

Onderzoek gebruik WaterWijzer Landbouw bij schadeberekeningen

Colofon

<i>Document informatie</i>	
<i>Titel</i>	Onderzoek gebruik WaterWijzer Landbouw bij schadeberekeningen
<i>Opdrachtgever</i>	ACSG
<i>Auteurs Secretariaat ACSG</i>	Margrietha Bor
<i>Versie</i>	1
<i>Status</i>	Definitief
<i>Datum</i>	13-10-2023
<i>Gecontroleerd Portefeuillehouder</i>	Jos van Dam, Idse Hoving (ACSG)
<i>Feedback ontvangen van</i>	Secretariaat ACSG & WenR
<i>Vrijgegeven door</i>	Jan Geluk, Wim de Lange, Mandy Korff, Guido Meinhardt, Ger Tax (ACSG)

INHOUD

1	Inleiding.....	5
1.1	Aanleiding.....	5
1.2	Leeswijzer.....	5
2	Ontwikkeling WWL tot nu toe.....	6
2.1	2018, Eerste versie WWL.....	6
2.2	Gebruikersdag februari 2019.....	7
2.3	Gebruikersdag februari 2020.....	7
2.4	Opties binnen Waterwijzer Landbouw in 2020.....	8
2.5	Gebruikersdag april 2021.....	8
2.6	Validatie Waterwijzer Landbouw met Groenmonitor en vergelijking met HELP, oktober 2021.....	9
2.7	Toelichting WWL Tabel 3.0.0, veranderingen ten opzichte WWL 2.0.0.....	10
2.8	Gebruikersdag 2 juni 2022.....	10
2.9	Advies wetenschappelijke adviescommissie NHI waterwijzer Landbouw 2022	10
2.10	Validatie Waterwijzer Landbouw.....	11
2.11	Nadere toelichting toepasbaarheid op waterwijzerlandbouw.wur.nl.....	12
3	Vergelijking WWL regionaal en WWL tabel voor regio Annen.....	13
3.1	Methode.....	13
3.2	Resultaten.....	18
4	Vergelijking WWL tabel en regionaal voor verschillende combinaties BOFEK2020- klassen en gewassen.....	24
4.1	Methode.....	24
4.2	Resultaten.....	25
5	Vergelijking WWL Regionaal met input BOFEK2020 en Bodemkaart van Nederland	33
5.1	Methode.....	33
5.2	Resultaten.....	34
6	Conclusies en aanbevelingen.....	37
6.1	Praktische bevindingen gebruik WWL.....	37
6.2	Conclusies.....	37
6.3	Aanbevelingen verdere ontwikkeling WWL.....	38

Lijst van bijlagen

Bijlage 1 Kaarten input Waterwijzer onderzoeksgebied Annen

Bijlage 2 Resultaten vergelijking WWL Tabel en WWL Regionaal voor Annen 1991 t/m 2020

Bijlage 3 Resultaten vergelijking WWL Tabel en WWL Regionaal voor verschillende combinaties van BOFEK2020-klassen en gewassen

Bijlage 4 Resultaten vergelijking WWL Regionaal met input BOFEK2020 versus input Bodemkaart 1:50.000

Lijst van figuren

Figuur 1 Maaiveldhoogte onderzoeksgebied MIPWA4.1 (m NAP) binnen het onderzoeksgebied

Figuur 2 Door MIPWA4.1 berekende grondwatertrappen binnen het onderzoeksgebied

Figuur 3 Aantal cellen per GT binnen onderzoeksgebied

Figuur 4 Landbouwgewassen WWL klassen (op basis van BRP 2021) binnen onderzoeksgebied

Figuur 5 BOFEK2020-klassen binnen onderzoeksgebied

Figuur 6 Meest voorkomende combinaties BOFEK-codes, gewas en grondwatertrap in onderzoeksgebied Annen

Figuur 7 Berekende gemiddelde droogteschade WWL Regionaal voor de periode 1991 t/m 2020

Figuur 8 Bepaalde gemiddelde droogteschade WWL Tabel voor de periode 1991 t/m 2020

Figuur 9 Verschil berekende gemiddelde droogteschade WWL Regionaal en WWL Tabel voor de periode 1991 t/m 2020

Figuur 10 Visualisatie boxplot (bron: scribbr.nl)

Figuur 11 Berekende droogteschade voor GT IV, VI, VII en VIII. Let op: de schaal van de y-as verschilt per grafiek!

Figuur 12 Berekende droogteschade voor de meest voorkomende BOFEK2020 klasse 3015 en 2006 in het onderzoeksgebied. Let op: de schaal van de y-as verschilt per grafiek!

Figuur 13 Berekende droogteschade voor de meest voorkomende gewassen in het onderzoeksgebied. Let op: de schaal van de y-as verschilt per grafiek!

Figuur 14 Berekende droogteschade door WWL Tabel (x-as) en WWL Regionaal (y-as) voor BOFEK2020 1002 & gras(maaien)

Figuur 15 Berekende droogteschade door WWL Tabel (x-as) en WWL Regionaal (y-as) voor BOFEK2020 2006 & consumptieaardappelen)

Figuur 16 Berekende droogteschade door WWL Tabel (x-as) en WWL Regionaal (y-as) voor BOFEK2020 3003 & snijmais voor GT III en V

Figuur 17 Berekende droogteschade door WWL Tabel (x-as) en WWL Regionaal (y-as) voor BOFEK2020 3004 & consumptieaardappelen

Figuur 18 Berekende droogteschade door WWL Tabel (x-as) en WWL Regionaal (y-as) voor BOFEK2020 3015 & wintertarwe

Figuur 19 Vioolgrafiel WWL Regionaal & WWL Tabel, GT IV en snijmais.

Figuur 20 Afgeleide bodemprofielsschetsen in cluster 3015 van BOFEK2020; gesorteerd naar voorkomen in Nederland

Figuur 21 Verschil in berekende droogteschade met WWL Regionaal tussen input BOFEK2020 en input BODEM50

Figuur 22 Selectie van grafieken droogteschade WWL Regionaal berekend met BOFEK2020 input en BODEM50 input.

Figuur 23 Worteldiepte voor BOFEK2020-klassen (links) en BODEM50 (rechts)

Lijst van tabellen

Tabel 1 Verschil tussen WWL-tabel, -regionaal en -maatwerk (bron: Stowa, 2021)

Tabel 2 Input WWL Regionaal en WWL Tabel voor scenario's in tabel 1

Tabel 3 Beschrijving in onderzoekslocatie voorkomende BOFEK2020 klassen.

Tabel 4 Berekende combinaties BOFEK2020 klasse en WWL gewas

Tabel 5 Input WWL Regionaal en WWL Tabel voor scenario's in tabel 4

Tabel 6 Samenvatting berekende droogteschades BOFEK2020-klasse 3015. (rood = droogteschade WWL Regionaal is groter, blauw= droogteschade WWL Tabel is groter)

Tabel 7 Samenvatting berekende droogteschade WWL Tabel versus Regionaal (blauw=mediaan droogteschade WWL Tabel is hoger, rood= mediaan droogteschade WWL Regionaal is hoger)

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In 2018 is de Waterwijzer Landbouw uitgebracht als tool om de effecten van veranderingen van hydrologische condities op gewasopbrengsten te bepalen. In eerste instantie is de WWL Tabel op basis van metarelaties voor grotere gebieden en WWL Maatwerk voor berekeningen per perceel opgeleverd. Sinds de oplevering is er kritiek geweest op de berekende gewasschades door WWL Tabel. In de loop van de tijd zijn er verbeteringen doorgevoerd aan de WWL Tabel en is ook de WWL Regionaal ontwikkeld. Met WWL Regionaal kunnen de berekeningen van WWL Maatwerk voor een groter gebied worden uiterekend. Nadeel is dat de WWL Regionaal erg langzaam rekent.

In het verleden werden de gewasschades door ACSG berekend met de TCGB-tabel. De ACSG heeft gekozen om de TCGB-tabel los te laten en over te stappen op de WWL. De vraag is nu wanneer welke versie (tabel, regionaal, maatwerk) gebruikt gaat worden. In dit rapport zijn berekeningen gedaan om tabel en regionaal te vergelijken voor een onderzoeksgebied van minimaal 6 bij 6 km.

Onderzoeksvragen:

- Hoeveel droogteschade wordt er door WWL Tabel en WWL Regionaal berekend bij gelijke input?
- Bij welke combinaties (bodemklasse, gewas en GT) komen de grootste afwijkingen voor?
- En wat betekenen de uitkomsten voor een individuele agrariër?
- Heeft de WWL Tabel voldoende opties om mee te rekenen?
- Is het qua rekentijd haalbaar om met WWL Regionaal te rekenen?
- Bij welke projecten heeft het de voorkeur om WWL Tabel of WWL Regionaal te gebruiken?

Er is bij dit onderzoek alleen naar droogteschade gekeken, omdat de ACSG effecten van vergunde grondwateronttrekkingen onderzoekt. Daarbij wordt opgemerkt dat de WWL gebruik maakt van dynamische gewasgroei. In geval van stress wordt de gewasontwikkeling beïnvloed. Dat betekent dat stress als gevolg van zuurstofstress (door natte omstandigheden) of droogtestress elkaar kunnen beïnvloeden.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is een literatuurstudie opgenomen naar de ontwikkelingen van de WaterWijzer Landbouw tot nu toe. Hoofdstuk 3 beschrijft het verschil in berekende droogteschade tussen de WWL tabel en regionaal voor de omgeving Annen. Het verschil in berekende droogteschade voor dit gebied voor verschillende BOFEK2020-klassen en gewassen is opgenomen in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 is het verschil in berekende droogteschade door WWL Regionaal bij gebruik van BOFEK2020 en de bodemkaart van Nederland beschreven. De conclusies en aanbevelingen zijn opgenomen in hoofdstuk 6.

2 Ontwikkeling WWL tot nu toe

De Waterwijzer Landbouw (WWL)¹ is een instrument voor het bepalen van het effect van veranderingen in hydrologische condities op gewasopbrengsten. WWL is opgezet door een consortium van KWR Watercycle Research Institute, De Bakelse Stroom en Wageningen UR (Wageningen Environmental Research, Wageningen Livestock Research, Wageningen Plant Research en Wageningen Universiteit), later overgegaan in de werkgroep Waterwijzer Landbouw. Tabel 1 toont een samenvatting van het verschil tussen WWL tabel, WWL regionaal en WWL maatwerk (later SWAP-WOFOST genoemd).

Tabel 1 Verschil tussen WWL-tabel, -regionaal en -maatwerk (bron: Stowa, 2021)

	WWL-tabel	WWL-regionaal	WWL-maatwerk
basis	WWL-metarelaties, gebaseerd op berekeningen met SWAP-WOFOST	Modelinstrumentarium SWAP-WOFOST en regionaal hydrologisch model	Modelinstrumentarium SWAP-WOFOST
Schaal toepassing	Nationaal en regionaal	Regionaal	Perceel/punt
bodemgegevens	Bodemfysische Eenhedenkaart BOFEK (NB: BOFEK bevat Staringreeks)	Regionaal beschikbare bodemgegevens of eventueel standaard bodemprofielen (368) + Staringreeks	één bodemprofiel
Hydrologische gegevens	Grondwaterstands-karakteristieken GHG en GLG	Tijdreeksen van grondwaterstanden en/fluxen	Tijdreeks van grondwaterstand en/of flux
Meteorologische gegevens	Keuze uit 5 hoofdstations	Meteodata van elk gewenst weerstation	Meteodata van elk gewenst weerstation
Klimaatscenario's	Huidig weer (1981-2010) en Klimaatscenario Wh (2036-2065)	Alle opties zijn mogelijk	Alle opties zijn mogelijk
Gewassen	10 meest voorkomende gewassen	23 meest voorkomende gewassen	23 meest voorkomende gewassen

2.1

2018, Eerste versie WWL²

In 2018 zijn de eerste versies van de WWL Tabel en Maatwerk opgeleverd. WWL-tabel is gemaakt om de WWL op regionale of nationale schaal te kunnen draaien met behulp van metarelaties.

In de WWL maatwerk zijn de volgende componenten opgenomen:

- SWAP voor de berekening van transport van water, opgeloste stoffen en warmte in de onverzadigde en verzadigde zone. SWAP bestrijkt het bladerdek van het gewas tot aan een vlak in het bovenste grondwater. De processen in deze onderdelen zijn voornamelijk verticaal gerichte processen vandaar dat SWAP 1D is.
- Voor gewasgroei wordt gebruikt gemaakt van een combinatie van WOFOST (voor meest voorkomende gewassen m.u.v. grasland), GRASS (voor grasland) en een eenvoudig gewasgroei model (FIXED). Bij WOFOST en GRASS wordt de potentiële groei (op dagbasis) aangepast als gevolg van de transpiratiereductie, wat resulteert in een berekening van de actuele groei.

De WWL berekent directe en indirecte effecten.

- Direct: opbrengstderving gerelateerd aan reductie in gewasverdamping (te droge, te natte (zuurstofstress) of te zoute omstandigheden)
- Indirect: opbrengstderving gerelateerd aan andere hydrologische opstandigheden, zoals beperkte draagkracht grond, uitstel van zaaien, vertragende kieming en oogstschade. Er wordt geen rekening gehouden met ziekten en/of plagen, beschikbaarheid van nutriënten of herinzaai.

Het is erg rekenintensief om voor elke cel SWAP-WOFOST te draaien. Daarom is WWL Tabel ontwikkeld wat bestaat uit metarelaties. Om de metarelaties te kunnen afleiden zijn een groot aantal berekeningen uitgevoerd met de WWL maatwerk. Dit zijn honderdduizenden berekeningen met verscheidend aan klimatologische, bodemkundige, hydrologische

¹ <https://waterwijzer.nl/achtergronden/de-waterwijzer-landbouw>

² Stowa, WATERWIJZER LANDBOUW: INSTRUMENTARIUM VOOR KWANTIFICEREN VAN EFFECTEN VAN WATERBEHEER EN KLIMAAT OP LANDBOUWPRODUCTIE, rapport 48, 2018

en agronomische omstandigheden. Echter, niet alle mogelijke combinaties van GLG en GHG zijn doorgerekend. Voor de combinaties die niet zijn doorgerekend voert het meta model extrapolaties uit.

2.2

Gebruikersdag februari 2019³

Sinds de oplevering van de WWL in 2018 wordt elk jaar een gebruikersdag gehouden waarin ontwikkelingen, onderzoeksresultaten en wensen worden gedeeld.

Tijdens deze gebruikersdag werden 2 casestudies gedeeld:

- Casestudie 1: Arcadis heeft een casestudie uitgevoerd met WWL Tabel 1.0.0 ter plaatse van Willinks Weust (N2000-gebied bij Winterswijk). Dit zijn de belangrijkste bevindingen:
 - De berekende schadebedragen vallen voor dit gebied erg hoog uit
 - De schades door draagkracht en lengte van het groeiseizoen worden niet meegenomen.
 - Gewasrotatie is geen optie
- Casestudie 2: Wetterskip Fryslan heeft een casestudie uitgevoerd voor Aldeboarn-De Deelen. De bodemtypen die hier voorkomen zijn veengronden en zware kleigronden. De volgende conclusies zijn getrokken:
 - De berekende natschade/zuurstofstress geeft een plausibel beeld
 - De indirecte schade valt laag uit (voor slecht ontwaterde percelen)
 - De berekende droogteschade verschilt sterk per BOFEK eenheid
 - De effecten in relatie tot GxG lijken vrij lineair uit te vallen;

De volgende verbetering is al uitgevoerd: “Er is een verbetering uitgevoerd bij het raadplegen van de metarelaties. De metarelaties zijn opgesteld met een resolutie van 10 cm in het GHG-GLG domein. In eerste instantie werd de opbrengstderving teruggegeven van het dichtstbijzijnde punt in het domein. Stel: de grondwaterstand verandert 1 cm, dan kan het voorkomen dat er in de nieuwe situatie wordt verwezen naar een ander punt in het GHG-GLG domein, wat inhoudt dat verschil in de opbrengstderving een verschil betreft van 10 cm. Via bilineaire interpolatie is dit probleem verholpen.”

Dit waren de belangrijkste verbeterpunten/aandachtspunten:

- Verbetering van de bodemfysische eenheden. Sommige bodemprofielen laten te weinig droogte- of natschade zien (bijv. bofek2012 klassen 105,304, 404). Er wordt een te lage droogteschade op zandgronden en te hoge droogteschade bij bepaalde kleigronden berekend
- Een vergelijking tussen gemeten en berekende gewasopbrengsten is gewenst
- De toevoeging van zoutschade voor andere gewassen dan aardappel
- De huidige onderrandvoorwaarde (flux is exponentiele functie van de grondwaterstand) dekt de voorkomende combinaties van GHG en GLG niet uniform af. Het gevolg is dat er meer rekenwerk nodig is en de resultaten voor sommige GHG/GLG combinaties minder nauwkeurig zijn.
- WWL is gebaseerd op bodembeschrijvingen tot 120 cm diepte. Er zijn ook bodemfysische kaarten die tot 180 cm gaan.
- Er behoeft aan een grafische schil die het gebruik van WWL maatwerk vereenvoudigt
- Bij grasgroei wordt nog geen rekening gehouden met effecten van natte en droge condities op de graskwaliteit en voederwaarde
- De indirecte schade wordt soms onderschat
- Er is een nadere analyse noodzakelijk voor dikte wortelzone i.c.m. zuurstofstress
- Gewasrotatie niet opgenomen in WWL
- Constatie: De verschillen tussen WWL en HELP zijn in sommige gevallen erg groot.

2.3

Gebruikersdag februari 2020⁴

De volgende verbeteringen zijn uitgevoerd sinds vorige gebruikersdag:

- De problemen met berekende negatieve opbrengsten die soms voorkwamen zijn opgelost
- De te lage berekende droogteschade zandgronden is verbeterd door gebruik te maken van de geüpdate Staringreeks. De te hoge droogteschade bij kleigronden is nog niet opgelost

Ruud Bartholomeus (KWR) en Jos Beemster (Waternet) hebben onderzoek gedaan in Laag Nederland. Dit waren de belangrijkste bevindingen:

- Er wordt meer droogteschade berekend met de WWL Tabel dan met de HELP- tabellen
- Er wordt minder natschade berekend

³ 20190207 Kort verslag WWL gebruikersdag 7 februari 2019 Def

⁴ 20200213 Verslag van de Gebruikersmiddag Waterwijzer Landbouw defdefversie

- De totale schade is aanzienlijk groter dan met de HELP-tabellen

Linda van der Toorn (Waterschap Vechtstromen) heeft de WWL maatwerk gebruikt voor schadeberekeningen in het Vechtdal. Dit waren de bevindingen:

- er is behoefte aan een goede handleiding, en aan een goede duiding en uitlegbaarheid van de resultaten (bijv. in relatie tot de verschillen met oude HELP-tabellen).
- er is behoefte aan gebiedsdekkende resultaten
- pluspunt van WWL maatwerk is dat je niet afhankelijk bent van de GHG/GLG als karakteristiek voor het grondwaterstandsverloop zoals bij WWL Tabel. De GHG/GLG neemt de traagheid van het systeem niet goed mee.
- Bij WWL maatwerk ben je flexibeler bij het opleggen van randvoorwaarden en inputgegevens.
- de rekentijden met maatwerk kunnen een probleem zijn

2.4 Opties binnen Waterwijzer Landbouw in 2020⁵

De WWL 2.0.0 is inmiddels uitgebracht. De WWL 1.0.0 vertoonde de volgende problemen:

- Er werd te weinig droogtestress berekend op voornamelijk zandgronden onder droge omstandigheden
- Er werd teveel droogtestress berekend bij bodemeenheden met (zeer) zware klei onder natte omstandigheden
- Er werd onvoldoende en daarmee niet realistische fluctuatie van grondwaterstanden berekend als gevolg van de gehanteerde onderrandvoorwaarde
- Er werd te weinig beregening berekend als gevolg van het gehanteerde beregeningscriterium

De volgende verbeteringen zijn uitgevoerd aan WWL Tabel 2.0.0:

- Er is gebruik gemaakt van bodemfysische gegevens van de nieuwe Staringreeks en er zijn meer bodemprofielen toegevoegd (door BOFEK2020 te gebruiken ipv BOFEK2012)
- Er is gerekend met andere randvoorwaarden op basis van meerdere drainage middelen en kwel/wegzijing
- Het beregeningscriterium is aangepast waarbij de transpiratiereductie als criterium wordt gebruikt

Ook is de WWL Regionaal opgeleverd. Dit is een maatwerktool waarmee gebiedsdekkende resultaten worden verkregen. Tabel 1 toont het verschil tussen de WWL-tabel, -regionaal en -maatwerk

2.5 Gebruikersdag april 2021⁶

Inmiddels is de WWL Regionaal gelanceerd, zie vorige paragraaf.

Martin Mulder (WUR) geeft aan dat er nieuwe metarelaties zijn afgeleid met de geüpdate Staringreeks. Voor zandgronden levert dit veel plausibeler resultaten op. Voor kleigronden worden nog steeds te grote droogteschades afgeleid.

Vitens heeft onderzocht hoeverre de TCGB en WWL ter plaatse van pompstation Aalten verschillen.

Dit zijn de belangrijkste conclusies:

- De TCGB en WWL-regionaal leveren voor de onderzochte jaren (2017 en 2019) vergelijkbare droogteschades op als gevolg van de winning.
- Er zit een verschil tussen de uitkomsten van de WWL-tabel en WWL-regionaal bij de berekeningen over 2017
- Er wordt geadviseerd om in te zetten op verdere validatie van de WWL

Verder heeft Martin Mulder nog de volgende opmerking: “Er wordt vaak gevraagd om de resultaten van WWL te vergelijken met de uitkomsten van de oude HELP-tabellen. Dit blijft een vergelijking tussen appels en peren; de vergelijking voor het stroomgebied van De Raam laat vooral zien dat de HELP-tabellen een grote onderschatting van natschade te zien geven en bovendien een minder gedetailleerd regionaal beeld opleveren.”

⁵ Stowa, OPTIES BINNEN WATERWIJZER LANDBOUW IN 2020 VAN WWL-TABEL VERSIE 2.0.0 TOTMAATWERK MET WWL-REGIONAAL, rapport 03, 2021

⁶ 20210422 Verslag van de derde Gebruikersmiddag Waterwijzer Landbouw defversie-converted2

2.6.1

Vergelijking WWL Regionaal en de Groenmonitor

De uitkomsten van de WWL-regionaal zijn vergeleken met de Groenmonitor. De Groenmonitor geeft de actuele gewastoeestand van Nederland weer, verkregen uit satellietbeelden. Voor de onbewolkte satellietbeelden is de groenindex oftewel NDVI (Normalized Differential Vegetation Index) berekend wat een indicatie is van de hoeveelheid groene biomassa met een waarde tussen 0 en 1.

Lokale schaal

Uit de vergelijking van modelresultaten van WWL (WWL-regionaal) met de NDVI-data van de Groenmonitor worden de volgende conclusies getrokken:

- Het WWL-regionaal is in staat om de momenten droogtestress optreedt te simuleren. De berekende transpiratiereductie en de stagnatie in de ontwikkeling van het oogstbare product komen overeen met momenten waarop een aanhoudende reductie in de groenindex is waargenomen. De momenten waarop een herstel van de groenindex zichtbaar is (als gevolg van neerslag) komen overeen met herstel van de berekende gewasgroei door de WWL-regionaal.
- Omdat er geen metingen van gewasopbrengsten beschikbaar zijn was het niet mogelijk om een validatie van de berekende gewasproductie (biomassa) uit te voeren.
- De onzekerheid over waar in de praktijk berekend is, resulteert er in dat de resultaten van het WWL-regionaal en de Groenmonitor niet altijd overeenkomen.

Regionale schaal

Op basis van de vergelijking van de WWL-regionaal met de groenindex van de Groenmonitor voor het stroomgebied van de Raam (Noord-Brabant) worden de volgende conclusies getrokken:

- In de droge zomer van 2018 is er als gevolg van droogtestress een reductie te zien in zowel de groenindex als het met WWL-regionaal gesimuleerde oogstbare product. Voor niet beregende locaties komen de resultaten van de Groenmonitor en WWL-regionaal goed met elkaar overeen. Voor locaties waarvan wordt aangenomen dat er wel berekend wordt komen de resultaten minder goed overeen. Hierdoor bestaat het vermoeden dat deze percelen toch niet berekend zijn of niet optimaal berekend zijn.
- Het WWL Regionaal is in staat om regionale patronen van droogte te simuleren wanneer de juiste hydrologische informatie bekend is.
- In juni 2016 is, tijdens de periode waarin veel akkerbouwgewassen in ontwikkeling zijn, wateroverlast ontstaan. De patronen van reducties in groenindex komen goed overeen met de patronen van extreme neerslag en met de locaties waar meldingen van wateroverlast zijn gemaakt. Deze patronen van wateroverlast konden echter niet gesimuleerd worden met WWL-regionaal, omdat de zeer lokale extreme buien ontbreken in de metingen van het gebruikte weerstation. Overigens is het in de laatste versie van WWL Regionaal wel mogelijk om als input neerslagradarbeelden te gebruiken.

2.6.2

Vergelijking WWL-Tabel (3.0.0) met de HELP-Tabel

- De langjarig gemiddelde relatieve gewasopbrengsten berekend met WWL-tabel en HELP komen ondanks de verschillen in aanpak en uitgangspunten redelijk goed met elkaar overeen. Wel valt op dat voor locaties met relatief natte voorjaarscondities in combinatie met zomercondities waarbij de grondwaterstand tot circa 1 m-mv uitzakt de WWL-tabel de zuurstofstress overschat.
- Bij locaties met zware tot zeer zware klei wordt de droogtestress onder natte omstandigheden door de WWL Tabel overschat.
- Voor de overige verschillen is moeilijk om een duidelijke verklaring te vinden. Hiervoor is het noodzakelijk om de resultaten van de HELP te reproduceren die zijn gebruikt bij het opstellen van de HELP-tabellen. Echter is veel kennis en de destijds gebruikte simulatiemodellen niet meer beschikbaar zodat reproductie niet meer mogelijk is.

2.6.3

Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen worden gedaan:

- Voor een nadere modelvalidatie zijn gemeten gewasopbrengsten en beregeningsgegevens nodig. Deze zijn op dit moment niet beschikbaar

⁷ Stowa, VALIDATIE WATERWIJZER LANDBOUW VERGELIJKING MODELRESULTATEN GROENMONITOR, GRAM EN HELP, rapport 48, 2021

- Om te kunnen berekenen wat het effect van lokale extreme neerslag is het aan te bevelen om in WWL gebruik te kunnen maken van radarbeelden als neerslagdata.
- Om meer inzicht te geven in de verschillen tussen HELP en de WWL-tabel is een nadere analyse van de berekeningen wenselijk.

2.7

Toelichting WWL Tabel 3.0.0, veranderingen ten opzichte WWL 2.0.0⁸

De volgende verbeteringen zijn doorgevoerd ten opzichte van WWL Tabel 2.0.0:

- De vernieuwde bodemfysische eenhedenkaart BOFEK2020 kan als input worden gebruikt
- De simulatieperiode is verlengd t/m 2020
- Bij de oplevering van WWL Tabel is geconstateerd dat de droogtestress op bodemeenheden met klei in het bodemprofiel nog steeds werd overschat. Hier is onderzoek naar gedaan en dit heeft in de WWL 3.0.0. geleid tot aanpassingen in het modelconcept als -aansturing voor de wortelontwikkeling.

Op basis van de resultaten van de WWL Tabel 3.0.0 wordt geconcludeerd er een lichte verbetering is voor situaties met teveel droogtestress onder natte omstandigheden. Extreem veel droogtestress (meer dan 20%) onder natte omstandigheden komt niet meer voor. Er zijn echter nog bodemprofielen met zware tot zeer zware klei waarbij er meer droogtestress wordt gesimuleerd wordt onder natte omstandigheden dan verwacht.

2.8

Gebruikersdag 2 juni 2022

Inmiddels is de WWL 3.0.0 uitgegeven. Hierin zijn o.a. de nieuwe BOFEK (Bodemfysische Eenhedenkaart) gebruikt en er is ook een betere beschrijving van worteldiepte en wortelverdeling in verwerkt.

Joris Schaap⁹ van Badus Water & Bodem heeft onderzoek gedaan naar de invloed van klimaat op de landbouwproductie ter plaatse van de Friese zandgronden. In eerste instantie zijn berekeningen uitgevoerd met een opgelegde onderrandvoorwaarde op basis van de GHG en GLG, maar dat had zijn beperkingen. Een dynamische onderrandvoorwaarde op basis van het grondwaterstandsverloop leverden meer plausibele resultaten op. Daarnaast deelt Joris de zorgen over de rekentijden van WWL-regionaal.

Willem Capel van Tauw heeft een onderzoek gedaan voor het stroomgebied van de Dinkel. Hierbij werden drie methodieken met elkaar vergeleken: Watermood (maakt gebruik van HELP-tabellen), WWL-tabel en WWL-regionaal. De volgende conclusies zijn getrokken:

- Watermood (HELP) en WWL vergelijken is als appels met peren vergelijken. HELP is statisch, geeft langjarig gemiddelde uitkomsten en is gebaseerd op verouderde klimatologische data; WWL rekent met daadwerkelijke processen in de bodem en recente klimatologische inzichten.
- De WWL-tabel geeft overschatting van de natschade bij grofweg een GHG hoger dan 20 cm onder maaiveld.
- Bij het berekenen van droogteschade maakt het veel uit welk jaar of periode je als referentie kiest.
- WWL-regionaal kost erg veel rekentijd

Joost Iwema (WenR) geeft aan dat 2 dingen de validatie van de WWL moeilijk maken:

- Er ontbreekt geschikte velddata om de uitkomsten van de WWL mee te vergelijken
- De afgelopen jaren zijn de beregeningsinstallaties voor de landbouw toegenomen. Het is lastig om berekening goed op te nemen in de WWL, omdat niet bekend is wanneer, welk perceel wordt beregend.

Martin Mulder (WUR) geeft aan dat er gekeken wordt of adaptieve wortelverdeling (dikte en verdeling wortels ontwikkelt zich tijdens het groeiseizoen) de plausibiliteit van de uitkomsten verbetert.

2.9

Advies wetenschappelijke adviescommissie NHI waterwijzer Landbouw 2022¹⁰

De Wetenschappelijke AdviesCommissie (WAC) heeft in opdracht van het programmteam NHI de volgende vragen beantwoord:

1. Is het concept van de WWL 'fit for purpose', ofwel: is het instrumentarium afdoende voor het beoogde gebruik alsmede voldoende consistent en transparant, ook in het licht van de toekomstige veranderingen in het klimaat?

⁸ Waterwijzer Landbouw, Veranderingen ten opzichte WWL-metarelaties 2.0.0

⁹ Joris Schaap wordt ook ingehuurd bij ACSG, maar dit onderzoek had een andere opdrachtgever

¹⁰ NHI, Advies toepassing Waterwijzer Landbouw, d.d. 9 februari 2022

“De commissie is van oordeel dat de vraag of de WWL op dit moment ‘fit-for-purpose’ is, niet over de volle breedte te beantwoorden is. De maatwerkoplossing en de regionale oplossing zijn fit-for-purpose als de juiste inputparameters beschikbaar zijn en verschillen tussen regio’s en/of tijdsperiodes verklaarbaar en plausibel zijn.”

“De WWL-tabel is als generieke schade-schatter uiteindelijk fit-for-purpose indien de gebruikers de gebruikte aggregatie en het daarbij behorende verlies aan specifieke detaillering accepteren.”

“De commissie constateert wel dat ‘fit-for-purpose’ tijdgebonden is en onderhoud behoeft. Het instrumentarium kan altijd verbeterd worden t.a.v. de validatie, het versiebeheer, het beter karakteriseren van het grondwaterregime, het aangeven van bandbreedtes voor de schade in de tabel en het duiden van verschillen met de rekenmethodes uit het verleden, met name de HELP-tabel.”

2. Is de aanpak van de WWL in zijn huidige vorm de best mogelijke cq. beschikbare methode om aan de waterhuishouding gerelateerde landbouwkundige opbrengstderivingen te berekenen?

“De commissie is van mening dat het modelinstrumentarium waarop de WWL gebaseerd is, SWAP-WOFOST, ‘state-of-the-art’: er wordt (en werd) ondermeer veelvuldig over gepubliceerd, ook internationaal. Dat sluit niet uit dat er betere modelformuleringen mogelijk zijn, onder andere in de plantfysiologische processen. Hoewel de vraag of de WWL de best mogelijke benadering is, niet eenduidig te beantwoorden is, is de commissie wel van mening dat op dit moment de WWL de best beschikbare aanpak representeert om watergerelateerde landbouwkundige opbrengstdepressies binnen de Nederlandse context te berekenen. De ‘oude’ methodieken zoals de HELP-tabel en de TCGB-tabel zijn dat zeker niet, alleen al vanwege het feit dat de resultaten niet (meer) reproduceerbaar zijn maar ook omdat ze aantoonbaar conceptuele tekortkomingen hebben en geen rekening houden met de al optredende en verwachte klimaatverandering. De commissie adviseert deze oude methodieken dan ook niet meer te gebruiken voor schadetoeckenningen. Wel is de commissie van mening dat de verschillen tussen de WWL-tabel en de HELP-tabel grondiger dan nu het geval is, geduid moeten worden.”

3. Wat is het toepassingsbereik van de huidige WWL?

“De WWL-Tabel kan worden toegepast voor globale indicaties, de WWL-Regionaal voor regionale uitspraken en de WWL-Maatwerk voor meer gedetailleerde uitspraken zo nodig op lokaal niveau. Daarnaast hangt het toepassingsbereik af van de beschikbare invoerparameters: toepassing van de WWL-Maatwerk met globale inputparameters t.a.v. bijvoorbeeld de bodemopbouw levert op lokale schaal geen meer valide of meer plausibele resultaten op in vergelijking met de WWL-tabel.”

De belangrijkste conclusies voor de ACSG zijn eruit gepakt. Naast deze hoofdvragen heeft de WAC ook 10 deelvragen beantwoord. Er wordt geadviseerd om het volledige advies van de WAC te lezen.

2.10 Validatie Waterwijzer Landbouw¹¹

2.10.1 *Vergelijking HELP-tabel en WWL Tabel 3.0.0*

In hoofdstuk 2 is een vergelijking opgenomen van de opbrengstderiving berekend met de HELP-tabel en WWL Tabel 3.0.0. voor zwak lemige zandgronden. De WWL-tabel en de HELP-tabel geven de opbouw en samenstelling van de bodem verschillend weer, waardoor het kan voorkomen dat er grote verschillen in modelresultaten worden berekend. Wanneer wordt gekeken naar de clustering van bodemprofielen is het aannemelijk dat de clustering op basis van bodemfysische eigenschappen, zoals bij BOFEK2020, beter is voor het berekenen van effecten van hydrologie op gewasgroei. Verder houdt de HELP-tabel er geen rekening mee dat stress aan het begin van het groeiseizoen effect heeft voor het gewas later in het seizoen. Op basis van de modelvergelijk tussen HELP-tabel en WWL-tabel kunnen geen conclusies worden getrokken welk model beter presteert. Hiervoor is een validatie nodig aan de hand van veldexperimenten, en deze zijn momenteel niet voorhanden.

2.10.2 *Lokale validatie SWAP-WOFOST (voorheen WWL Maatwerk genoemd)*

Er is een validatie uitgevoerd op basis van negen veldproeven met SWAP_WOFOST1.0.0, 2.0.0 en 3.0.0. Er is en duidelijke verbetering te zien naarmate WWL zich ontwikkelt. Met name benaderen de modelresultaten van SWAP-WOFOST3.0.0. voor aardappelen en mais de metingen goed. Dit geldt ook voor gras, maar hier is meer variatie in de modelresultaten aangetroffen. Bij de eerste grassneden van het jaar is de afwijking groot ten opzichte van de metingen. Dit wordt met name gestuurd door het moment waarop verondersteld wordt dat het gras gaat groeien. Er wordt aanbevolen om te onderzoeken of er gebruik gemaakt kan worden van een andere module voor gras. Een kanttekening bij de vergelijking is dat de veldproeven slecht één of enkele jaren hebben gelopen.

¹¹ Mulder, H.M., M.J.D. Hack-ten Broeke, W.M.L. Meijninger, 2023. Validatie Waterwijzer Landbouw. Wageningen, Wageningen Environmental Research, rapport 2348, STOWA 2023-10.

Er worden een aantal waarschuwingen gegeven op de website (letterlijk overgenomen):

- De combinatie van akkerbouwgewassen en hoge grondwaterstanden, corresponderend met grondwatertrap I en II, is zeer onlogisch en levert dan ook rare resultaten op. De WWL-tabel overschat de zuurstofstress voor locaties waar sprake is van relatief natte voorjaarscondities in combinatie met zomercondities waarbij de grondwaterstand tot circa 1 m-mv uitzakt.
- Voor kleigronden wordt in een aantal gevallen de natschade overschat omdat er geen rekening wordt gehouden met macroporiën. Onder natte omstandigheden kan dan in de simulatiemodellen veel meer zuurstofstress worden berekend dan in werkelijkheid zal optreden. Het is één van de verbeterwensen om in een volgende versie van Waterwijzer Landbouw wel met macroporiën rekening te houden.
- Van een aantal BOFEK-bodemeenheden is bekend dat ze de droogtestress overschatten. Dat zijn eenheden: 105, 201, 401, 402, 404, 405, 412, 414, 415, 420, 421, 422, en 503 voor BOFEK2012 en eenheden: 1015, 4001, 4003, 4012, 4014, 4015, 4021 en 5002 voor BOFEK2020.
- De gekozen onderrandvoorwaarde kan alleen resulteren in grondwaterstandsregimes met een GHG in de winter en een GLG in de zomer. In met name polders in holoceen Nederland komt het steeds vaker voor dat er gestuurd wordt op een peilbeheer met juist omgekeerde peilen. Deze versie van Waterwijzer Landbouw kan dit niet aan.
- Voor de tools wordt uitgegaan van GxG (GHG en GLG) als invoer. Tegelijkertijd is het mogelijk om metarelaties af te leiden met hele andere grondwaterkarakteristieken, maar daarvoor is op voorhand nog niet gekozen. In een verkennende pilotstudie naar andere karakteristieken is vooralsnog geen goed alternatief uit de bus gekomen.
- Voor zoutschade is alleen de oudere versie van de WWL-tabel toepasbaar (metarelaties 1.0.0 en 1.1.0). Daarbij gaan we alleen uit van berekening met zout water en er zijn dus geen resultaten voor effecten van zoute kwel. We houden ook geen rekening met verschillen in zouttolerantie van gewassen per groeistadium en ook niet met andere mechanismen voor osmotisch en ion-effect. In de release van september 2021 is vooralsnog geen berekende zoutschade beschikbaar.
- In WWL houden we alleen rekening met hydrologische effecten in de zin van droogte, zuurstofstress en zoutschade. Hierbij houden we dus geen rekening met de beschikbaarheid van nutriënten terwijl dit in de landbouw-praktijk natuurlijk veel invloed heeft.
- Modellen zijn per definitie een schematisatie van de werkelijkheid. Daarnaast zijn invoergegevens en -parameters ook behept met onzekerheid. Wat dit allemaal betekent voor de betrouwbaarheid van de resultaten van WWL weten we niet. Het is zeer wenselijk om dit te kunnen kwantificeren, en daarbij tegelijkertijd in de gaten te houden dat dit bruikbare informatie over onzekerheid oplevert. De onderliggende simulatiemodellen zijn getoetst aan de hand van experimentele gegevens, veelal van proefbedrijven. Er zijn echter veel te weinig gegevens om de modellen grondig te toetsen of te valideren. Het is zeer wenselijk om aanvullende gegevens te verzamelen.

3 Vergelijking WWL regionaal en WWL tabel voor regio Annen

Als eerste is voor een locatie in Nederland de droogteschade berekend met WWL Tabel en Regionaal met zoveel mogelijk gelijk input. Het doel hiervan is om de metarelaties van de WWL Tabel te toetsen. Voor het onderzoek is Annen en omgeving gekozen omdat hier zowel ondiepe als diepe grondwaterstanden voorkomen. Er loopt hier geen onderzoek naar landbouwschade bij de ACSG en ook is de droogteschade als gevolg van de bestaande winning niet bepaald. Voor de grondwaterstanden is een berekening gedaan met MIPWA4.1. De berekende grondwaterstanden zijn niet gevalideerd.

3.1 Methode

De onderstaande tabel toont de input voor de WWL Tabel en regionaal. Er is geprobeerd om de input zoveel mogelijk gelijk te houden om de vergelijking zo zuiver mogelijk te houden.

Tabel 2 Input WWL Regionaal en WWL Tabel voor scenario's in tabel 1

Onderdeel	Tabel (raster)	Regionaal
Bodem	BOFEK2020	BOFEK2020
Weerstation	De Bilt*	De Bilt*
Gewas	BRP 2021 omgezet naar WWL codes**	BRP 2021 omgezet naar WWL codes**
Irrigatie	Geen	Geen
Periode	1991 t/m 2020	1991 t/m 2020
Grondwaterstanden	GxG voor 1991 t/m 2020 (tov maaiveld)	Berekende grondwaterstanden uit MIPWA op 14 ^{de} en 28 ^{ste} van de maand (tov NAP)
Maaiveld	Nvt	Maaiveldhoogte MIPWA4.1
Resolutie	25 bij 25 m	25 bij 25 m

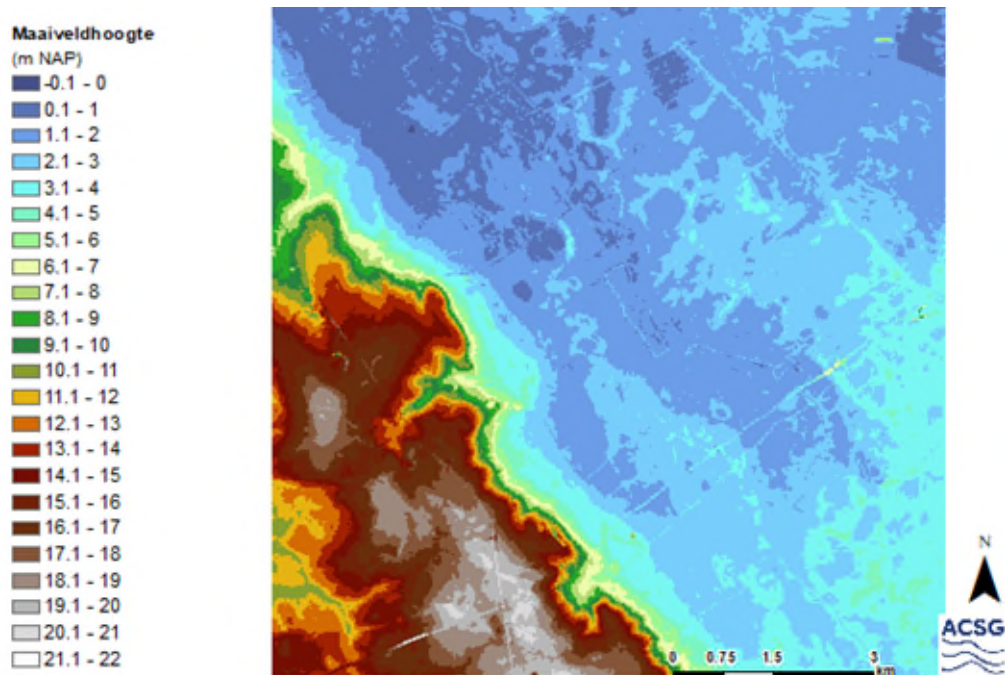
*Het dichtstbijzijnde weerstation was niet beschikbaar in WWL Tabel.

** Een deel van de gewassen kunnen niet als input gegeven worden in WWL Tabel, zie Tabel 1

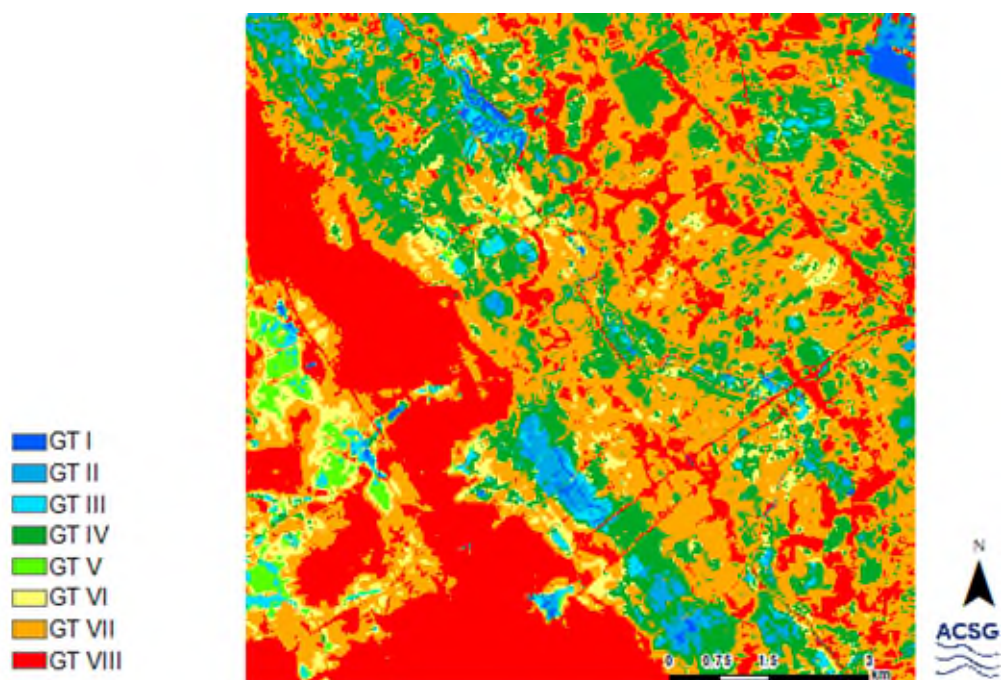
3.1.1 Input

De figuren in deze paragraaf zijn ook op A3 formaat opgenomen in de bijlage. De BOFEK2020 en BRP zijn omgezet van shapefile naar rasters met een resolutie van 25 bij 25 m, welke gelijk is aan de grondwatermodeluitvoer.

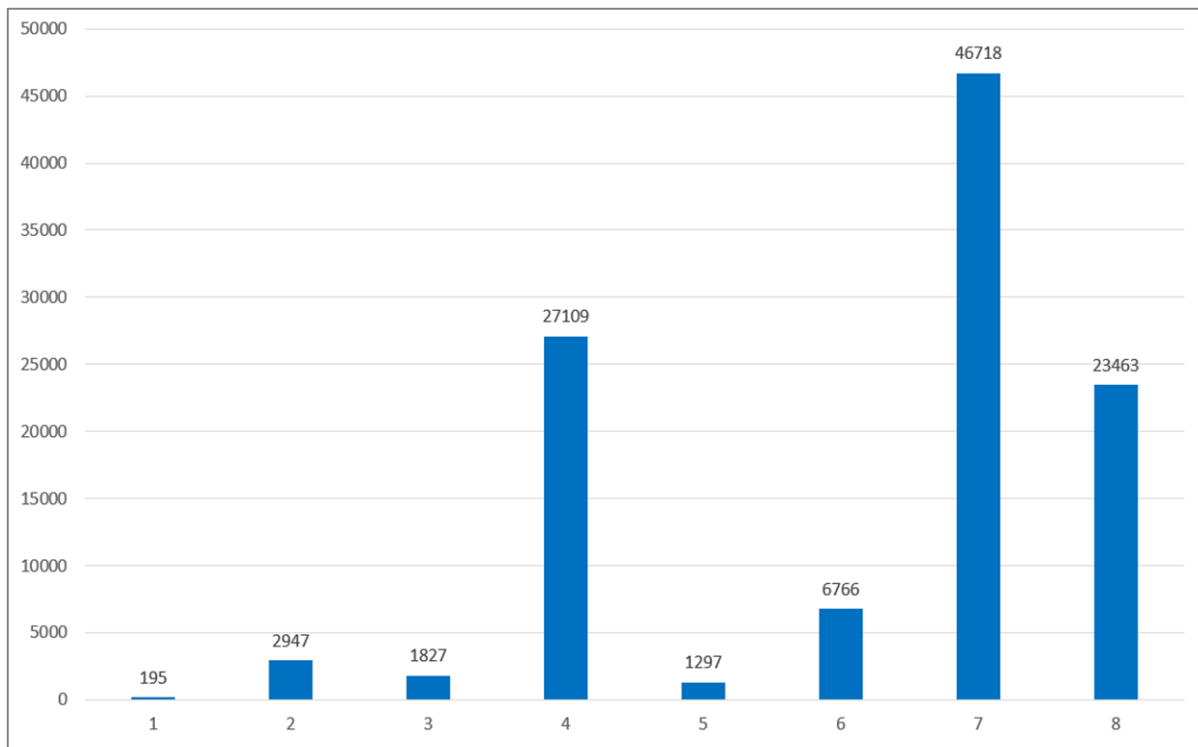
Figuur 1 toont de maaiveldhoogte in de omgeving Annen. Hieruit blijkt dat de maaiveldhoogte varieert van circa 20 m NAP op de Hondsrug tot circa 0 m NAP in het beekdal van de Hunze. In Figuur 2 staan de berekende grondwatertrappen op basis van de met MIPWA4.1 berekende grondwaterstanden. Hieruit blijkt dat op de Hondsrug met name GT VIII voorkomt. In het beekdal komt vooral GT IV en VII voor, met op een aantal plekken GT II. Opvallend is dat er ten oosten van het beekdal ook diepere GT's als VII en VIII voorkomen.



Figuur 1 Maaiveldhoogte onderzoeksgebied MIPWA4.1 (m NAP) binnen het onderzoeksgebied



Figuur 2 Door MIPWA4.1 berekende grondwatertrappen binnen het onderzoeksgebied



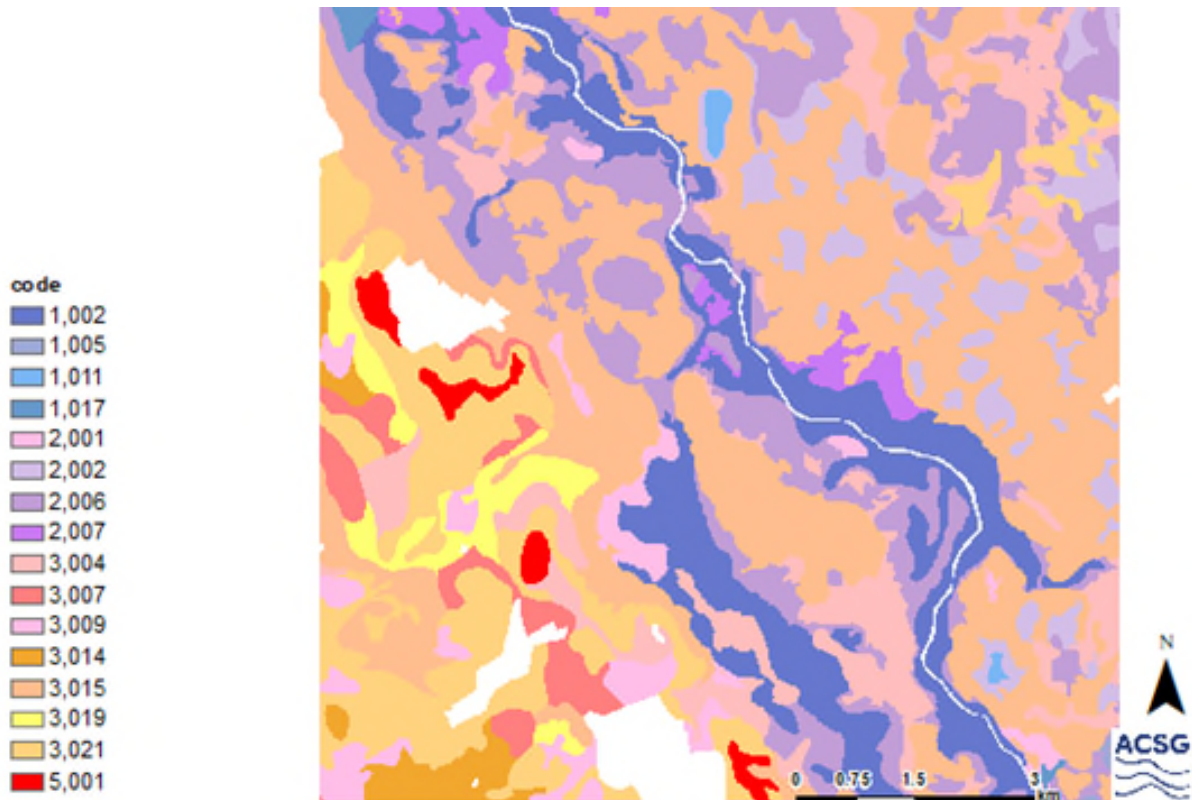
Figuur 3 Aantal cellen per GT binnen onderzoeksgebied

Figuur 4 toont de landbouwgewassen van de BRP 2021 die zijn omgezet naar WWL klassen volgens de koppeltabel¹² van de WWL. Opvallend is dat in de omgeving Annen veel zetmeelaardappelen voorkomen. Verder komen ook veel gras, suikerbieten, wintertarwe en zomergerst voor. In Figuur 5 zijn de BOFEK2020-klassen voor de omgeving Annen weergegeven. Tabel 3 toont de beschrijving van de voorkomende BOFEK2020-klassen. Zwak lemige zandgrond III (code 3015) is de meest voorkomende klasse in het onderzoeksgebied. Dit is ook de meest voorkomende BOFEK2020-klasse in Nederland.

¹² <https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/downloads/3.0/VertalingGewassen-1.2.0.pdf>



Figuur 4 Landbouwgewassen WWL klassen (op basis van BRP 2021) binnen onderzoeksgebied

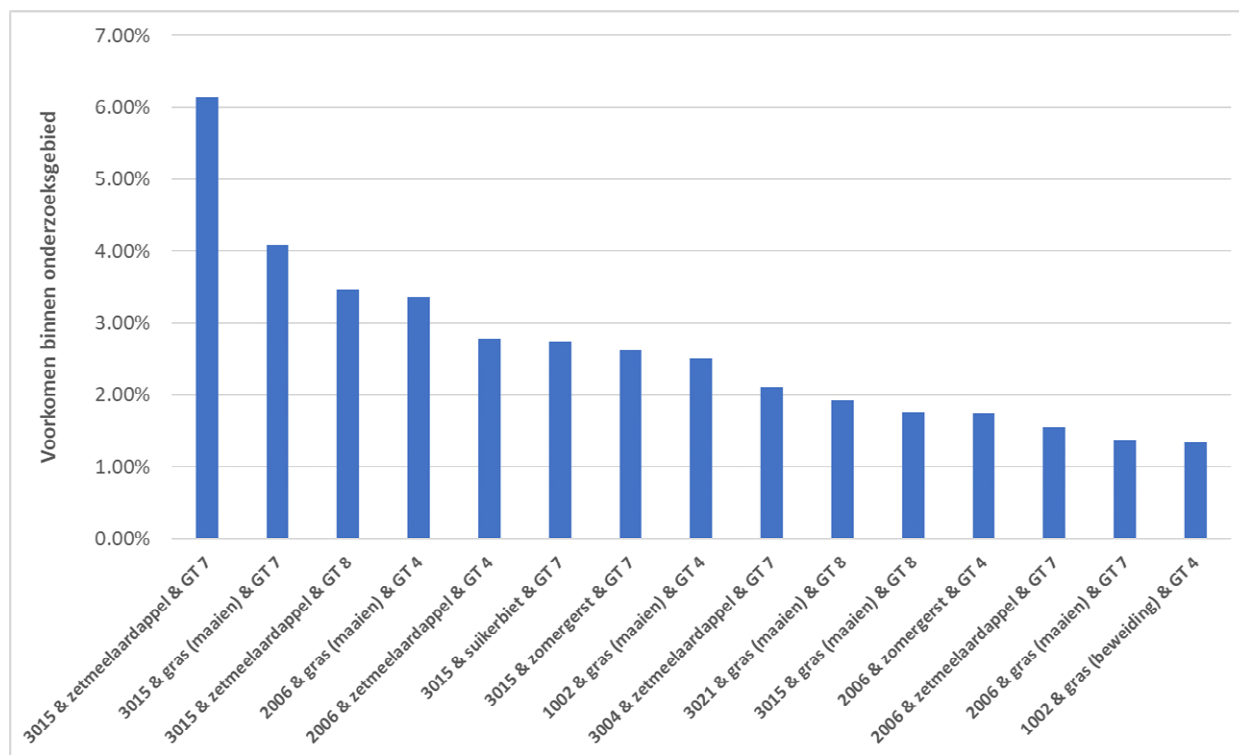


Figuur 5 BOFEK2020-classes binnen onderzoeksgebied

Tabel 3 Beschrijving in onderzoekslocatie voorkomende BOFEK2020 klassen.

BOFEK2020 code	Omschrijving	Bodemcode
1002	Dunne veengronden: moerige bovengrond op veen op zand zonder podzol	aVz
1005	Dunne veengronden: zandige bovengrond op veen op zand zonder podzol	iVz
1011	Dunne veengronden: veenkoloniaal dek op veen op zand met podzol	iVp
1017	Dunne veengronden: kleiige bovengrond op veen op zand	hVz
2001	Moerige gronden met zanddek	zWp
2002	Moerige gronden met veenkoloniaal dek	iWp
2006	Moerige gronden met moerige bovengrond I	vWz
2007	Moerige gronden met moerige bovengrond II	vWp
3004	Sterk lemige zandgronden I	Hn23 *gras
3007	Zwak lemige zandgronden met cultuurdek	cHn21 *gras
3009	Zwak lemige zandgronden I	Hn21x
3014	Zwak lemige zandgronden II	Hn21 *bos
3015	Zwak lemige zandgronden III	Hn21 *gras
3019	Zwak lemige zandgronden IV	Zd21
3021	Sterk lemige zandgronden III	pZg23 *gras
5001	Keileemgronden	KX

Figuur 6 toont de meest voorkomende combinaties in het onderzoek gebied van BOFEK2020-klasse, gewas en grondwatertrap. Zetmeelaardappelen komen veel voor bij BOFEK2020 klasse 3015 en 2006, Bij GT's van VII, VIII, en IV. Verder komt gras veel voor bij verschillende BOFEK2020-klassen en GT's.



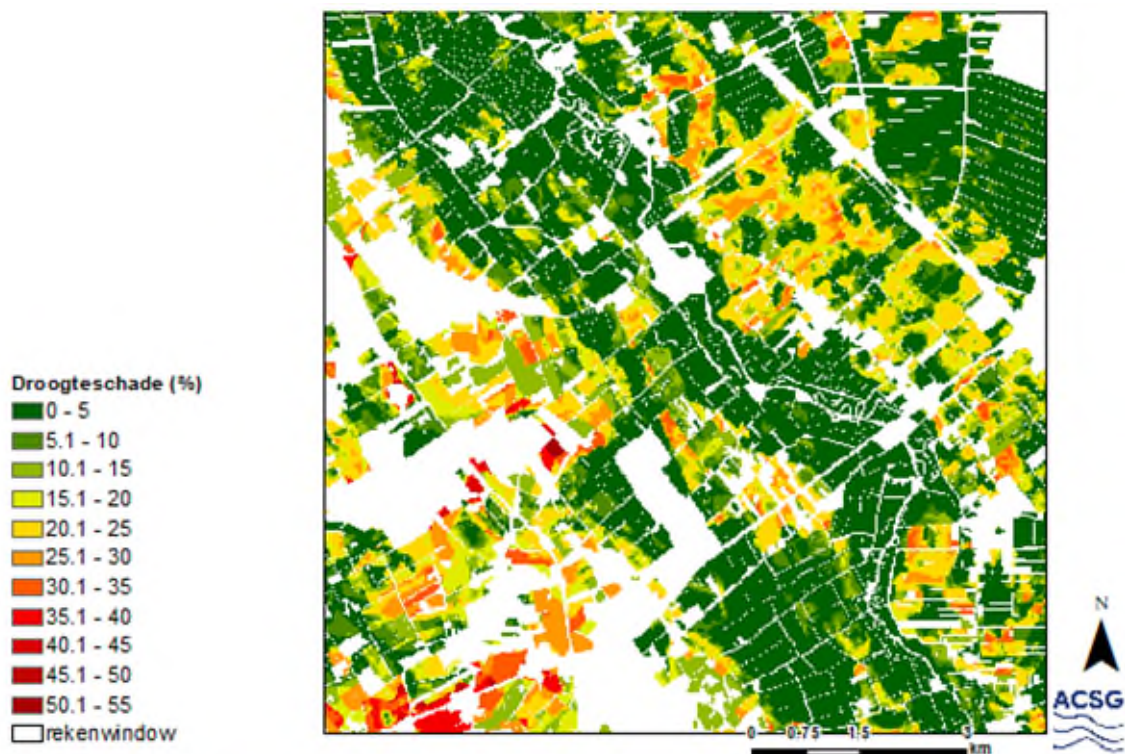
Figuur 6 Meest voorkomende combinaties BOFEK-codes, gewas en grondwatertrap in onderzoeksgebied Annen

3.1.2 Berekening grondwaterstanden MIPWA4.1

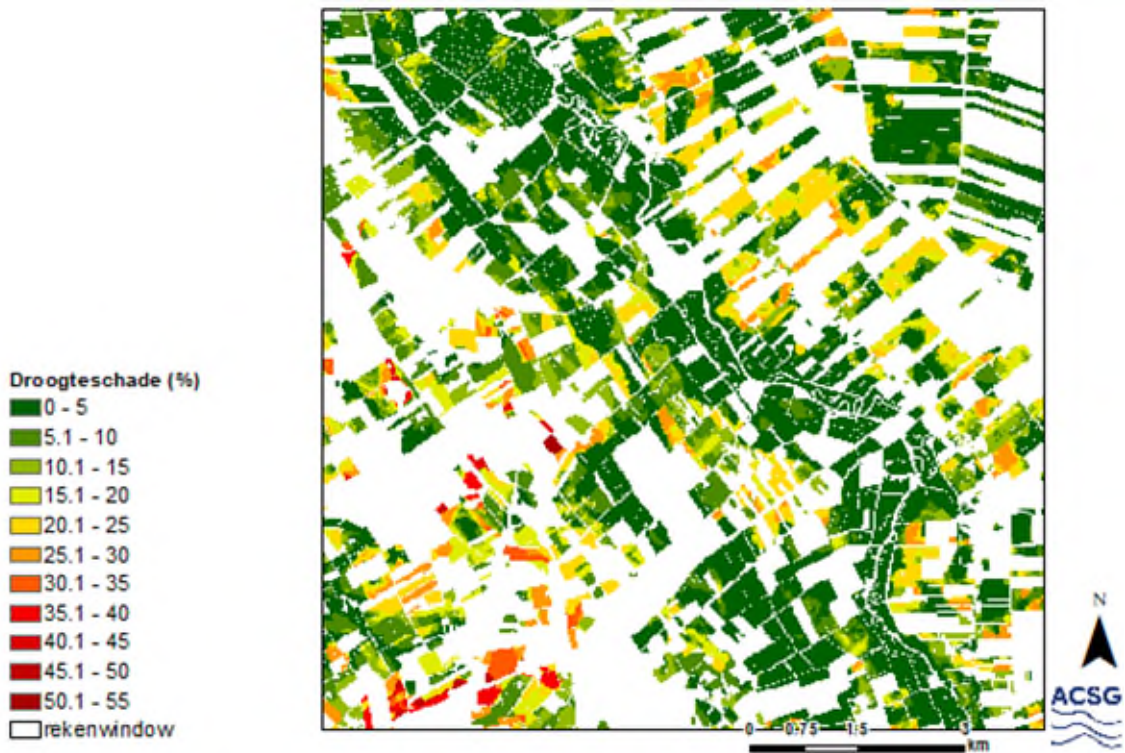
De grondwaterstanden zijn berekend met MIPWA4.1. De grondwaterstanden zijn niet gevalideerd met metingen, omdat hier niet het doel was om de juiste droogteschade in dit gebied te berekenen. Het doel is om de uitkomsten van WWL Tabel met WWL Regionaal te vergelijken bij zoveel mogelijk gelijke input. Op basis van de berekende grondwaterstanden zijn de grondwatertrappen berekend.

3.2 Resultaten

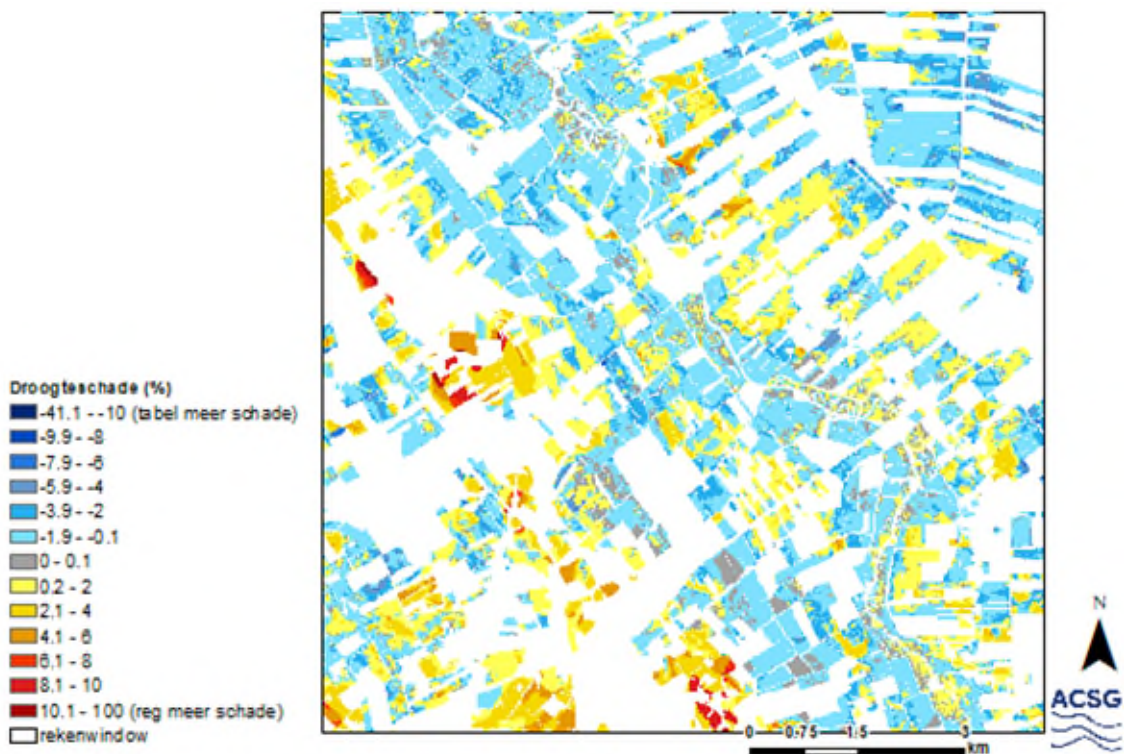
In de onderstaande figuren zijn weergegeven de door de WWL Regionaal berekende gemiddelde droogteschade voor de periode 1991 t/m 2020 (Figuur 7), de door de WWL Tabel bepaalde gemiddelde droogteschade voor dezelfde periode (Figuur 8) en het verschil hiertussen (Figuur 9). Uit de figuren blijkt dat op de hogere delen van het onderzoeksgebied de WWL Regionaal een grotere droogteschade berekend. In de lagere delen is de droogteschade door de WWL Tabel bepaald groter.



Figuur 7 Berekende gemiddelde droogteschade WWL Regionaal voor de periode 1991 t/m 2020



Figuur 8 Bepaalde gemiddelde droogteschade WWL Tabel voor de periode 1991 t/m 2020

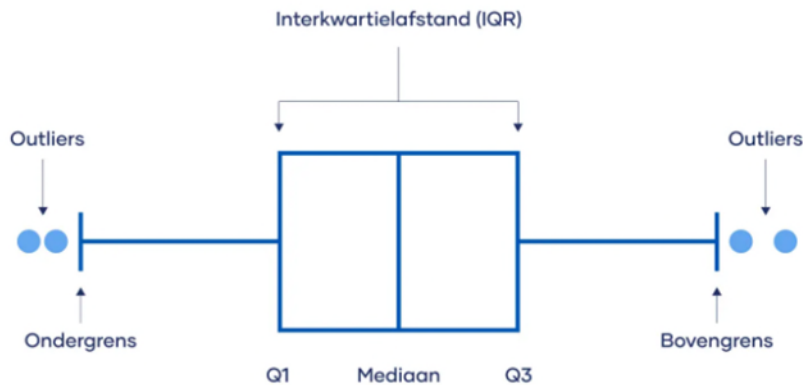


Figuur 9 Verschil berekende gemiddelde droogteschade WWL Regionaal en WWL Tabel voor de periode 1991 t/m 2020

In bijlage 2 zijn vioolgrafieken gecombineerd met boxplots weergegeven. De punt geeft de mediaan aan. Punten die geen resultaten hebben voor WWL Tabel zijn niet meegenomen in deze grafieken.

Uitleg boxplots en violografeiken

De onderzoeksresultaten zijn onder andere gevisualiseerd figuren waarbij boxplots en violografeiken worden gecombineerd. De onderstaande figuur geeft een verklaring van de onderdelen van een boxplot. De mediaan wordt in de figuren weergegeven als een stip in plaats van een lijn.

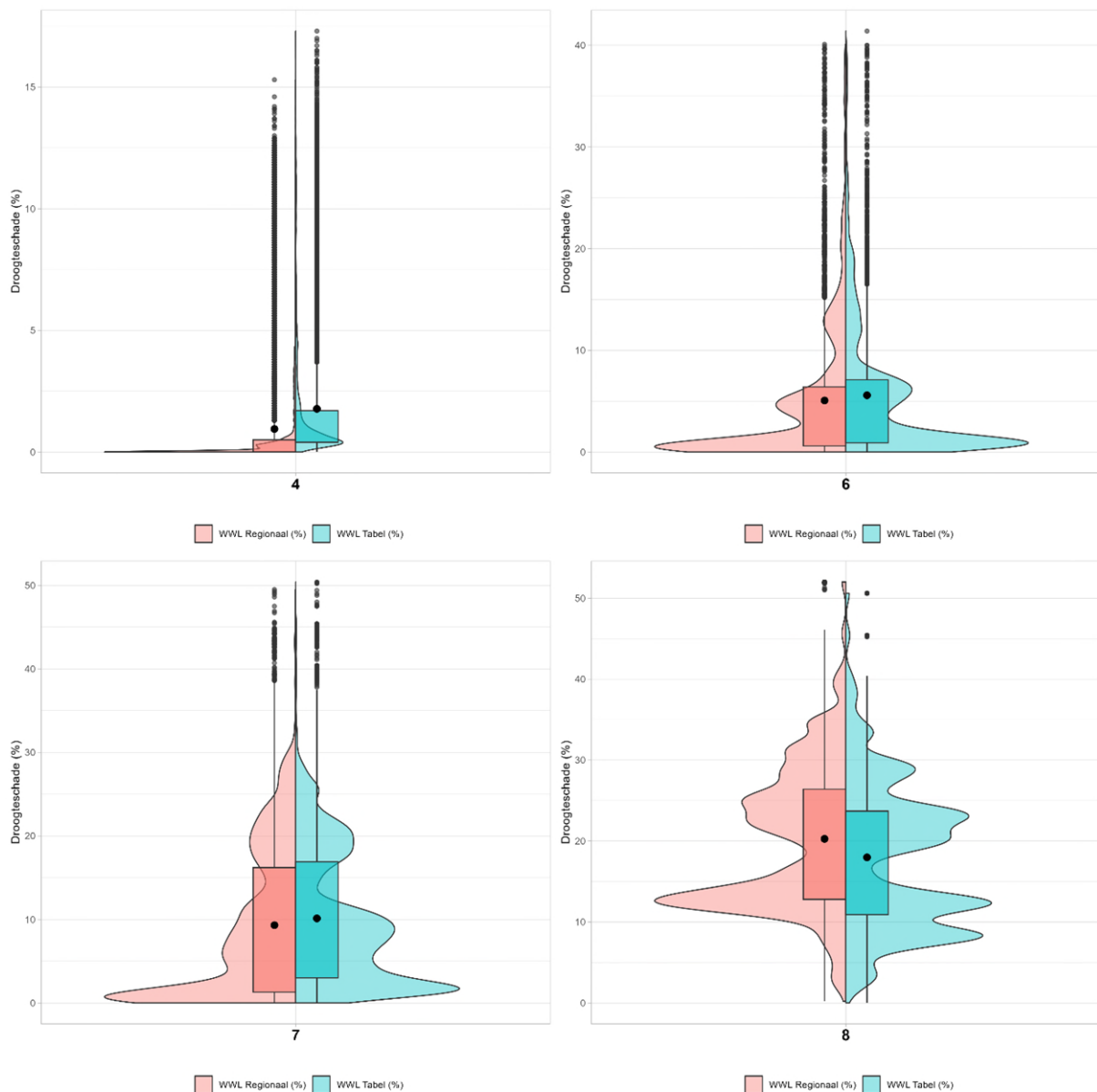


Figuur 10 Visualisatie boxplot (bron: scribbr.nl)

De violografeik toont de verdeling van de berekende droogteschade door middel van dichtheidsfunctie. De breedte van de curve komt overeen met de frequentie van de data punten bij een bepaalde berekende droogteschade.

3.2.1 Resultaten per grondwatertrap

De meest voorkomende grondwatertrappen in het onderzoeksgebied zijn GT IV, VI, VII en VIII. Daarom is hier op gefocust bij de analyse van de resultaten. De grafieken voor alle GT's zijn wel opgenomen in bijlage 2. Uit de grafieken in Figuur 11 blijkt dat bij GT IV, VI en VII over het algemeen door WWL Regionaal lagere droogteschade wordt berekend dan met WWL Tabel. Bij GT VIII wordt door WWL Regionaal hogere droogteschade berekend. Dit zou kunnen betekenen dat wanneer door een onttrekking de GT van VII naar VIII er met de WWL Regionaal meer verandering van droogteschade wordt berekend dan met WWL Tabel. Hierbij moet wel de kanttekening geplaatst worden dat mogelijk niet alle BOFEK-classes evenveel voorkomen bij GT VII en VIII.



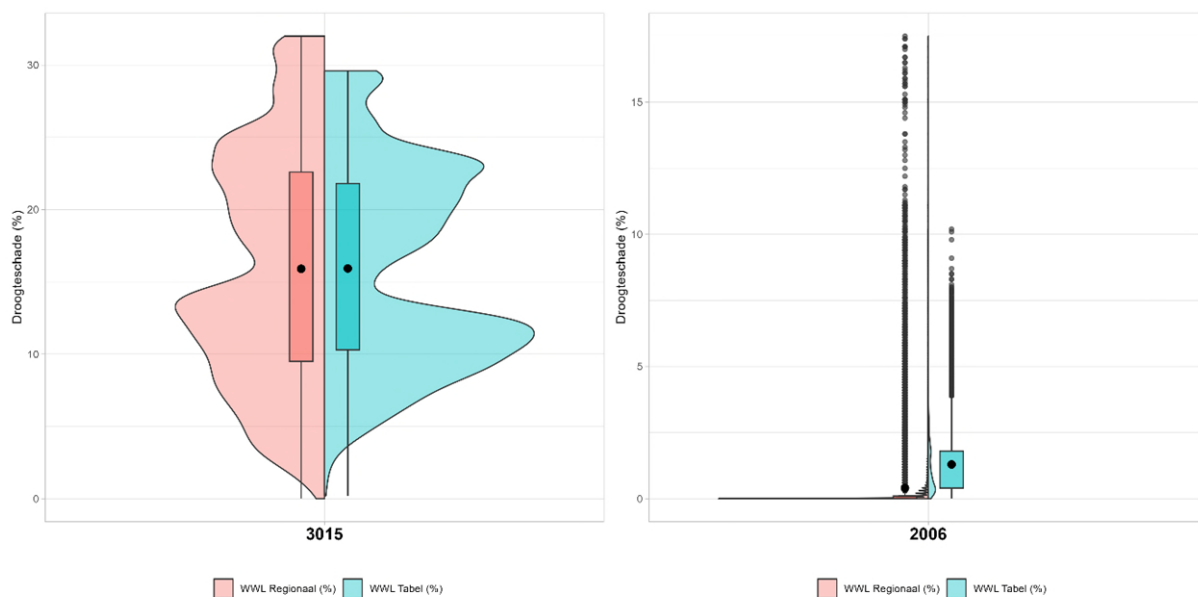
Figuur 11 Berekende droogteschade voor GT IV, VI, VII en VIII. Let op: de schaal van de y-as verschilt per grafiek!

3.2.2 Resultaten per BOFEK2020 klasse

Bijlage 2 toont de violografieken voor alle BOFEK2020-klassen die in het onderzoeksgebied voorkomen. In Figuur 12 zijn de violografieken voor de twee meest voorkomende BOFEK2020-klassen binnen het onderzoeksgebied weergegeven.

Uit de grafieken worden de volgende conclusies getrokken:

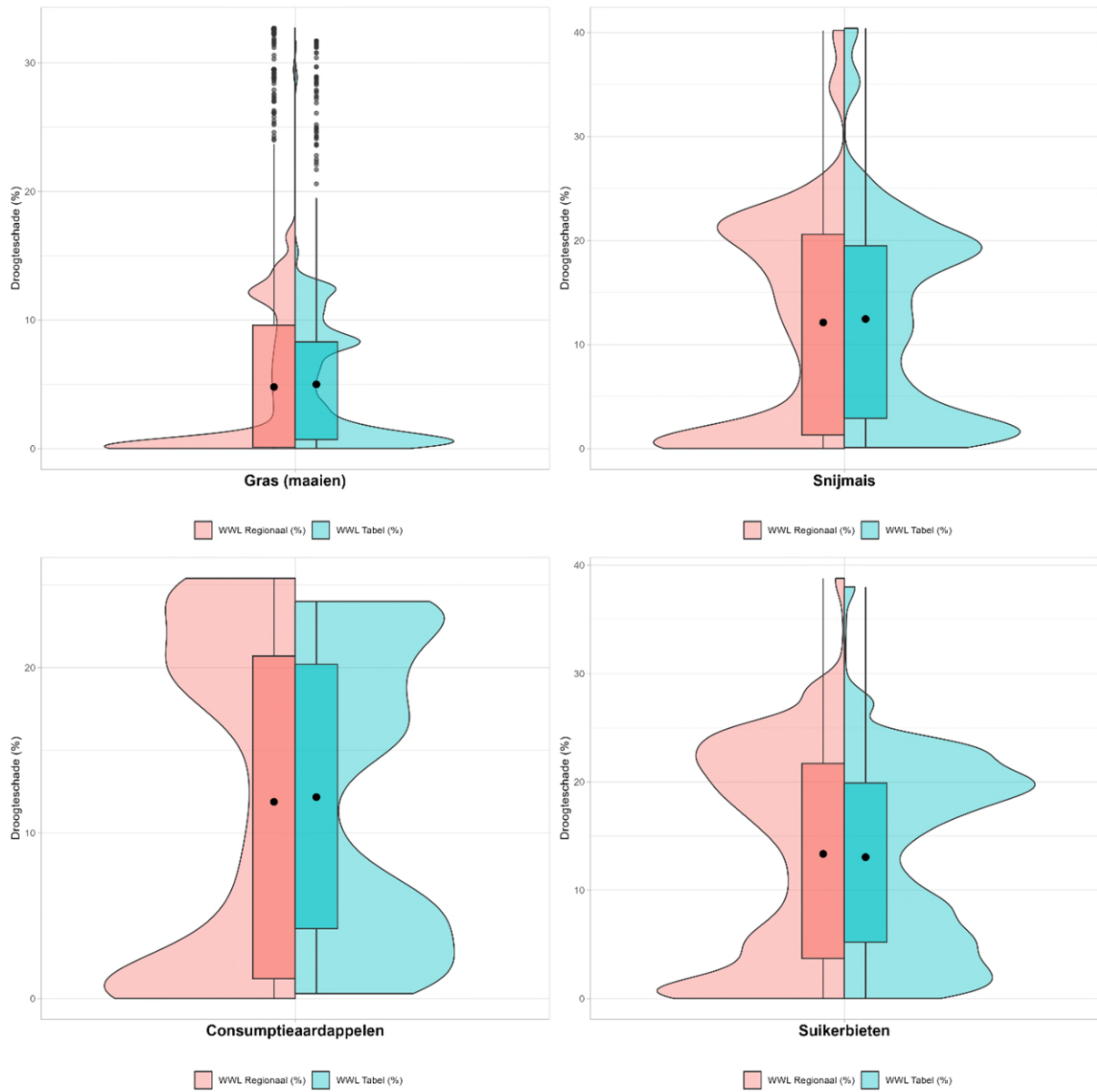
- Bij de veel voorkomende zandgronden 3015, 3019 en 3021 berekent WWL Regionaal meer droogteschade. Zandgronden zijn het meest kwetsbaar voor droogteschade.
- Bij de veengronden en moerige gronden berekent de WWL Tabel meer schade in vergelijking met de WWL Regionaal. Voor deze gronden rekenen beide WWL versies veel minder schade dan op zandgronden. Dit is conform verwachting, omdat moerige gronden lager liggen en van nature ondiepere Gt's kennen dan zandgronden.
- Voor keileemgrond (BOFEK2020-klasse 5001) berekent de WWL Regionaal meer droogteschade dan de WWL Tabel



Figuur 12 Berekende droogteschade voor de meest voorkomende BOFEK2020 klasse 3015 en 2006 in het onderzoeksgebied. *Let op: de schaal van de y-as verschilt per grafiek!*

3.2.3 Resultaten per gewas

In bijlage 2 zijn ook violografieken per gewas weergegeven. Figuur 13 toont de violografieken voor de meest voorkomende gewassen in Nederland. Uit de violografieken blijkt dat door de WWL Regionaal vaker een droogteschade van rond 0% wordt berekend. Verder is de interkwartielafstand groter is bij de door de WWL Regionaal berekende droogteschade.



Figuur 13 Berekende droogteschade voor de meest voorkomende gewassen in het onderzoeksgebied. *Let op: de schaal van de y-as verschilt per grafiek!*

4 Vergelijking WWL tabel en regionaal voor verschillende combinaties BOFEK2020-klassen en gewassen

Uit het vorige hoofdstuk blijkt dat er verschillen zijn tussen de berekende droogteschade door WWL Tabel en Regionaal. Er is gekeken of de verschillen alleen voorkomen bij bepaalde GT's, BOFEK2020 of gewas. Dit was echter niet mogelijk. Daarom is voor hetzelfde onderzoeksgebied een combinatie van één BOFEK2020-klasse en één gewas de droogteschade berekend. De grondwaterstanden komen uit het grondwatermodel. Dit betekent dat er combinaties zijn doorgerekend die in de werkelijk nauwelijks zullen voorkomen, zoals consumptieaardappelen op een GT I. Er is ook geen berekening meegenomen. Op basis van de modelberekeningen komt GT V (hoge GHG en lage GLG) regelmatig voor, maar in de praktijk komt deze GT weinig voor op landbouwgronden in Nederland.

4.1 Methode

De onderstaande tabel toont de runs die met zowel voor WWL Regionaal en WWL Tabel uitgevoerd zijn. Het is vanwege de rekentijd niet mogelijk om alle combinaties door te rekenen. Daarom zijn een aantal BOFEK2020 code gekozen op basis van hoe vaak ze voorkomen en veelvoorkomende gewassen ter plaatse van de onderzoekslocatie of op de zandgronden in Nederland. Ook is de berekeningsperiode een stuk korter, om de rekenduur van WWL Regionaal te beperken. Tabel 5 toont de input voor zowel WWL Regionaal en WWL Tabel. De input is zoveel mogelijk gelijk gehouden. Omdat zetmeelaardappelen niet zijn opgenomen in de WWL Tabel zijn de berekeningen met consumptieaardappelen uitgevoerd. Consumptieaardappelen en zetmeelaardappelen verschillen modelmatig niet in gewasontwikkeling en groeiseizoen. Er is alleen verschil in gewasprijs.

Tabel 4 Berekende combinaties BOFEK2020 klasse en WWL gewas

BOFEK2020 klasse	Beschrijving BOFEK2020 klasse	WWL gewas
1002	Dunne veengronden: moerige bovengrond op veen op zand zonder podzol (aVz)	Gras (maaaien)
2006	Moerige gronden met moerige bovengrond I (vWz)	Gras (maaaien)
2006	Moerige gronden met moerige bovengrond I (vWz)	Snijmais
2006	Moerige gronden met moerige bovengrond I (vWz)	Consumptieaardappelen*
3003	Grofzandige zandgronden I (gHd30)	Gras (maaaien)
3003	Grofzandige zandgronden I (gHd30)	Snijmais
3004	Sterk lemige zandgronden I (Hn23*gras)	Consumptieaardappelen*
3012	Zwak lemige enkeergonden (zEZ21)	Gras (maaaien)
3015	Zwak lemige zandgronden III (Hn21*gras)	Gras (maaaien)
3015	Zwak lemige zandgronden III (Hn21*gras)	Snijmais
3015	Zwak lemige zandgronden III (Hn21*gras)	Consumptieaardappelen*
3015	Zwak lemige zandgronden III (Hn21*gras)	Zomergerst
3015	Zwak lemige zandgronden III (Hn21*gras)	Wintertarwe
3015	Zwak lemige zandgronden III (Hn21*gras)	Suikerbiet
3019	Zwak lemige zandgronden III (Zd21)	Gras (maaaien)
3019	Zwak lemige zandgronden III (Zd21)	Snijmais
3021	Sterk lemige zandgronden III (pZg23*gras)	Gras (maaaien)
3021	Sterk lemige zandgronden III (pZg23*gras)	Snijmais
4018	Kleigronden (zware zavel) op homogene ondergrond (soms met veen) II (M25A*akker)	Gras (maaaien)
4018	Kleigronden (zware zavel) op homogene ondergrond (soms met veen) II (M25A*akker)	Snijmais

*zetmeelaardappelen zijn niet beschikbaar in WWL Tabel.

