

# RAPPORT

## Variabele irrigatie:

## Rendabiliteit en hulpbronefficiëntie

Juli 2022

### Auteurs

Joke Vandermaesen, Serge Remy – pcfruit vzw

Stephanie Delalieux – VITO

John Bal – ZLTO

Yannick Smedts – Boomkwekerij Fleuren



### Wijze van refereren

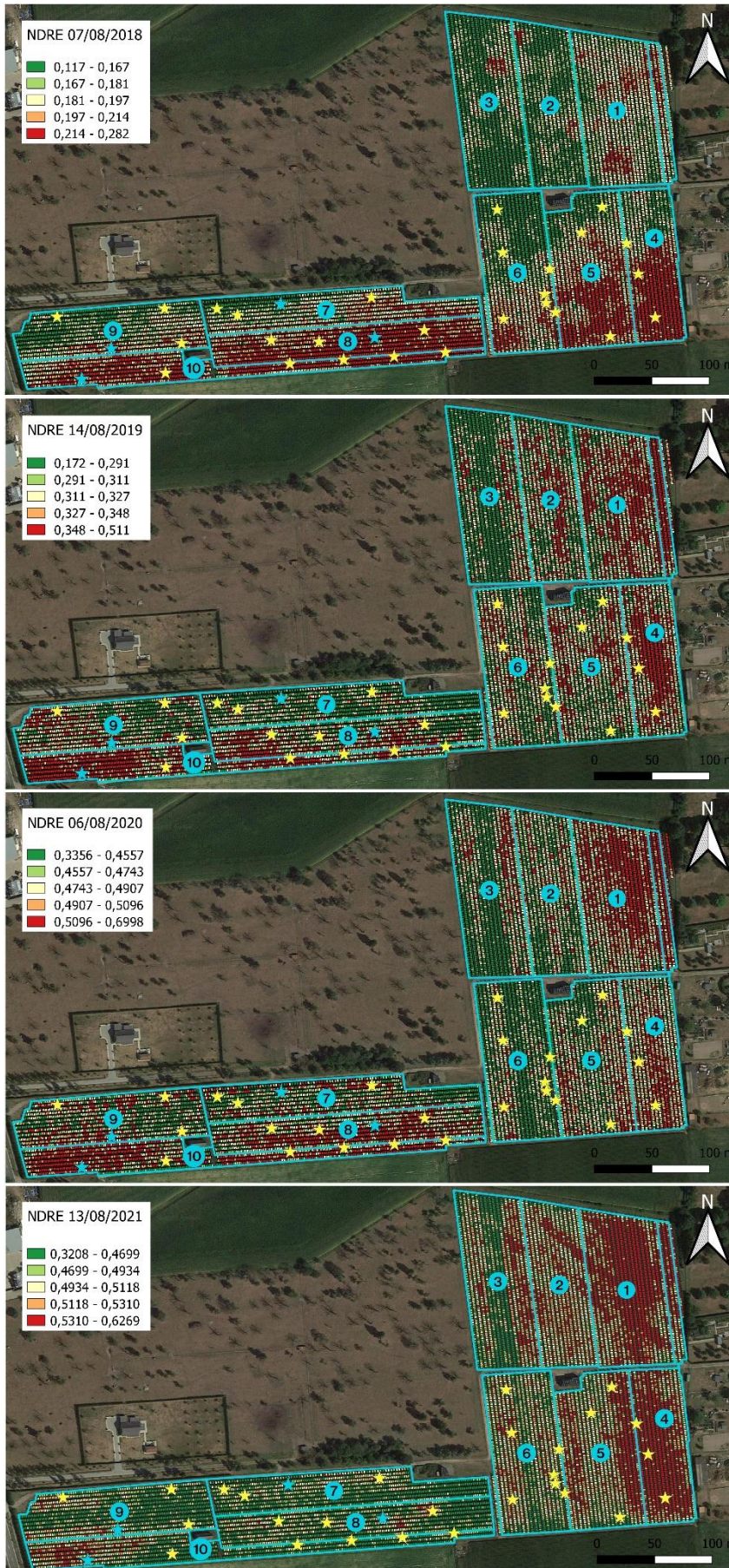
Vandermaesen, J., Delalieux, S., Bal, J., Smedts, Y. & Remy, S. (2022) Relevante bodemparameters m.b.t. precisiefruitteelt. Rapport Interreg project 'Intelligenter Fruit Telen', 22 p.

