

RAPPORT

Analyse beregeningshoeveelheden Limburg en Oost-Brabant

Definitief rapport

Klant: Provincie Limburg

Referentie: WATBH4899R001F01WM

Status: Definitief/02

Datum: 1 februari 2021

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Amerikalaan 110
6199 AE MAASTRICHT AIRPORT
Water
Trade register number: 56515154

+31 88 348 78 48 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Analyse beregeningshoeveelheden Limburg en Oost-Brabant

Referentie: WATBH4899R001F01WM
Status: 02/Definitief
Datum: 1 februari 2021
Projectnaam: Analyse beregeningshoeveelheden Limburg en Oost-Brabant
Projectnummer: BH4899
Auteur(s): Hank Vermulst

Opgesteld door: Hank Vermulst

Gecontroleerd door: Wouter Swierstra

Datum: 1 februari 2021



Goedgekeurd door: Hank Vermulst

Datum: 1 februari 2021



Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. en dient voor publicatie of anderszins openbaar maken te worden geanonimiseerd.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Probleem- en doelstelling	1
1.2	Leeswijzer	1
2	Aanpak	2
3	Analyse beregeningshoeveelheden	3
3.1	Gebiedsindeling	3
3.2	Vergelijking berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden per deelgebied	4
3.3	Vergelijking registratie berekening in Limburg en Noord-Brabant	9
3.4	Beperkingen in de registratie van berekening	11
3.5	Nadere analyse beregeningshoeveelheden in relatie tot landgebruik, bodemtype en grondwaterstandsdiepte	11
4	Conclusies analyse en advies en aanbevelingen modellering berekening	16
4.1	Conclusies analyse	16
4.2	Advies en aanbevelingen voor modelleren berekening in IBRAHYM	17
5	Referenties	20

Bijlagen

1. Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden per deelgebied

1 Inleiding

1.1 Probleem- en doelstelling

In het grondwatermodel IBRAHYM worden de onverzadigde zone en de onttrekkingshoeveelheid voor beregening gemodelleerd met MetaSWAP. Deze berekende beregeningsgiften kunnen afwijken van de hoeveelheden die het Waterschap Limburg registreert op basis van de opgaven van agrariërs. Onduidelijkheid over de oorzaken van deze verschillen leiden tot discussies over de betrouwbaarheid in het model ingevoerde beregeningsgiften.

Om een beter inzicht te krijgen in de hoeveelheid grondwater die wordt gebruikt voor beregening en uiteindelijk de effecten van beregening op het grondwatersysteem beter te kunnen kwantificeren, heeft de Provincie Limburg aan Royal HaskoningDHV opdracht gegeven voor het nader analyseren van de door het model IBRAHYM berekende beregeningshoeveelheden in relatie tot de geregistreerde beregeningshoeveelheden. Op basis van deze analyse is een voorstel uitgewerkt voor het modelleren van de beregening in het grondwatermodel IBRAHYM.

Eerder heeft RHDHV voor de omgeving van het Leudal een vergelijking uitgevoerd tussen de beregeningshoeveelheden berekend met MetaSWAP en de opgegeven hoeveelheden van de agrariërs. Op basis daarvan heeft RHDHV een advies gedaan voor de modellering van beregening in het kader van het hydrologisch onderzoek voor het Leudal.

Concreet zijn de doelstellingen van deze opdracht:

1. Het analyseren van de beregeningshoeveelheden berekend door MetaSWAP en de door de agrariërs opgegeven beregeningshoeveelheden, voor het gehele beheergebied van Waterschap Limburg ten noorden van de Feldbiss en het beheergebied van Waterschap Aa en Maas rondom de Peelgebieden.
2. Op basis van de analyse een advies opstellen voor het modelleren van de beregening in het grondwatermodel IBRAHYM.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 van deze rapportage volgt een toelichting op de gevolgde aanpak. De resultaten van de analyse van de beregeningshoeveelheden zijn opgenomen in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 volgen de belangrijkste conclusies van de analyse en is het advies opgenomen voor het modelleren van beregening in het model IBRAHYM.

2 Aanpak

De analyse van de beregeningshoeveelheden bestond uit de volgende stappen:

1. Doorrekenen van de modellen IBRAHYM-MetaSWAP voor Limburg ten noorden van de Feldbiss en de omgeving van de Brabantse Peelgebieden, voor de weerjaren 2004 tot en met 2018. De jaren 2004 tot en met 2009 fungeren als zogenaamde inspeeljaren. De jaren 2010 tot en met 2018 zijn gebruikt voor de analyse.
2. Opvragen van de registraties van beregeningshoeveelheden bij de Waterschappen Limburg en Aa en Maas, voor de jaren 2007 tot en met 2018. Voor de analyses zijn alleen de registreerde beregeningshoeveelheden van 2010 tot en met 2018 gebruikt.
3. Maken van een gebiedsindeling voor de analyse van de beregeningshoeveelheden.
4. Vergelijken van de -met het model- berekende beregeningshoeveelheden met de geregistreerde beregeningshoeveelheden. De vergelijkingen zijn uitgevoerd per deelgebied, voor het gehele Limburgse deel van het studiegebied en het gehele Brabantse deel van het studiegebied. Per deelgebied is gefocust op de verdeling van de beregeningshoeveelheden (berekend en geregistreerd) over de jaren. Tevens zijn vergelijkingen gemaakt tussen de deelgebieden en tussen het Limburgse en Brabantse deel van het studiegebied.
5. Vergelijken van de wijze van registratie van berekening tussen Waterschap Limburg en Waterschap Aa en Maas. Daarbij is ook nagegaan wat de mogelijke consequenties zijn van verschillen in registratie tussen Limburg (Waterschap Limburg) en Noord-Brabant (Waterschap Aa en Maas).
6. Nadere analyse van de beregeningshoeveelheden in relatie tot landgebruik, bodemtype en Gt-klasse. Hierbij is onderzocht hoe de verschillen tussen berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden zijn verdeeld over de landgebruikstypen, bodemtypen en Gt-klassen. Welke typen laten de grootste verschillen zien (relatief en absoluut) en welke juist de geringste.
7. Na het uitvoeren van de analyse is een advies opgesteld voor het modelleren van berekening in IBRAHYM-MetaSWAP. Daarin zijn ook gerichte aanbevelingen opgenomen voor vervolgstappen om in de nabije toekomst te komen tot een verbeterde modellering van de effecten van berekening.

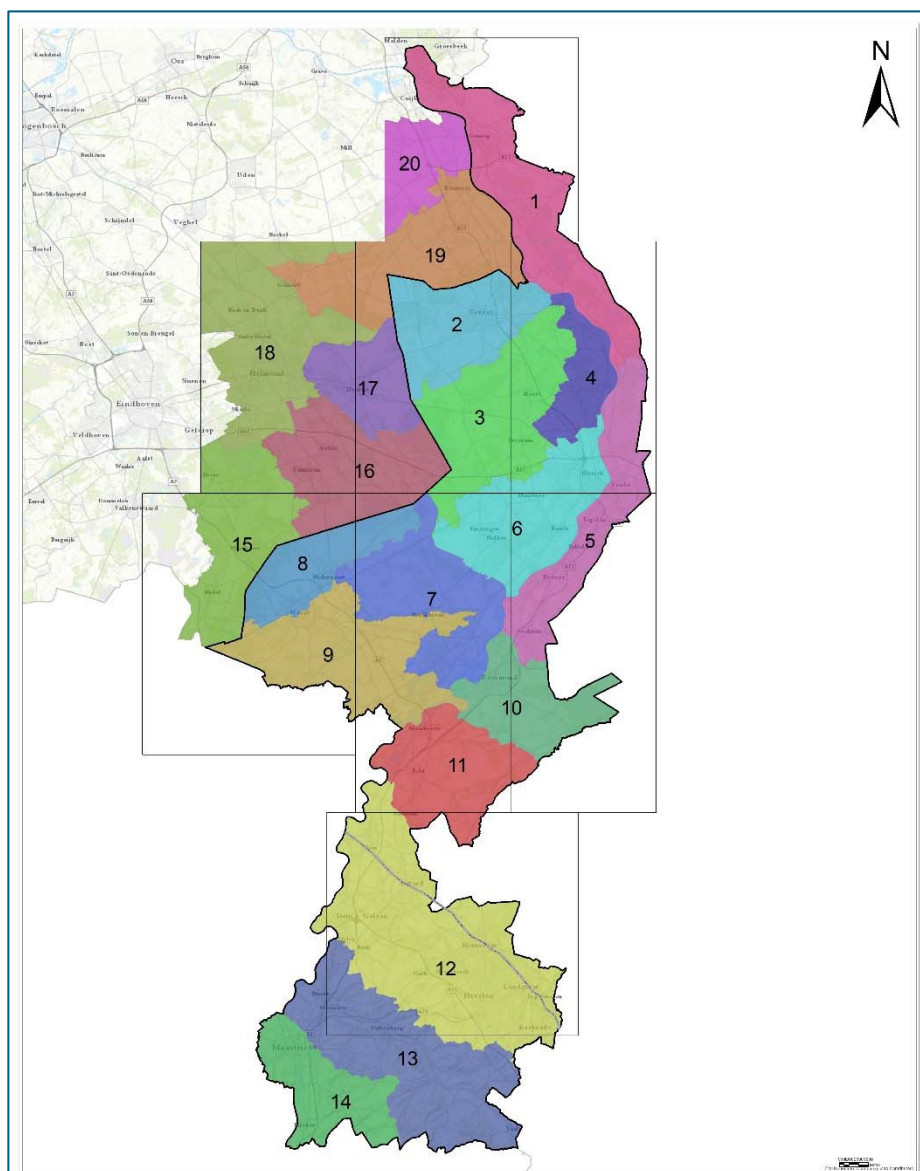
Zowel het Bedrijveninformatienet (BIN) van Wageningen Economic Research als Remote Sensing data bieden wellicht mogelijkheden om beter inzicht te verkrijgen in de beregeningshoeveelheden en -arealen binnen het studiegebied. Deze gegevensbronnen zijn in deze studie niet benut, maar aanbevolen wordt om te verkennen of ze bruikbaar zijn voor verdere onderbouwing van de analyse, zie ook paragraaf 4.2.

3 Analyse beregeningshoeveelheden

3.1 Gebiedsindeling

Het studiegebied omvat de provincie Limburg ten noorden van de Feldbissbreuk en het meest oostelijke deel van de provincie Noord-Brabant. Het gebied in Limburg ten zuiden van de Feldbissbreuk (als lijn weergegeven in Figuur 3-1) is buiten beschouwing gelaten omdat berekening hier slechts op zeer geringe schaal plaatsvindt. Binnen de provincie Noord-Brabant zijn alleen de gebieden beschouwd die via het grondwatersysteem een directe relatie hebben met de Natura2000-gebieden Deurnsche Peel-Mariapeel en Grote Peel.

Figuur 3-1 geeft de voor deze studie gehanteerde indeling in deelgebieden weer. Het gaat om -deels geclusterde- stroomgebieden van beken. De Limburgse deelgebieden zijn recentelijk gebruikt in de Limburgse Integrale Watersysteemanalyse (LIWA) (Waterschap Limburg en Provincie Limburg, 2020).



Figuur 3-1 Gebiedsindeling

Binnen Limburg zijn achtereenvolgens de volgende -deels geclusterde- stroomgebieden onderscheiden:

1. Noordoostelijke Maasterrassen met onder meer de Niers en de Eckeltse Beek.
2. Oostrumse Beek en Loobeek.
3. Groote Molenbeek.
4. Kleine afwaterende eenheden westelijke Maasterrassen.
5. Zuidoostelijke Maasterrassen met onder meer de benedenloop van de Swalm.
6. Everlose Beek en Tasbeek.
7. Neerbeek-oost met onder meer het benedenstroomse deel van de Tungelroyse Beek en de Roggelse Beek.
8. Brabantse Afwateringen.
9. Neerbeek-west, het bovenstroomse deel van de Tungelroyse Beek.
10. Roer en Maasnielderbeek.
11. Vlootbeek en Middelsgraaf.
12. Geleenbeek, Roode Beek en Worm.
13. Geul, Gulp, Eyserbeek en Selzerbeek.
14. Jeker, Noor en Voer.

De analyse is alleen uitgevoerd voor de deelgebieden ten noorden van de Feldbissbreuk (als lijn weergegeven in Figuur 3-1). In het gebied ten zuiden van de Feldbissbreuk vindt berekening slechts op zeer beperkte schaal plaats en zijn de effecten ervan op het grondwatersysteem niet substantieel. Deelgebieden 13 en 14 liggen geheel ten zuiden van de Feldbiss en worden verder niet beschouwd. De Feldbiss kruist deelgebied 12; de analyse voor dit deelgebied heeft alleen betrekking op het gebiedsdeel ten noorden van de Feldbiss.

Binnen de provincie Noord-Brabant zijn de volgende gebieden onderscheiden:

15. Buulder Aa en Sterkselse Aa.
16. Boven Aa-zuid met onder meer Eeuwselse Loop en Voordeldonkse Loop.
17. Boven Aa-noord met onder meer Soeloop, Oude Aa en Astense Aa.
18. Beneden Aa.
19. Boven-Raam.
20. Beneden-Raam.

Deelgebied 15 maakt deel uit van het beheergebied van Waterschap de Dommel, heeft geen directe relatie via het grondwater met de Peelgebieden en is daarom niet meegenomen in de analyse.

Deelgebieden 16 tot en met 20 maken deel uit van het beheergebied van Waterschap Aa en Maas en zijn alle 5 meegenomen in de analyse. Alleen deelgebieden 16 en 17 hebben via het grondwatersysteem een directe relatie met de Natura 2000-gebieden Groote Peel en Deurnsche Peel-Mariapeel.

3.2 Vergelijking berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden per deelgebied

In bijlage 1 zijn per deelgebied de berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden weergegeven (in miljoenen m³ per jaar), voor de periode 2010 tot en met 2018. Voor de deelgebieden 1 tot en met 9, gelegen in het beheergebied van het voormalige Waterschap Peel en Maasvallei, zijn voor alle jaren geregistreerde beregeningshoeveelheden beschikbaar. Deelgebieden 10 tot en met 12 liggen binnen het beheergebied van het voormalige Waterschap Roer en Overmaas. Voor deze deelgebieden zijn alleen geregistreerde beregeningshoeveelheden beschikbaar vanaf 2016. Deelgebieden 16 tot en met 20 liggen binnen het beheergebied van Waterschap Aa en Maas. Voor deze deelgebieden zijn geregistreerde beregeningshoeveelheden beschikbaar vanaf 2012.