Tabel 5 Input WWL Regionaal en WWL Tabel voor scenario's in tabel 4

Onderdeel	Tabel	Regionaal
Bodem	Te variëren	Te variëren
Weerstation	De Bilt	De Bilt
Gewas	Te variëren	Te variëren
Irrigatie	Geen	Geen
Periode	2014 t/m 2018 (losse jaren)	2014 t/m 2018
Grondwaterstanden	GxG voor 1991 t/m 2020*	Heads uit MIPWA op 14 ^{de} en 28 ^{ste} van de maand

* Het is noodzakelijk om de GXG voor 1991-2020 als input te gebruiken.

4.2 Resultaten

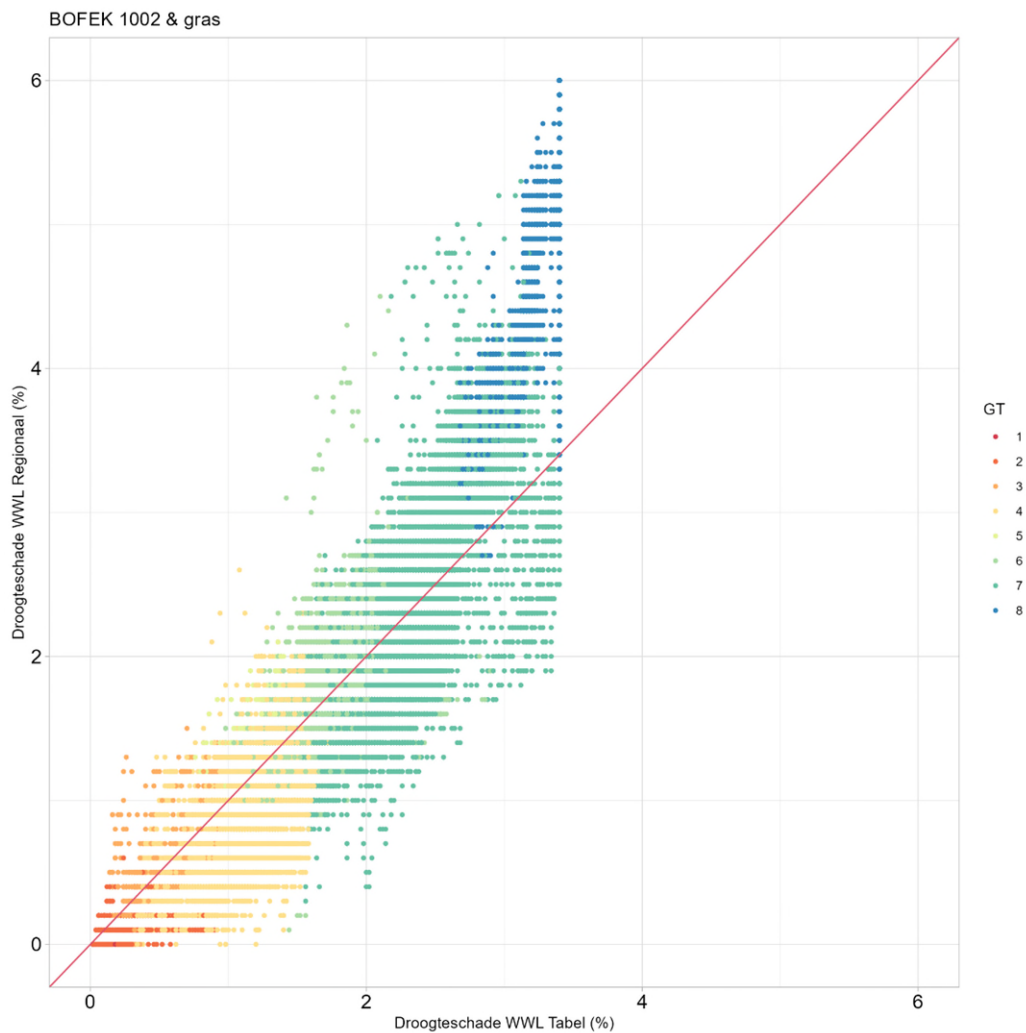
De volgende bijlagen zijn opgenomen:

Bijlage 4a scatterdiagrammen

Bijlage 4b gecombineerde viool- en boxplots

4.2.1 BOFEK2020 klasse 1002, Dunne veengronden: moerige bovengrond op veen op zand zonder podzol

Er zijn alleen berekeningen uitgevoerd voor gras, omdat dit gewas het vaakst voorkomt bij dit bodemtype. Figuur 14 toont de berekende droogteschade door WWL Tabel en WWL Regionaal. Hierbij blijkt dat voor GT VIII WWL Regionaal meer droogteschade berekend wordt ten opzichte van de WWL Tabel. Voor de overige GT's worden vergelijkbare droogteschades (mediaan) berekend, de verschillen zijn klein. Er wordt door WWL Regionaal een grotere variatie aan schades berekend. Ook is te zien dat de droogteschade door WWL Regionaal wordt afgerond tot .05 % achter de komma.

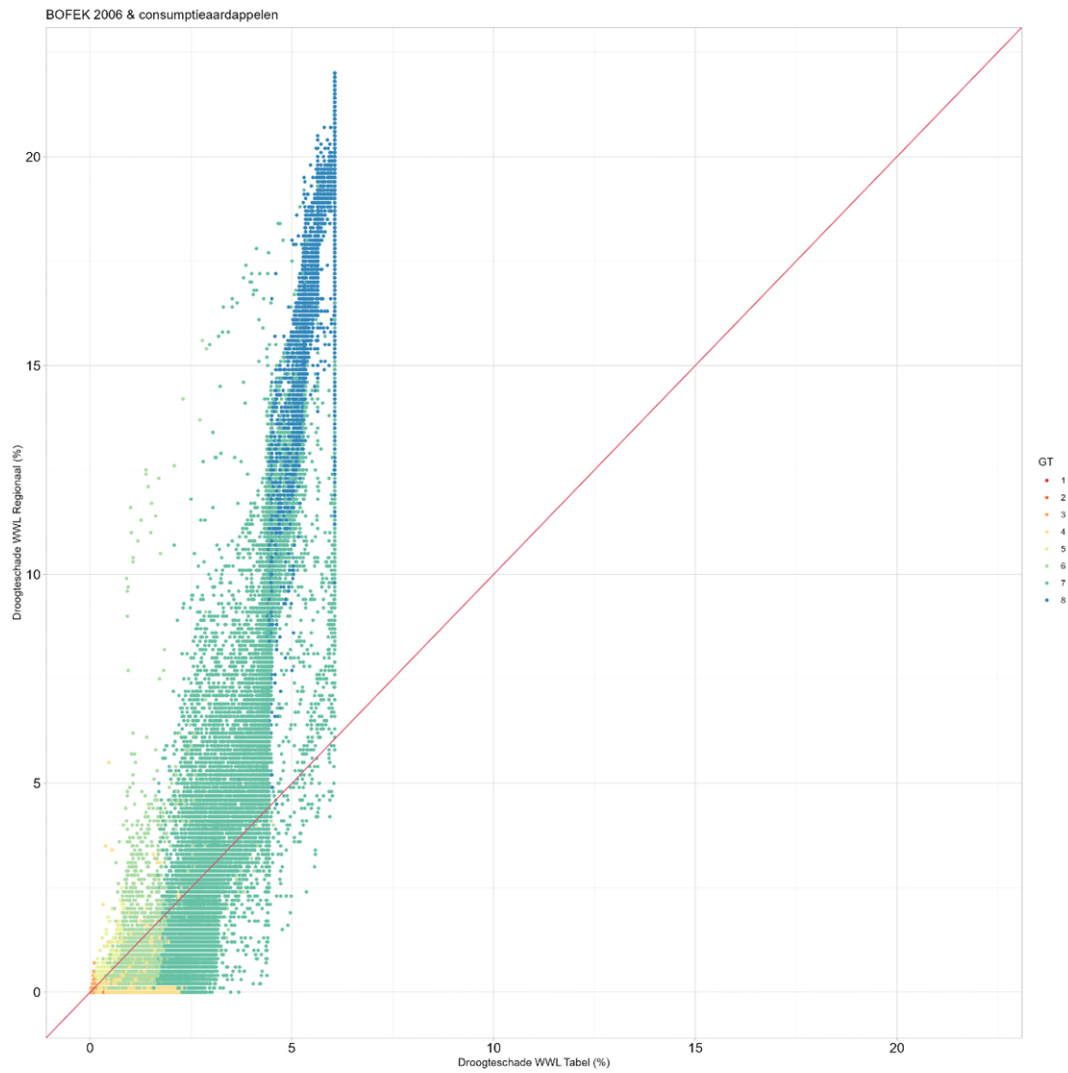


Figuur 14 Berekende droogteschade door WWL Tabel (x-as) en WWL Regionaal (y-as) voor BOFEK2020 1002 & gras(maaien)

4.2.2 BOFEK2020 klasse 2006, moerige gronden met moerige bovengrond I

Voor BOFEK2020 klasse 2006 zijn de volgende gewassen doorgerekend: gras(maaien), snijmais en consumptieaardappelen. Voor GT I t/m III is de berekende droogteschade voor zowel WWL Tabel als Regionaal verwaarloosbaar. Voor gras wordt voor GT IV t/m VII gemiddeld meer schade berekend door de WWL Regionaal. Voor snijmais en aardappelen worden vergelijkbare schades berekend door WWL Tabel en Regionaal bij deze GT's. Bij alle gewassen is voor GT VII de variatie in berekende droogteschades veel groter. Voor GT VIII wordt voor alle gewassen een veel grotere droogteschade berekend door WWL Regionaal.

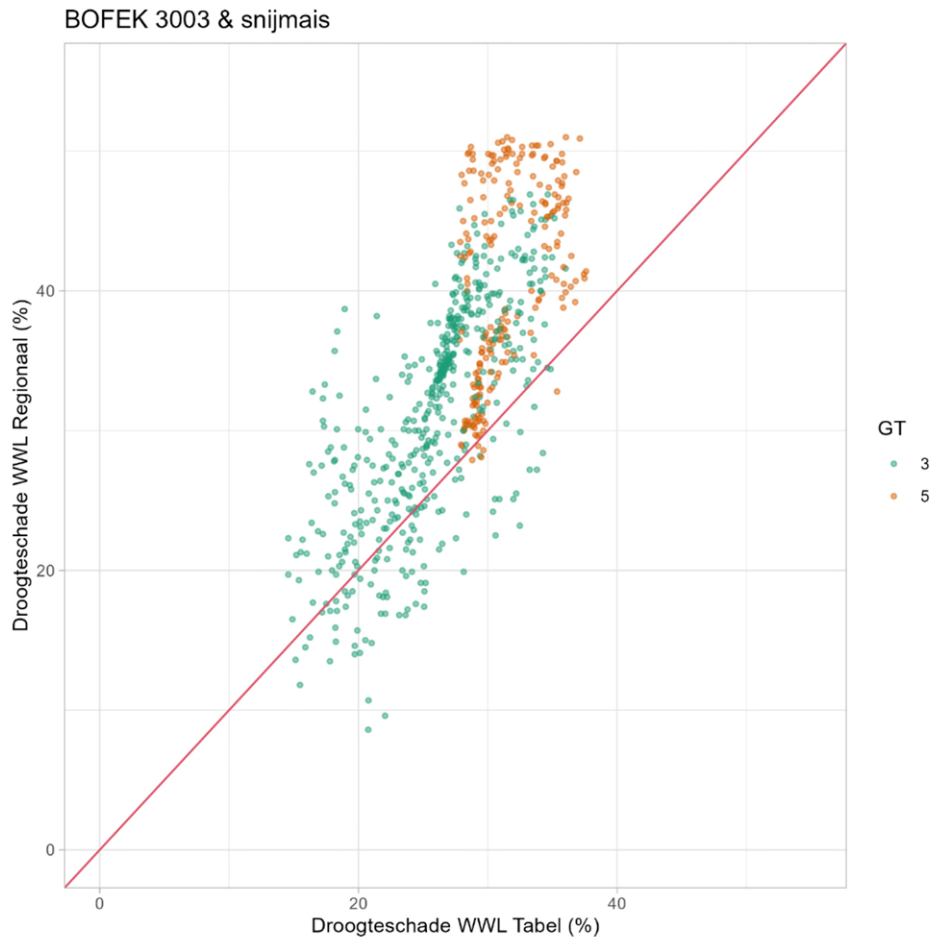
In de scattergrafieken is te zien dat de WWL Tabel er een maximumschade is die berekend kan worden. Dit komt het sterkste voor bij consumptieaardappelen, zie Figuur 15.



Figuur 15 Berekende droogteschade door WWL Tabel (x-as) en WWL Regionaal (y-as) voor BOFEK2020 2006 & consumptieaardappelen)

4.2.3 BOFEK2020 klasse 3003, grofzandige gronden (grof zand boven en ondergrond)

Uit de grafieken in bijlage 3 blijkt dat voor zowel gras als snijmais is er geen significant verschil tussen WWL Regionaal en Tabel, met uitzondering van GT III en V. Figuur 16 toont de berekende droogteschade voor snijmais bij GT III en V waarin te zien is dat bij deze GT's de WWL Regionaal meer droogteschade berekend.



Figuur 16 Berekende droogteschade door WWL Tabel (x-as) en WWL Regionaal (y-as) voor BOFEK2020 3003 & snijmais voor GT III en V

4.2.4 BOFEK2020 klasse 3004, sterk lemige zandgronden I

Voor deze combinatie zijn er zijn alleen berekeningen uitgevoerd voor consumptieaardappelen, omdat deze combinatie voorkomt in het onderzoeksgebied. Bij GT I t/m VII berekent WWL Tabel een gemiddeld grotere droogteschade. Voor GT VII is variatie in berekende droogteschades bij WWL Regionaal groter. Voor GT VIII berekent WWL Regionaal grotere droogteschade. Ook hier lijkt er een maximum te zijn aan het de te berekenen droogteschade door WWL Tabel, zie Figuur 17.



Figuur 17 Berekende droogteschade door WWL Tabel (x-as) en WWL Regionaal (y-as) voor BOFEK2020 3004 & consumptieaardappelen

4.2.5 BOFEK2020-klasse 3012, zwak lemige enkeerdgronden

Voor deze BOFEK2020-klasse zijn alleen berekeningen uitgevoerd voor gras. Bij GT I t/m VII berekent WWL Tabel een gemiddeld grotere droogteschade. Voor GT VI en VII is variatie in berekende droogteschades bij WWL Regionaal groter. Voor GT VIII is berekende droogteschade vrijwel gelijk.

4.2.6 BOFEK2020-klasse 3015, zwak lemige zandgronden III

Voor BOFEK2020 klasse 3015 zijn de volgende gewassen doorgerekend: gras(maaien), snijmais, consumptieaardappelen, suikerbiet, wintertarwe (Figuur 18) en zomergerst. Dit zijn de gewassen die binnen het onderzoeksgebied het vaakst voorkomen bij deze BOFEK-klasse.

Op basis van de grafieken worden de volgende conclusies getrokken:

- Over het algemeen wordt bij GT I t/m VI een hogere droogteschade berekend door WWL Tabel.
- Voor alle gewassen bij GT VII is de variatie in berekende droogteschade bij WWL Regionaal veel groter. Dit betekent dat er per perceel veel verschil kan zitten tussen de berekende droogteschade met Regionaal en Tabel, hoewel het gemiddelde over een groter gebied ongeveer gelijk zal zijn.

- Voor alle gewassen, met uitzondering van snijmais, wordt bij GT VIII door WWL Regionaal een hogere droogteschade berekend. Ook is er een maximum aan de te berekenen droogteschade door de WWL Tabel. Dit is voor wintertarwe het duidelijkst te zien in Figuur 18.

Tabel 6 toont de samenvatting van de berekende droogteschade voor de verschillende gewassen voor GT IV t/m VIII

Tabel 6 Samenvatting berekende droogteschades BOFEK2020-klasse 3015. (rood = droogteschade WWL Regionaal is groter, blauw= droogteschade WWL Tabel is groter)

Gewas	GT 4	GT 6	GT 7	GT 8
gras			*	
snijmais			*	
consumptieaardappelen			*	
suikerbiet				
wintertarwe		*	*	
zomergerst		*	*	

* WWL Regionaal berekend een grotere variatie in droogteschade



Figuur 18 Berekende droogteschade door WWL Tabel (x-as) en WWL Regionaal (y-as) voor BOFEK2020 3015 & wintertarwe

4.2.7 BOFEK2020 klasse 3019, zwak lemige zandgronden, leemarm in Staringreeksen

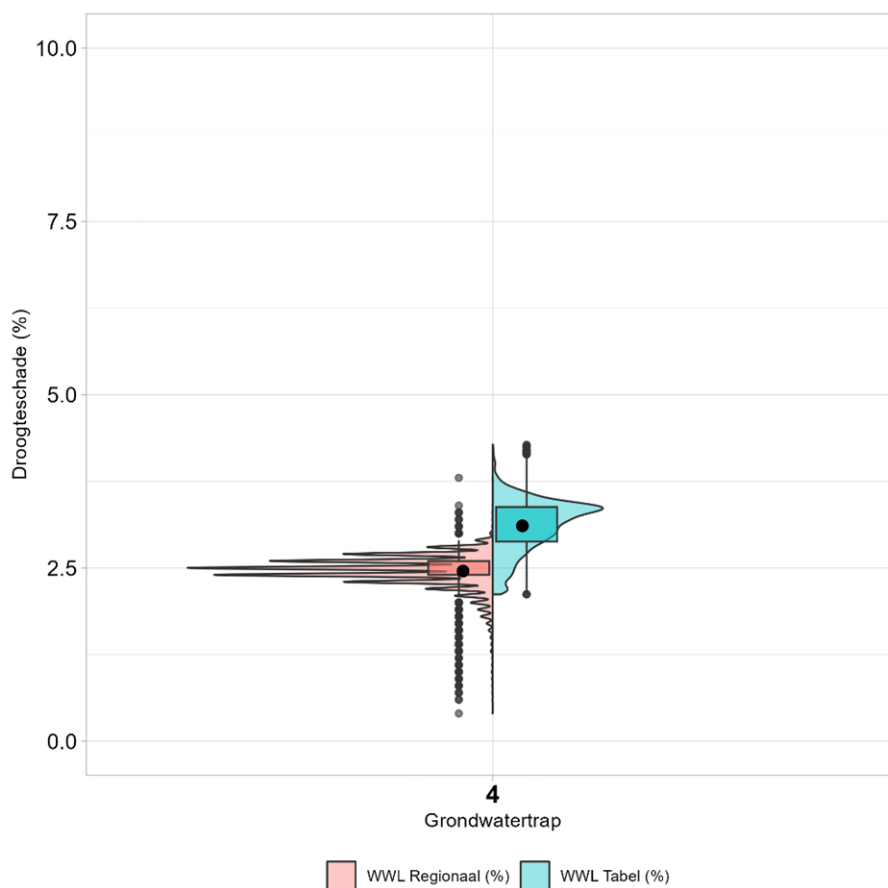
Voor deze BOFEK-klasse is de droogteschade voor gras en snijmais berekend. Voor gras is uit de grafieken in de bijlage af te leiden dat voor bijna alle GT's de WWL Tabel een grotere droogteschade berekend dan door WWL Regionaal. Vanaf GT VI en VII berekend de WWL Regionaal een grotere variatie aan droogteschade. Voor snijmais is er geen groot verschil tussen de berekende droogteschade door de WWL Tabel en WWL Regionaal. Bij WWL Tabel is er wederom een maximum aan de berekende schade.

4.2.8 BOFEK2020-klasse 3021, sterk lemige zandgronden III

Ook voor deze BOFEK-klasse is de droogteschade voor gras en snijmais berekend. Voor gras wordt bij GT IV, VI en VII door WWL Tabel meer droogteschade berekend. Voor snijmais is Bij GT VIII is het andersom. Vanaf GT VII wordt de variatie in de berekende droogteschade door WWL Regionaal groter.

4.2.9 BOFEK2020 klasse 4018, kleigronden (zware zavel) op homogene ondergrond (soms met veen) II

Voor GT I t/m VII wordt door WWL Tabel voor zowel gras als snijmais een grotere droogteschade berekend. Voor GT VIII wordt door WWL Regionaal een grotere droogteschade berekend. Voor snijmais en GT IV berekend WWL Regionaal een opvallende patroon, zie Figuur 19.



Figuur 19 Violografiel WWL Regionaal & WWL Tabel, GT IV en snijmais.

4.2.10 Samenvatting

Tabel 7 toont de samenvatting voor GT IV t/m VIII. Hieruit blijkt dat voor GT IV t/m VII de mediaan van de berekende droogteschade door WWL Tabel hoger is. Voor GT VIII is deze van WWL Regionaal hoger. De metarelaties blijken niet nauwkeurig te zijn voor de diepe grondwaterstanden bij GT VIII. Bij met name GT VII is variatie aan berekende droogteschade bij WWL Regionaal groter. De grotere spreiding aan droogteschades bij WWL Regionaal komt mogelijk door een verschil in opgelegde onderrandvoorwaarde. Bij WWL Tabel bestaat de onderrand uit GHG en GLG, terwijl Regionaal rekent met tweewekelijkse grondwaterstanden. Deze grondwaterstanden fluctueren meer dan een gemiddelde als de GLG, zodat de droogteschade ook meer verschilt. Concluderend kan het per perceel veel uitmaken of WWL Tabel of Regionaal gebruikt wordt.

Tabel 7 Samenvatting berekende droogteschade WWL Tabel versus Regionaal (blauw=mediaan droogteschade WWL Tabel is hoger, rood= mediaan droogteschade WWL Regionaal is hoger)

BOFEK	Gewas	GT 4	GT 6	GT 7	GT 8
1002	gras				
2006	gras			*	*
	snijmais			*	*
	consumptieaardappelen			*	*
3003	gras	*			
	snijmais			*	*
3004	consumptieaardappelen		*		
3012	gras		*	*	
3015	gras			*	
	snijmais			*	
	consumptieaardappelen			*	
	suikerbiet				
	wintertarwe		*	*	
	zomergerst		*	*	
3019	gras		*	*	
	snijmais				
3021	gras			*	*
	snijmais		*	*	*
4018	gras			*	*
	snijmais			*	*

* WWL Regionaal berekend een grotere variatie in droogteschade

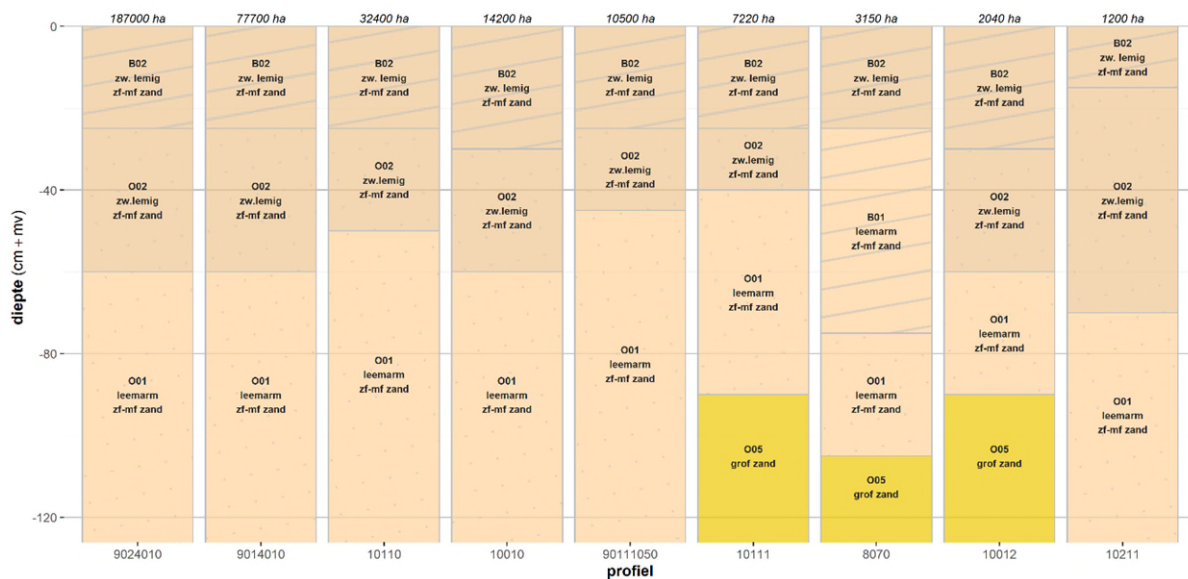
5 Vergelijking WWL Regionaal met input BOFEK2020 en Bodemkaart van Nederland

In de WWL Regionaal zijn er meer input opties dan bij de WWL Tabel. Een van de mogelijkheden is om met de bodemkaart van Nederland 1:50.000 (BODEM50) te rekenen. Hierdoor verandert het aantal bodemklassen van 79 naar 368. In dit hoofdstuk wordt onderzocht wat het effect is van de BODEM50 als input te nemen in plaats van de BOFEK2020.

5.1 Methode

De voorkomende bodemklassen ter plaatse van het onderzoeksgebied zijn weergegeven in bijlage 1. De rekenperiode voor deze vergelijking is 2012 t/m 2020, omdat de rekenduur van 1991 t/m 2020 zeer lang duurt om te berekenen.

Elke bodemtype in de bodemkaart van Nederland is gekoppeld aan bouwstenen uit de Staringreeks. Er zijn 18 bouwstenen voor de bovengrond en 18 voor ondergrond. Deze bouwstenen onderscheiden zich op basis van textuur, organische stof gehalte en afzettingsmethode. Alle bodemprofielen van de BODEM50 zijn beschreven met behulp van de bouwstenen. Vervolgens zijn voor de BOFEK2020 de profielen geclusterd op basis van vergelijkbare fysische eigenschappen. Dit is gedaan voor de vijf hoofdgroepen van bodems in Nederland, namelijk veengronden, moerige gronden, zandgronden, klei- en zavelgronden en leemgronden. Het bodemprofiel met het grootste areaal binnen het cluster is opgenomen in de BOFEK2020 schematisatie. **Figuur 20 toont de bodemprofielen binnen BOFEK2020 cluster 3015, de meest voorkomende zandgrond in Nederland. Te zien is dat binnen cluster 3015 zeer fijn zand tot grof zand voorkomt. Sommige bestaan uit drie bouwstenen en andere vier.**

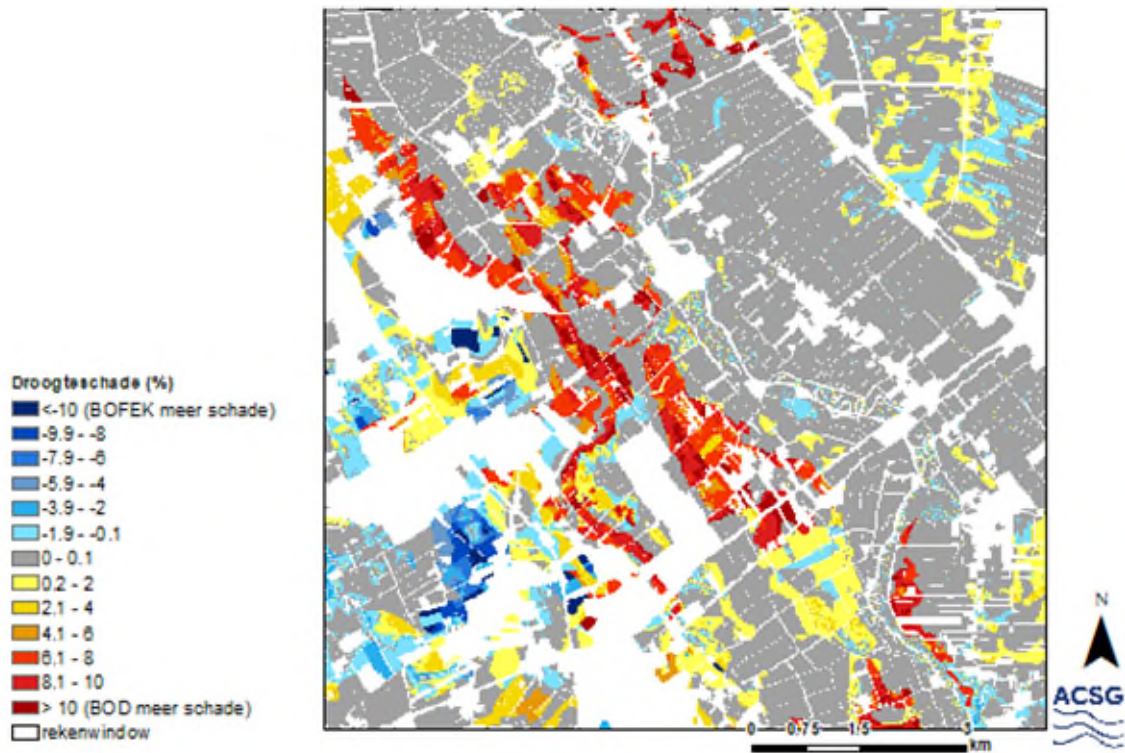


Figuur 20 Afgeleide bodemprofielsschetsen¹³ in cluster 3015 van BOFEK2020; gesorteerd naar voorkomen in Nederland

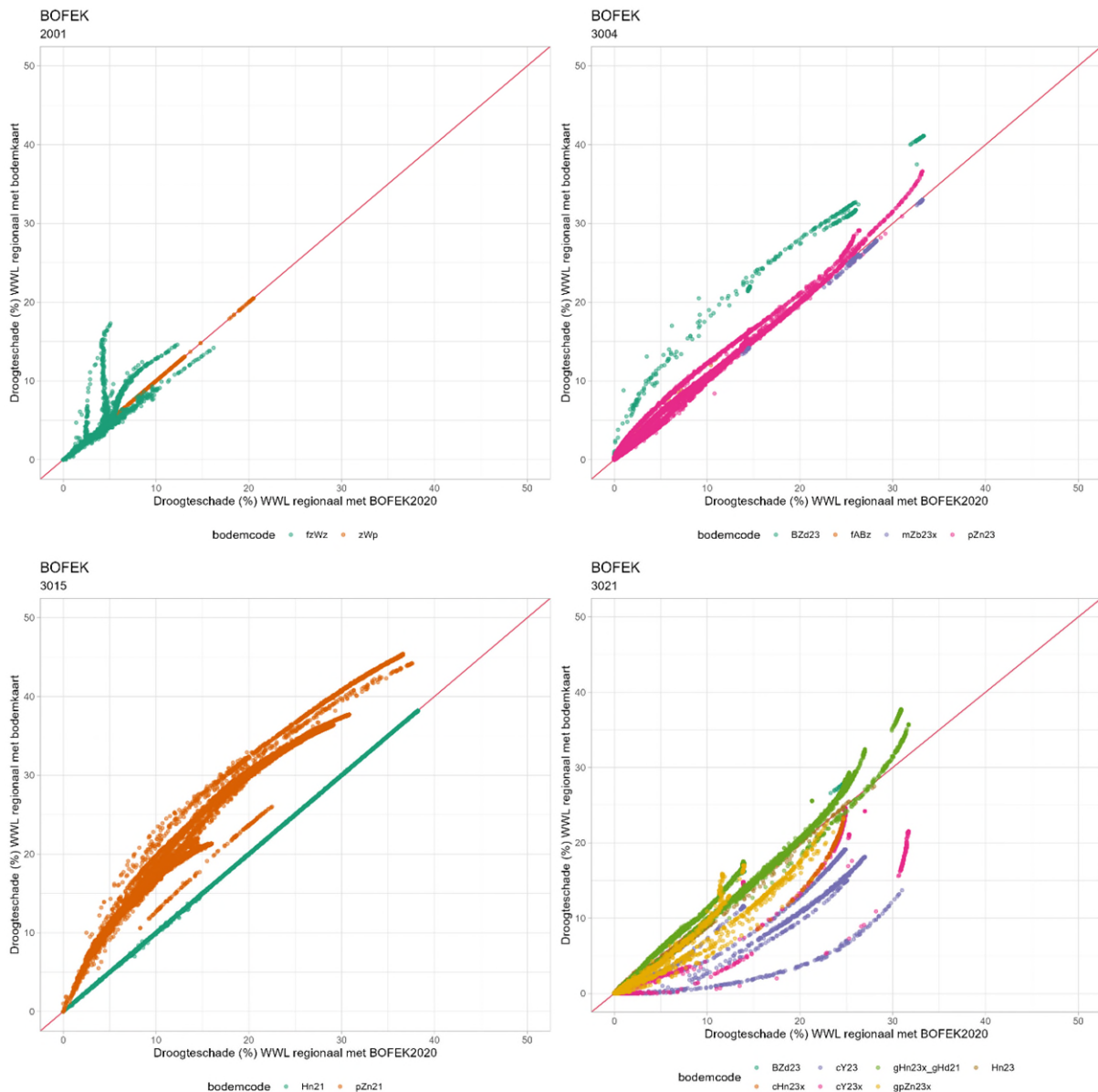
¹³ Mulder, H.M., M.J.D. Hack-ten Broeke, W.M.L. Meijninger, 2023. Validatie Waterwijzer Landbouw. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3248. STOWA 2023-10

5.2 Resultaten

Figuur 21 toont het verschil in droogteschade berekend met WWL Regionaal tussen input BOFEK2020 en BODEM50. Voor de WWL Tabel kan de BODEM50 niet worden gehanteerd als input. In bijlage 3 is een grote kaart met de bodemtypen opgenomen. De grootste verschillen komen voor bij bodemtypen pZn21 en cY23(x).



Figuur 21 Verschil in berekende droogteschade met WWL Regionaal tussen input BOFEK2020 en input BODEM50

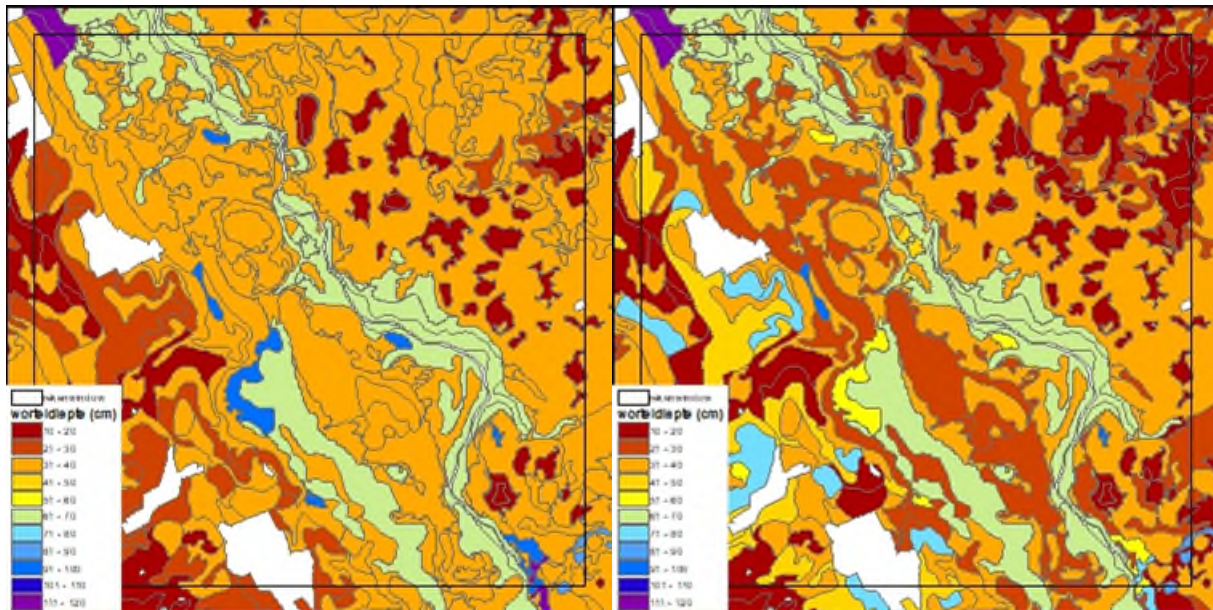


Figuur 22 Selectie van grafieken droogteschade WWL Regionaal berekend met BOFEK2020 input en BODEM50 input.

Op basis van bijlage 4 en Figuur 22 worden de volgende conclusies getrokken:

- Er is bij een aantal bodemtypen een groot verschil in de berekende droogteschade bij input BOFEK2020 en BODEM50
- De grootste afwijkingen doen zich voor in BOFEK2020 klasse 3015 en 3021. Opvallend is dat in de BOFEK2020 klasse 3021 een groot aantal bodemtypen voorkomt. Tussen deze bodemklassen zitten grote verschillen in bodemfysische kenmerken, zoals humushoudende bodemdikte en aanwezigheid van keileem
- De meest voorkomende BOFEK2020 klasse in Nederland is 3015. In het onderzoeksgebied komen binnen deze klassen de bodemprofielen Hn21 en pZn21 voor. Ook hier treden grote verschillen op.

De oorzaak van het verschil in berekende droogteschade komt door het verschil in bodemfysische kenmerken van de bodemprofielen, met een verschil in opbouw qua Staringreeks-bouwstenen. De worteldiepte wordt hierdoor beïnvloed. De onderstaande figuur toont de worteldiepte volgens BOFEK2020 en BODEM50.



Figuur 23 Worteldiepte voor *BOFEK2020*-klassen (links) en *BODEM50* (rechts)

Dit betekent dat de invoer voor bodem een gevoelige parameter is. Vaak zijn er rondom waterwinningen detailbodemkarteringen beschikbaar of worden ze in het kader van de schadebepaling gemaakt. Het is technisch mogelijk om de WWL Regionaal aan te passen zodat ook de detailbodemkarteringen als input gebruikt kunnen worden. Hiervoor moeten de bodemtypen van een detailbodemkartering vertaald worden naar bouwstenen van de Staringreeks. Ook zijn gegevens over de worteldiepte nodig. Deze wordt vaak ook opgenomen bij detailkarteringen, of kunnen worden afgeleid van de gekarteerde bodemtypen.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Praktische bevindingen gebruik WWL

Tijdens dit onderzoek zijn er veel runs/berekeningen uitgevoerd. Hierbij zijn de onderstaande bevindingen gedaan. De runs/berekeningen zijn uitgevoerd op een rekenserver bij Microsoft Azure met grootte Standard F64s v2(64 vcpu's, 128 GiB geheugen).

6.1.1 WWL Tabel

Voordelen:

- De WWL Tabel runt heel snel
- Is makkelijk in gebruik wanneer R geïnstalleerd is
- Iemand die geen expert is (zoals de meeste schademelders), kan de resultaten relatief eenvoudig narekenen

Nadelen:

- Niet alle meteostations kunnen worden geselecteerd. Ook is het niet mogelijk om neerslagradar te selecteren
- Bodemkaart van Nederland kan niet geselecteerd worden, dus er kan met minder bodemtypen gerekend worden
- Een beperktere set aan gewassen kunnen doorgerekend worden ten opzichte van WWL Regionaal
- Alleen GxG kunnen ingevoerd worden en de WWL Tabel berekent dan de grondwaterstand per tijdstap. Het verloop van de grondwaterstand waar de schadeberekening op is gebaseerd kan niet worden ingezien.
- Maatwerk is niet mogelijk

6.1.2 WWL Regionaal

Voordelen:

- meer input opties dan bij WWL Tabel qua bodem, gewas, meteo en berekende grondwaterstanden
- maatwerk is mogelijk, maar is wel ingewikkeld en vraagt meer expert-kennis

Nadelen:

- Er is een rekenserver voor nodig om te kunnen draaien. Een goede laptop volstaat niet.
- Crashed heel vaak op de gebruikte rekenserver, waardoor heel vaak opnieuw opgestart worden en de doorlooptijd van de berekeningen erg groot wordt.
- WWL regionaal vereist een hoger kennis- en ervaringsniveau van de gebruiker

6.2 Conclusies

Op basis van het onderzoek worden de volgende conclusies getrokken.

Conclusies onderzoeksgebied Annen 1991 t/m 2020:

- Uit de vergelijking van de berekende droogteschade voor het onderzoeksgebied Annen blijkt dat bij GT IV, VI en VII over het algemeen door WWL Regionaal een lagere droogteschade wordt berekend dan met WWL Tabel. Bij GT VIII wordt door WWL Regionaal een hogere droogteschade berekend. Dit zou betekenen dat wanneer door een onttrekking de GT van VII naar VIII er met de WWL Regionaal meer verandering van droogteschade wordt berekend dan met WWL Tabel.
- Bij de veel voorkomende zandgronden 3015, 3019 en 3021 berekent WWL Regionaal meer droogteschade. Deze gronden zijn het meest gevoelig voor droogteschade.

Conclusies berekende combinaties BOFEK2020-klassen en gewassen:

- Bij verschillende gewassen is er een maximum aan droogteschade dat WWL Tabel kan berekenen. Dat is ongunstig bij diepere grondwaterstanden. Mogelijk zijn er minder modelrealisaties voor diepere GHG en GLG's waardoor WWL Tabel tegen een maximum aanloopt. Een andere reden zou kunnen zijn dat de door WWL Tabel afgeleide grondwaterstanden minder diep wegzakken dan in bij de invoer van de WWL Regionaal. Dit komt ook door een verschil in opgelegde onderrandvoorwaarde (GXG vs. tweewekelijkse grondwaterstanden).
- Bij met name GT VII, maar soms ook GT IV en VIII wordt er door WWL Regionaal een grotere variatie aan droogteschade berekend. Dit betekent dat het per perceel veel kan uitmaken of WWL Tabel of Regionaal wordt gebruikt.

Conclusies BOFEK2020 versus Bodemkaart van Nederland:

- Er is voor verschillende BOFEK2020 clusters een significant verschil in berekende droogteschade tussen BOFEK2020 clusters en de bodemtypen van de Bodemkaart van Nederland die binnen het cluster voorkomen. Dit komt bijvoorbeeld bij 3015 en 3021 voor. Dit komt door een verschil in opbouw van de bodemfysische kenmerken van een geaggregeerd BOFEK-cluster, versus de betreffende bodemprofielen uit de bodemkaart. Dit heeft ook invloed op de wortelzonedikte, en daarmee de verdampingsreductie (en schade).

6.3 Aanbevelingen verdere ontwikkeling WWL

Algemene aanbevelingen:

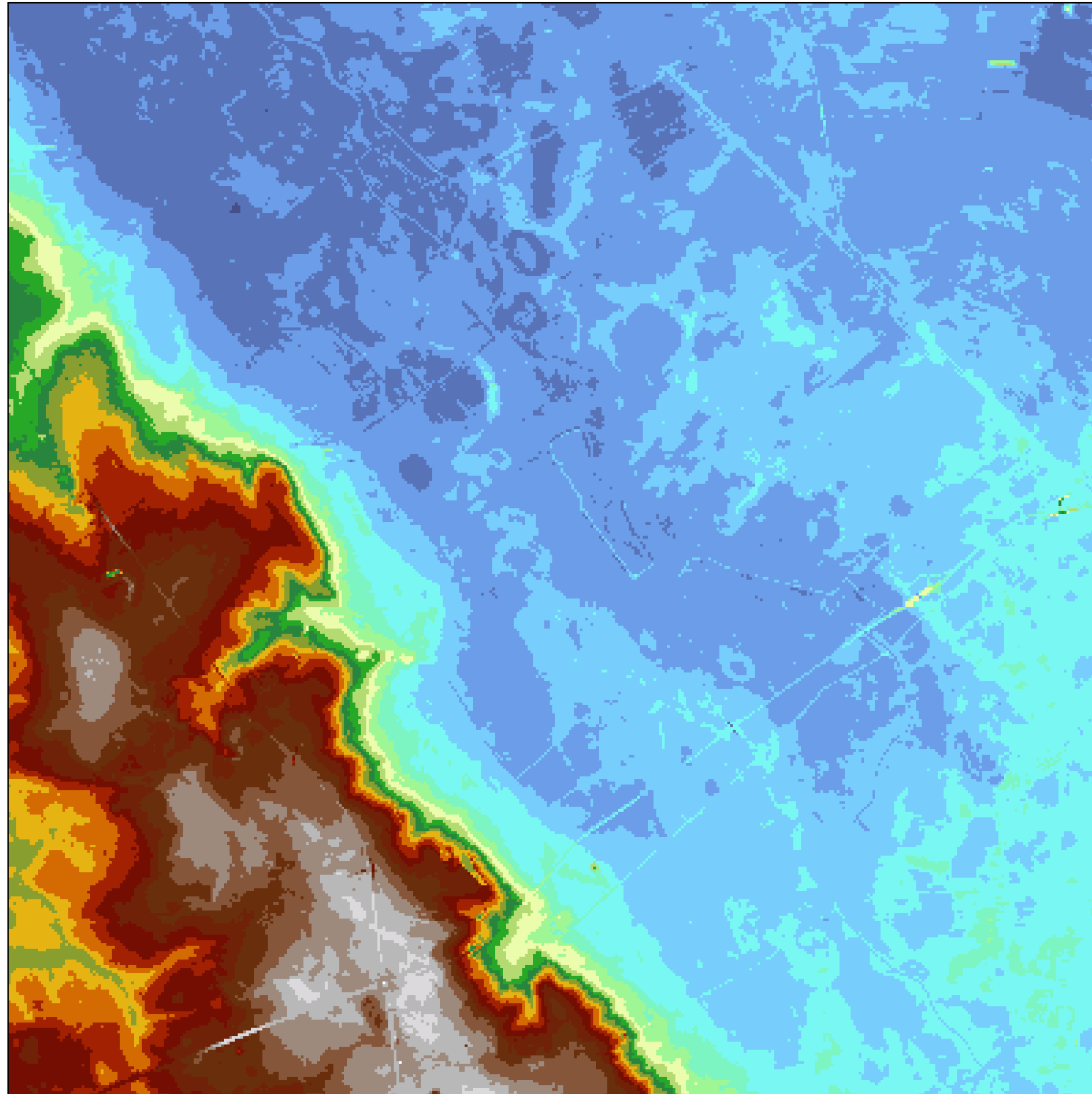
- WWL Regionaal crasht veel op de gebruikte rekenserver. Het zou fijn zijn als dit minder gebeurt en dat een script gemaakt wordt dat zichzelf weer opstart.
- Bij de WWL Tabel zou het fijn zijn om ook een output te krijgen van welke combinaties ver buiten het bereik van de metarelaties staan zodat we weten waar de uitkomst minder betrouwbaar is.
- Een rekenserver via bijvoorbeeld NHI beschikbaar stellen, omdat de WWL Regionaal niet op een laptop te draaien is.
- Metarelaties uitbreiden met GT VIII voor indicatieve schadeberekeningen

Wens :

- Omdat maatwerk mogelijk is in WWL Regionaal is het mogelijk om detailbodemkarteringen als invoer te gebruiken. Hiervoor moeten de bodemtypen van een detailkartering worden vertaald naar bouwstenen van de Staringreeks. Aangezien dat een gevoelige parameter is, wordt geadviseerd om dit mogelijk te maken.

Bijlage 1 – kaarten input Waterwijzer onderzoeksgebied Annen

Input WWL voor onderzoeksgebied



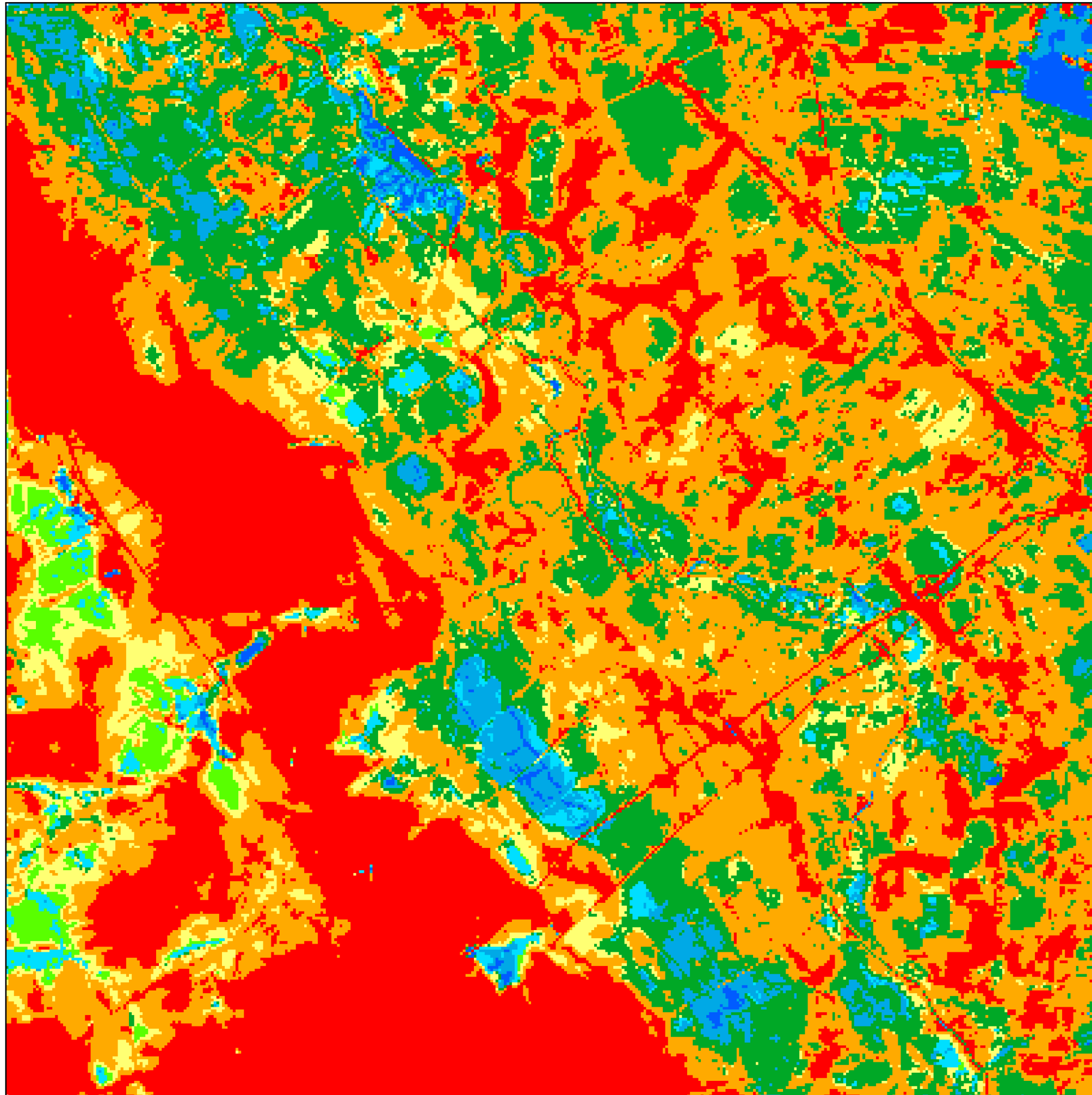
rekenwindow

**Maaiveldhoogte
(m NAP)**

- -0.1 - 0
- 0.1 - 1
- 1.1 - 2
- 2.1 - 3
- 3.1 - 4
- 4.1 - 5
- 5.1 - 6
- 6.1 - 7
- 7.1 - 8
- 8.1 - 9
- 9.1 - 10
- 10.1 - 11
- 11.1 - 12
- 12.1 - 13
- 13.1 - 14
- 14.1 - 15
- 15.1 - 16
- 16.1 - 17
- 17.1 - 18
- 18.1 - 19
- 19.1 - 20
- 20.1 - 21
- 21.1 - 22

0 0.35 0.7 1.4 km

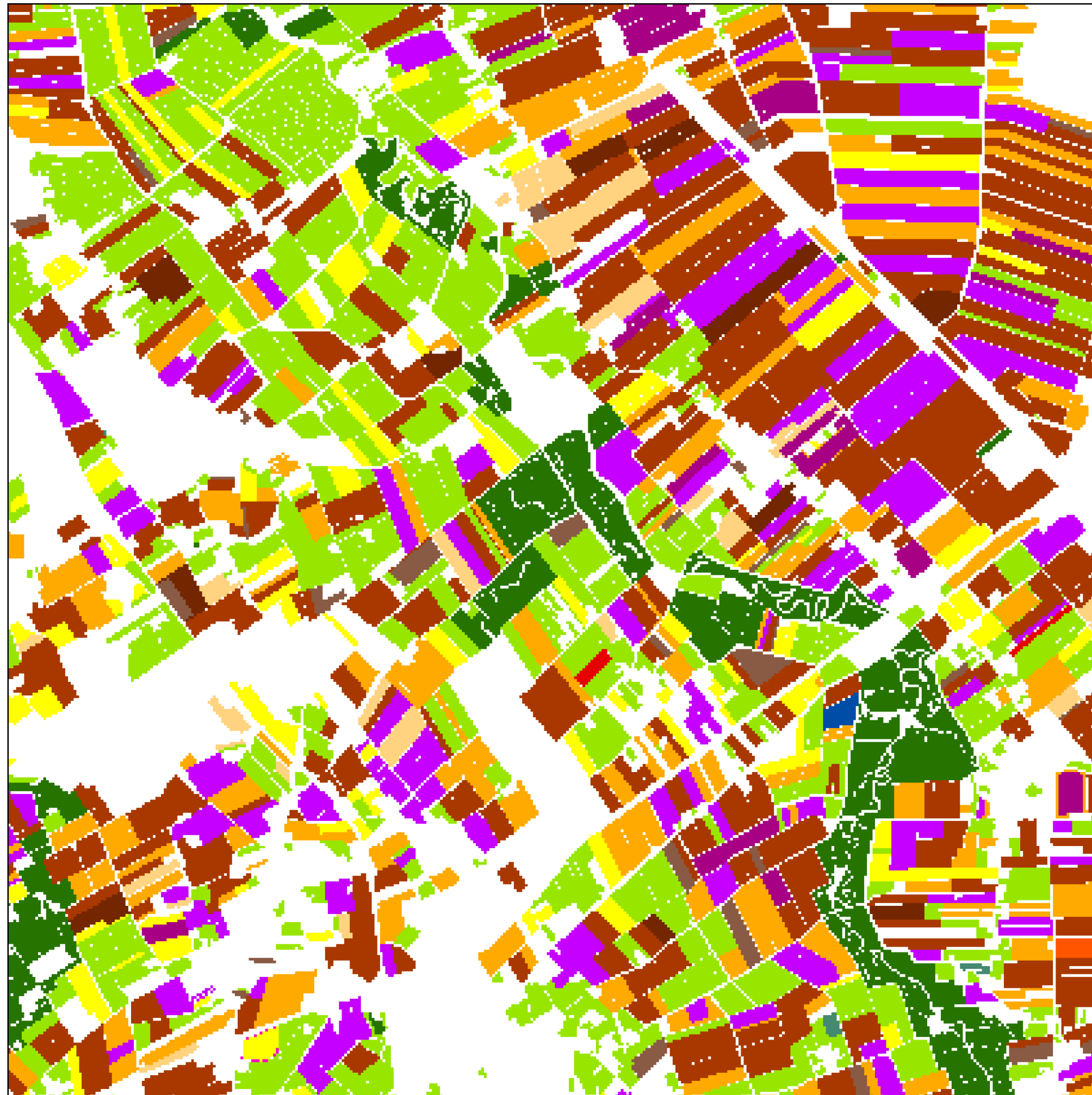
Input WWL voor onderzoeksgebied



- rekenwindow
- GT, MIPWA4.1**
- GT I
- GT II
- GT III
- GT IV
- GT V
- GT VI
- GT VII
- GT VIII

0 0.35 0.7 1.4 km

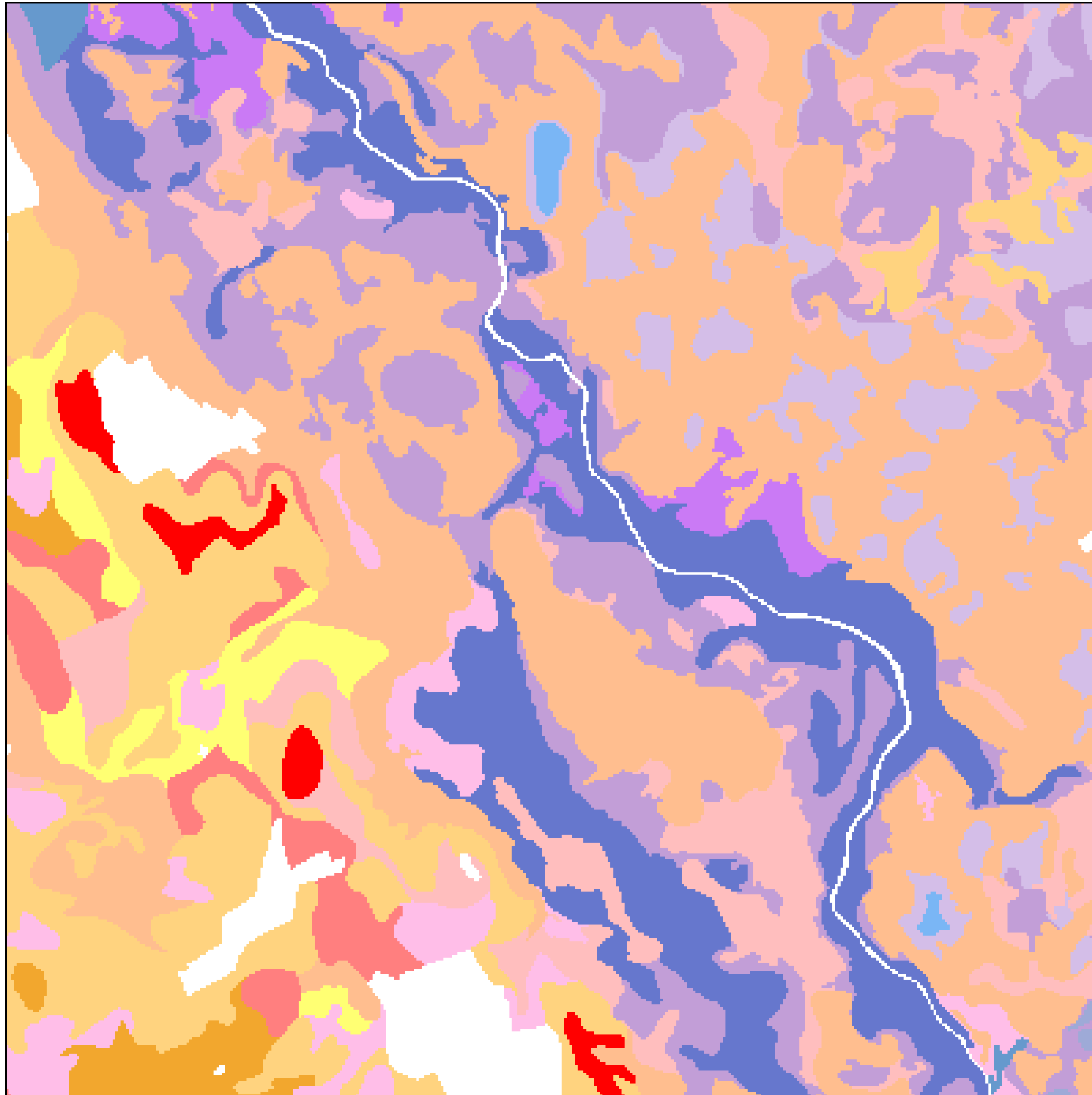
Input WWL voor onderzoeksgebied



- rekenwindow
- Gewas WWL**
- gras (maaien)
- gras (beweiding)
- snijmais
- wintertarwe
- zomergerst
- consumptieaardappelen
- zetmeelaardappelen
- pootaardappelen
- suikerbieten
- zaaiuien
- winterpeem
- sperziebonen
- tulp
- lelie
- laanbomen

0 0.35 0.7 1.4 km

Input WWL voor onderzoeksgebied

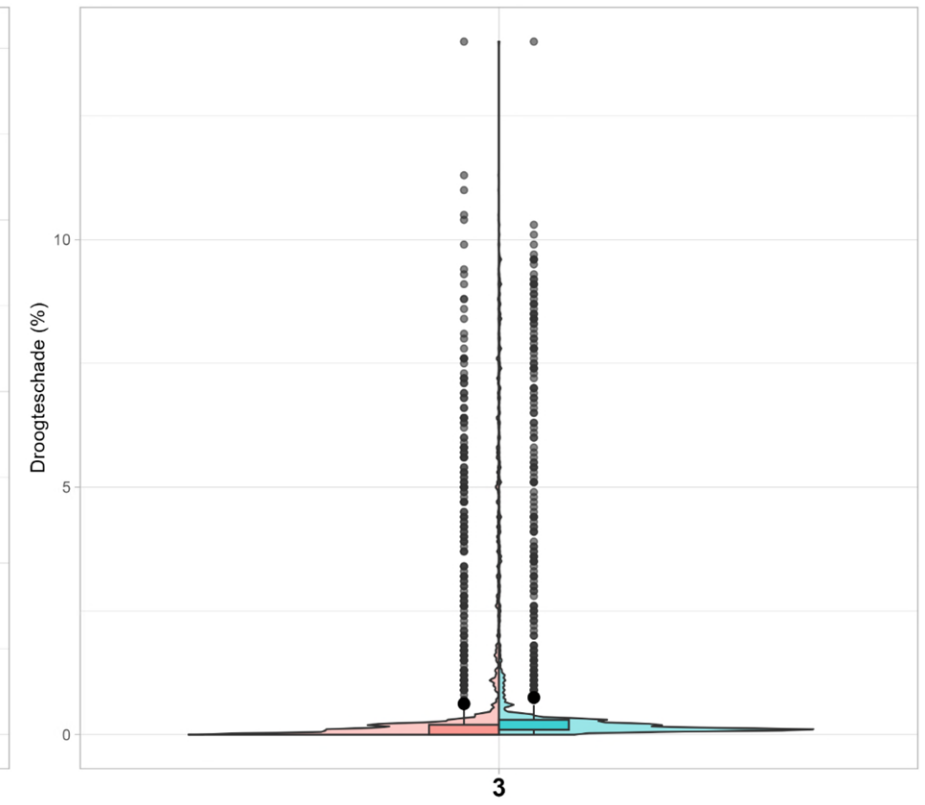
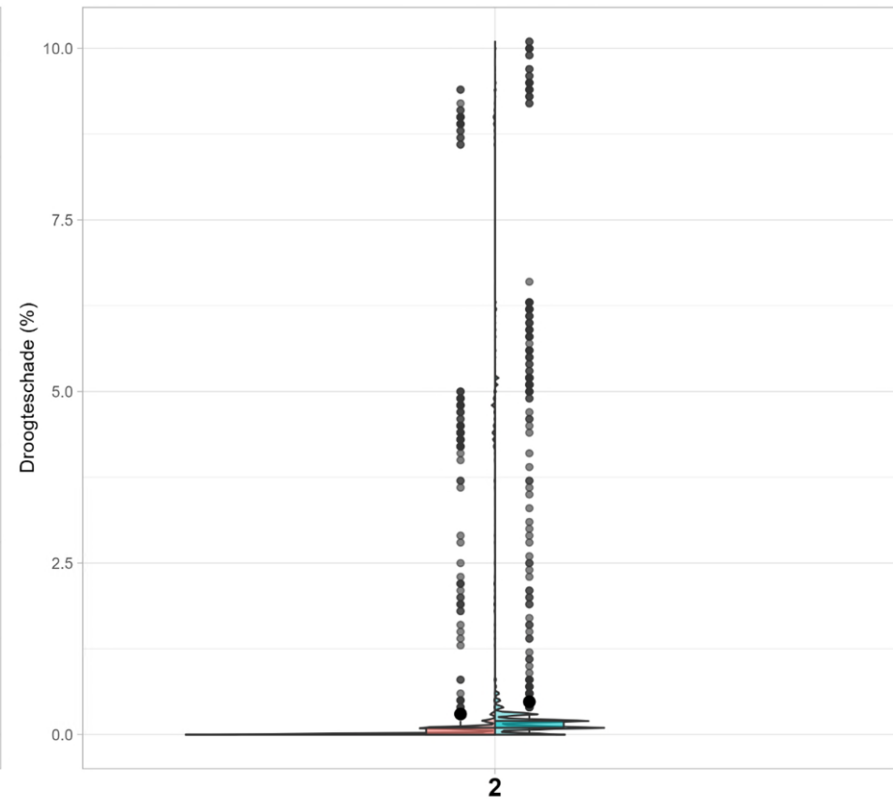
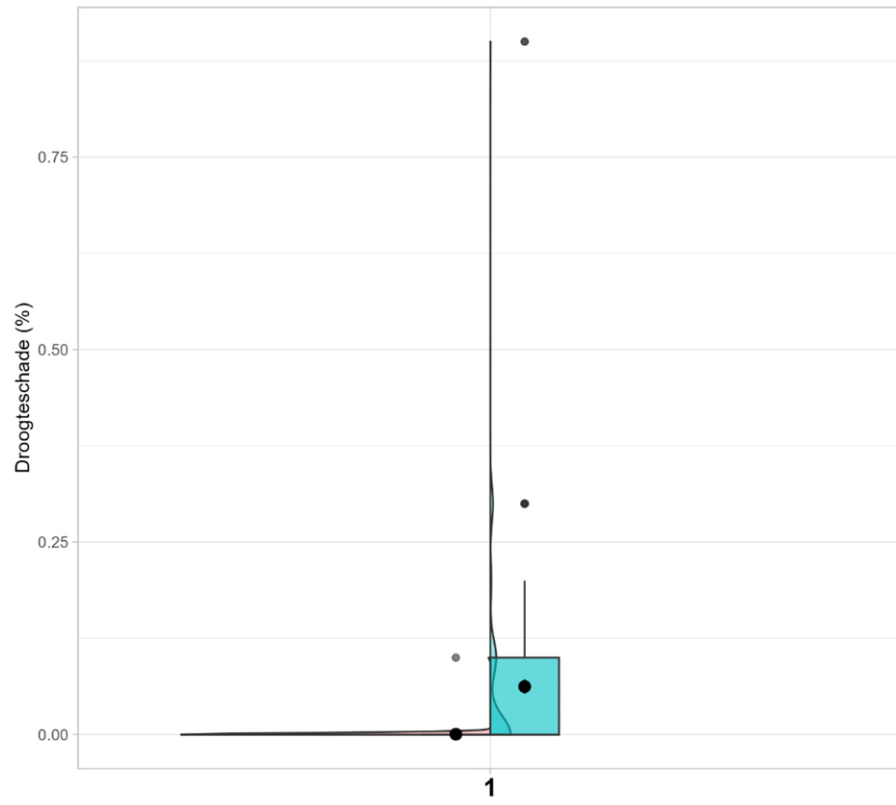


- rekenwindow
- BOFEK2020-klasse**
- 1,002
- 1,005
- 1,011
- 1,017
- 2,001
- 2,002
- 2,006
- 2,007
- 3,004
- 3,007
- 3,009
- 3,014
- 3,015
- 3,019
- 3,021
- 5,001

0 0.35 0.7 1.4 km

**Bijlage 2 Resultaten vergelijking WWL Tabel en WWL Regionaal voor Annen
1991 t/m 2020**

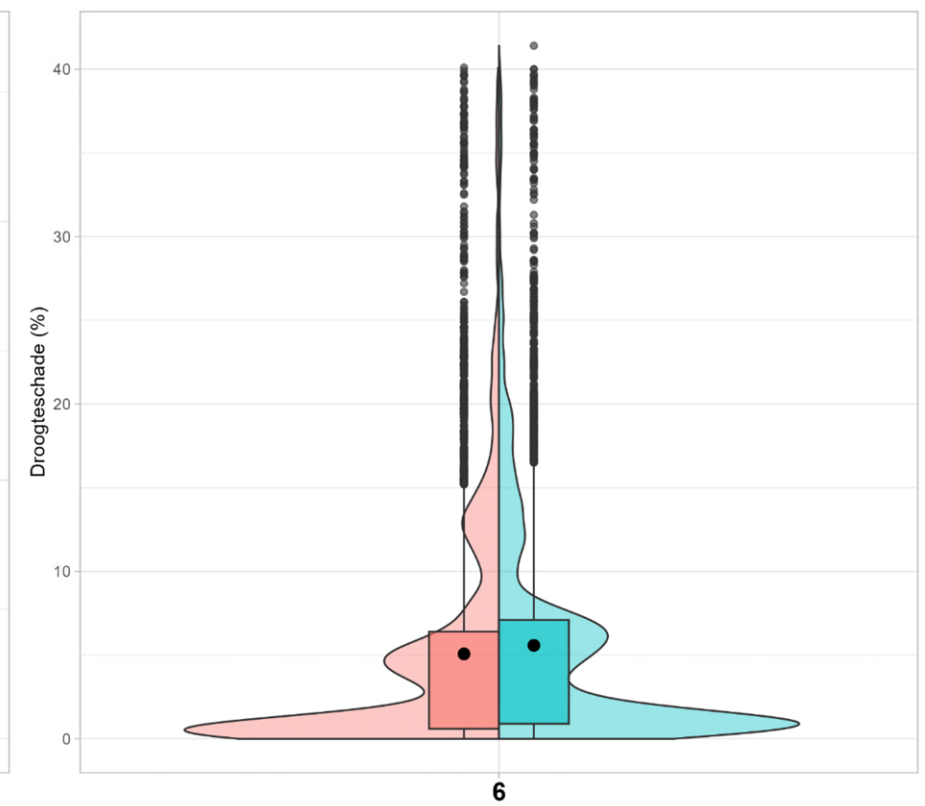
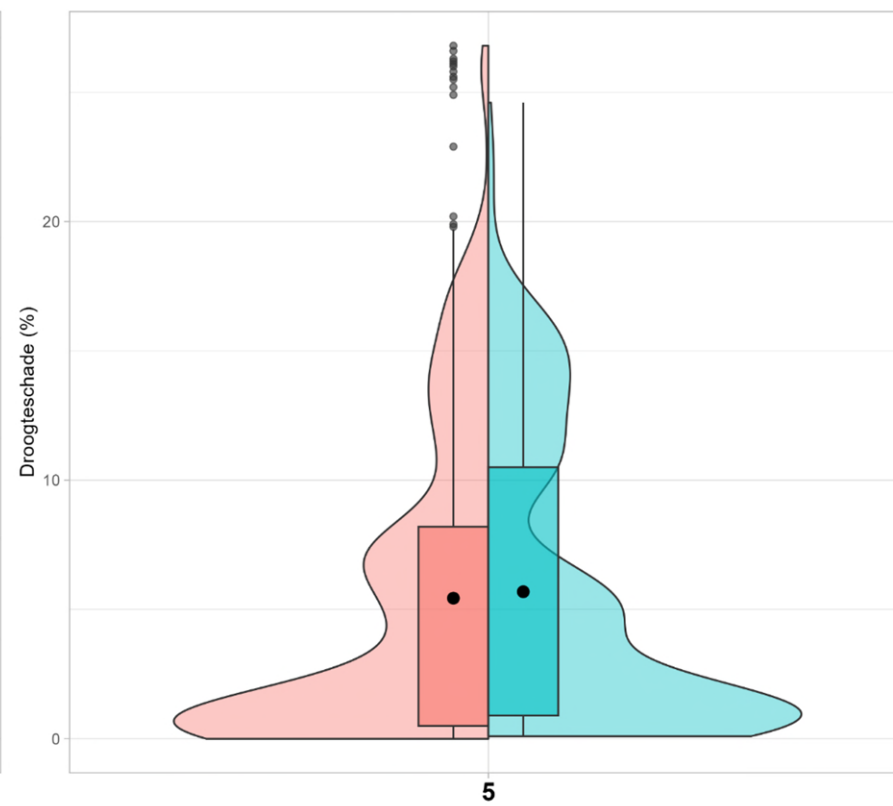
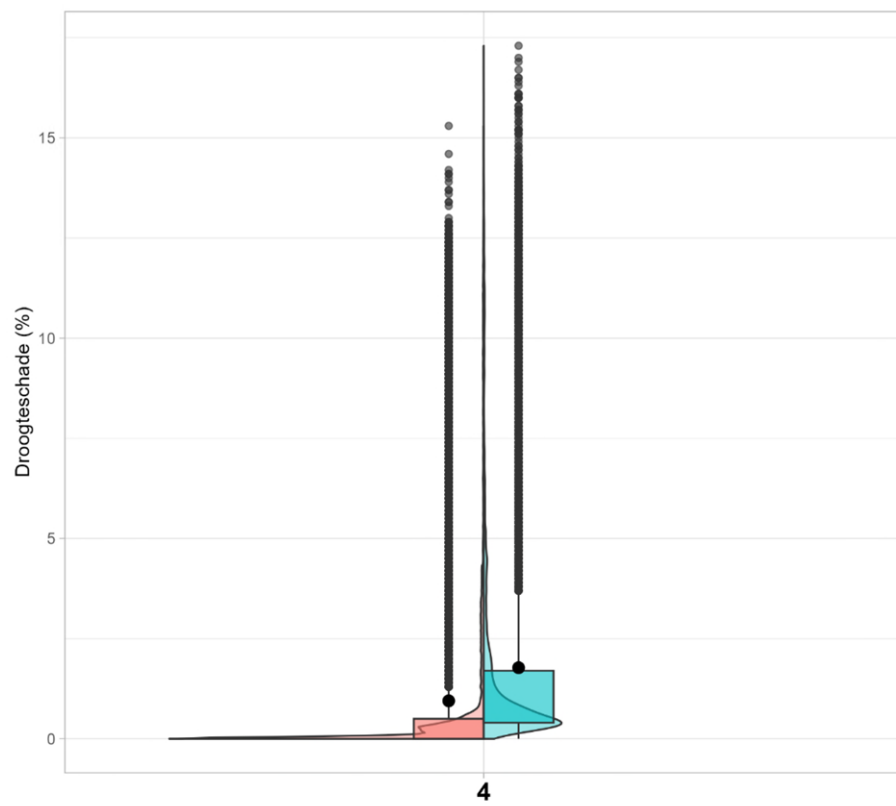
Violagrafieken en boxplots voor grondwatertrappen (let op: de schaal van de y-as is voor elke grafiek verschillend).



WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

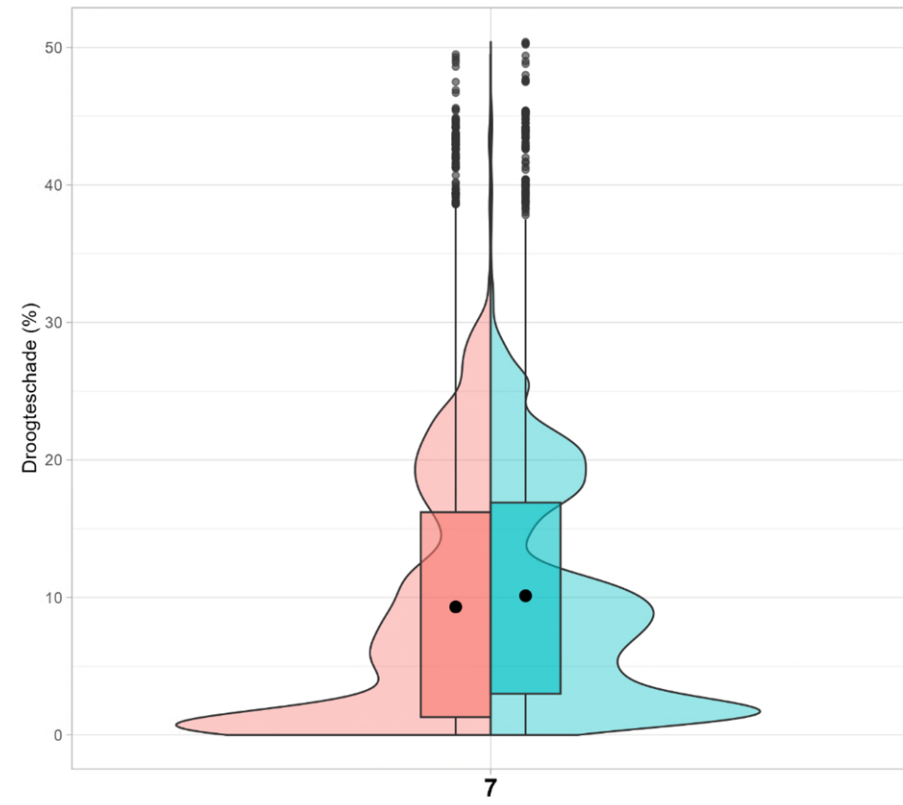


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

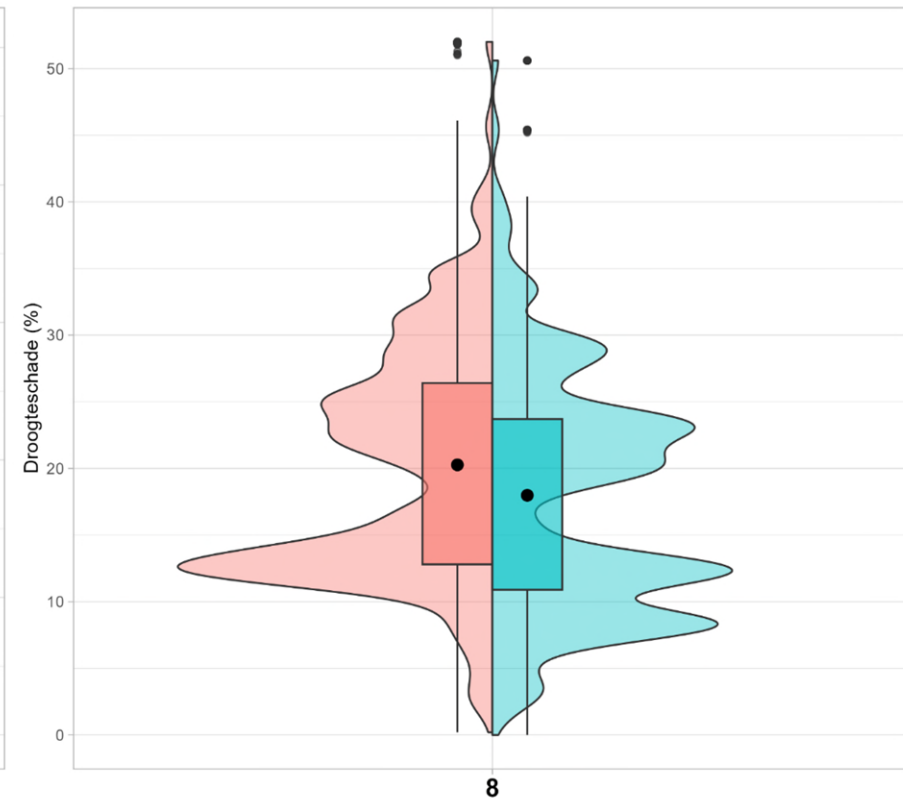
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

Onderzoek WWL

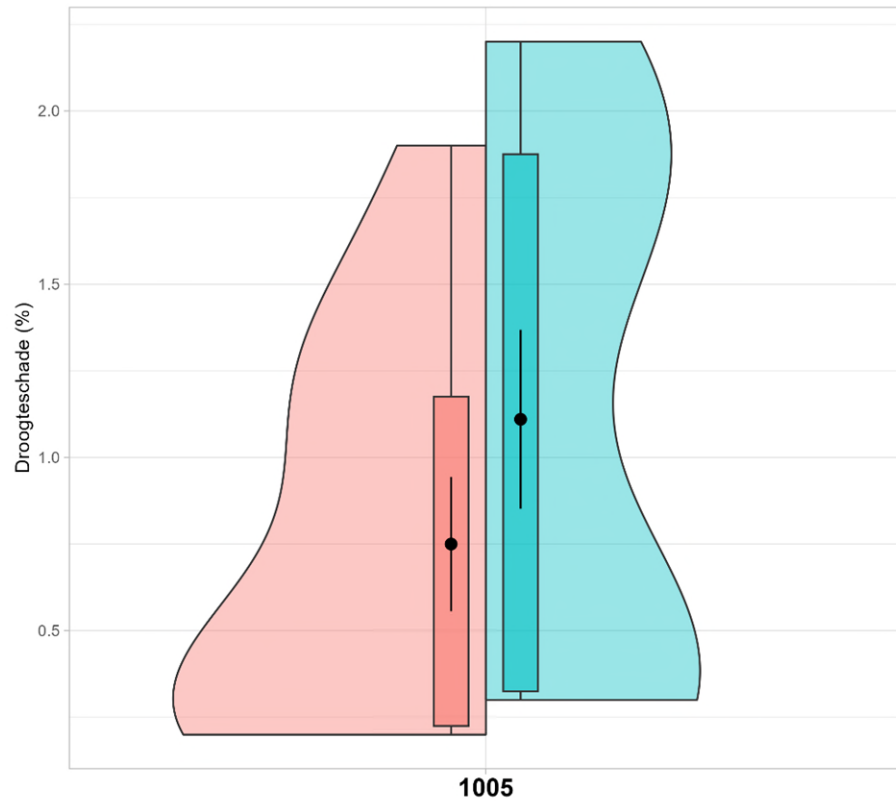


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

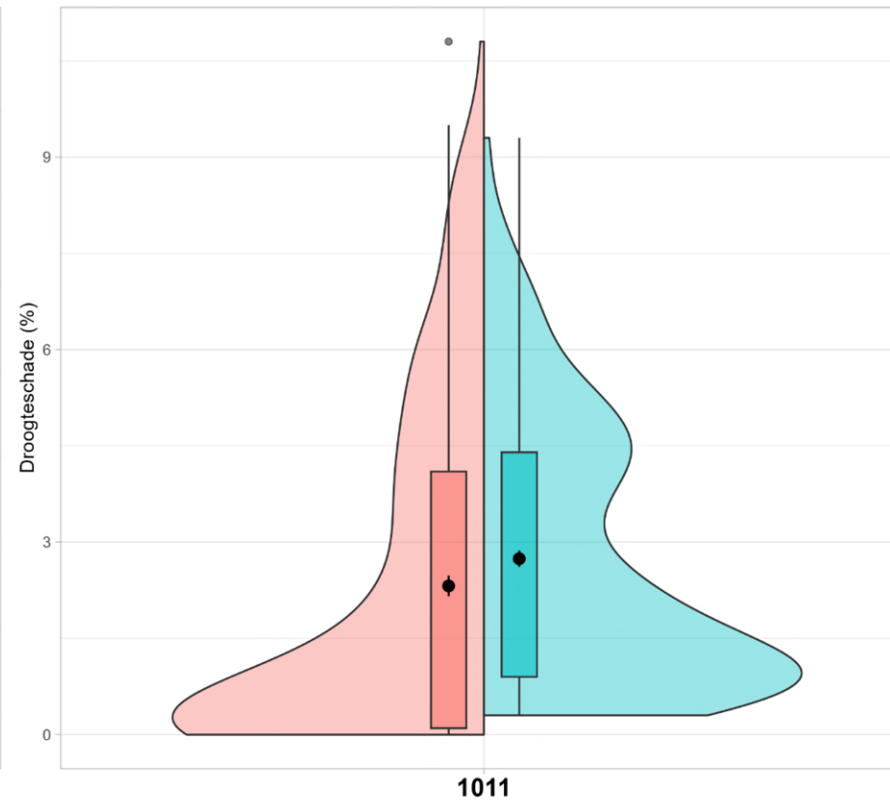


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

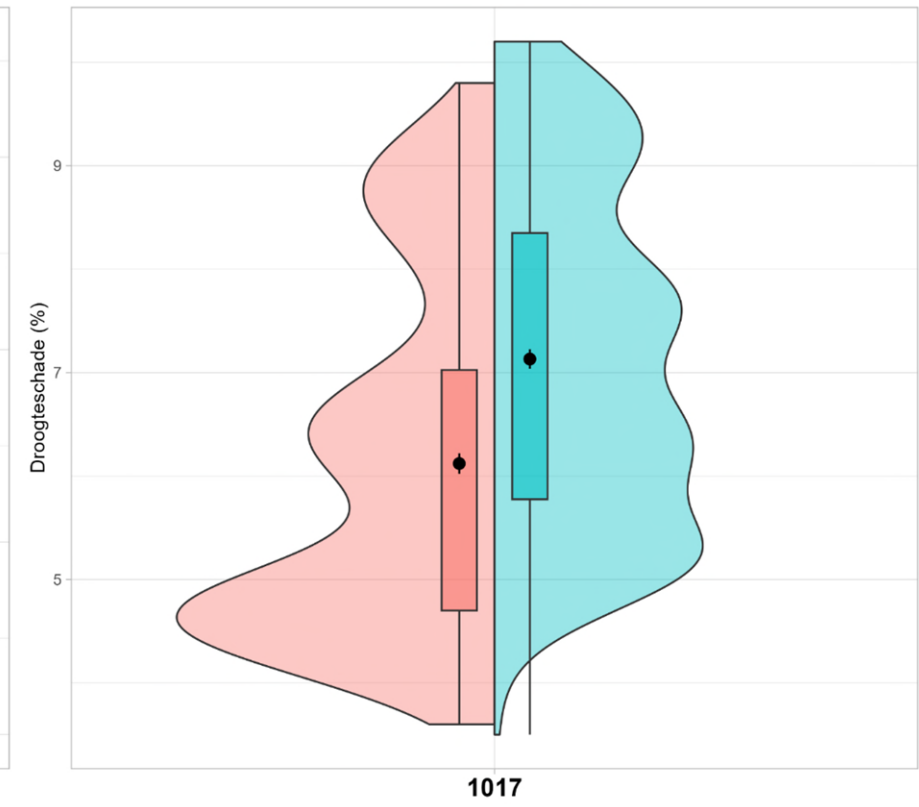
Violagrafieken en boxplots voor de verschillende voorkomende BOFEK2020 codes (let op: de schaal van de y-as is voor elke grafiek verschillend)



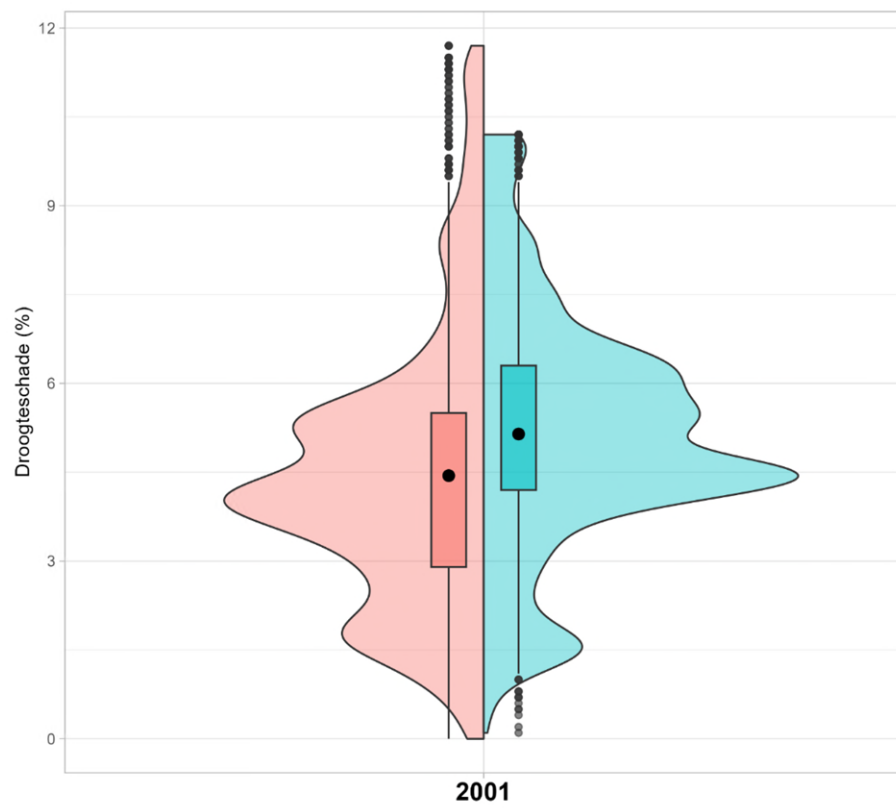
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



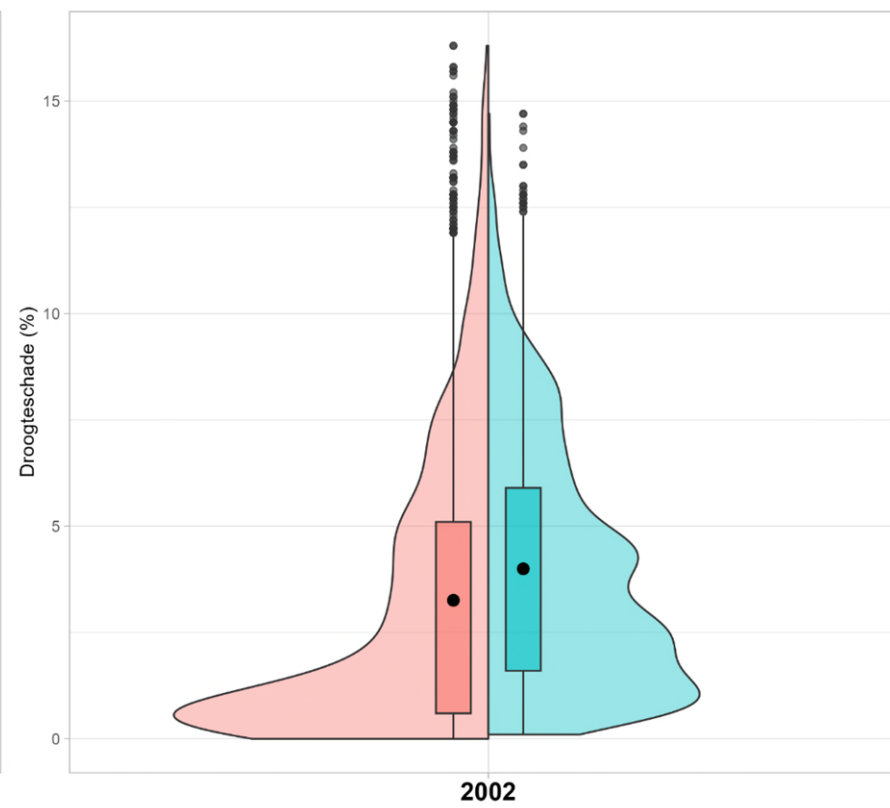
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



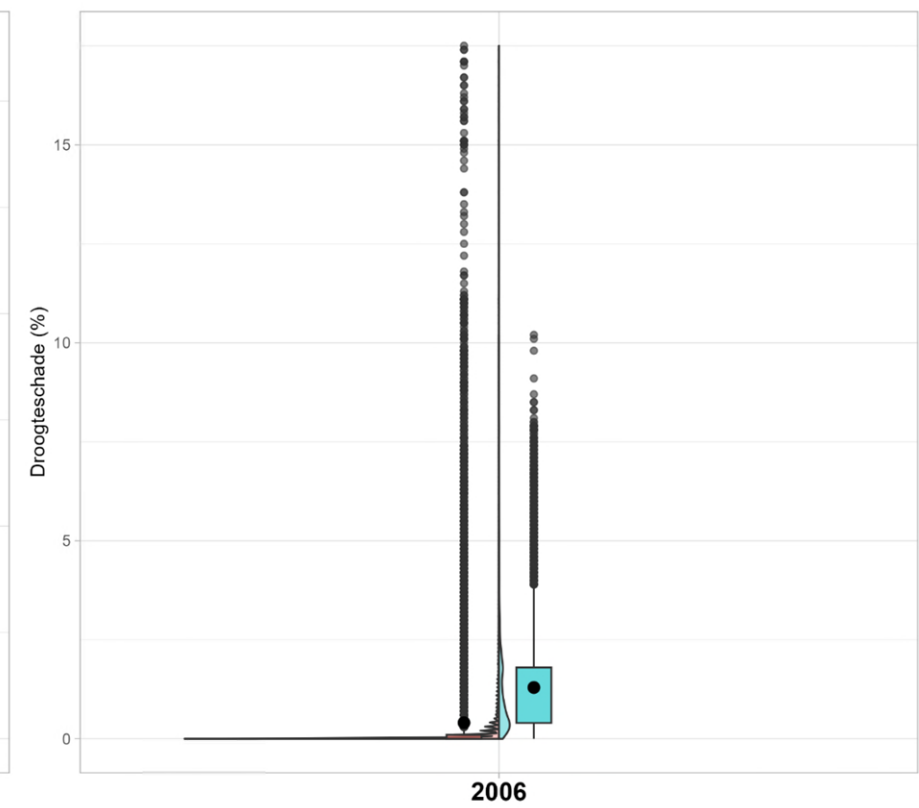
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



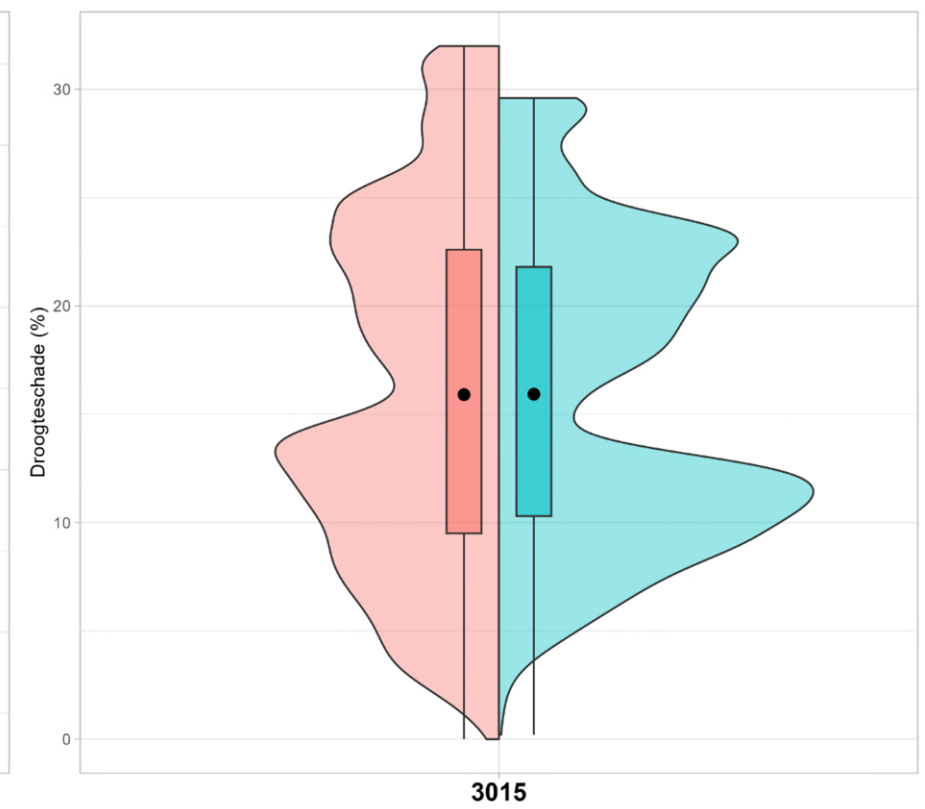
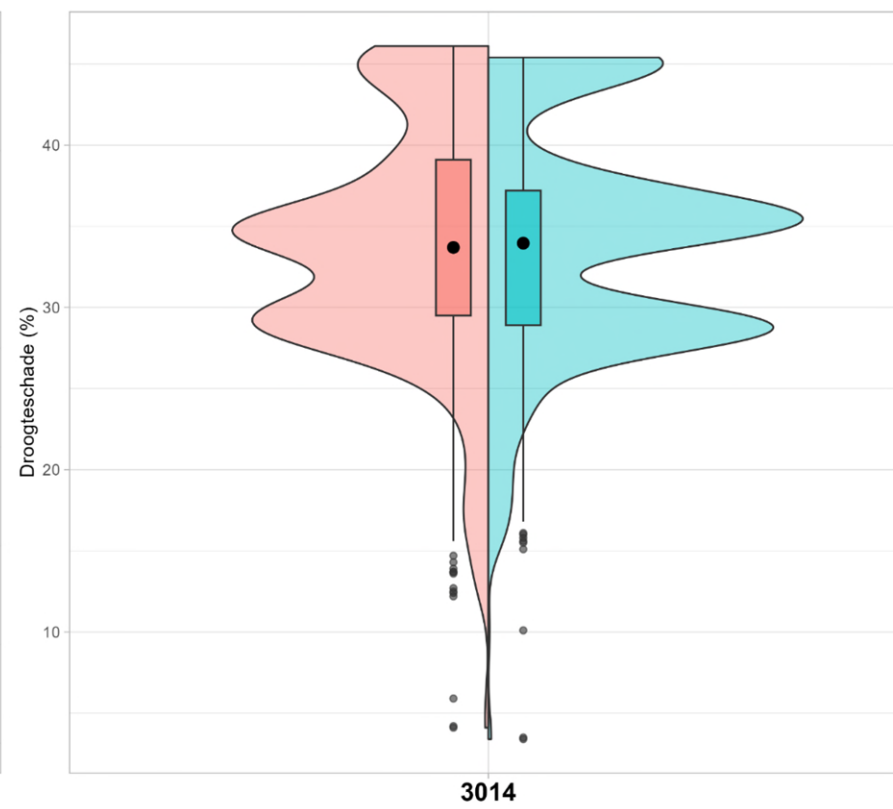
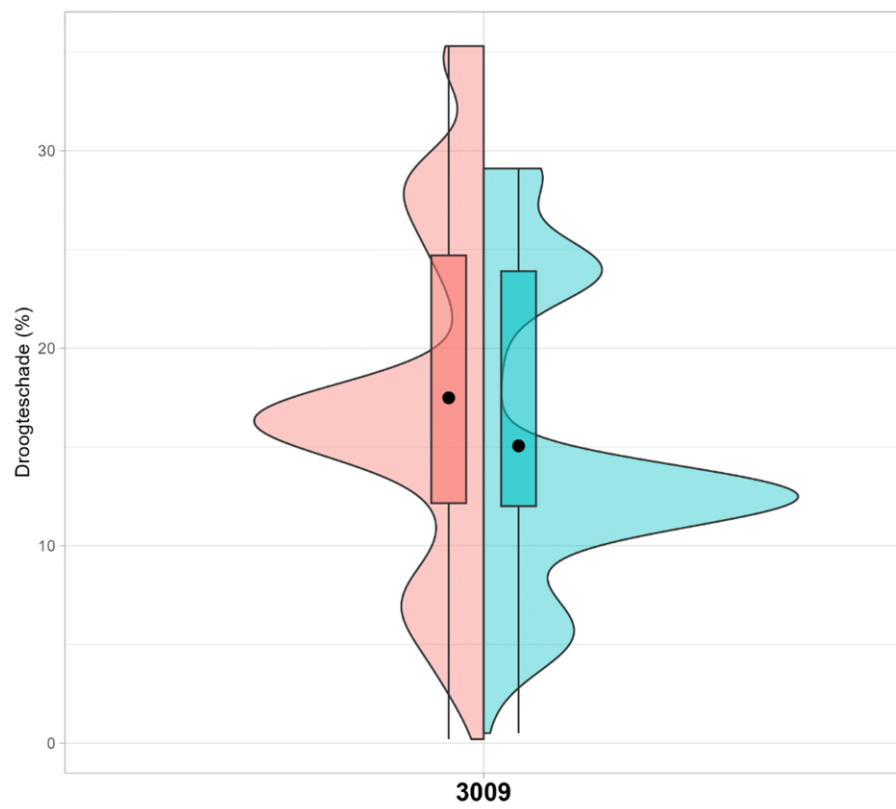
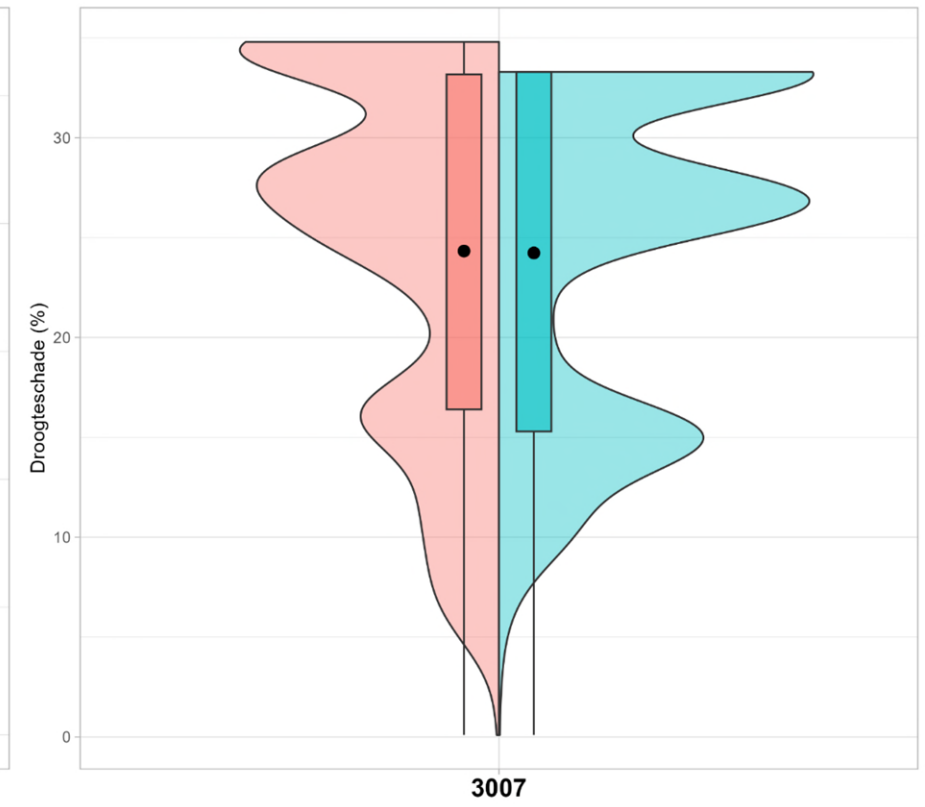
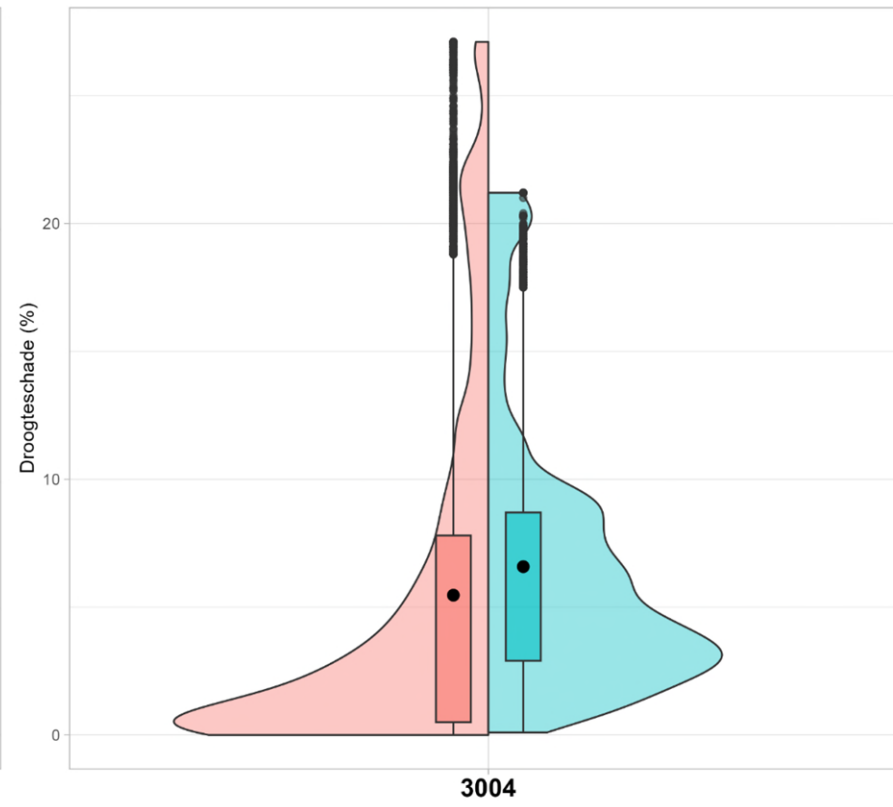
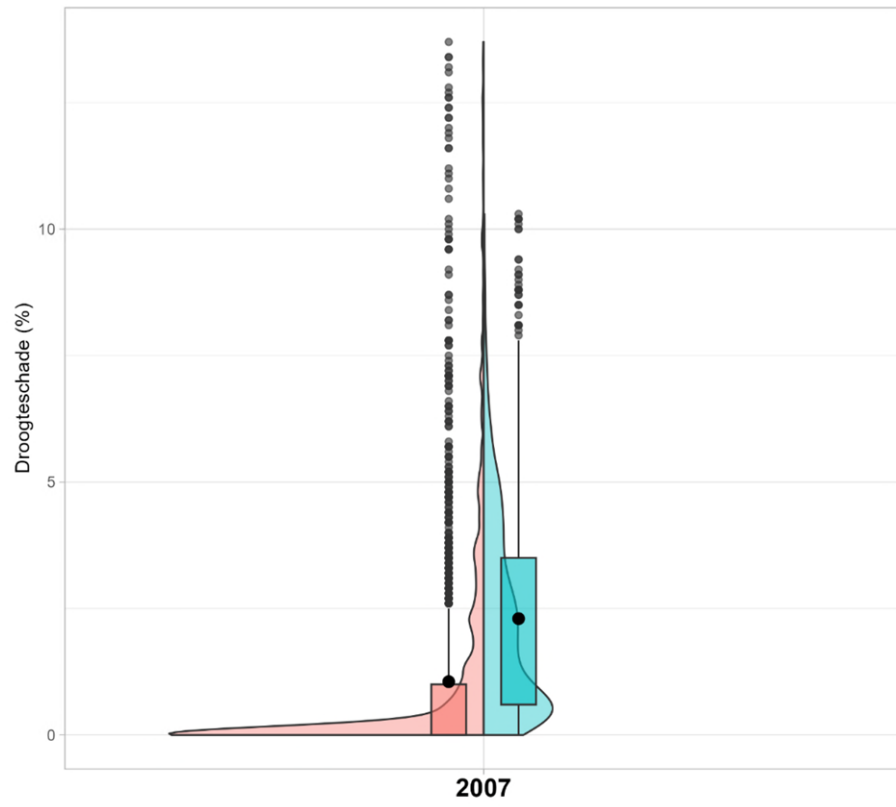
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



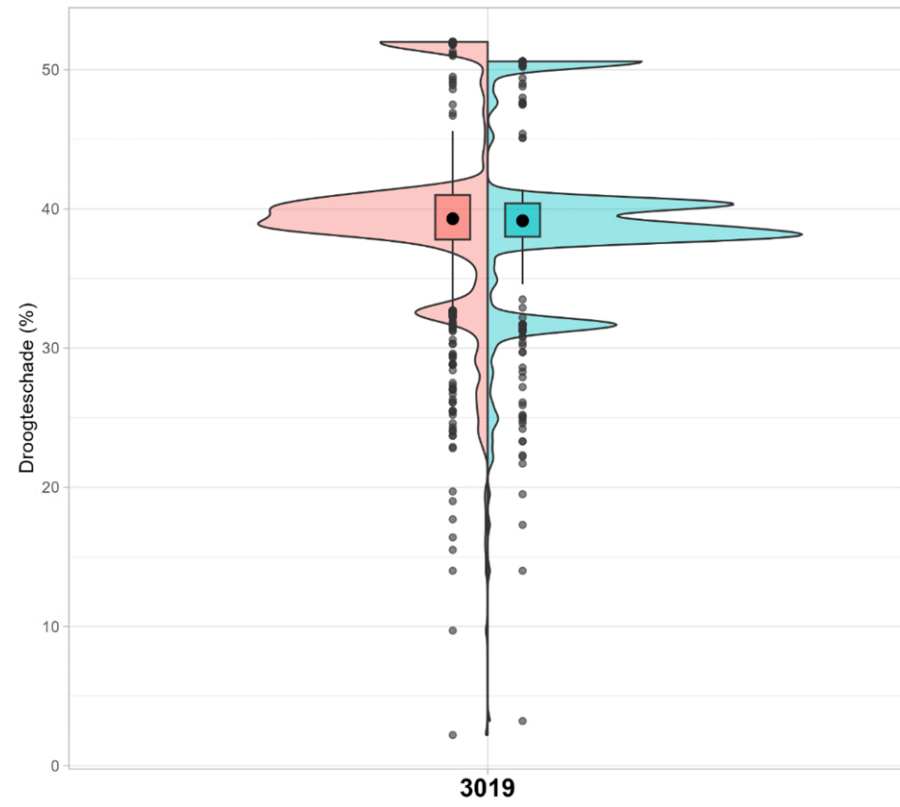
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



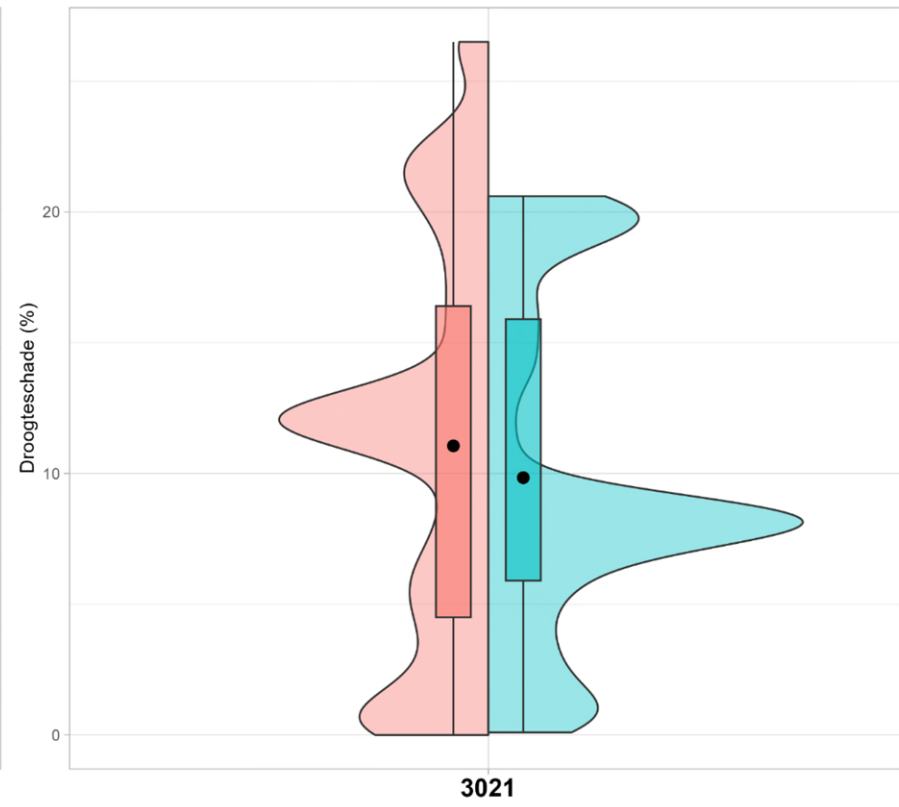
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



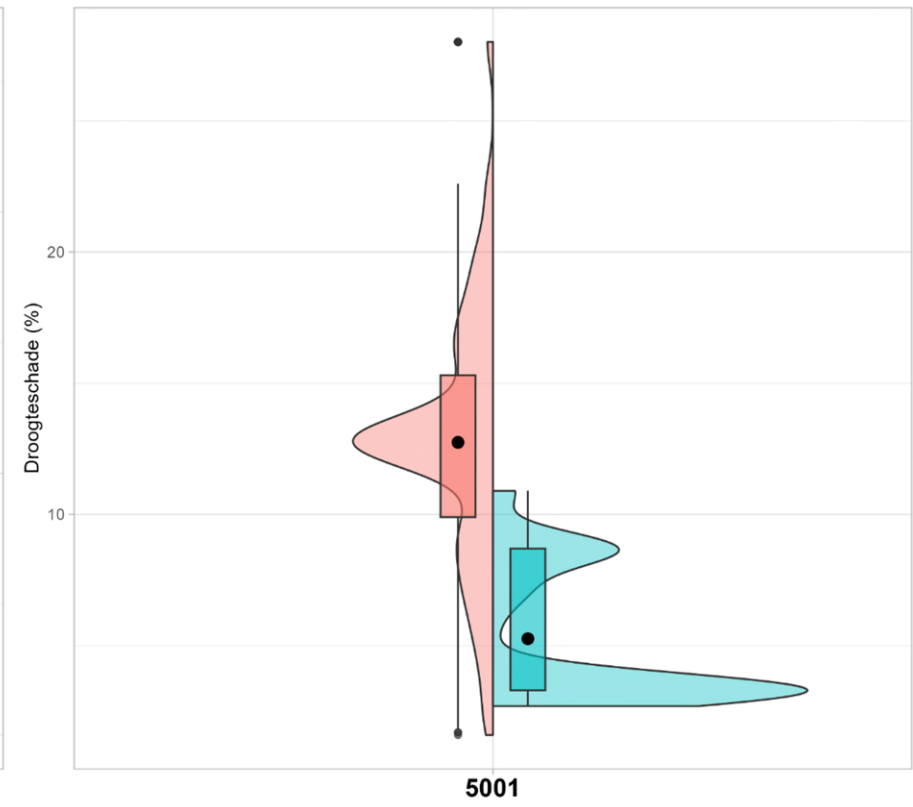
Onderzoek WWL



WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

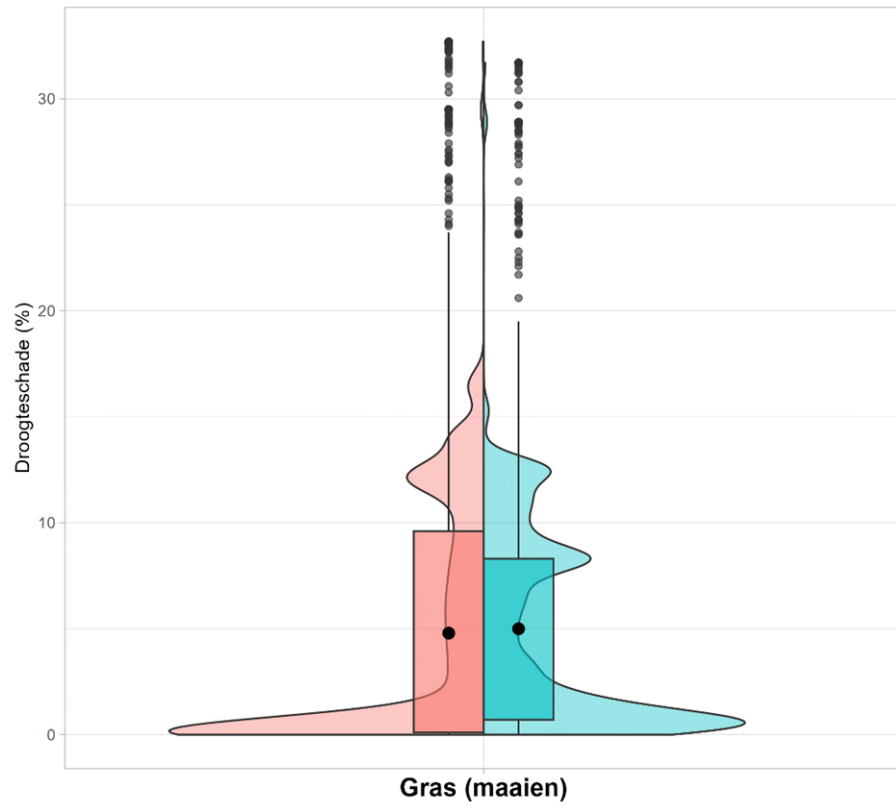


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

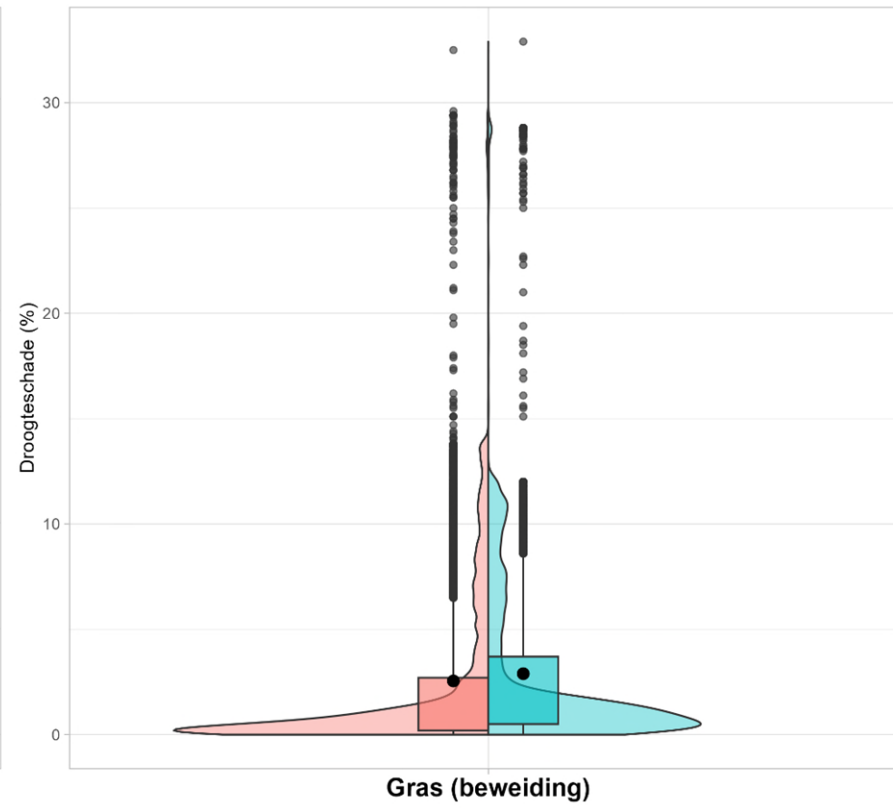


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

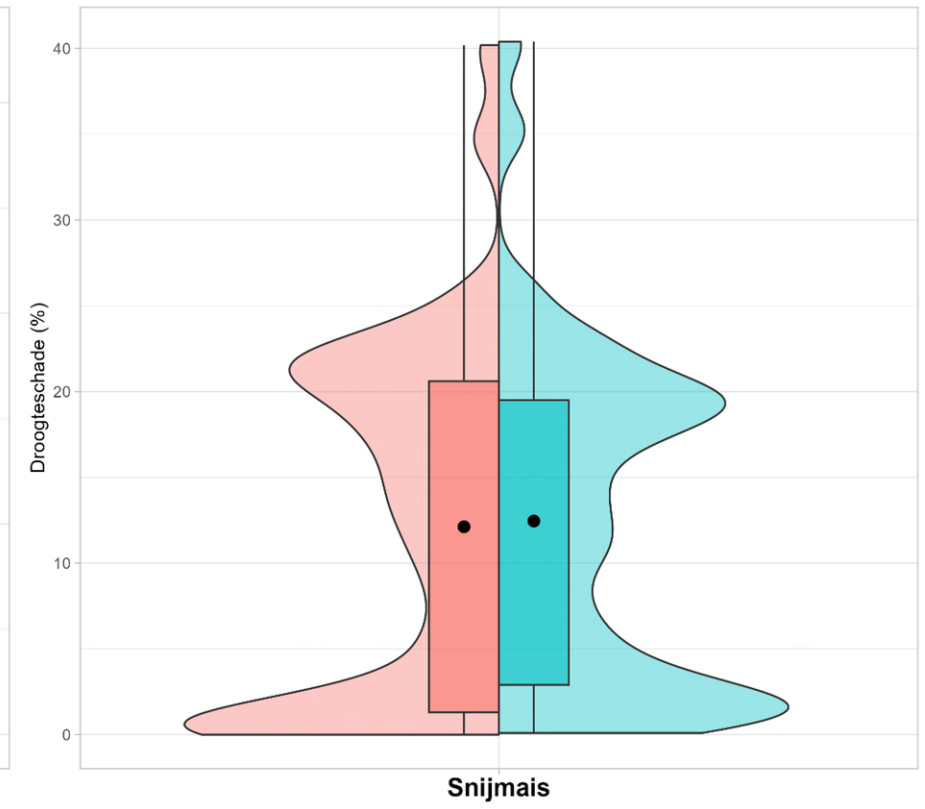
Violfgrafieken en boxplots voor de verschillende voorkomende gewasklassen in de WWL (let op: de schaal van de y-as is voor elke grafiek verschillend)



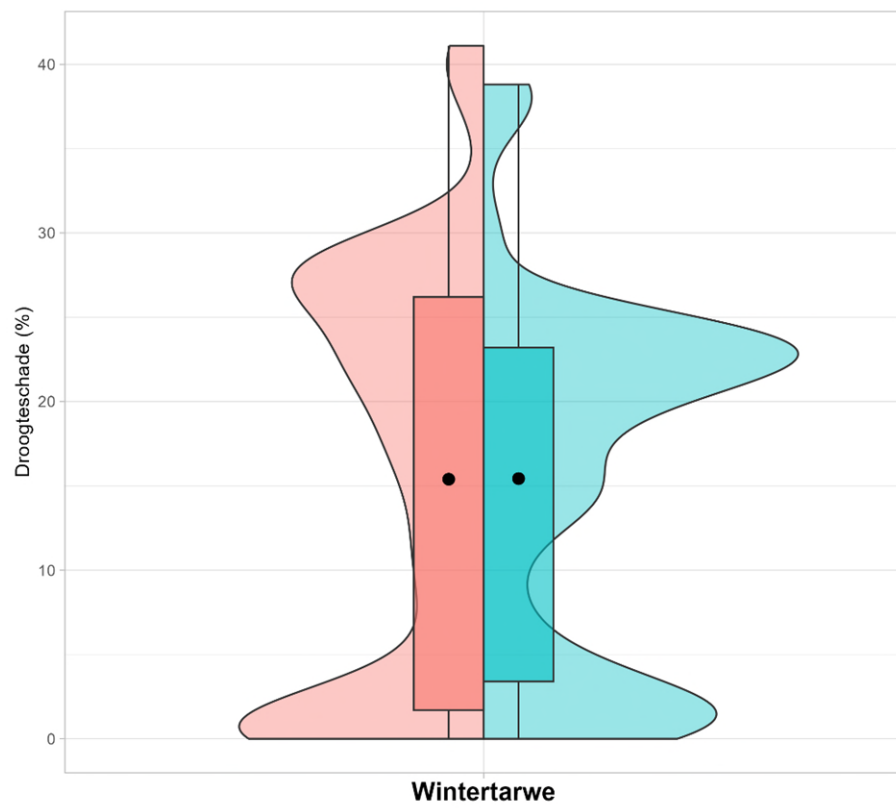
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



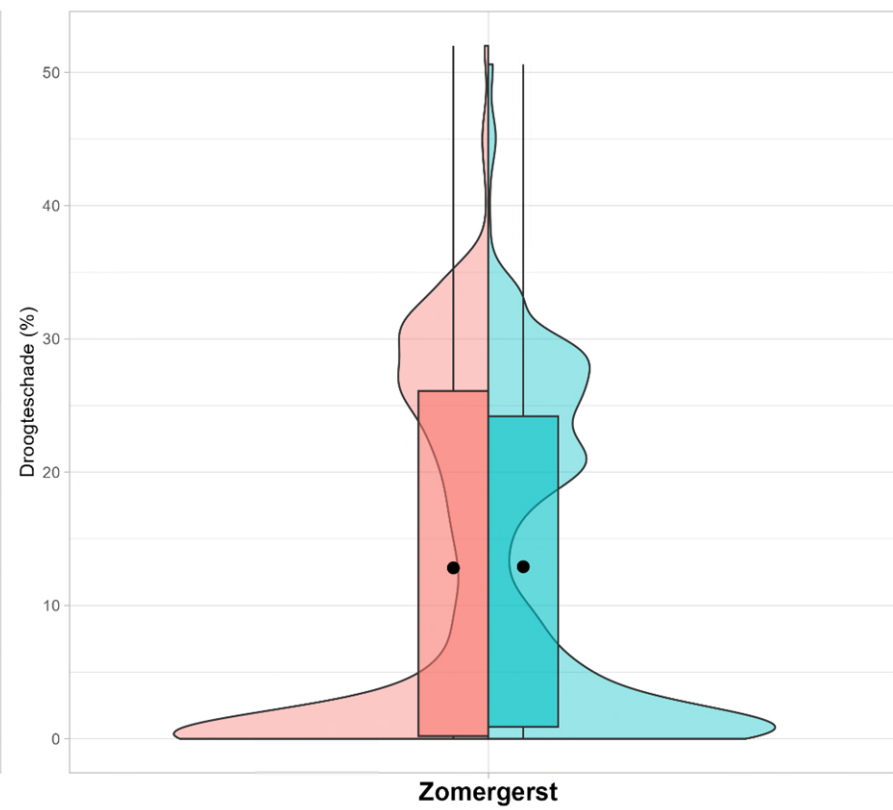
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

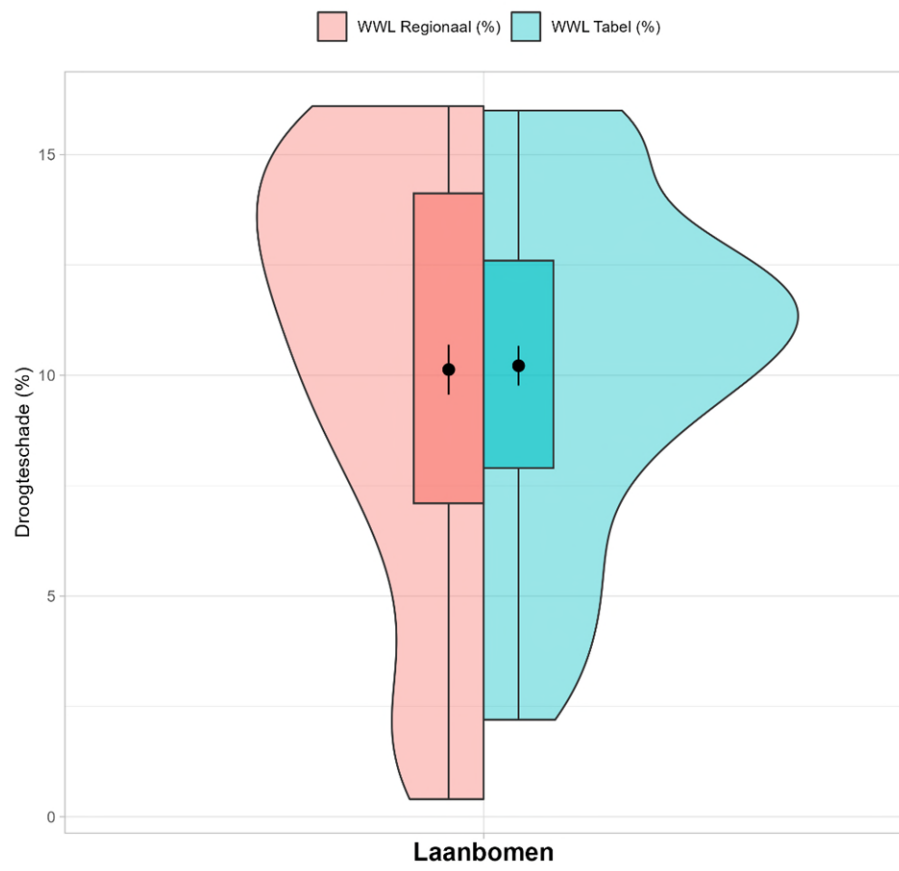
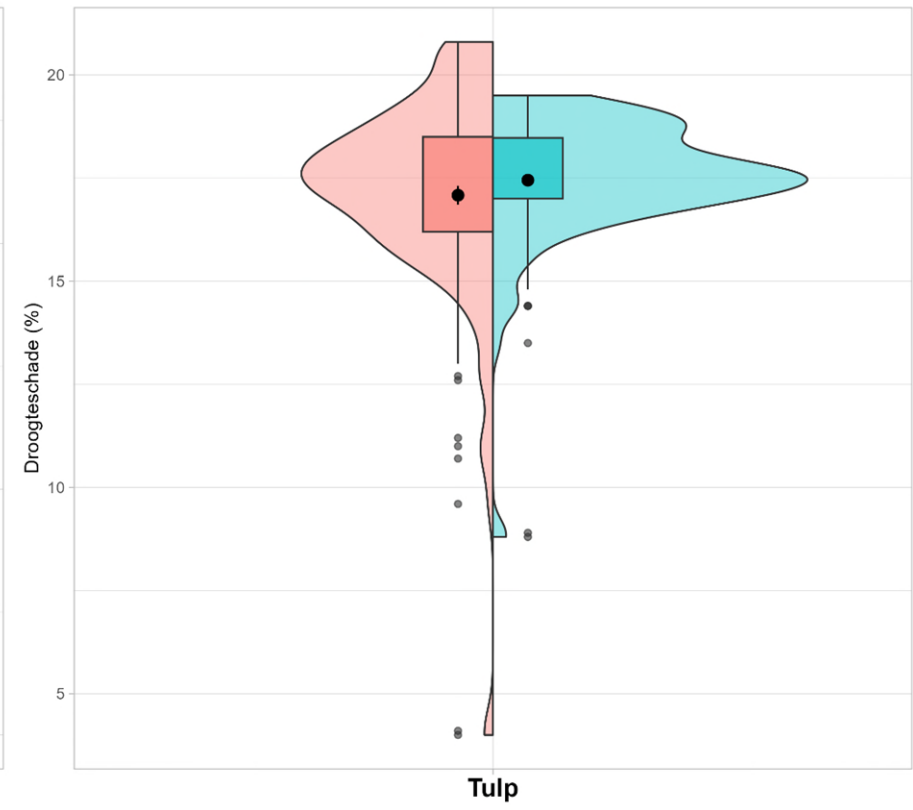
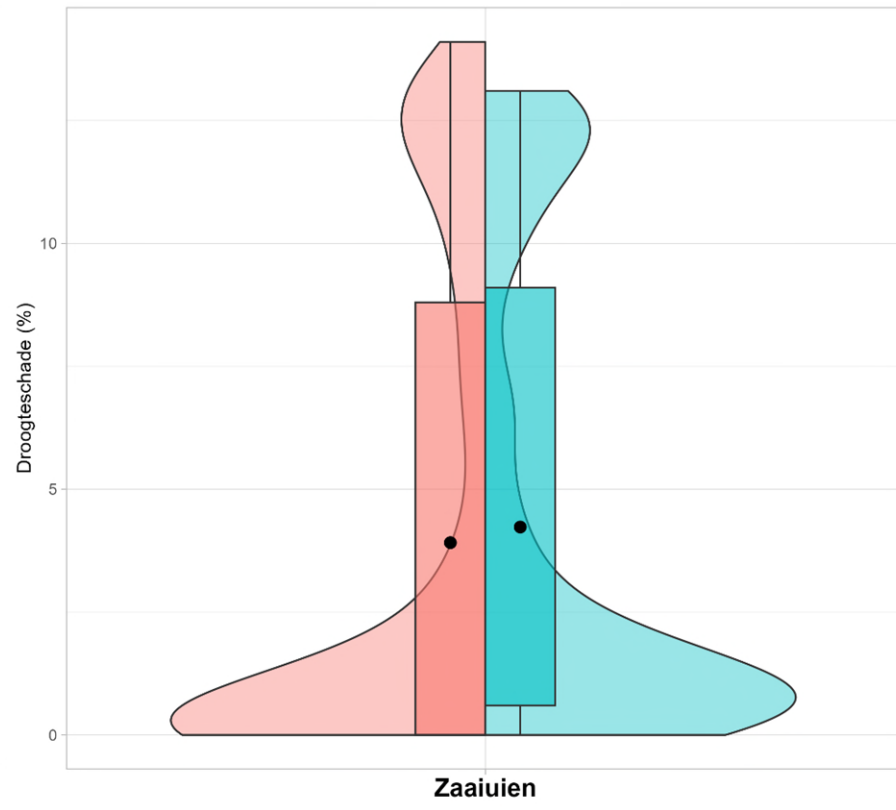
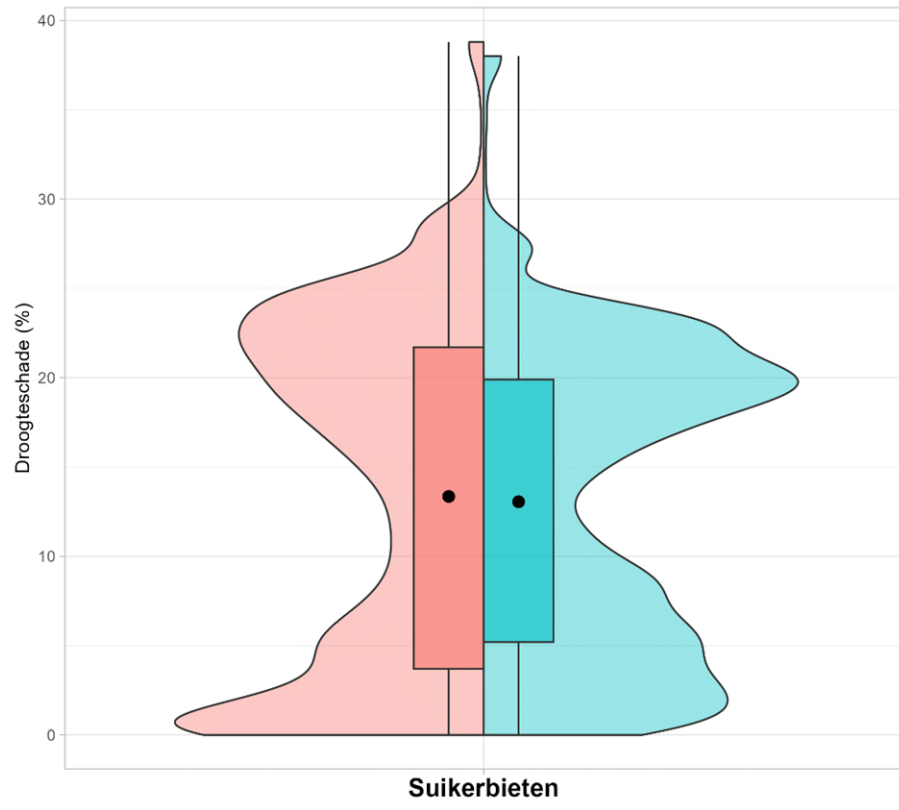


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

Onderzoek WWL



WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

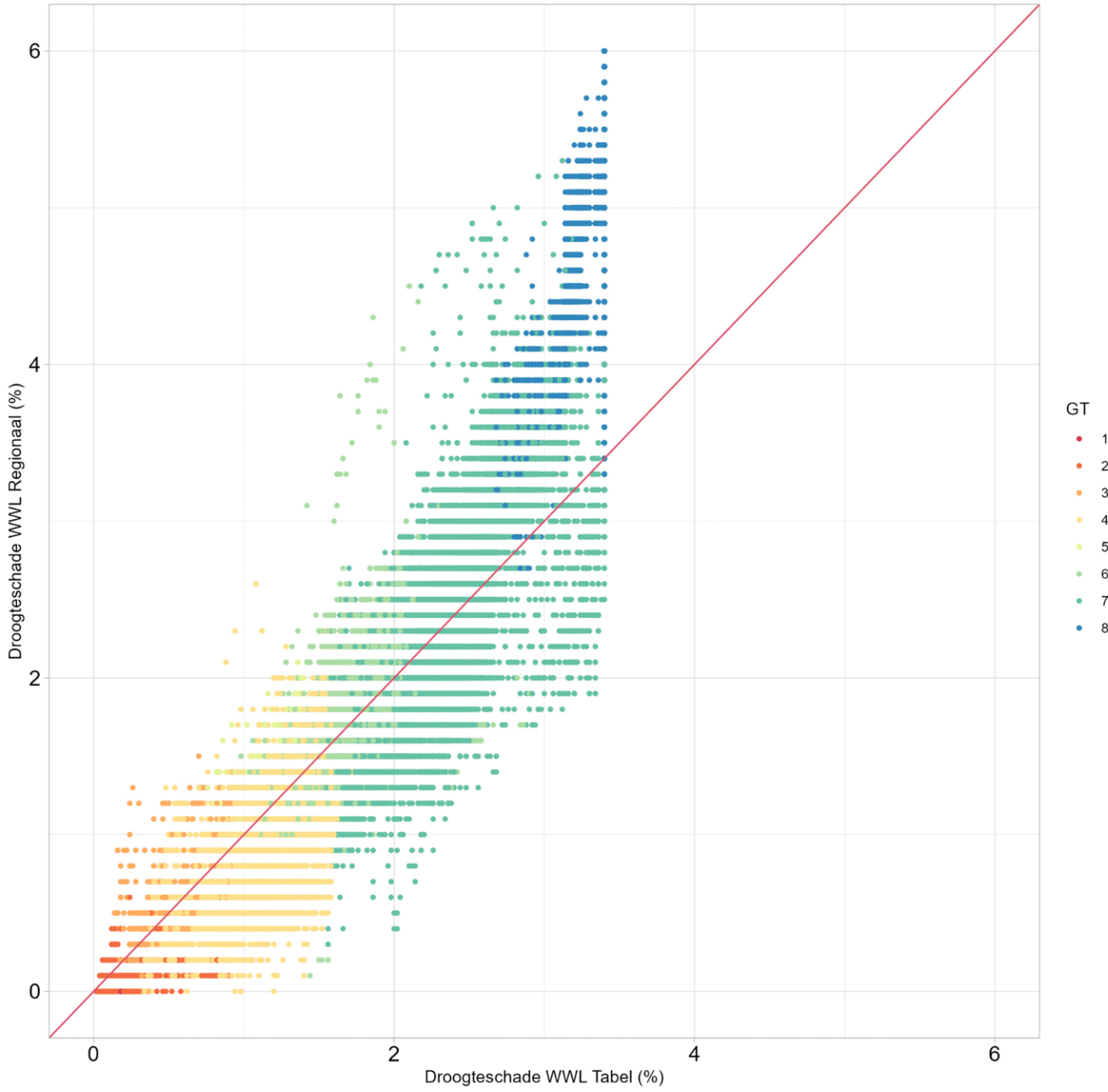
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

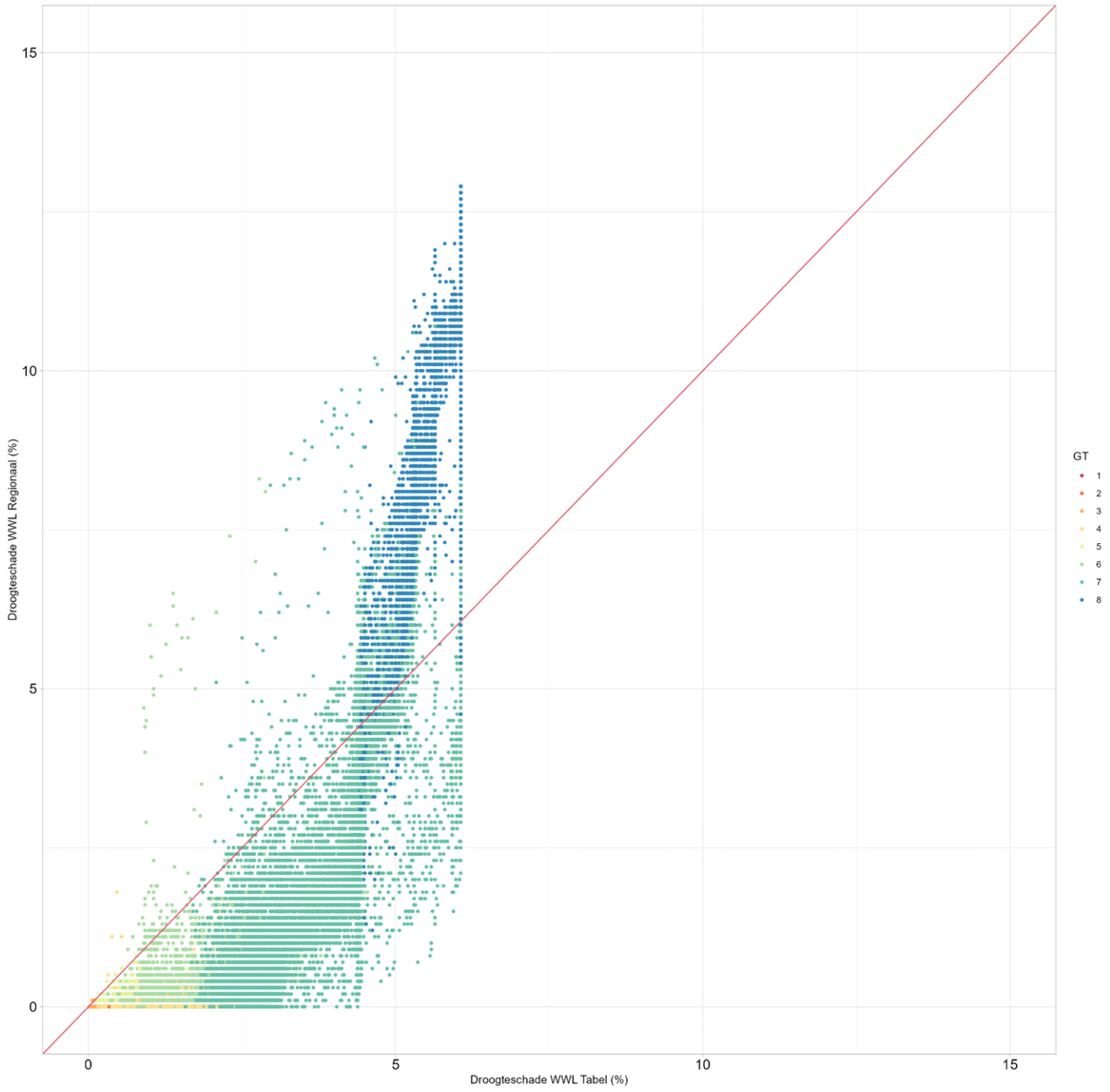
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

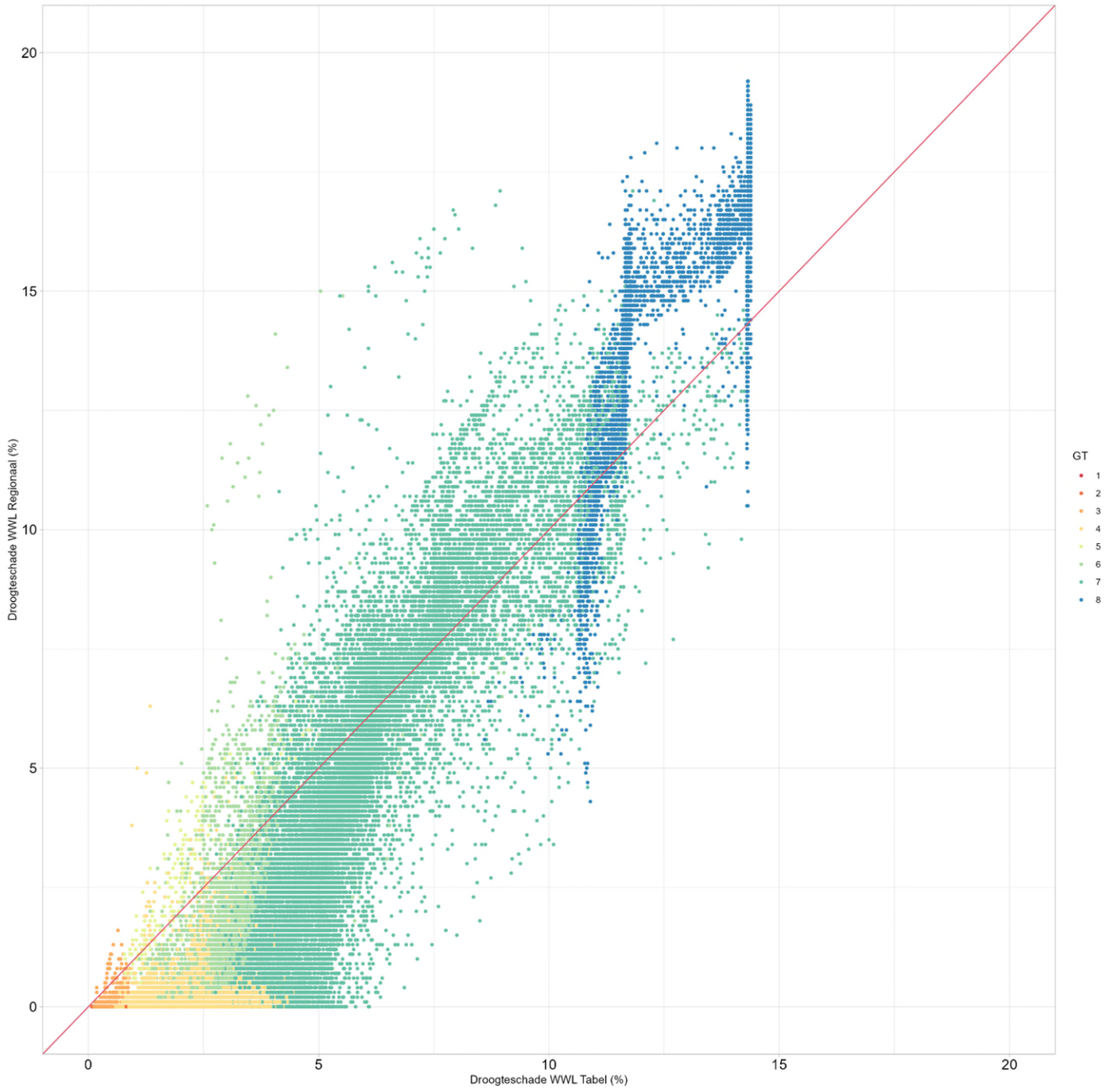
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

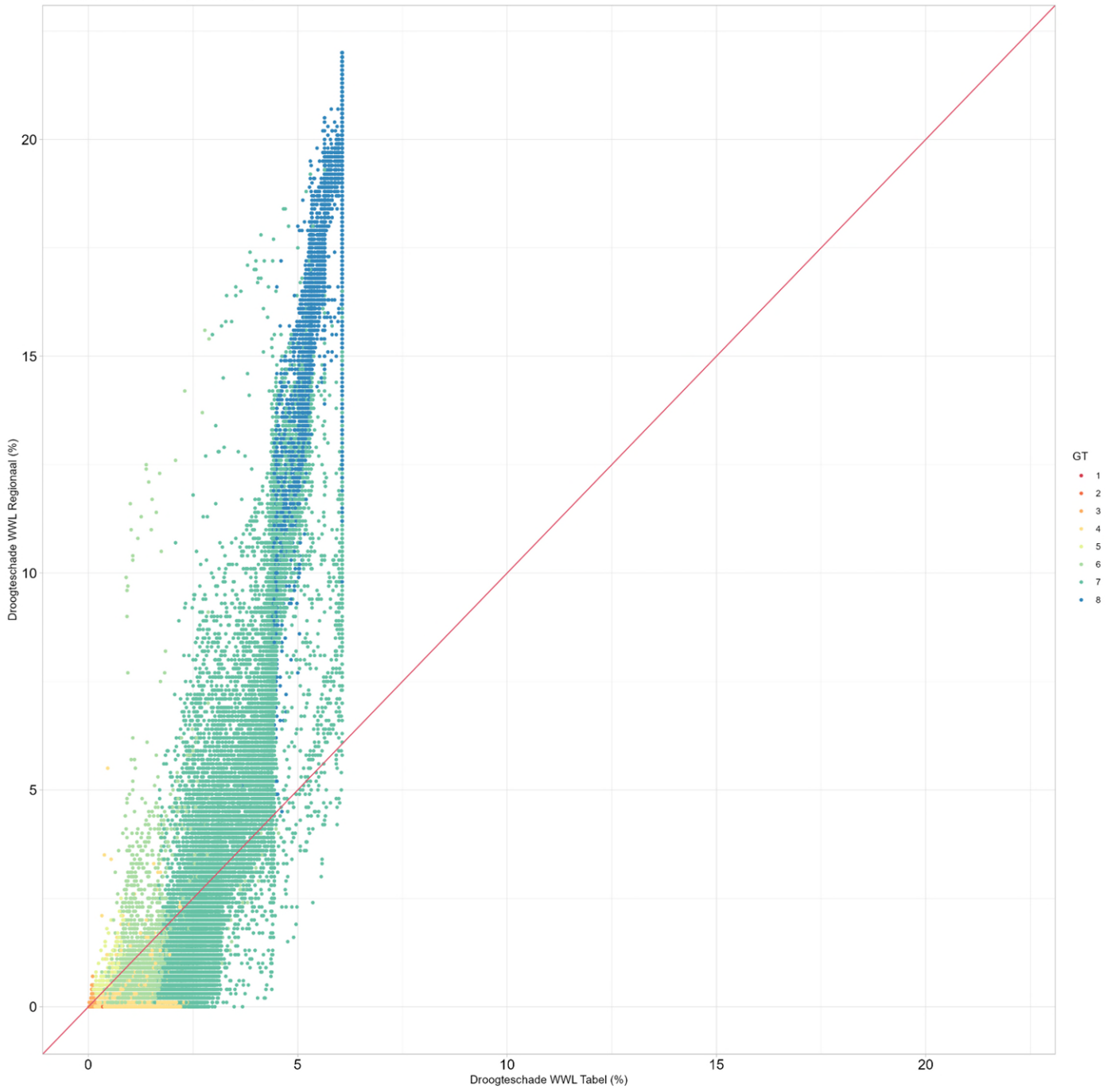
**Bijlage 3 Resultaten vergelijking WWL Tabel en WWL Regionaal voor
verschillende combinaties van BOFEK2020-klassen en gewassen**