### **Variabele irrigatie op proefperceel "Rummen"**

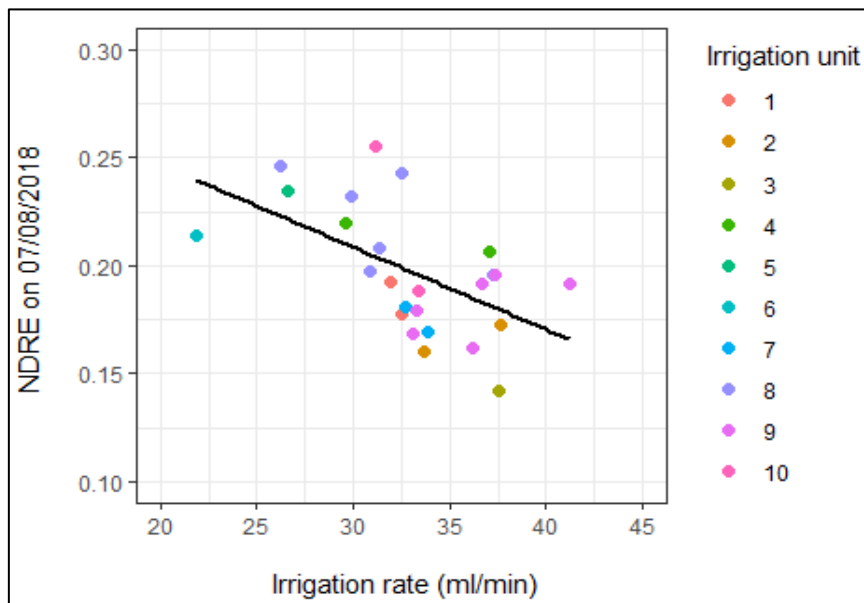
Het proefperceel te Rummen bestaat uit 7.4 ha Conference peren op een zandige leembodem met een totaal hoogteverschil van 13 m en een gemiddelde helling van 2%. De boomgaard bestaat uit verschillende aanplanten met verschillende onderstammen, plantjaren, plantafstanden en rij-oriëntatie (oost-west vs. noord-zuid). De aanwezige druppelirrigatie is verdeeld in 10 verschillende irrigatieblokken die apart, maar sequentieel kunnen worden aangestuurd (zie Figuur 1). Van irrigatieblokken 4, 5 en 6 is geweten dat ze niet optimaal functioneren omdat de irrigatieleiding er bergop loopt. De laagstgelegen delen van de boomgaard zijn gedraineerd. Van 2018 tot 2021 werd de boomgaard gedetailleerd in kaart gebracht door o.a. twee bodemscans voor de meting van de elektrische geleidbaarheid (EC) van de bodem en maandelijkse dronevluchten voor het berekenen van het aantal bloembotten en verschillende vegetatie-indices. Scheutlengte, opbrengst en kwaliteit werden elk jaar beoordeeld voor min. 24 plots van telkens 3 bomen verspreid over het perceel.

In 2018 werd de volledige boomgaard uniform geïrrigeerd, waarbij telkens eenzelfde dagelijkse watergift werd ingesteld voor alle 10 irrigatieblokken. Uit de dronebeelden van 2018 bleek de variatie van de NDRE-index grotendeels overeen te komen met de ligging van de irrigatieblokken (zie Figuur 1) en de werkelijke waterafgifte per druppelaar gemeten in de boomgaard (zie Figuur 2). De dronebeelden hebben dus aangetoond dat het irrigatiesysteem niet overall even goed werkte, een probleem waar de teler zich niet eerder bewust van was. In 2018 was het aantal bloembotten en de totale opbrengst significant hoger in irrigatieblok 9, terwijl het gemiddelde vruchtgewicht en alle gemeten kwaliteitsparameters vergelijkbaar waren voor alle irrigatieblokken (zie Bijlage 1). Omwille van de verschillen tussen de irrigatieblokken werd beslist om in 2019 - 2021 variabel te irrigeren.