De figuren in bijlage 1 laten zien dat in de Limburgse deelgebieden 1 tot en met 12 en de Brabantse deelgebieden 16 en 17 de berekende beregeningshoeveelheden aanzienlijk hoger liggen dan de geregistreerde hoeveelheden. Dit geldt voor bijna alle jaren. De Brabantse deelgebieden 18 en 20 laten een duidelijk ander beeld zien; hier zijn de geregistreerde beregeningshoeveelheden in het algemeen iets hoger dan de berekende hoeveelheden.

Tabel 3-1 geeft voor de verschillende deelgebieden de gemiddelde berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden weer, alsmede de gemiddelde absolute en relatieve afwijking tussen berekende en geregistreerde hoeveelheid. Het weergegeven relatieve verschil is berekend als percentage van de geregistreerde hoeveelheid.

Tabel 3-1 Gemiddelde berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden per deelgebied (in miljoenen m³ per jaar) en afwijkingen tussen berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (absoluut en relatief). Het weergegeven relatieve verschil is berekend als percentage van de geregistreerde hoeveelheid.

Deelgebied	Geregistreerd (miljoen m ³ /jr.)	Berekend (miljoen m ³ /jaar)	Vershil berekend – geregistreerd (miljoen m ³ /jaar)	Vershil berekend – geregistreerd (%)
1. Noordoostelijke Maasterrassen	2,29	4,61	2,33	102%
2. Oostrumse Beek en Loobeek	2,77	4,22	1,45	52%
3. Groote Molenbeek	4,68	6,12	1,44	31%
4. Kleine afw. eenheden westelijke Maasterrassen	1,15	2,44	1,29	113%
5. Zuidoostelijke Maasterrassen	0,92	1,40	0,48	52%
6. Everlose Beek en Tasbeek	2,30	3,76	1,46	63%
7. Neerbeek-oost	2,76	5,11	2,35	85%
8. Brabantse Afwateringen	0,71	0,94	0,23	32%
9. Neerbeek-west	3,01	4,76	1,75	58%
10. Roer en Maasnielderbeek	1,01	2,10	1,09	107%
11. Vlootbeek en Middelsgraaf	2,39	3,95	1,56	65%
12. Geleenbeek, Roode Beek en Worm	0,05	0,20	0,15	317%
16. Boven-Aa-zuid	1,78	2,11	0,33	19%
17. Boven-Aa-noord	1,15	1,66	0,51	44%
18. Beneden-Aa	2,69	2,16	-0,53	-20%
19. Boven-Raam	4,39	4,82	0,43	10%
20. Beneden-Raam	1,86	1,45	-0,41	-22%
Totaal gebieden 1 t/m 9 (voormalig WPM)	20,58	33,35	12,77	62%
Totaal gebieden 10 t/m 12 (voormalig WRO)	3,45	6,25	2,80	81%
Totaal Ws. Limburg (gebieden 1-12)	24,03	39,60	15,57	65%
Totaal Ws. Aa en Maas (gebieden 16-20)	11,88	12,20	0,33	3%

Voor de deelgebieden 1 tot en met 9 zijn de gemiddelden berekend over de jaren 2010 tot en met 2018. Voor deelgebieden 10 tot en met 12 hebben de gemiddelden betrekking op de jaren 2016 tot en met 2018. Voor deelgebieden 16 tot en met 20 zijn de gemiddelden berekend over de jaren 2012 tot en met 2018.

Limburgs deel van het studiegebied

Binnen het Limburgse deel van het studiegebied (deelgebieden 1 tot en met 12) bedraagt de gemiddelde geregistreerde beregeningshoeveelheid 24,03 miljoen m³ per jaar. De berekende hoeveelheid ligt circa 65% hoger, 39,60 miljoen m³ per jaar. In het gebied ten zuiden van de Feldbiss vindt nauwelijks beregening plaats. De totalen (geregistreerd circa 24 miljoen m³ per jaar en berekend circa 39,6 miljoen m³ per jaar) zijn dus bij benadering ook representatief voor de gehele provincie Limburg.

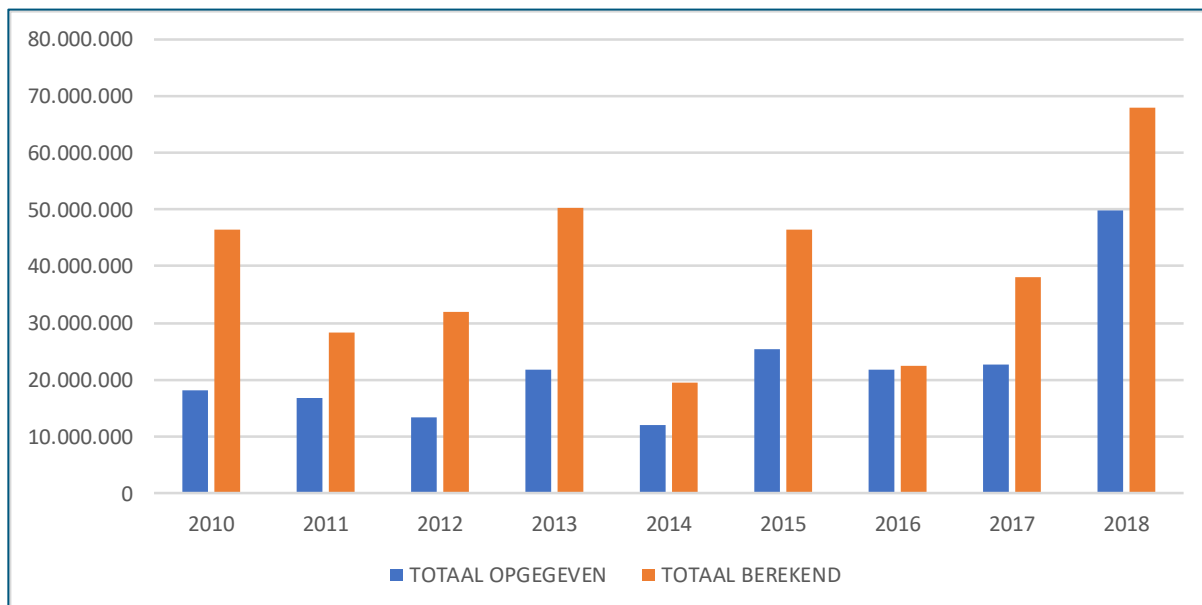
Volgens informatie van Waterschap Limburg heeft in haar gehele beheergebied in de jaren 2014 en 2015 99% van de geregistreerde onttrekkers ook daadwerkelijk opgave van onttrekkingen gedaan. In de jaren 2016 t/m 2018 waren de percentages duidelijk lager, gemiddeld 85%. Dit kan worden verklaard doordat het waterschap in 2014 en 2015 toezicht hield op het invullen van de opgaven en waar nodig handhavend optrad. Vanaf 2016 heeft dat voor het waterschap een lagere prioriteit. Deze gegevens geven geen inzicht in de betrouwbaarheid van de geregistreerde hoeveelheden.

Verdeeld over de jaren waren de percentages respons als volgt:

- 2014 - 99%.
- 2015 - 99%.
- 2016 - 86%.
- 2017 - 83%.
- 2018 - 85%.

Het procentuele verschil tussen de berekende hoeveelheid en de geregistreerde hoeveelheid is het hoogst in deelgebied 12 (Geleenbeek, Roode Beek, Worm, +317%) en het geringst in deelgebied 3 (Grote Molenbeek, +31%). In absolute zin is het verschil het grootst in deelgebied 7 (Neerbeek-oost, + 2,35 miljoen m³ per jaar) en het geringst in deelgebied 12 (Geleenbeek, Roode Beek en Worm, + 0,15 miljoen m³ per jaar).

Figuur 3-2 geeft voor het Limburgse deel van het studiegebied (deelgebieden 1 tot en met 12) de totaal berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden per jaar weer. De geregistreerde jaarlijkse beregeningshoeveelheid varieert tussen circa 12 miljoen m³ in 2014 tot circa 48 miljoen m³ in 2018. De berekende beregeningshoeveelheid varieert tussen circa 19 miljoen m³ in 2014 en circa 68 miljoen m³ in 2018. Procentueel en absoluut zijn de verschillen tussen berekend en geregistreerd het geringst in 2016 (+0,5 miljoen m³, +2,4%). Het grootste procentuele verschil tussen berekend en geregistreerd treedt op in 2010 (+156%). In absolute zin treedt het grootste verschil tussen berekend en geregistreerd op in 2013 (+28,5 miljoen m³).



Figuur 3-2 Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (in m³ per jaar) voor het Limburgse deel van het studiegebied (deelgebieden 1 tot en met 12)

De verschillen tussen berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden variëren dus sterk tussen de jaren. Op basis van de geanalyseerde data is het niet mogelijk om hiervoor zekere verklaringen voor te geven. Bij het interpreteren van de beregeningshoeveelheden is het belangrijk zich te realiseren dat zowel de berekende als de geregistreerde beregeningshoeveelheden een aanzienlijke onzekerheid hebben. Om die reden wordt in deze rapportage nergens gesproken in termen van over- of onderschattingen maar in termen van verschillen tussen berekend en geregistreerd. Op voorhand is niet te kwantificeren welke onzekerheid het grootst is, die in de modelberekeningen of die in de registratie. Mogelijke verklaringen voor de sterke jaar-op-jaar variatie in de verschillen tussen berekend en geregistreerd hebben dus betrekking op zowel de modellering als de wijze van registratie:

1. Opvallend is dat het verschil tussen berekend en geregistreerd in het eerste deel van de periode (2010 tot en met 2013) beduidend groter is dan in het tweede deel van de periode (2014 tot en met 2018). Mogelijk is de registratie in de loop van de periode betrouwbaarder geworden (gewenning, meer handhaving).
2. Kijkend naar het tweede deel van de periode (2014 tot en met 2018) valt op dat de verschillen zowel procentueel als absoluut aanzienlijk groter zijn in jaren met een duidelijke hete en droge periode (2015 – eind juni / begin juli; 2017 – eind mei tot eind juni; 2018 – half mei tot begin augustus) dan in jaren zonder droogteperiode (2014 en 2016). *Mogelijk* is de totaal beschikbare beregeningscapaciteit ontoereikend om in extreem droge perioden alle vochttekorten “weg te beregenen”. Agrariërs maken een afweging tussen investeren in beregening enerzijds en accepteren van risico op droogteschade anderzijds en zullen daarbij zoeken naar een optimum, dat waarschijnlijk ergens tussen de beide uitersten (geheel niet beregenen / 100% weg beregenen) in ligt.

Brabants deel van het studiegebied

Tabel 3-1 laat zien dat binnen het Brabantse deel van het studiegebied (deelgebieden 16 tot en met 20) de gemiddelde geregistreerde beregeningshoeveelheid 11,88 miljoen m³ per jaar bedraagt. De berekende hoeveelheid ligt circa 3% hoger, 12,20 miljoen m³ per jaar.

Volgens informatie van Waterschap Aa en Maas heeft in haar gehele beheergebied gemiddeld over de periode 2014 tot en met 2018 circa 84% van de geregistreerde onttrekkers ook daadwerkelijk opgave van onttrekkingen gedaan. Verdeeld over de jaren waren de percentages respons als volgt:

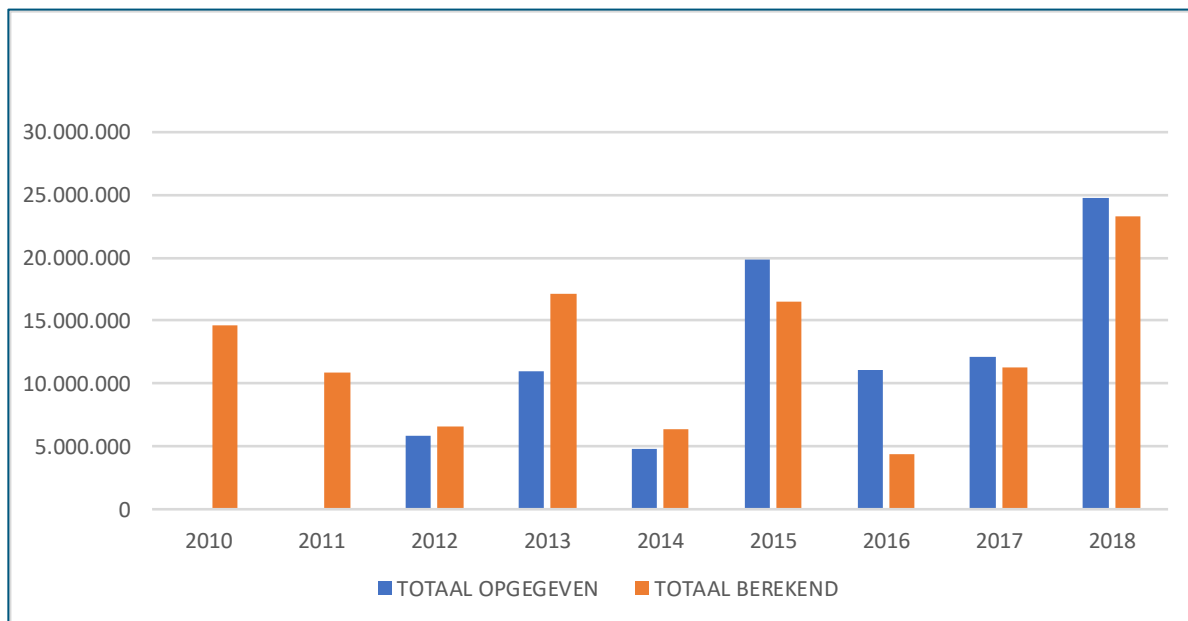
- 2014 - 79%.
- 2015 - 92%.
- 2016 - 94%.
- 2017 - 82%.
- 2018 - 71%.