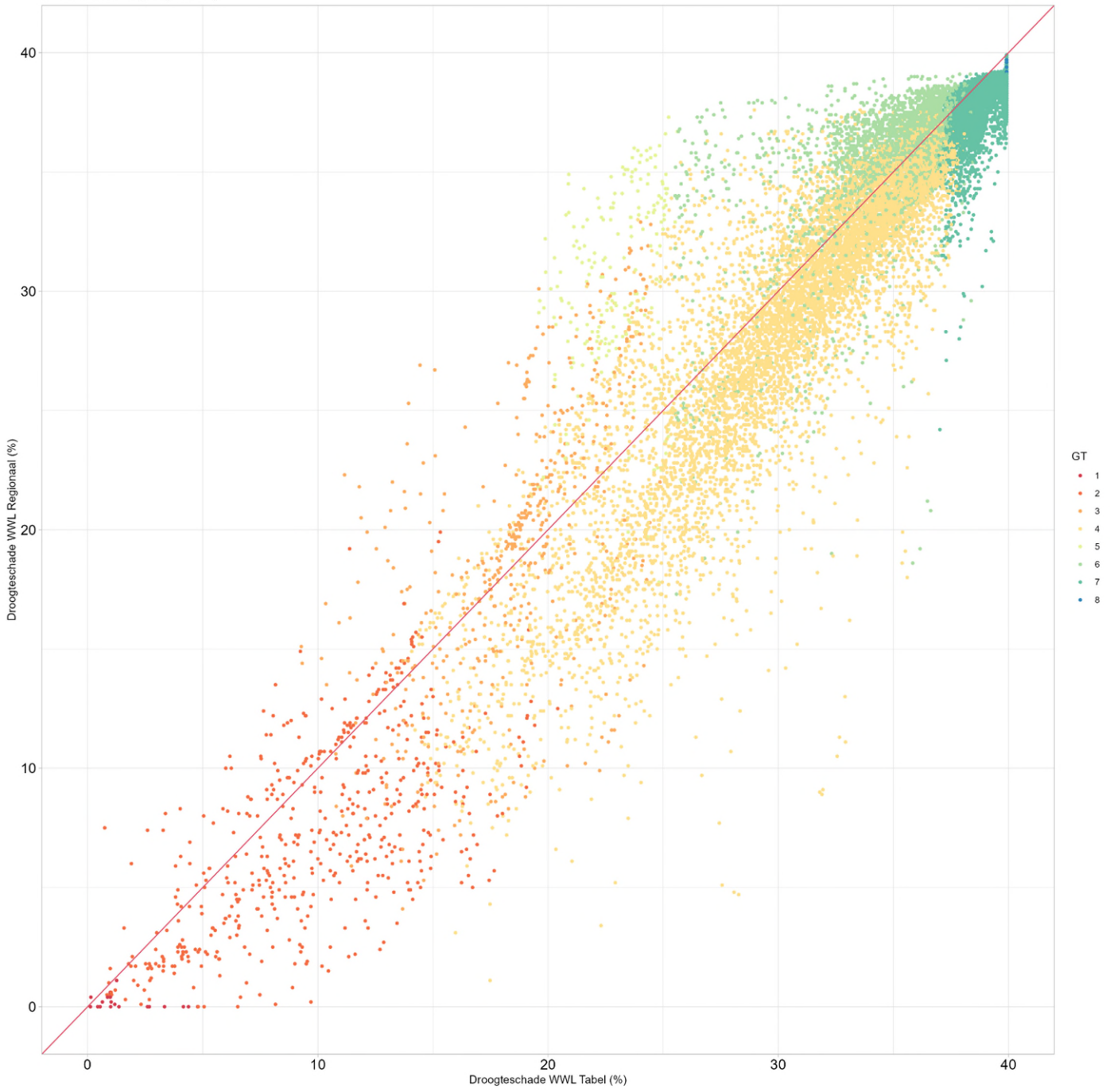
BOFEK 1002 & gras



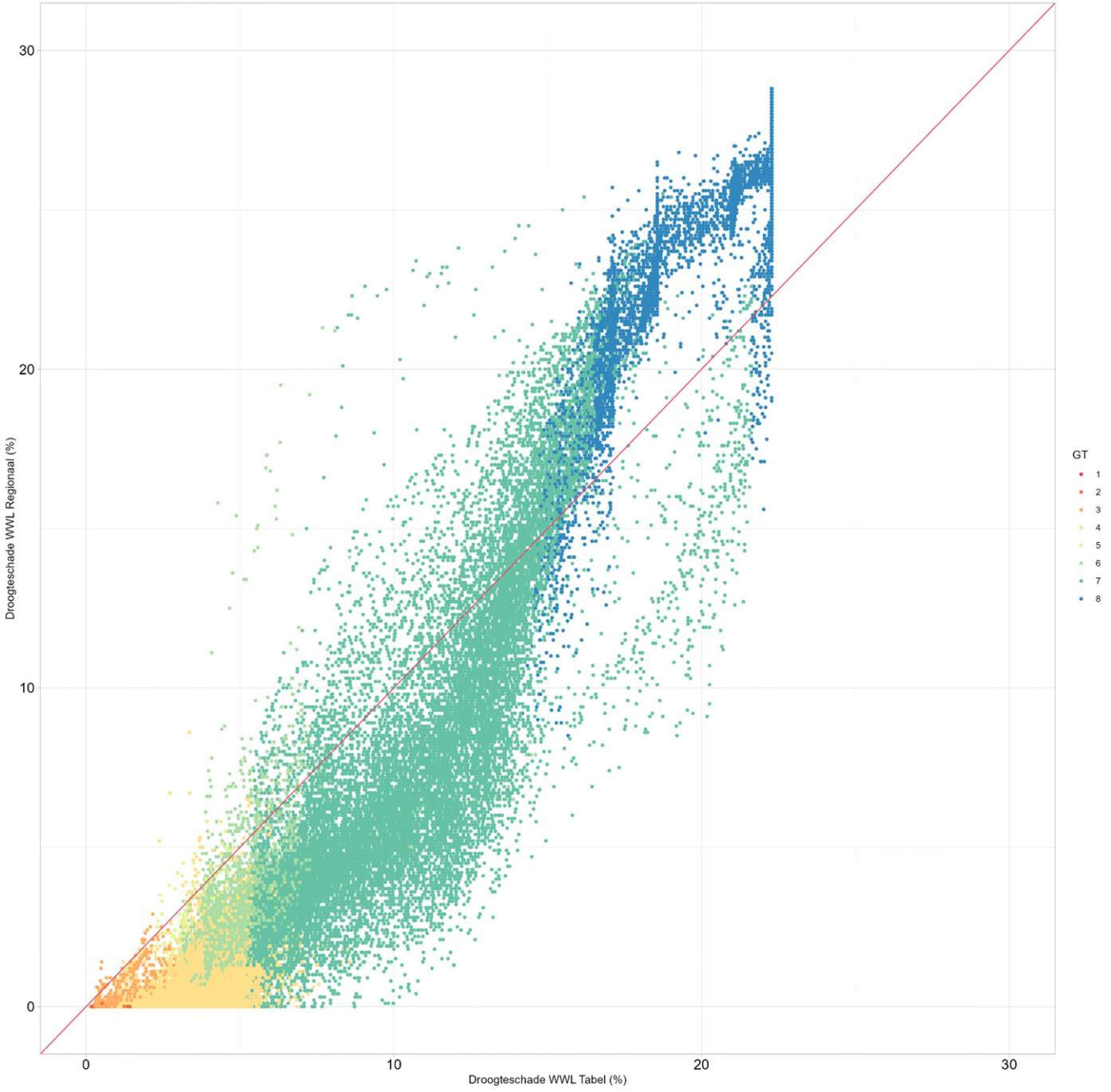


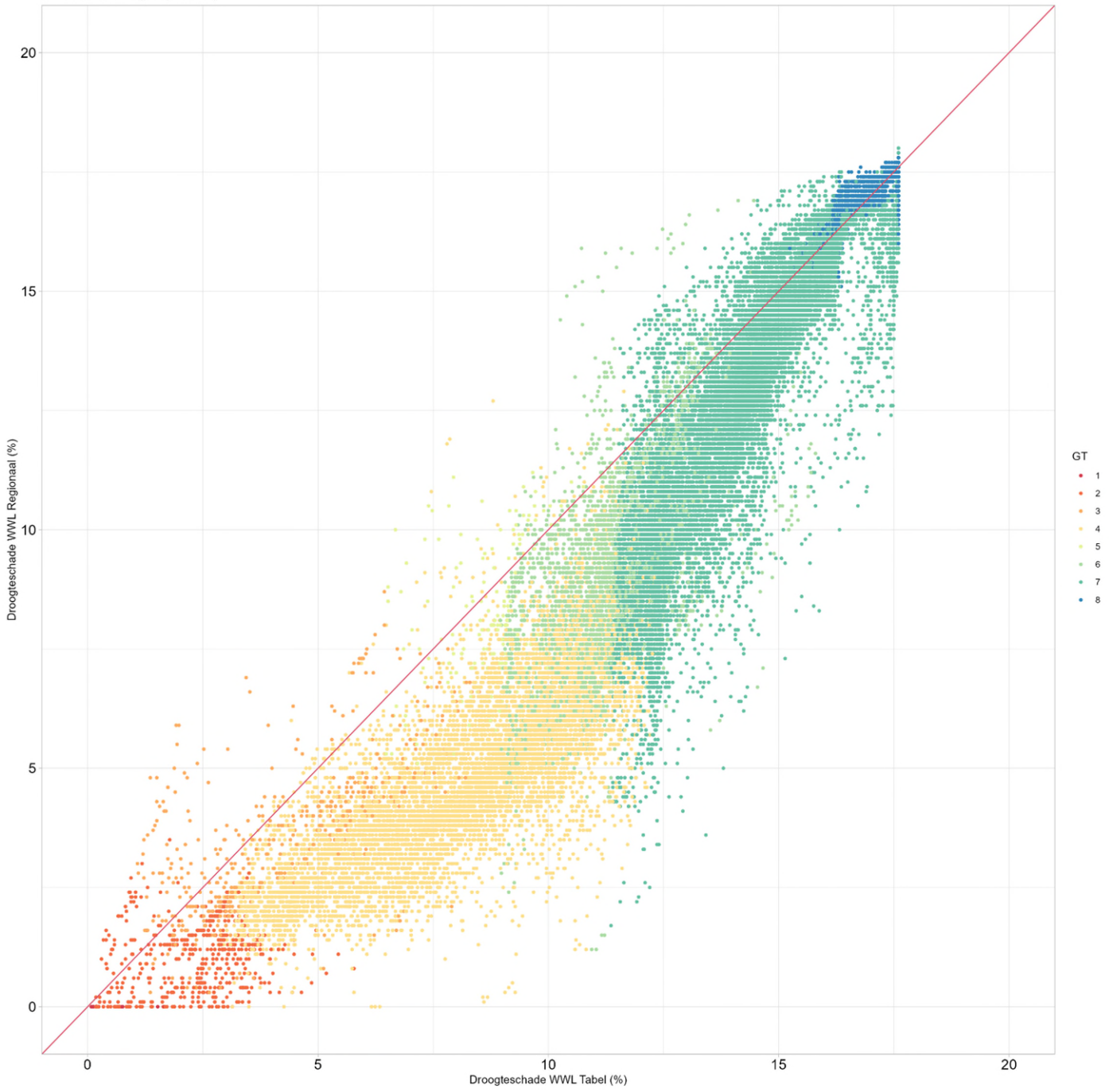


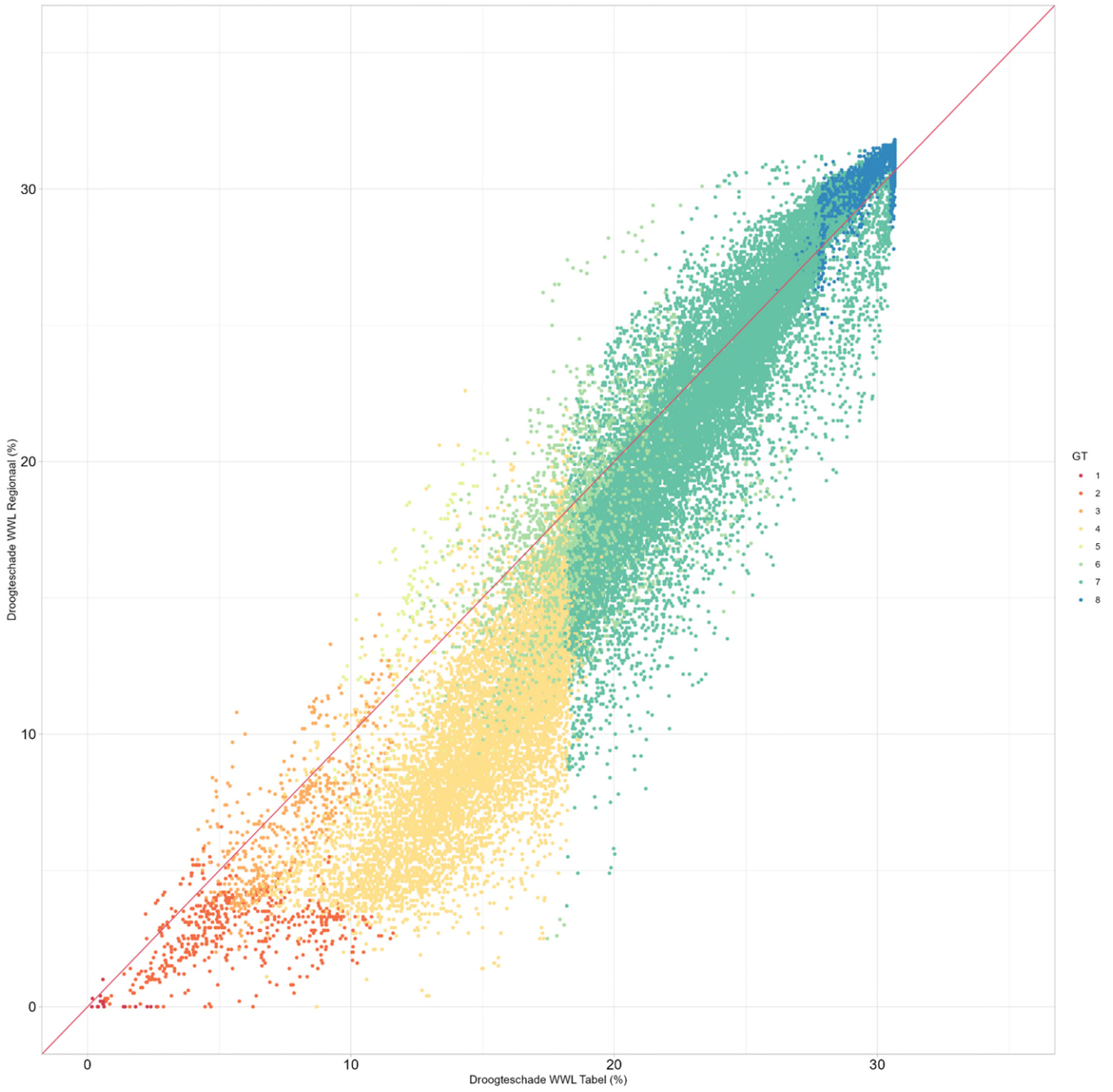


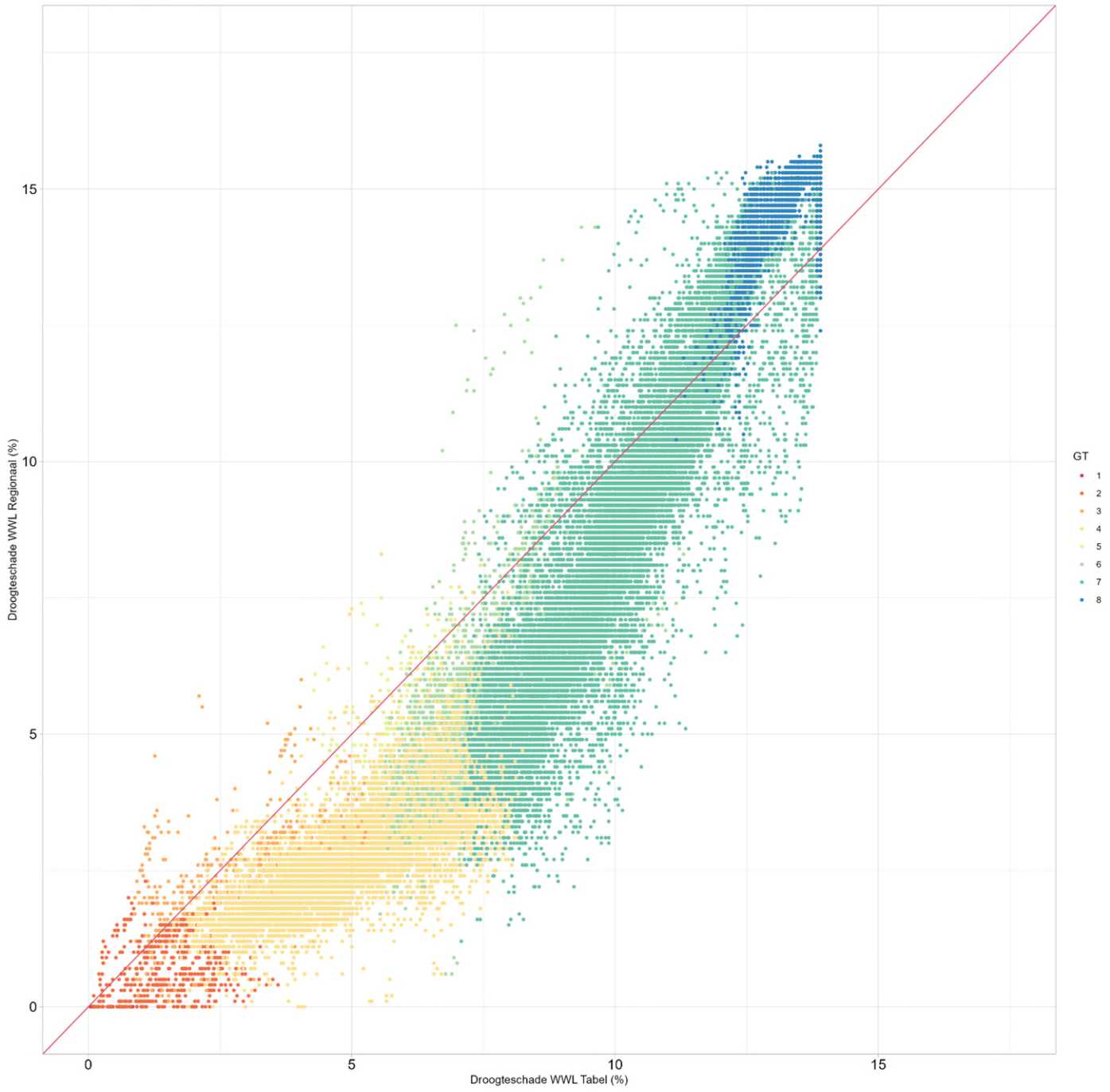


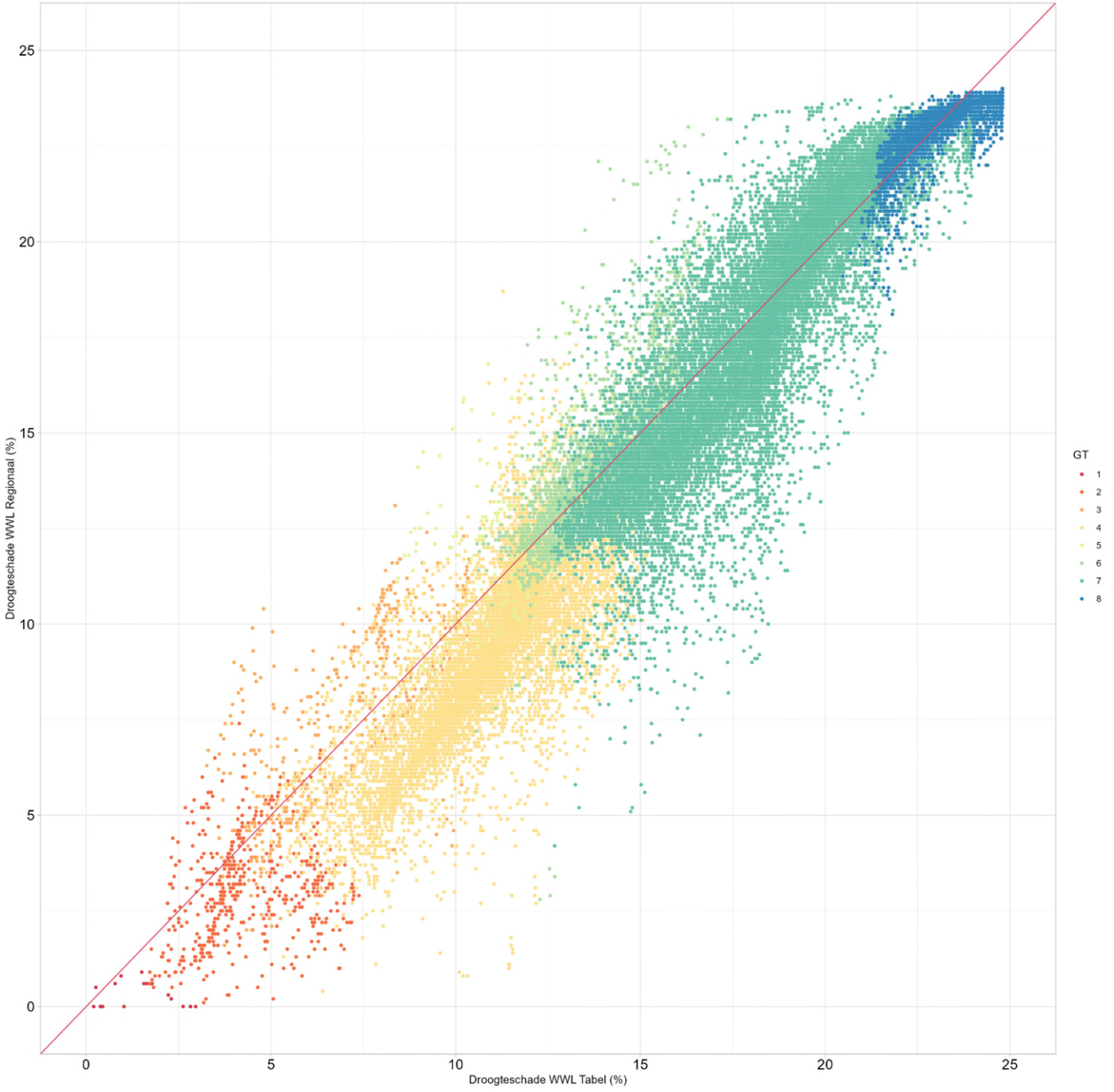


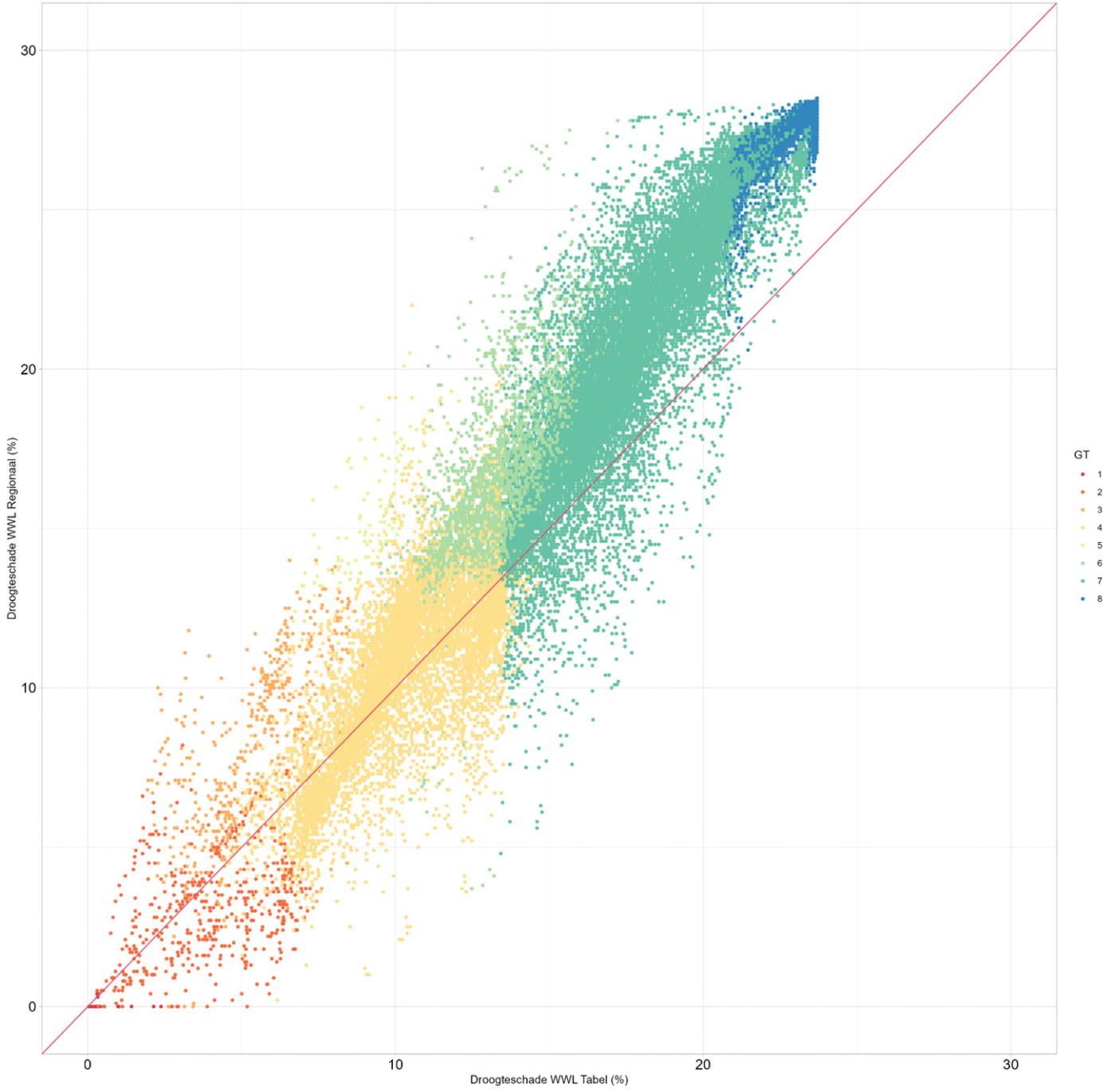


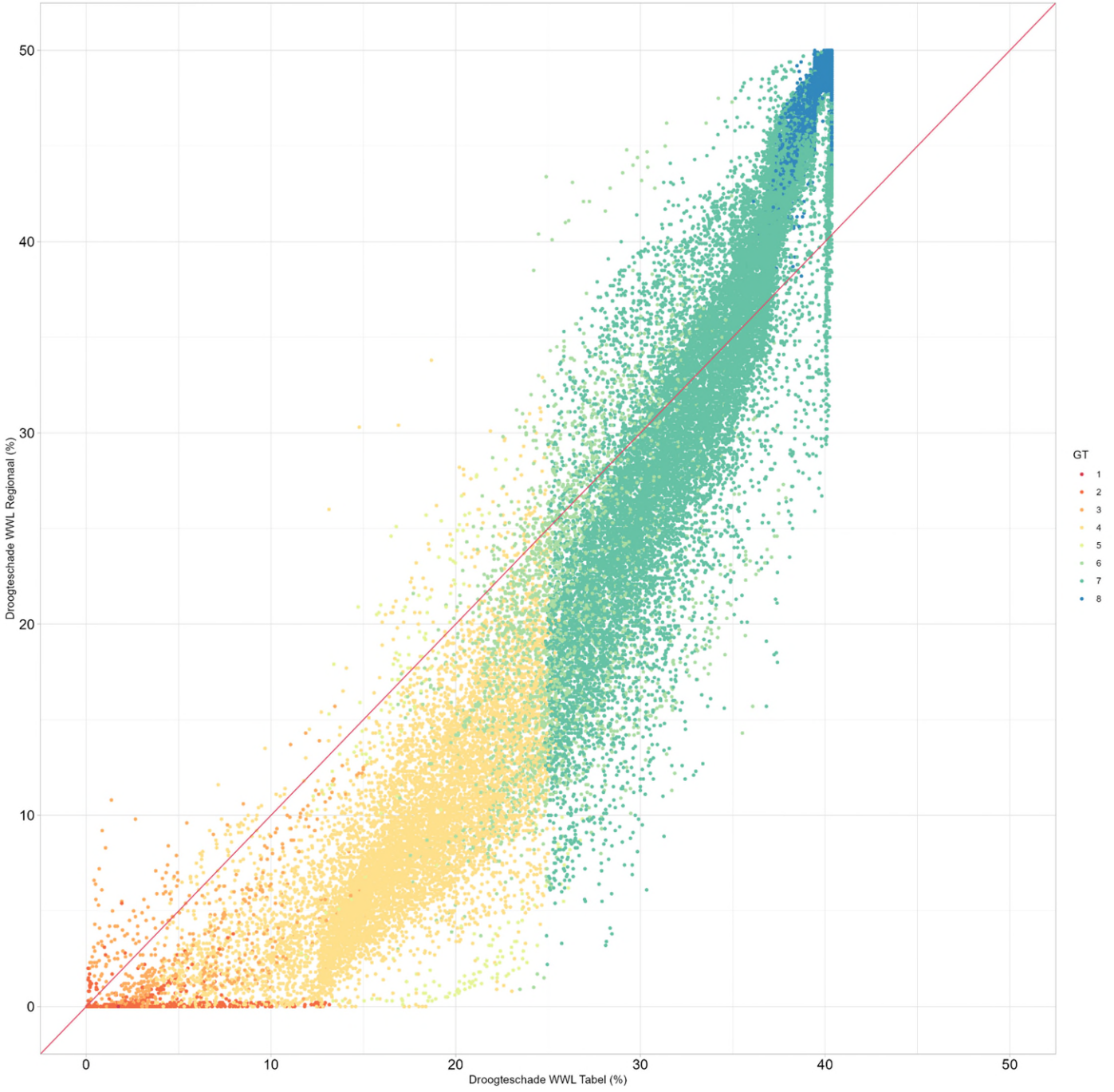


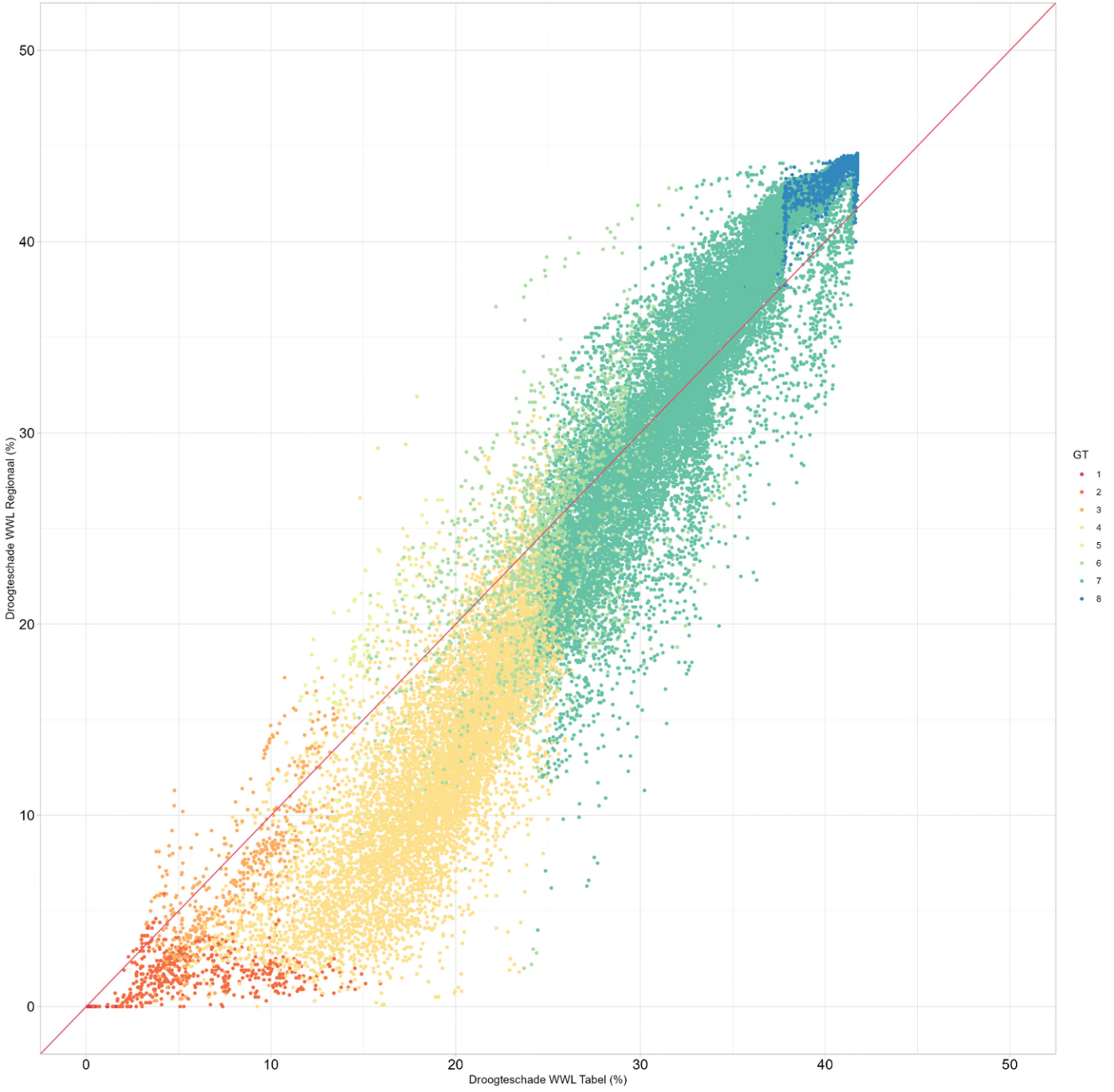


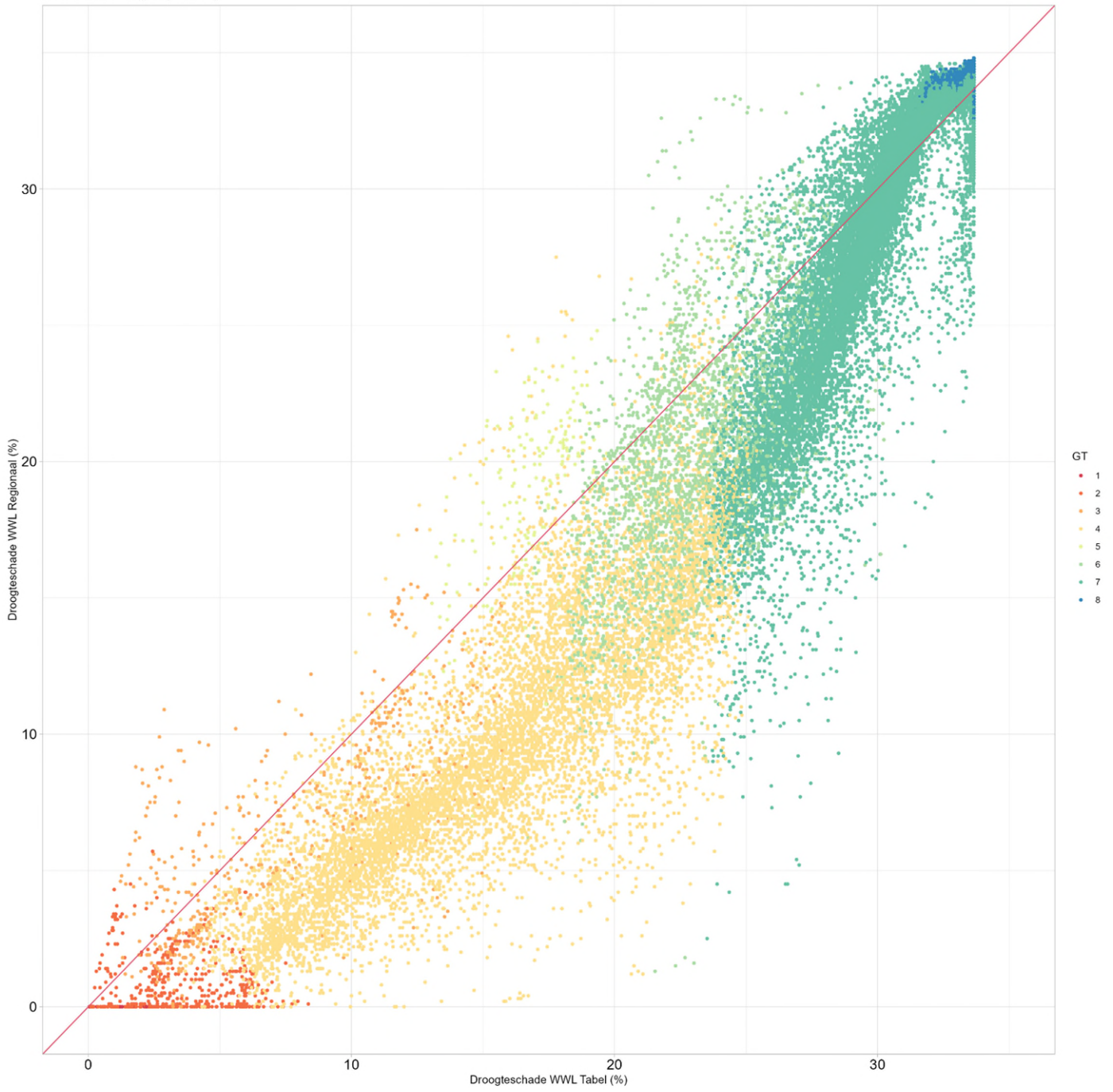


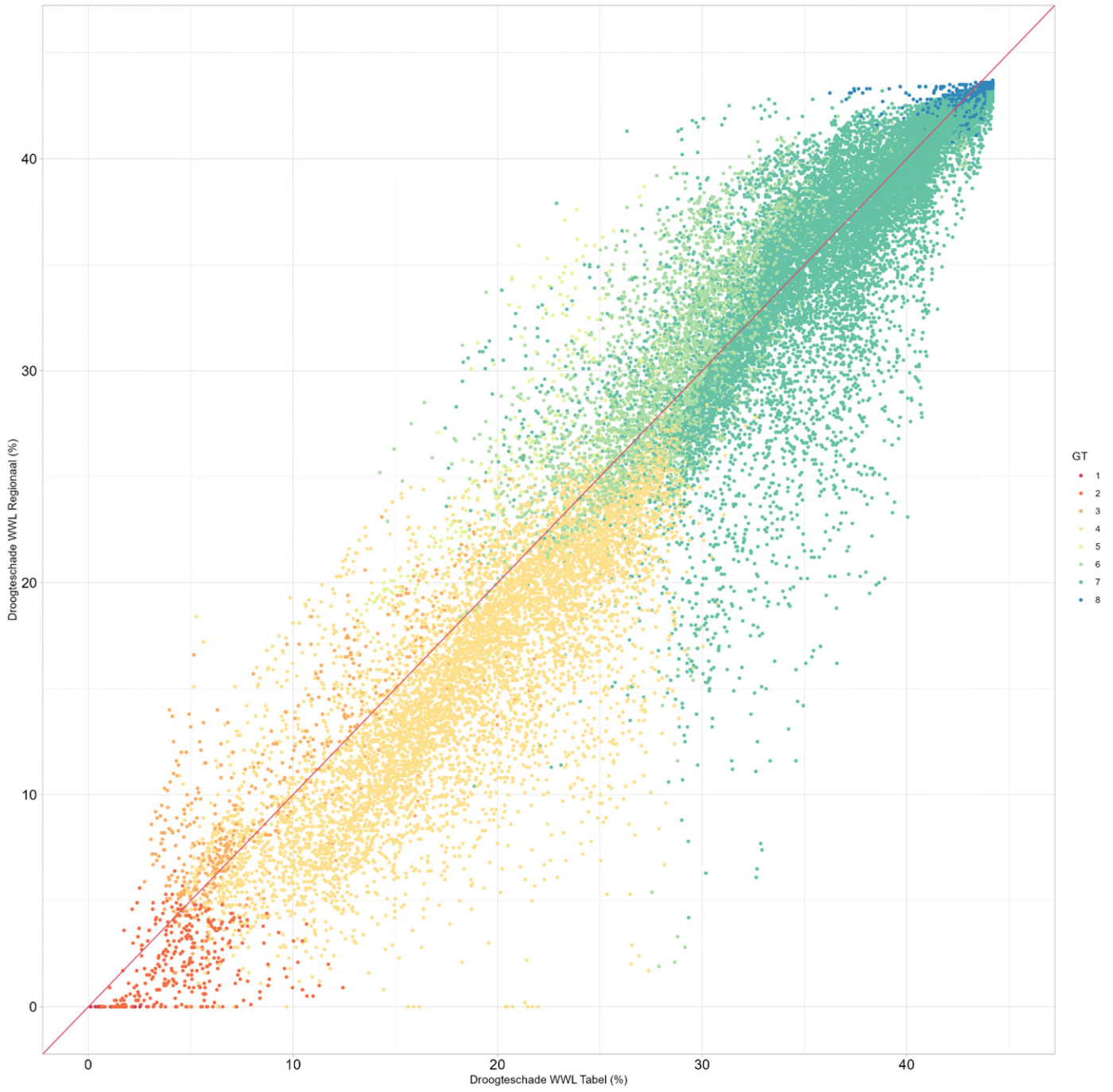


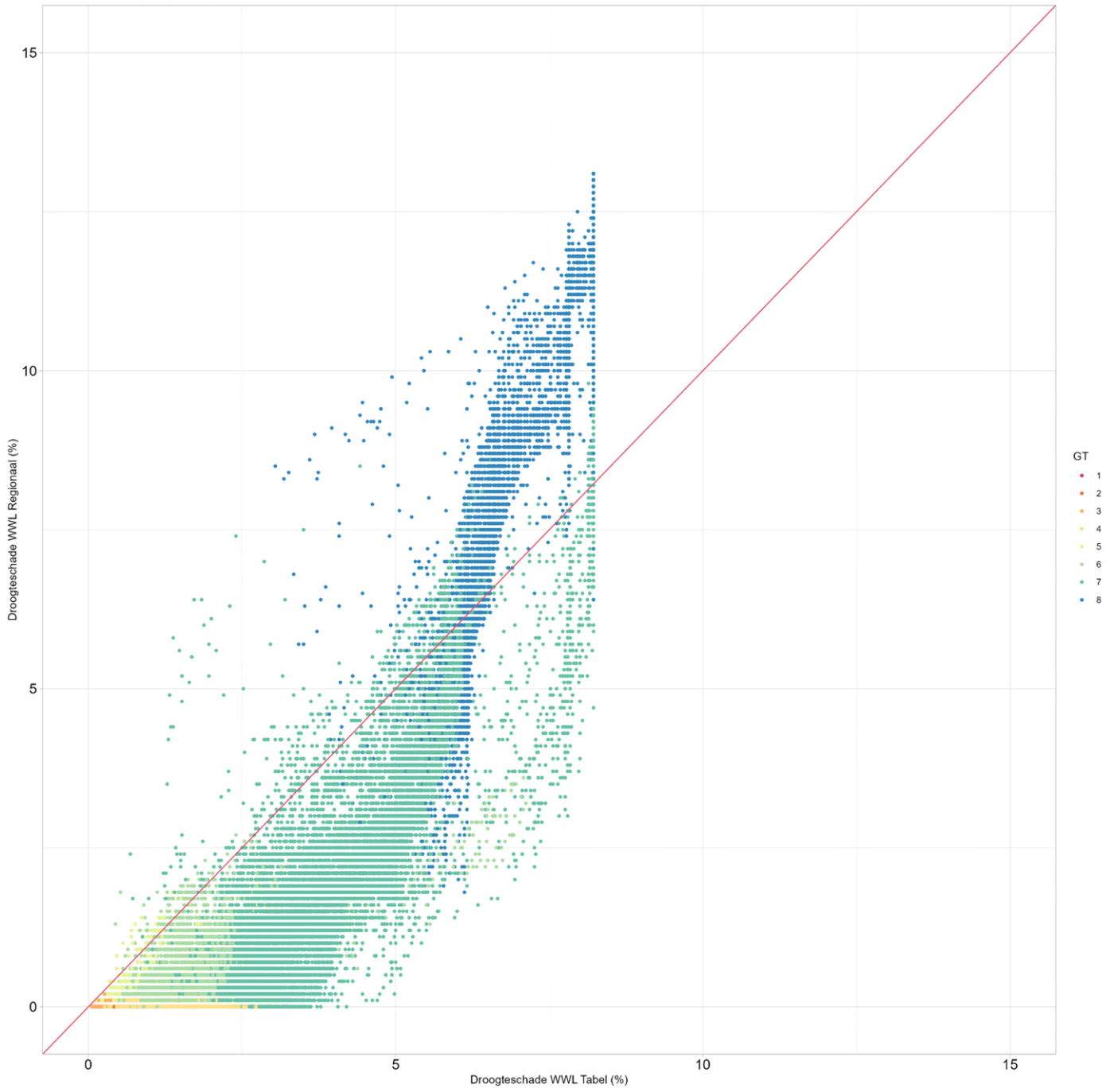


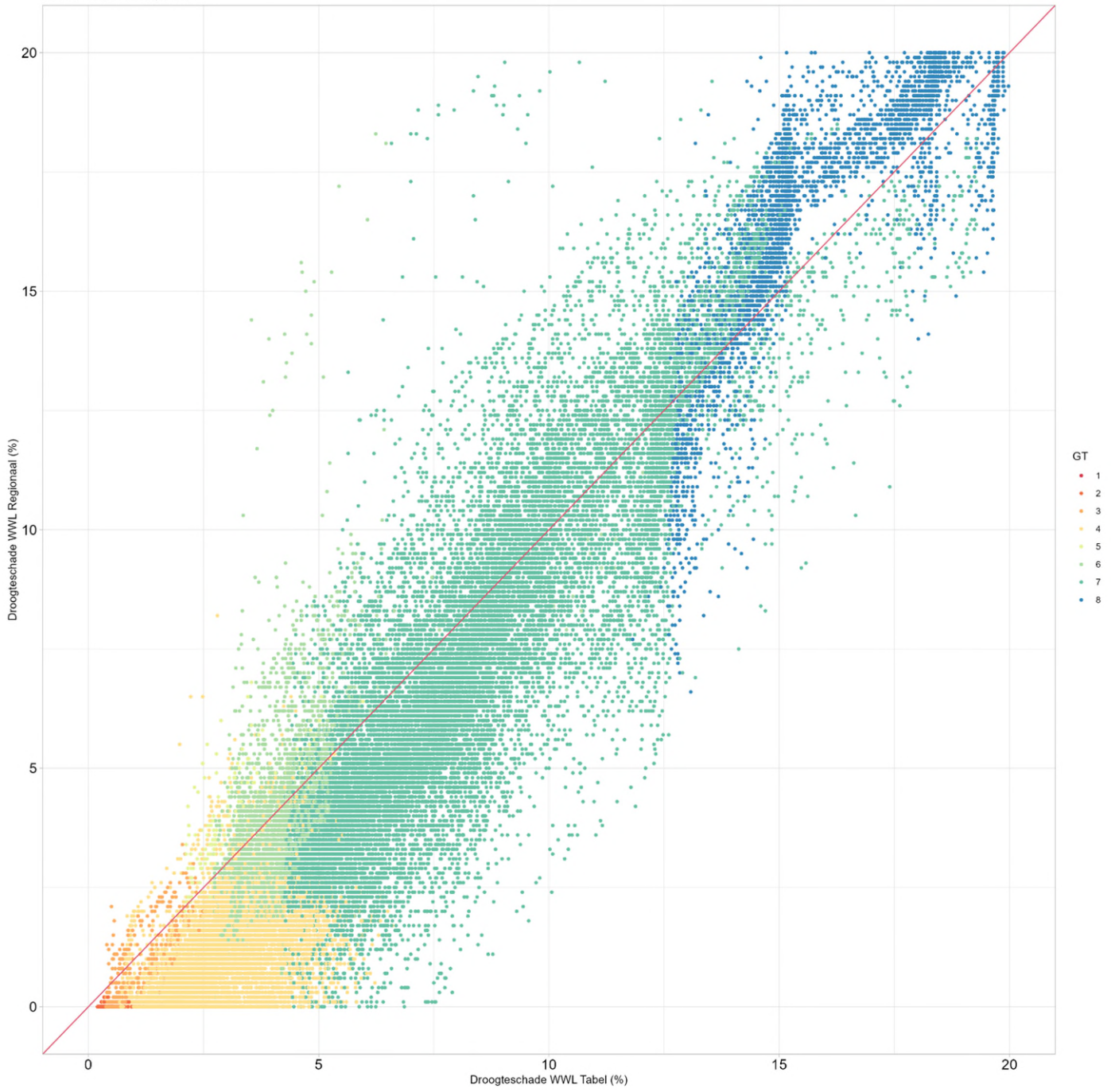


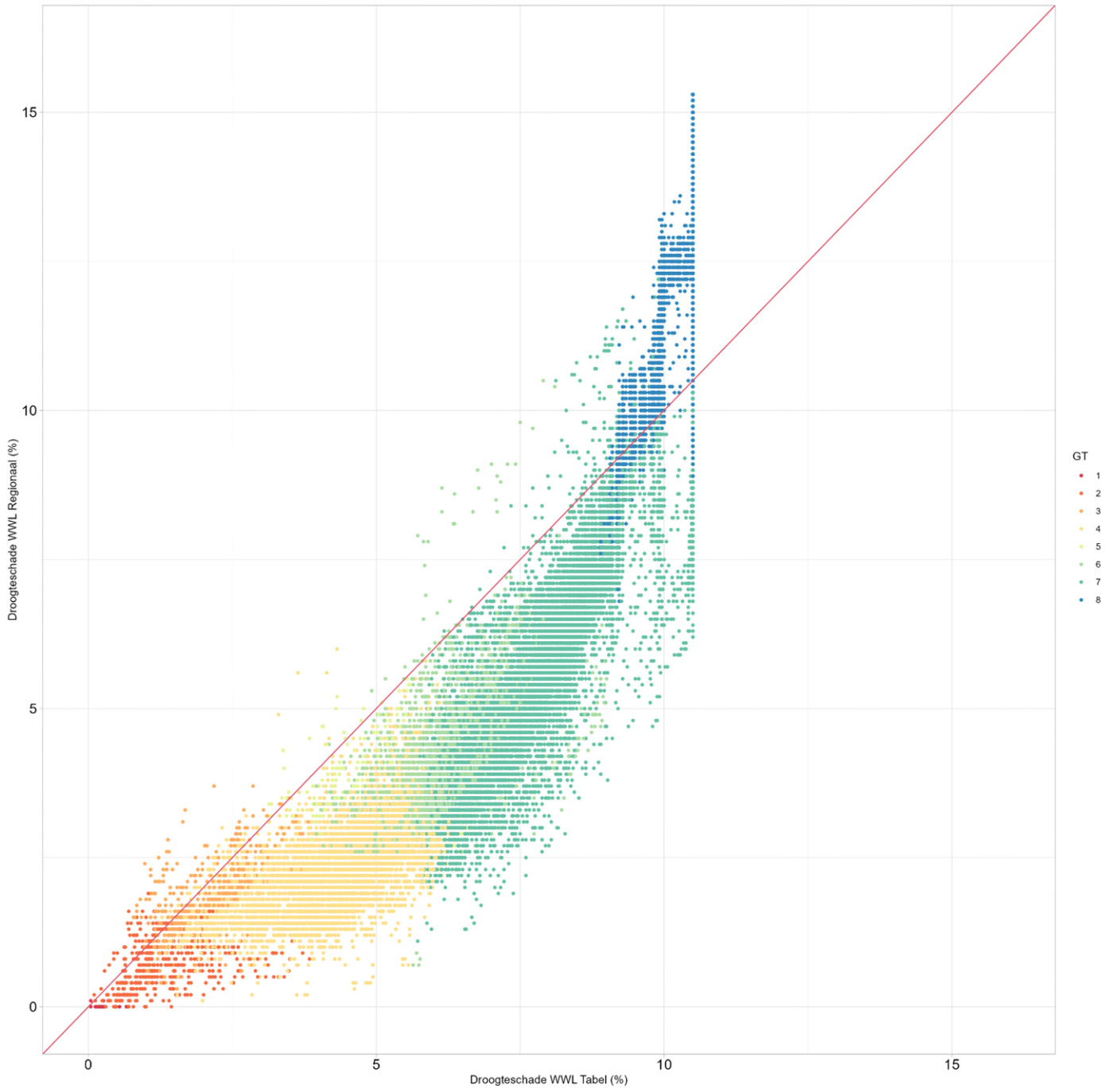


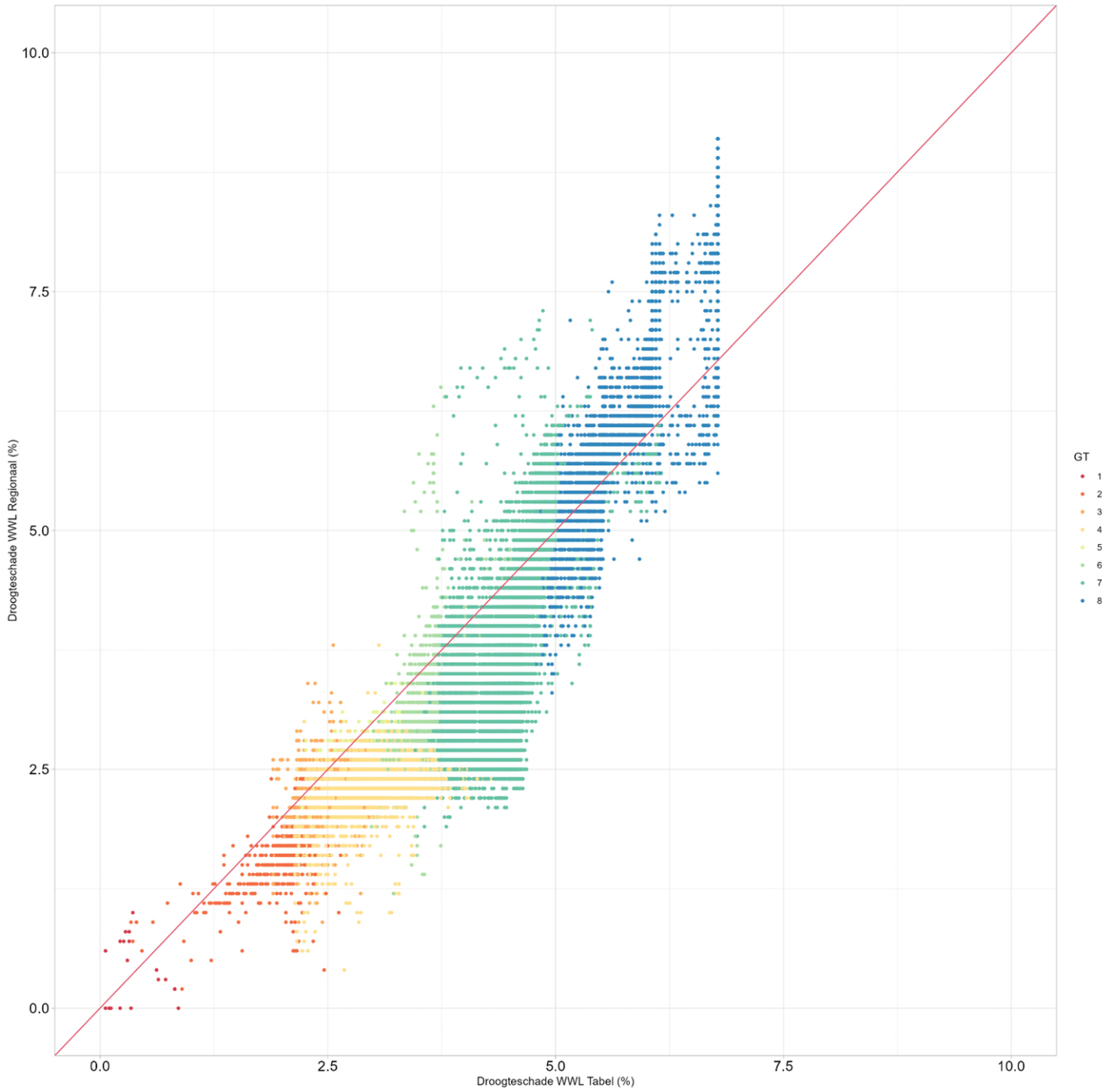




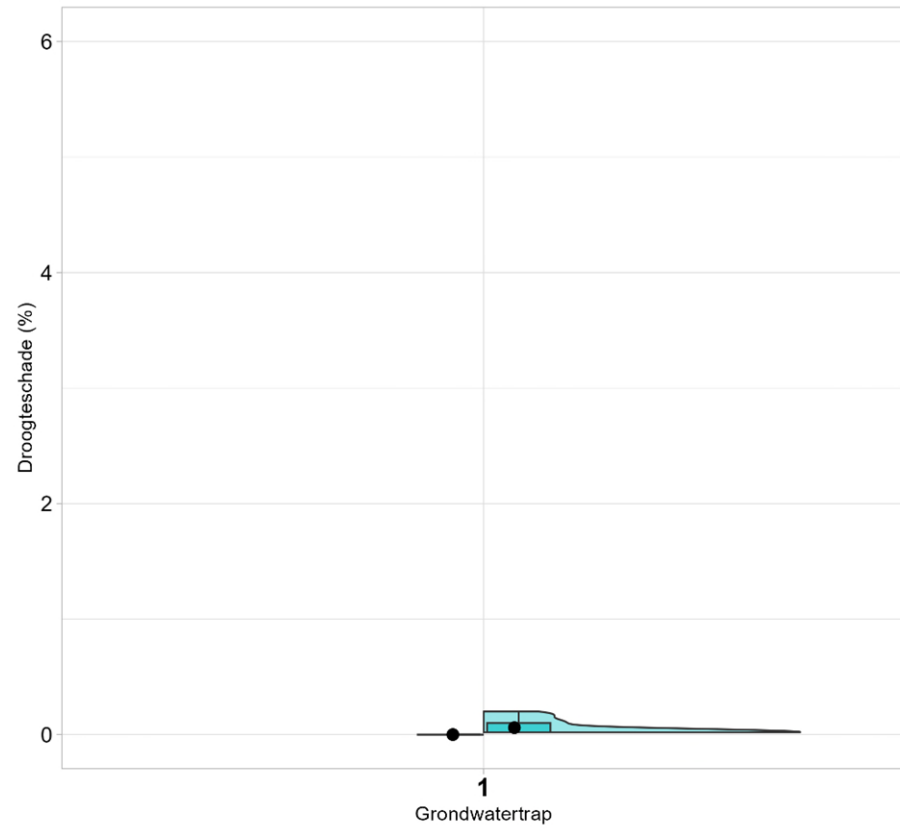




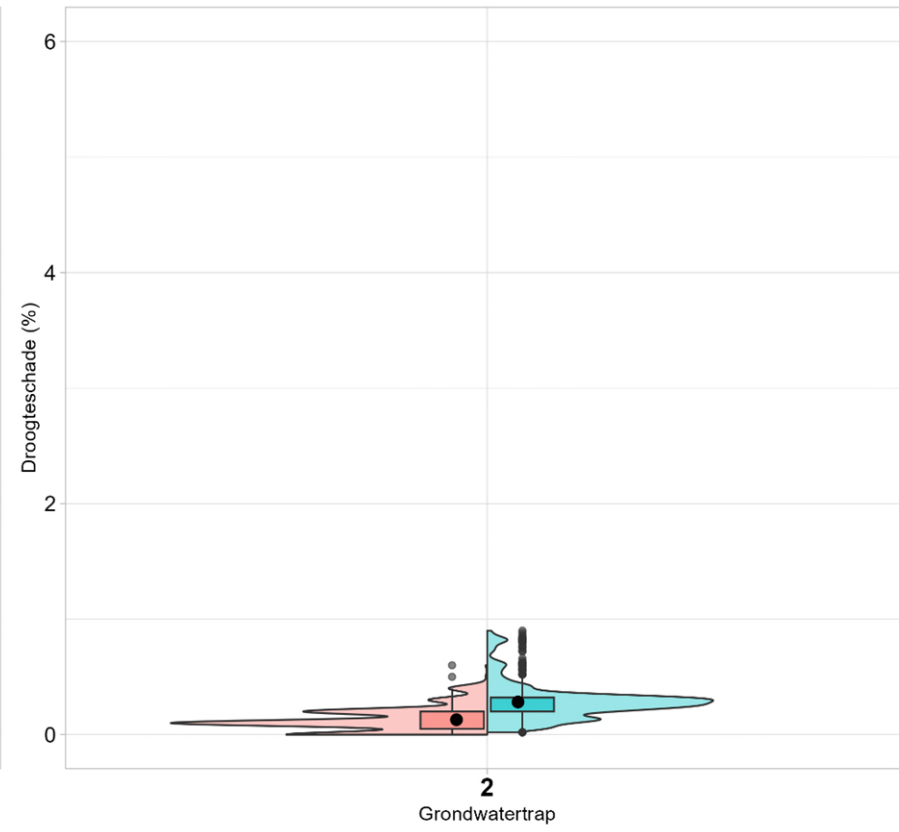




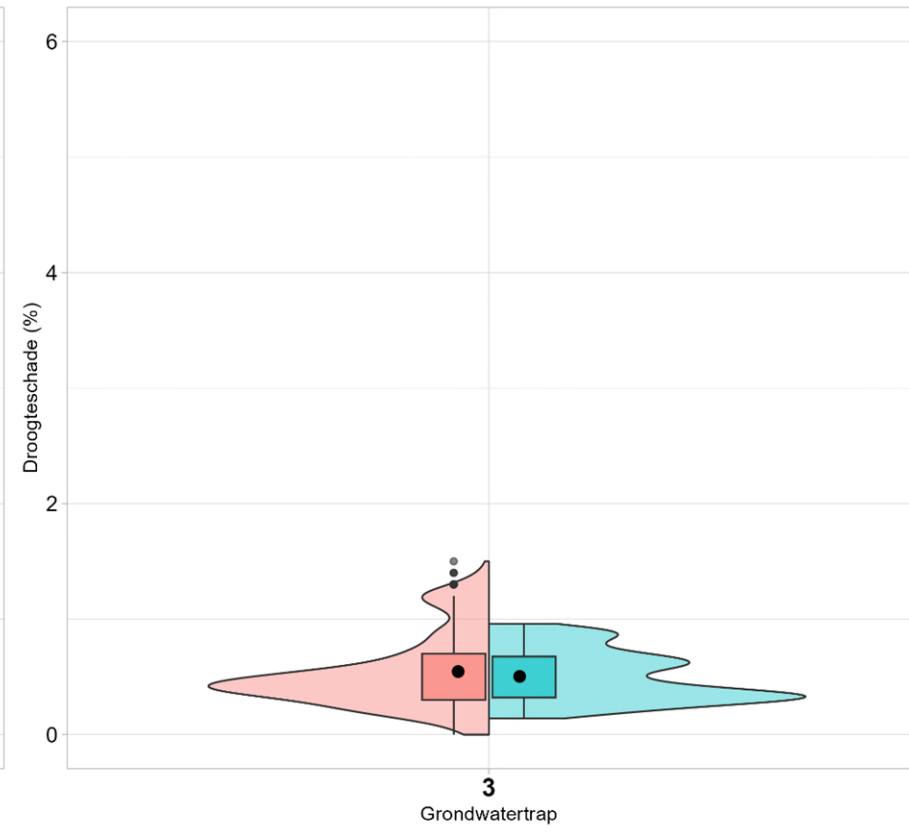
Violgrafieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 1002 & gras (maaien)



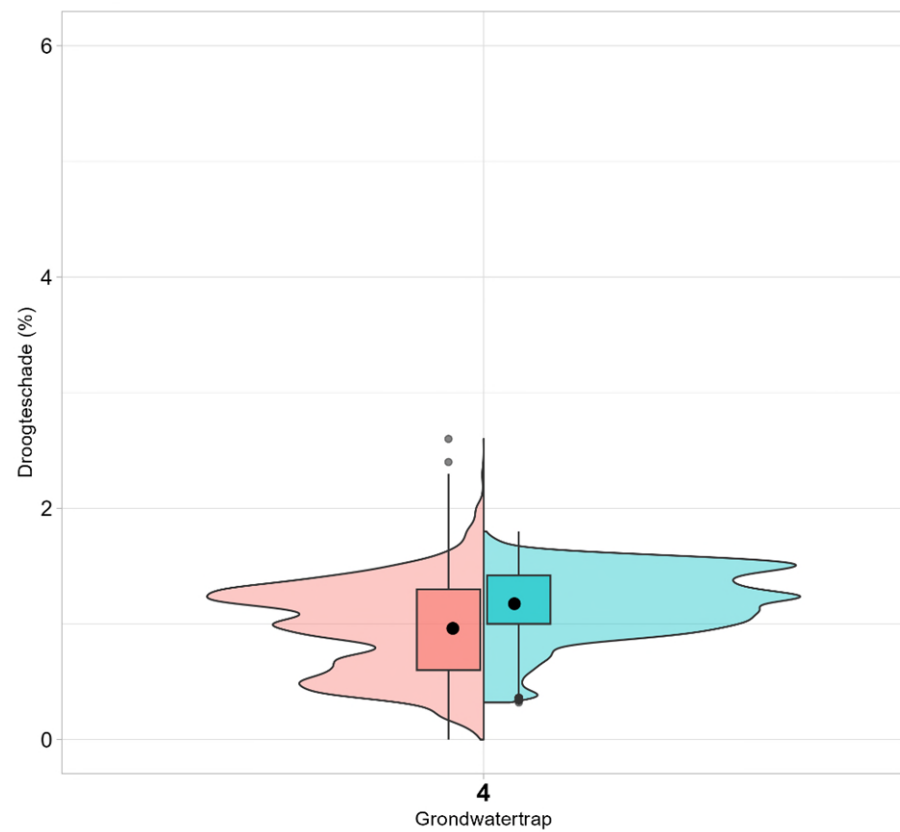
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



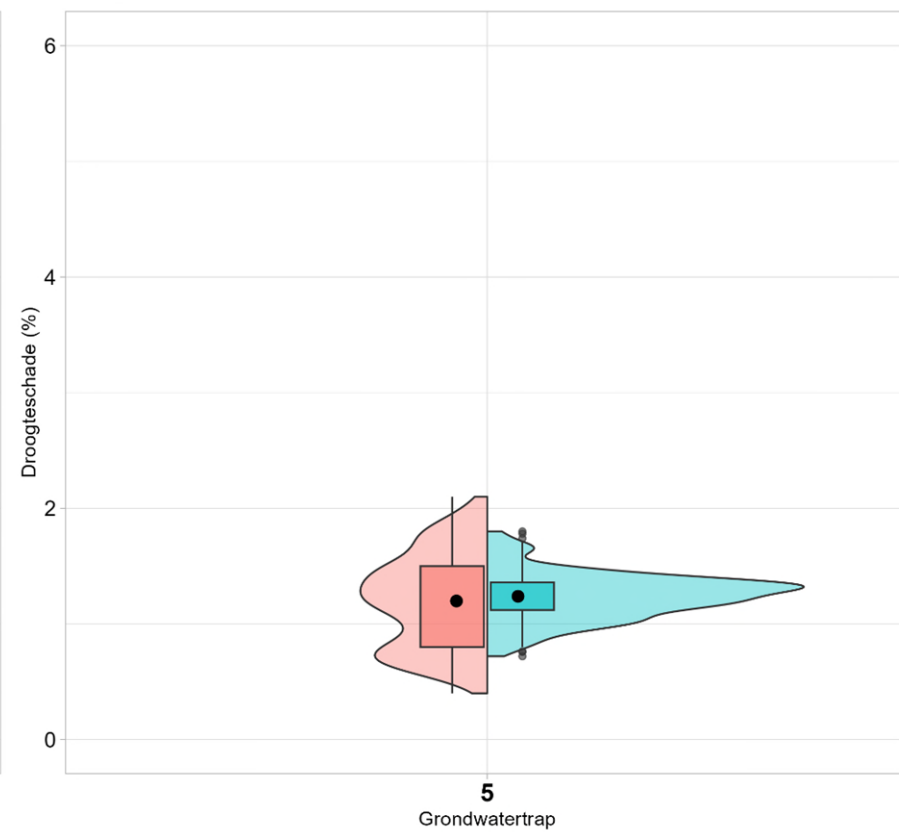
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



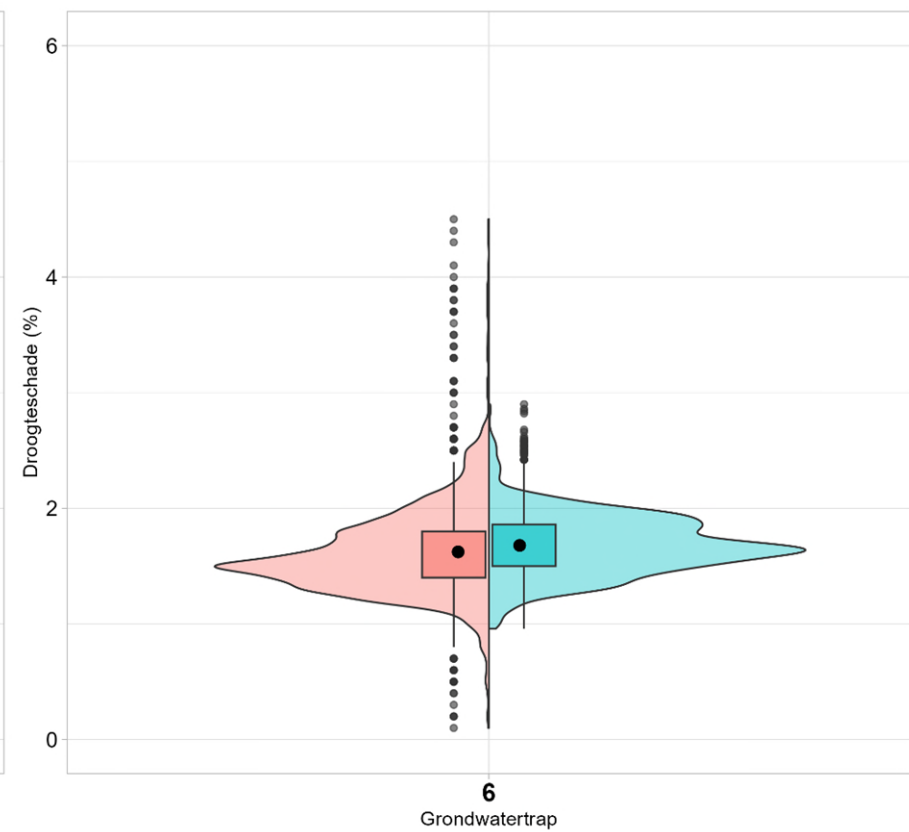
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

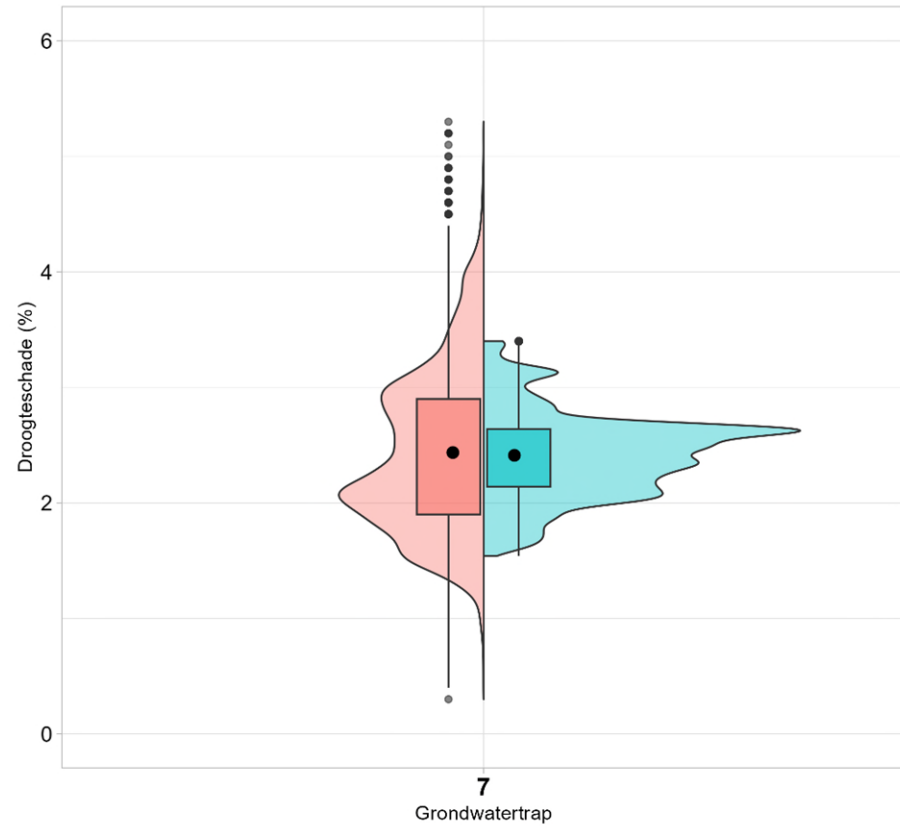


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

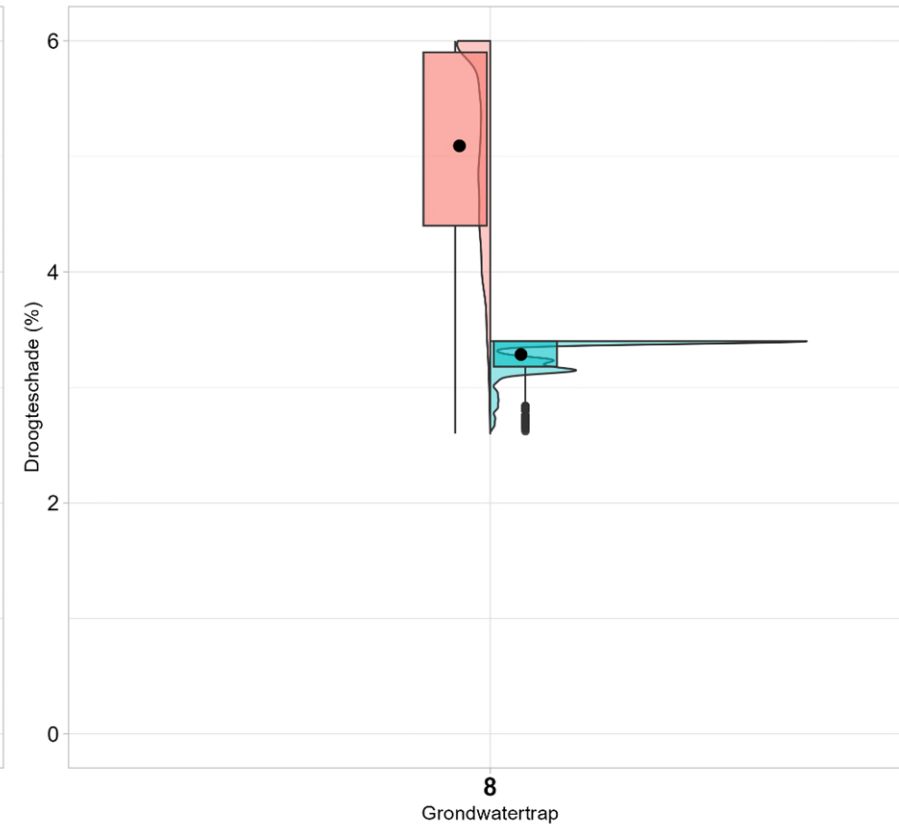


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

Onderzoek WWL

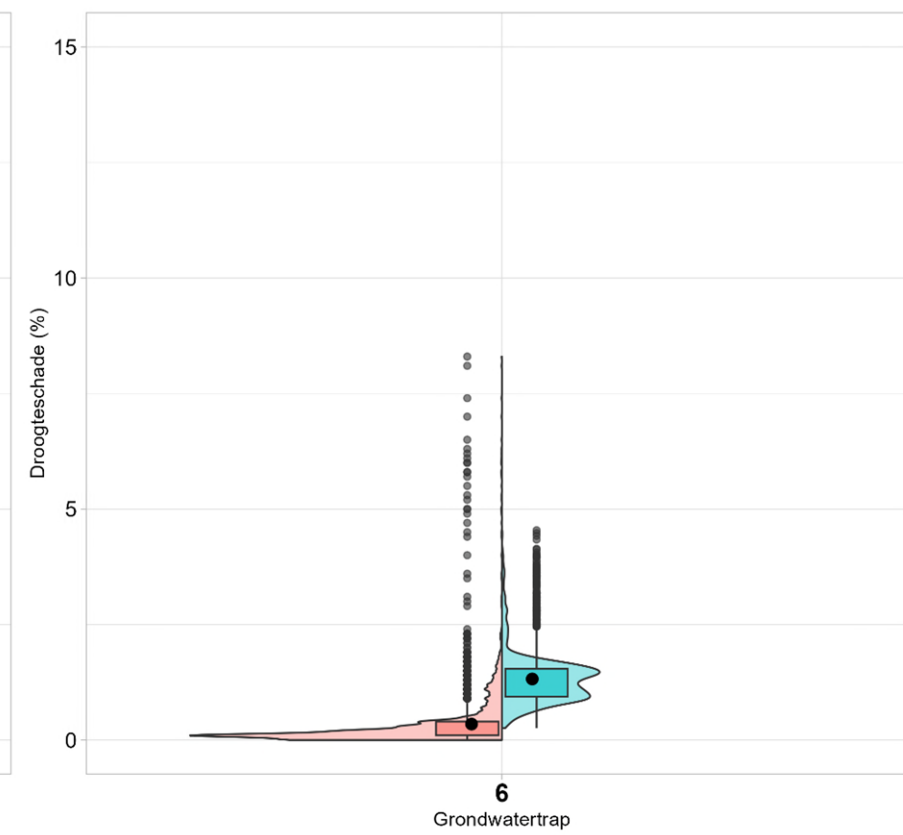
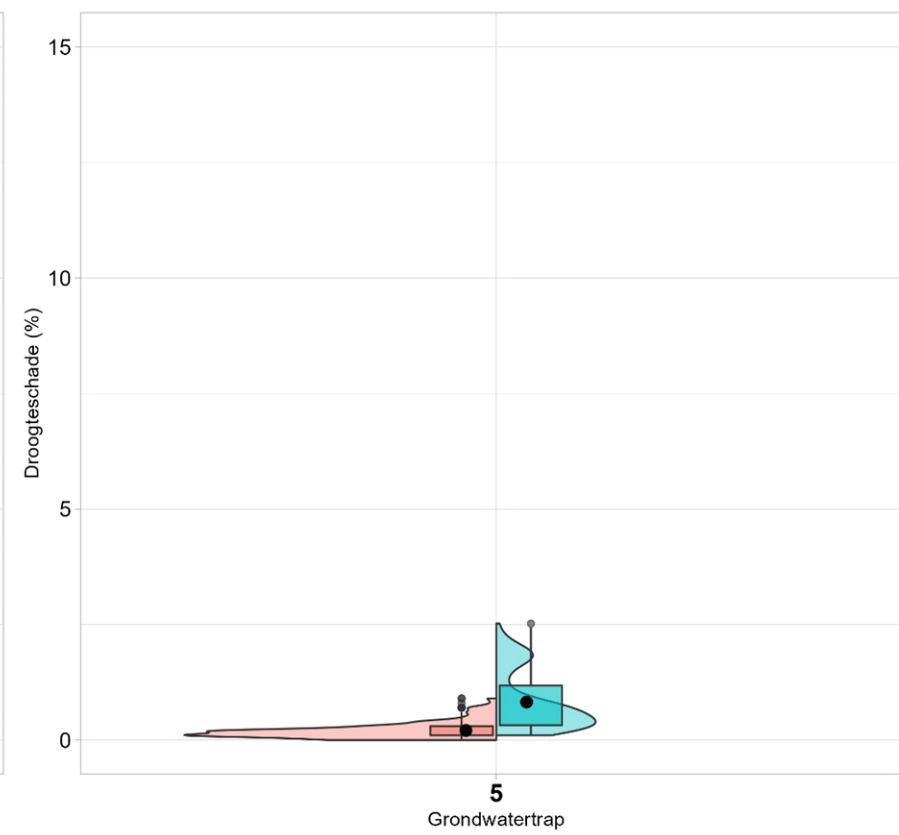
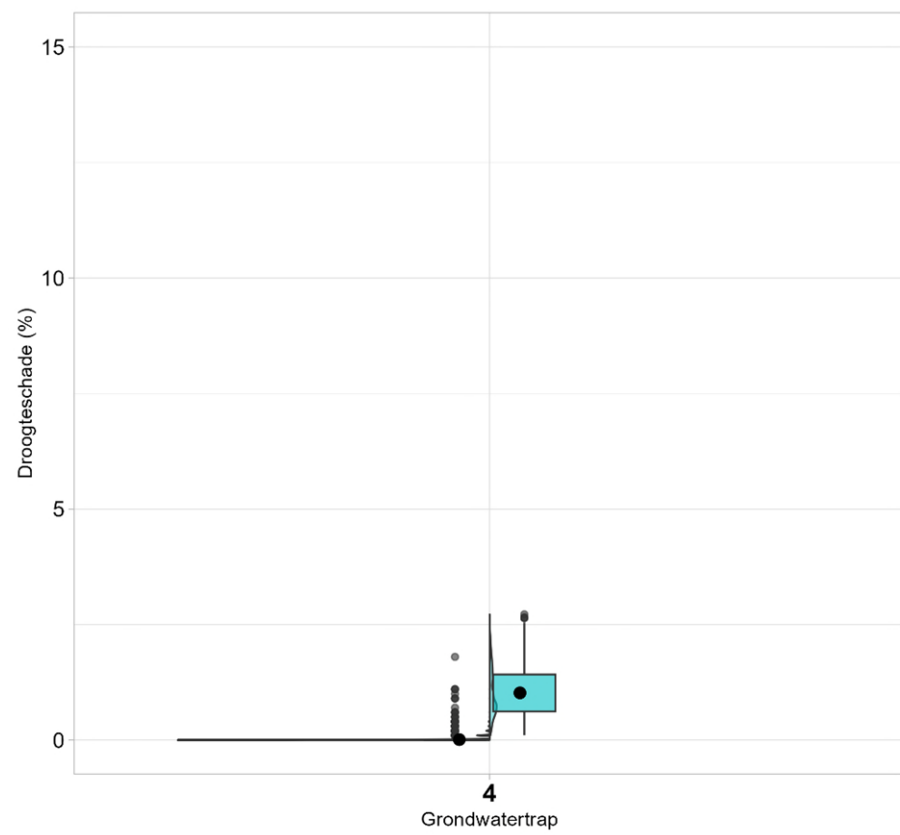
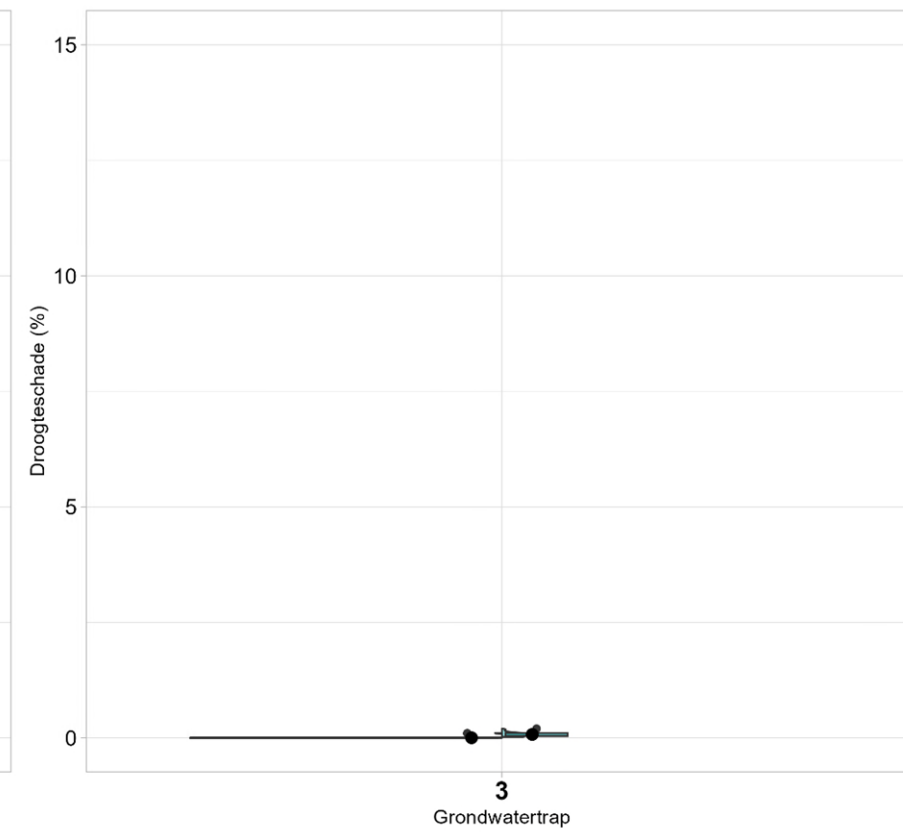
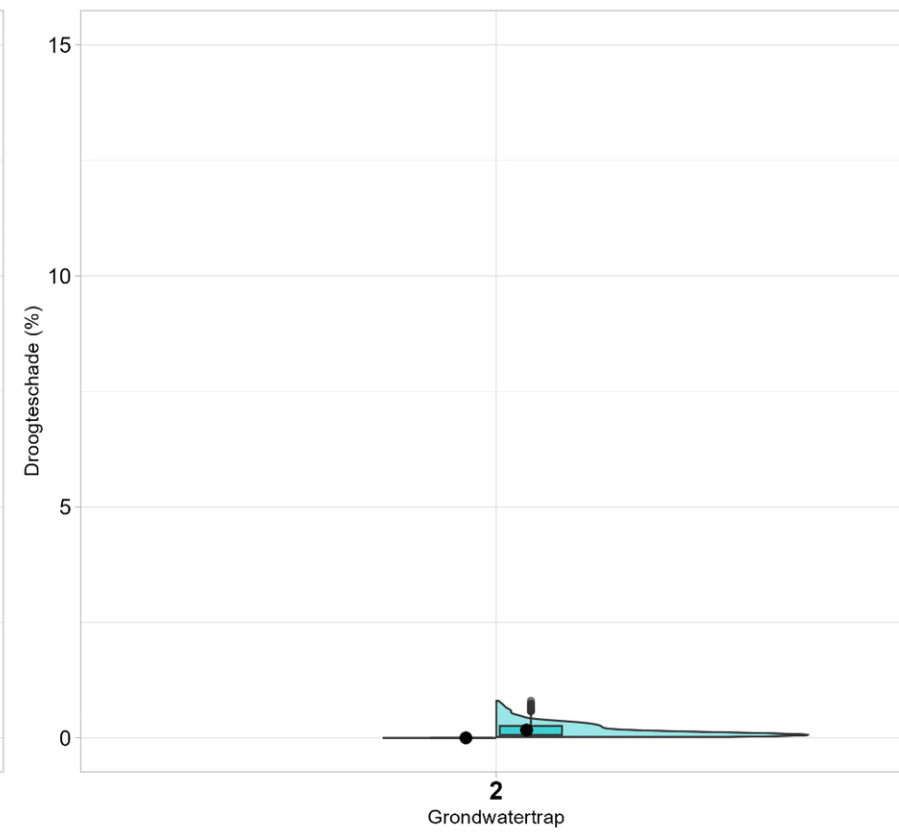
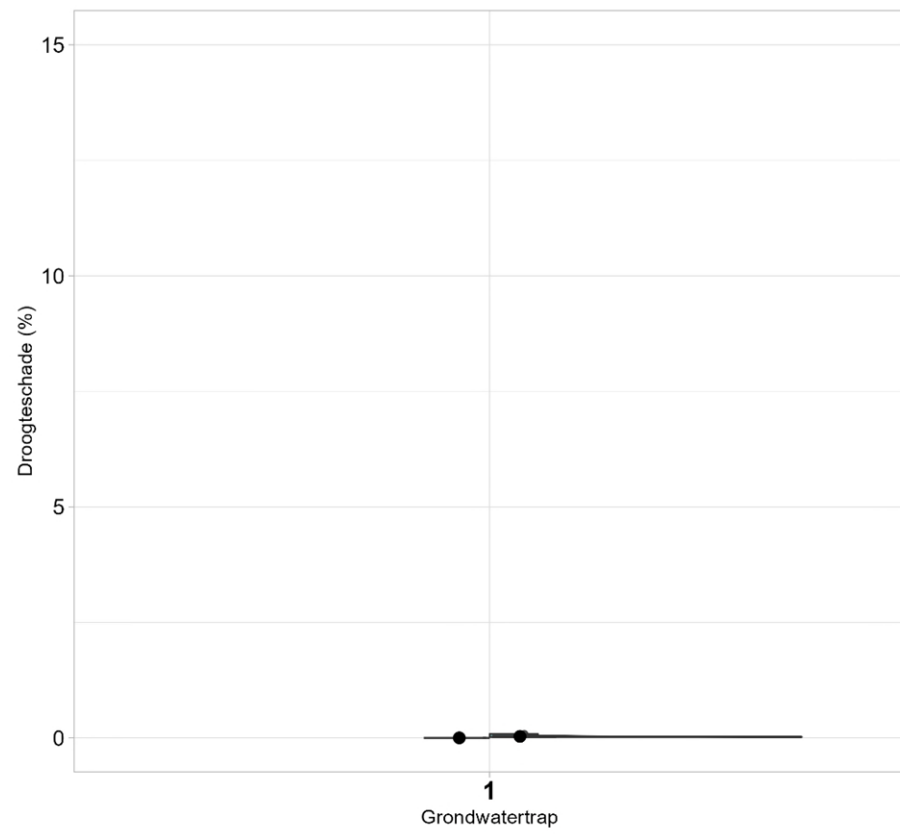


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

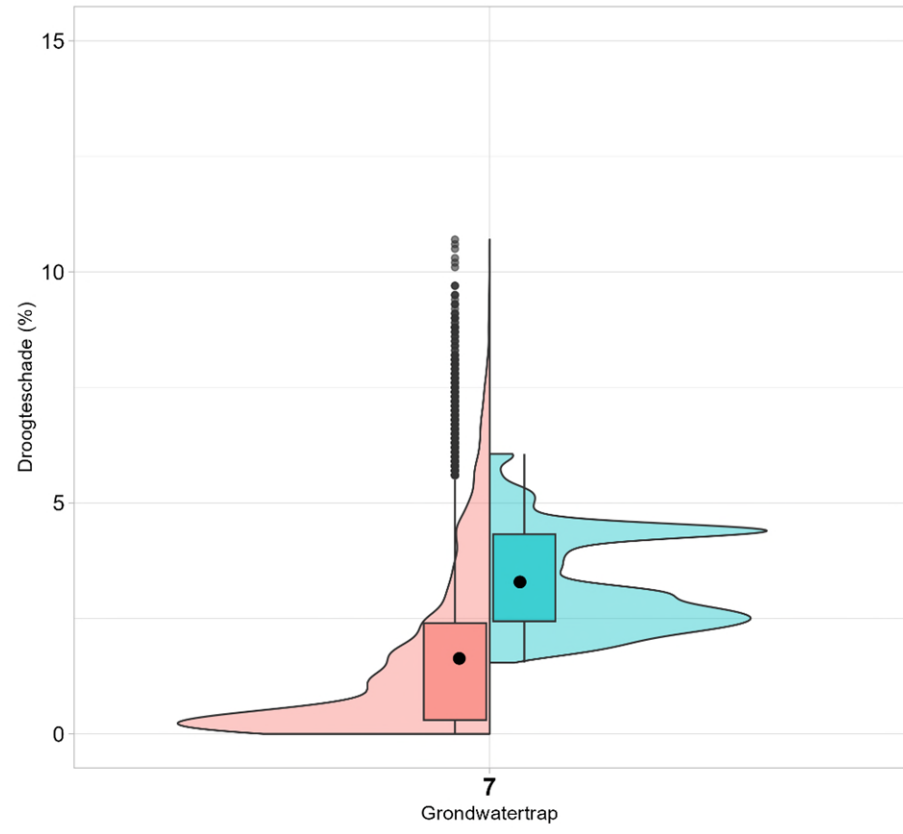


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

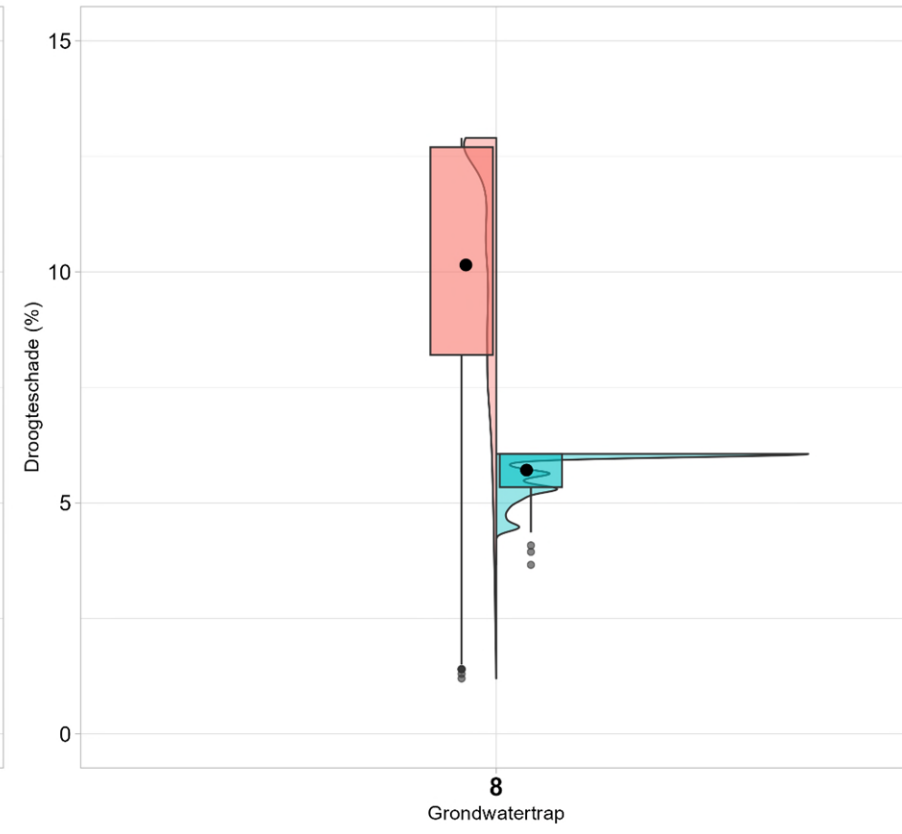
Violografieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 2006 & gras (maaien)



Onderzoek WWL

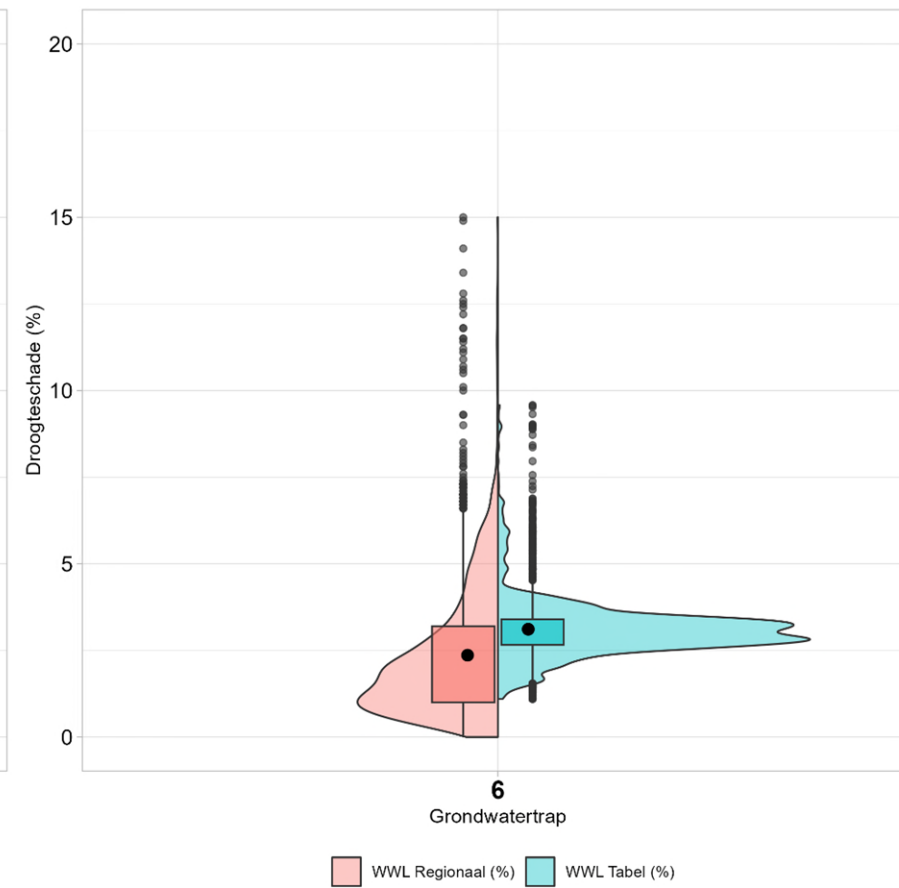
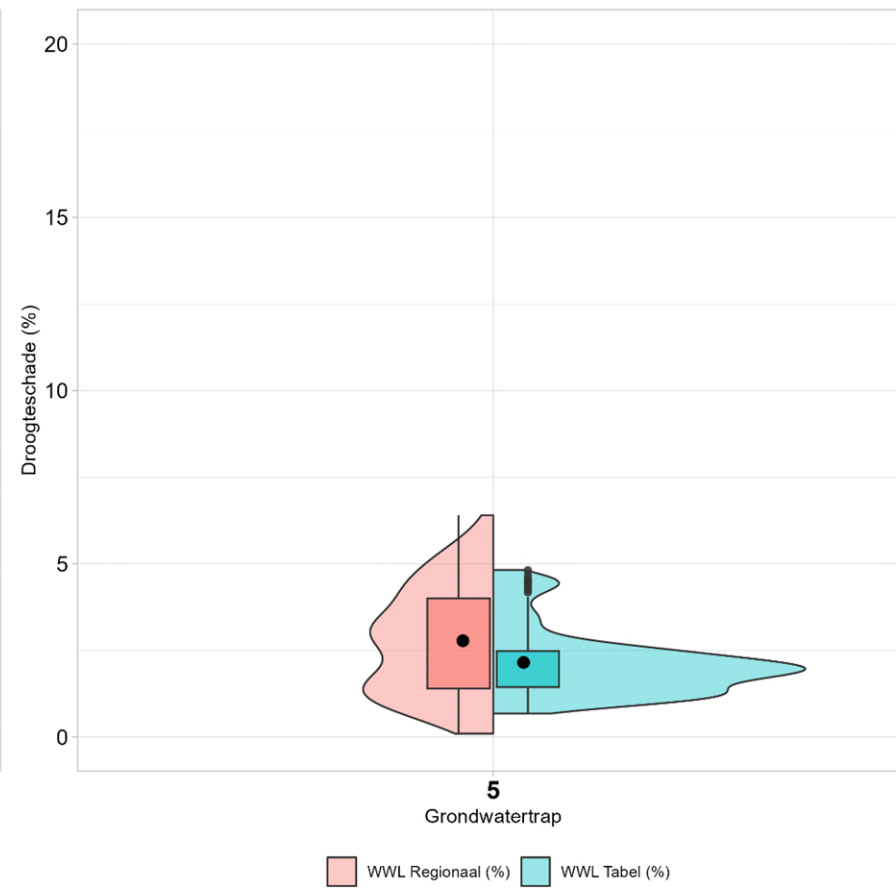
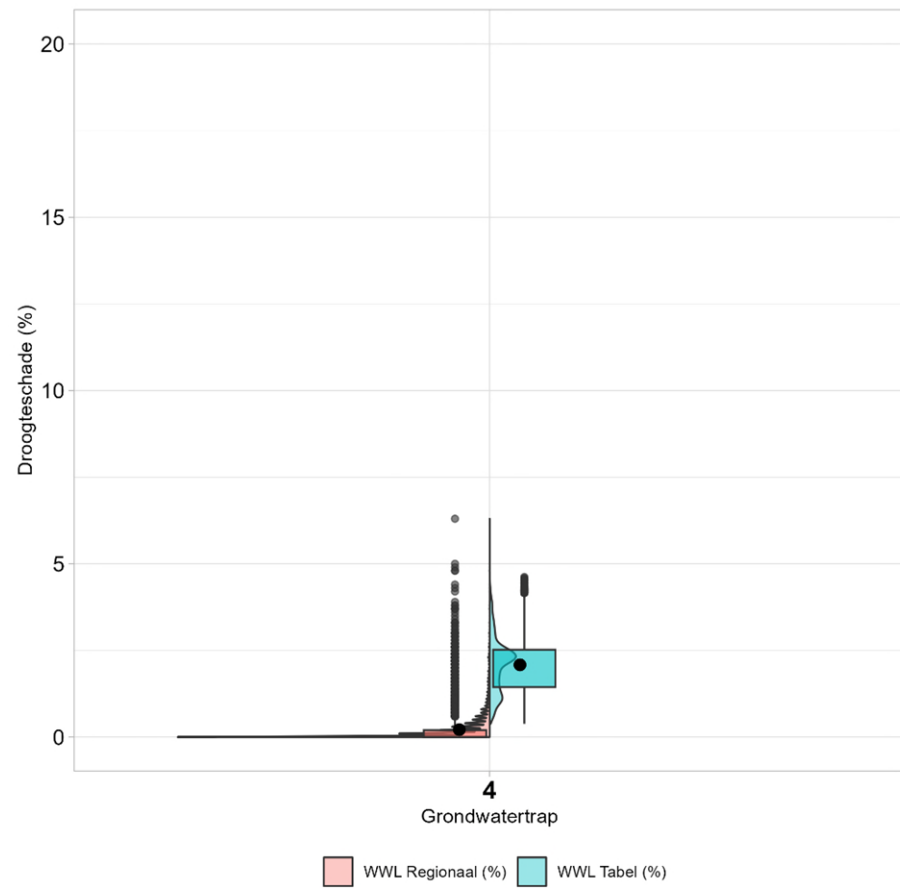
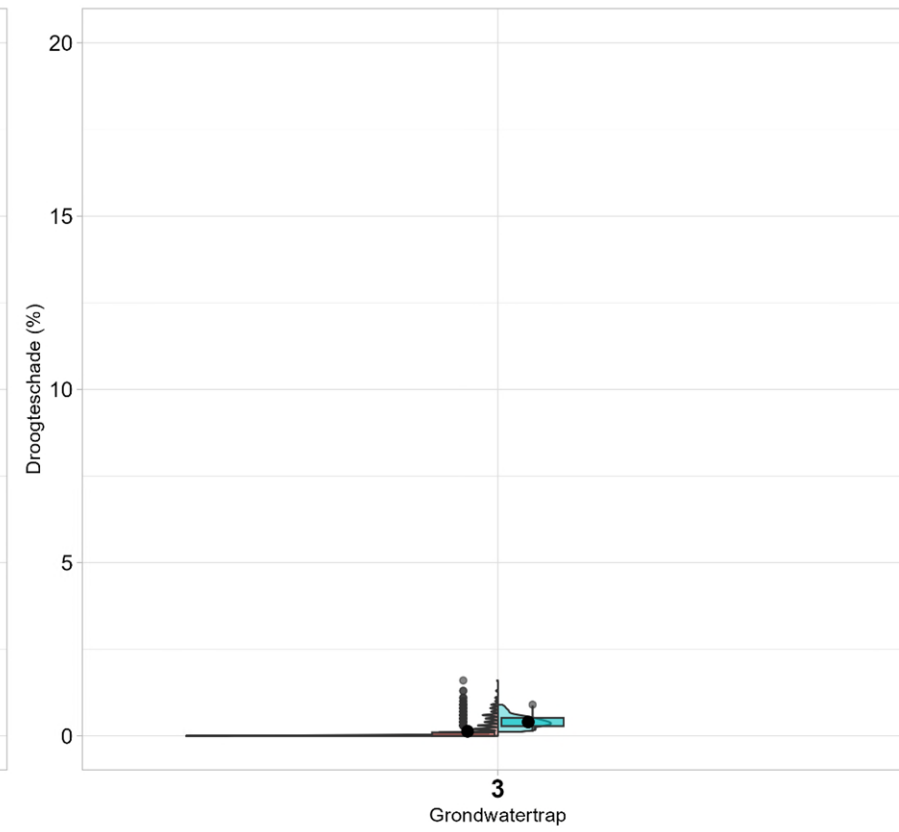
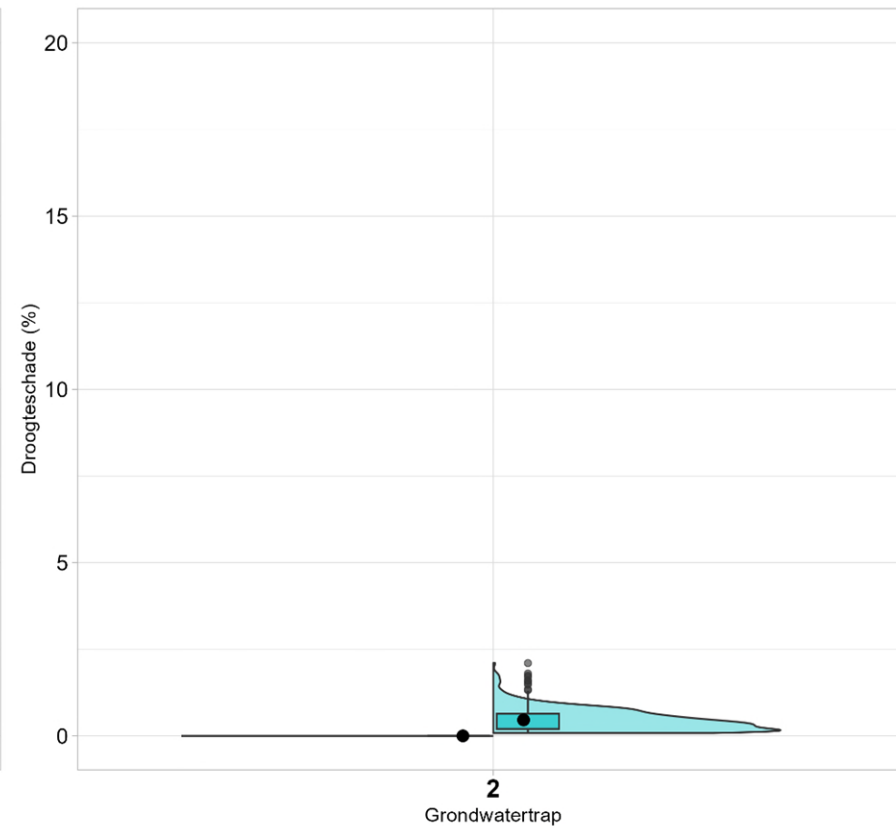
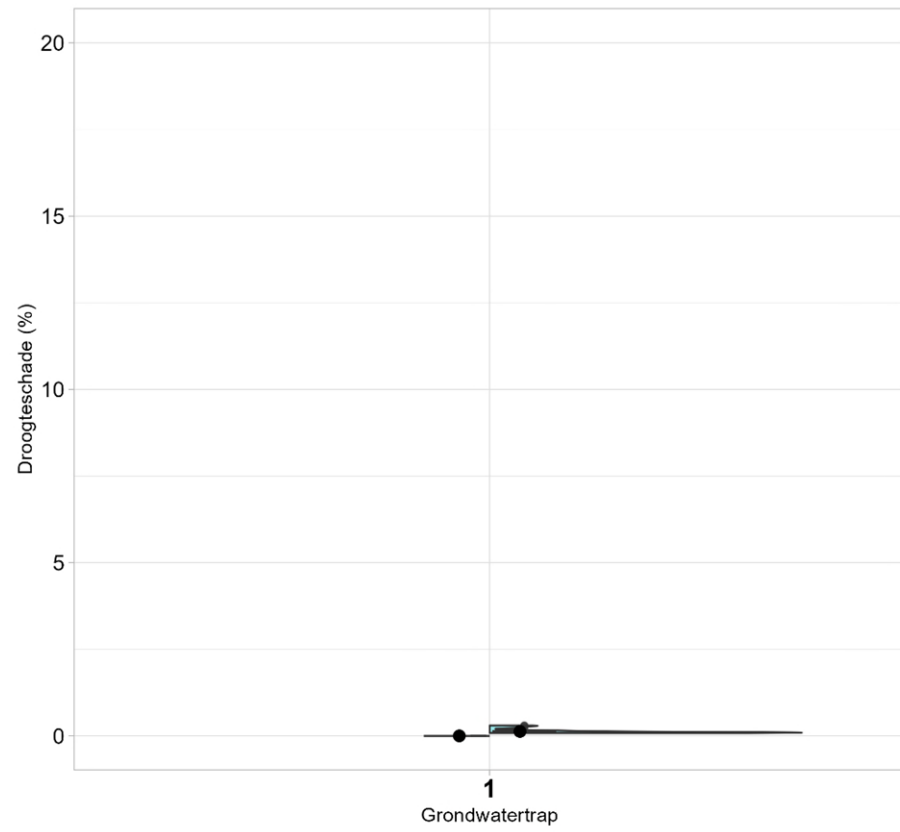