Op 16/07/2019 werden Watermark sensoren geplaatst in irrigatieblokken 8, 9 en 10 voor meting van de bodemvochtspanning. Van 22/08/2019 tot aan de pluk op 29/08/2019 werden irrigatieblokken 8 en 9 variabel aangestuurd op basis van de sensordata: enkel indien de gemiddelde bodemvochtspanning groter werd dan 30 kPa en de irrigatieduur werd aangepast aan de gemiddelde watergift per druppelaar. De rest van het perceel werd uniform geïrrigeerd volgens het PWARO-irrigatie advies van pcfruit en de Bodemkundige Dienst van België, nl. 1u per blok per dag. In blok 8 werd 1:08 u/dag geïrrigeerd, waardoor het waterverbruik steeg met 2.2 mm of 9 m<sup>3</sup>/ha als de rijafstand van 3.5 m in rekening wordt gebracht. Dit bleek adequaat om droogtestress te vermijden aangezien de bodemvochtspanning rond de grenswaarde van 30 kPa bleef fluctueren (zie Bijlage 2); terwijl in blok 10 (uniforme controle voor blok 8) de bodemvochtspanning gestaag opliep vanaf 26/08/2019. In blok 9 bleek het niet nodig te irrigeren. Over de volledige periode van één week werd hierdoor 21.7 mm of 93 m<sup>3</sup>/ha water bespaard t.o.v. het uniforme irrigatieregime (1:00 u/dag). Er waren geen significante verschillen in opbrengst, kleur en hardheid van de peren tussen de variabel en uniform geïrrigeerde blokken (zie Tabel 1). In blok 7 (uniforme controle voor blok 9) was het suikergehalte echter relatief laag.



Figuur 1. Kaart van proefperceel "Rummen" met aanduiding van de NDRE per boom op 07/08/2018, 14/08/2019, 06/08/2020 en 13/08/2021. De blauwe lijnen duiden de verschillende irrigatieblokken aan. De sterren duiden de ligging van de experimentele plots aan. In de plots aangeduid in het blauw werden bodemvochtsensoren geïnstalleerd.



Figuur 2. NDRE op 07/08/2018 in functie van de lokale watergift per druppelaar, gemeten in het veld.

Op 05/05/2020 werd ook in irrigatieblok 7 eenzelfde sensorsysteem geïnstalleerd. De variabele irrigatie werd herhaald in 2020 gedurende de volledige fruitontwikkelingsfase van mei tot augustus. Irrigatieblokken 8 en 9 werden aangestuurd o.b.v. de sensordata, terwijl blokken 7 en 10 aangestuurd werden o.b.v. het PWARO-advies en/of het aanvoelen van de teler. Zo werd 89 en 189 mm of 382 en 811 m<sup>3</sup>/ha bespaard in respectievelijk blok 8 en 9. Algemeen overschreed de bodemvochtspanning de grenswaarde van 30 of 60 kPa niet, behalve in blok 10 tijdens de vruchtdikkingsfase vanaf 15/07/2020 (zie Bijlage 2). De gemiddelde scheutlengte was (niet significant) lager in variabele irrigatieblokken 8 en 9, maar dit heeft niet geleid tot verschillen in opbrengst of gemiddeld vruchtgewicht (zie Tabel 1). De variabele irrigatie in blok 9 heeft echter wel geleid tot een significant groenere achtergrondkleur en opnieuw was het suikergehalte in de variabel geïrrigeerde blokken (niet significant) hoger.

Tijdens de scheutgroeifase in 2020, meer bepaald van 28/06/2020 tot 09/07/2020, heeft de teler beslist het irrigatieadvies niet te volgen, maar te blijven irrigeren in alle irrigatieblokken. Daardoor lag de bodemvochtspanning ver beneden de toegelaten grenswaarde van 60 kPa (zie Bijlage 2) en had nog meer water bespaard kunnen worden dan hierboven beschreven. Te veel water geven tijdens de scheutgroei kan echter leiden tot te sterke vegetatieve groei en een verhoogde bloembotvorming voor het volgende seizoen. Dit is niet altijd aangewezen omdat te veel bloembot kan leiden tot hogere snoei- en dunningskosten en een te kleine vruchtmaat. De langste scheutlengtes van 2020 werden genoteerd voor irrigatieblokken 7 en 10, waar ook het meeste water gegeven werd.