Procentueel en absoluut zijn de verschillen tussen de berekende hoeveelheid en de geregistreerde hoeveelheid in deelgebieden 16, 17 en 19 (Boven-Aa-Zuid en -Noord en Boven-Raam) duidelijk groter dan in deelgebieden 18 en 20 (Beneden-Aa en Beneden-Raam).

Met name in deelgebieden 16 en 17 lijkt het verloop van berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden en de verschillen daartussen (zie ook bijlage 1) sterk op dat van deelgebieden 2 en 3 (Oostrumse Beek, Loobeek, Groote Molenbeek) aan de Limburgse zijde van de Peel. Deze deelgebieden aan de Brabantse en Limburgse zijde van de Peel hebben sterke overeenkomsten voor wat betreft bodemtype, landgebruik, grondwaterstanden en ont- en afwateringssysteem.

Deelgebieden 18 en 20 (Beneden-Aa en Beneden-Raam) wijken op deze aspecten (bodem, landgebruik, grondwaterstanden en ont- en afwatering) duidelijk af van de deelgebieden die grenzen aan de Peel. Over het algemeen liggen de grondwaterstanden hier ondieper en is de droogtegevoeligheid minder. Dit lijkt een plausibele verklaring voor het afwijkende patroon in de verschillen tussen berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheid.

Figuur 3-3 geeft voor het Brabantse deel van het studiegebied (deelgebieden 16 tot en met 20) de totaal berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden per jaar weer. De geregistreerde jaarlijkse beregeningshoeveelheid varieert tussen circa 4,8 miljoen m³ in 2014 tot circa 24,7 miljoen m³ in 2018. De berekende beregeningshoeveelheid varieert tussen circa 4,4 miljoen m³ in 2016 en circa 23,3 miljoen m³ in 2018. In absolute zin zijn de verschillen tussen berekend en geregistreerd het geringst in 2012 (+0,75 miljoen m³). Procentueel zijn de verschillen het geringst in 2018 (-5,9%). Procentueel en in absolute zin treedt het grootste verschil tussen berekend en geregistreerd op in 2016 (-6,7 miljoen m³, -60%).



Figuur 3-3 Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (in m³ per jaar) voor het Brabantse deel van het studiegebied (deelgebieden 16 tot en met 20)

Zoals eerder gesteld hebben zowel de berekende als de geregistreerde beregeningshoeveelheden een aanzienlijke onzekerheid. Op voorhand is niet te kwantificeren welke onzekerheid het grootst is, die in de modelberekeningen of die in de registratie. In de navolgende paragrafen gaan we daarom nog verder in op overeenkomsten en verschillen in de wijze van registratie tussen de provincies Limburg en Noord-Brabant (paragraaf 3.3), de beperkingen in de registratie van beregening (paragraaf 3.4) en de afwijkingen tussen berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden in relatie tot landgebruik, bodemtype en grondwaterstandsdiepte (paragraaf 3.5).

3.3 Vergelijking registratie beregening in Limburg en Noord-Brabant

In de onderstaande tabel 3-2 zijn de overeenkomsten en verschillen in de wijze van registratie van beregening tussen Waterschap Limburg en Waterschap Aa en Maas weergegeven. De overeenkomende punten zijn groen gemarkeerd, de verschillen geel. De informatie in de tabel is gebaseerd op gesprekken met mevrouw Tanja Smits van Waterschap Limburg en de heer Gerard de Jong van Waterschap Aa en Maas.

Tabel 3-2 Wijze van registratie berekening binnen Waterschap Limburg en Waterschap Aa en Maas – overeenkomsten en verschillen

Waterschap Limburg	Waterschap Aa en Maas
Pompinstallaties en putten <i>meldingsplichtig</i> (stand-still van toepassing, toename van aantal pompen en putten niet toegestaan)	Pompinstallaties en putten in beschermd gebied, attentiegebied en invloedsgebied Natura 2000 altijd vergunningplichtig. Buiten deze gebieden meldingsplichtig en alleen vergunningplichtig als niet aan de algemene regel wordt voldaan.
WL stuurt eind van het jaar brief uit met verzoek opgave te doen van beregeningsonttrekking in m ³ /jaar	WAM stuurt begin december van het jaar brief of mail uit met verzoek opgave te doen van beregeningsonttrekking in m ³ /jaar van het voorgaande jaar
Geen reminders / herinneringen bij geen reactie (voor 2017 werd dit wel gedaan, maar sindsdien vanwege capaciteitsgebrek niet meer).	Bij geen reactie wordt half januari één reminder per brief of mail gestuurd.
Bij geen reactie wordt 0 m ³ /jaar in data opgenomen.	Als na de uitgestuurde herinnering nog geen reactie, dan wordt geen getal in de data opgenomen.
Bij geen reactie geen verdere sanctiëring / handhaving.	Na drie jaar geen opgave wordt de vergunning ingetrokken. Dit is in 2019 voor een aantal vergunninghouders gebeurd .
Vanaf 1 januari 2021 als voorwaarde gesteld dat er pas mag worden berekend als stuw en ontwateringsniveaus peilgestuurde drainage maximaal zijn opgetrokken. Dit wordt steekproefsgewijs gecontroleerd. (https://zoek.officielebekendmakingen.nl/wsb-2020-8348.html)	Voor berekening geen voorwaarden aan stuwpeilen/niveau peilgestuurde drainage. In de beschermde gebieden mag grasland tot 1 juni en vanaf 1 juni tot 1 augustus tussen 11.00 en 17.00 uur niet berekend worden uit grondwater.
Registratie voornamelijk op basis van urentellers. Enkele keer ook debietmeters. Urenteller of debietmeter is niet verplicht.	Registratie voornamelijk op basis van urentellers. Enkele keer ook debietmeters.
Geen actie ondernomen om urentellers / debietmeters te kalibreren en te verzegelen.	Geen actie ondernomen om urentellers / debietmeters te kalibreren en te verzegelen.
Geen controle op begin / eindstanden van urentellers / debietmeters. Men geeft uitsluitend geregistreerde m ³ s of draaiuren op.	Geen controle op begin / eindstanden van urentellers / debietmeters. Men geeft uitsluitend geregistreerde m ³ s of draaiuren op.
Navraag in geval de opgegeven beregeningshoeveelheid sterk afwijkt van de voorgaande jaren (steekproefsgewijs).	Navraag in geval de opgegeven beregeningshoeveelheid sterk afwijkt van de voorgaande jaren (steekproefsgewijs).

De registratieregeling van Waterschap Aa en Maas omvat in tegenstelling tot die van Waterschap Limburg één herinneringsmoment. Omdat door Waterschap Aa en Maas een deel van de berekeningen vergunningsplichtig zijn gesteld, biedt dit ook mogelijkheden voor sanctiëring in geval men niet voldoet aan de registratieplicht. In een aantal gevallen zijn ook daadwerkelijk vergunningen ingetrokken. In het beheergebied van Waterschap Limburg zijn alle berekeningen meldingsplichtig. Dit geeft geen sanctiëringmogelijkheden.

Deze verschillen in registratieregeling geven hoogstens deels een verklaring voor het feit dat de berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden in het Brabantse deel van het studiegebied beter overeenkomen dan in het Limburgse deel.

Voor een deel wordt het verschil ook veroorzaakt door gebiedskenmerken (landgebruik, bodemtype, grondwaterstandsdiepte en ont- en afwatering). Dit wordt geïllustreerd door het duidelijke verschil in het patroon van berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden tussen de deelgebieden 16 en 17

(grenzend aan de Peel) en 18 en 20 (benedenstroomse gebieden) binnen het beheergebied van Waterschap Aa en Maas, zie tabel 3-1 en bijlage 1.

Tot slot speelt ook de modelaanpak mogelijk een rol. Het IBRAHYM-model, waarmee zowel voor het Limburgse als het Brabantse deel van het studiegebied de beregeningshoeveelheden zijn berekend, is alleen voor het Limburgse deel van het studiegebied gekalibreerd. Na de kalibratie bleek dat de grondwaterstanden in het Limburgse deel van het studiegebied vaker te laag dan te hoog worden berekend (mondelinge mededeling Jurriaan Cok). Dit leidt mogelijk tot enige overschatting van de beregeningshoeveelheden in Limburg.

3.4 Beperkingen in de registratie van beregening

Zowel in Limburg (Waterschap Limburg) als Noord-Brabant (Waterschap Aa en Maas) omvat de registratie van beregeningsonttrekkingen alleen:

1. Locatie en maximale capaciteit van de beregeningsinstallatie (eenmalig).
2. Locaties van de putten (eenmalig).
3. Totale onttrekking per jaar (jaarlijks op te geven).

Niet geregistreerd worden:

1. De onttrekkingsduur en -hoeveelheid per put.
2. Welke percelen worden berekend en beregeningsgift per perceel.

De geregistreerde onttrekkingshoeveelheden hebben bovendien een zekere mate van onzekerheid. Deze onttrekkingshoeveelheden worden jaarlijks opgegeven door agrariërs, meestal gebaseerd op geregistreerde draaiuren van de pompinstallatie vermenigvuldigd met de pompcapaciteit (en eventueel gecorrigeerd met een reductiefactor).

Om met het IBRAHYM-MetaSWAP model toch de beregeningshoeveelheden te kunnen berekenen, zijn noodgedwongen de volgende aannames gedaan:

1. Per put is ingeschat welke landbouwpercelen vanuit de put kunnen worden berekend. Deze inschatting is gebaseerd op expert judgement door Alterra (Wageningen Environmental Research, WEnR).
2. Per type landgebruik is de frequentie van beregening ingeschat (bijvoorbeeld eenmaal per week).
3. De beregeningsonttrekking per put wordt berekend op basis van de aangenomen beregeningsfrequentie en het berekende vochttekort van de percelen die zijn gekoppeld aan de put.

Deze aannames zorgen voor een belangrijke onzekerheid in de berekening van de beregeningsonttrekkingen. Deze onzekerheid is te verminderen door de registratie zodanig aan te passen, dat er in de modellering minder aannames hoeven te worden gedaan. Dit kan door de registratie uit te breiden of aan te passen op onder meer de volgende punten:

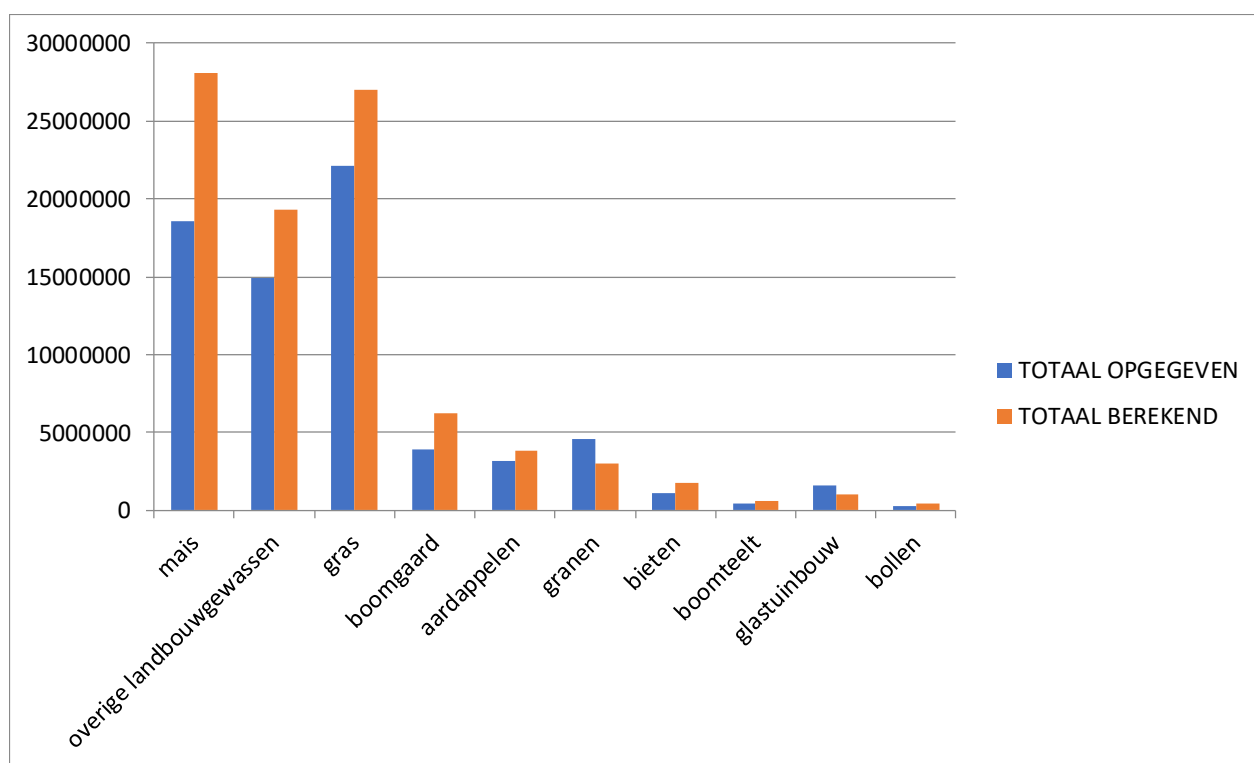
1. Aanvullende eisen stellen ten aanzien van bemetering, bijvoorbeeld door middel van een (geijkte) debietmeter, verzegeling van de meter en opgave van begin- en eind-meterstanden per jaar.
2. Aanvullend registreren van de onttrekkingsduur- en hoeveelheid per put.
3. Aanvullend registreren van percelen die zijn berekend per put.

3.5 Nadere analyse beregeningshoeveelheden in relatie tot landgebruik, bodemtype en grondwaterstandsdiepte

Als laatste stap zijn de verschillen tussen de berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden geanalyseerd in relatie tot het landgebruik, het bodemtype en de diepte van de grondwaterstand. Deze analyses zijn uitgevoerd voor het jaar 2018.