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

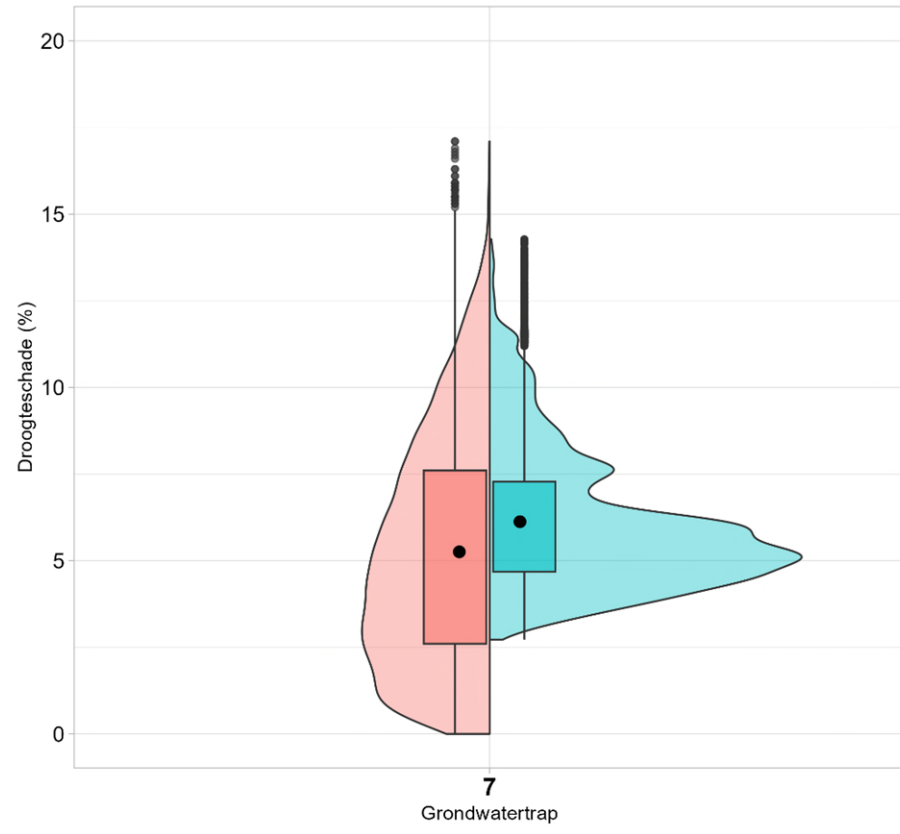


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

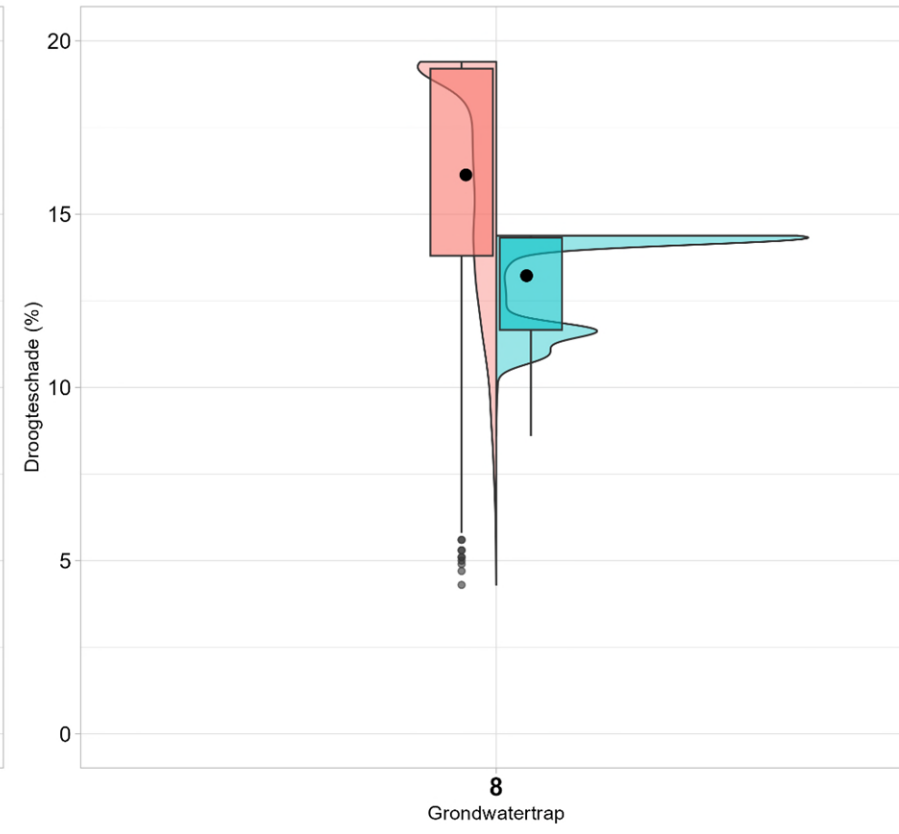
Violografieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 2006 & snijmais (maaien)



Onderzoek WWL

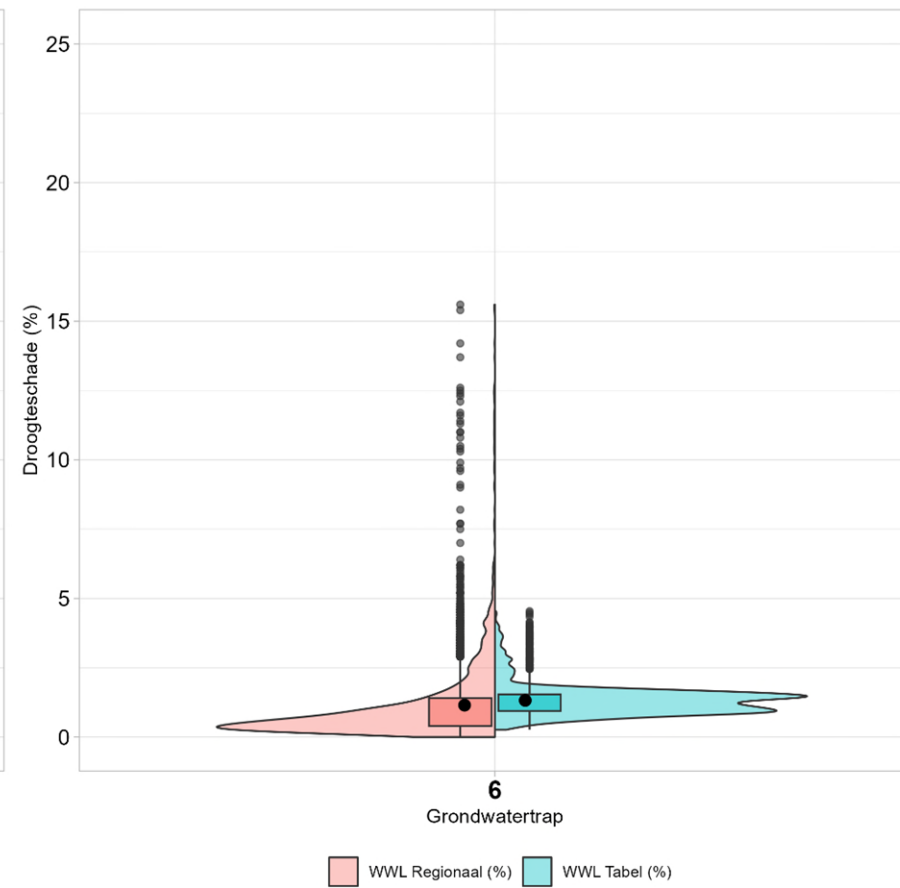
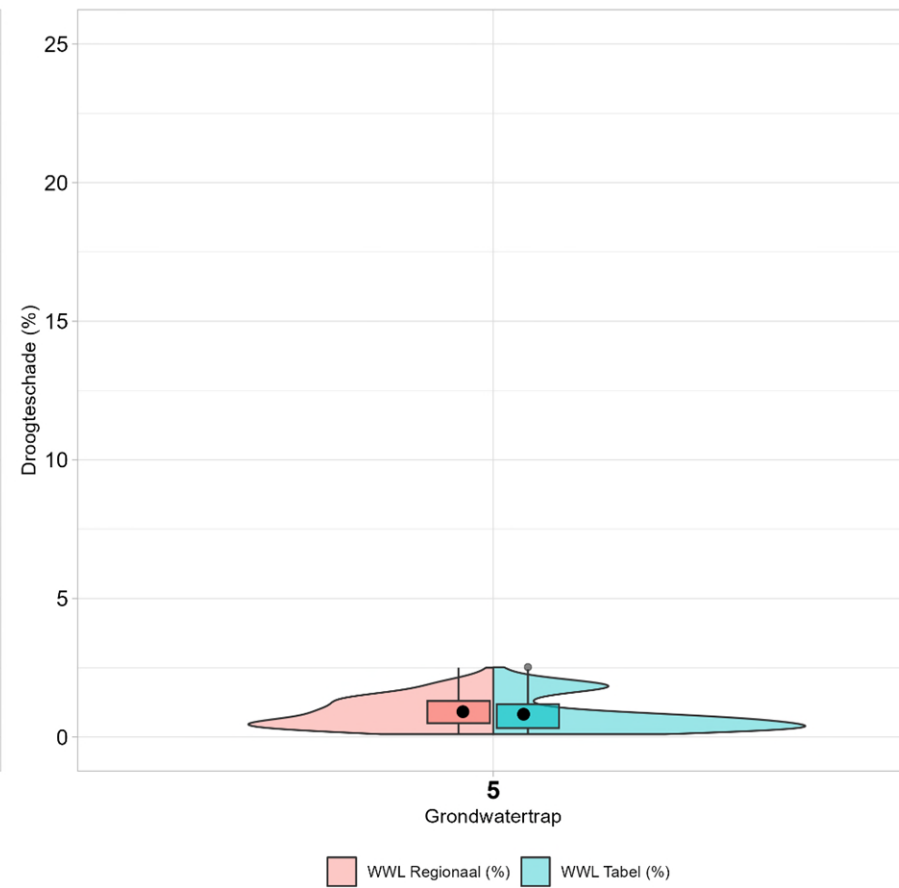
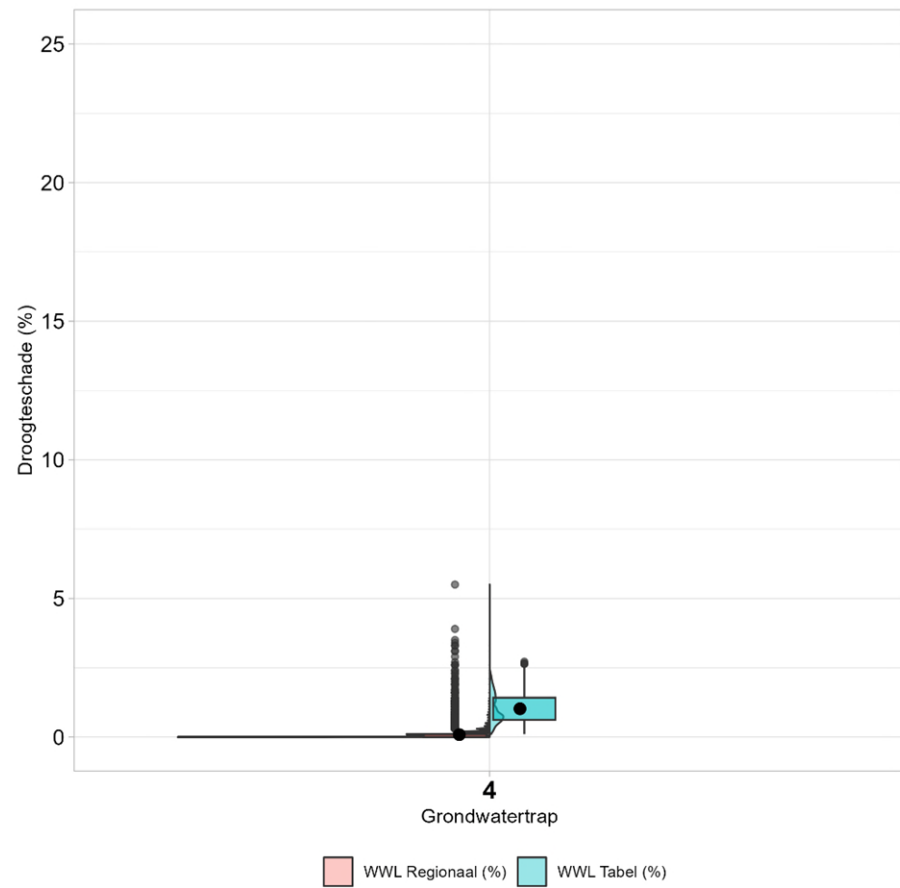
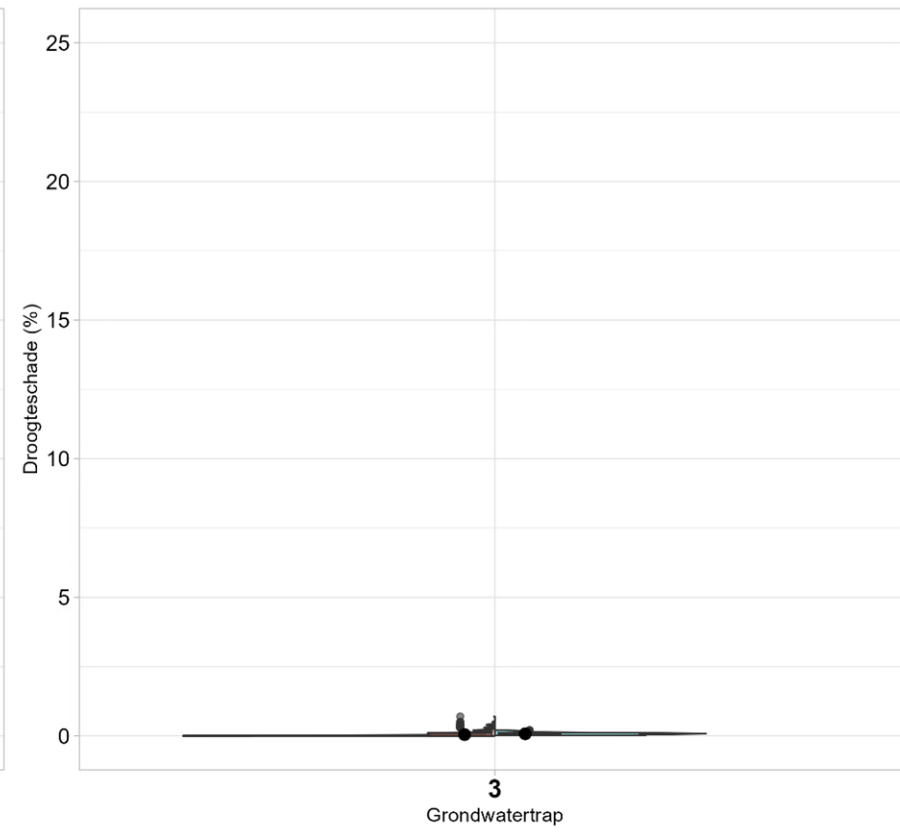
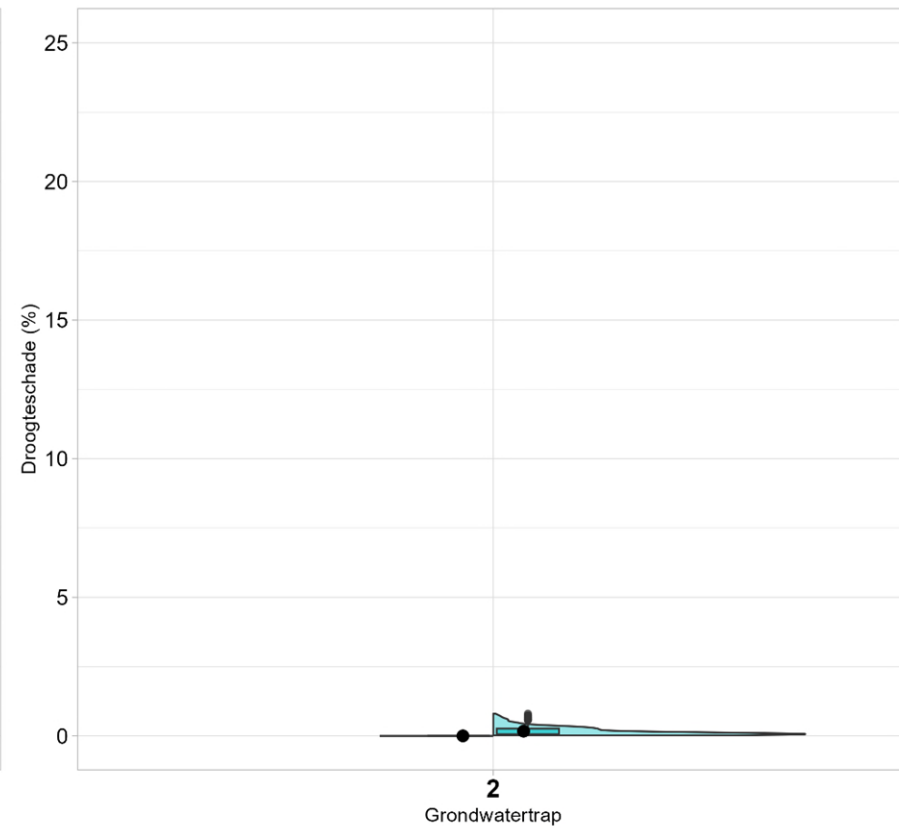
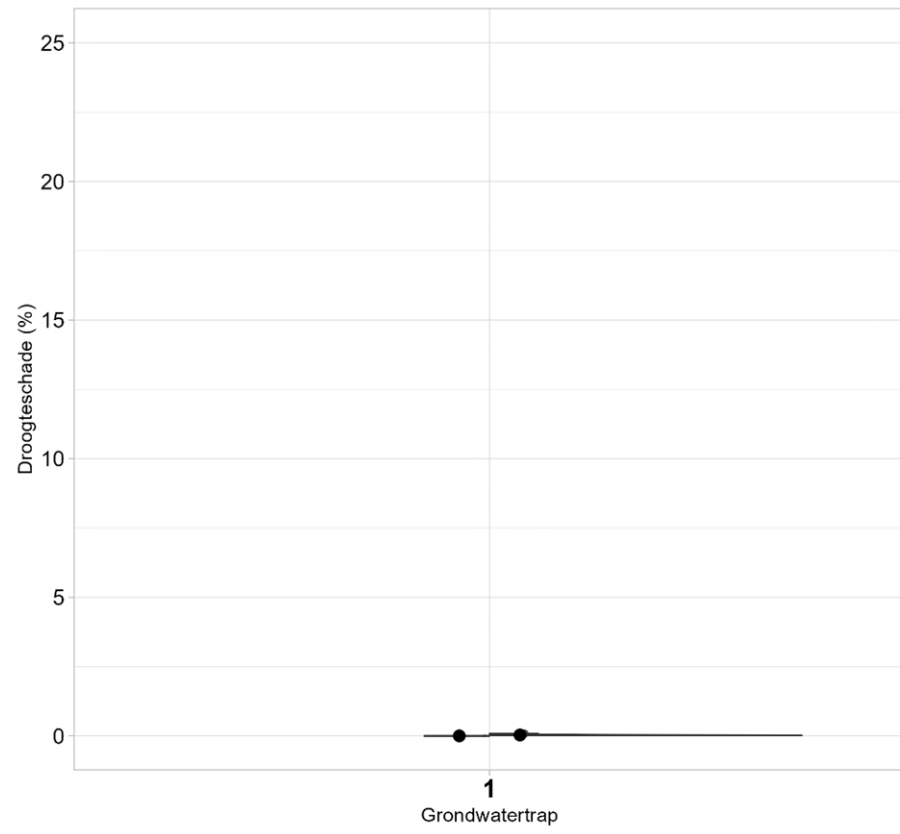


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

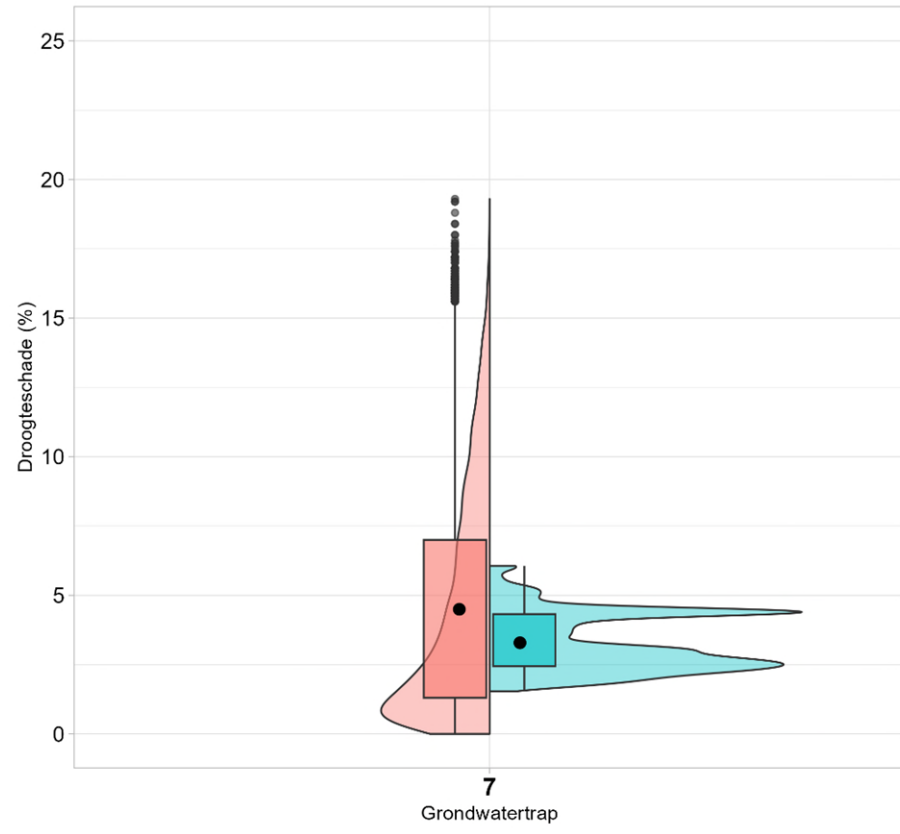


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

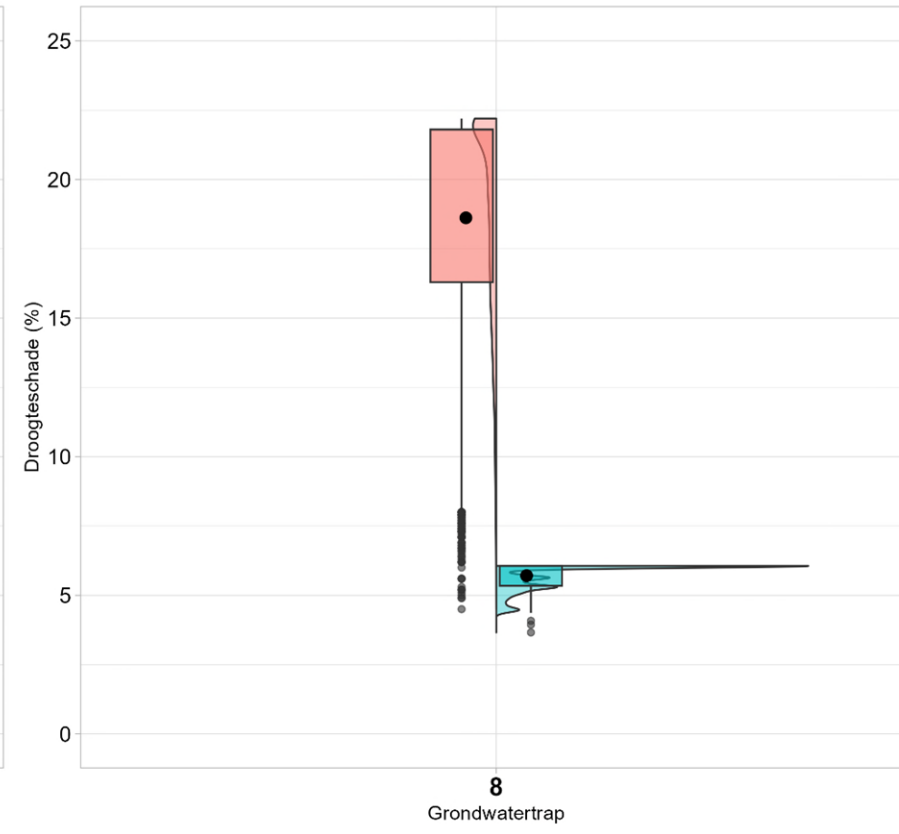
Violgrafieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 2006 & consumptieaardappelen



Onderzoek WWL

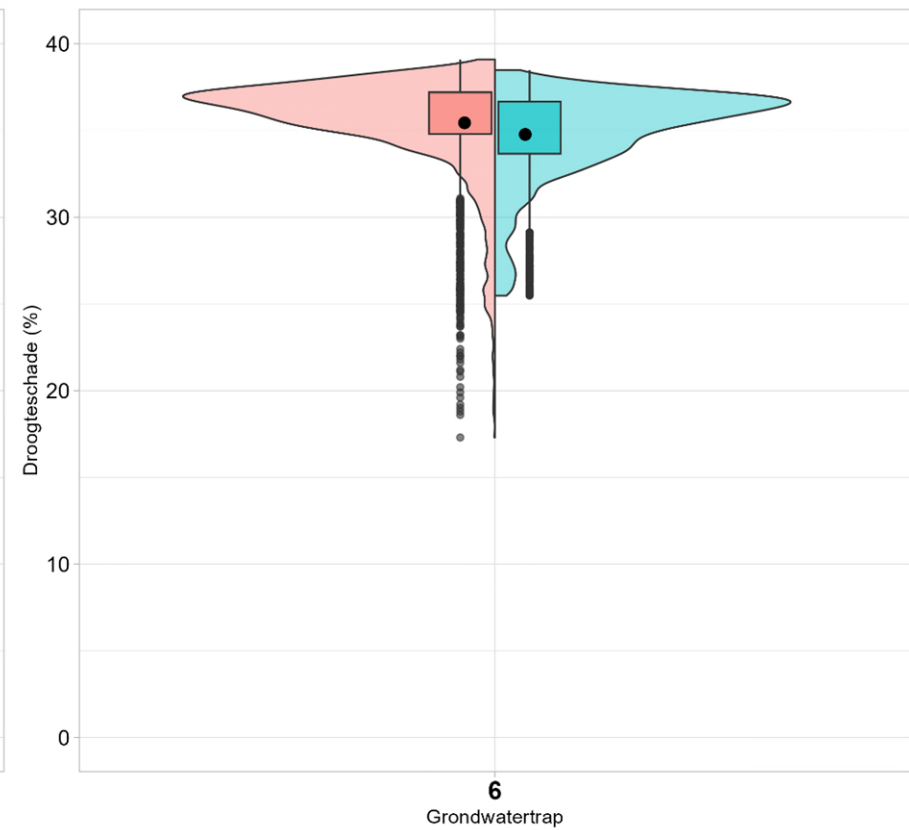
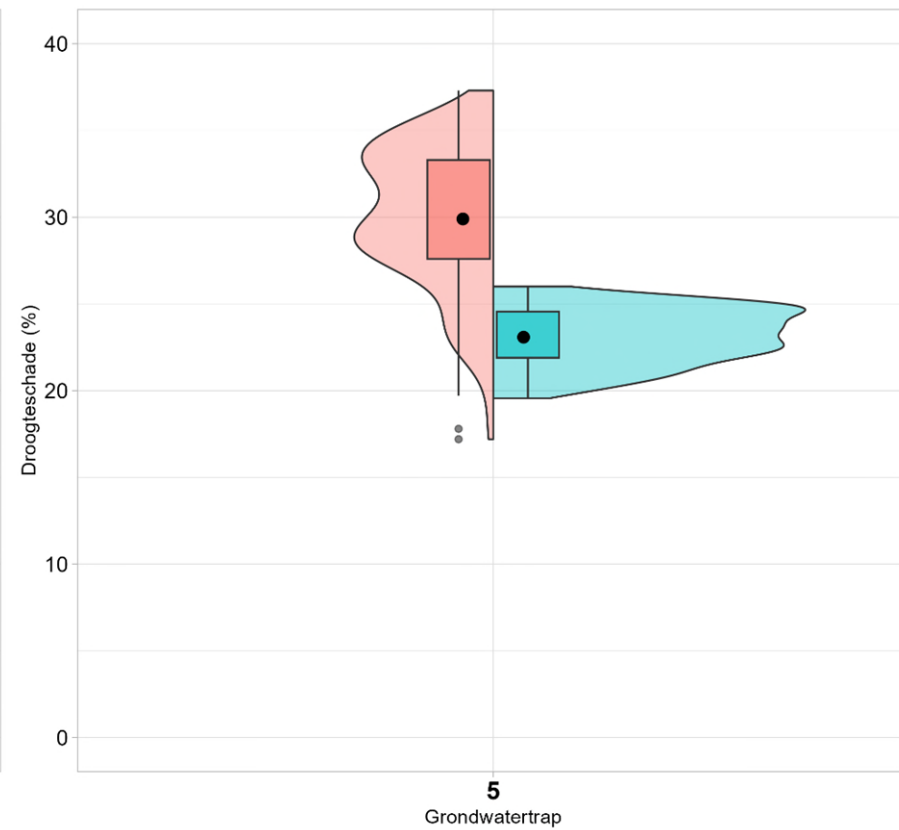
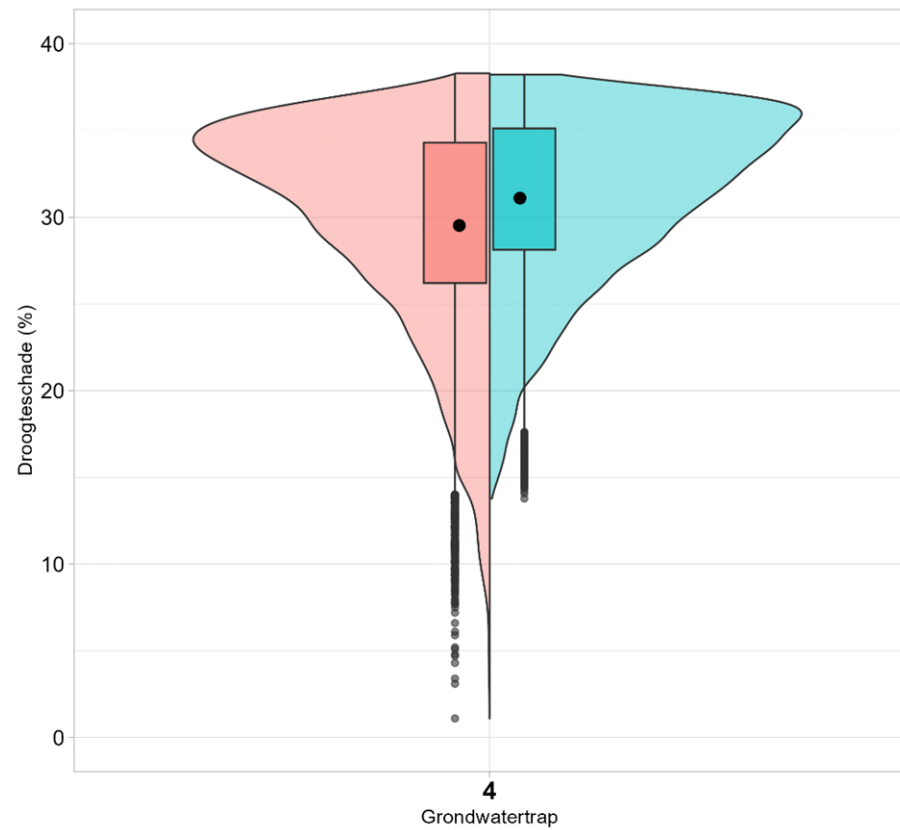
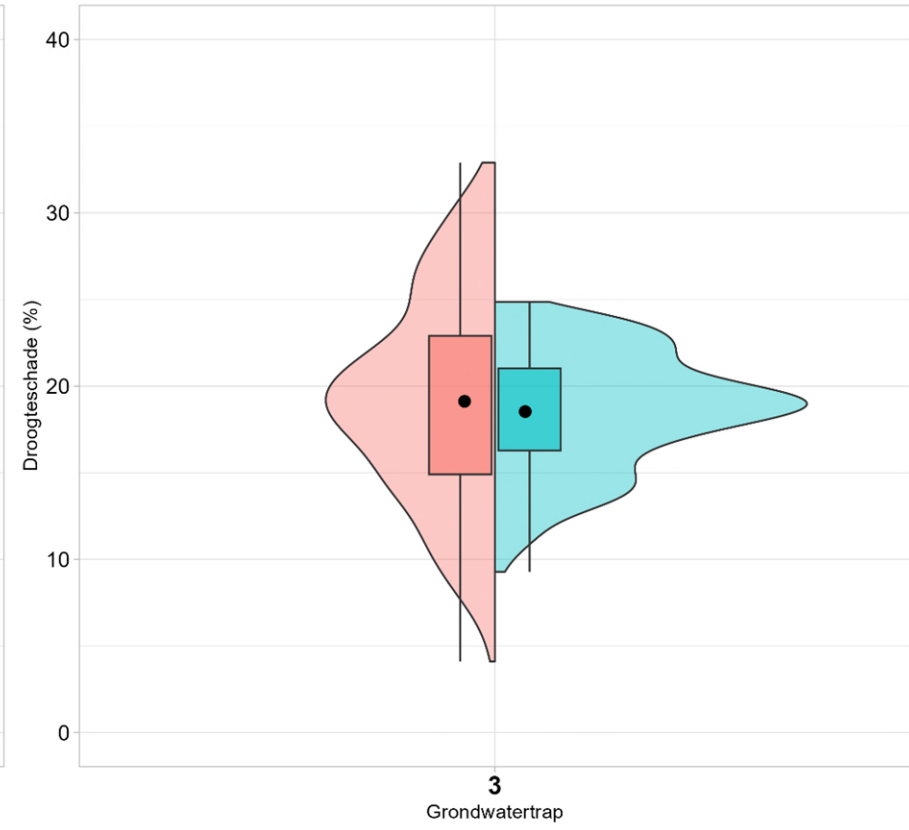
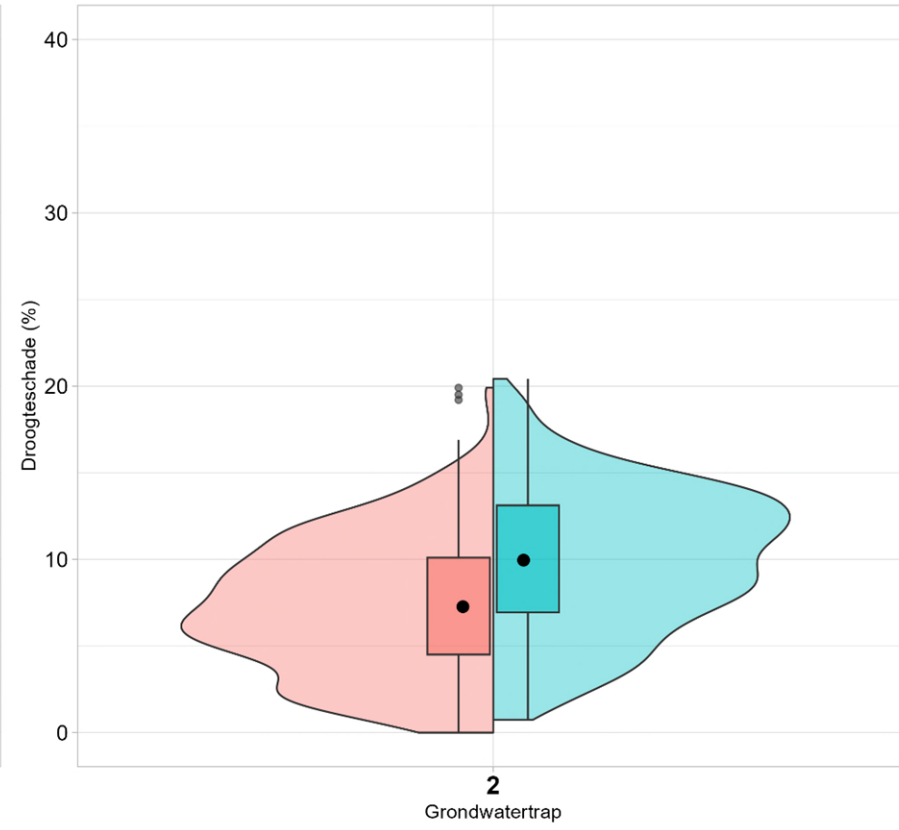
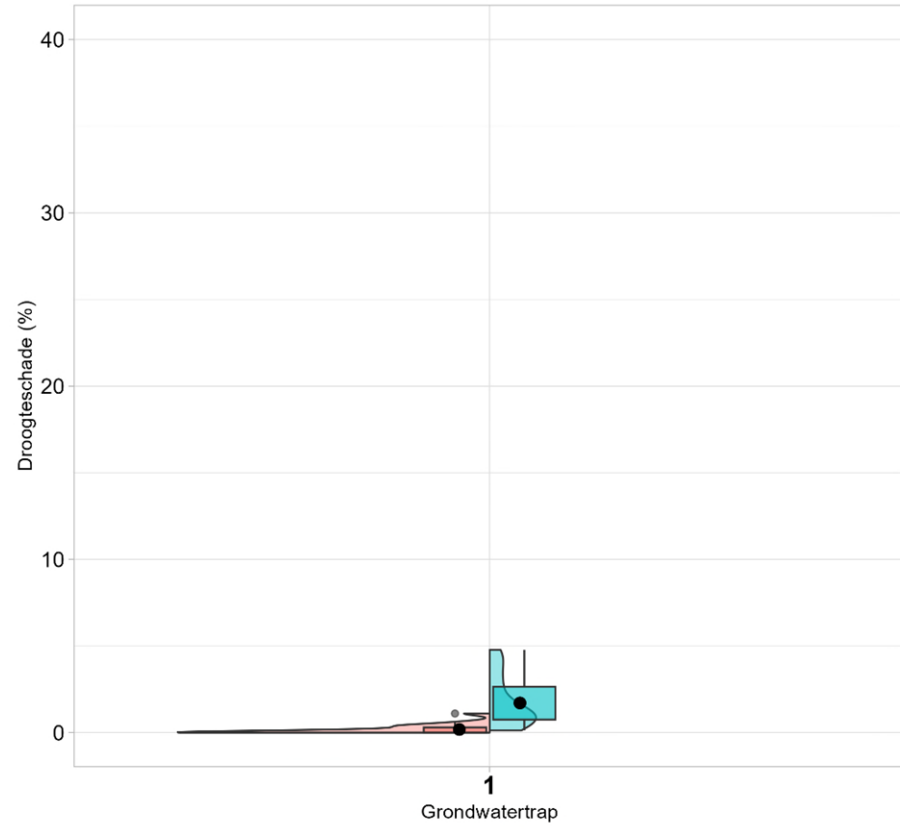


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

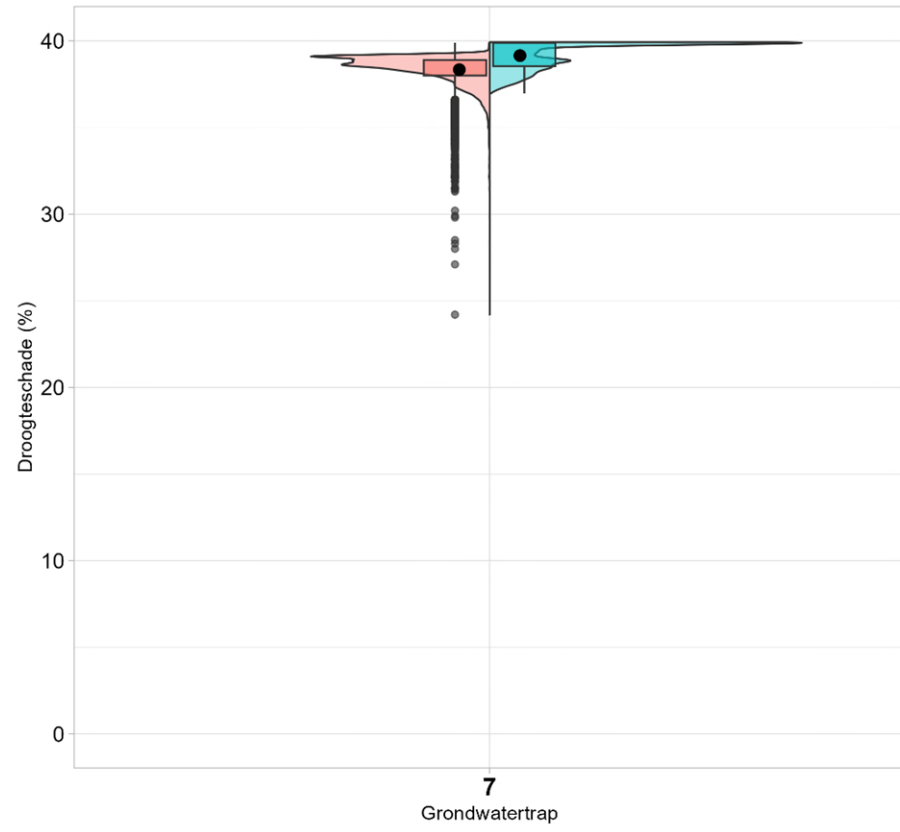


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

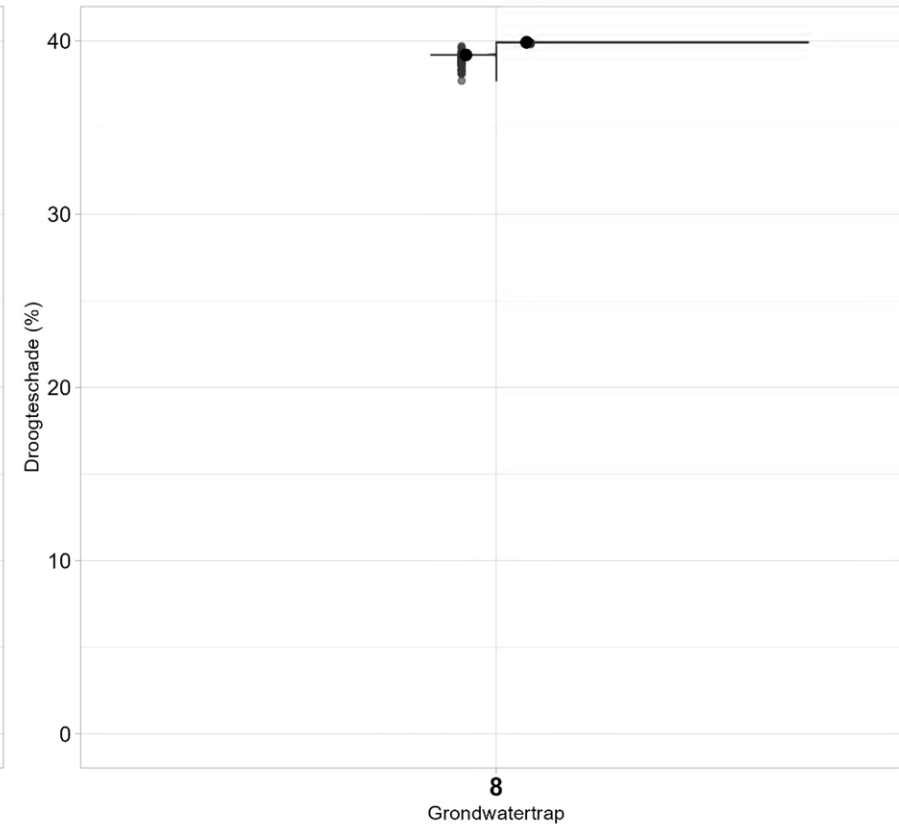
Violografieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 3003 & gras (maaien)



Onderzoek WWL

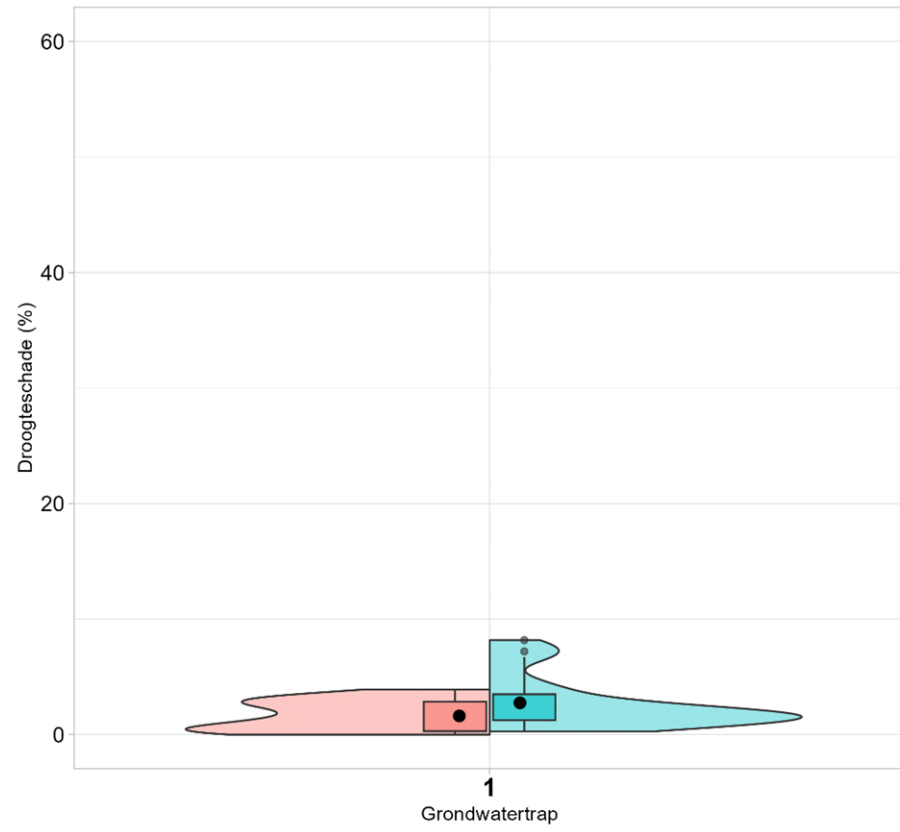


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

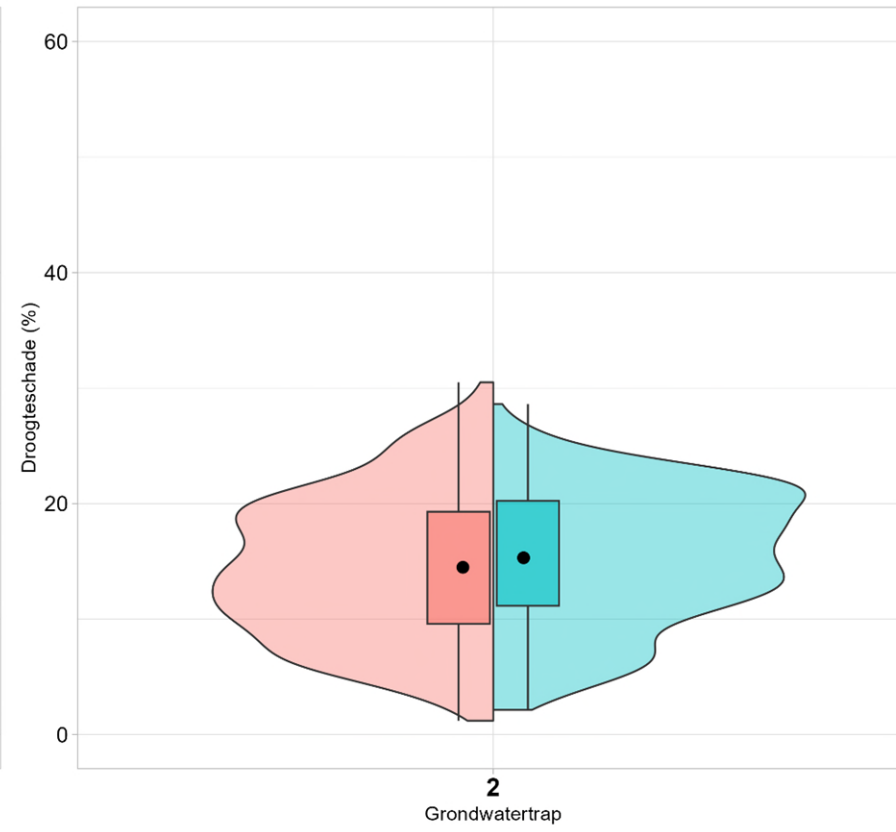


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

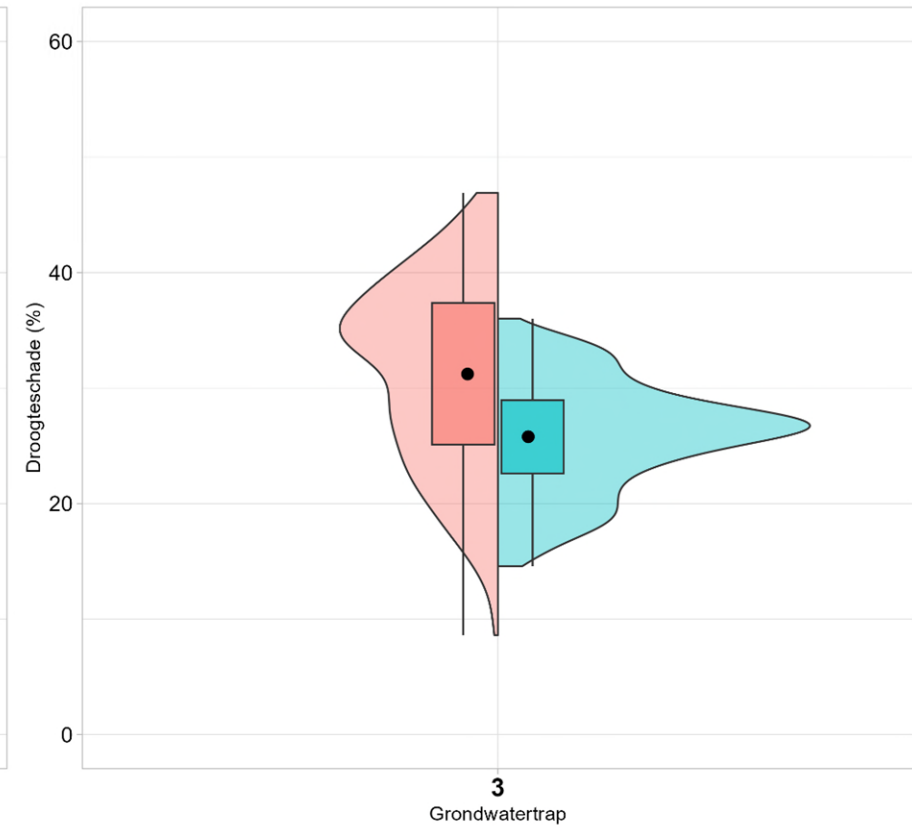
Vioolgrafieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 3003 & snijmais



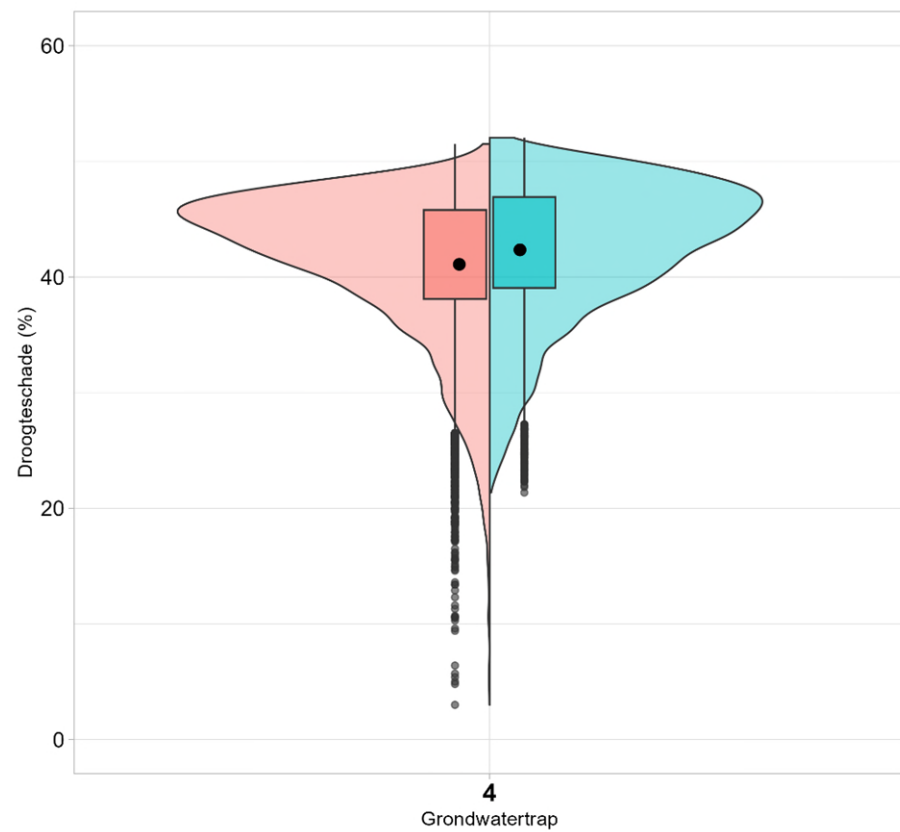
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



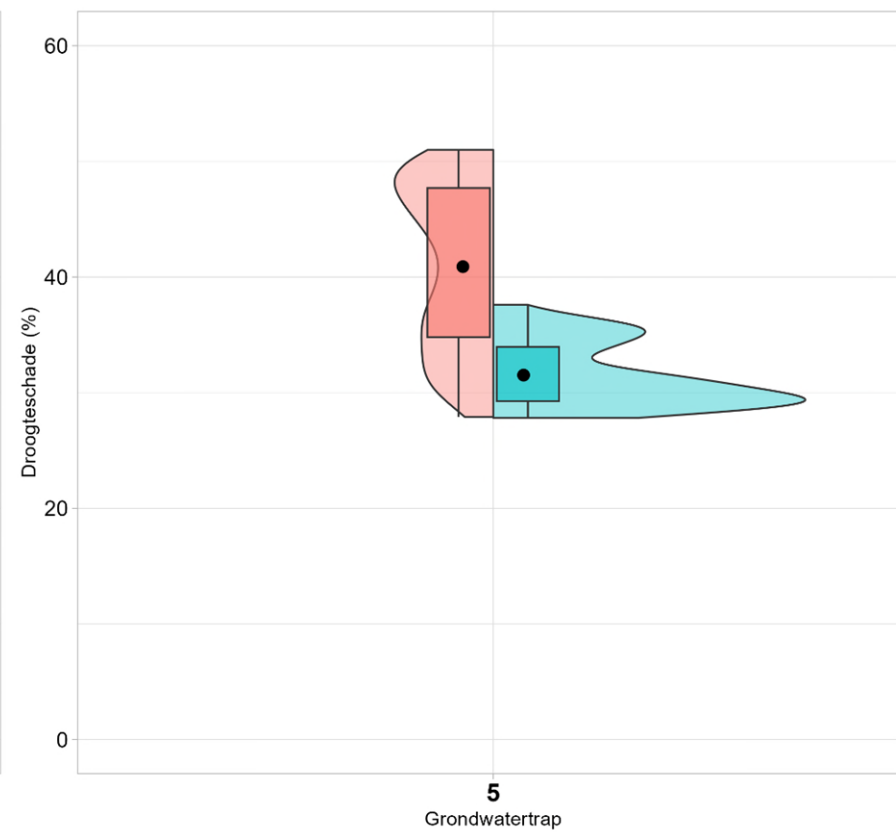
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



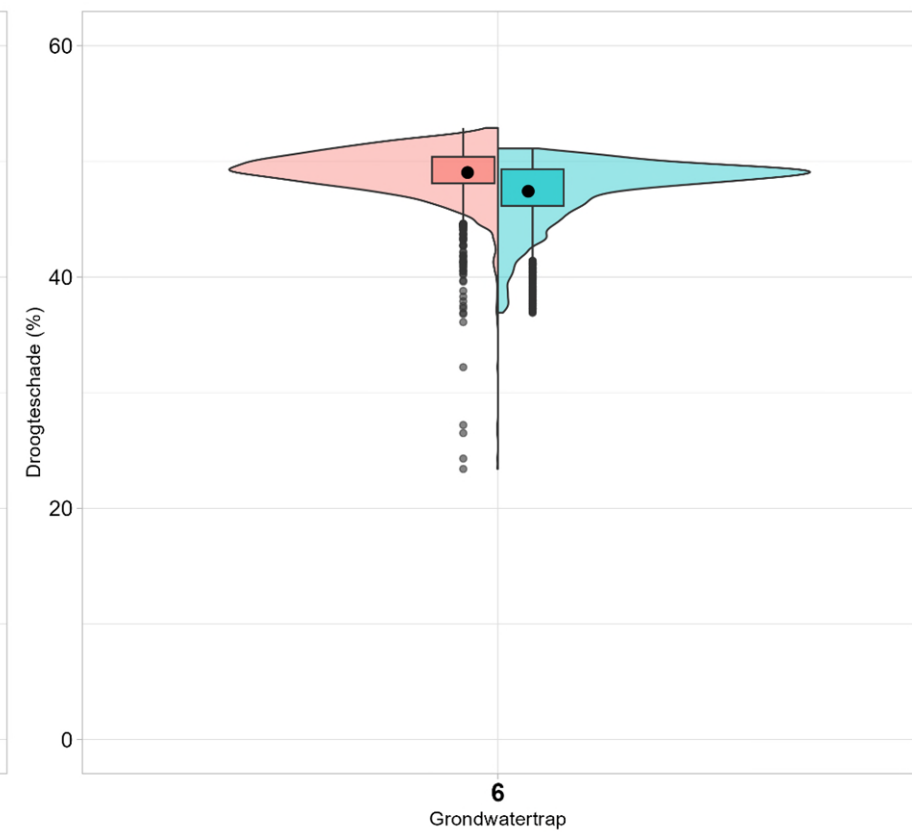
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

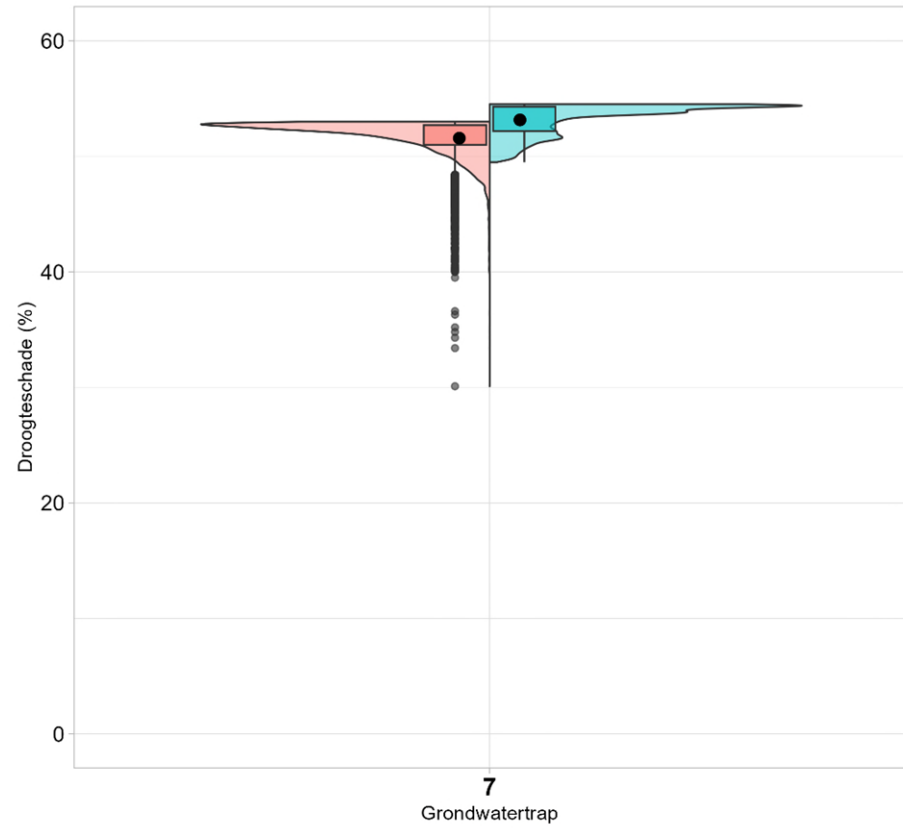


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

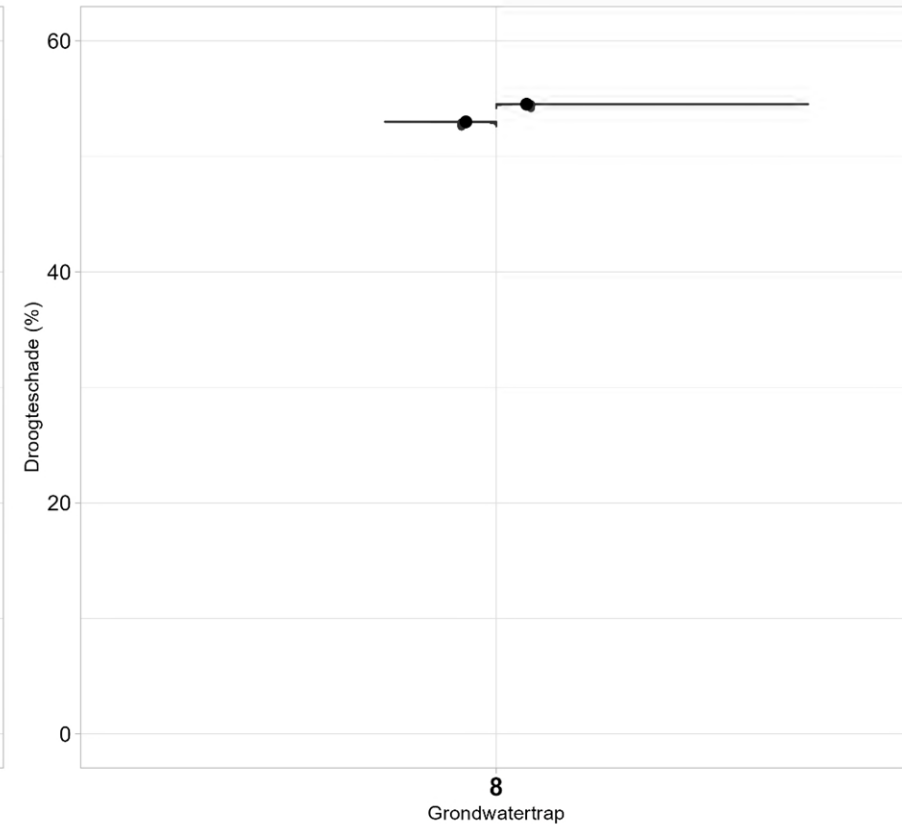


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

Onderzoek WWL

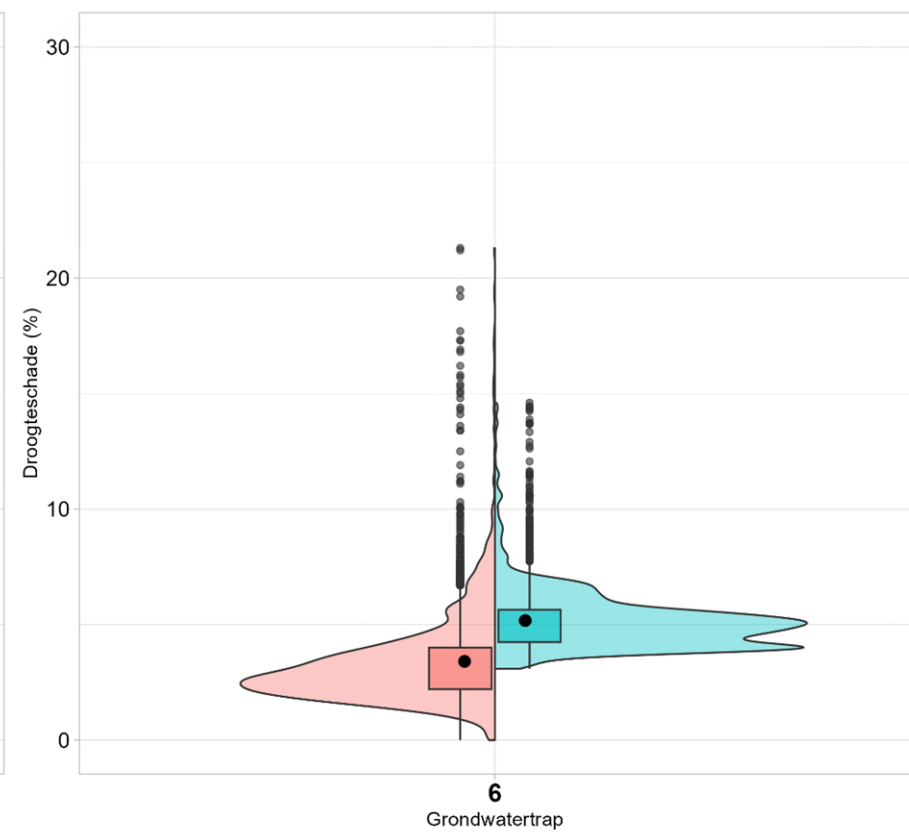
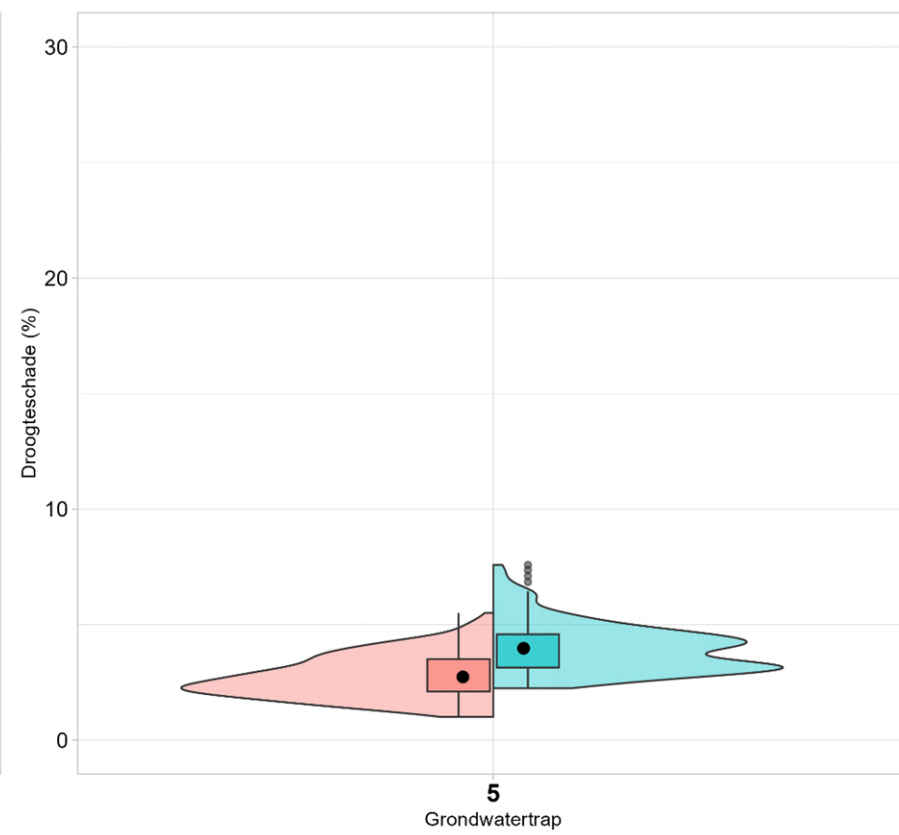
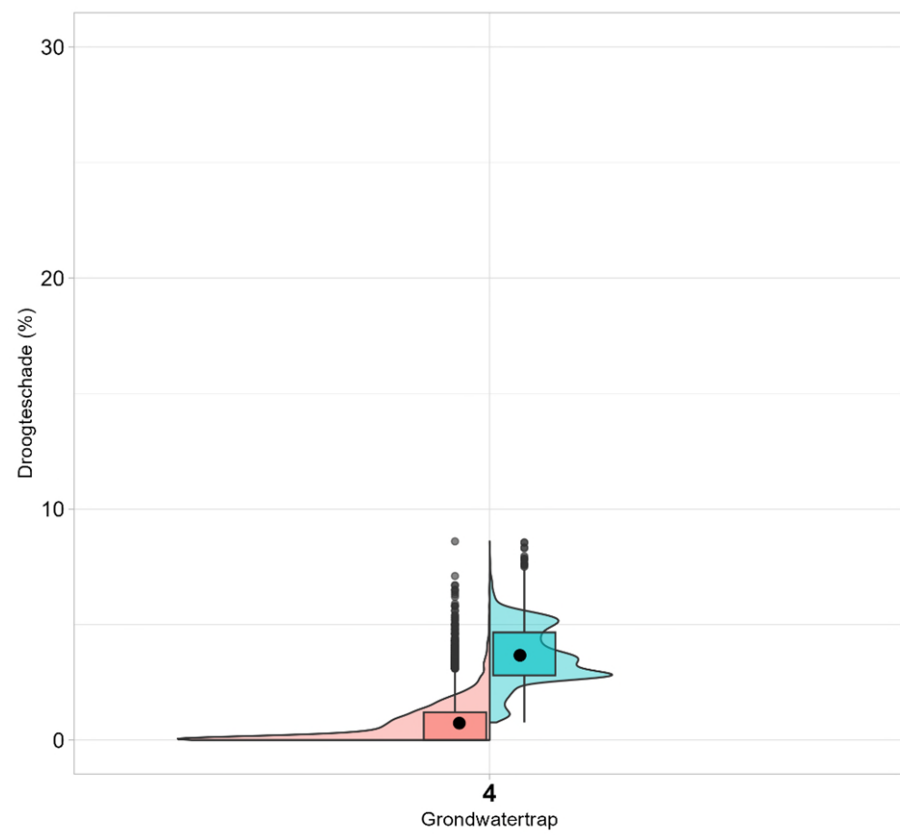
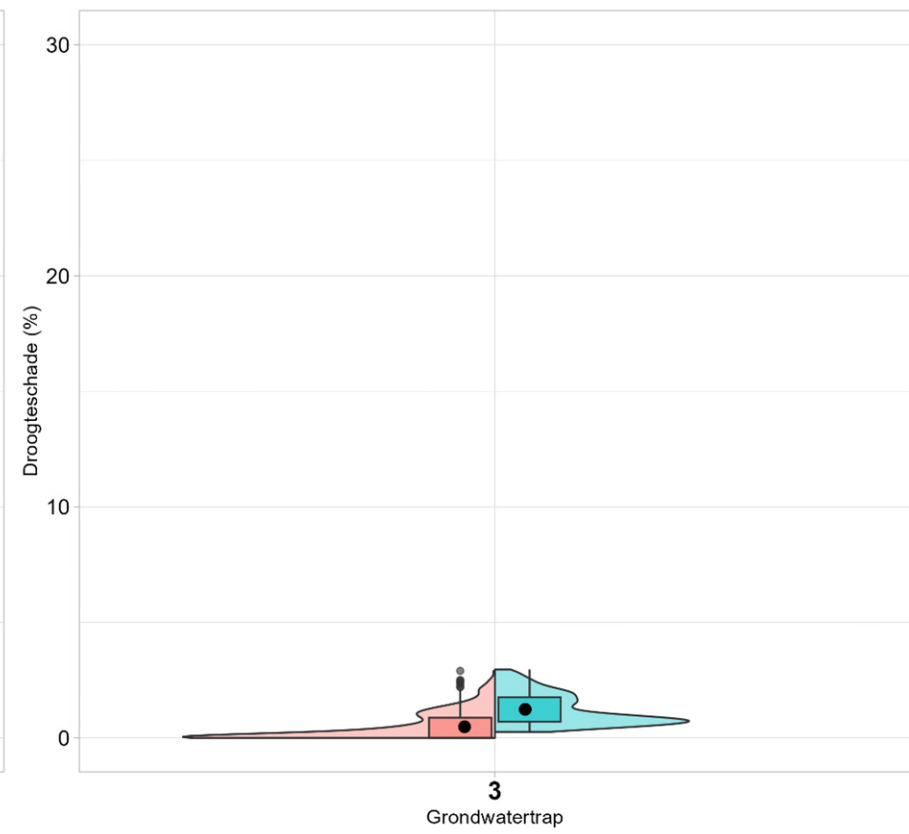
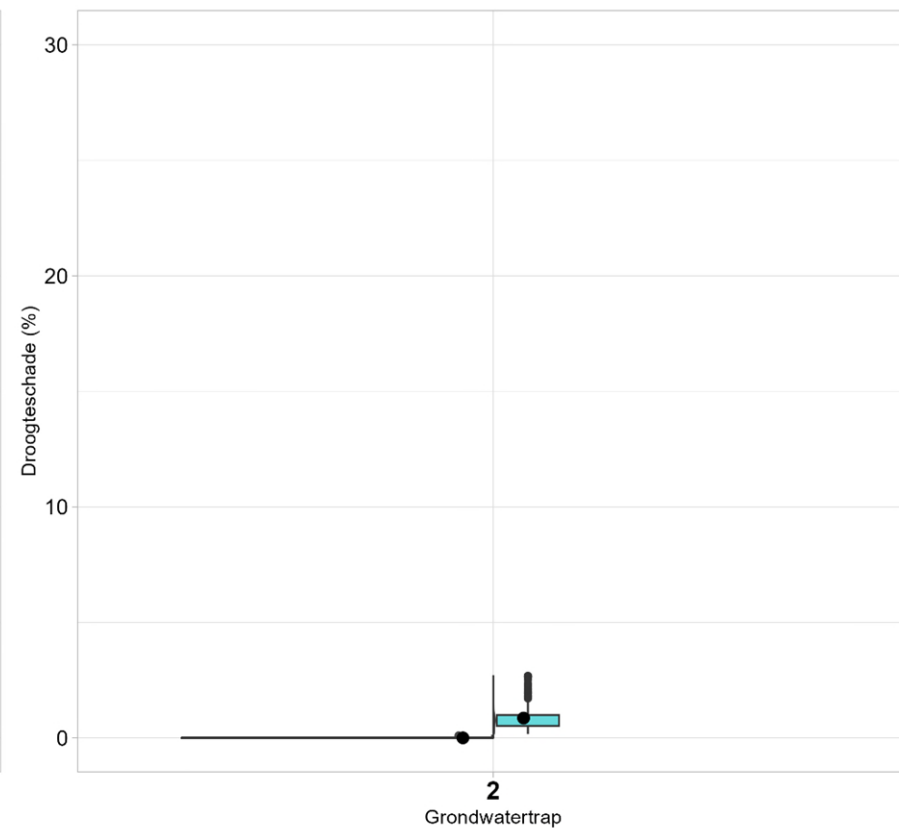
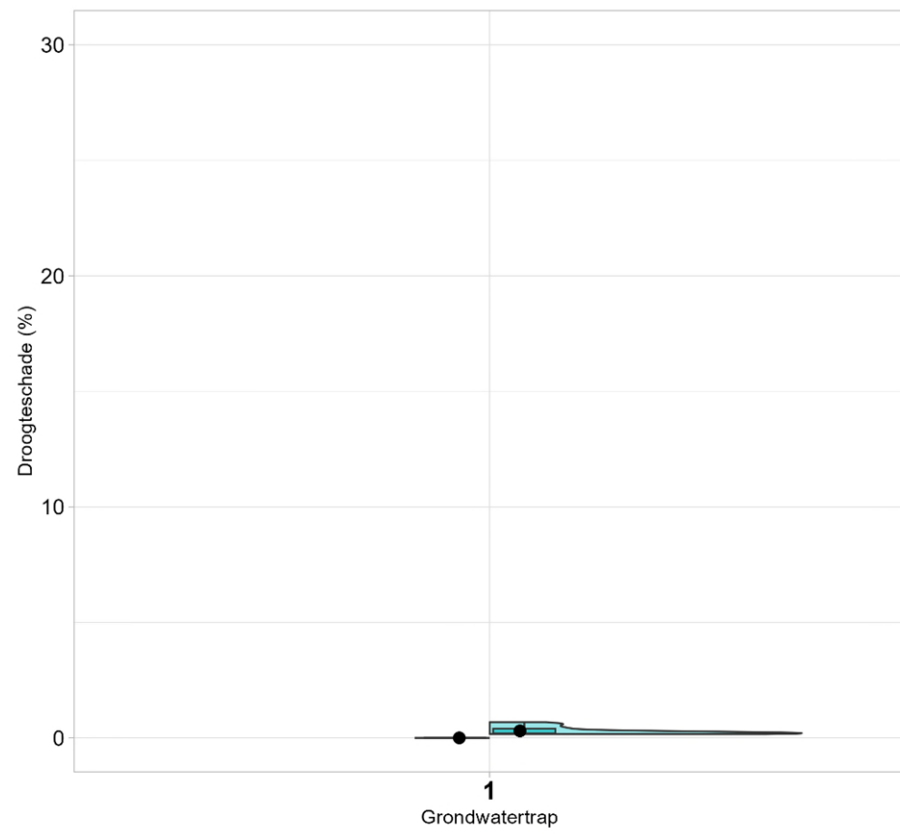


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

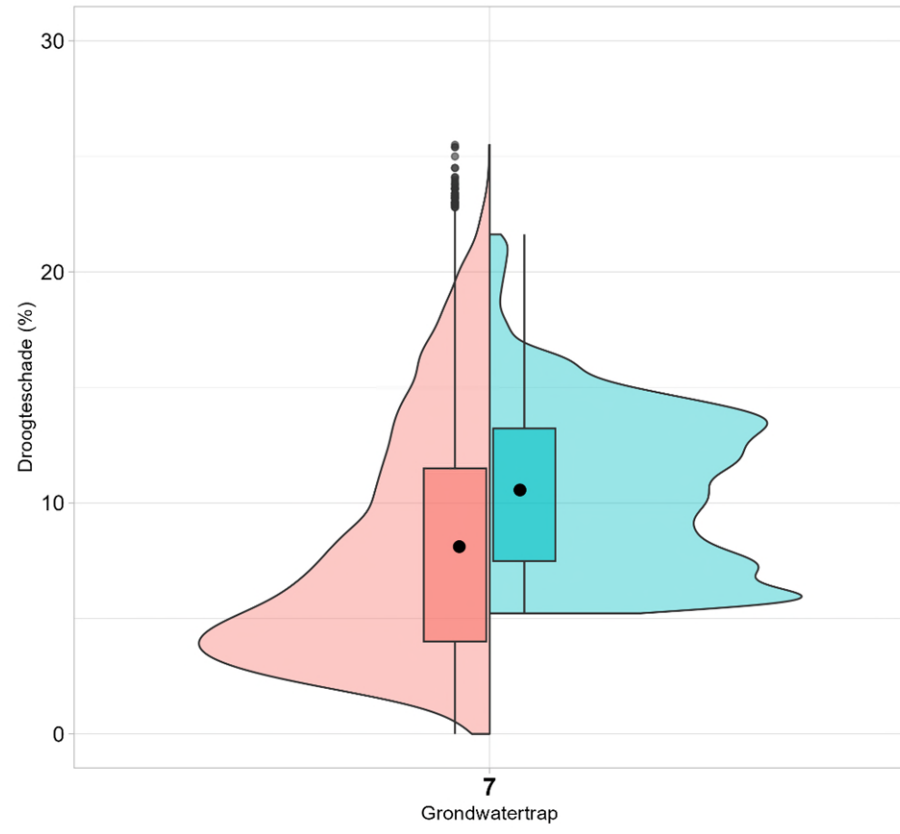


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

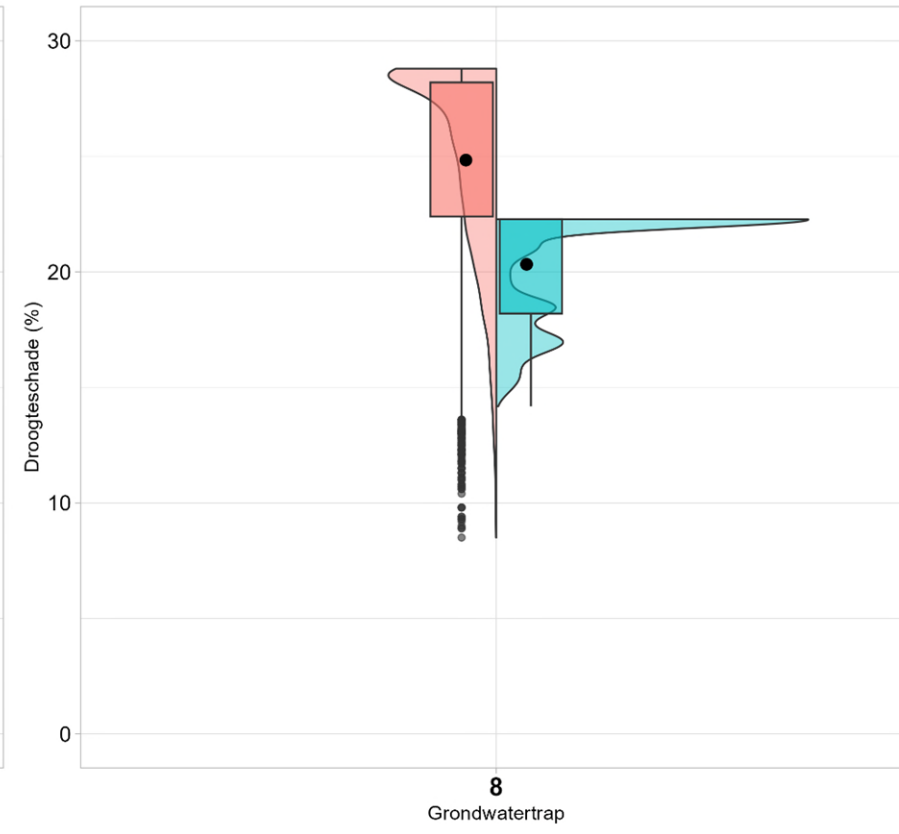
Violgrafieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 3004 & consumptieaardappelen