In 2021 werd de variabele irrigatie herhaald van 04/06/2021 tot 20/06/2021. In blok 9 werd 291 m<sup>3</sup>/ha water bespaard. In blok 8 bleek achteraf een kraan kapot te zijn waardoor er te veel water werd gegeven. Dit verklaart de zeer lage bodemvochtspanning (8 kPa) in de deze periode in blok 8. (zie Bijlage 2). Door de grote hoeveelheden neerslag in juli en augustus werd er de rest van het seizoen nergens nog geïrrigeerd. Zoals verwacht zien we in 2021 een verhoogd aantal bloembotten in blok 10 en een lager gemiddeld vruchtgewicht in zowel blok 7 als blok 10 (Tabel 1), waar in 2020 te veel geïrrigeerd werd tijdens de scheutgroei. De waterbesparing van 04/06/2021 tot 20/06/2021 in blok 9

heeft geleid tot kortere scheuten in blok 9. De totale opbrengst en de prijs van de peren was het hoogst in blok 10, wat te wijten kan zijn aan het verhoogde aantal bloembotten, maar ook in blok 9 werd een hogere opbrengst en betere prijs behaald dan in blokken 7 en 8.

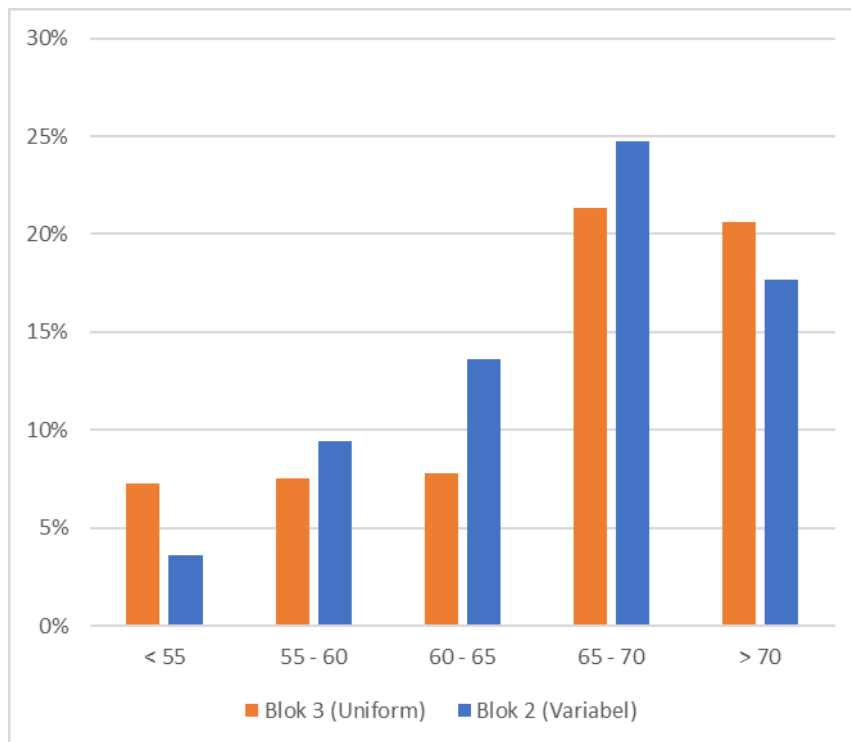
**Tabel 1. Samenvatting van de resultaten van proefperceel “Rummen”: effect van variabele irrigatie. Een gedetailleerd overzicht van de resultaten wordt weergegeven in Bijlage 1.**

	<b>Effect van irrigatie: variabel t.o.v. uniform</b>		
	2019	2020	2021
Aantal bloembotten	0	(+)	(-)
Scheutlengte	-	(-)	(-)
Opbrengst	0	0	0
Vruchtgewicht	0	0	(+)
Prijs	0	0	0
Kleur	0	+	n.a.
Hardheid	0	0	n.a.
Brix	(+)	(+)	n.a.
Vrucht-N-gehalte	n.a.	0	n.a.

