinen Sp. Grote-Brogel - Bochelterweg, Peer	
179	218	KBVB	F.C. DE ZWALUW VECHMAAL	Peer	O.L.Vrouwstraat
180	219	KBVB	F.C. ESPERANZA PELT	Pelt	Nachtegaalstraat
220	RVB	KWB BOSEIND SPORT	Pelt	Terreinen Esperanza Neerpelt - Nachtegaalstraat, Neerpelt	
181	221	KBVB	S.V. HERKOL NEERPELT	Pelt	Herent
222	RVB	3e PLOEG SV HERKOL	Pelt	Terreinen SV Herkol - Herent (z/n), Neerpelt - (Achter de kerk)	
182	223	KBVB	SPARTA LILLE	Pelt	Bosuilstraat 4
224	RVB	LILSE BOSUILEN	Pelt	De Bosuil - Bosuilstraat 4, Sint-Huibrechts-Lille	
183	225	KBVB	SPORTING GROTE-HEIDE NEERP	Pelt	Langveldweg 22
184	226	KBVB	KADJIK S.K. OVERPELT	Pelt	Kadijkstraat
227	RVB	VETERANEN KADJIK SK OVERPELT	Pelt	Terreinen Kadijck SK - Kadijckstraat, Overpelt	
185	228	KBVB	LINDELHOEVEN V.V.	Pelt	Hoevenstraat 127
229	RVB	VETERANEN LINDELHOEVEN	Pelt	Terreinen Lindelhoeven VV - Hoevenstraat 131, Overpelt	
186	230	RVB	FC VRIENDENKRING	Pelt	Dorperheidestraat, Overpelt (Einde van de straat - 2de plein)
231	RVB	VV STARS	Pelt	Dorperheide z/n, Overpelt (Eerste terrein langs FC Vriendenkring)	
187	232	RVB	KWB LINDEL	Pelt	Hobosstraat, Overpelt
188	233	RVB	KWB SPORT OVERPELT CENTRUM	Pelt	Terreinen aan het Pelterke Overpelt - Jeugdlaan, Overpelt
189	234	RVB	REAL DAMSHEIDE	Pelt	Holenweg 2, Neerpelt
190	235	RVB	VETERANEN HOEK VV	Pelt	Achter de Scoutsrally - Berkendreef, Neerpelt
191	236	KBVB	F.C. HERDEREN-MILLEN	Riemst	Elderenweg 2
192	237	KBVB	K. STANDARD VAL-MEER	Riemst	Stroekestraat
193	238	KBVB	K. VLIJTINGEN V.V.	Riemst	Allerwijdweg
194	239	KBVB	K. VROENHOVEN V.V.	Riemst	Maastrichtersteenweg 78 B
195	240	KBVB	MEMBRUGGEN V&V	Riemst	Rijkkerstraat
196	241	KBVB	RIEMST VOORUIT	Riemst	Rieckstraat
197	242	KBVB	V.V. KANNE	Riemst	Silexweg 1
198	243	KBVB	K. ST.-TRUIDENSE V.V.	St-Truiden	Tienssesteenweg 168-170
199	244	KBVB	K.V.K. ZEPPEREN	St-Truiden	Sportpleinstraat
200	245	KBVB	SPORTING AALST	St-Truiden	Erberstraat
201	246	KBVB	V.V. BRUSTEM CENTRUM	St-Truiden	Hemelrijk 8
202	247	KBVB	VKM SINT-TRUIDEN	St-Truiden	Begaardenbosstraat 33 A
203	248	KBVB	VELM V.V.	St-Truiden	Davidstraat
204	249	KBVB	K.V.V. THES SPORT TESSENDERLO	Tessenderlo	Sportlaan 4
205	250	KBVB	V.K. PENAROL ENGSRBERGEN	Tessenderlo	Lindenstraat
206	251	KBVB	EENDR. HENIS	Tongeren	Schabotstraat
207	252	KBVB	F.C. HEUR-TONGEREN	Tongeren	Luikersteenweg
253	KBVB	K. SPORTKLUB TONGEREN	Tongeren	Luikersteenweg	
254	KBVB	TONGEREN D.V.	Tongeren	Luikersteenweg (ingang Rietmusweg)	
208	255	KBVB	K. VICT. V.V. 'S HERENELDEREN	Tongeren	Eldersbroek
209	256	KBVB	K.S.K. JECORA	Tongeren	Vrijheidsweg (Tongeren-Oost)
210	257	KBVB	UNION F.C. RUTTEN	Tongeren	Raam
211	258	KBVB	VALENCIA V.C. PIRINGEN	Tongeren	Piringerbroek
212	259	KBVB	R. AVENIR FOURON F.C.	Voeren	Route de Warsage
213	260	KBVB	S.K. MOELINGEN	Voeren	Berneauweg
214	261	KBVB	K.V.K. WELLEN	Wellen	Houtstraat 35
215	262	KBVB	F.C. HALVENWEG ZONHOVEN	Zonhoven	Schopdriesweg
216	263	KBVB	F.C. MELOSPORT ZONHOVEN	Zonhoven	Herestraat
264	KBVB	K. ZONHOVEN V.V.	Zonhoven	Herestraat 124/A	
265	KBVB	DAMESVOETBAL L. ZONHOVEN	Zonhoven	Muizenstraat	
217	266	KBVB	FLANDRIA TERMOLLEN ZONHOVEN	Zonhoven	Nieuwendijk
218	267	KBVB	K. ZUTENDAAL V.V.	Zutendaal	Blookbergstraat 16
219	268	KBVB	K. ZW. FC WIEMISMEER ZUTEND	Zutendaal	Postesstraat