Onderzoek WWL

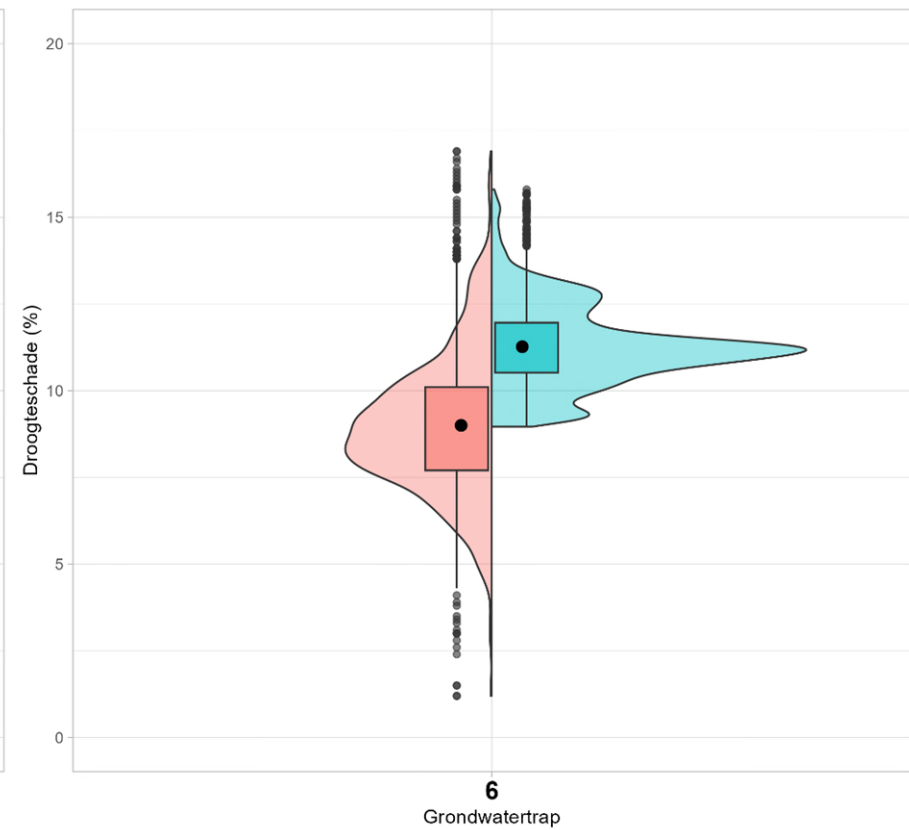
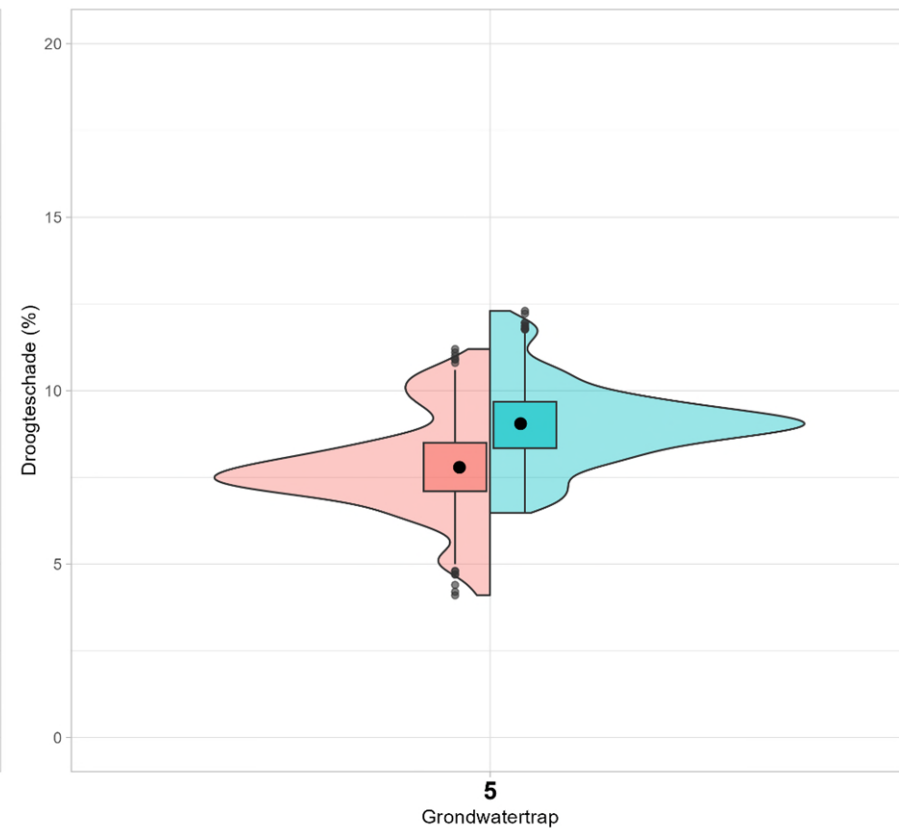
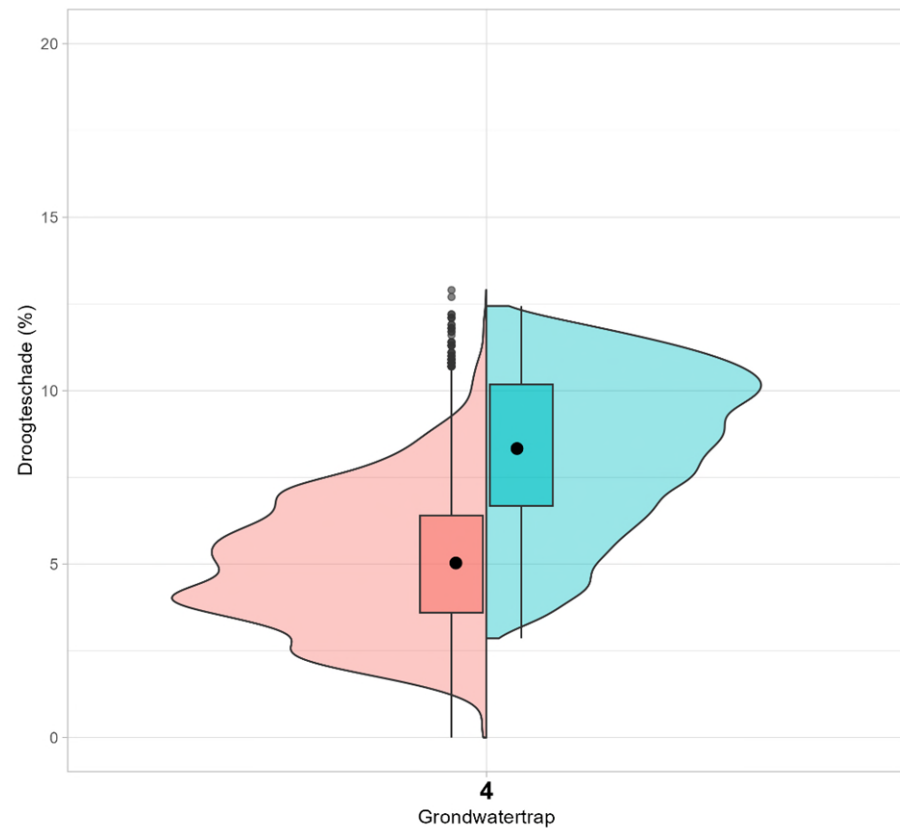
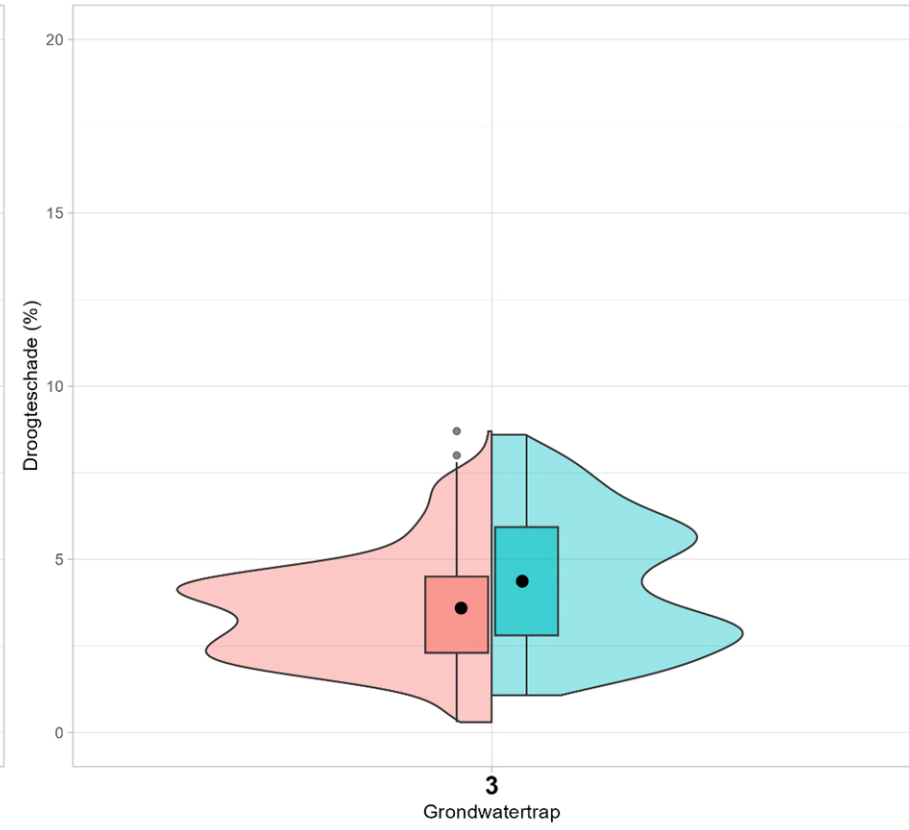
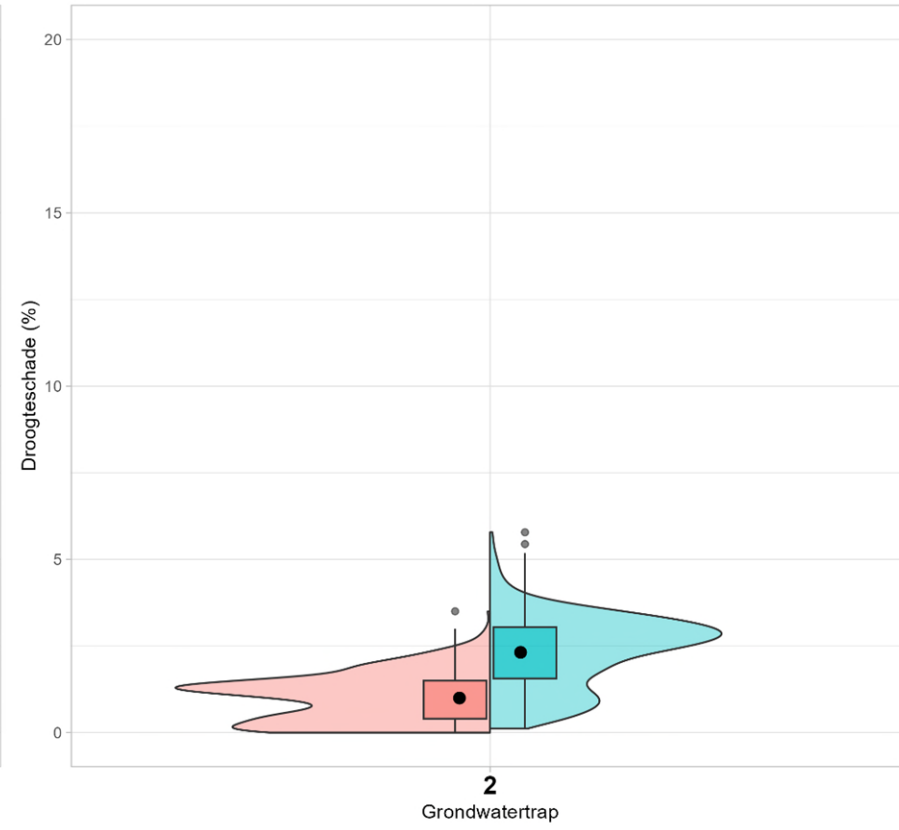
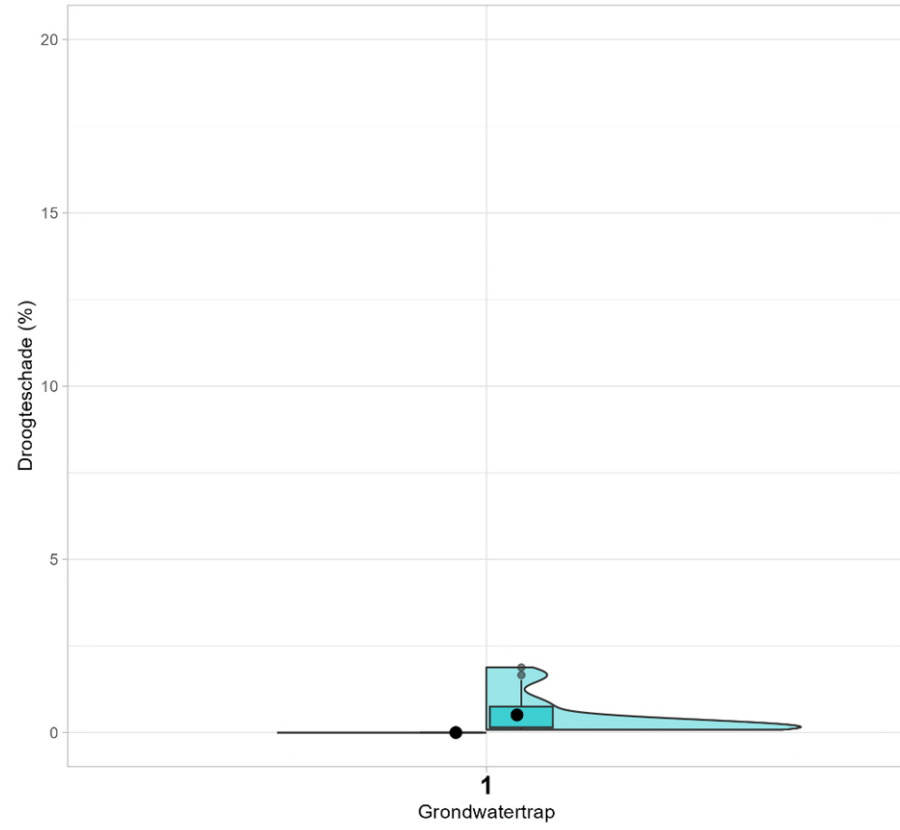


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

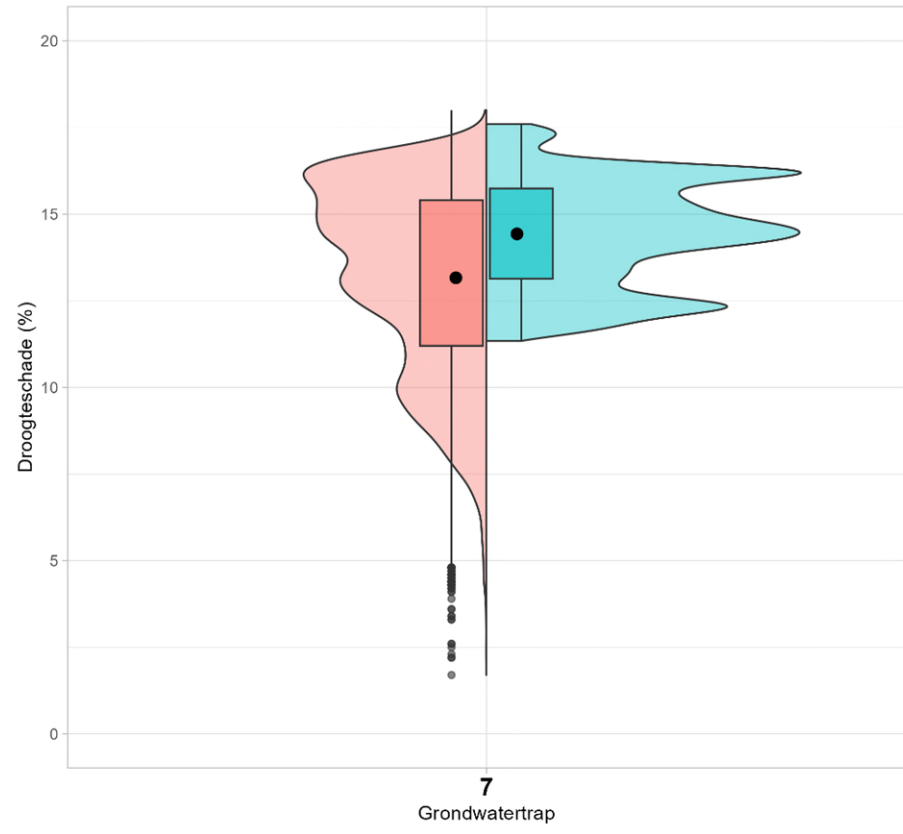


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

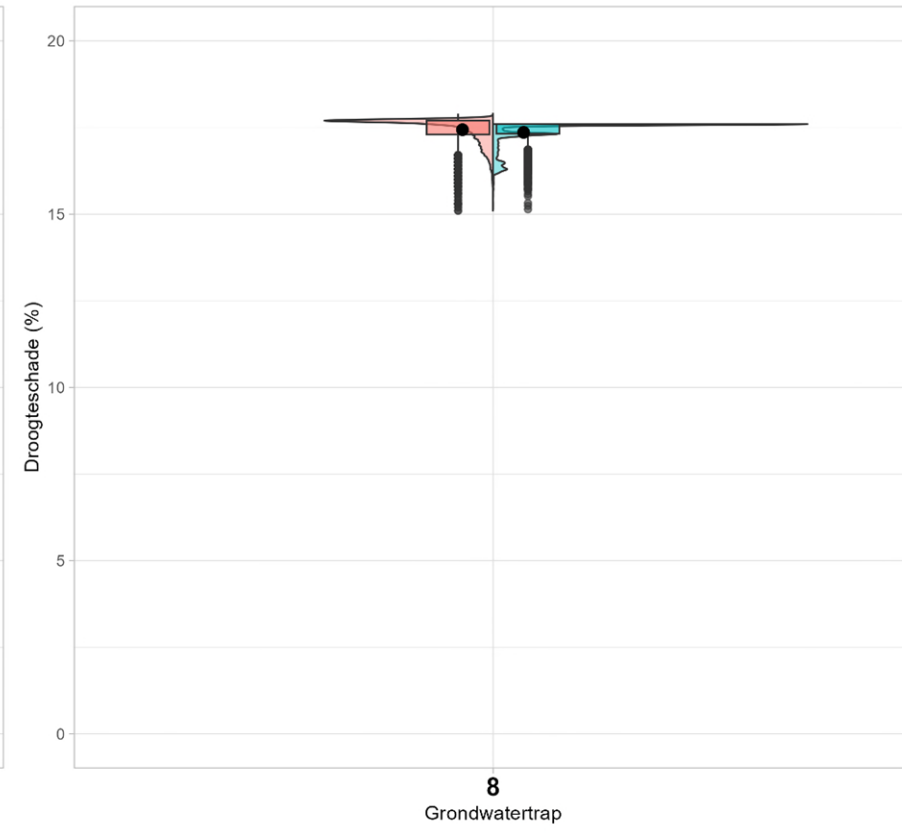
Violografieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 3012 & gras (maaien)



Onderzoek WWL

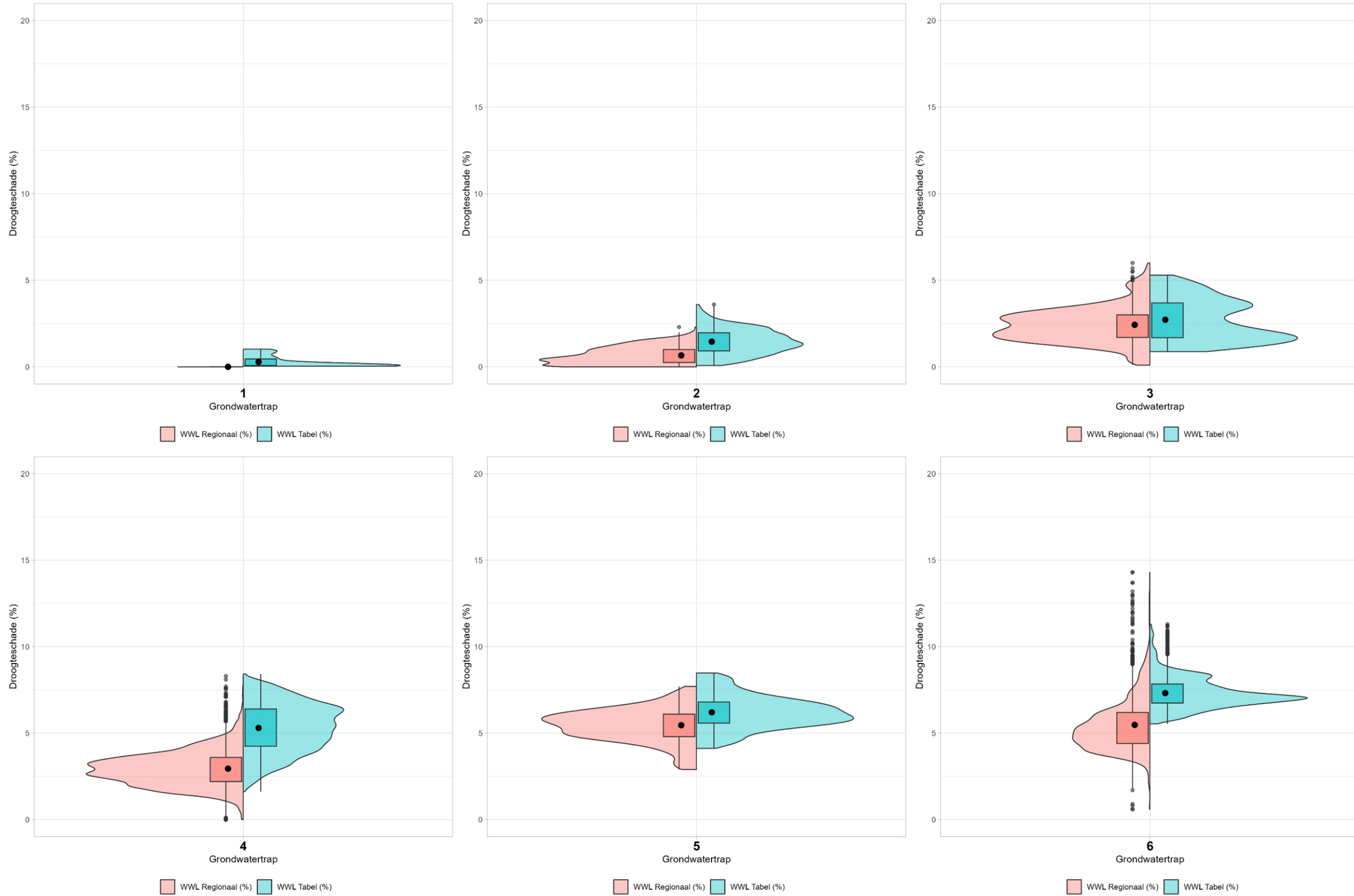


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

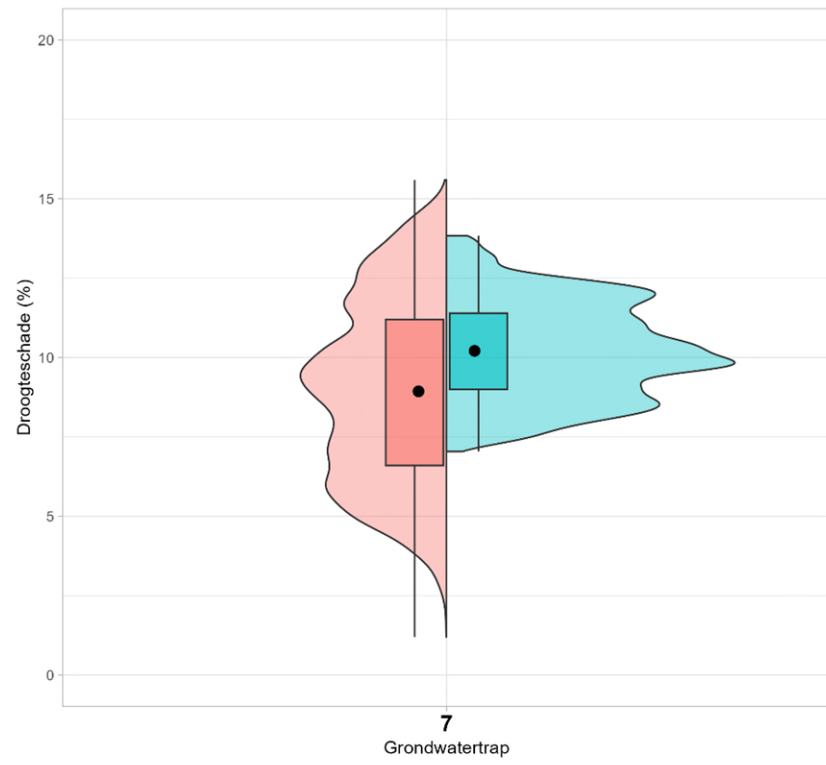


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

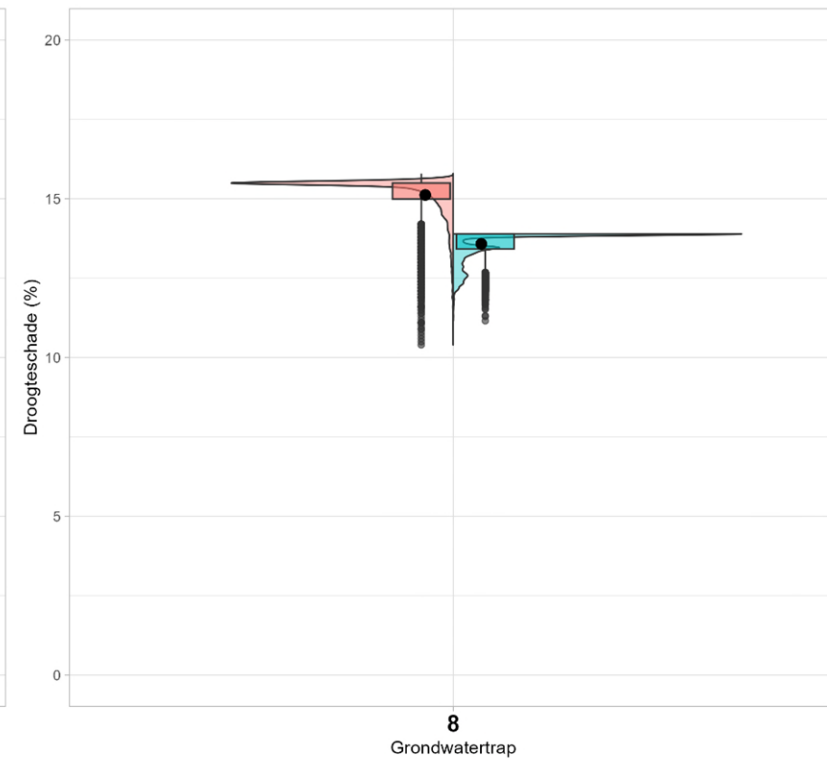
Violografieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 3015 & gras (maaien)



Onderzoek WWL

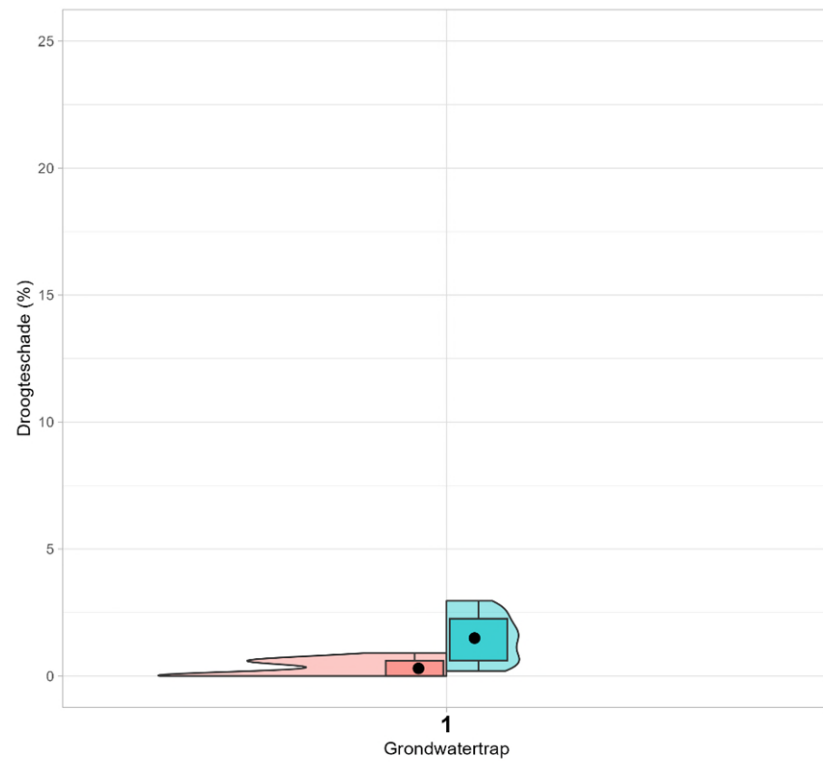


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

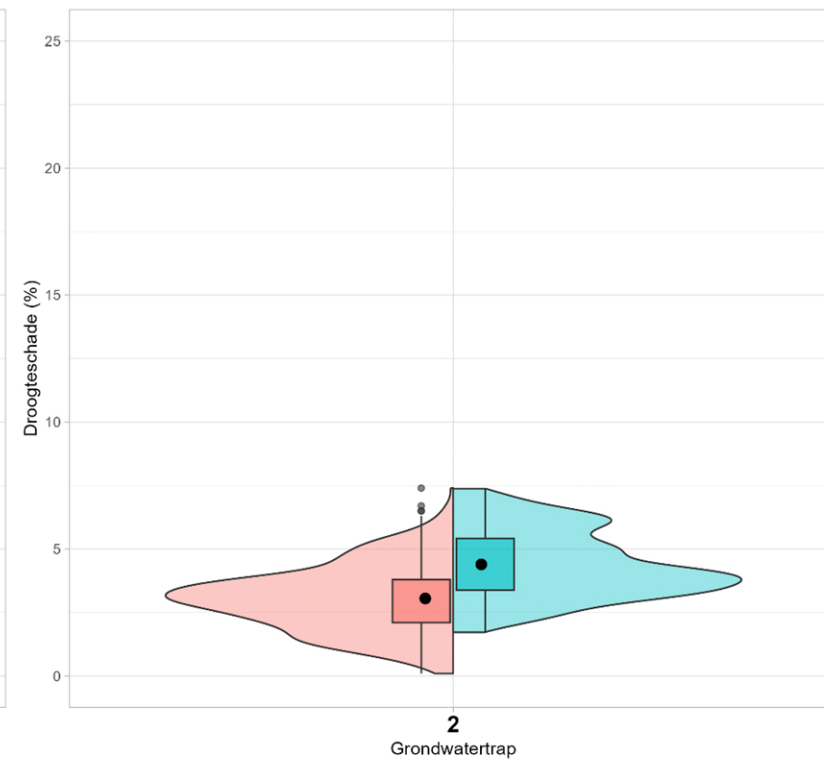


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

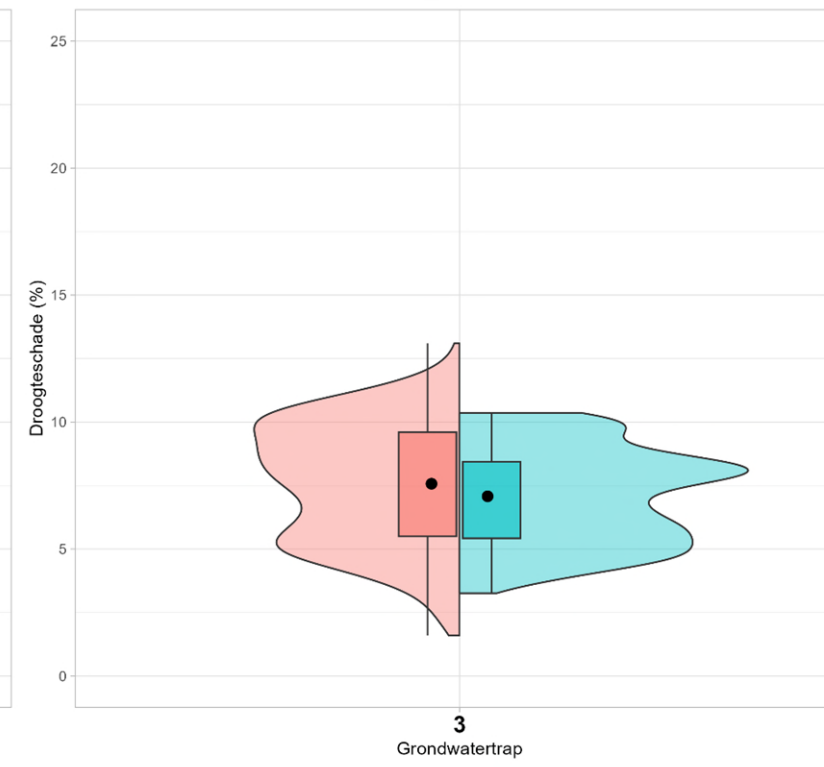
Violgrafieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 3015 & snijmais



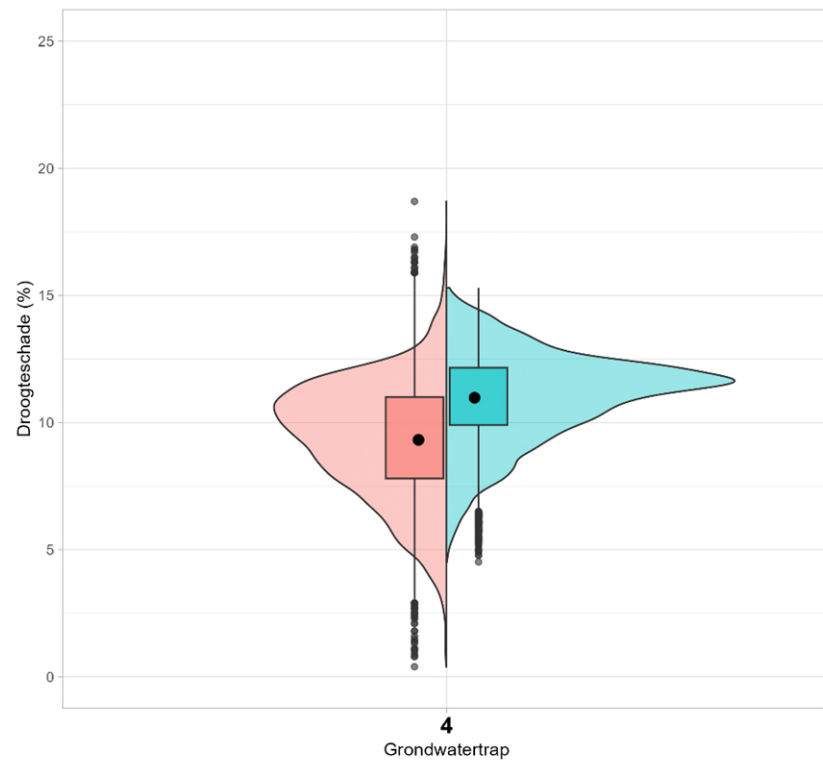
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



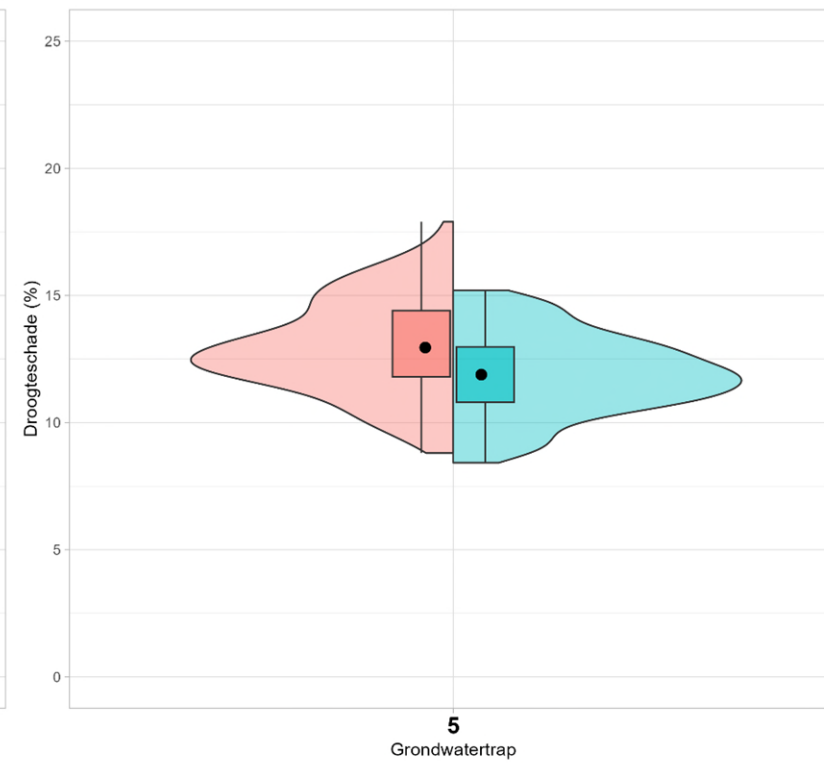
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



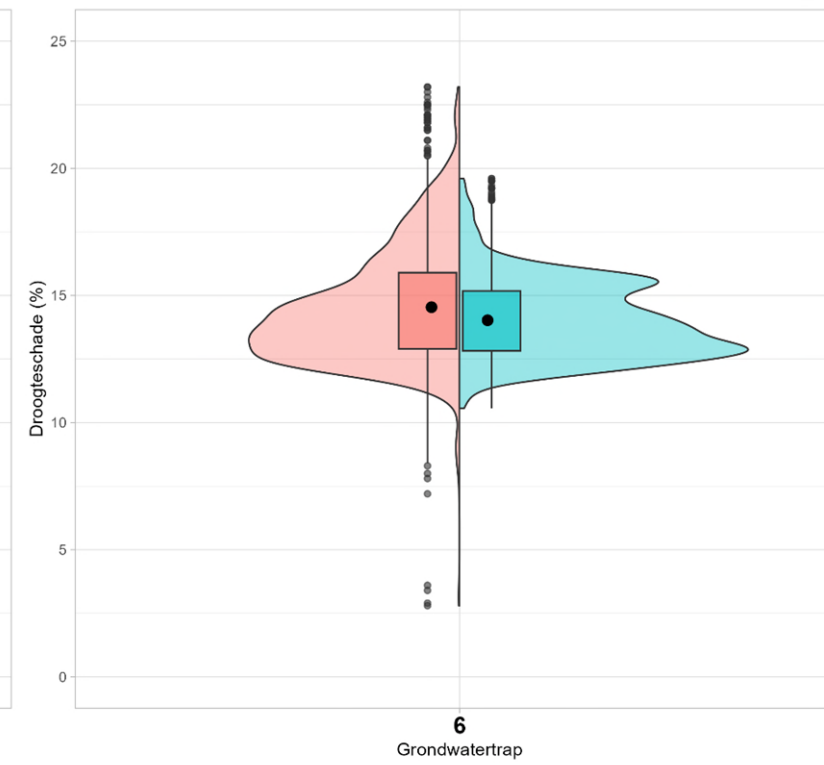
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

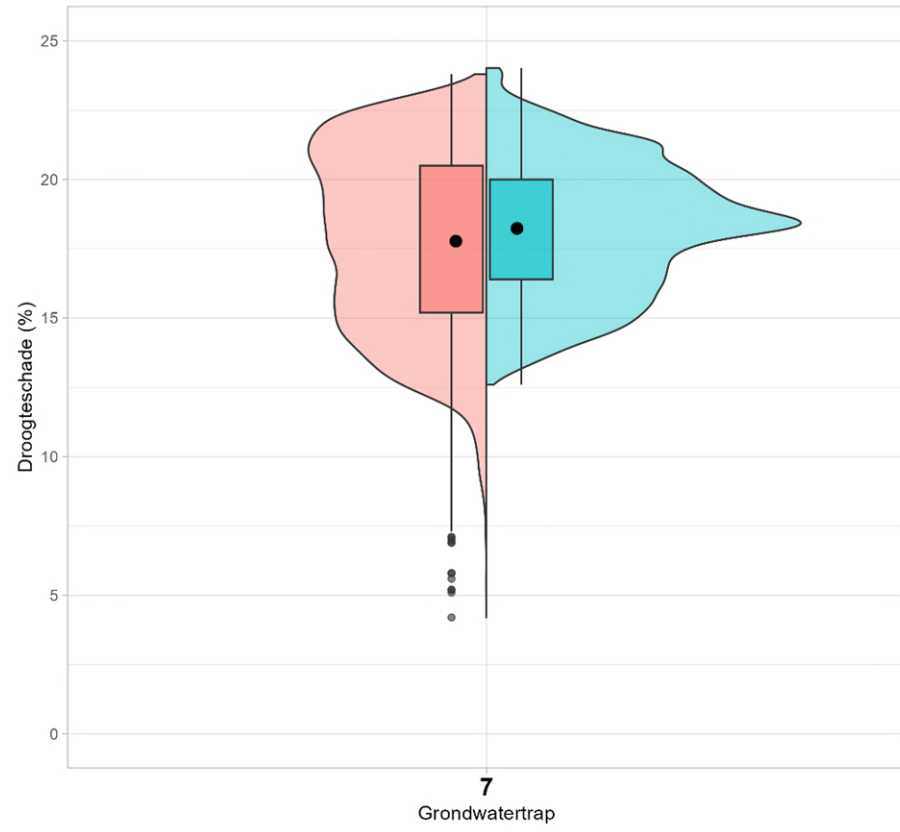


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

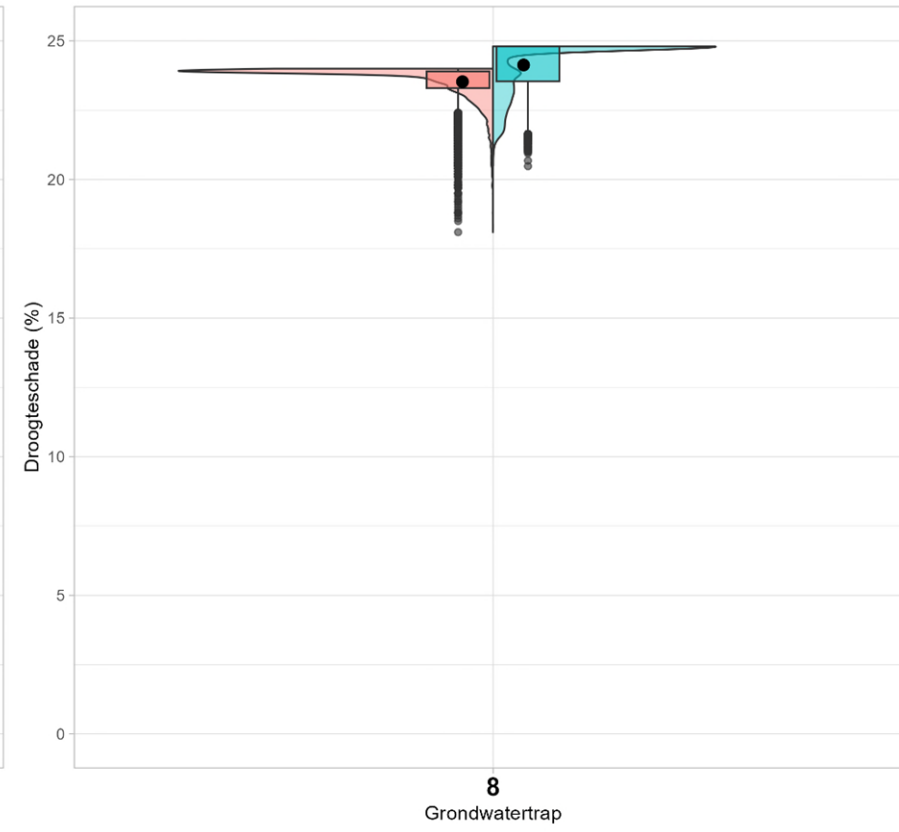


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

Onderzoek WWL

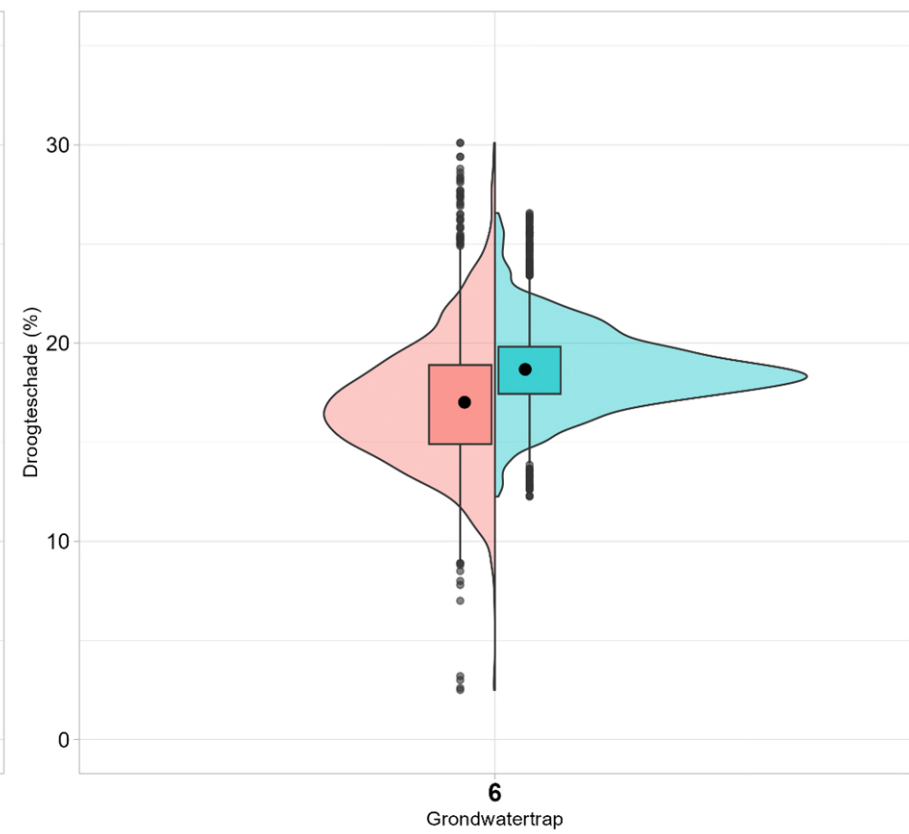
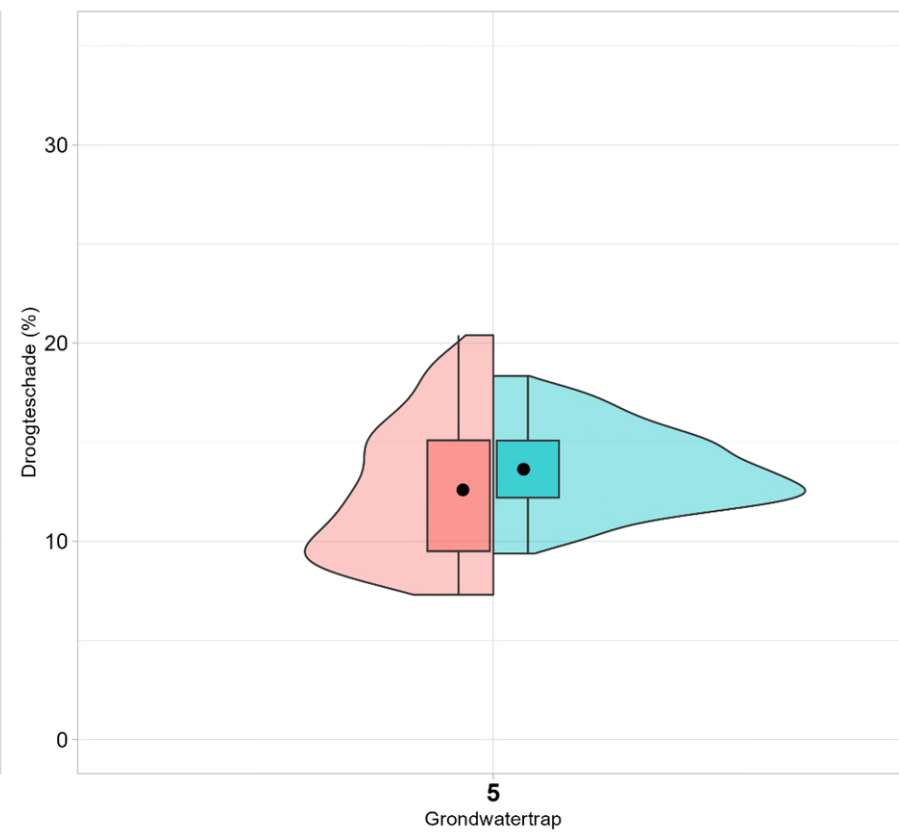
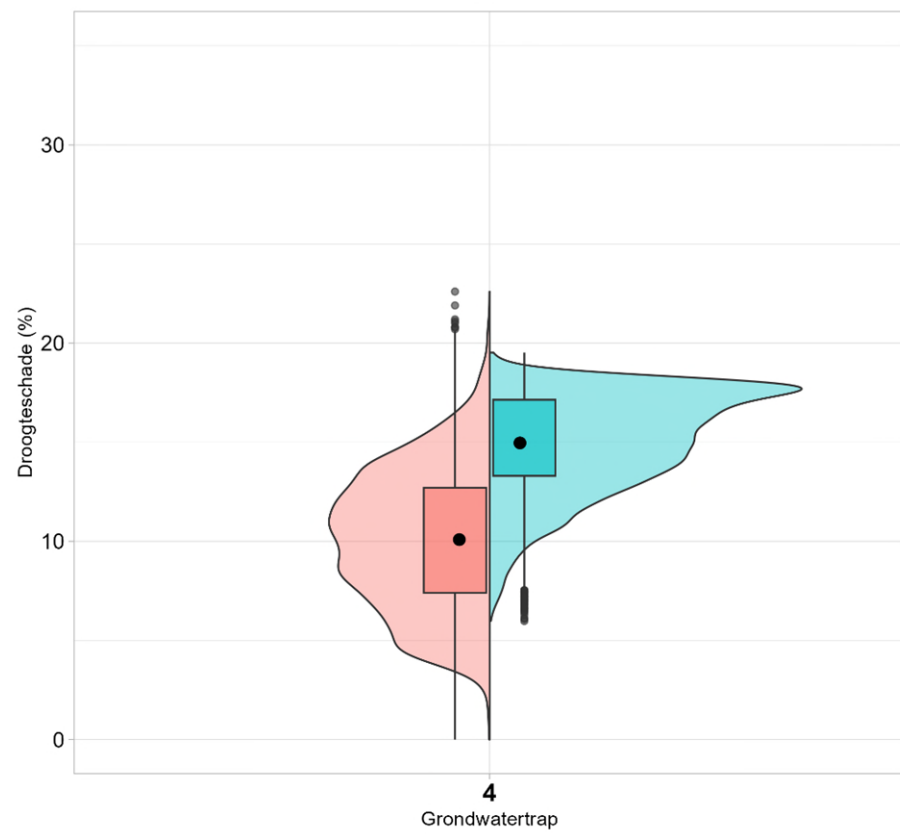
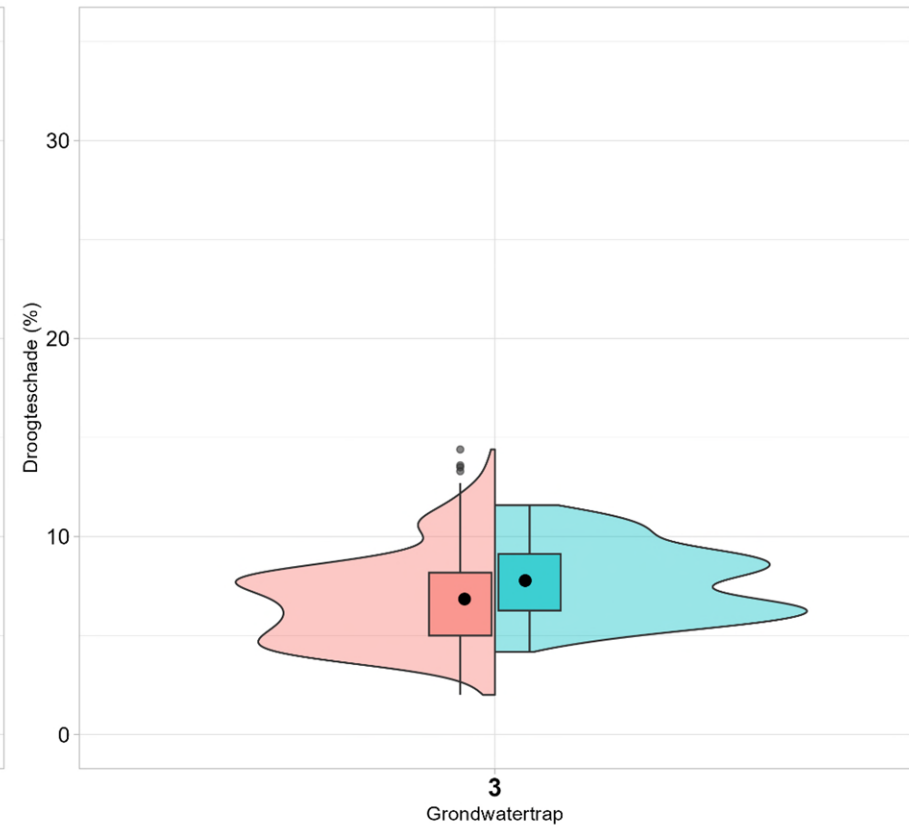
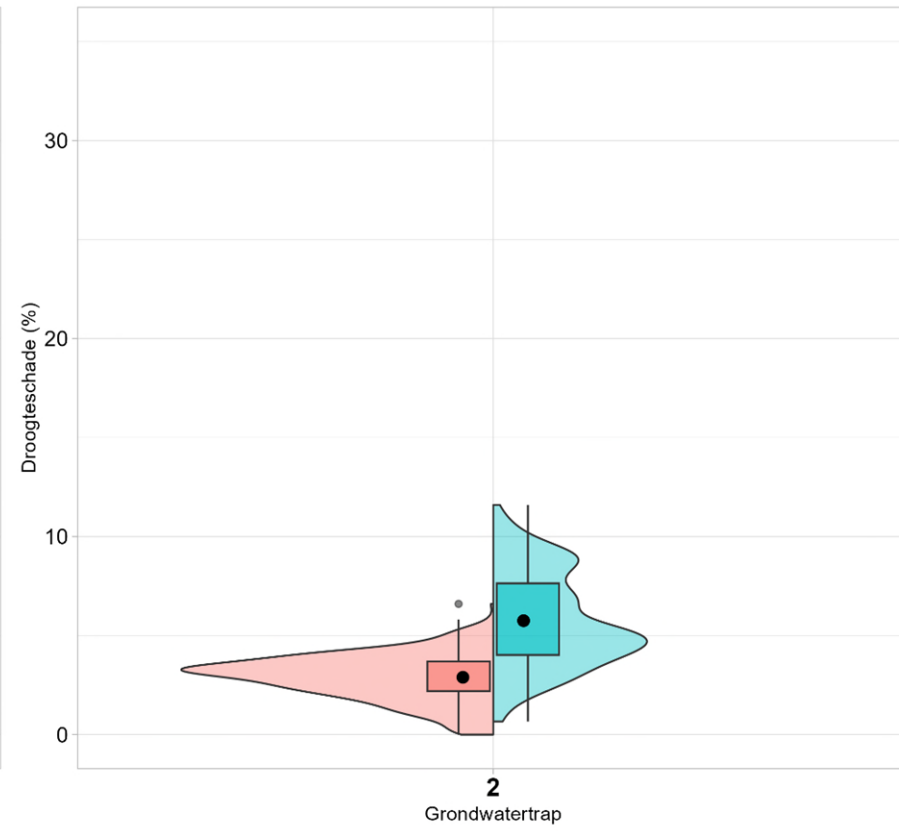
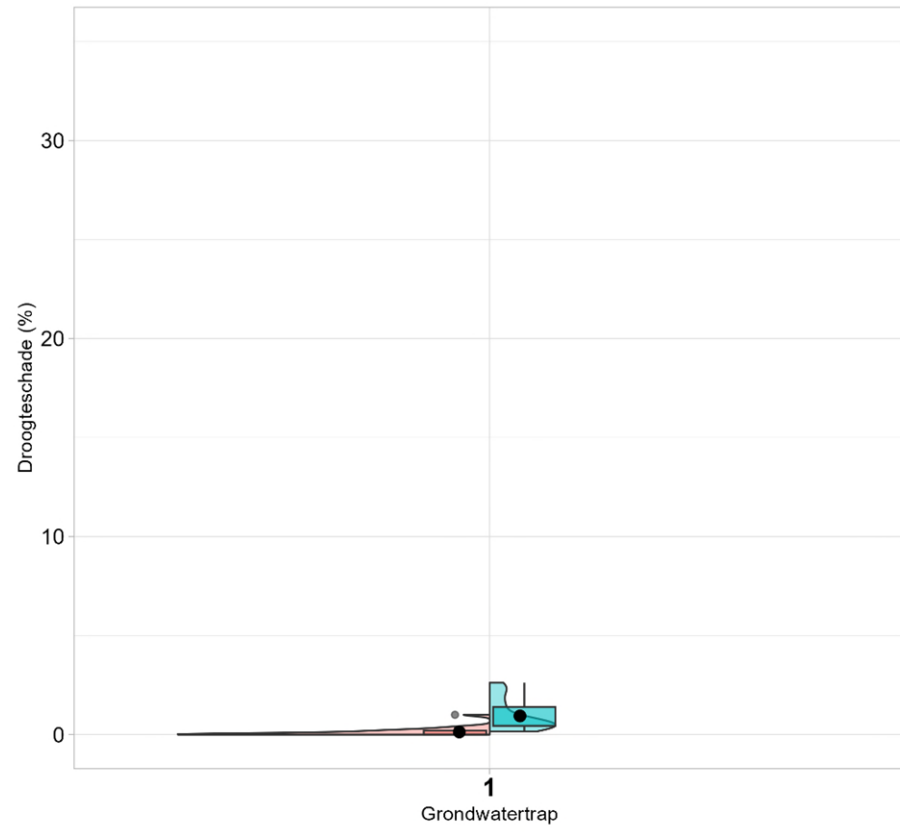


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

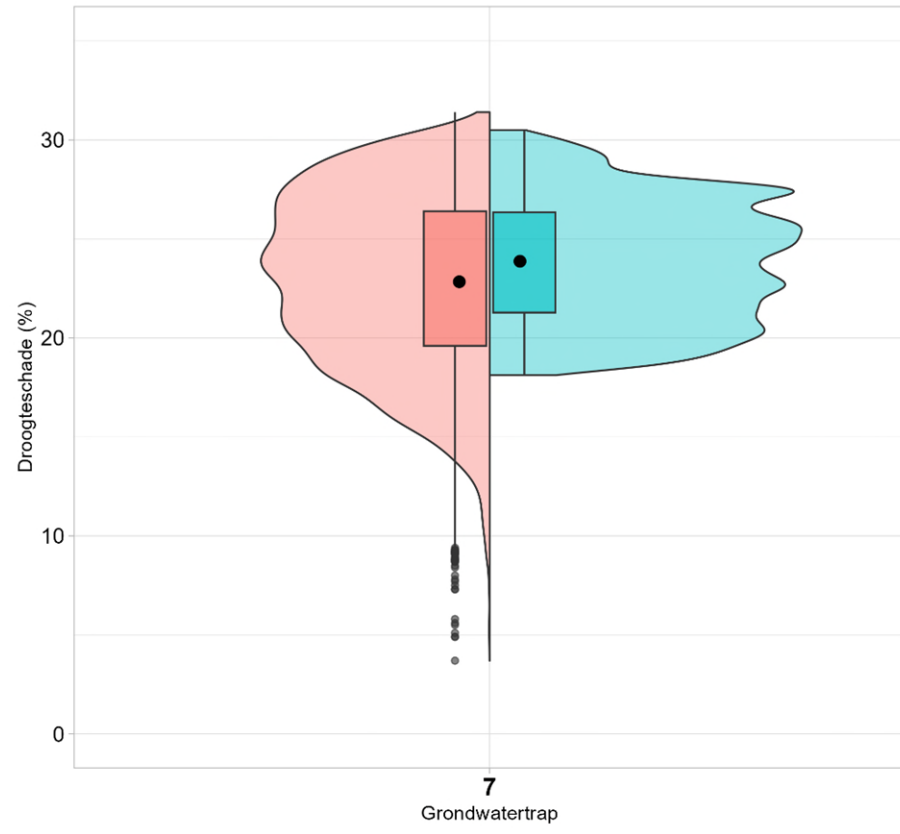


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

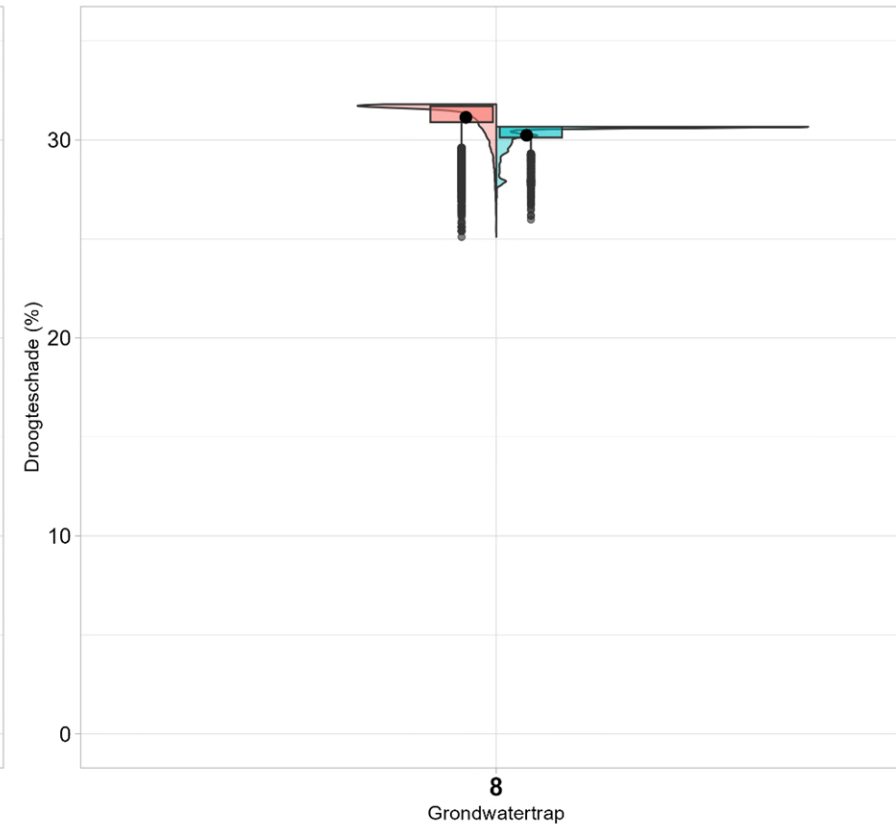
Violgrafieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 3015 & consumptieaardappelen



Onderzoek WWL

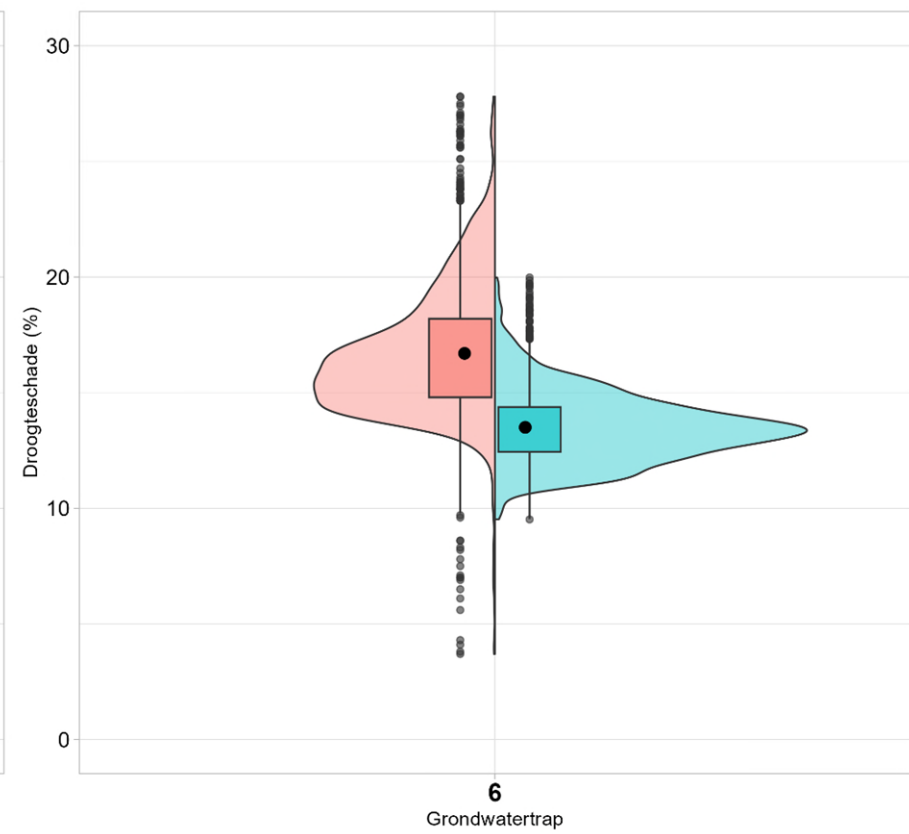
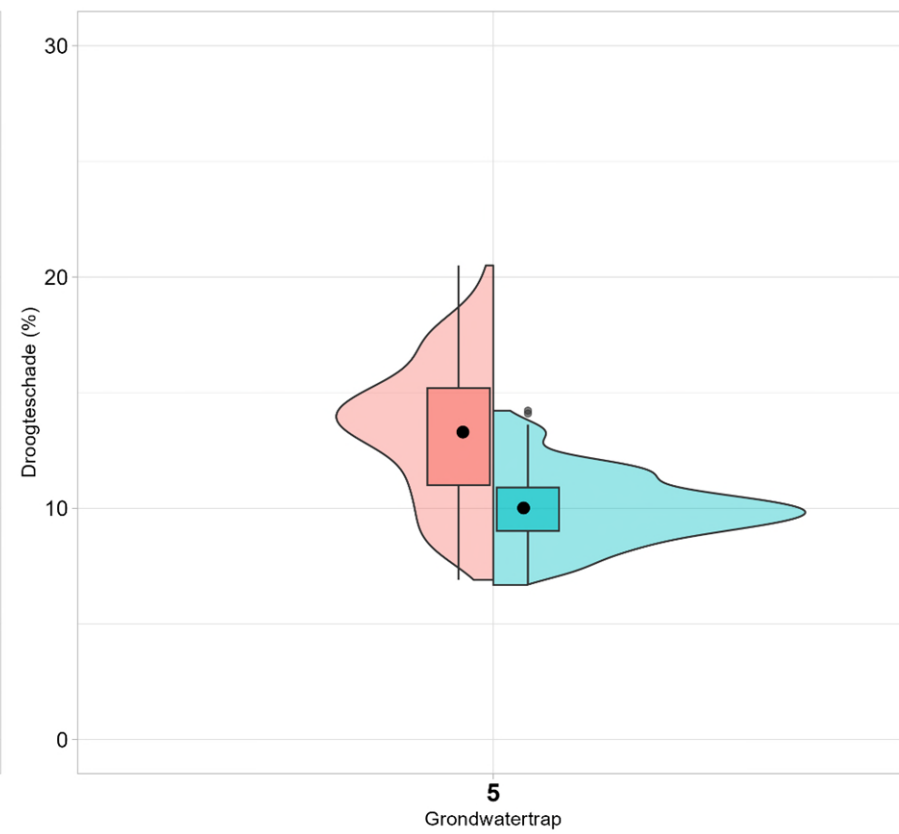
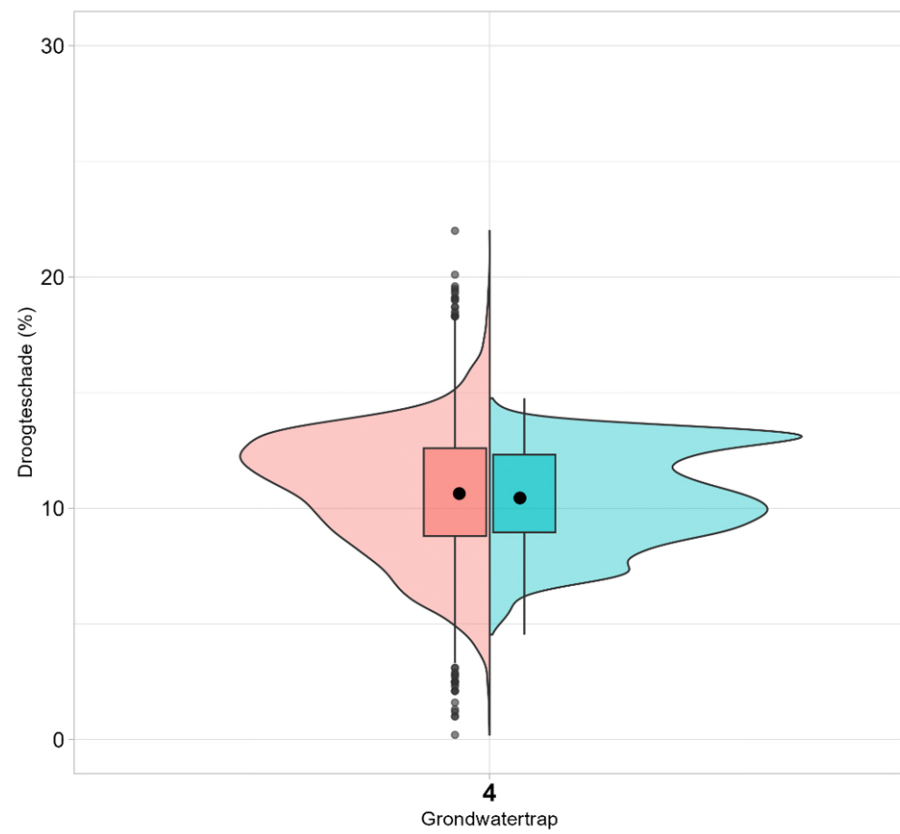
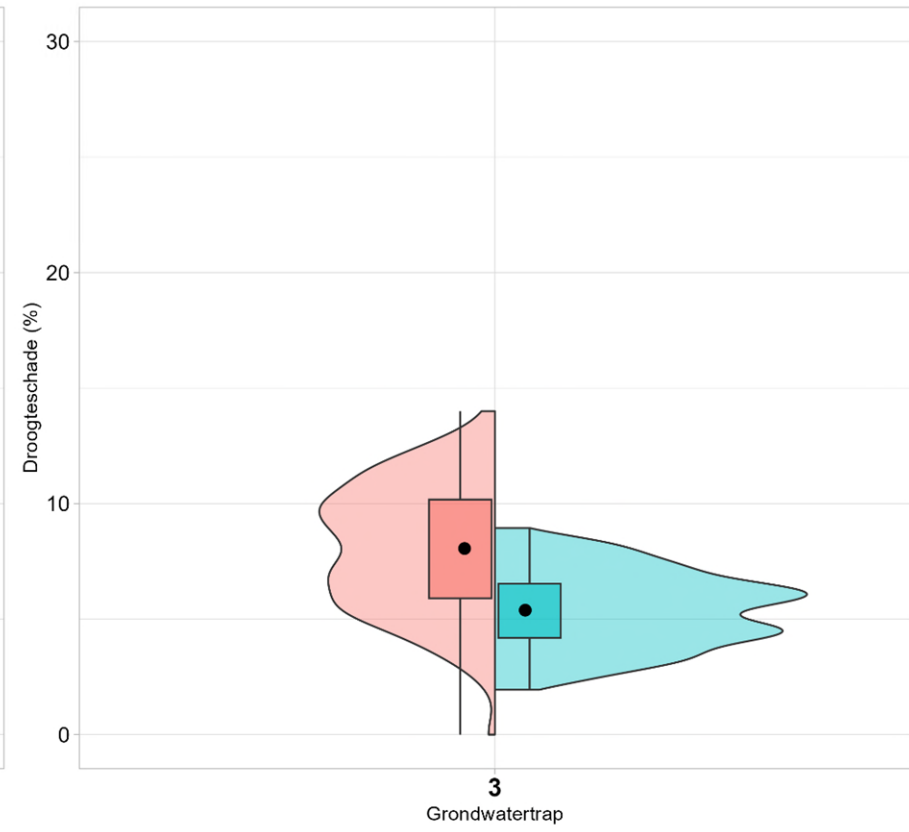
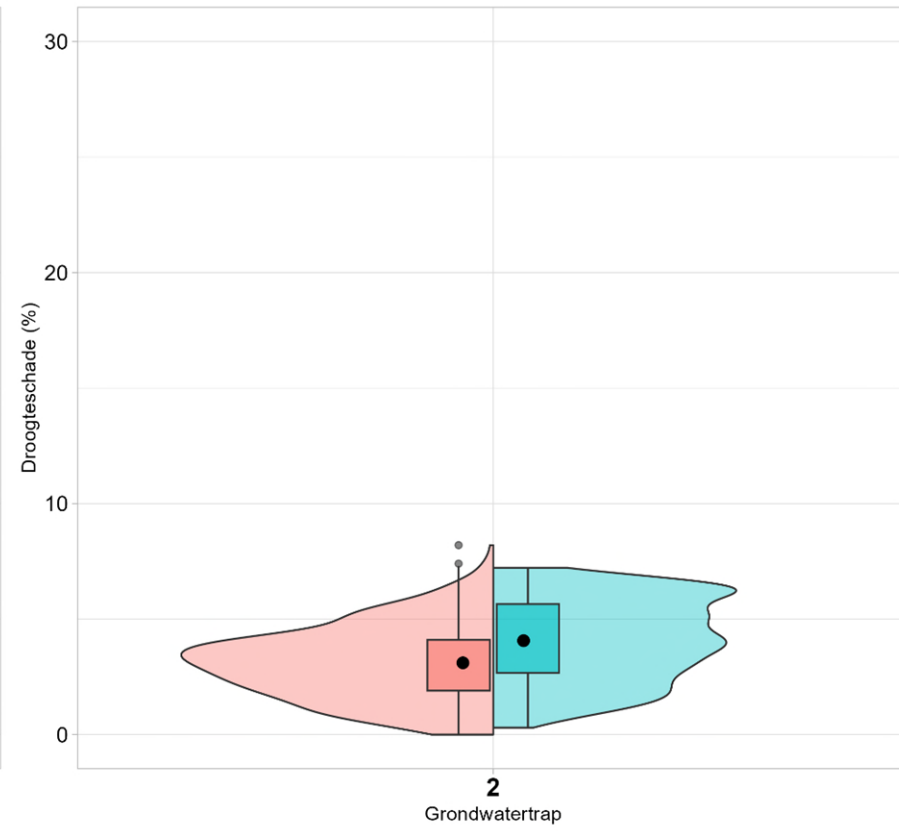
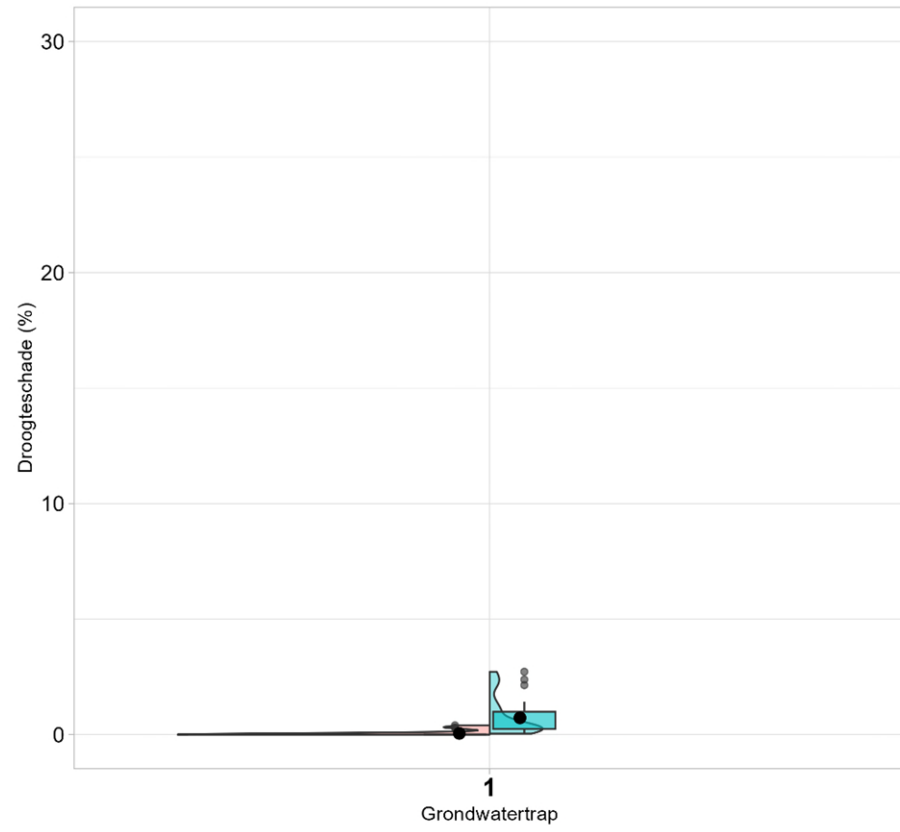


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

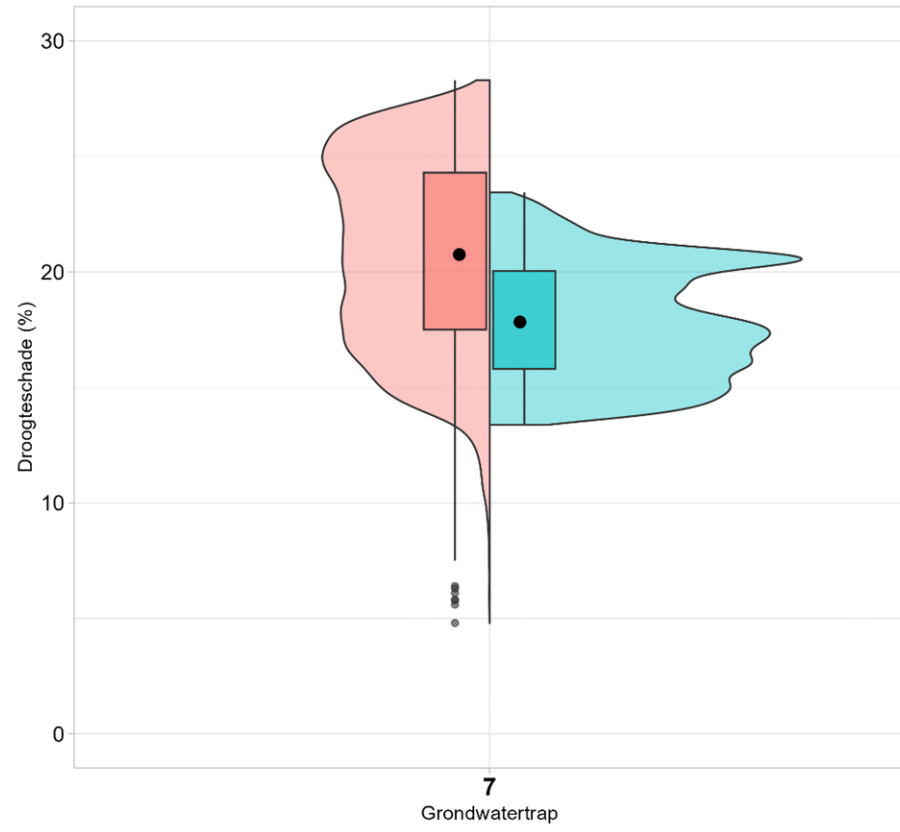


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

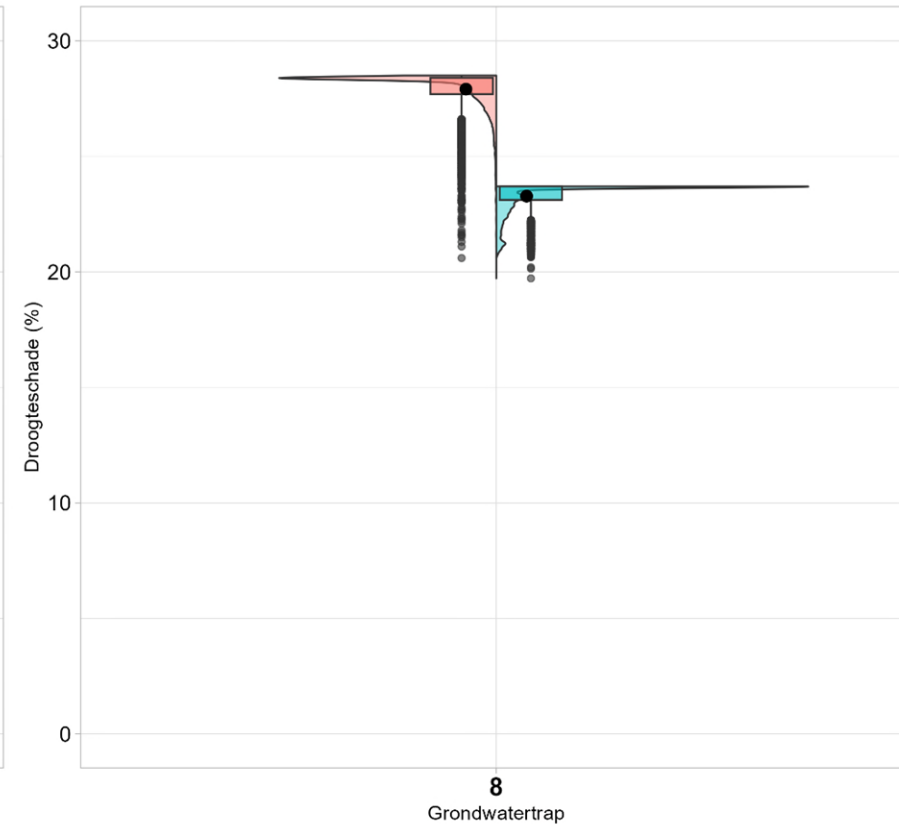
Violografieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 3015 & suikerbieten