+ = significante stijging, (+) = niet-significante stijging, - = significante daling,  
(-) = niet-significante daling, 0 = geen effect, n.a. = onvoldoende data beschikbaar

### **Variabele irrigatie op proefperceel “Broechem”**

Het proefperceel te Broechem bestaat uit 5 ha Conference peren op een zandige leembodem. In het perceel is een lichte helling aanwezig met een totaal hoogteverschil van 3 m. Het perceel wordt geïrrigeerd in 4 irrigatieblokken die apart aangestuurd kunnen worden. Op het perceel zijn drie verschillende bodemtypes aanwezig die vnl. verschillen in vochthuishouding (zie “Relevante bodemparameters m.b.t. precisiefruitteelt”). Op 03/05/2021 werden Watermark sensoren geplaatst op drie locaties: in irrigatieblok 3 op de locatie waar het pwaro-advies van de Bodemkundige Dienst van België op berekend wordt (“Blok 3 pwaro”), in irrigatieblok 3 op een nattere locatie (“Blok 3 nat”) en in irrigatieblok 2 op een nattere locatie vergelijkbaar met “Blok 3 nat” (Blok 2). Blok 3 werd uniform aangestuurd o.b.v. het pwaro-advies, Blok 2 werd variabel geïrrigeerd o.b.v. de sensordata (enkel irrigeren bij overschrijding van de grenswaarde). Door de natte zomer van 2021 was variabele irrigatie enkel mogelijk van 08/06/2021 tot 15/06/2021 (zie Bijlage 3). In blok 3 werd 90 min per dag geïrrigeerd, in blok 2 werd niet geïrrigeerd. Hierdoor werd 96 m<sup>3</sup>/ha water bespaard. In blok 2 en 3 werd bij wijze van steekproef de maat bepaald van een 50-tal peren. Op basis van deze gegevens zijn er bij variabele irrigatie net iets meer dikke peren (87%, maatklasse > 60 mm) dan bij uniforme irrigatie (84%, maatklasse > 60 mm). De waterbesparing heeft dus alleszins geen negatieve invloed gehad op de vruchtmaat.



Figuur 3. Maatverdeling bij uniforme (Blok3) en variabele irrigatie (Blok 2) op het proefperceel te Broechem in 2021.

### Terugverdientijd

Om te bepalen of variabel irrigeren rendabel is, moet de besparing aan water en energie vergeleken worden met de meerprijs van variabele t.o.v. uniforme irrigatie, nl. de investering in o.a. bodemscans en sensorsystemen en een eventuele stijging van de arbeidskosten. Het resultaat is afhankelijk van verscheidene variabelen zoals de oppervlakte van het perceel, het aantal sensorsystemen, de weersomstandigheden, de energieprijzen en de loonkost. Er werd een berekeningstool ontwikkeld om de terugverdientijd voor de investeringen te berekenen. Door de variabelen te wijzigen krijgen we zicht op welke de grootste invloed hebben op de terugverdientijd. Omdat het klimaat en de energieprijzen sterk variabel zijn, werden hiervoor verschillende scenario's gedefinieerd die geselecteerd kunnen worden in de berekeningstool (zie Figuur 4).

Scenario's Klimaat	Waterverbruik (m <sup>3</sup> /ha)	Irrigatietijd (u/ha)	Aantal verplaatsingen uniform
droog	1500	136,36	10
gemiddeld	900	81,82	5
nat	300	27,27	3

Scenario's Energie	Brandstof	Elektriciteit
Eenheidsprijs	(€/l)	(€/kWh)
hoog	1,20	0,45
gemiddeld	0,65	0,30
laag	0,45	0,25

Figuur 4. Klimaat- en energiscenario's gedefinieerd opgenomen in de berekeningstool voor variabele irrigatie.

Als we de gegevens van Rummen 2020 invullen in de berekeningstool zien we dat variabele irrigatie als dusdanig niet rendabel is. Bij een waterbesparing van 42% zouden er namelijk 18,7 gelijkaardige

jaren (droog klimaat en gemiddelde energieprijis) nodig zijn om de investering in 1 bodemscan, 1 dronevlucht en 4 sensorsystemen terug te verdienen op het perceel van 8 ha (zie Figuur 5).