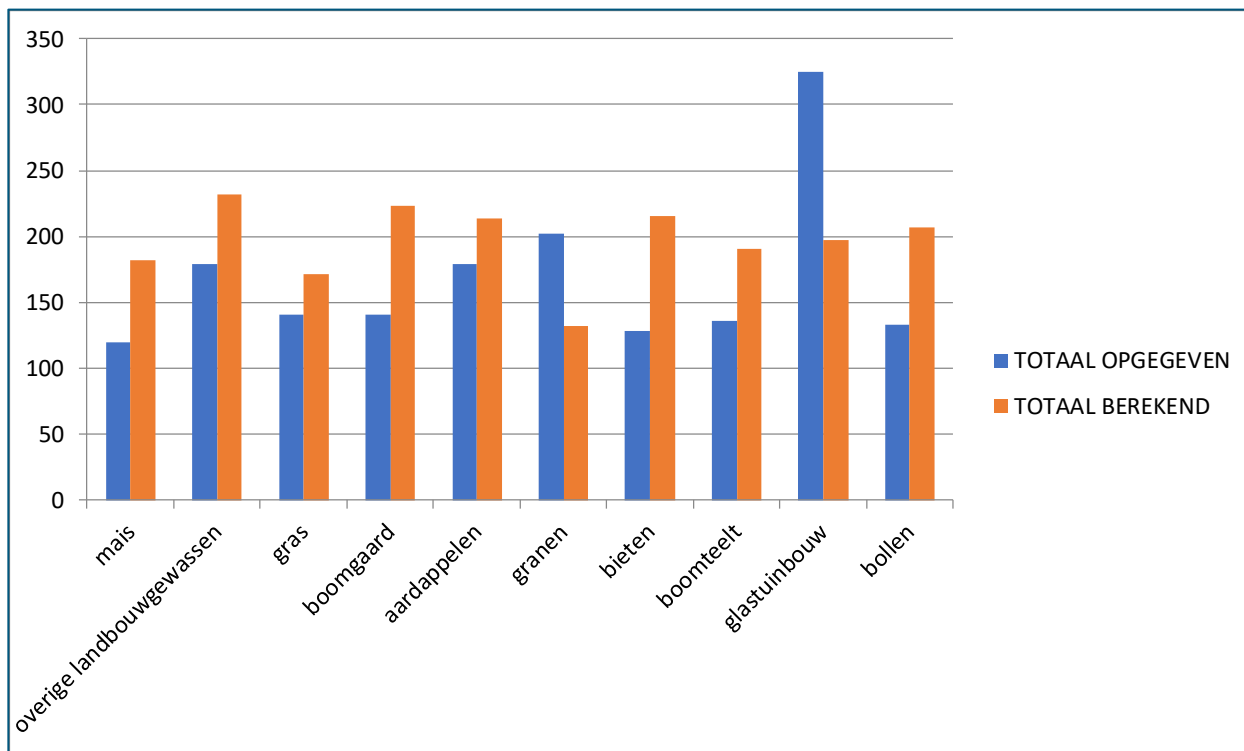
Analyse beregeningshoeveelheden in relatie tot landgebruik

Figuur 3-4 geeft voor het jaar 2018, voor het gehele studiegebied, de verschillen weer tussen de berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden voor de verschillende landgebruikstypen. Figuur 3-5 geeft hetzelfde weer, maar dan uitgedrukt in mm per jaar.



Figuur 3-4 Berekende en geregistreerde onttrekkingshoeveelheden (in m³) voor verschillende typen landgebruik. Gehele studiegebied, jaar 2018

Figuur 3-4 laat zien dat de verschillen tussen berekende en geregistreerde onttrekkingshoeveelheden in absolute zin het grootst zijn voor maïs, vervolgens voor gras en daarna voor overige landbouwgewassen. Andere landgebruikstypen laten soms procentueel grotere verschillen zien, maar in absolute zin zijn ze van ondergeschikt belang. Een mogelijke oorzaak van de hoger berekende beregeningsgiften voor maïs en overige landbouwgewassen is de in IBRAHYM/MetaSWAP veronderstelde beregeningsfrequentie. Voor maïs en overige landbouw is deze gelijkgesteld aan die voor grasland, terwijl het aannemelijk is dat die in werkelijkheid lager ligt dan voor gras. Afstemming met WEnR en de sector (LLTB/ZLTO) geeft hierover wellicht meer helderheid.



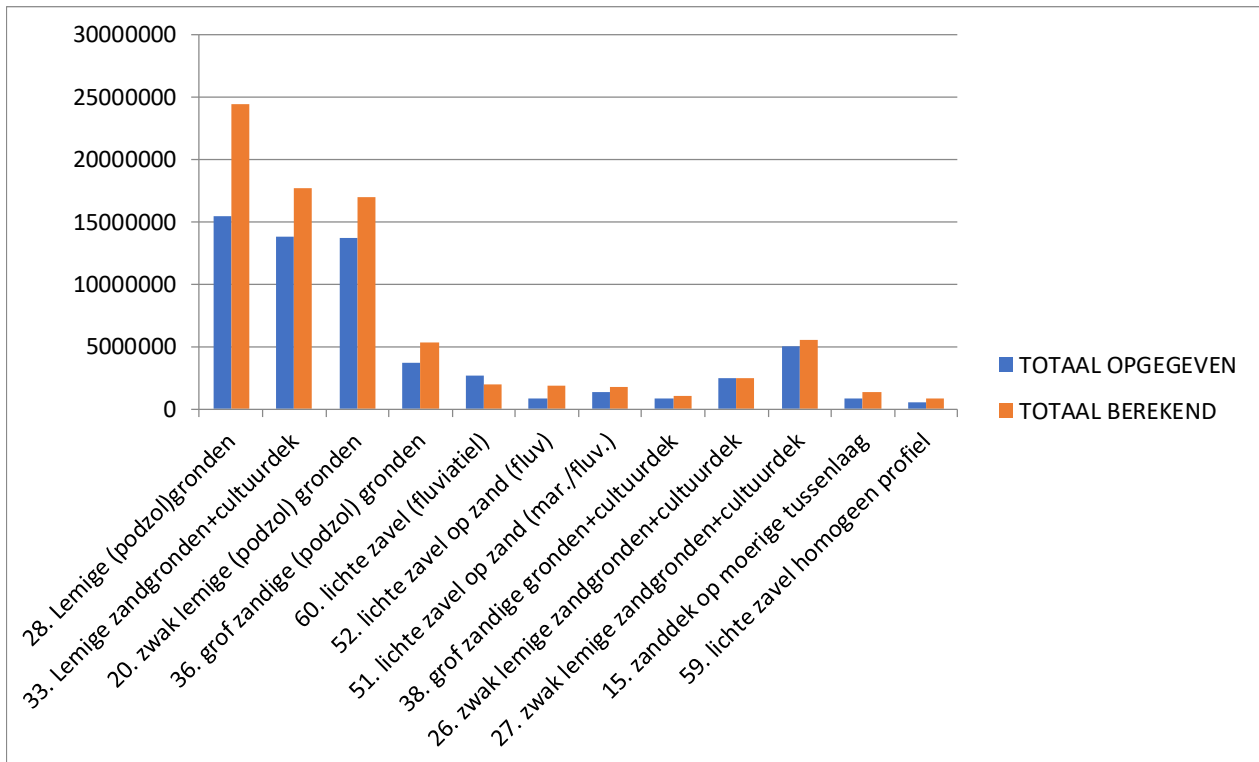
Figuur 3-5 Berekende en geregistreerde onttrekkingshoeveelheden (in mm) voor verschillende typen landgebruik. Gehele studiegebied, jaar 2018

Analyse beregeningshoeveelheden in relatie tot bodemtype

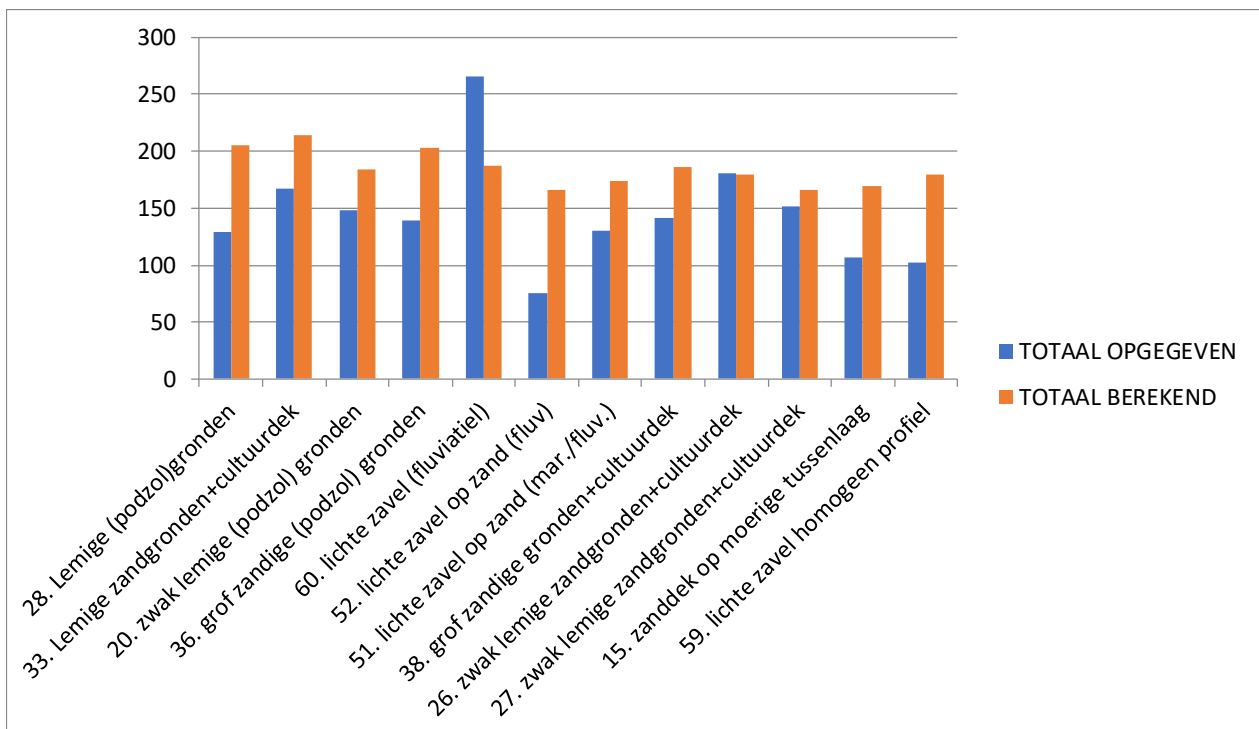
Figuur 3-6 geeft voor het jaar 2018, voor het gehele studiegebied, de verschillen weer tussen de berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden voor de verschillende voorkomende bodemtypen (zogenoemde BOFEK-codes). Figuur 3-7 geeft hetzelfde weer, maar dan uitgedrukt in mm per jaar.

Figuur 3-6 laat zien dat de verschillen tussen berekende en geregistreerde onttrekkingshoeveelheden in absolute zin het grootst zijn voor het bodemtype Lemige podzolgronden (BOFEK-code 28). Verder zijn de absolute verschillen relatief groot voor de bodemtypes Lemige zandgronden met dik cultuurdek (BOFEK-code 33) en Zwak lemige podzolgronden (BOFEK-code 20). Dit zijn ook de 3 bodemtypes die in het studiegebied het meest voorkomen.

Voor BOFEK-code 28 zijn de verschillen tussen berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden echter ook in relatieve zin aanzienlijk groter dan gemiddeld. Dit kan veroorzaakt worden door onzekerheden in de berekening van de werkelijke evapotranspiratie voor deze BOFEK-code (modellering dikte wortelzone, bodemfysische relaties). Mogelijk worden de groter dan gemiddelde afwijkingen ook veroorzaakt doordat op BOFEK-code 28 meer dan gemiddeld maïs wordt geteeld.



Figuur 3-6 Berekende en geregistreerde onttrekkingshoeveelheden (in m³) voor verschillende bodemtypen (BOFEK-codes). Gehele studiegebied, jaar 2018

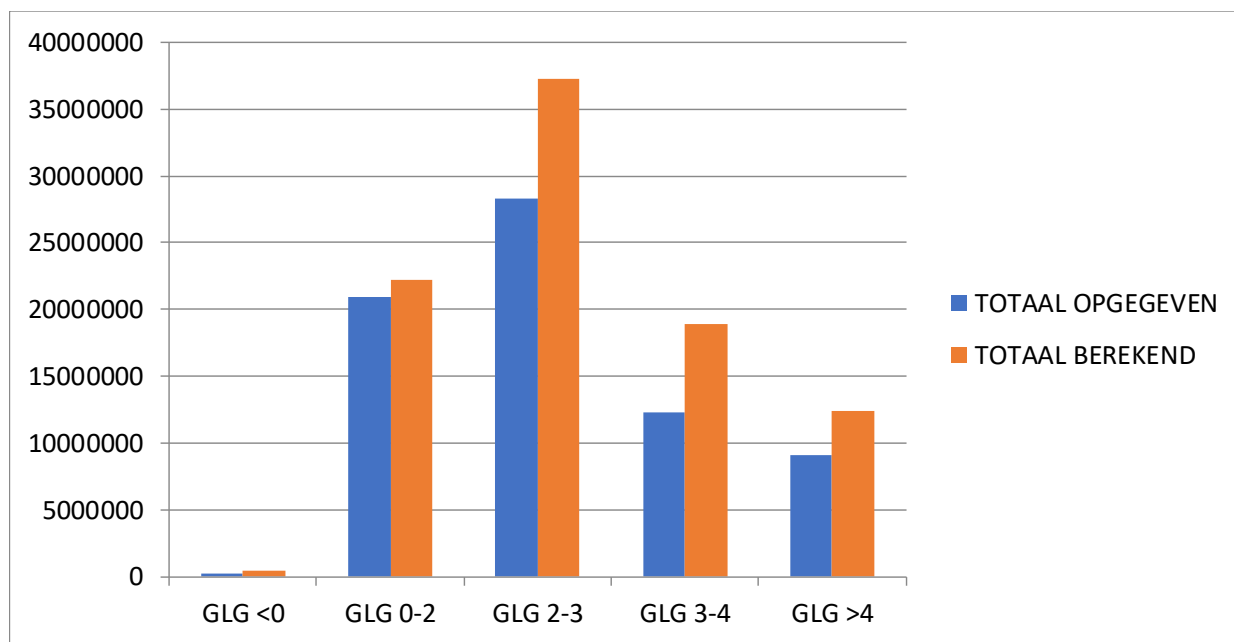


Figuur 3-7 Berekende en geregistreerde onttrekkingshoeveelheden (in mm) voor verschillende bodemtypen (BOFEK-codes). Gehele studiegebied, jaar 2018

Analyse beregeningshoeveelheden in relatie tot grondwaterstandsdiepte

In deze analyse is onderscheid in de grondwaterstandsdiepte uitgedrukt in GLG-klassen (GLG 0-2 m, 2-3 m, 3-4 m en > 4 m beneden maaiveld).