- Berekenende watergift (mm/maand en mm/seizoen) op een grasmat van een voetbalterrein voor een aangehouden grasgroei bij een efficiënte worteldiepte van 15 cm in een substraat met 25% opneembaar watergehalte, op basis van klimaatreeksen te Genk (2000-2018):

Maand	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Gemiddeld
4	5.9	0.0	17.6	29.4	17.6	0.0	11.8	47.1	11.8	11.8	23.5	47.1	0.0	17.6	17.6	17.6	0.0	0.0	17.6	
5	29.4	82.4	47.1	23.5	52.9	58.8	23.5	41.2	76.5	64.7	52.9	105.9	41.2	17.6	41.2	47.1	41.2	94.1	58.8	
6	88.2	70.6	47.1	100.0	70.6	105.9	94.1	35.3	58.8	76.5	117.6	47.1	23.5	64.7	64.7	88.2	5.9	111.8	76.5	
7	29.4	70.6	47.1	111.8	29.4	88.2	117.6	35.3	52.9	88.2	105.9	47.1	47.1	111.8	58.8	111.8	123.5	70.6	182.4	
8	70.6	82.4	17.6	111.8	35.3	41.2	5.9	35.3	52.9	111.8	11.8	29.4	105.9	100.0	5.9	41.2	88.2	52.9	82.4	
9	47.1	0.0	47.1	70.6	47.1	58.8	76.5	29.4	41.2	64.7	5.9	47.1	41.2	23.5	35.3	23.5	88.2	23.5	52.9	
mm/seizoen	271	306	224	447	253	353	329	224	294	418	318	324	259	335	224	329	347	353	471	320

BIJLAGE H: Balans van de onbevaarbare waterlopen voor de volledige provincie Limburg voor de periode 2000-2018





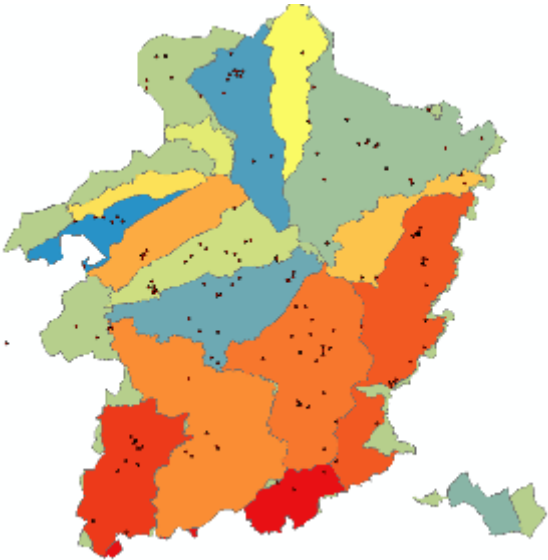
BIJLAGE J: Ruimtelijke herrekening grondwaterbalans