In de praktijk moet het aantal sensorsystemen beperkt worden en is variabele irrigatie vooral interessant voor grotere percelen. Stel dat op een perceel van 10 ha een waterbesparing van 25% behaald kan worden, dan is de terugverdientijd echter nog steeds relatief hoog (9 droge jaren met hoge energieprijis) wanneer slechts 3 sensorsystemen geplaatst worden en voorafgaand enkel een bodemscan wordt uitgevoerd (zie Figuur 6). De prijs van het water speelt hierin een grote rol en verschilt sterk van perceel tot perceel. Wanneer de waterprijs bijvoorbeeld stijgt van 0,25 €/m<sup>3</sup> naar 0,65 €/m<sup>3</sup> (zoals voor de Evides-landbouwwaterleiding in Zeeland), dan daalt de terugverdientijd van 9 naar 2,7 jaar. Stel dat een gedeelte van de investering gesubsidieerd wordt, bijvoorbeeld 30% GMO-subsidie, dan daalt de terugverdientijd van 9 naar 6,9 jaar.

Bovenstaande scenario gaat ervan uit dat de totale opbrengst en maatsortering gelijk blijven voor variabele t.o.v. uniforme irrigatie. We verwachten echter dat door jaar na jaar nauwkeuriger te irrigeren de scheutgroei en bloembotvorming beter gecontroleerd kunnen worden, met een vermindering van de snoei- en/of dunningskosten en mogelijks een betere opbrengst en/of kwaliteit tot gevolg. Stel dat in bovenstaand scenario een financiële meeropbrengst van 2% behaald wordt voor variabele t.o.v. uniforme irrigatie en de snoei- en dunningskosten met 5% dalen, dan worden de investeringskosten reeds in het eerste droge jaar terugverdiend (zie Figuur 7). Bovendien heeft te veel water geven nog bijkomende nadelen zoals een slechtere kwaliteit van de peren (kleur en suikergehalte), verhoogde uitspoeling van meststoffen en een verhoogde infectiedruk van bepaalde ziekten en plagen zoals perenbladvlo.

### **Hulpbronefficiëntie**

Bij irrigatie wordt niet enkel water, maar ook brandstof en/of energie verbruikt. De hulpbronefficiëntie werd berekend als de opbrengst in kg/ha gedeeld door het verbruik o.b.v. de resultaten voor het proefperceel te Rummen in het droge jaar 2020. Aangezien dat jaar 42% water bespaard werd door variabel te irrigeren, maar de opbrengst gelijk bleef, stijgt de hulpbronefficiëntie evenredig (zie Tabel 2).

**Tabel 2. Vergelijking van de hulpbronefficiëntie voor uniforme en variabele irrigatie.**

	Uniform		Variabel	
	Blok 7	Blok 10	Blok 8	Blok 9
Gemiddelde opbrengst (kg/ha)	32798,10	39491,75	35200,60	38722,38
WATERVERBRUIK (m <sup>3</sup> /ha)	1567,01	1518,04	991,44	787,87
Waterefficiëntie (kg peren / m <sup>3</sup> water)	20,93	26,01	35,50	49,15
Gemiddeld	23,47		42,33	
BRANDSTOFVERBRUIK (l/ha)	208,59	217,85	148,84	101,03
Brandstofefficiëntie (kg peren / l)	157,24	181,28	236,49	383,27
Gemiddeld	169,26		309,88	
ENERGIEVERBRUIK (kWh/ha)	834,35	871,41	595,38	404,12
Energie-efficiëntie (kg peren / kWh)	39,31	45,32	59,12	95,82
Gemiddeld	42,31		77,47	

Variabele irrigatie		
<b>Perceel</b>	Oppervlakte perceel (ha)	8
	Opbrengst (€/ha)	20000
	Meeropbrengst variabel t.o.v. uniform (%)	0%
<b>Arbeid</b>	Loonkost (€/u)	33
	Tijd per verplaatsing van en naar perceel (min)	60
	Tijdsbesteding snoei (u/ha)	100
	Tijdsbesparing snoei variabel t.o.v. uniform (%)	0%
	Tijdsbesteding dunnen (u/ha)	85
	Tijdsbesparing dunnen variabel t.o.v. uniform (%)	0%
<b>Sensorsystemen</b>	Aantal sensorsystemen	4
	Abonnementskost per systeem (€/jaar)	180
	Investeringskost per systeem (€)	1500
	Subsidie op investering (%)	0%
<b>Waterverbruik</b>	Scenario Klimaat	droog
	Prijs water (€/m <sup>3</sup> )	0,25
	Waterbesparing variabel t.o.v. uniform (%)	42%
<b>Energieverbruik</b>	Scenario Energieprijs	gemiddeld
	Type aandrijving	Brandstof
	Debiet pomp (m <sup>3</sup> /u)	11
	Verbruik pomp	
	Brandstof (l/u)	1
	Elektriciteit (kW)	4
<b>Analyses</b>	Bodemscan (aantal scans)	1
	Kostprijs (€/ha)	125
	Dronevlucht (aantal vluchten)	1
	Kostprijs (€/ha)	200
	pF curve (aantal analyses)	4
	Kostprijs (€/analyse)	250