Figuur 3-8 geeft voor het jaar 2018, voor het gehele studiegebied, de verschillen weer tussen de berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden voor de verschillende GLG-klassen.



Figuur 3-8 Verschillen tussen berekende en geregistreerde onttrekkingshoeveelheden voor verschillende GLG-klassen. Gehele studiegebied, jaar 2018

Figuur 3-8 laat zien dat de verschillen tussen berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden in absolute en relatieve zin het grootst zijn voor de GLG-klassen 2-3 m onder maaiveld en 3-4 m onder maaiveld. De GLG-klasse 0-2 m onder maaiveld laat juist kleinere verschillen zien. Dit is ook in lijn met de bevinding dat juist in de relatief nattere, benedenstrooms gelegen deelgebieden 18 en 20 (Beneden-Aa en Beneden-Raam) de verschillen tussen berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden aanzienlijk geringer zijn dan in de overige deelgebieden.

4 Conclusies analyse en advies en aanbevelingen modellering berekening

4.1 Conclusies analyse

1. Binnen het Limburgse deel van het studiegebied bedraagt de gemiddelde geregistreerde beregeningshoeveelheid circa 24 miljoen m³ per jaar. De berekende hoeveelheid ligt circa 65% hoger, circa 39,6 miljoen m³ per jaar.
2. Het procentuele verschil tussen de berekende hoeveelheid en de geregistreerde hoeveelheid varieert van +31% in het deelgebied Grote Molenbeek tot +317% in het deelgebied Geleenbeek, Roode Beek en Worm. In absolute zin is het verschil het grootst in het deelgebied Neerbeek-oost (+ 2,35 miljoen m³ per jaar) en het geringst in het deelgebied Geleenbeek, Roode Beek en Worm (+ 0,15 miljoen m³ per jaar).
3. De geregistreerde jaarlijkse beregeningshoeveelheid varieert in het Limburgse deel van het studiegebied van circa 12 miljoen m³ in 2014 tot circa 48 miljoen m³ in 2018. De berekende beregeningshoeveelheid varieert tussen circa 19 miljoen m³ in 2014 en circa 68 miljoen m³ in 2018. Procentueel en absoluut zijn de verschillen tussen berekend en geregistreerd het geringst in 2016 (+0,5 miljoen m³, +2,4%). Het grootste procentuele verschil tussen berekend en geregistreerd treedt op in 2010 (+156%). In absolute zin treedt het grootste verschil tussen berekend en geregistreerd op in 2013 (+28,5 miljoen m³). Volgens informatie van Waterschap Limburg heeft in haar gehele beheergebied in de jaren 2014 en 2015 99% van de geregistreerde onttrekkers ook daadwerkelijk opgave van onttrekkingen gedaan. In de jaren 2016 t/m 2018 waren de percentages duidelijk lager, gemiddeld 85%.
4. De verschillen tussen berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden variëren dus sterk tussen de jaren. Op basis van de geanalyseerde data is het niet mogelijk om hiervoor zekere verklaringen voor te geven. *Mogelijke* verklaringen zijn:
 - De registratie is in de loop van de periode betrouwbaarder geworden (gewinning, meer handhaving). Daardoor neemt het verschil tussen berekend en geregistreerd af naarmate de periode vordert.
 - Mogelijk is de totaal beschikbare beregeningscapaciteit ontoereikend om in extreem droge perioden alle vochttekorten "weg te beregenen". Agrariërs maken een afweging tussen investeren in beregening enerzijds en accepteren van risico op droogteschade anderzijds en zullen daarbij zoeken naar een optimum, dat waarschijnlijk ergens tussen de beide uitersten (geheel niet beregenen / 100% weg beregenen) in ligt. Daardoor worden in de jaren met een duidelijke hete en droge periode (bijvoorbeeld 2015, 2017, 2018) de beregeningshoeveelheden hoger berekend (ten opzichte van de registraties) dan in jaren zonder echte droogteperiode (2014, 2016).
5. Binnen het Brabantse deel van het studiegebied bedraagt de gemiddelde geregistreerde beregeningshoeveelheid circa 11,9 miljoen m³ per jaar. De berekende hoeveelheid ligt circa 3% hoger, circa 12,2 miljoen m³ per jaar. Sinds 2015 is het verschil kleiner dan gemiddeld en lijkt de registratie betrouwbaarder geworden. Een mogelijke verklaring voor het feit dat de geregistreerde beregeningshoeveelheid lager ligt dan de berekende hoeveelheid is dat niet alle geregistreerde onttrekkers ook daadwerkelijk opgave doen. Volgens informatie van Waterschap Aa en Maas heeft gemiddeld over de periode 2014 tot en met 2018 circa 84% van de geregistreerde onttrekkers ook daadwerkelijk opgave van onttrekkingen gedaan.

6. Procentueel en absoluut zijn de verschillen tussen de berekende hoeveelheid en de geregistreerde hoeveelheid in deelgebieden Boven-Aa-Zuid en -Noord en Boven-Raam duidelijk groter dan in deelgebieden Beneden-Aa en Beneden-Raam. Met name in deelgebieden Boven-Aa-Zuid en -Noord lijkt het verloop van berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden en de verschillen daartussen sterk op dat van de deelgebieden Oostrumse Beek, Loobeek en Grootte Molenbeek aan de Limburgse zijde van de Peel. Deze deelgebieden aan de Brabantse en Limburgse zijde van de Peel hebben sterke overeenkomsten voor wat betreft bodemtype, landgebruik, grondwaterstanden en ont- en afwateringssysteem.
7. In het Brabantse deel van studiegebied zijn de jaar op jaar-verschillen tussen berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden geringer dan in het Limburgse deel van het studiegebied.
8. De registratieregeling van Waterschap Aa en Maas omvat -in tegenstelling tot die van Waterschap Limburg- één herinneringsmoment. Omdat door Waterschap Aa en Maas een deel van de beregelingen vergunningsplichtig is gesteld, biedt dit ook mogelijkheden voor sanctionering in geval men niet voldoet aan de registratieplicht. In een aantal gevallen zijn ook daadwerkelijk sancties opgelegd (intrekken van de vergunning). In het beheergebied van Waterschap Limburg zijn alle beregelingen meldingsplichtig. Dit geeft geen sanctioneringsmogelijkheden.
9. Deze verschillen in registratieregeling geven hoogstens deels een verklaring voor het feit dat de berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden in het Brabantse deel van het studiegebied beter overeenkomen dan in het Limburgse deel. Mogelijk wordt het verschil deels ook veroorzaakt door gebiedskenmerken (landgebruik, bodemtype, grondwaterstandsdiepte en ont- en afwatering) en verschillen in de modellering (Limburgs deel studiegebied gekalibreerd model, Brabantse deel niet).
10. Als laatste analysestap zijn de verschillen tussen de berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden geanalyseerd in relatie tot het landgebruik, het bodemtype en de diepte van de grondwaterstand. Hieruit blijkt dat:
 - De verschillen tussen berekende en geregistreerde onttrekkingshoeveelheden in absolute zin het grootst zijn voor maïs, vervolgens voor gras en daarna voor overige landbouwgewassen. Andere landgebruikstypen laten soms procentueel grotere verschillen zien, maar in absolute zin zijn ze van ondergeschikt belang.
 - De verschillen tussen berekende en geregistreerde onttrekkingshoeveelheden in absolute zin het grootst zijn voor het bodemtype Lemige podzolgronden (BOFEK-code 28). Verder zijn de absolute verschillen relatief groot voor de bodemtypes Lemige zandgronden met dik cultuurdek (BOFEK-code 33) en Zwak lemige podzolgronden (BOFEK-code 20). Dit zijn ook de 3 bodemtypes die in het studiegebied het meest voorkomen.
 - De verschillen tussen berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden in absolute en relatieve zin het grootst zijn voor de GLG-klassen 2-3 m onder maaiveld en 3-4 m onder maaiveld. De GLG-klasse 0-2 m onder maaiveld laat juist kleinere verschillen zien.

4.2 Advies en aanbevelingen voor modelleren berekening in IBRAHYM

Onzekerheden over beregeningshoeveelheden zitten zowel in de registratie als in de modellering. Op basis van de uitgevoerde analyse kan door ons geen algemeen advies gegeven worden over het gebruik van deze gegevens in de modellering. De keuzes die gemaakt worden bij het maken van modellen dienen namelijk gericht te zijn op het doel van de berekeningen.

Ons advies is om gelijktijdig verbeteracties in te zetten op verbetering van de registratie en de wijze van modellering en aanvullend daarop ook de toepasbaarheid van andere informatiebronnen te verkennen.

Aanbevelingen ten aanzien van de registratie

Verbetering van de betrouwbaarheid van de registratie is mogelijk door:

1. Aanvullende eisen te stellen ten aanzien van bemetering, bijvoorbeeld door middel van een (geijkte) debietmeter, verzegeling van de meter en opgave van begin- en eind-meterstanden per jaar.
2. Aanvullend registreren van de onttrekkingsduur- en hoeveelheid per put.
3. Aanvullend registreren van percelen die zijn berekend per put.
4. De registratie vergunningplichtig te maken en toezicht te houden op de uitvoering ervan.

Aanbevelingen ten aanzien van de modellering

Ten aanzien van de modellering bevelen we de volgende verbeteracties aan:

1. Pas beregeningsfrequentie per landgebruikstype aan op basis van praktijkinformatie van de landbouworganisaties (LLTB en ZLTO) en Wageningen Environmental Research (WEnR). Beschouw in ieder geval de landgebruikstypen maïs en overige landbouwgewassen, aangezien de verschillen tussen berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden voor deze landgebruikstypen het grootst blijken. Onderzoek hoe daarbij de gegevens uit het Bedrijveninformatienetwerk (BIN) kunnen worden gebruikt (zie hieronder).
2. Beoordeel vervolgens (na eventuele aanpassing beregeningsfrequentie landgebruikstypen maïs en overige landbouwgewassen) of de BOFEK-codes 33 en 28 nog steeds bovengemiddelde verschillen geven. Als dit zo is, is het aan te bevelen om de berekening van de werkelijke evapotranspiratie voor deze BOFEK-codes nader te beoordelen. Mogelijk zijn dan aanpassingen nodig in de modellering van de dikte van de wortelzone en/of de bodemfysische relaties van met name de wortelzone.
3. Gebruik de aanbevolen verbeteringen in de registratie om de prestaties van de modellen te verhogen.

Voor het specifieke geval van besluitvorming over vergunningsplicht voor berekening in het kader van Wet Natuurbescherming is de provincie verantwoordelijk. Zij dient daarbij te zorgen voor voldoende onderbouwde gegevens. De rechtbank heeft in 2018 geconcludeerd dat dit voor de Peelvenen onvoldoende was onderbouwd. De provincie dient bij de onderbouwing het voorzorgbeginsel te hanteren.

Totdat betere gegevens beschikbaar zijn uit bovenstaande aanbevelingen adviseren wij:

- De gegevens over het aandeel niet geretourneerde opgaven te gebruiken bij de inschatting van de beregeningshoeveelheden in een gebied.
- De effecten van verschillende beregeningshoeveelheden door te rekenen om de gevoeligheid ervan op de habitattypen in beeld te brengen.

Aanbevelingen ten aanzien van extra informatiebronnen

Tot slot bevelen we aan om de toepasbaarheid van de volgende informatiebronnen verder te verkennen:

■ Bedrijveninformatienet (BIN)

Wageningen Economic Research (WEcR) verzamelt informatie over de agrarische sector in hun Bedrijveninformatienetwerk (BIN). Dit netwerk is gebaseerd op een landelijke selectie van in totaal ongeveer 1500 land- en tuinbouwbedrijven, 100 visserijbedrijven en 150 bosbouwbedrijven. In het BIN wordt ook informatie verzameld over de berekening van land- en tuinbouwgewassen.

Aanbevolen wordt om nader te onderzoeken of, en zo ja op welke wijze, de gegevens van het BIN kunnen worden ingezet om beter inzicht te verkrijgen in berekening in het studiegebied, zowel voor wat betreft de beregeningshoeveelheden als de arealen waar berekend wordt en de frequentie waarmee berekening wordt ingezet voor verschillende gewastypen.

■ **Remote Sensing**

Onderzoek de mogelijkheden om met behulp van Remote Sensing beter inzicht te krijgen in de beregening in het studiegebied, in ieder geval voor het bepalen van de arealen / percelen waar beregend wordt en in het verlengde daarvan wellicht ook de hoeveelheid beregening en de frequentie waarmee beregening wordt ingezet voor verschillende gewastypen.