Onderzoek WWL

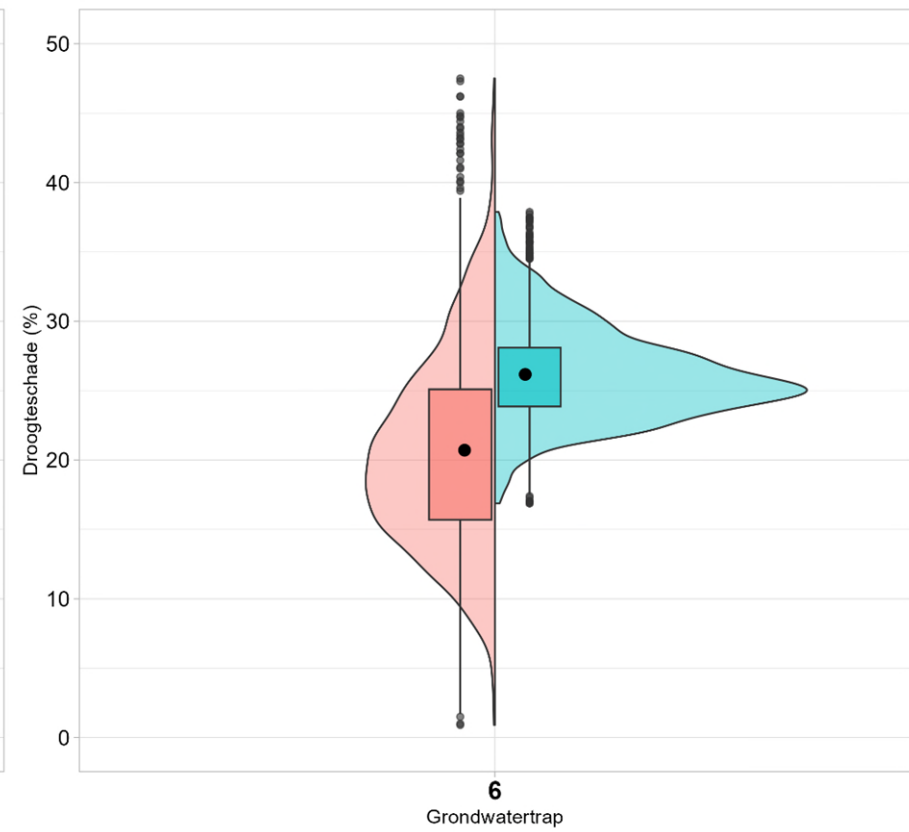
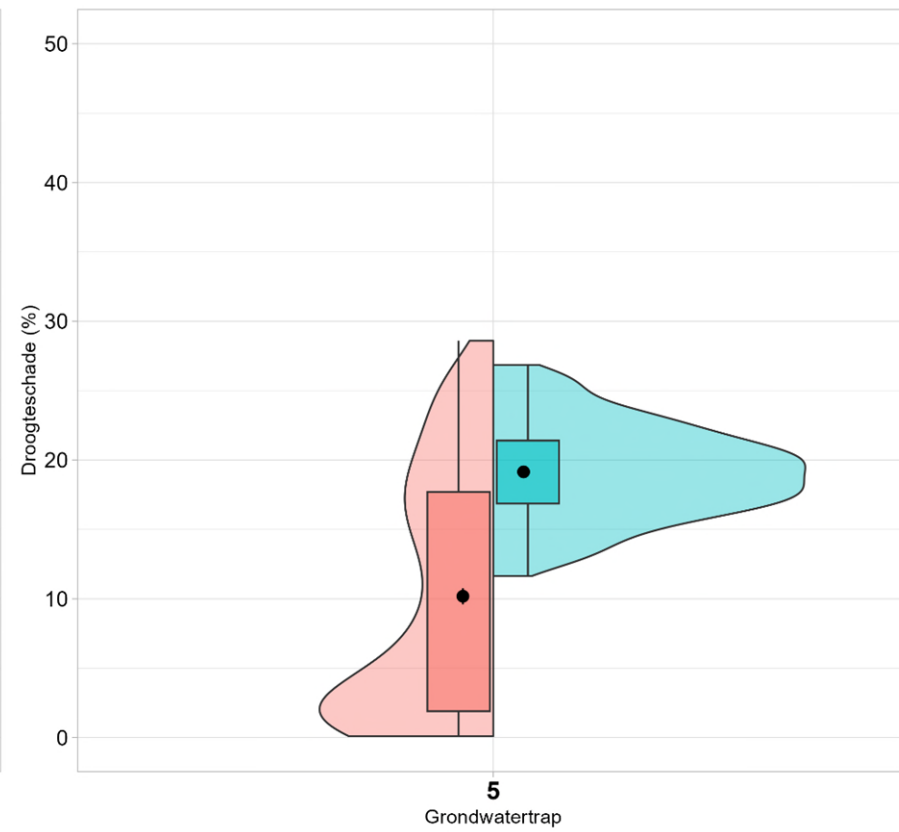
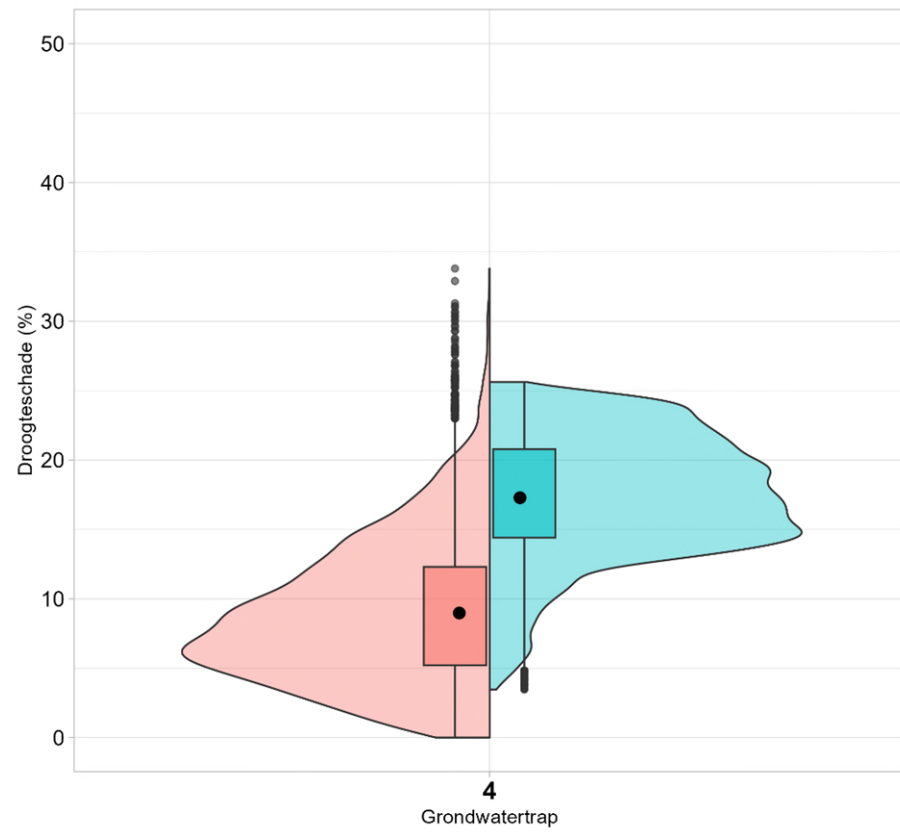
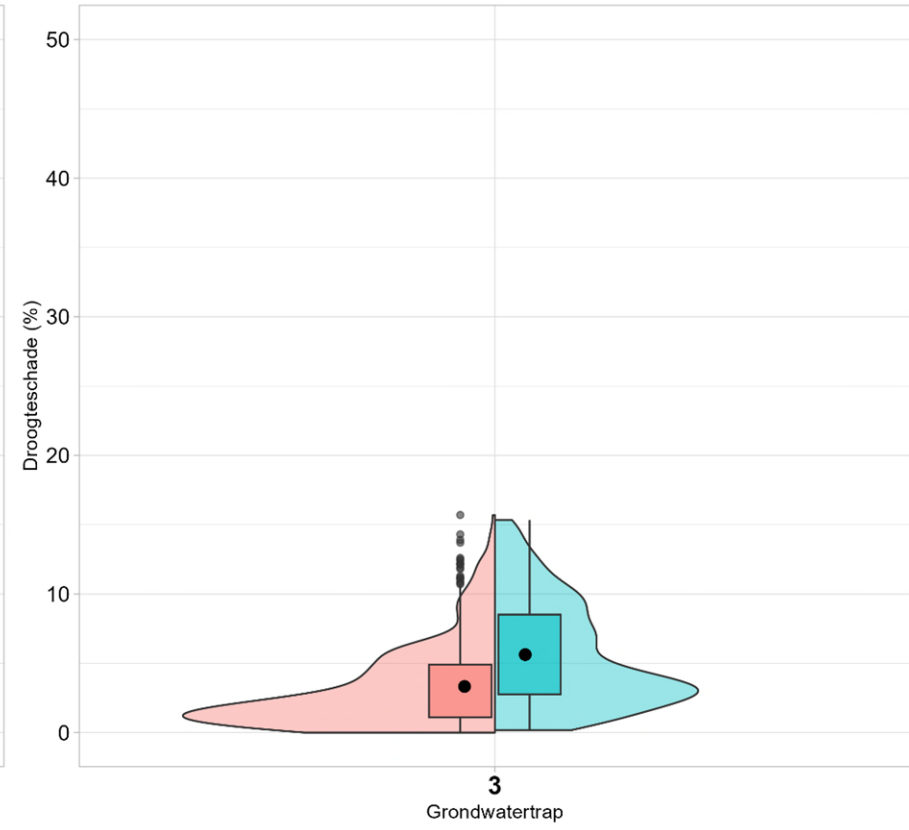
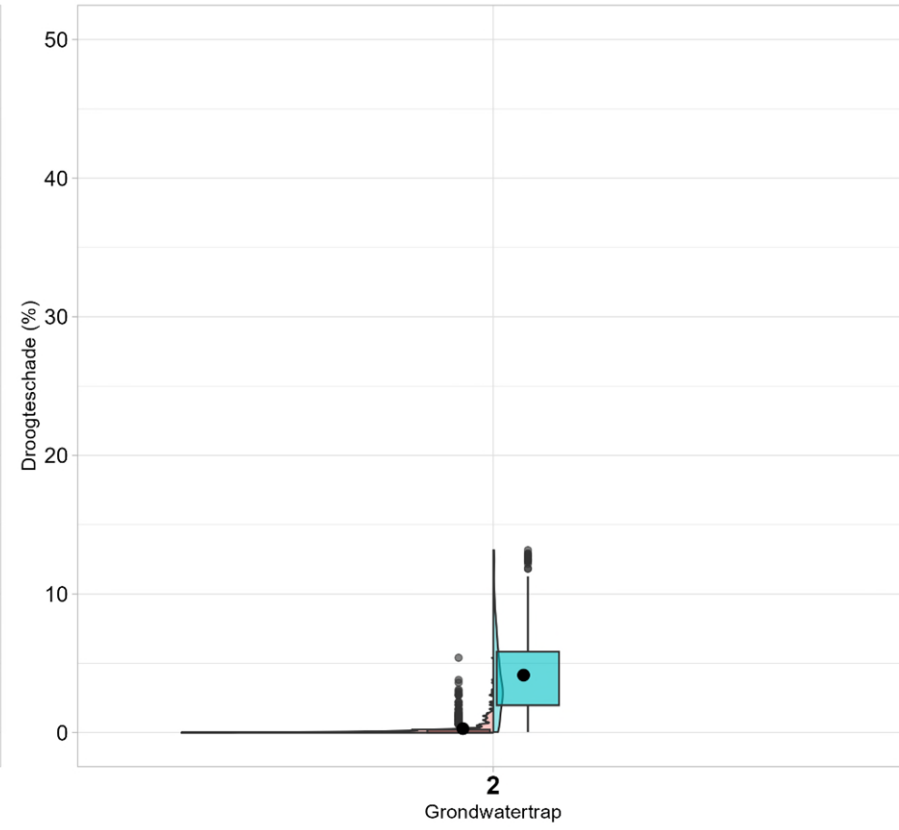
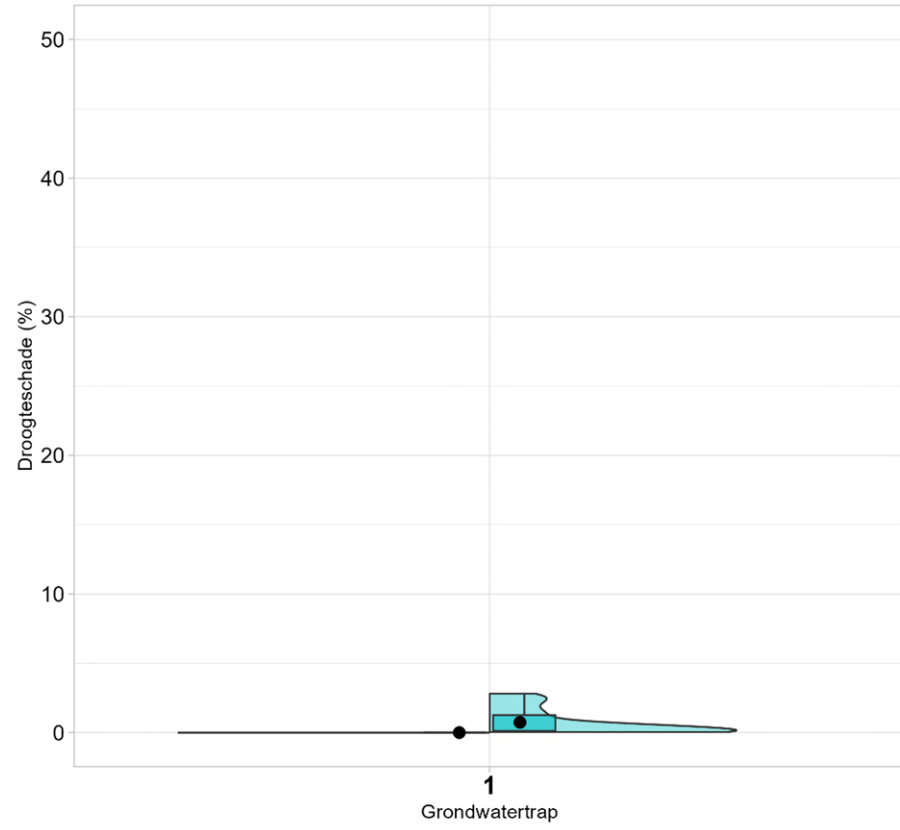


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

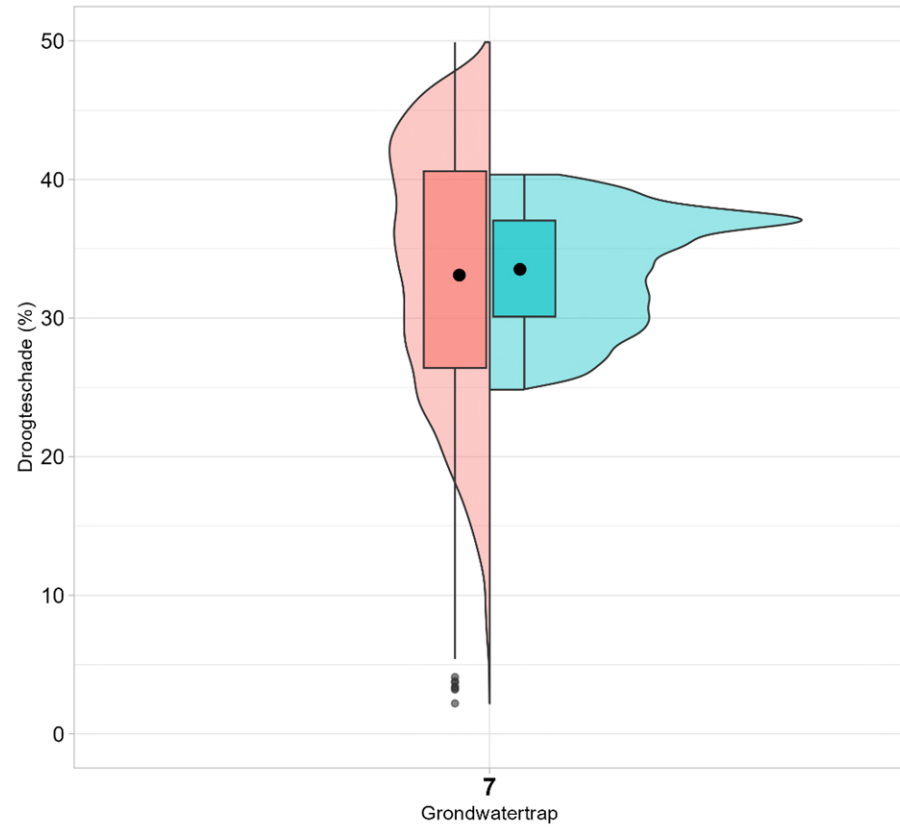


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

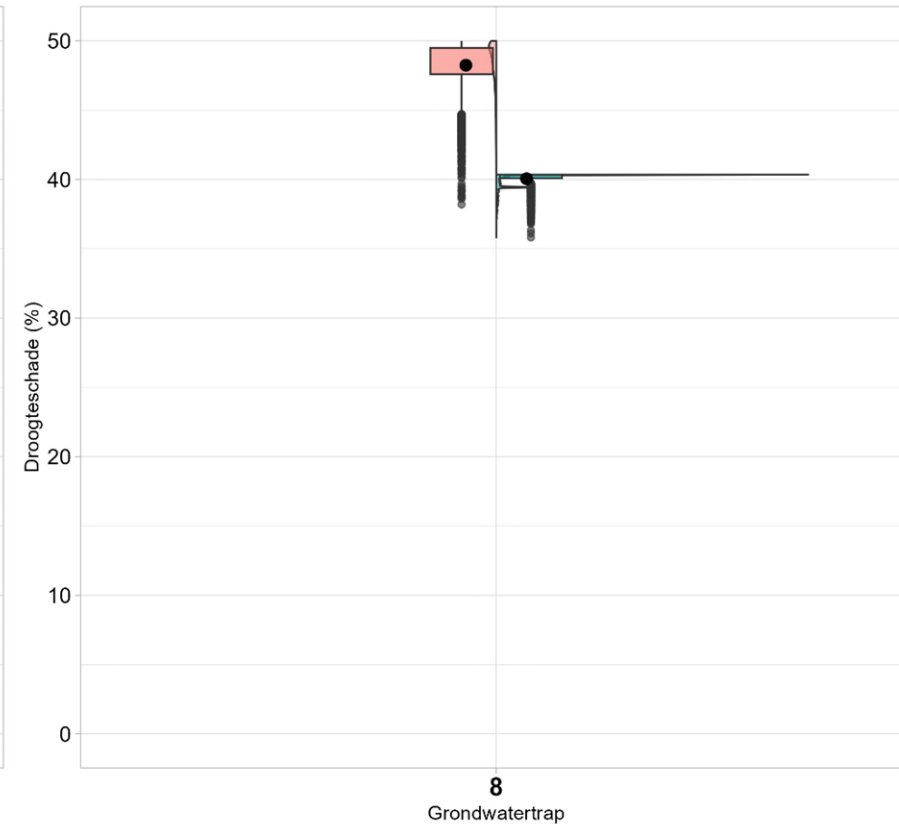
Vioolgrafieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 3015 & wintertarwe



Onderzoek WWL

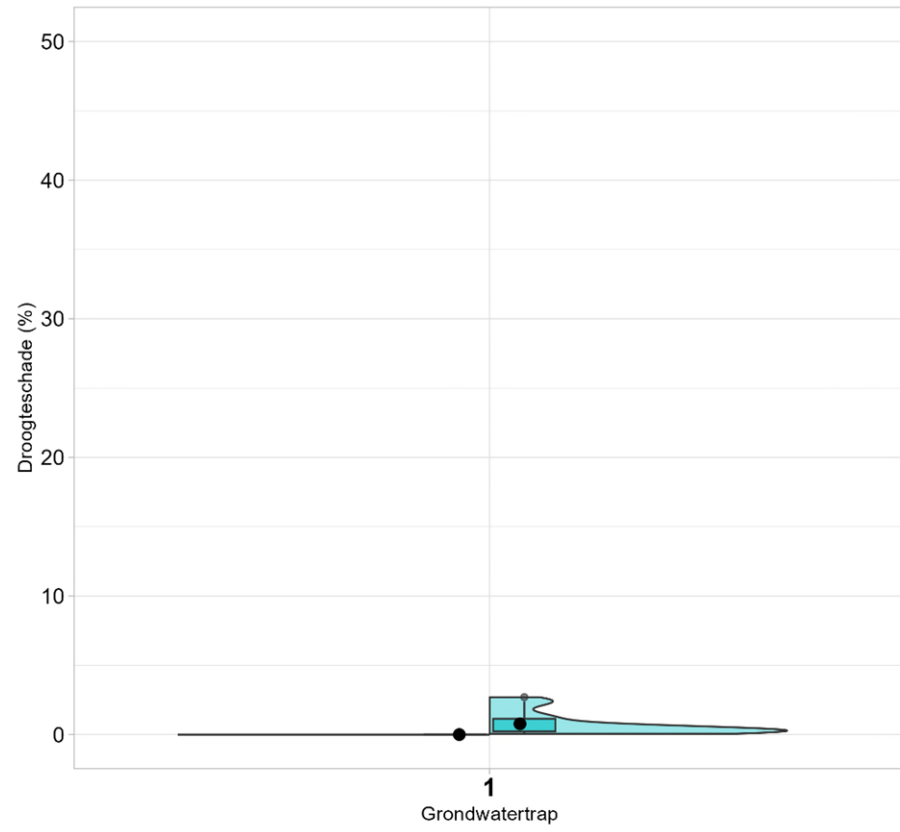


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

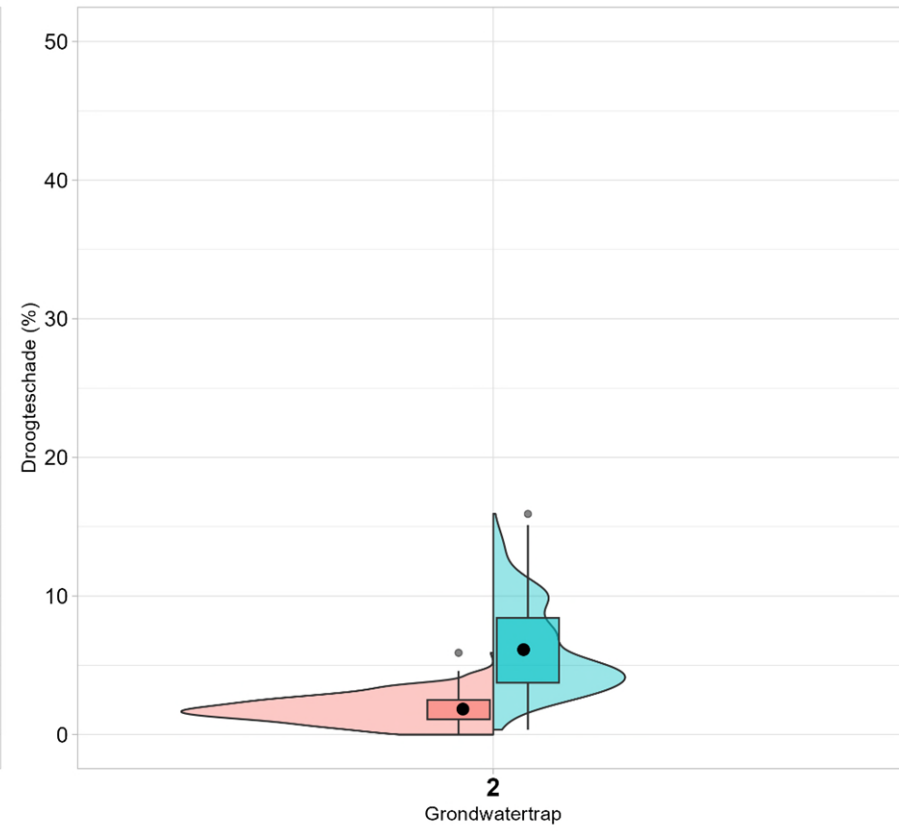


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

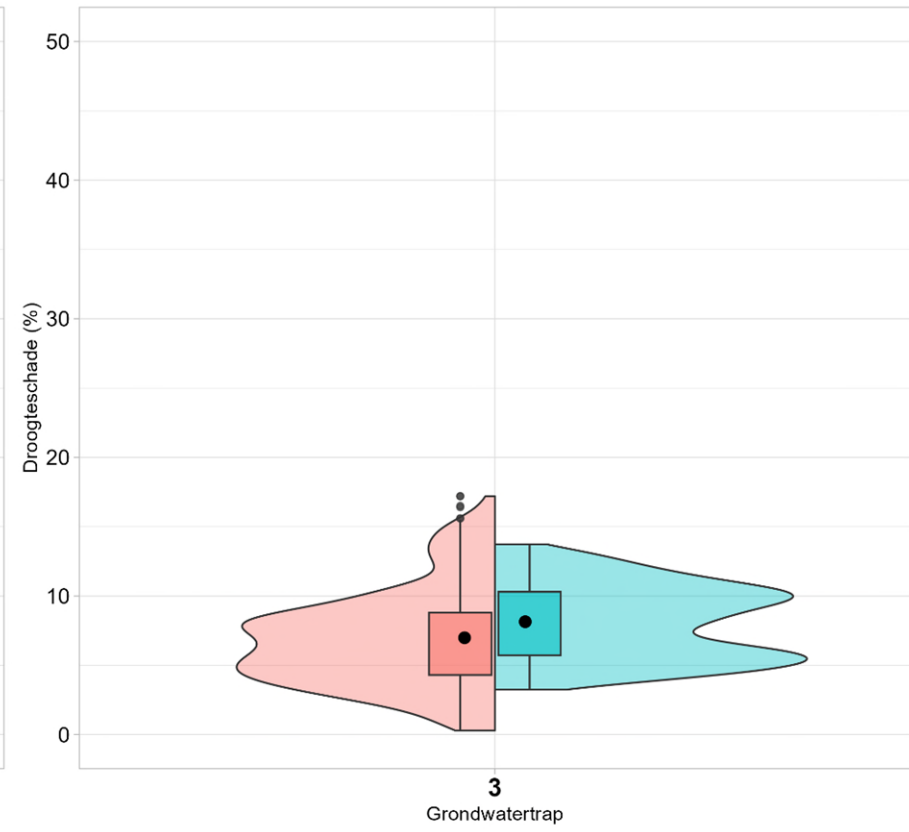
Violgrafieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 3015 & zomergerst



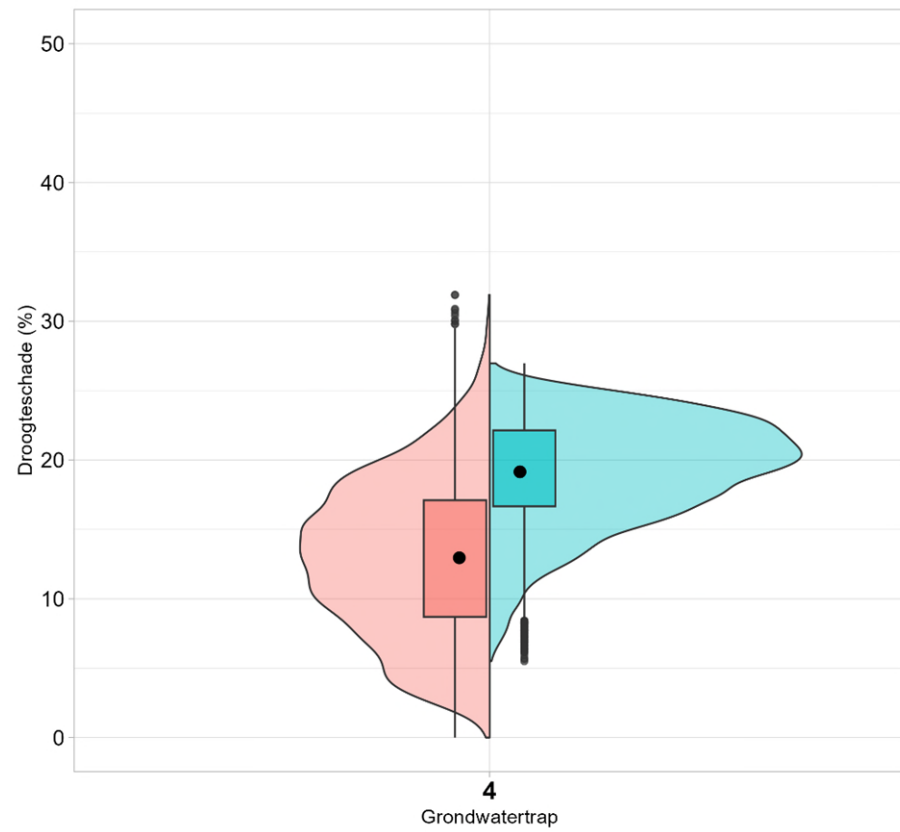
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



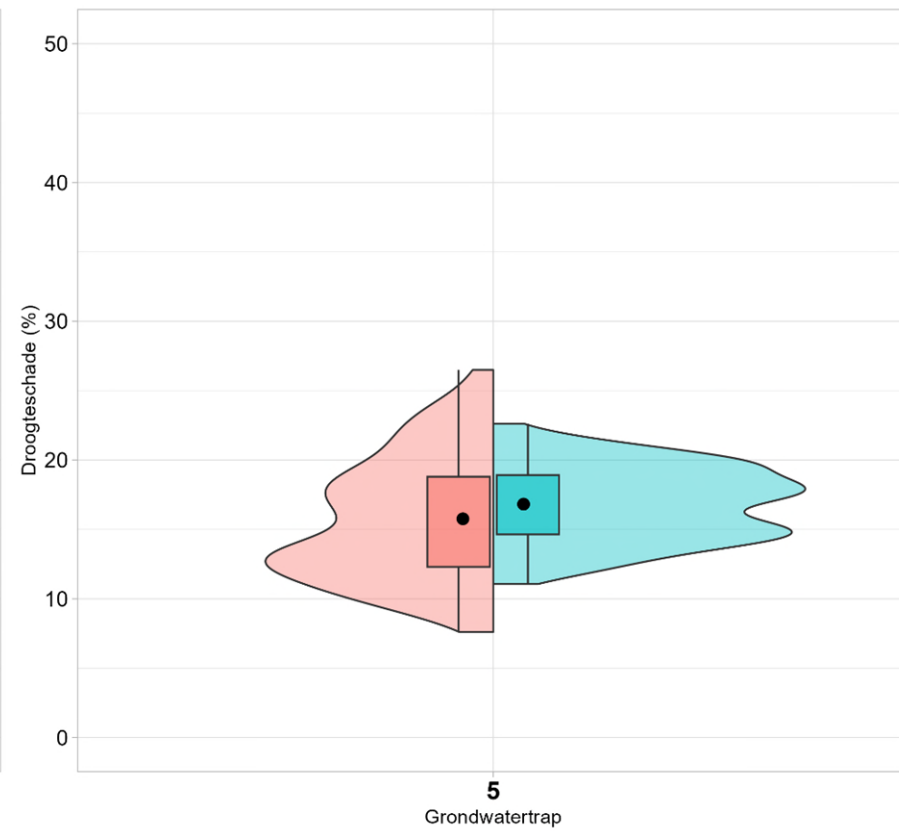
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



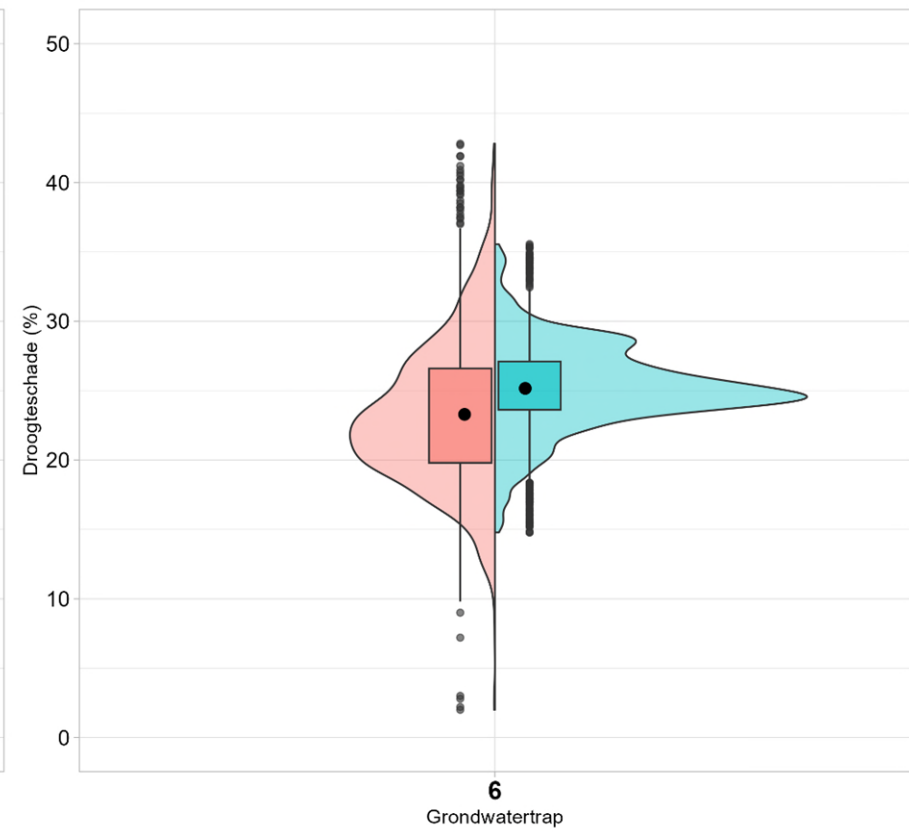
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

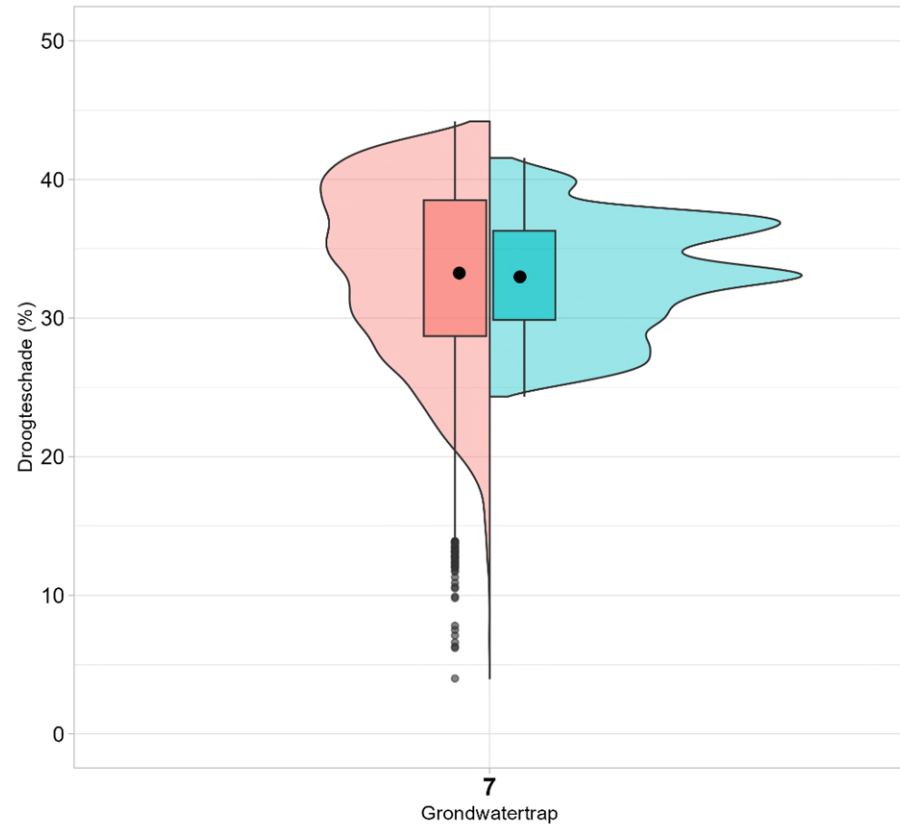


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

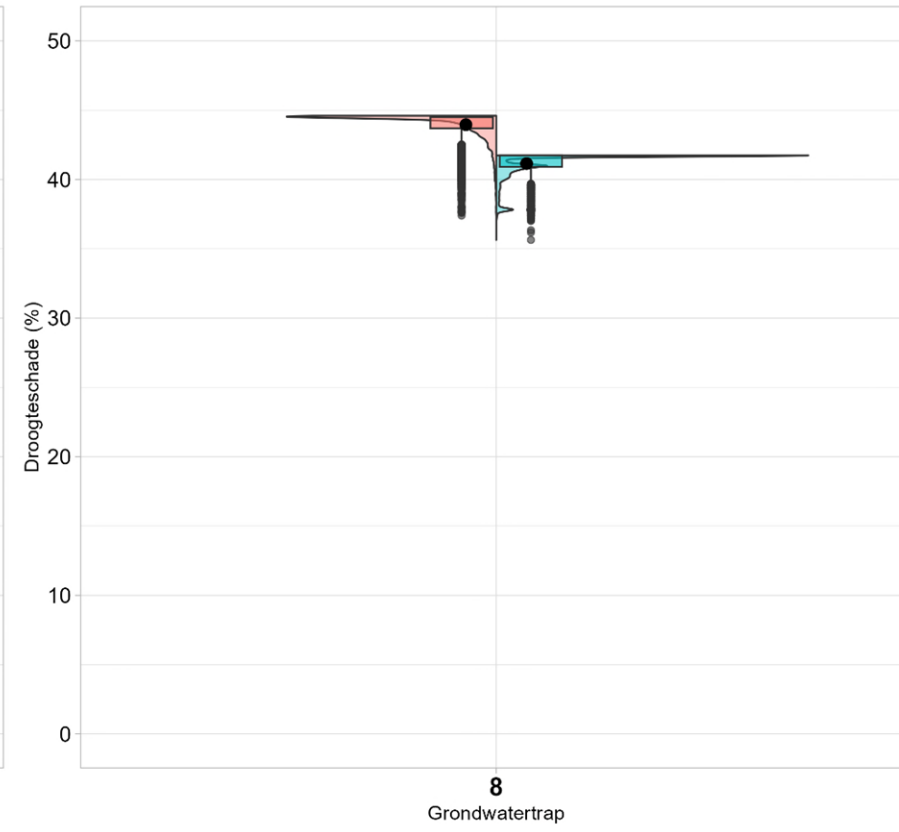


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

Onderzoek WWL

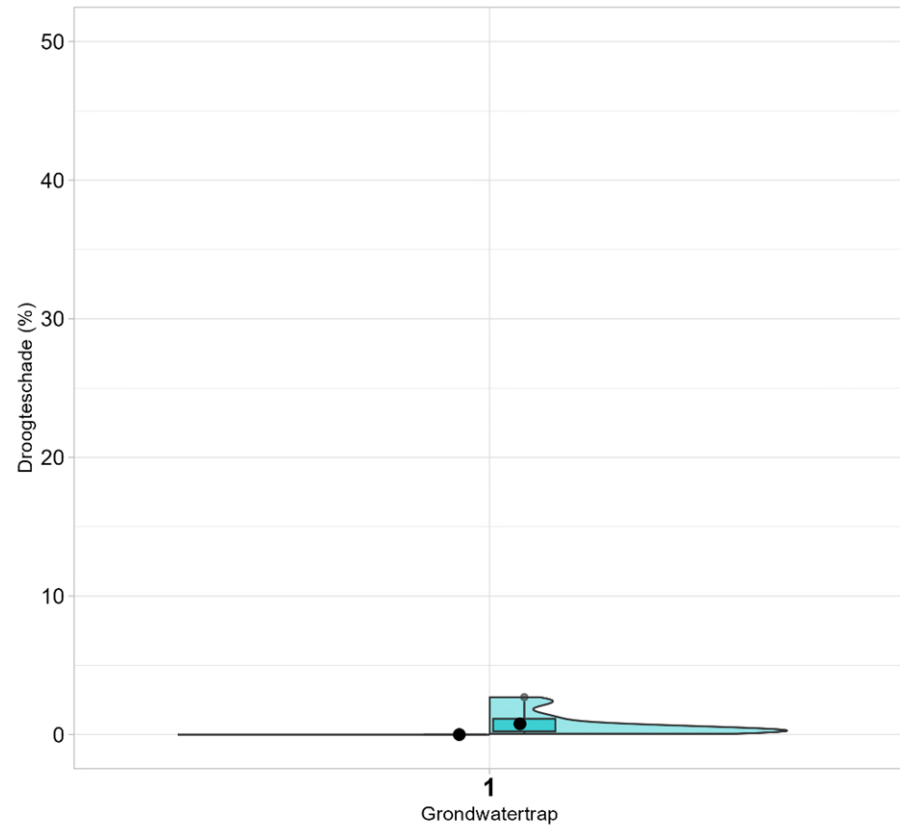


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

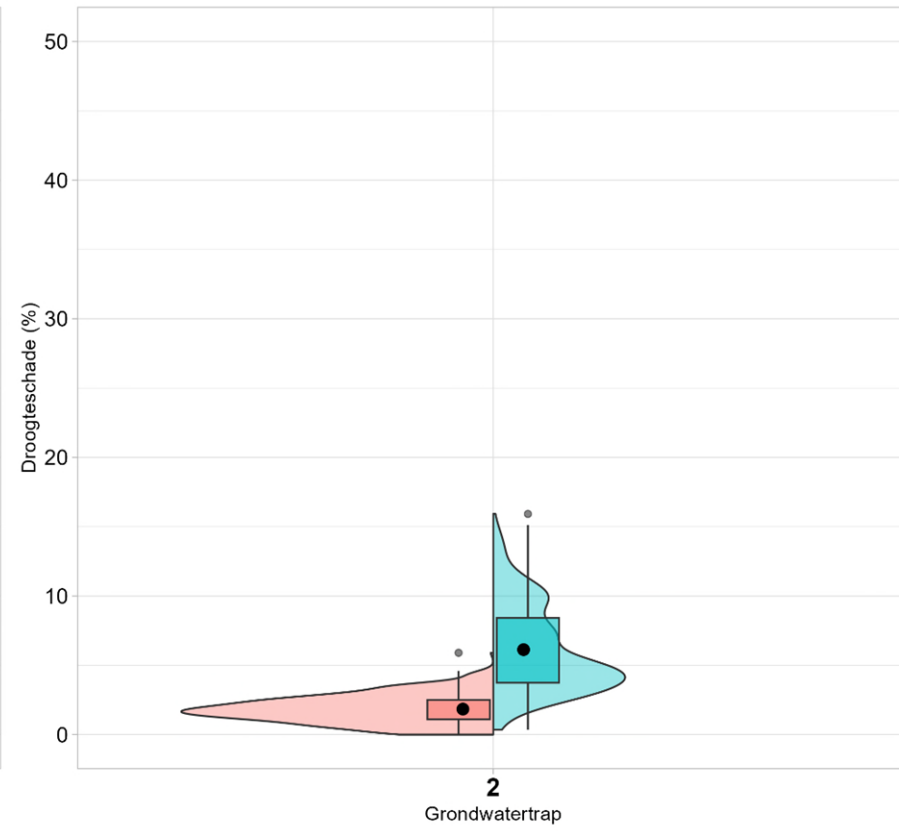


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

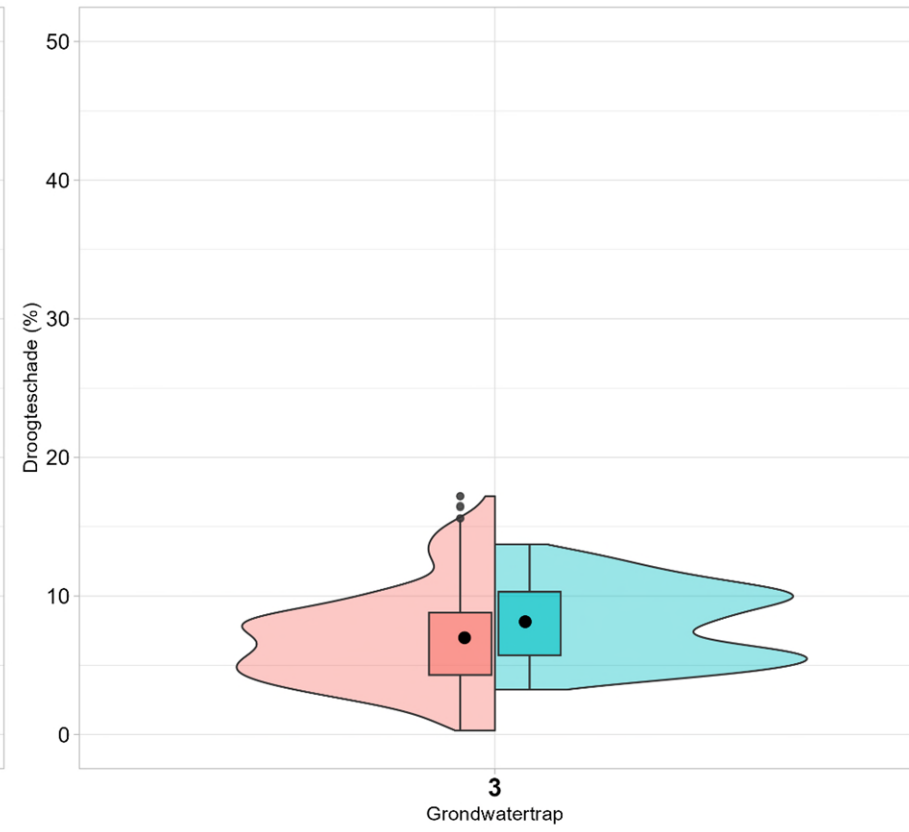
Violgrafieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 3015 & zomergerst



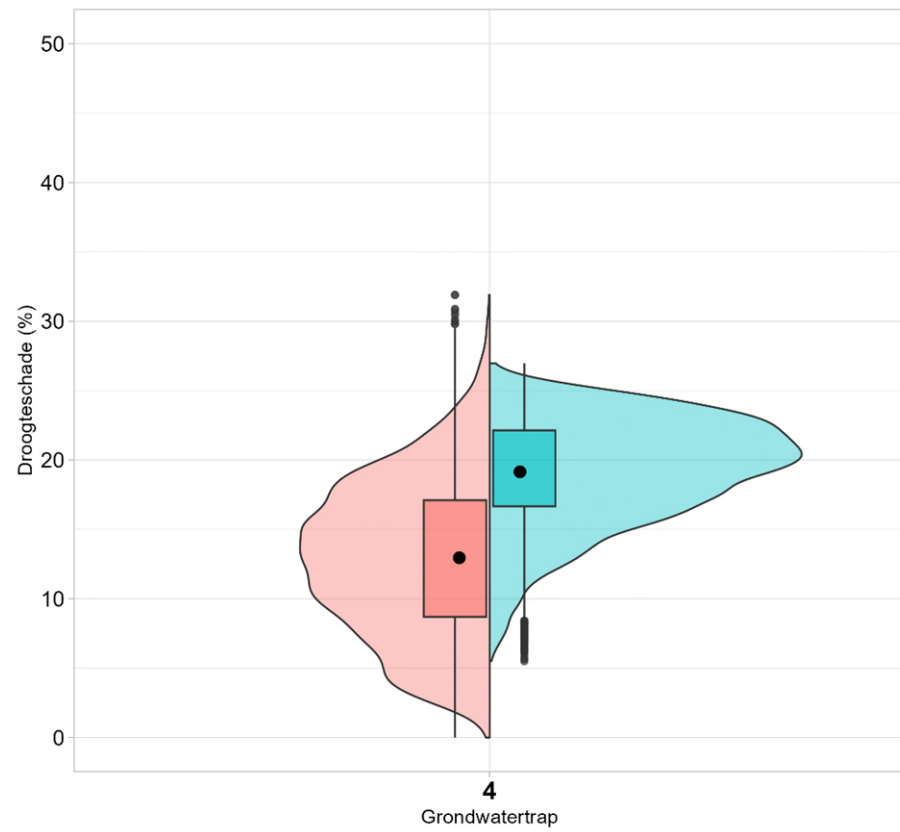
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



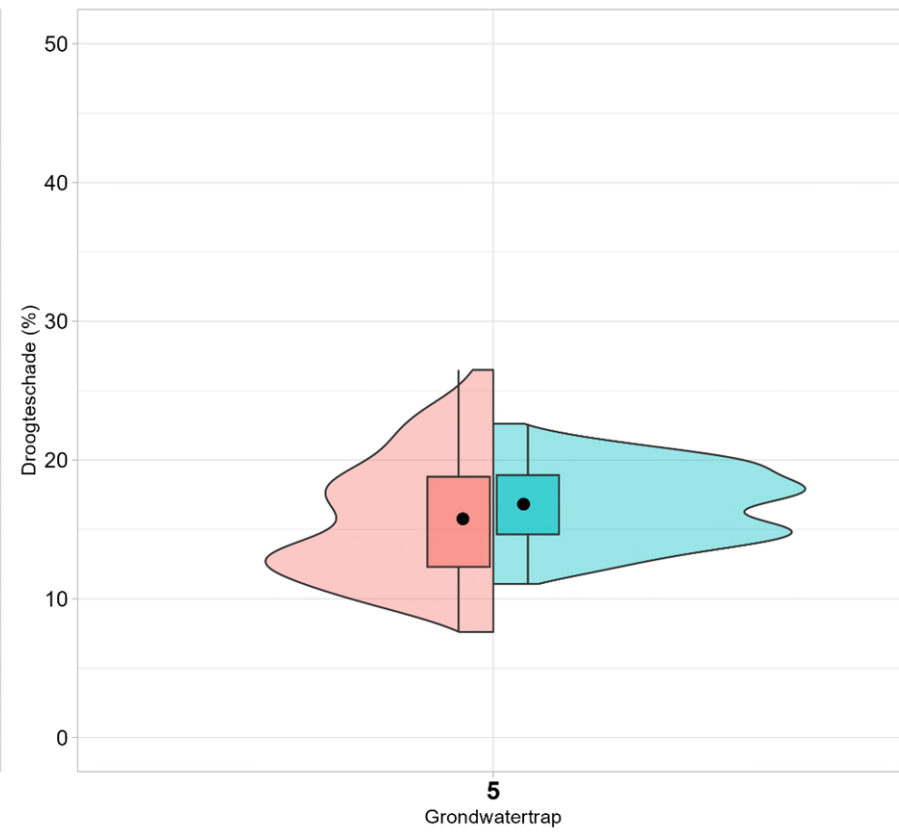
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



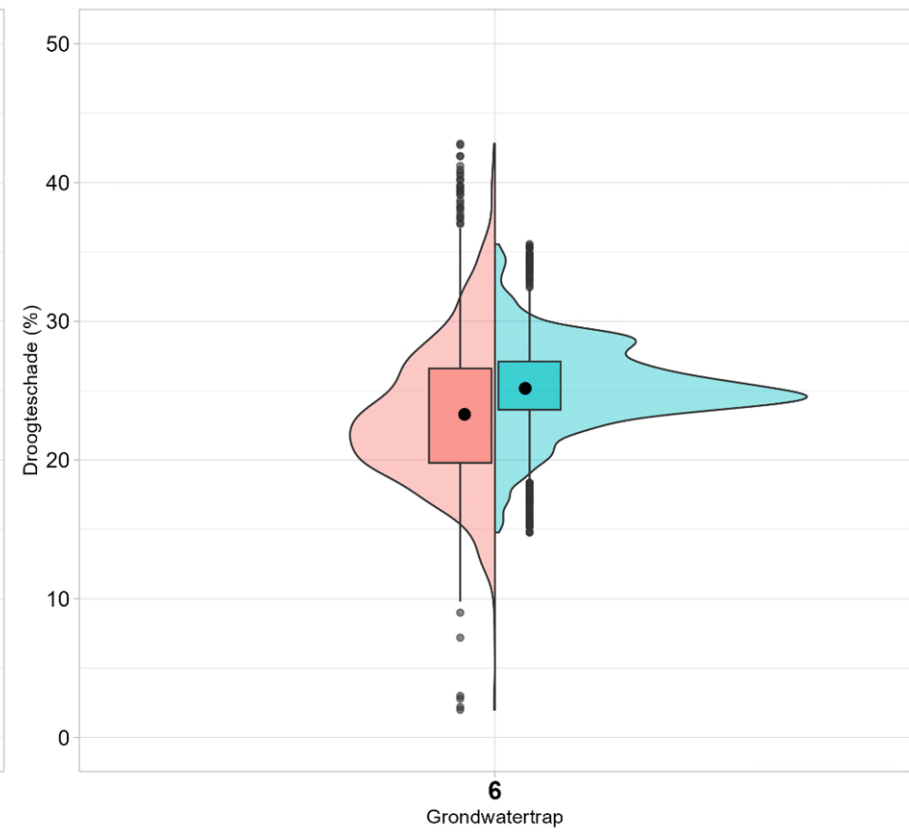
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

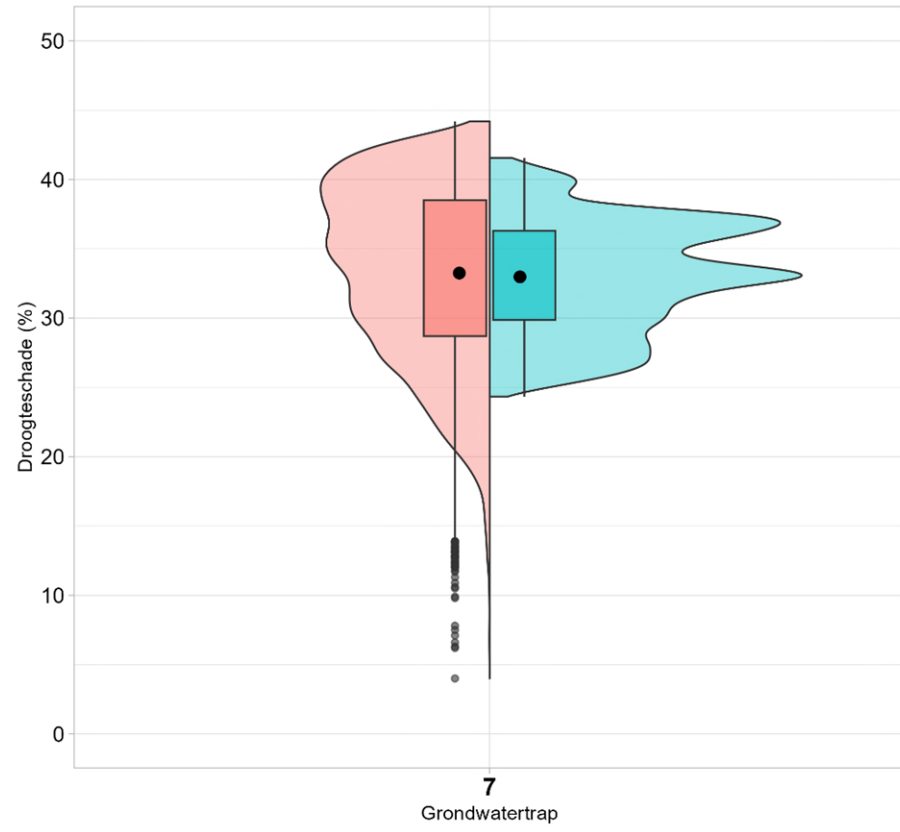


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

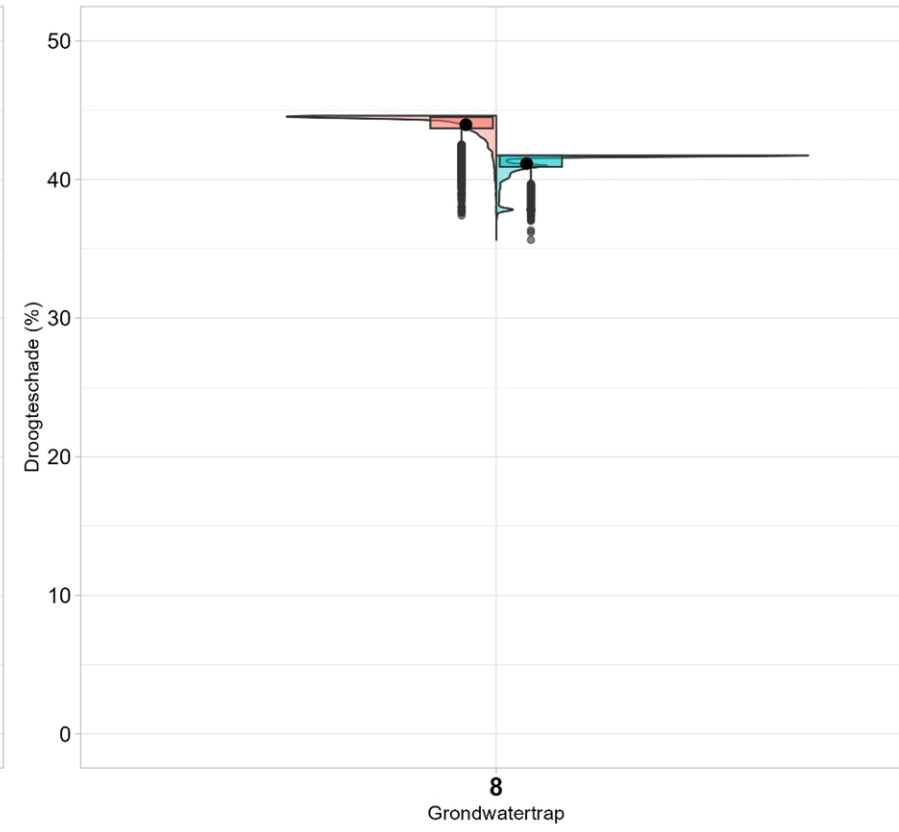


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

Onderzoek WWL

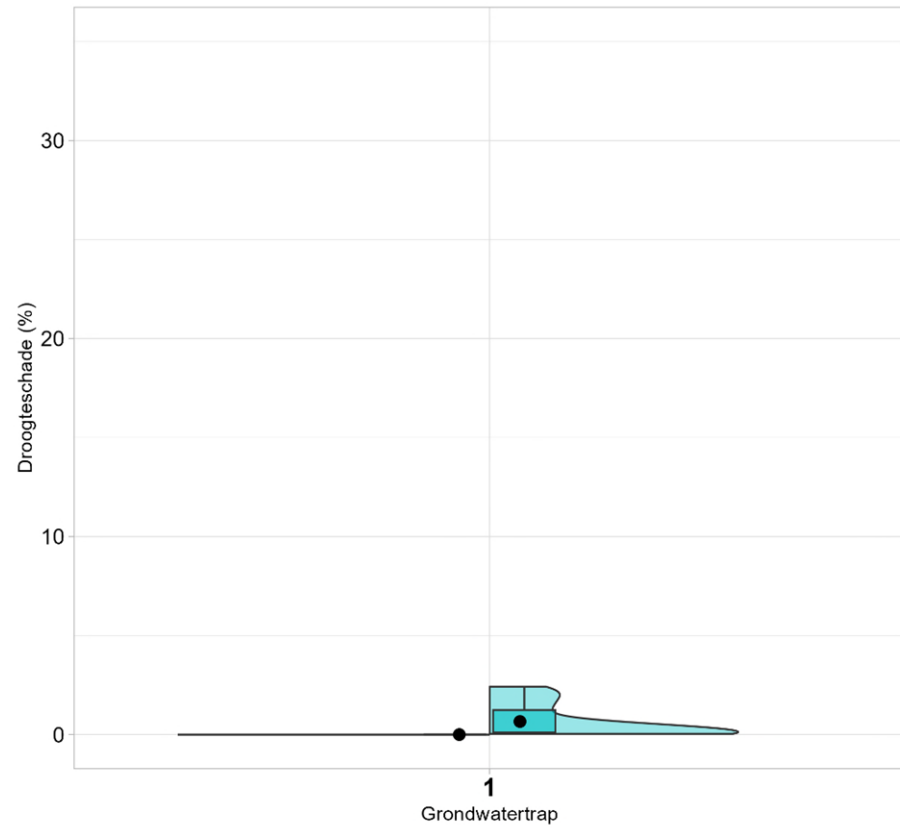


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

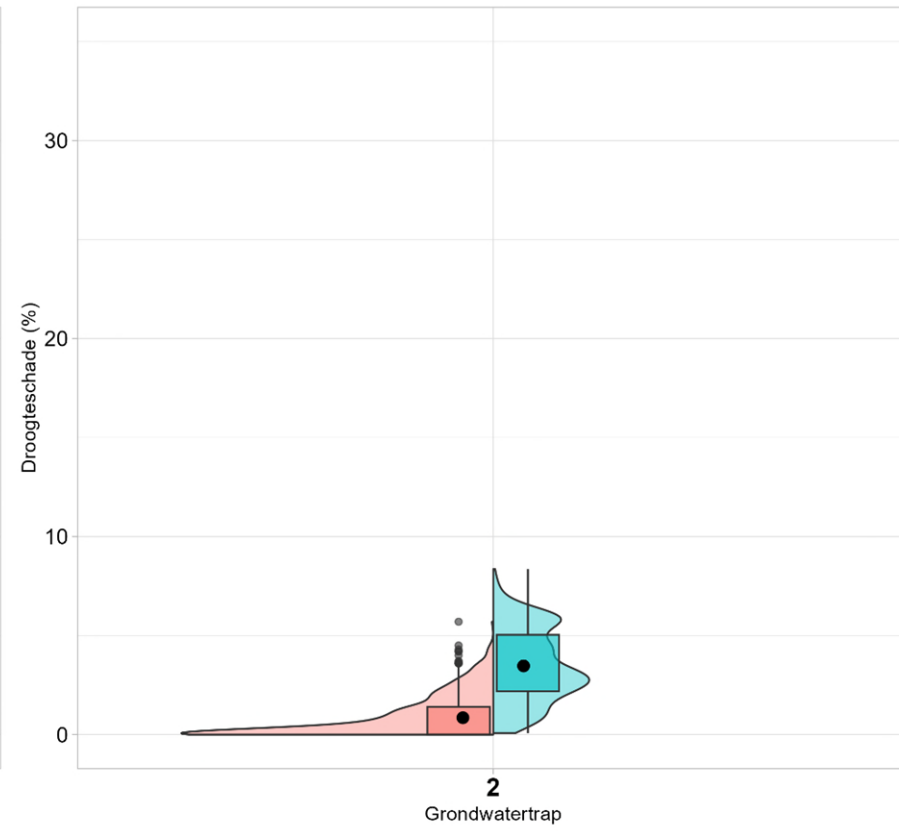


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

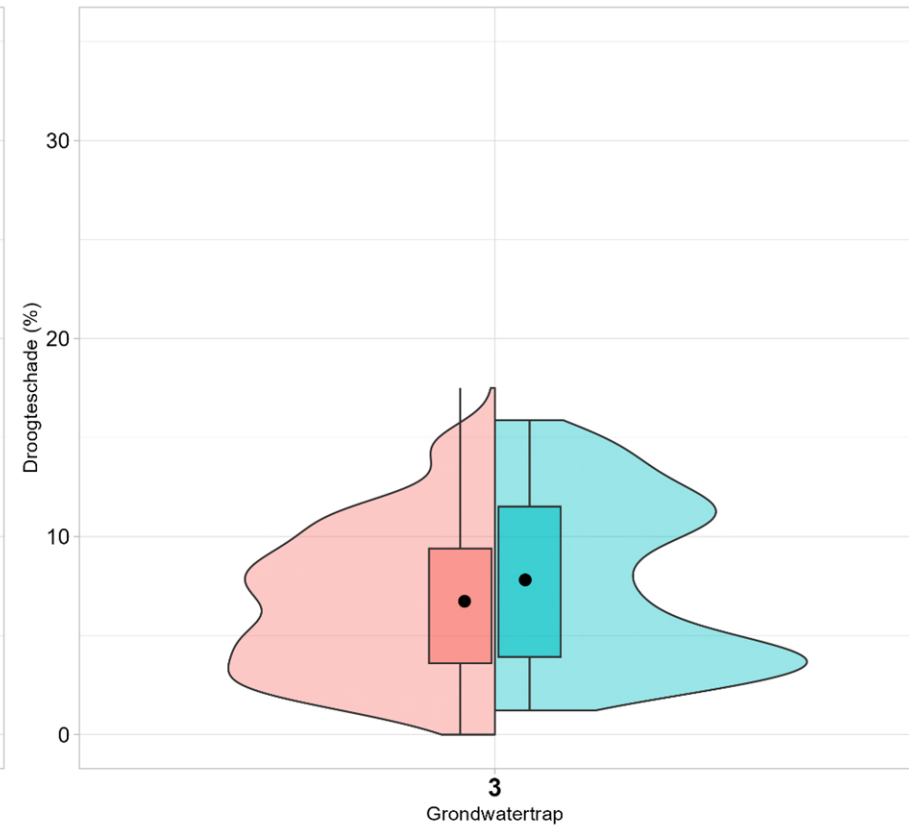
Violografieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 3019 & gras (maaien)



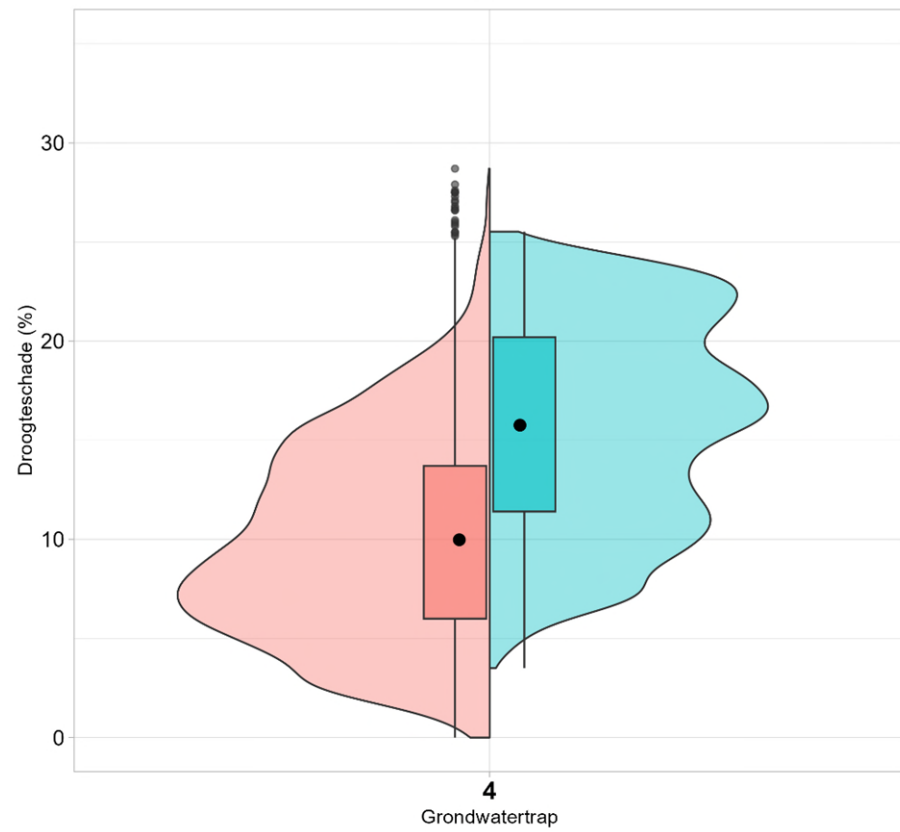
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



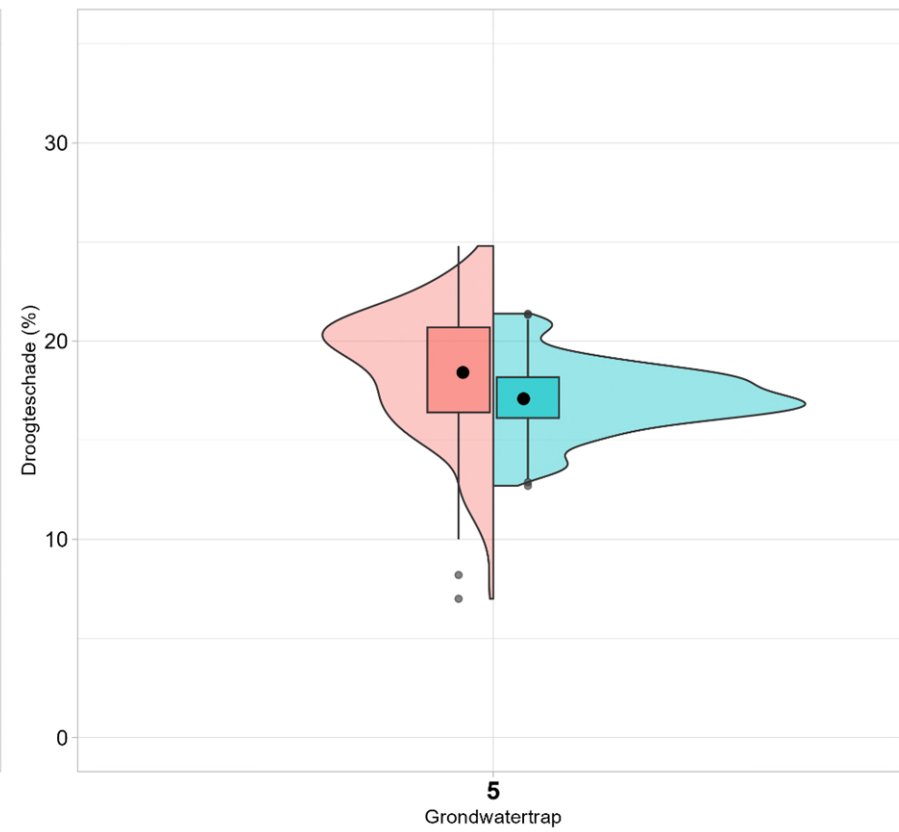
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



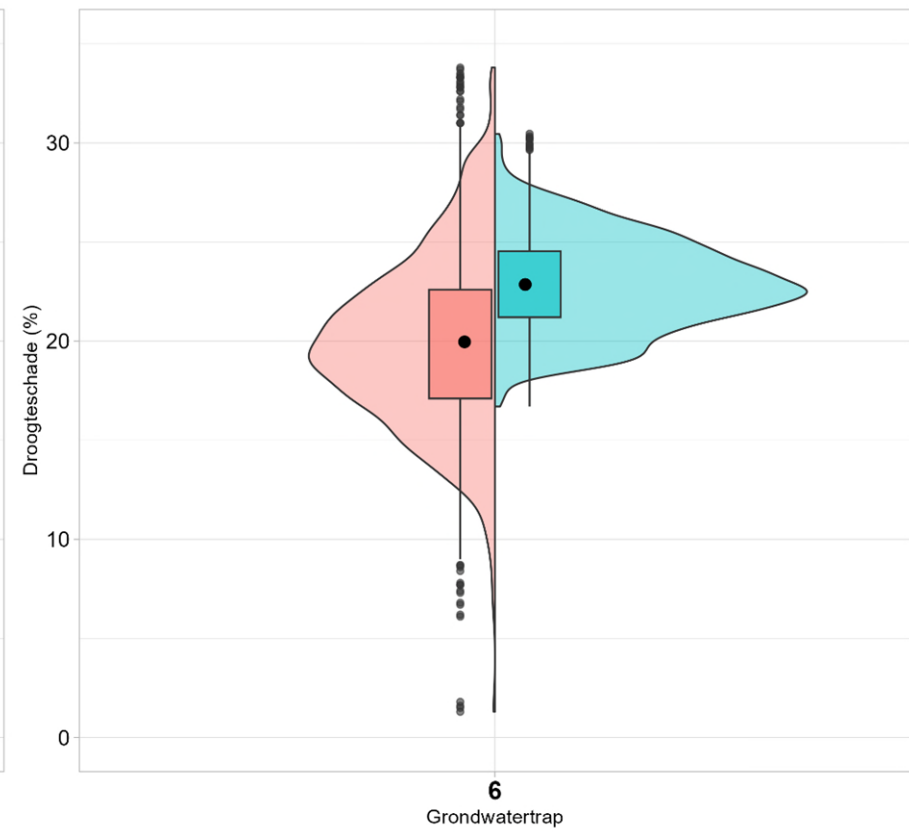
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

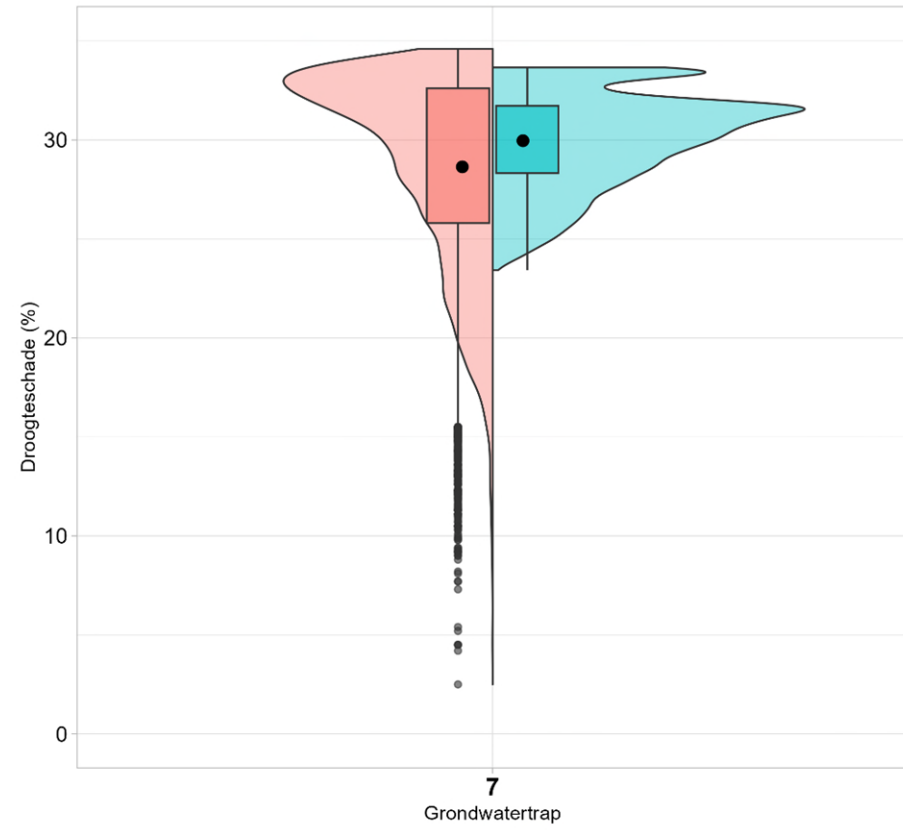


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

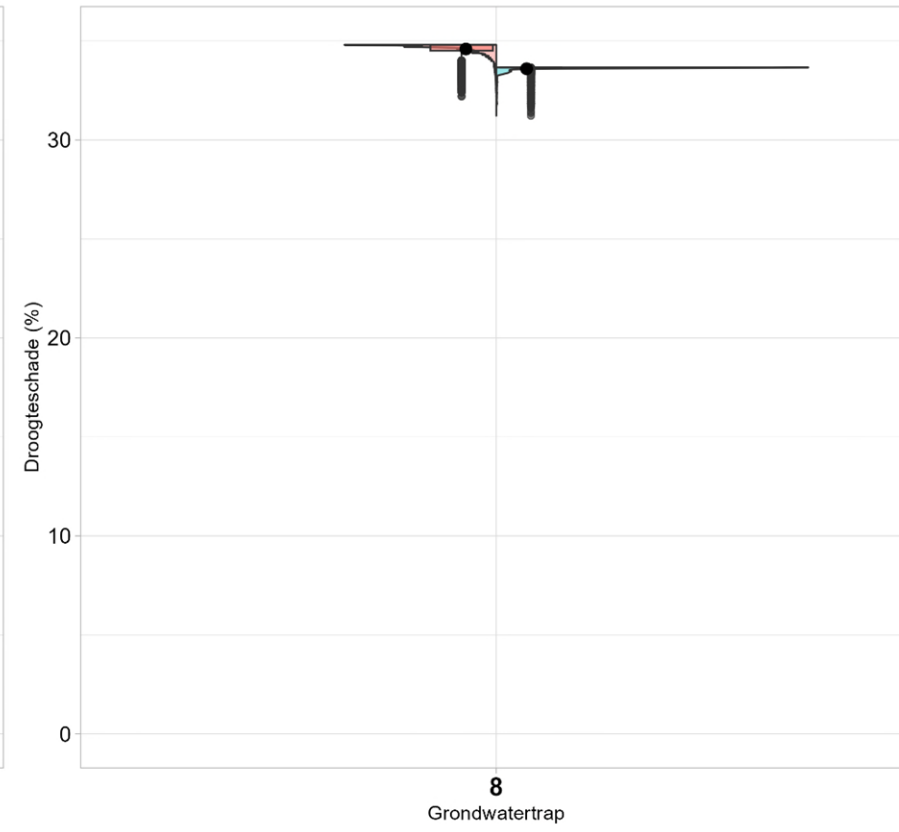


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

Onderzoek WWL

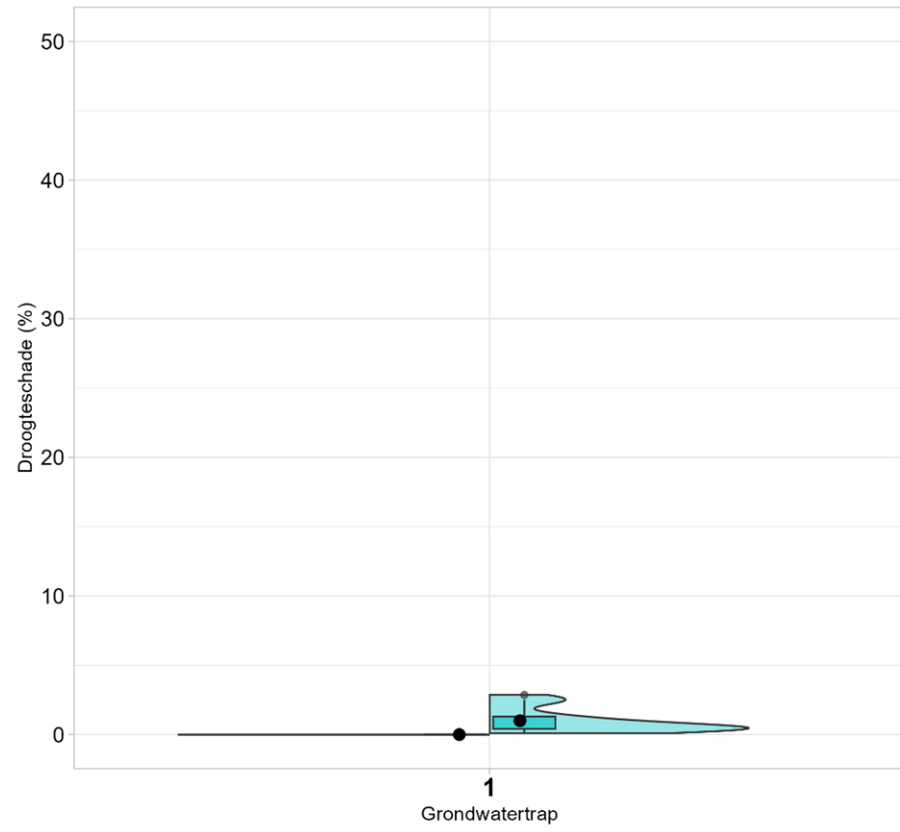


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

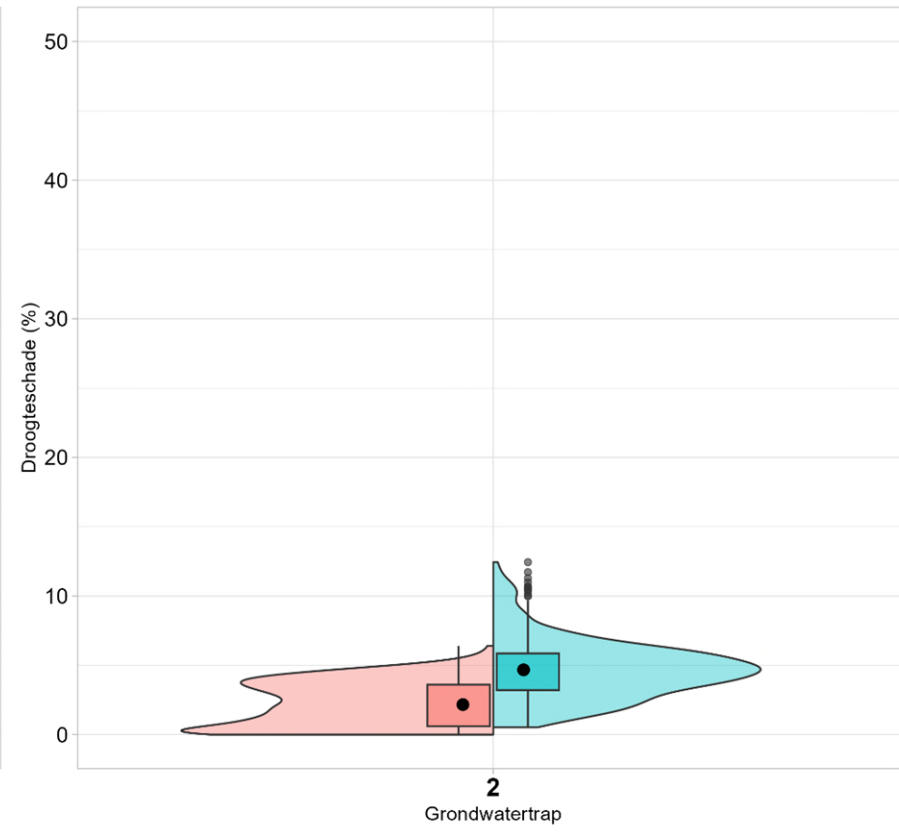


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

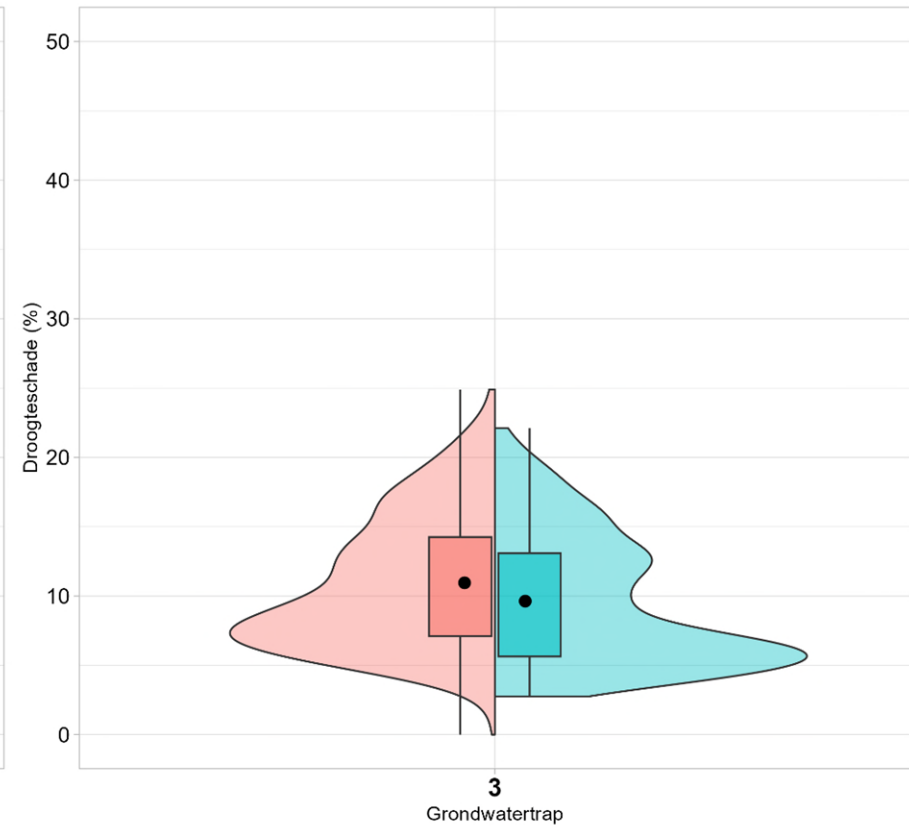
Vioolgrafieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 3019 & snijmais



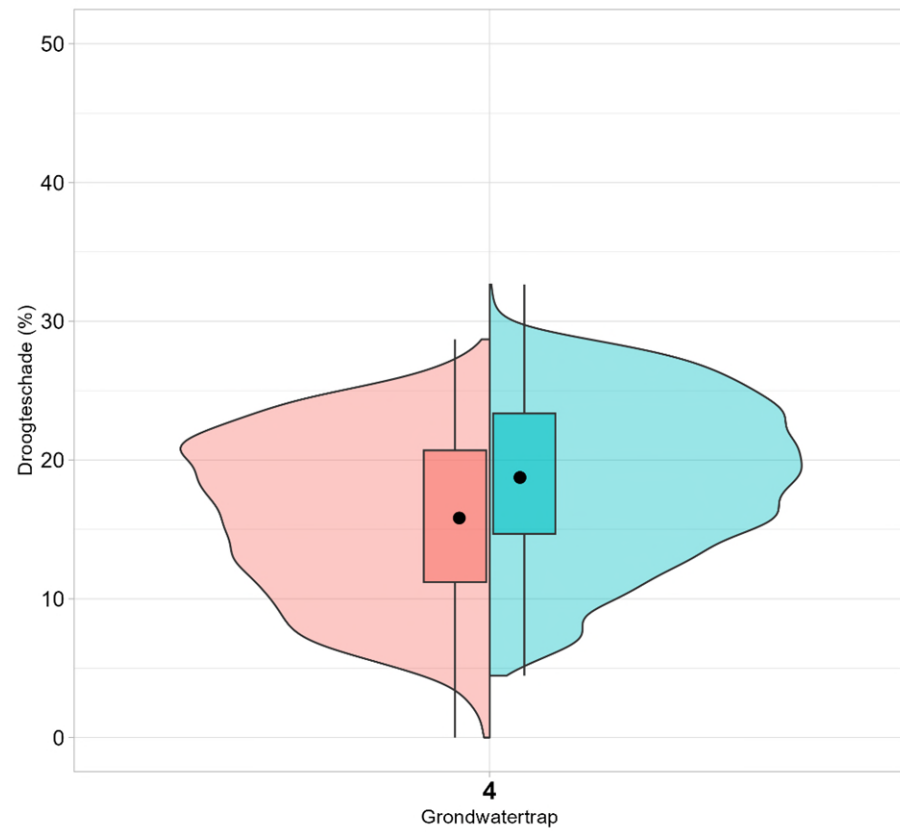
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



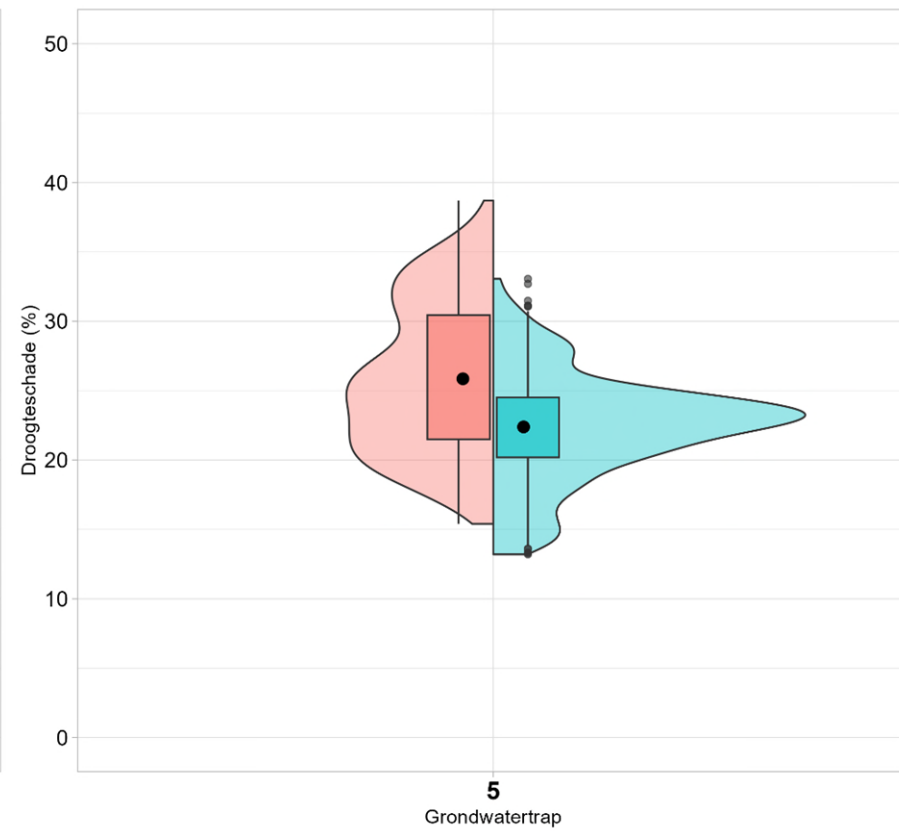
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