BIJLAGE J1: Aanbod

id	Naam	Oppervlakte [km²]	Aandeel [%]	Beschikbaar GW [mo m³/jaar]
1	Abeek Itterbeek	306.4	12.6%	10.1
2	Bosbeek	79.7	3.3%	2.6
3	Demer Hasselt tot Schulen	162.4	6.7%	5.3
4	Demer opw Hasselt	237.7	9.8%	7.8
5	Dommel	144.3	5.9%	4.7
6	Grote Laak	36.8	1.5%	1.2
7	Grote Nete	26.7	1.1%	0.9
8	Herk	294.8	12.1%	9.7
9	Jeker	61.3	2.5%	2.0
10	Maas ten zuiden van Bosbeek	234.4	9.7%	7.7
11	Mangelbeek	113.3	4.7%	3.7
12	Melsterbeek	146.0	6.0%	4.8
13	Voer	30.9	1.3%	1.0
14	Warmbeek	90.5	3.7%	3.0
15	Zwart Water	50.3	2.1%	1.7
16	Zwartebeek	97.8	4.0%	3.2
17	Geen DSB	313.3	12.9%	10.3
0	Limburg	2426.6	100.0%	79.8

BIJLAGE J2: Leidingwater

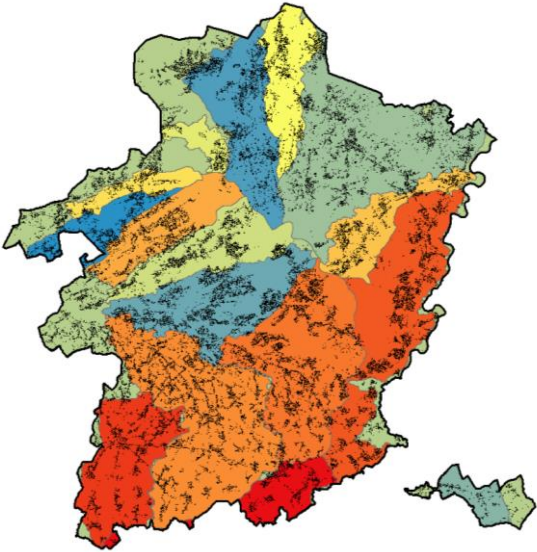
id	Naam	Aantal locaties	Hoeveelheid [m³/jaar]
1	Abeek Itterbeek	29	5469120
2	Bosbeek	4	75000
3	Demer Hasselt tot Schulen	20	1184618
4	Demer opw Hasselt	27	628948
5	Dommel	13	115270
6	Grote Laak	4	1520000
7	Grote Nete	0	0
8	Herk	23	3555250
9	Jeker	6	17000
10	Maas ten zuiden van Bosbeek	30	1015400
11	Mangelbeek	21	1384888
12	Melsterbeek	11	649952
13	Voer	0	0
14	Warmbeek	2	25000
15	Zwart Water	6	2476000
16	Zwartebeek	5	45600
17	Geen DSB	11	1195605
0	Limburg	212	19357651



BIJLAGE J3: Huishoudens

Irrigatie tuinen: verdeling obv. oppervlakte tuinen per deelstroombekken

id	Naam	Opp. tuinen [km²]	Aandeel [%]
1	Abeek Itterbeek	30.7	10.4%
2	Bosbeek	10.8	3.7%
3	Demer Hasselt tot Schulen	27.8	9.4%
4	Demer opw Hasselt	32.9	11.1%
5	Dommel	19.4	6.6%
6	Grote Laak	4.5	1.5%
7	Grote Nete	3.4	1.1%
8	Herk	36.1	12.2%
9	Jeker	5.5	1.9%
	Maas ten zuiden van Bosbeek		
10	van Bosbeek	27.8	9.4%
11	Mangelbeek	15.7	5.3%
12	Melsterbeek	14.1	4.8%
13	Voer	1.9	0.7%
14	Warmbeek	10.7	3.6%
15	Zwart Water	7.3	2.5%
16	Zwartebeek	13.0	4.4%
17	Geen DSB	33.3	11.3%
0	Limburg	295.2	100.0%



Auto wassen: verdeling obv. aantal huishoudens per deelstroombekken (gebaseerd op kaart Geopunt 2013).

id	Naam	Oppervlakte [km²]	Aantal huishoudens	Aandeel [%]
1	Abeek Itterbeek	306.4	29960	8.0%
2	Bosbeek	79.7	14899	4.0%
3	Demer Hasselt tot Schulen	162.4	41123	11.0%
4	Demer opw Hasselt	237.7	43537	11.6%
5	Dommel	144.3	22089	5.9%
6	Grote Laak	36.8	6121	1.6%
7	Grote Nete	26.7	3370	0.9%
8	Herk	294.8	38645	10.3%
9	Jeker	61.3	10045	2.7%
10	Maas ten zuiden van Bosbeek	234.4	40932	10.9%
11	Mangelbeek	113.3	22168	5.9%
12	Melsterbeek	146.0	22273	6.0%
13	Voer	30.9	1507	0.4%
14	Warmbeek	90.5	9965	2.7%
15	Zwart Water	50.3	9727	2.6%
16	Zwartebeek	97.8	17579	4.7%
17	Geen DSB	313.3	40232	10.8%
0	Limburg	2426.6	374172	100.0%