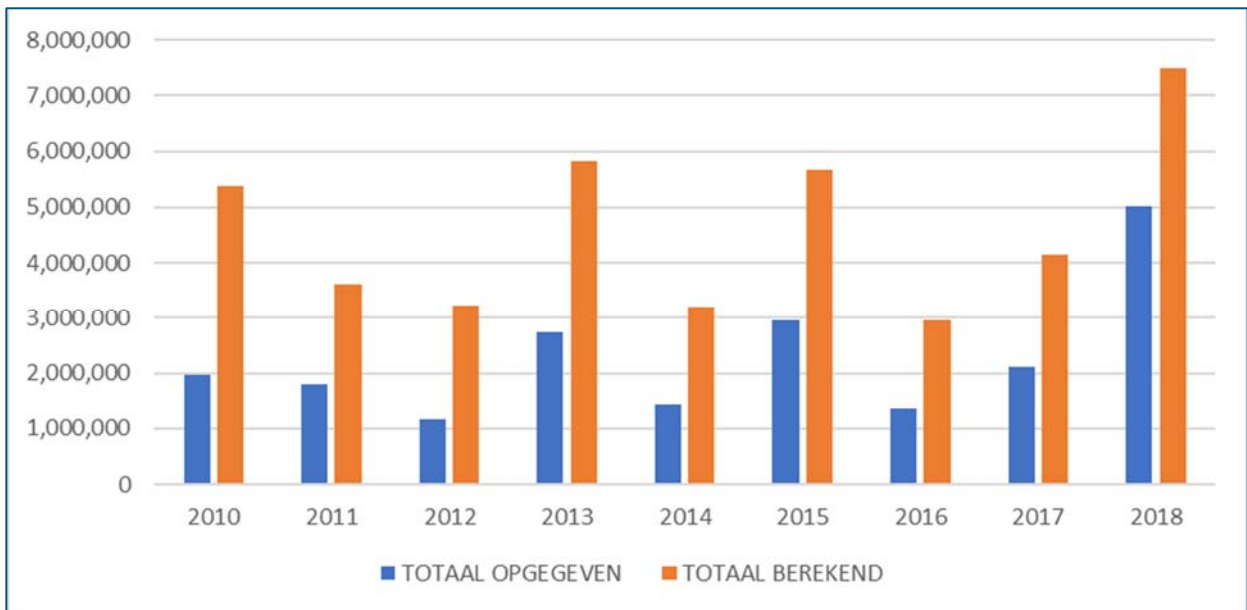
Een mogelijk startpunt is gebruik te maken van data van de landelijke droogtestudie, waarbij men via Remote Sensing heeft geprobeerd vast te stellen welke percelen voor maïs en gras beregend worden. Nagegaan dient te worden of deze data kunnen worden gebruikt om de inschattingen van het beregend areaal en/of de totale beregeningshoeveelheid in het studiegebied verder te onderbouwen.

5 Referenties

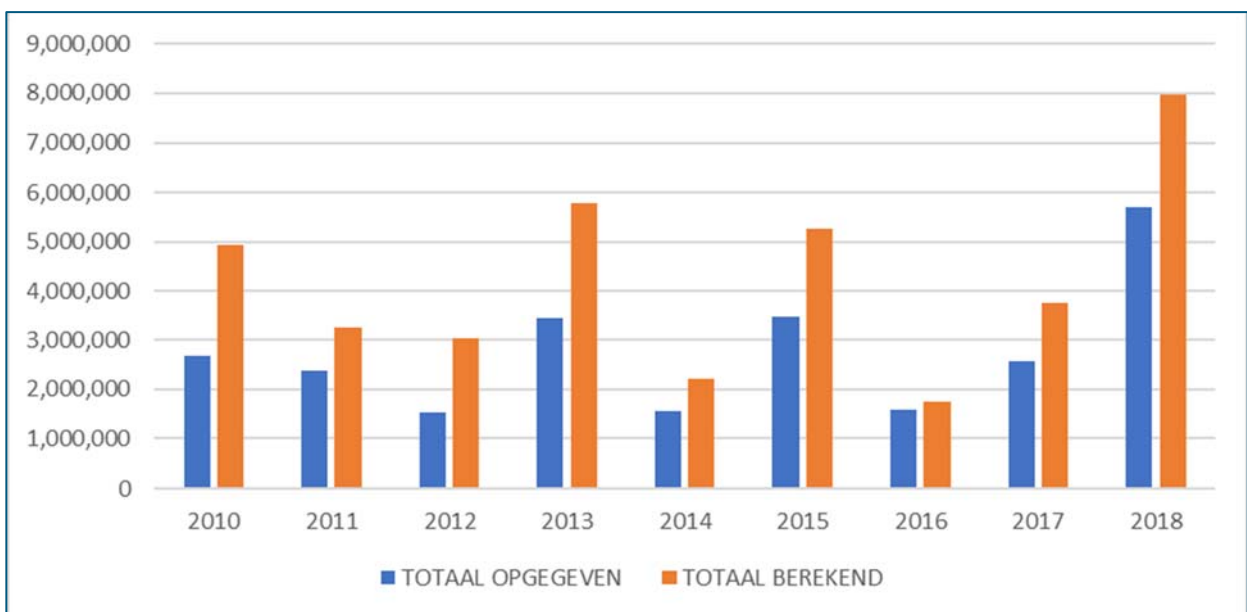
- Waterschap Limburg en Provincie Limburg, 2020. Limburgse Integrale Watersysteemanalyse (LIWA). Sweco en Royal HaskoningDHV in opdracht van Waterschap Limburg. I-Report <http://rhk.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=2d8498eea245436c969686fd41aba93c>

Bijlage

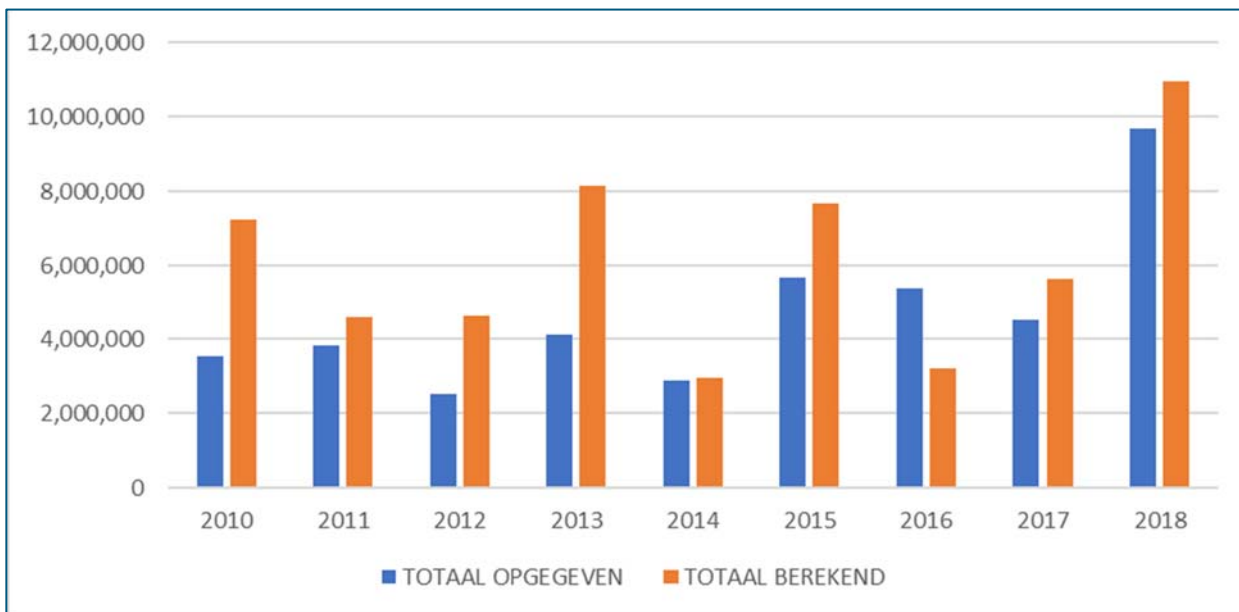
- 1. Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden per deelgebied**



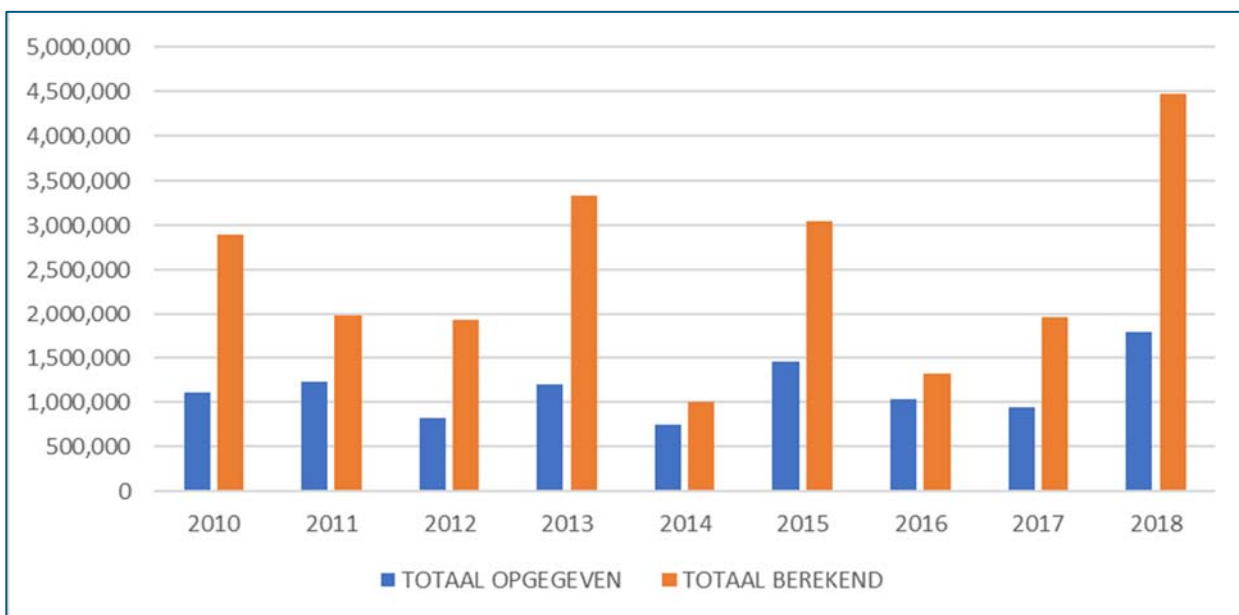
Figuur B1-1 Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (m³ per jaar) deelgebied 1, Noordoostelijke Maasterrassen



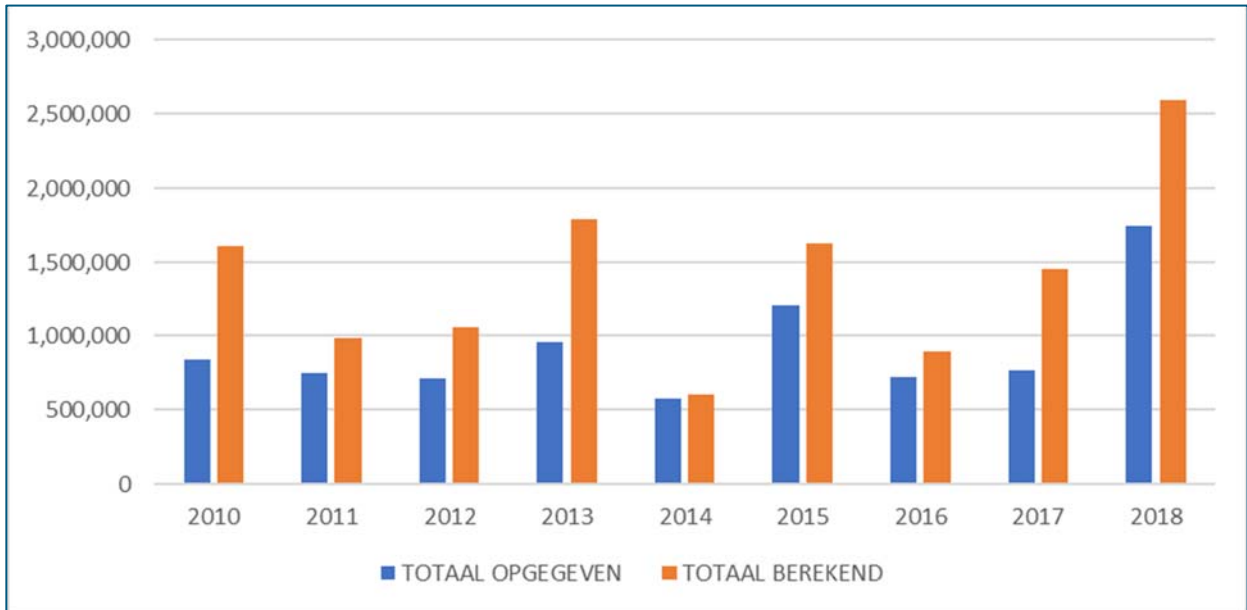
Figuur B1-2 Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (m³ per jaar) deelgebied 2, Oostrumse Beek en Loobeek



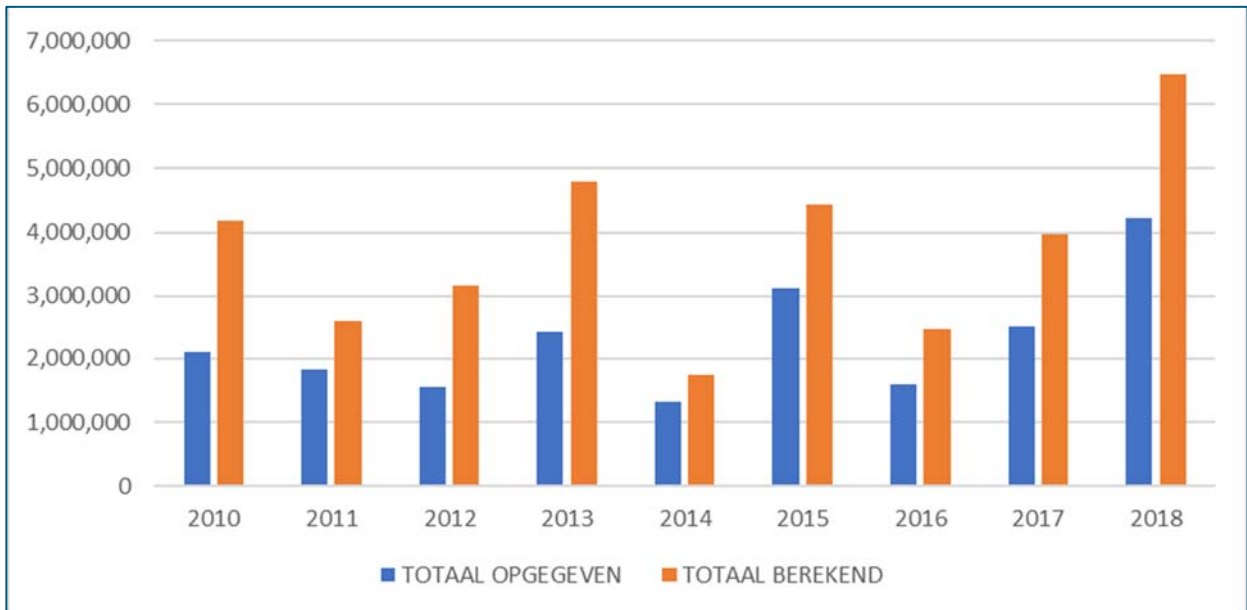
Figuur B1-3 Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (m³ per jaar) deelgebied 3, Groote Molenbeek