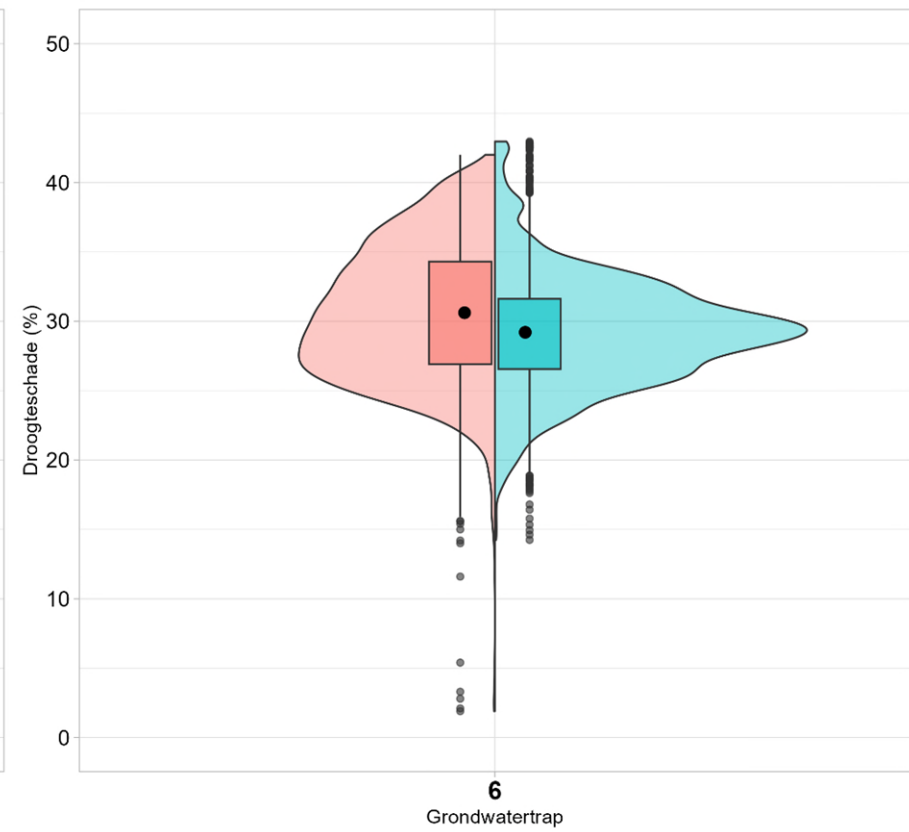
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

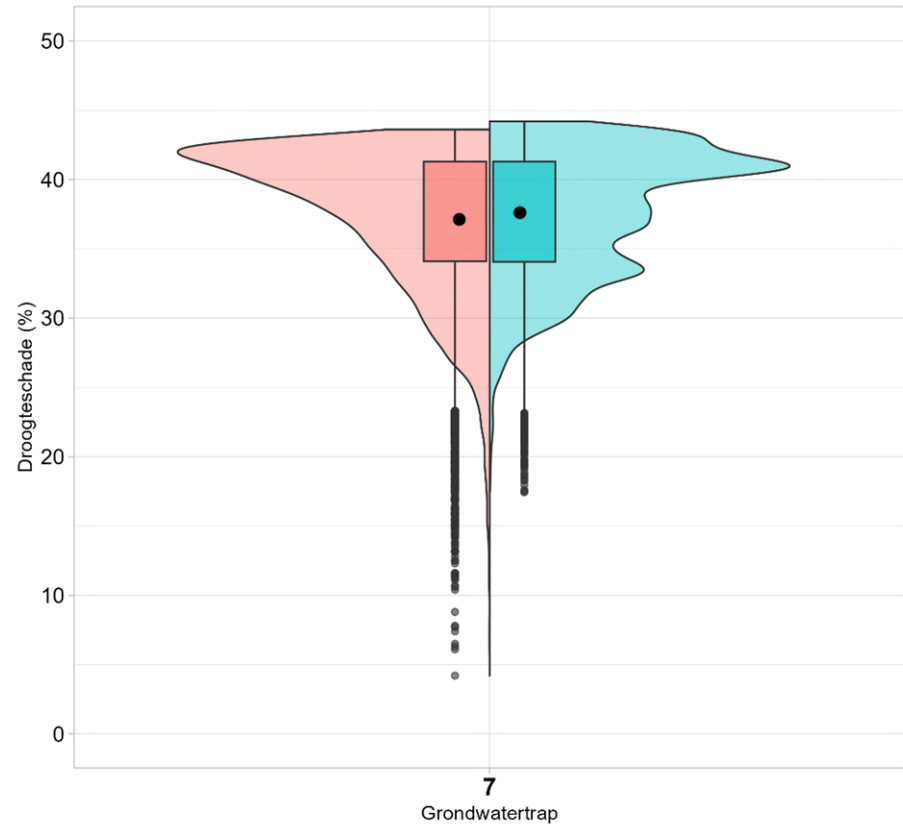


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

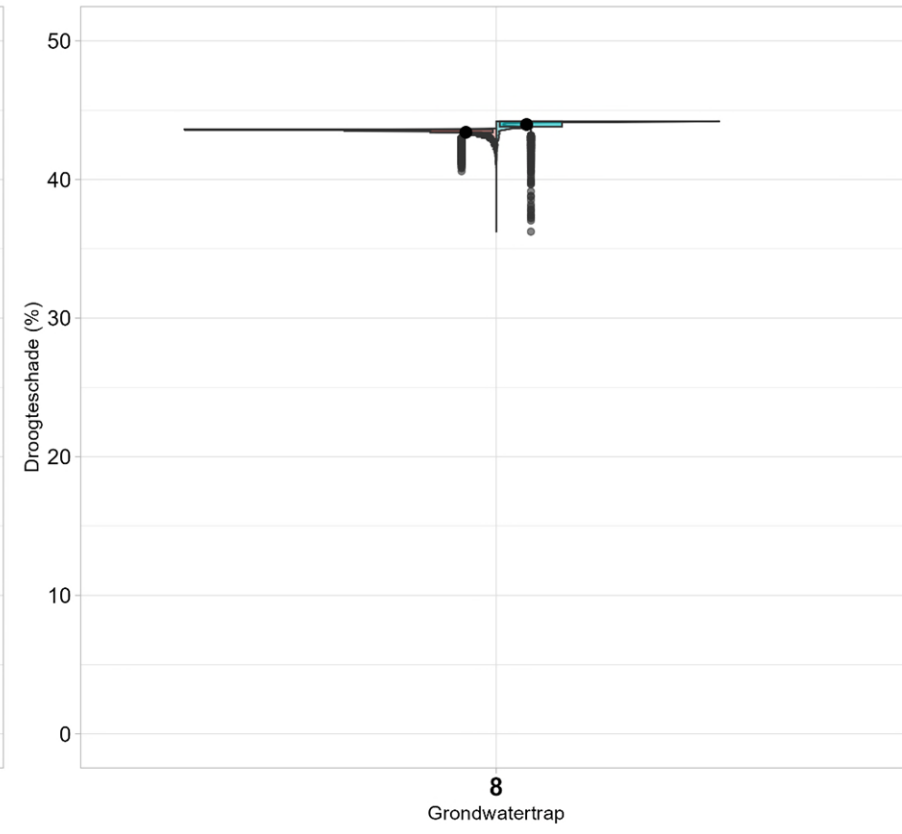


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

Onderzoek WWL

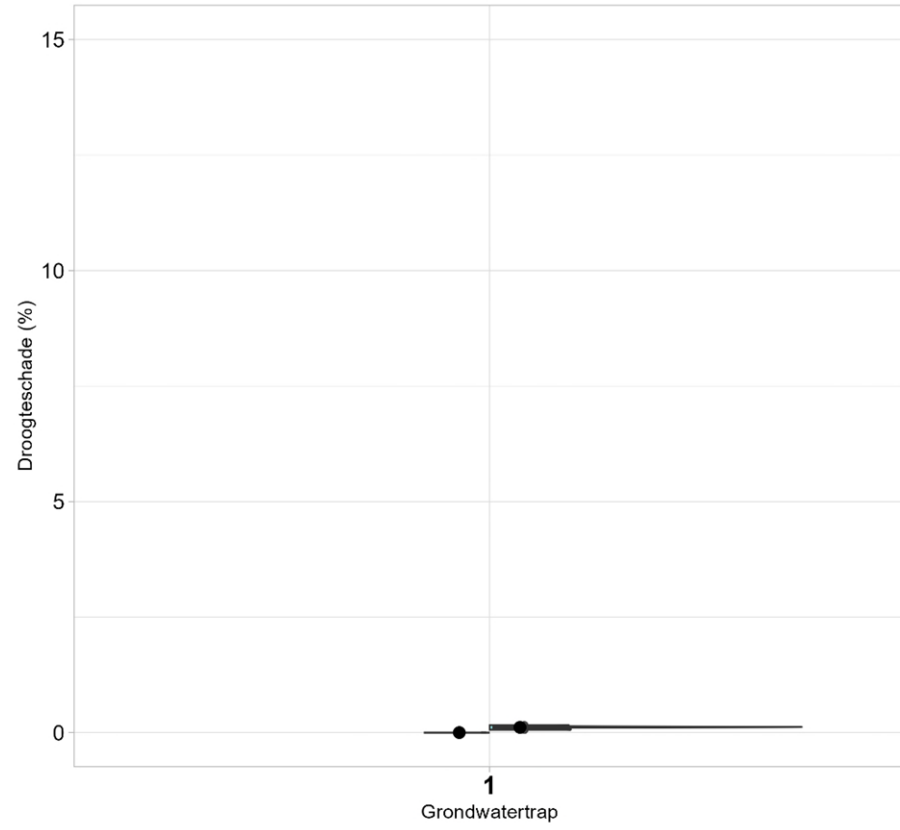


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

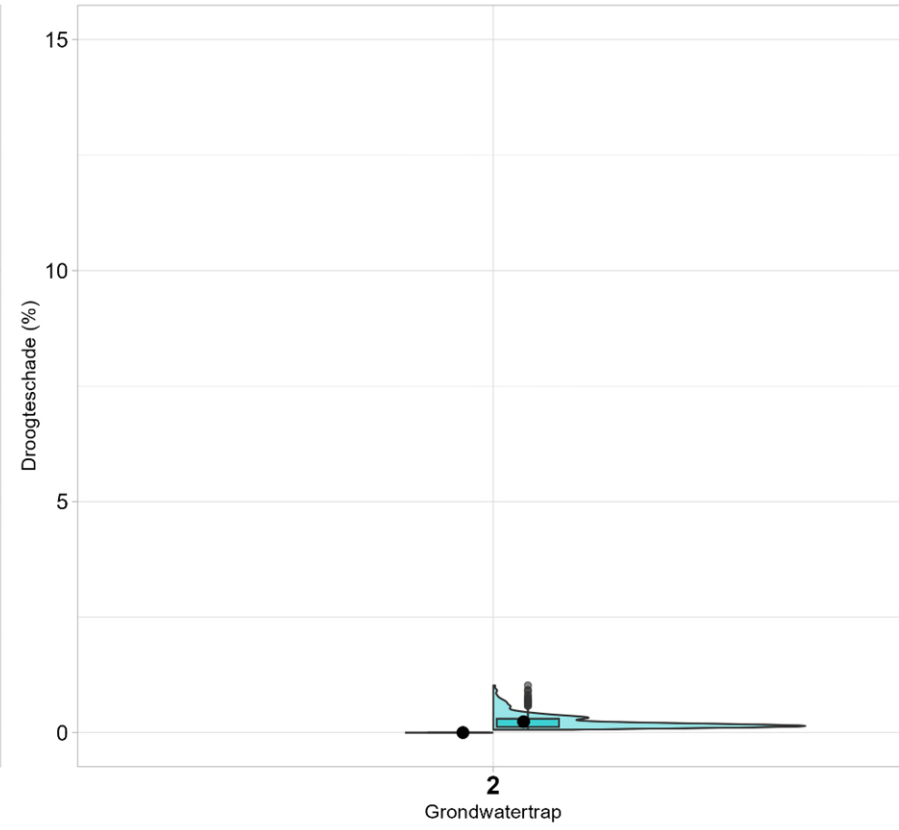


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

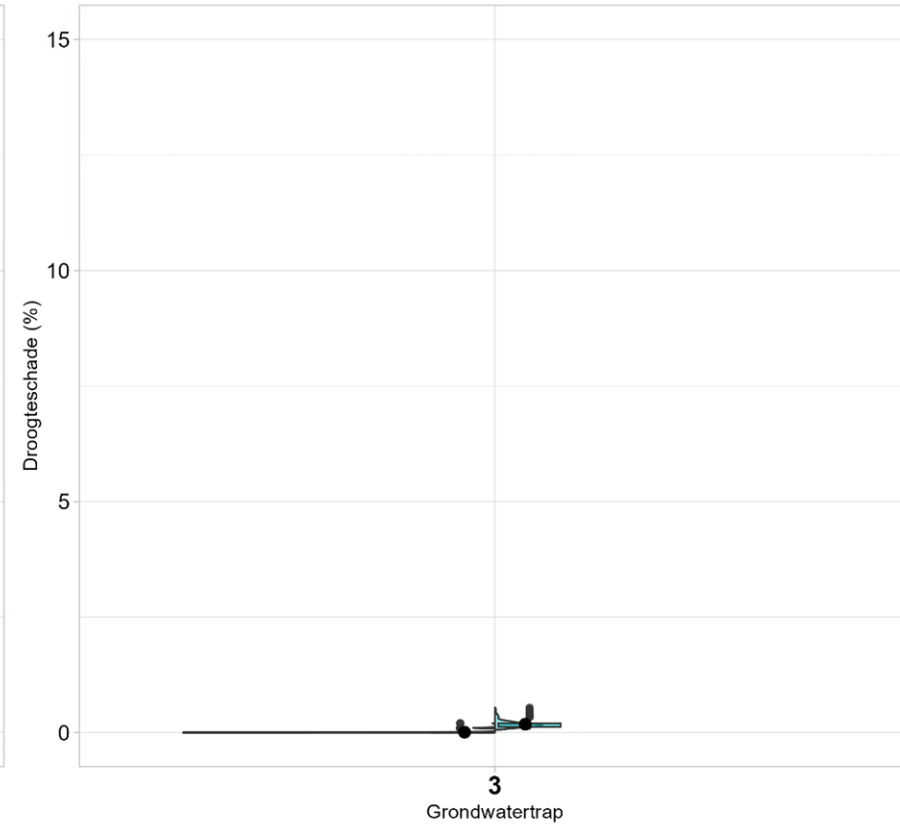
Vioolgrafieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 3021 & gras (maaien)



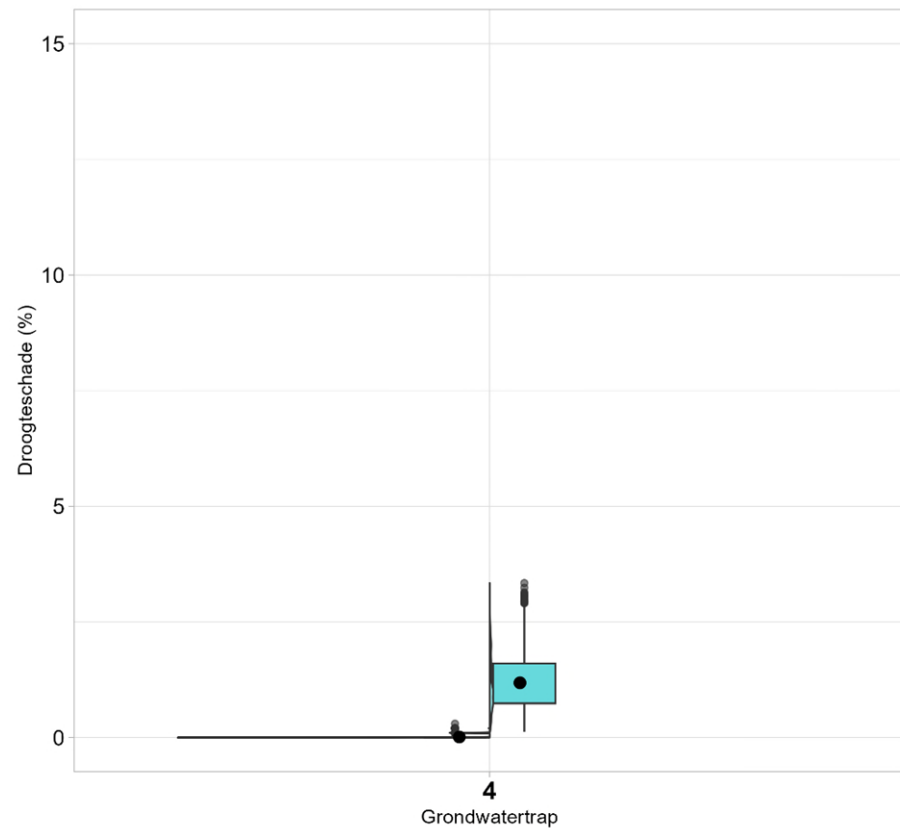
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



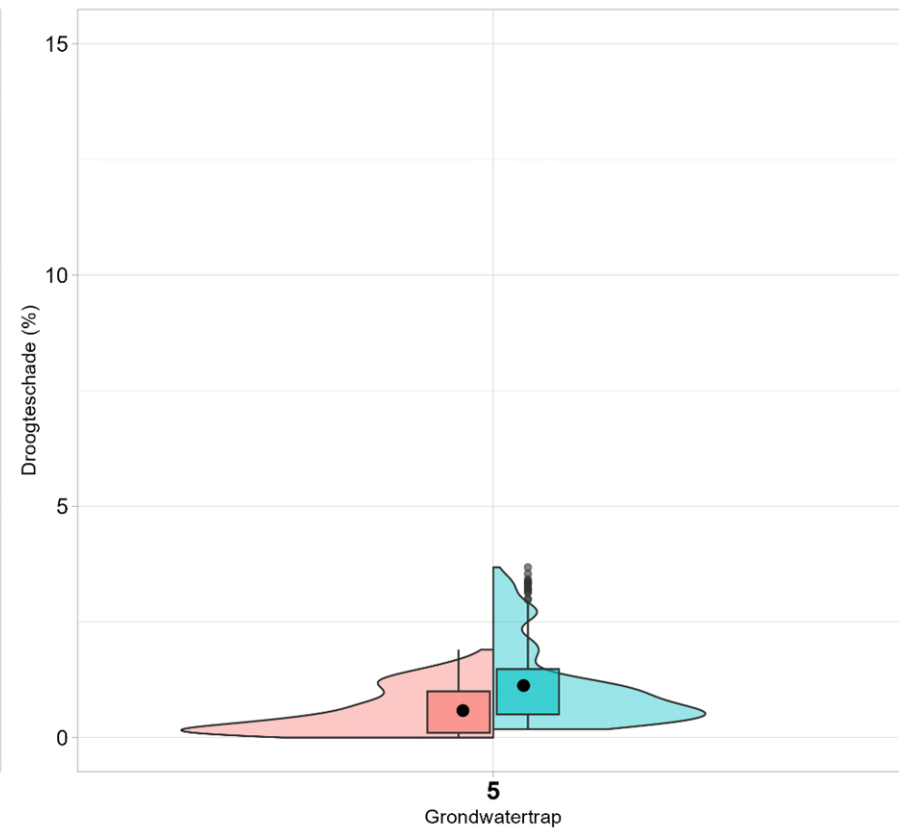
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



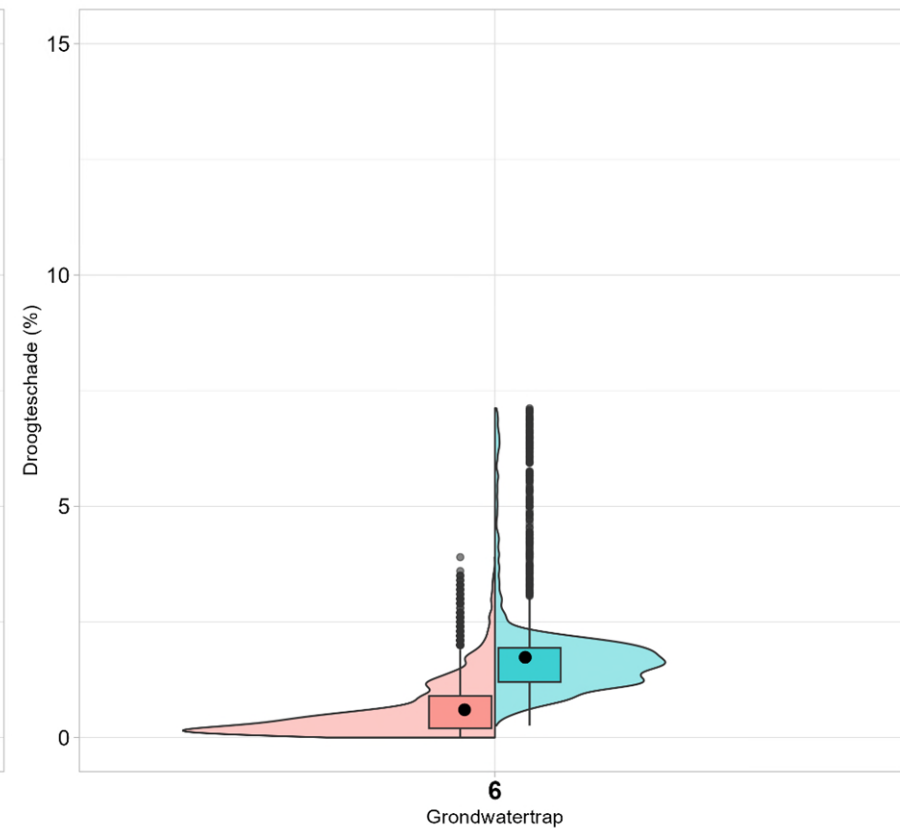
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

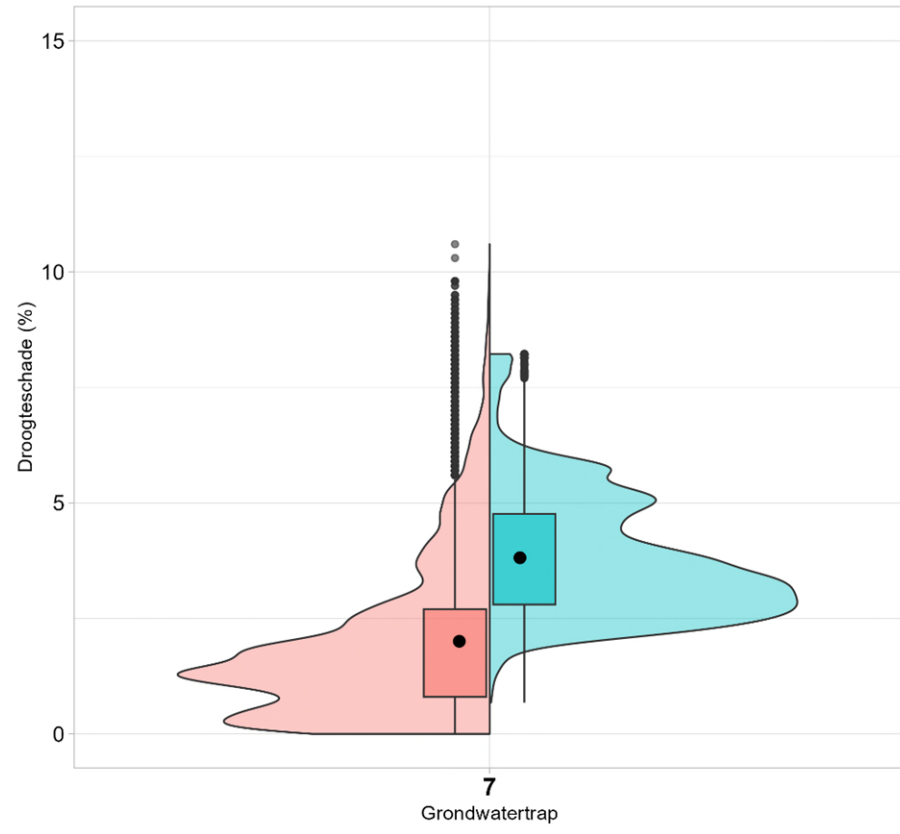


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

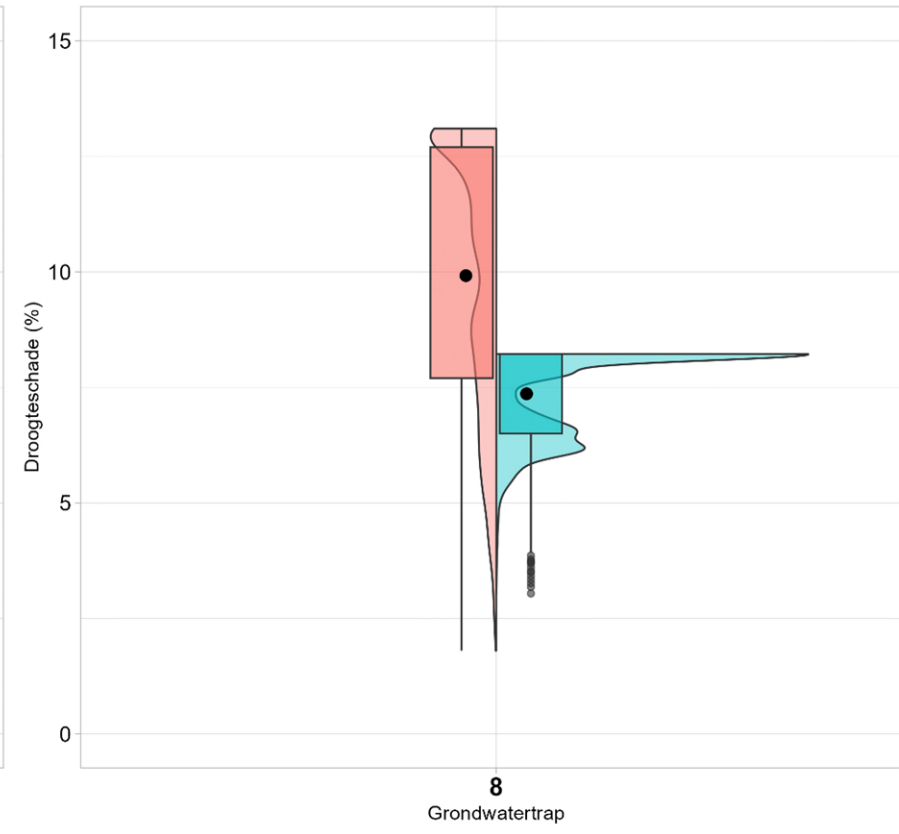


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

Onderzoek WWL

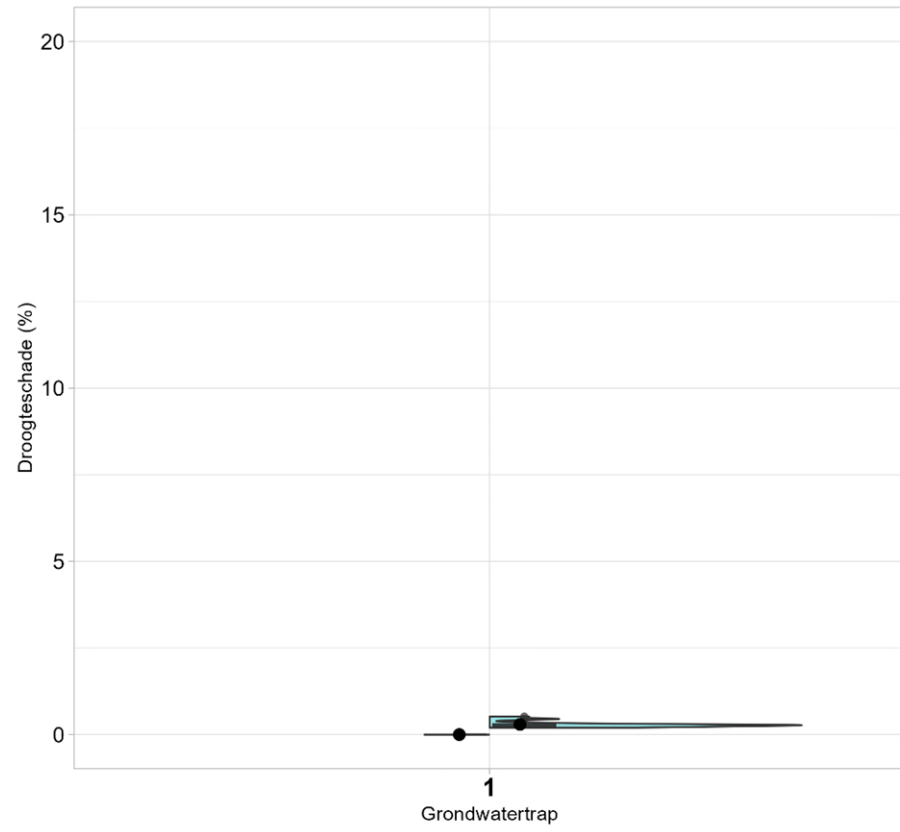


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

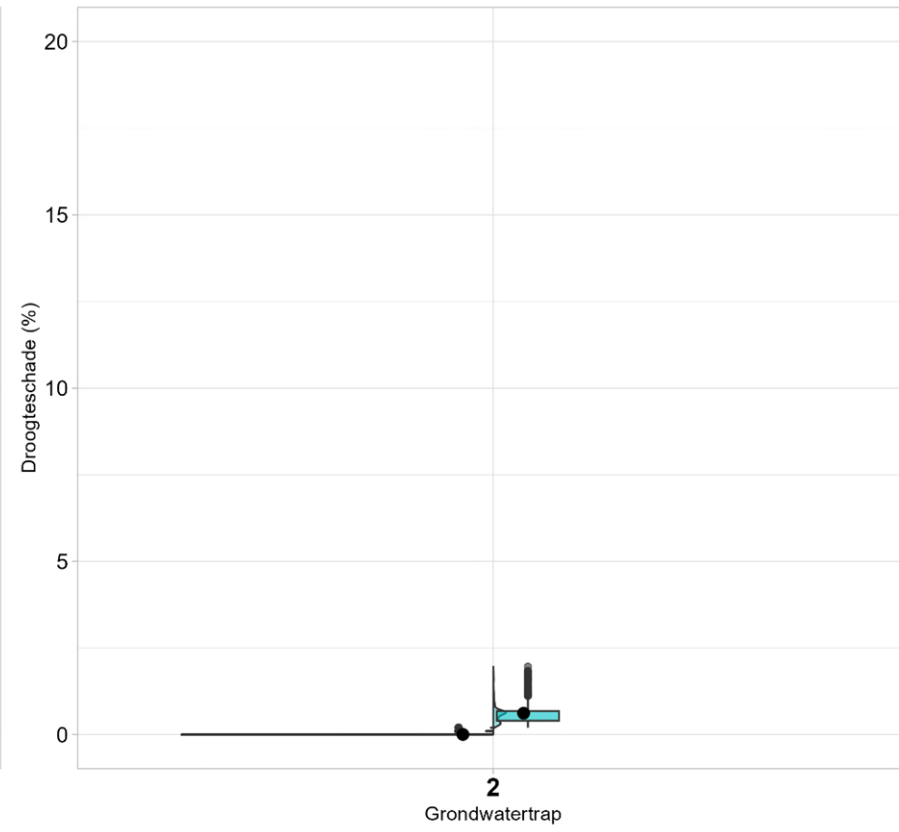


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

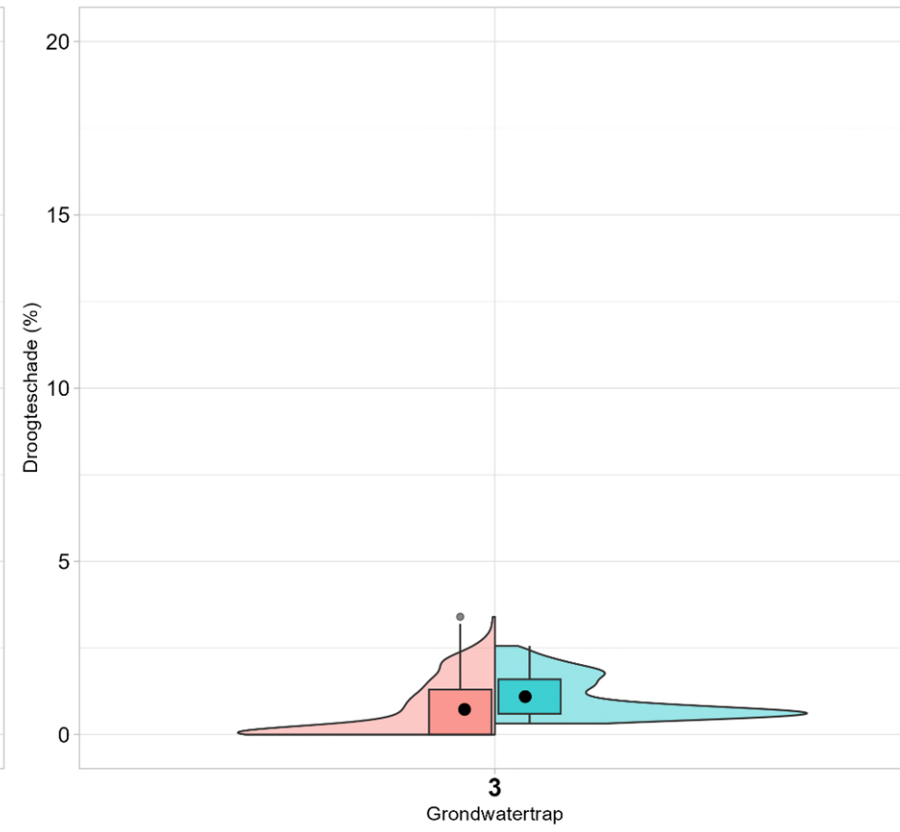
Vioolgrafieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 3021 & snijmais



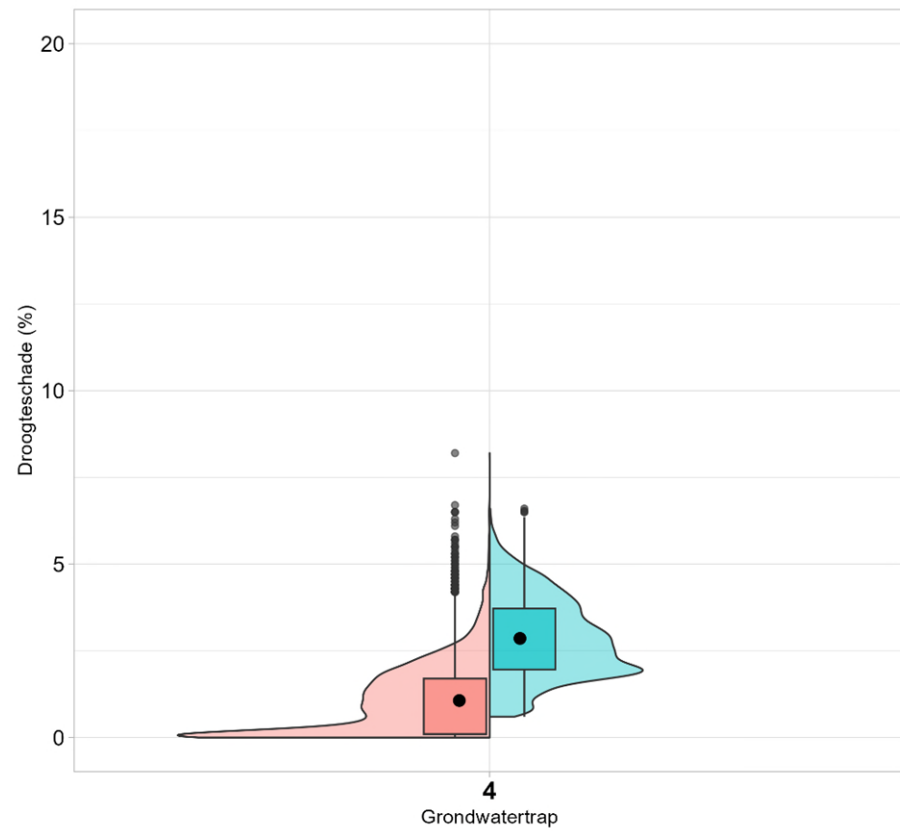
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



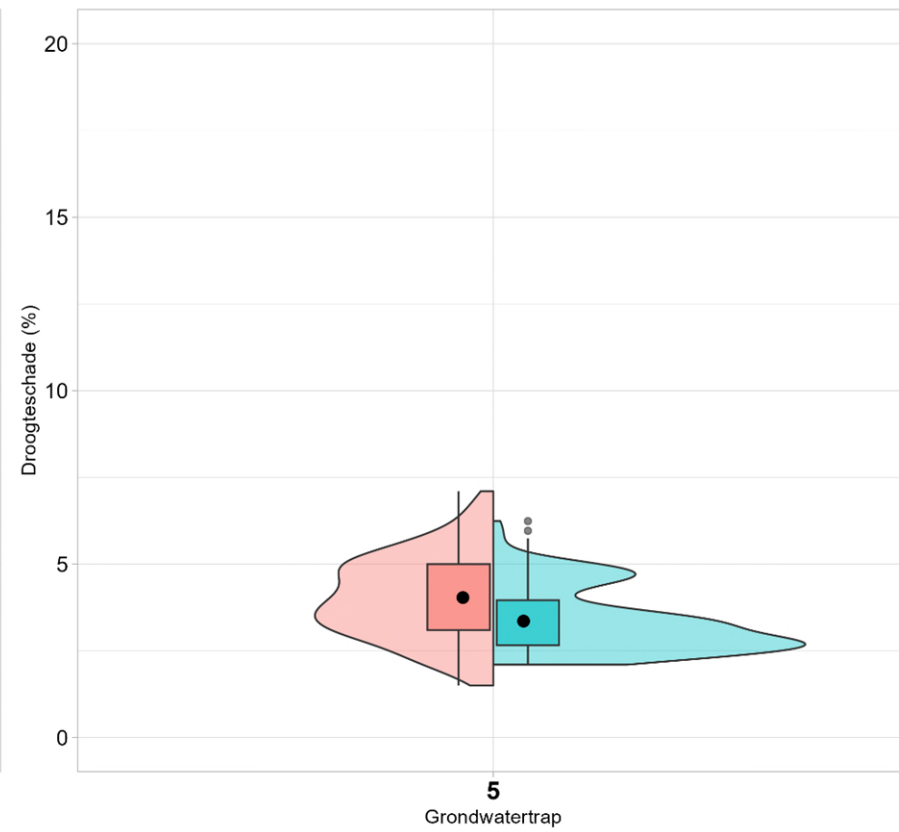
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



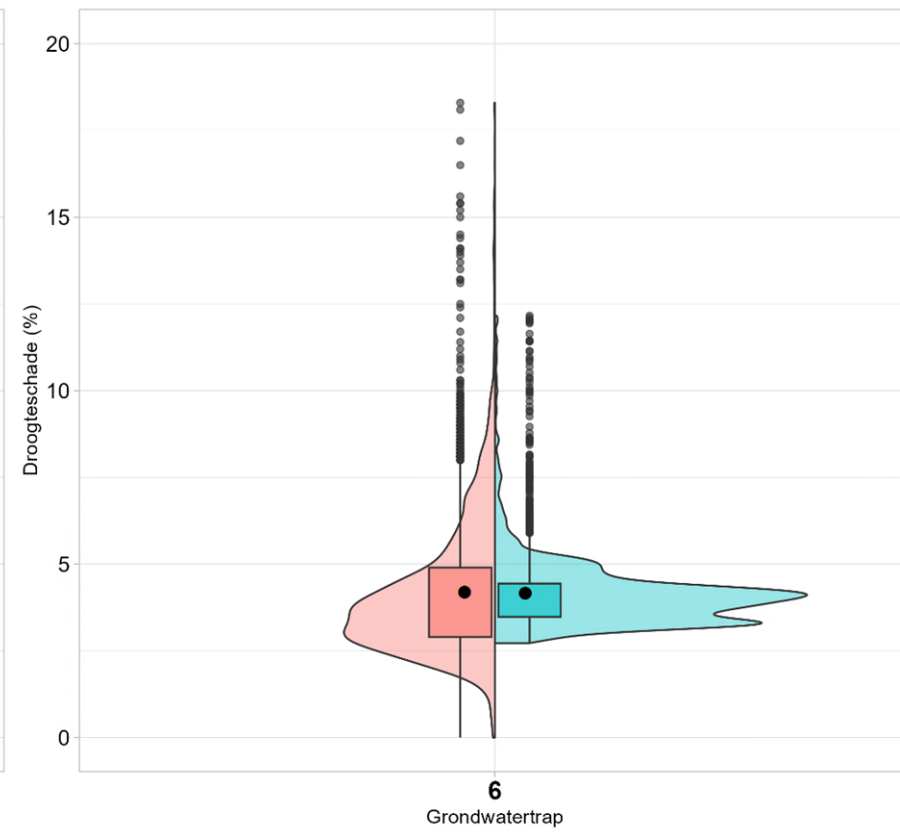
WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

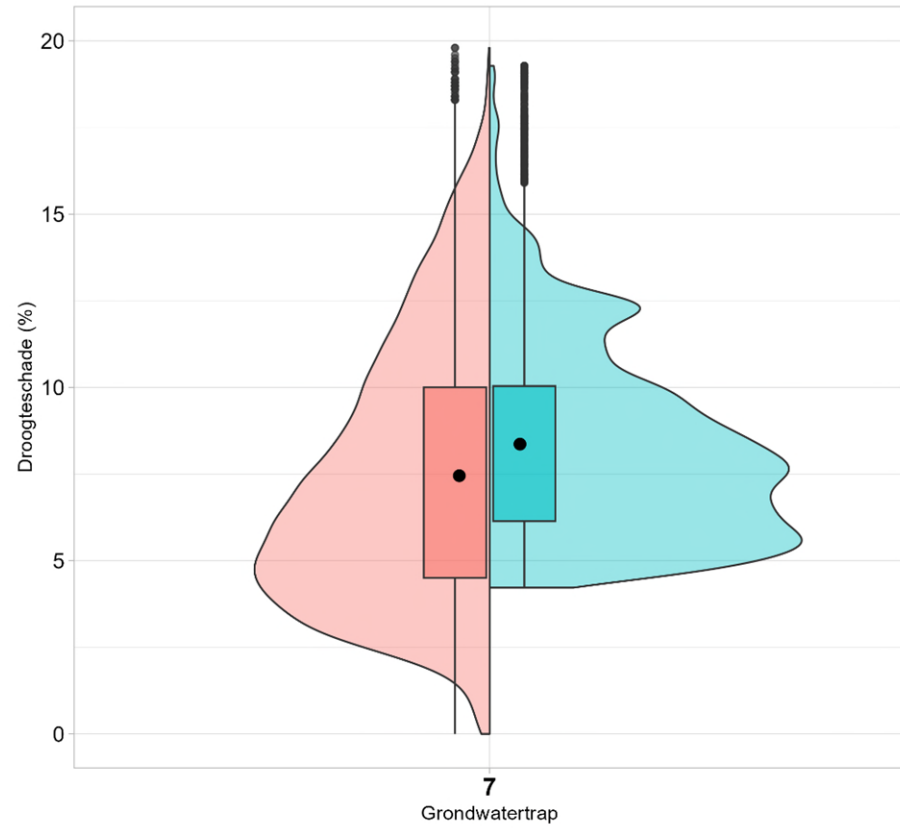


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

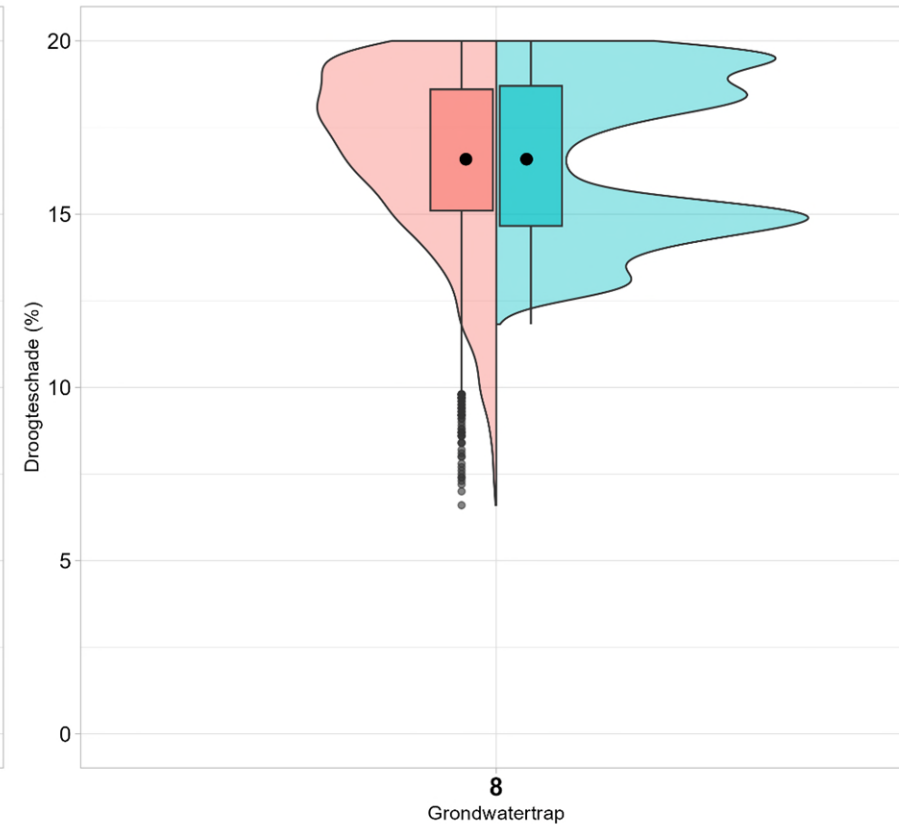


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

Onderzoek WWL

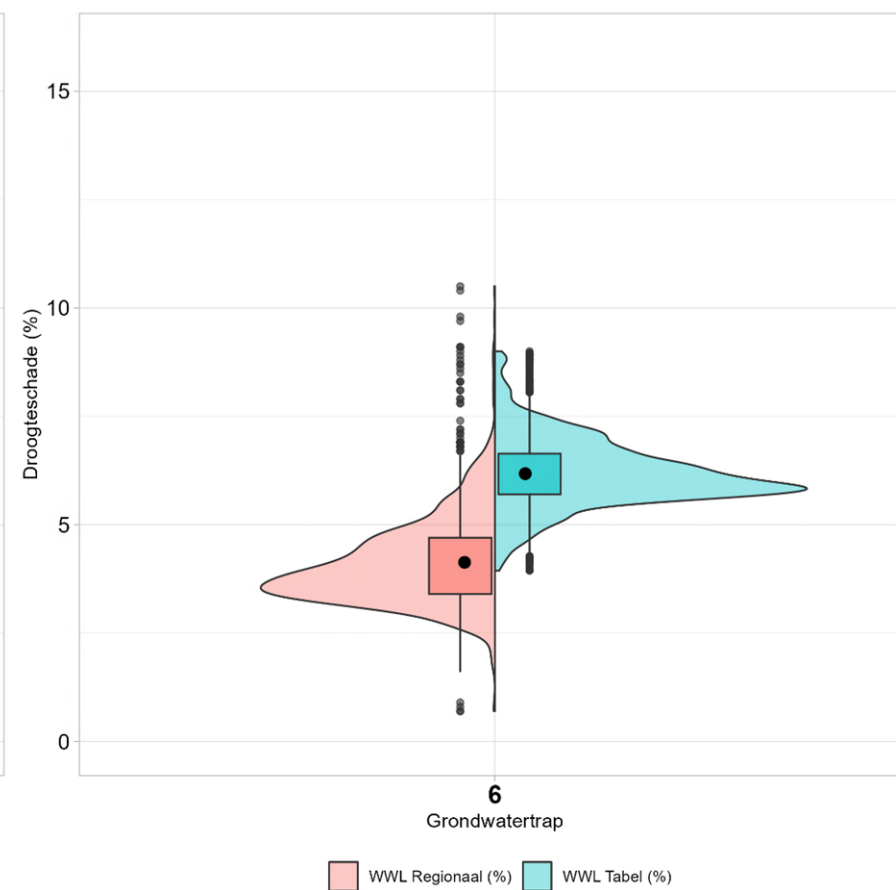
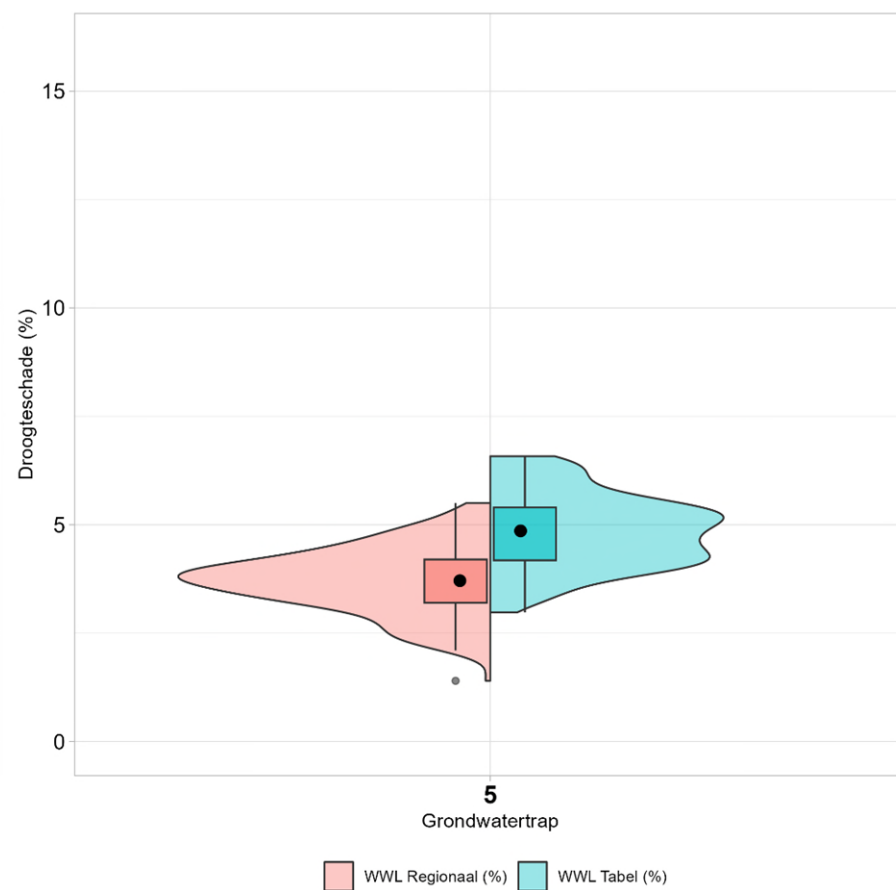
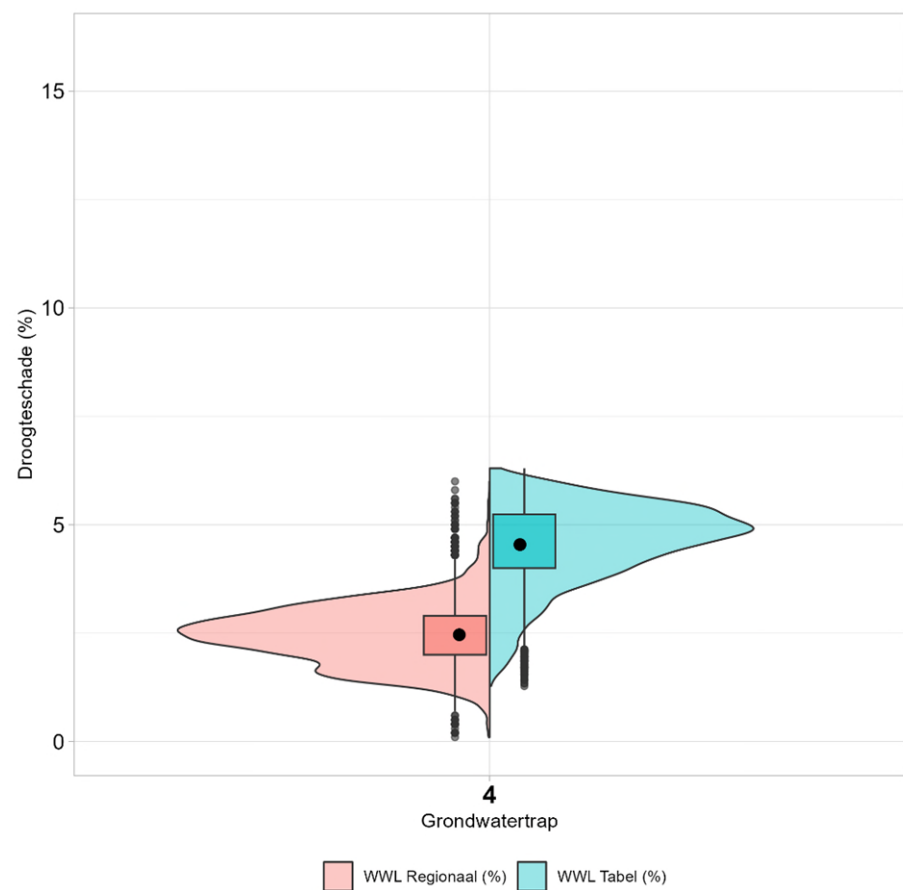
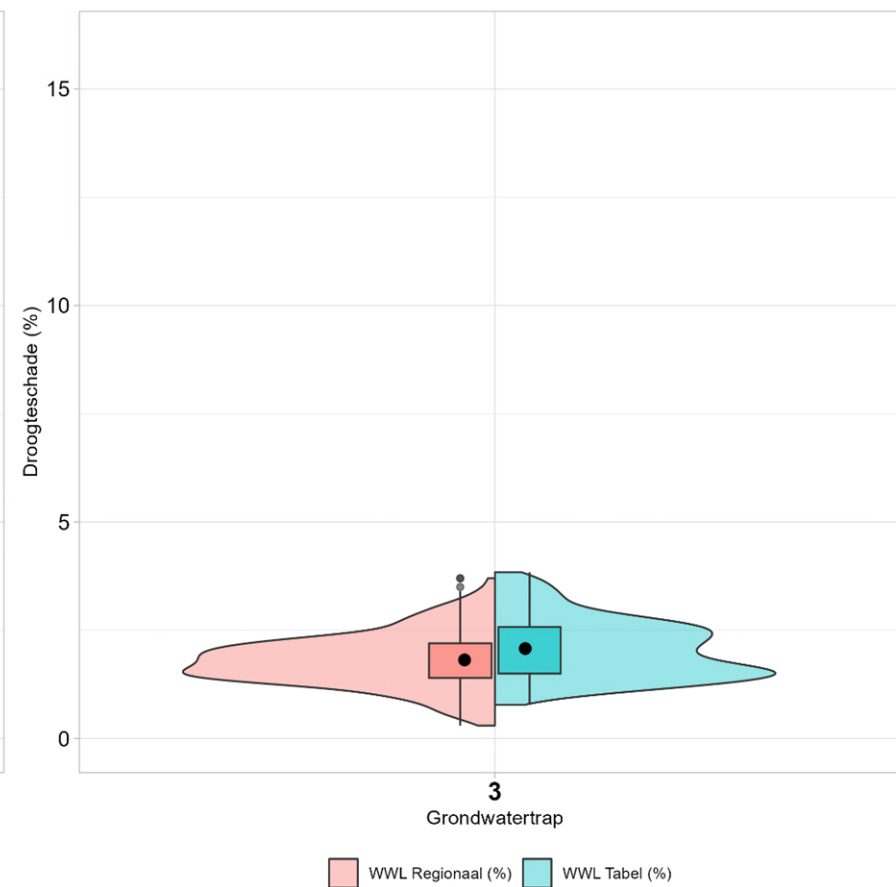
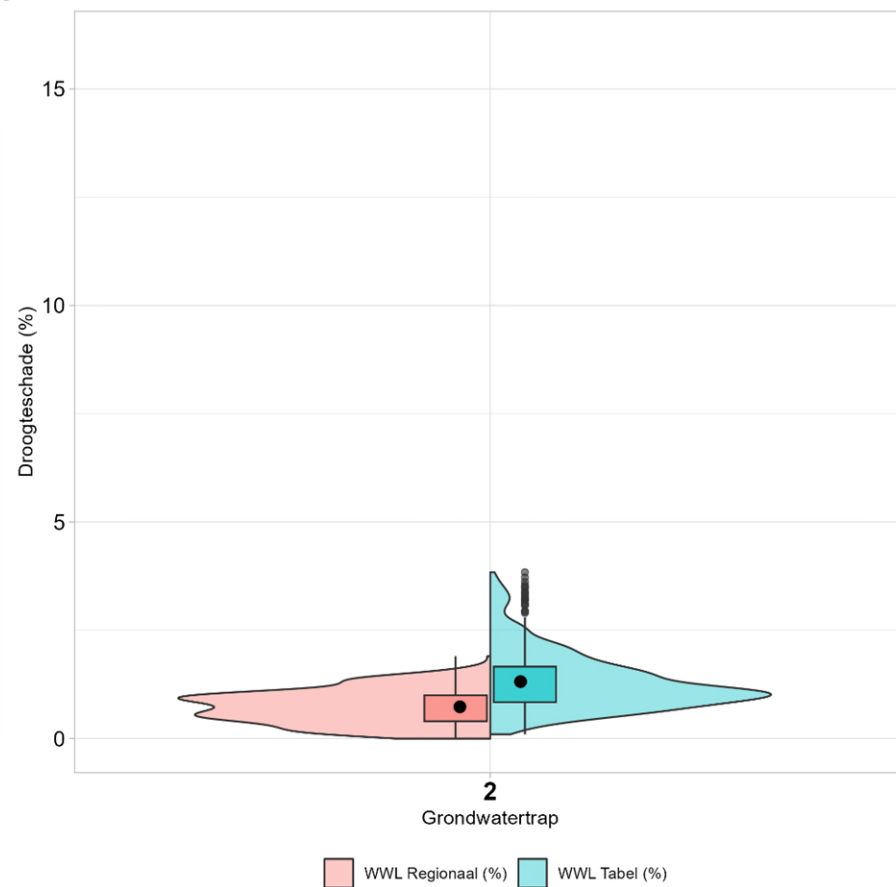
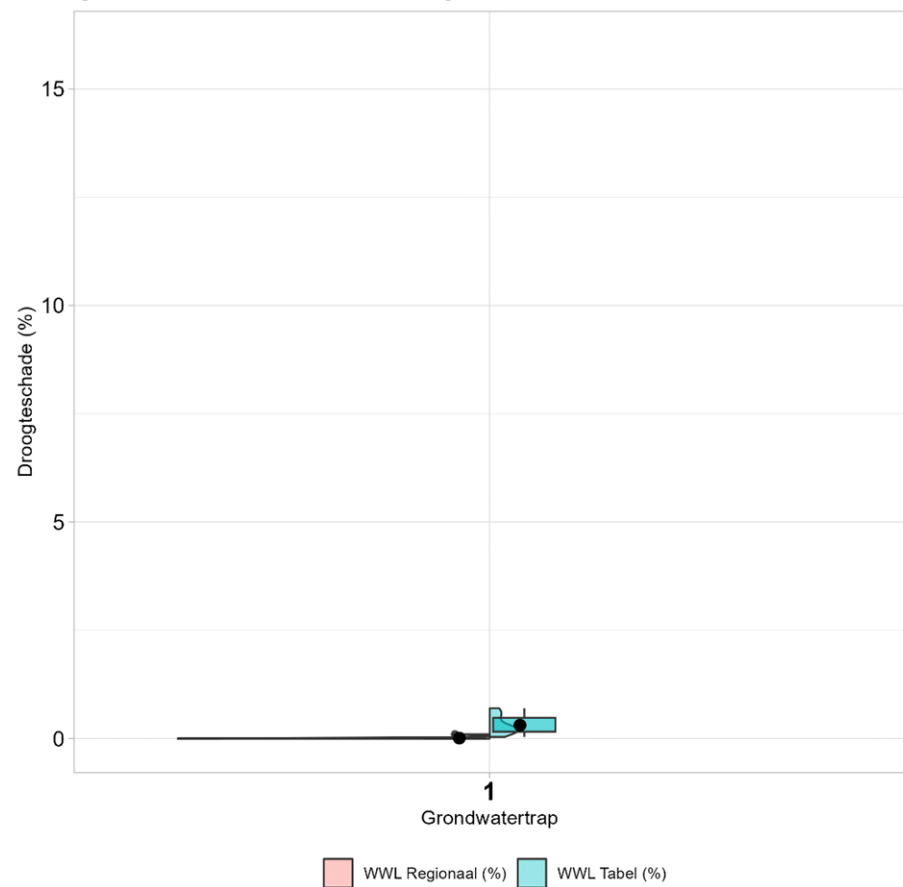


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

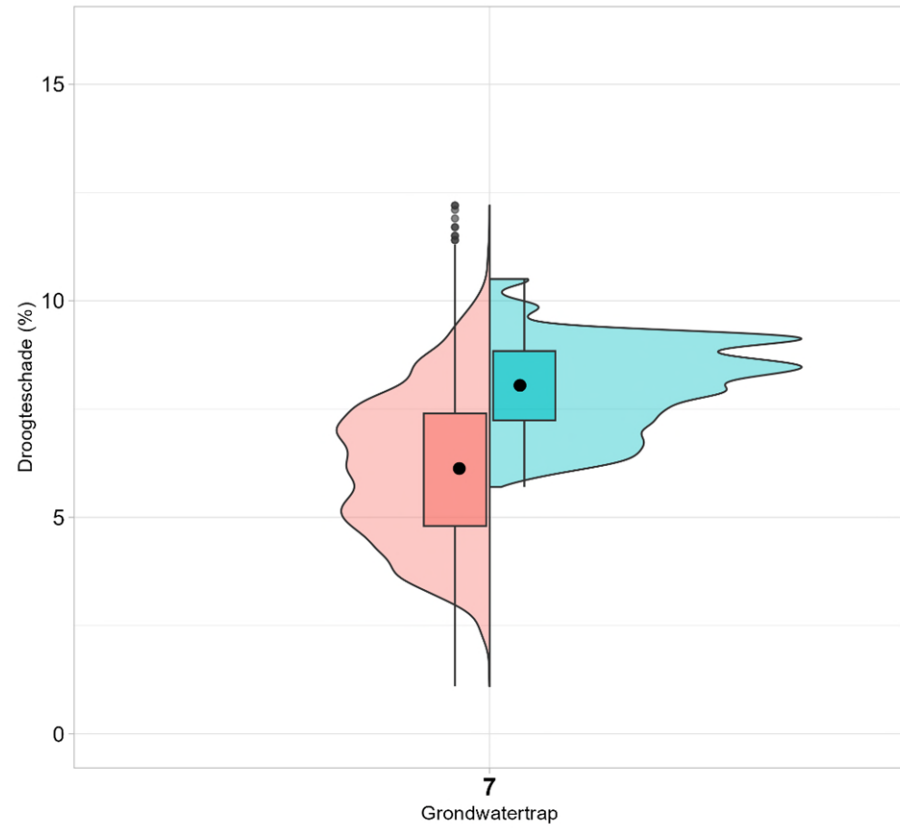


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

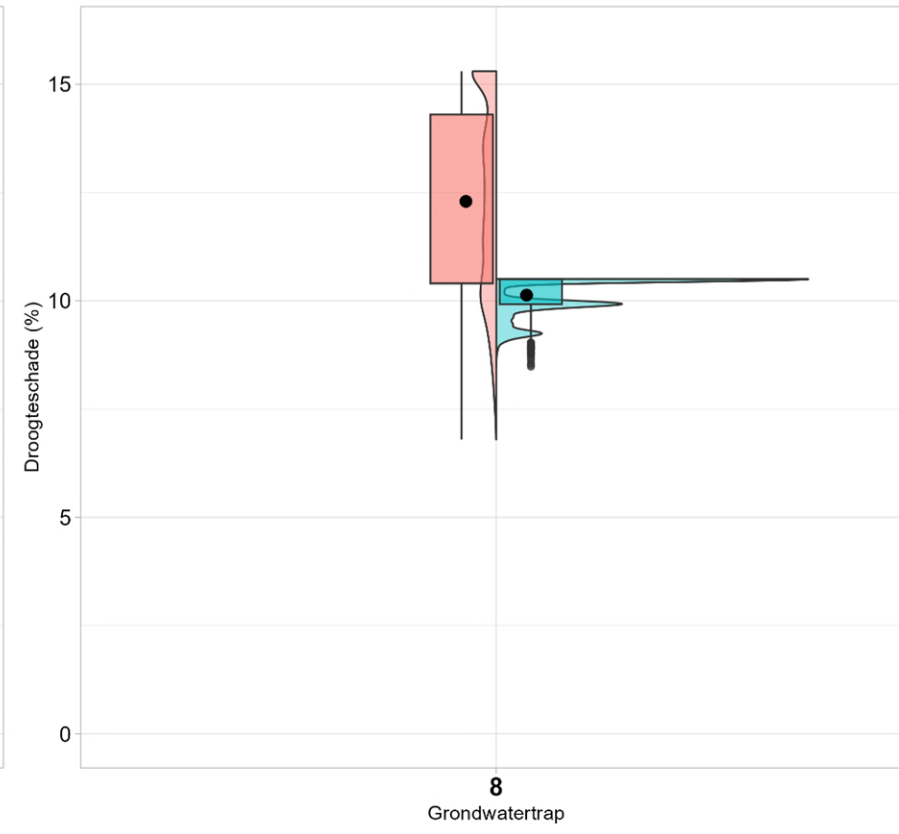
Vioolgrafieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 4018 & gras (maaien)



Onderzoek WWL

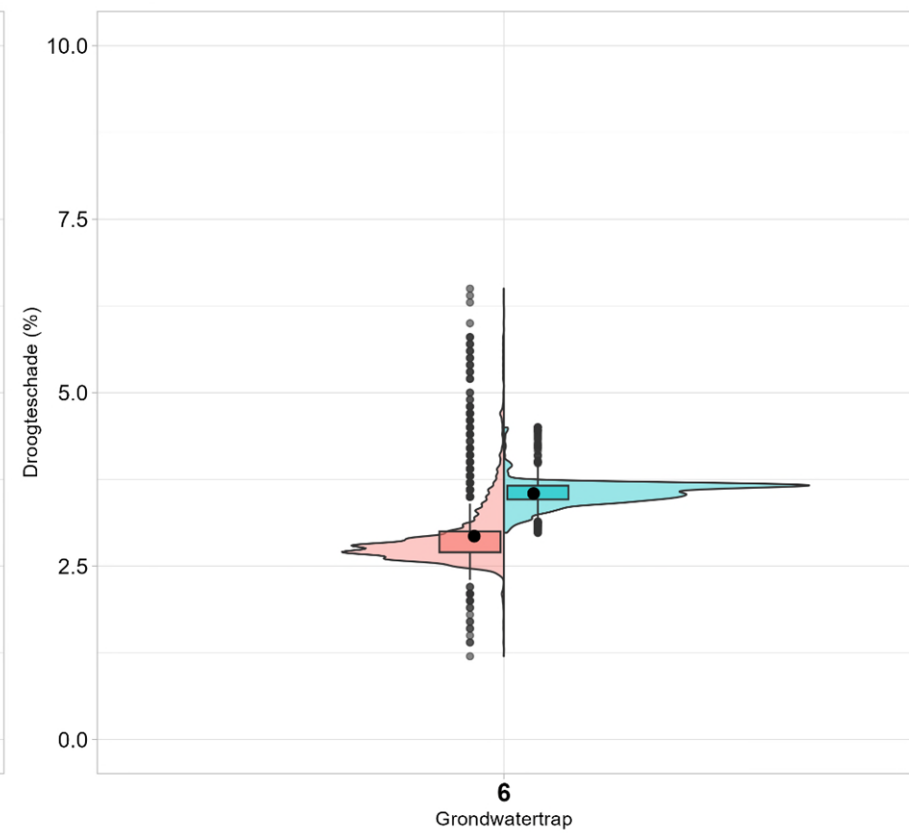
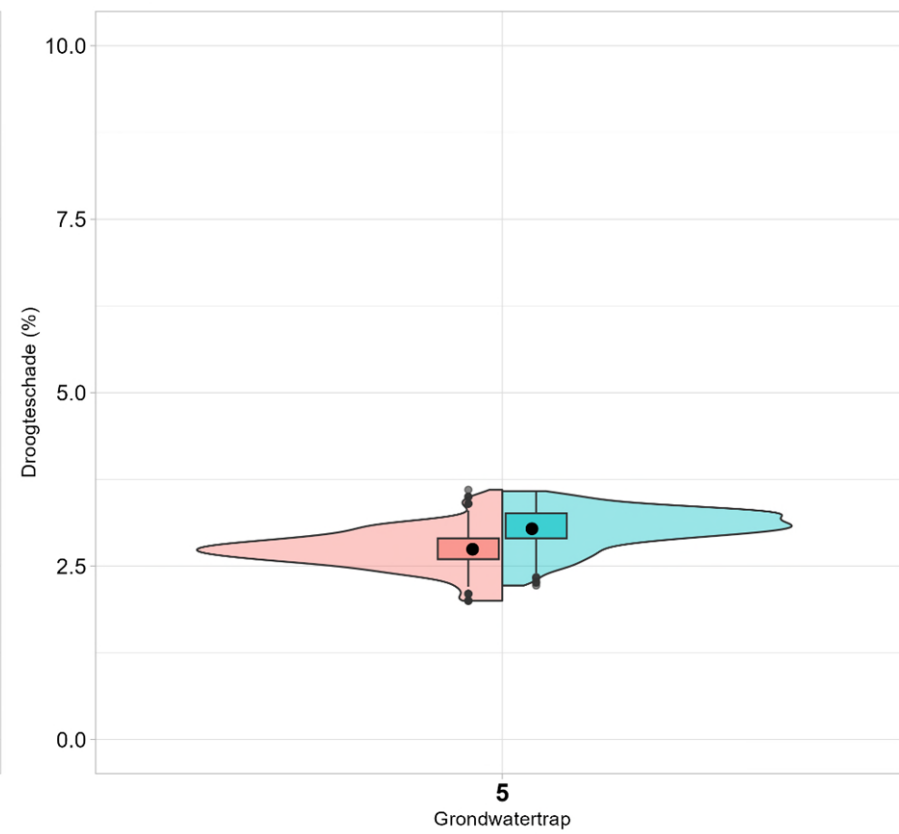
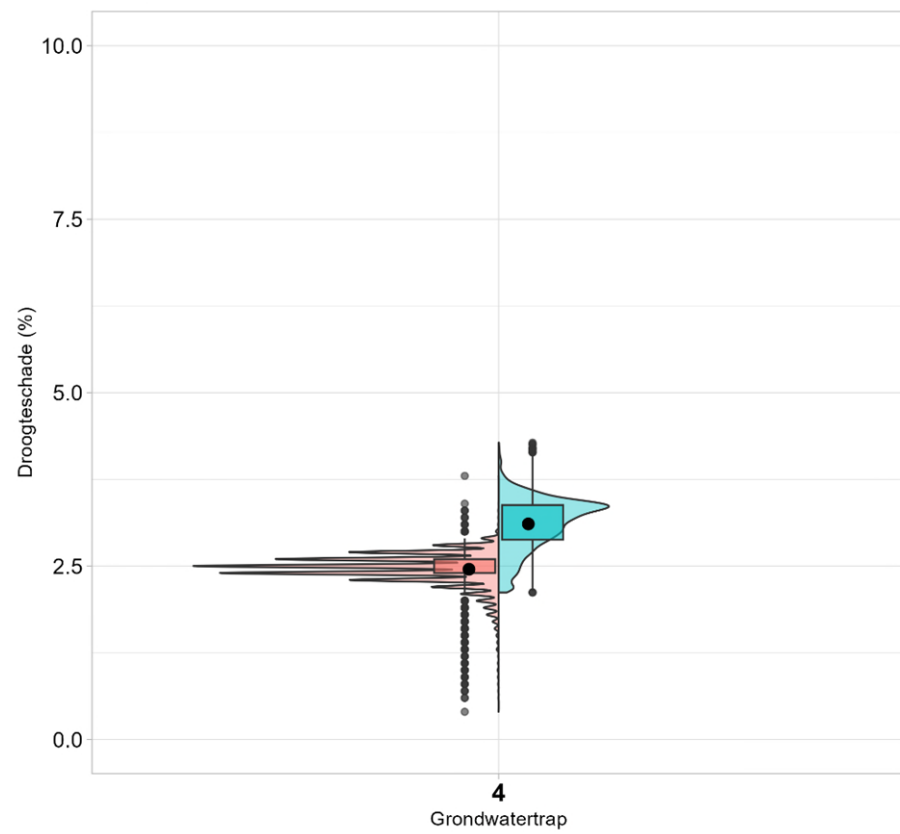
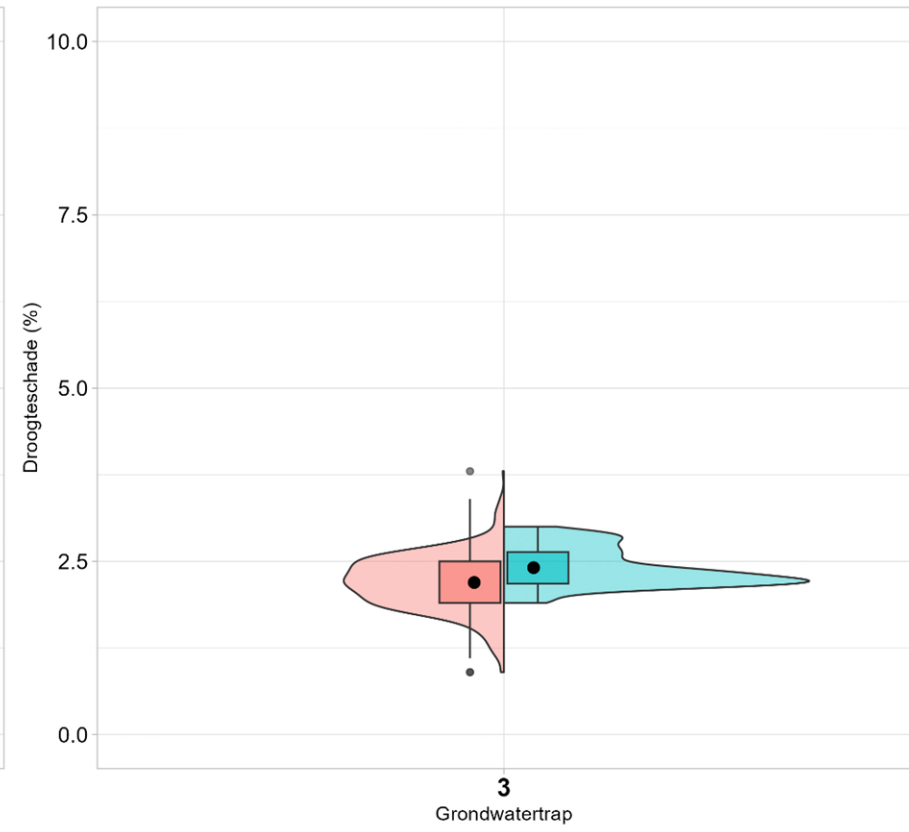
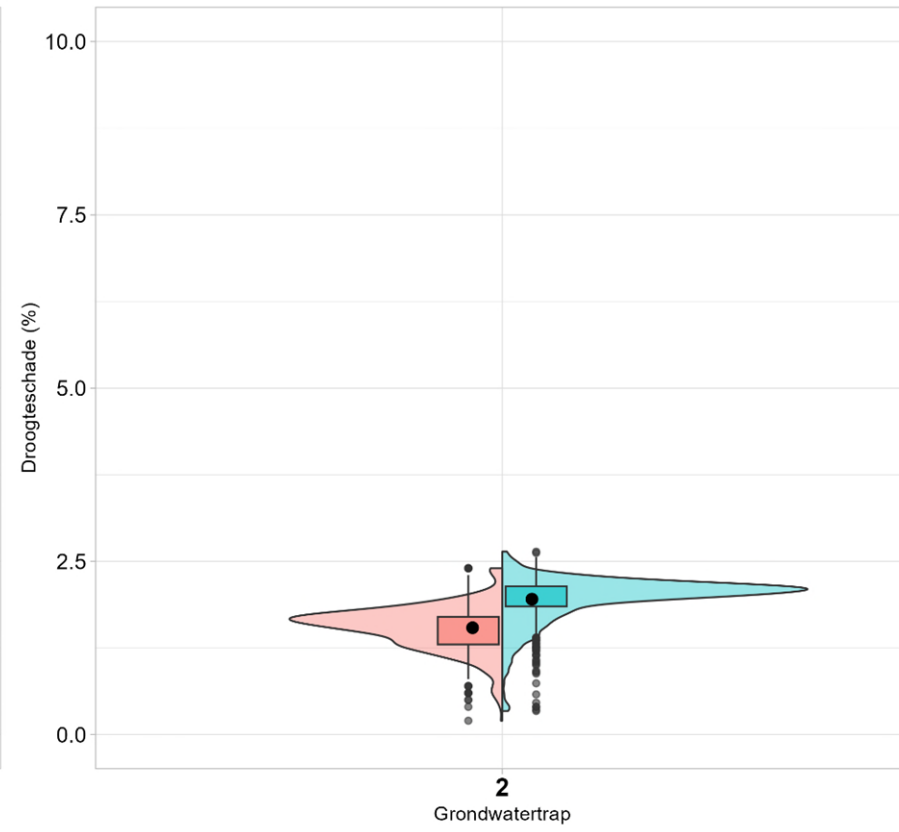
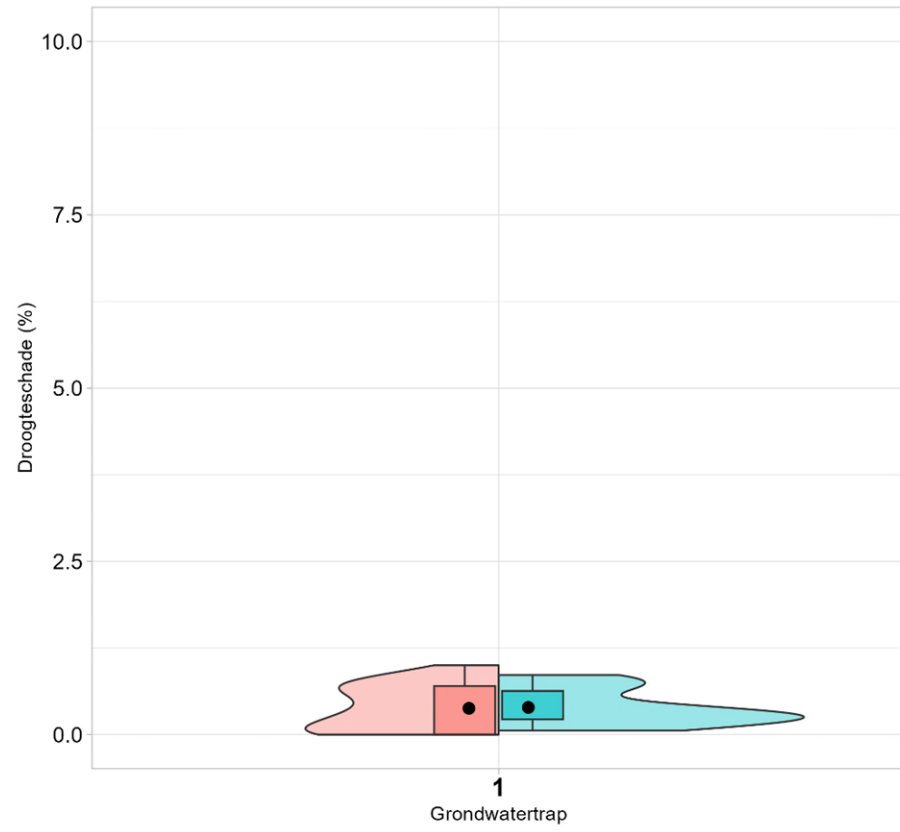


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

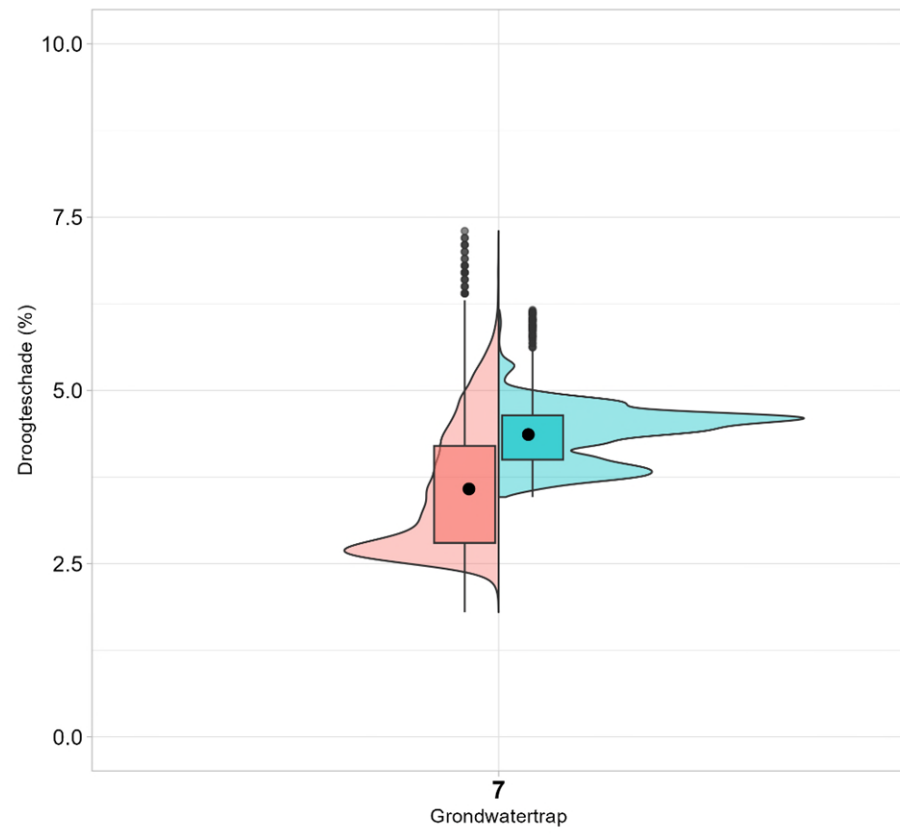


WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

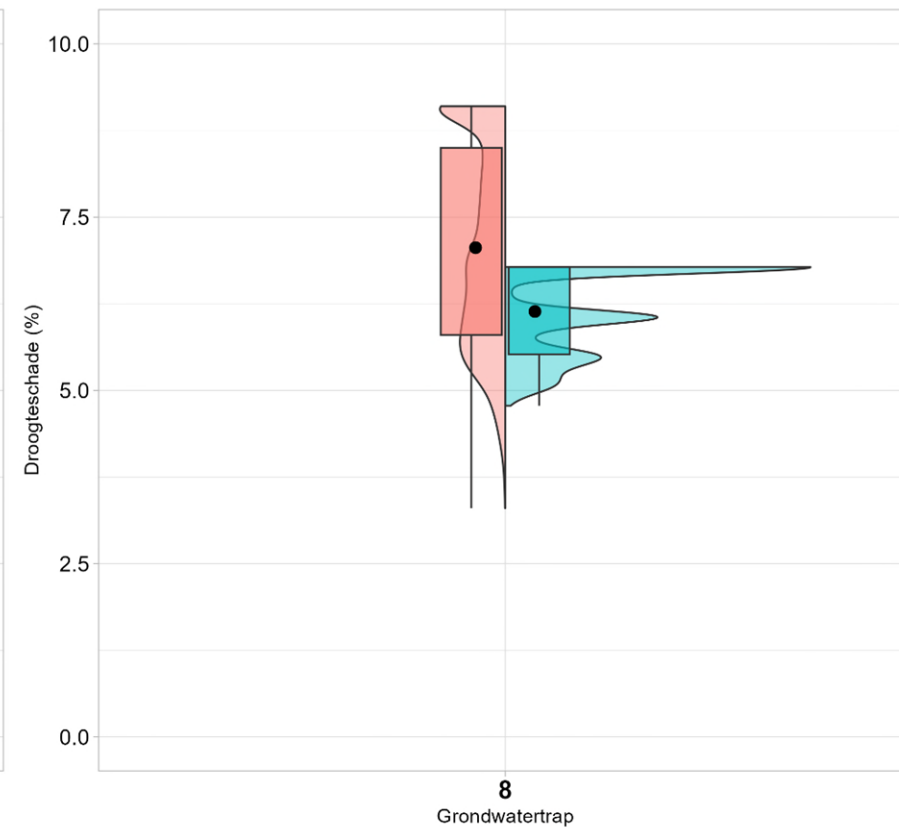
Vioolgrafieken en boxplots voor grondwatertrappen BOFEK 4018 & snijmais



Onderzoek WWL



WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)



WWL Regionaal (%) WWL Tabel (%)

Bijlage 4 Vergelijking WWL Regionaal met input BOFEK2020 versus input Bodemkaart 1:50.000

Grafieken door WWL regionaal berekende droogteschade met BOFEK2020 als input en Bodemkaart 1:50000 als input