BIJLAGE J4: Landbouw

Vergunde debieten sector landbouw 2018, exclusief irrigatie:

id	Naam	Hoeveelheid [m³/jaar]	Aandeel [%]
1	Abeek Itterbeek	1460620	17%
2	Bosbeek	180737	2%
3	Demer Hasselt tot Schulen	246004	3%
4	Demer opw Hasselt	645432	7%
5	Dommel	550744	6%
6	Grote Laak	59522	1%
7	Grote Nete	42727	0%
8	Herk	1657896	19%
9	Jeker	402331	5%
10	Maas ten zuiden van Bosbeek	786757	9%
11	Mangelbeek	126585	1%
12	Melsterbeek	904463	10%
13	Voer	182899	2%
14	Warmbeek	375624	4%
15	Zwart Water	99657	1%
16	Zwartebeek	192442	2%
17	Geen DSB	934962	11%
0	Provincie	8849403	100%

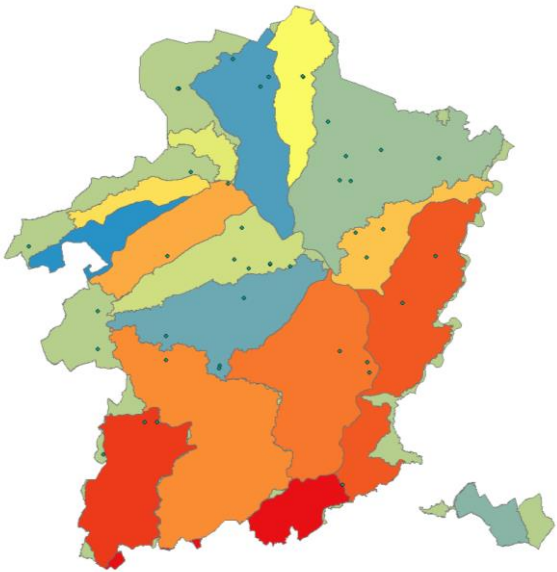
Irrigatie: verdeling obv. oppervlakte percelen per deelstroombekken

id	Naam	Aantal percelen	Oppervlakte percelen [km²]	Aandeel obv aantal	Aandeel obv oppervlakte
1	Abeek Itterbeek	10891	157	16%	17%
2	Bosbeek	1735	19	3%	2%
3	Demer Hasselt tot Schulen	1741	26	3%	3%
4	Demer opw Hasselt	5703	69	8%	7%
5	Dommel	4066	59	6%	6%
6	Grote Laak	598	6	1%	1%
7	Grote Nete	472	5	1%	0%
8	Herk	12751	178	19%	19%
9	Jeker	1936	43	3%	5%
10	Maas ten zuiden van Bosbeek	6649	85	10%	9%
11	Mangelbeek	1057	14	2%	1%
12	Melsterbeek	6293	97	9%	10%
13	Voer	929	20	1%	2%
14	Warmbeek	2691	40	4%	4%
15	Zwart Water	800	11	1%	1%
16	Zwartebeek	1691	21	3%	2%
17	Geen DSB	7307	100	11%	11%
0	Provincie	67310	951	100%	100%

BIJLAGE J5: Recreatie

Vergunde debieten sector recreatie 2018:

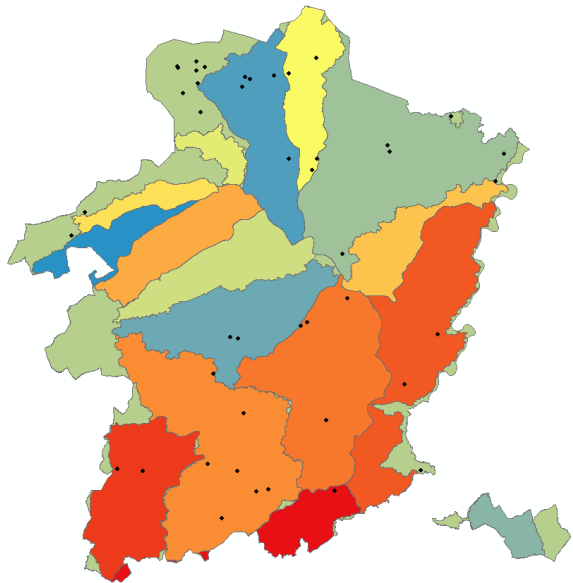
id	Naam	Aantal locaties	Hoeveelheid [m³/jaar]
1	Abeek Itterbeek	6	37600
2	Bosbeek	3	12250
3	Demer Hasselt tot Schulen	5	37000
4	Demer opw Hasselt	3	117982
5	Dommel	3	25200
6	Grote Laak	0	0
7	Grote Nete	0	0
8	Herk	1	480
9	Jeker	0	0
	Maas ten zuiden		
10	van Bosbeek	3	9300
11	Mangelbeek	6	197000
12	Melsterbeek	2	7000
13	Voer	0	0
14	Warmbeek	2	3200
15	Zwart Water	0	0
16	Zwartebeek	2	5725
17	Geen DSB	7	19912
0	Limburg	43	472649