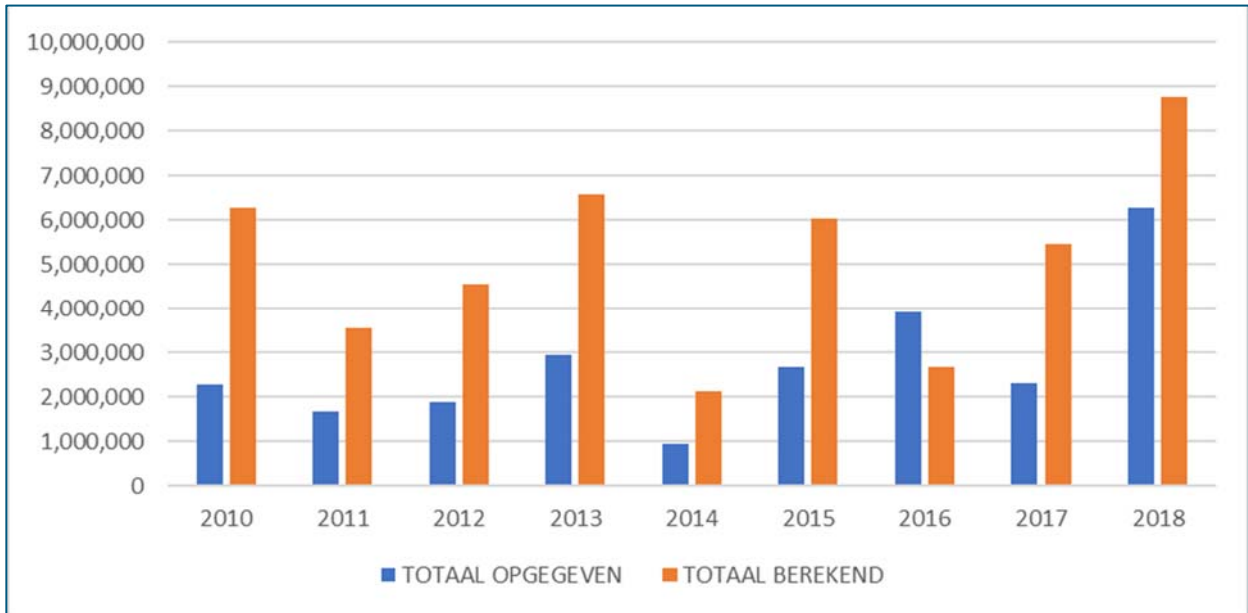
Figuur B1-4 Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (m³ per jaar) deelgebied 4, Kleine Afwaterende Eenheden Westelijke Maasterrassen



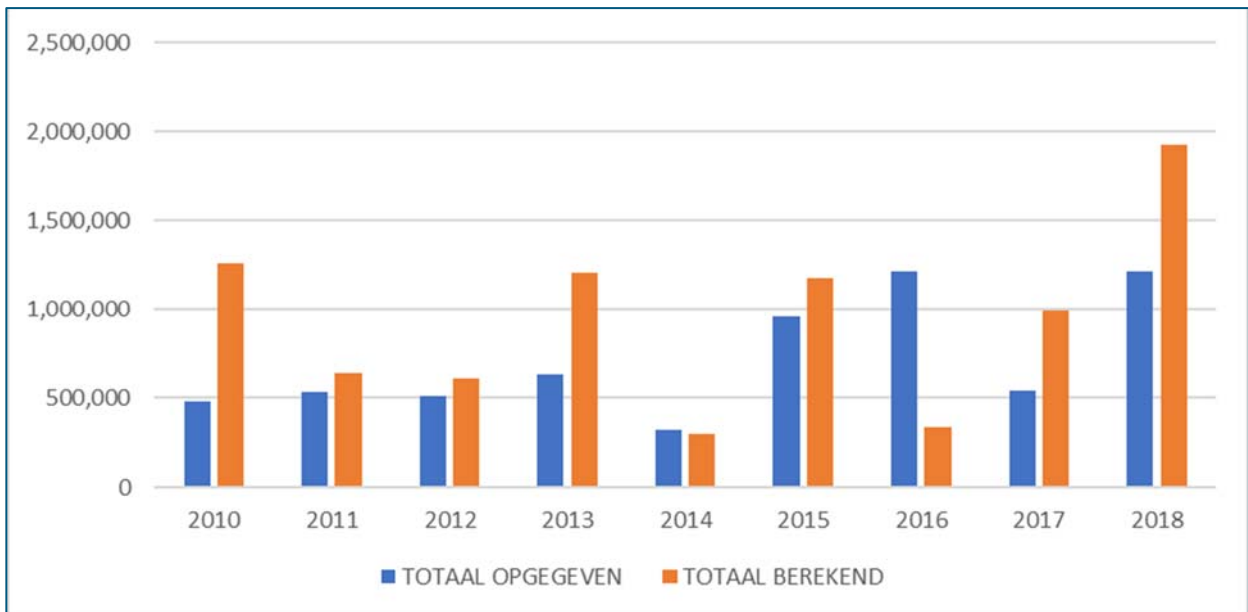
Figuur B1-5 Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (m³ per jaar) deelgebied 5, Zuidoostelijke Maasterrassen



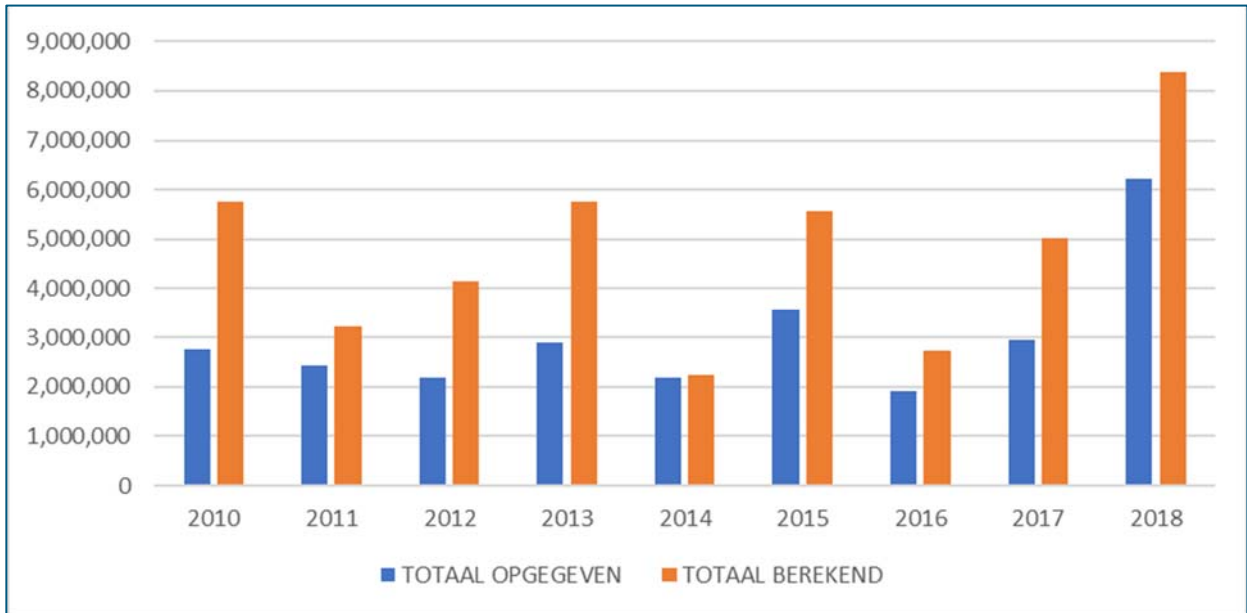
Figuur B1-6 Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (m³ per jaar) deelgebied 6, Everlose Beek en Tasbeek



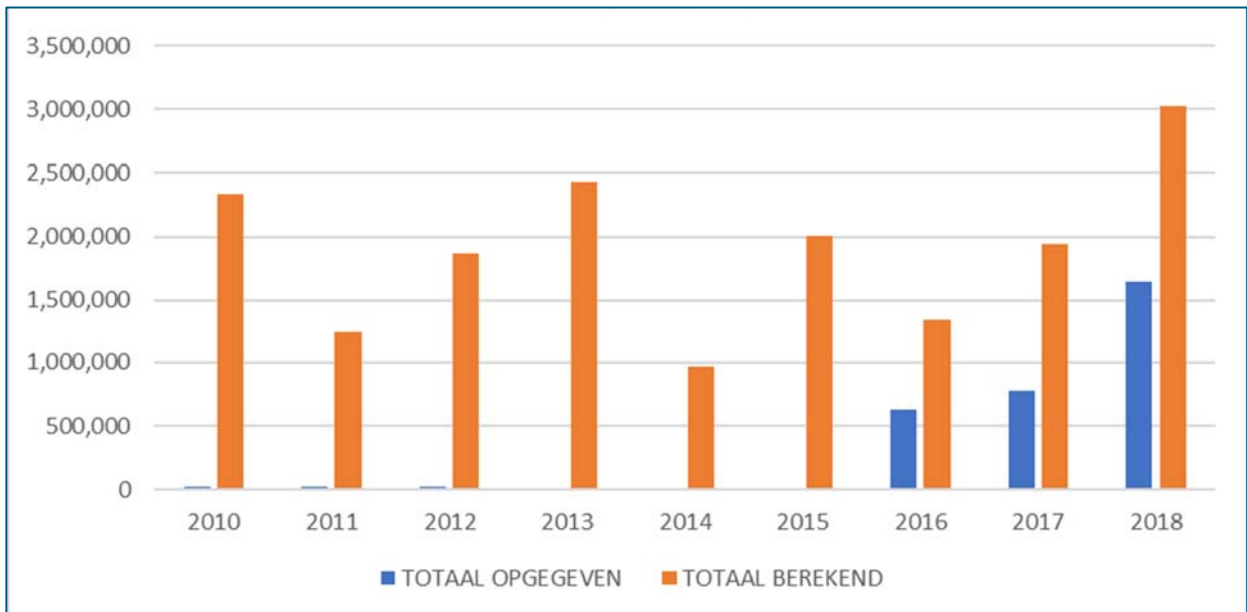
Figuur B1-7 Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (m³ per jaar) deelgebied 7, Neerbeek-oost



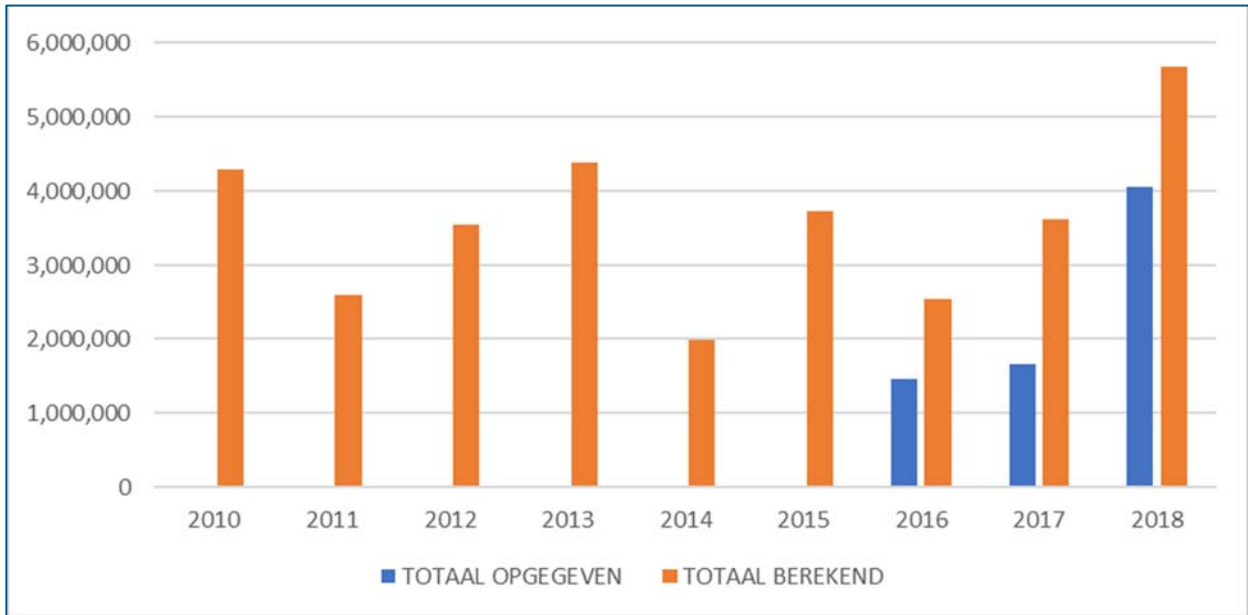
Figuur B1-8 Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (m³ per jaar) deelgebied 8, Brabantse Afwateringen



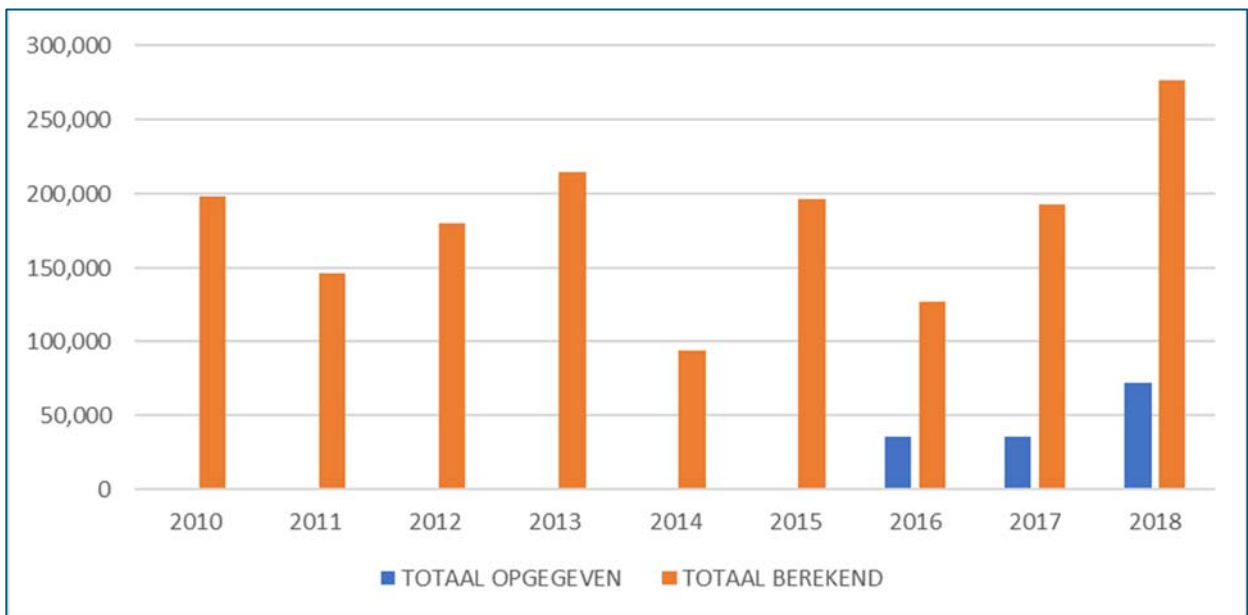
Figuur B1-9 Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (m³ per jaar) deelgebied 9, Neerbeek-west



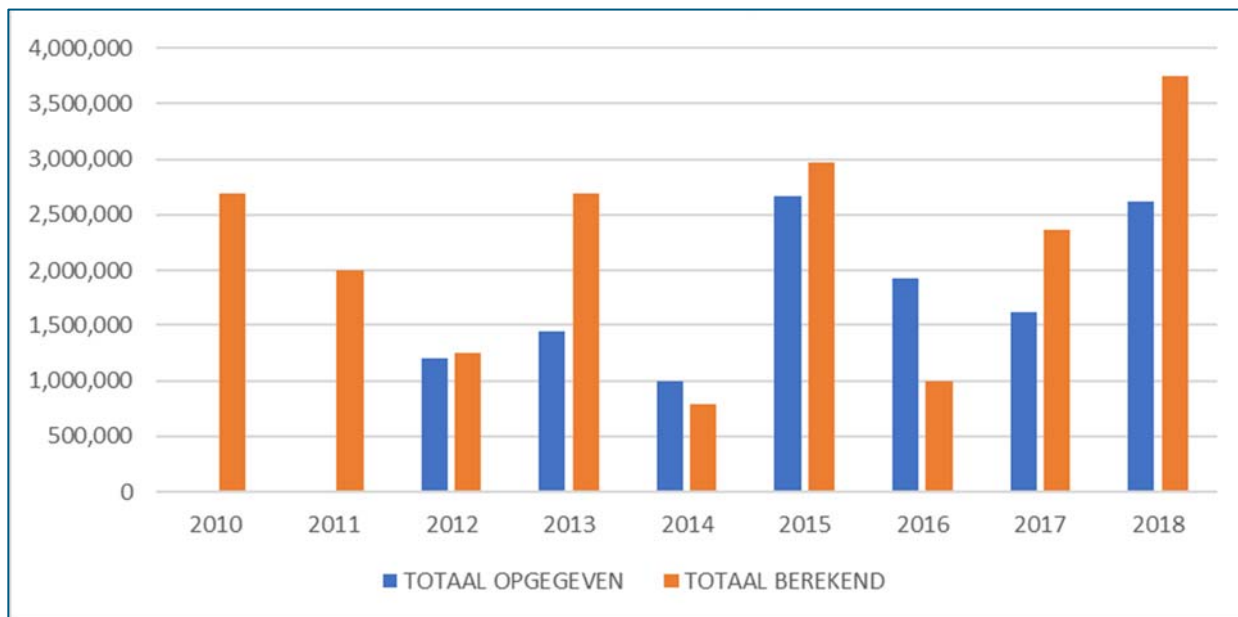
Figuur B1-10 Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (m³ per jaar) deelgebied 10, Roer en Maasnielderbeek



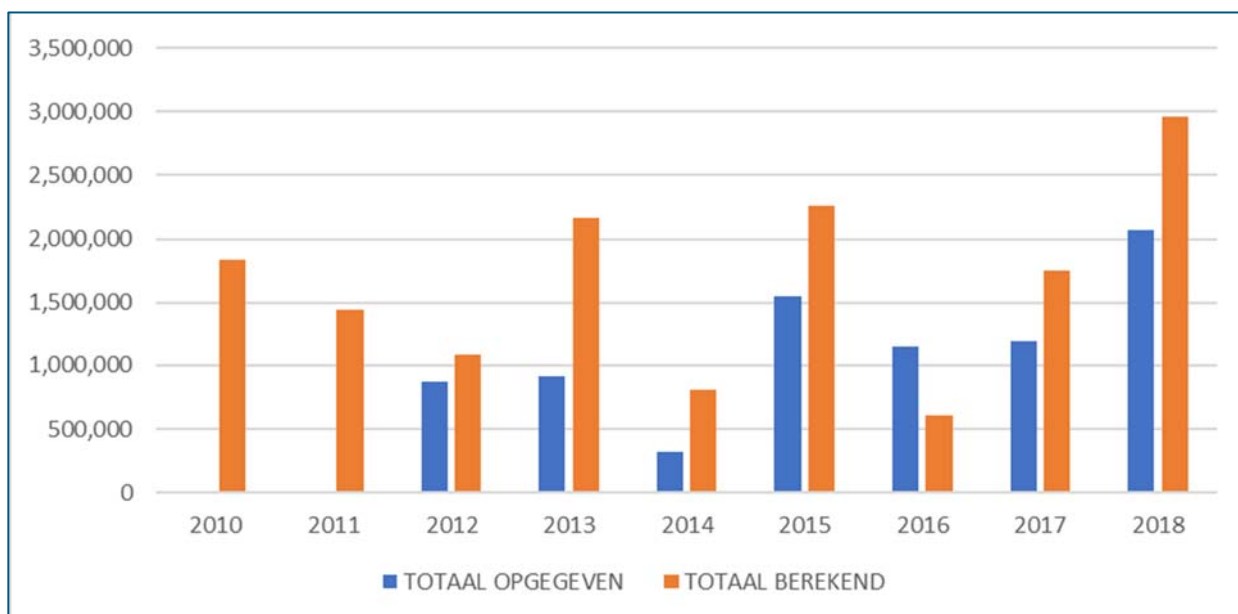
Figuur B1-11 Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (m³ per jaar) deelgebied 11, Vlootbeek en Middelsgraaf



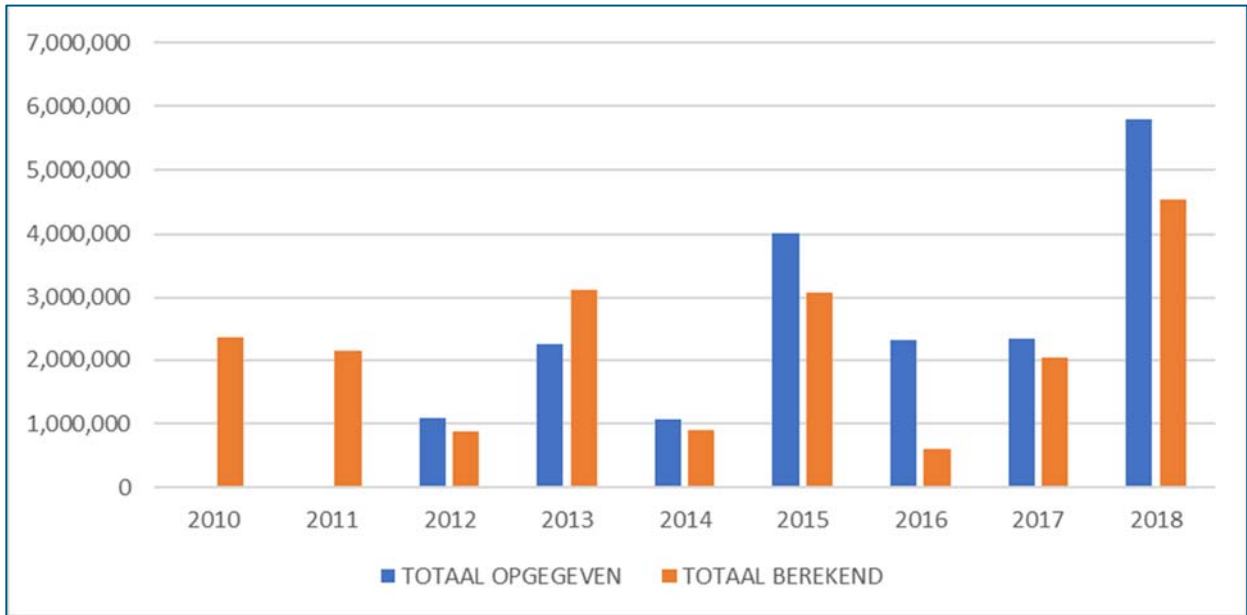
Figuur B1-12 Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (m³ per jaar) deelgebied 12, Geleenbeek, Roode Beek en Worm



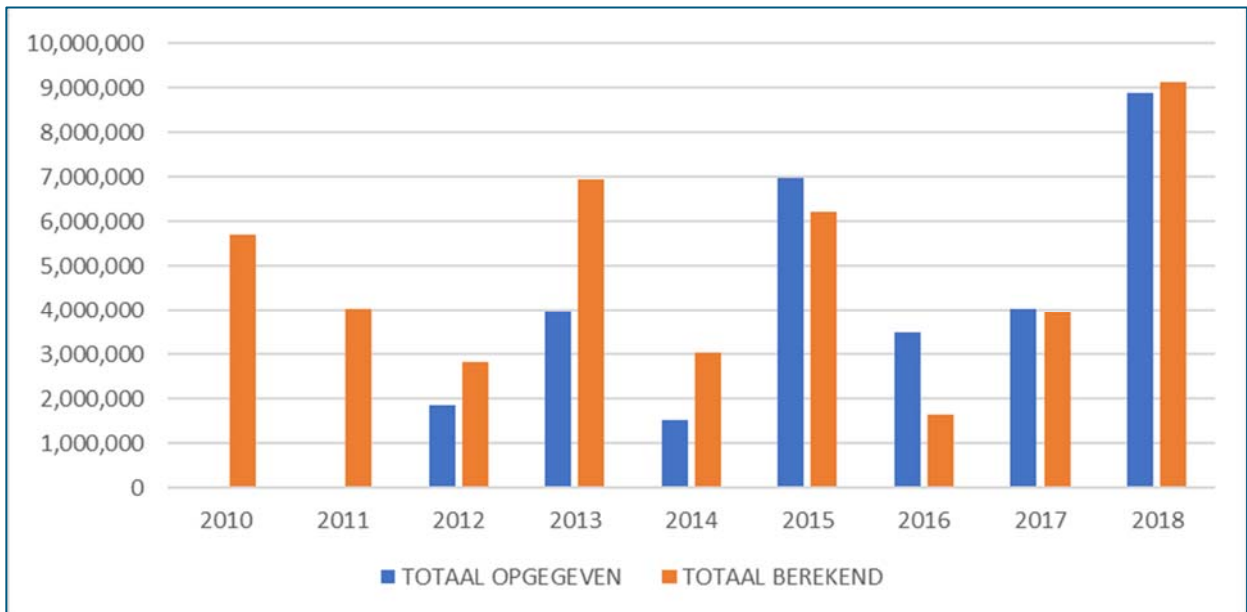
Figuur B1-13 Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (m³ per jaar) deelgebied 16, Boven Aa-Zuid



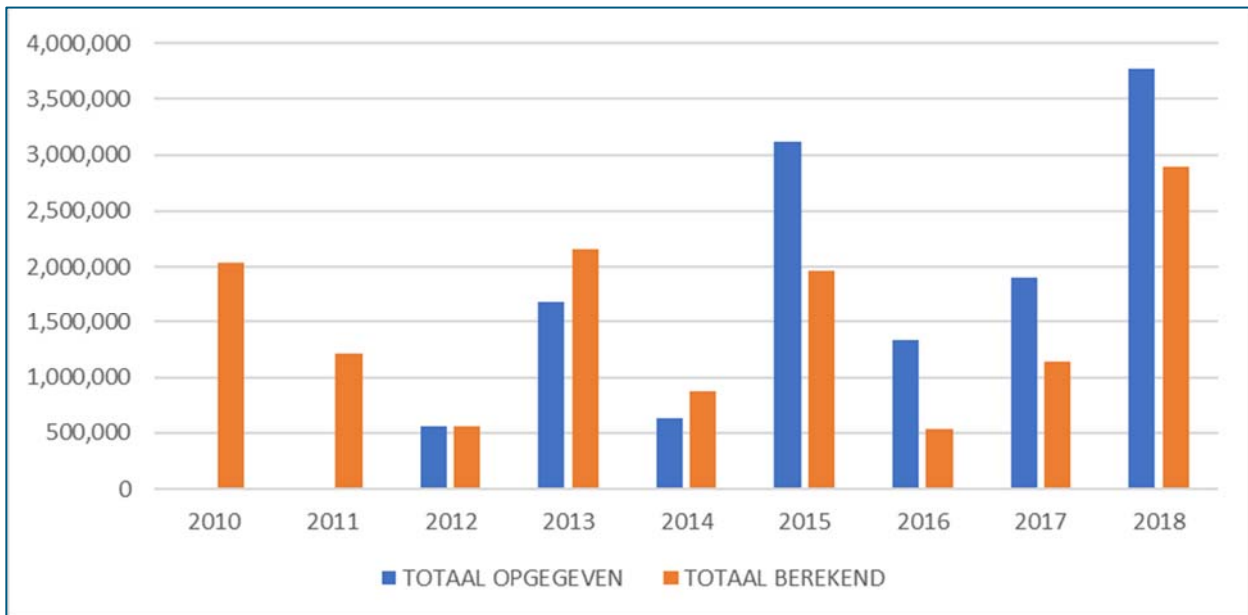
Figuur B1-14 Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (m³ per jaar) deelgebied 17, Boven Aa-Noord



Figuur B1-15 Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (m³ per jaar) deelgebied 18, Beneden Aa



Figuur B1-16 Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (m³ per jaar) deelgebied 19, Boven-Raam



Figuur B1-17 Berekende en geregistreerde beregeningshoeveelheden (m³ per jaar) deelgebied 20, Beneden-Raam