BIJLAGE J6: Overige

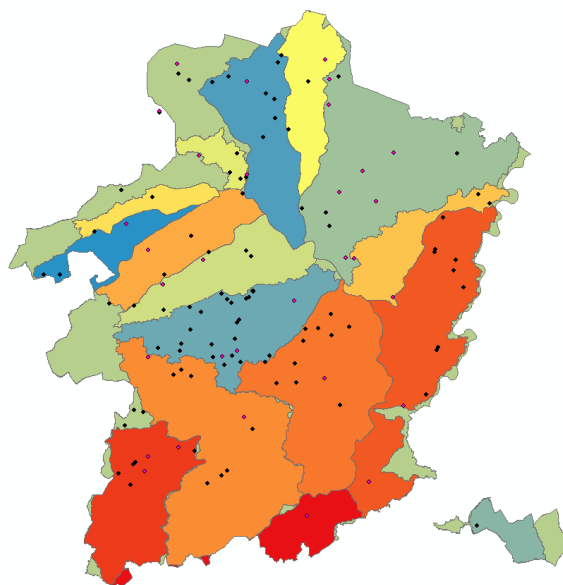
Vergunde debieten sector handelaars 2018:

id	Naam	Aantal locaties	Hoeveelheid [m³/jaar]
1	Abeek Itterbeek	4	160500
2	Bosbeek	1	68
3	Demer Hasselt tot Schulen	12	664000
4	Demer opw Hasselt	4	20250
5	Dommel	6	20065
6	Grote Laak	0	0
7	Grote Nete	0	0
8	Herk	6	55080
9	Jeker	1	11330
	Maas ten zuiden		
10	van Bosbeek	2	1560
11	Mangelbeek	0	0
12	Melsterbeek	4	35000
13	Voer	0	0
14	Warmbeek	4	3132
15	Zwart Water	0	0
16	Zwartebeek	0	0
17	Geen DSB	12	447825
0	Limburg	56	1418810



Vergunde debieten sector 'vervoer en bouw' 2018:
(paarse stippen op kaart)

id	Naam	Aantal locaties	Hoeveelheid [m³/jaar]
1	Abeek Itterbeek	10	40909
2	Bosbeek	1	4500
	Demer Hasselt		
3	tot Schulen	3	366950
4	Demer opw Hasselt	1	1000
5	Dommel	1	500
6	Grote Laak	0	0
7	Grote Nete	0	0
8	Herk	2	6400
9	Jeker	1	4000
	Maas ten zuiden		
10	van Bosbeek	2	10800
11	Mangelbeek	2	2250
12	Melsterbeek	4	36400
13	Voer	0	0
14	Warmbeek	1	100
15	Zwart Water	1	1500
16	Zwartebeek	1	200
17	Geen DSB	3	14100
0	Limburg	33	489609



Vergunde debieten sector 'niet ingedeeld' 2018:
(zwarte stippen op kaart)

id	Naam	Aantal locaties	Hoeveelheid [m³/jaar]
1	Abeek Itterbeek	5	38625
2	Bosbeek	2	345000
	Demer Hasselt		
3	tot Schulen	26	782388
4	Demer opw Hasselt	11	77350
5	Dommel	9	354300
6	Grote Laak	1	0
7	Grote Nete	3	11000
8	Herk	7	8985
9	Jeker	0	0
	Maas ten zuiden		
10	van Bosbeek	10	211550
11	Mangelbeek	5	216000
12	Melsterbeek	7	387000
13	Voer	1	1920
14	Warmbeek	2	110000
15	Zwart Water	3	0
16	Zwartebeek	4	210200
17	Geen DSB	9	104720
0	Limburg	105	2859038