Investeringskost (€) Variabel t.o.v. Uniform	
Bodemscan	1000
Dronevlucht	1600
pF curve	4000
Aankoop sensorsystemen	6000
<b>TOTAAL Investeringskost (€)</b>	<b>12600,00</b>

Werkingskosten	Uniform	Variabel
Aantal verplaatsingen	10,00	15,00
<b>Arbeidskosten (€/jaar)</b>	<b>49170,00</b>	<b>49335,00</b>
<b>Abonnement sensorsystemen (€/jaar)</b>	<b>0,00</b>	<b>720,00</b>
Waterverbruik (m <sup>3</sup> /jaar)	1500,00	870,00
<b>Kost Waterverbruik (€/jaar)</b>	<b>3000,00</b>	<b>1740,00</b>
Irrigatietijd (u/jaar)	1090,91	632,73
Eenheidsprijs energie	0,65	
<b>Energiekosten (€/jaar)</b>	<b>709,09</b>	<b>411,27</b>
<b>TOTAAL Werkingskosten</b>	<b>52879,09</b>	<b>52206,27</b>
<b>Besparing/Meerkost Variabel t.o.v. Uniform (€/jaar)</b>		<b>-672,82</b>

Opbrengst (€/jaar)	Uniform	Variabel
Verkoop peren	160000	160000
<b>Meeropbrengst/Verlies Variabel t.o.v. Uniform (€/jaar)</b>		<b>0,00</b>
<b>Terugverdientijd (jaren)</b>		<b>18,73</b>

Figuur 5. Resultaat van de berekeningstool voor variabele irrigatie, rekening houdend met de resultaten van Rummen 2020.



Variabele irrigatie		
<b>Perceel</b>	Oppervlakte perceel (ha)	10
	Opbrengst (€/ha)	20000
	Meeropbrengst variabel t.o.v. uniform (%)	0%
<b>Arbeid</b>	Loonkost (€/u)	33
	Tijd per verplaatsing van en naar perceel (min)	60
	Tijdsbesteding snoei (u/ha)	100
	Tijdsbesparing snoei variabel t.o.v. uniform (%)	0%
	Tijdsbesteding dunnen (u/ha)	85
	Tijdsbesparing dunnen variabel t.o.v. uniform (%)	0%
<b>Sensorsystemen</b>	Aantal sensorsystemen	3
	Abonnementenkost per systeem (€/jaar)	180
	Investeringskost per systeem (€)	1500
	Subsidie op investering (%)	0%
<b>Waterverbruik</b>	Scenario Klimaat	droog
	Prijs water (€/m <sup>3</sup> )	0,25
	Waterbesparing variabel t.o.v. uniform (%)	25%
<b>Energieverbruik</b>	Scenario Energieprijs	hoog
	Type aandrijving	Brandstof
	Debiet pomp (m <sup>3</sup> /u)	11
	Verbruik pomp	
	Brandstof (l/u)	1
	Elektriciteit (kW)	4
<b>Analyses</b>	Bodemscan (aantal scans)	1
	Kostprijs (€/ha)	125
	Dronevlucht (aantal vluchten)	0
	Kostprijs (€/ha)	200
	pF curve (aantal analyses)	0
	Kostprijs (€/analyse)	250

Investeringskost (€) Variabel t.o.v. Uniform		
Bodemscan		1250
Dronevlucht		0
pF curve		0
Aankoop sensorsystemen		4500
<b>TOTAAL Investeringskost (€)</b>		<b>5750,00</b>
<b>Werkingskosten</b>		
	Uniform	Variabel
Aantal verplaatsingen	10,00	15,00
<b>Arbeidskosten (€/jaar)</b>	<b>61380,00</b>	<b>61545,00</b>
<b>Abonnement sensorsystemen (€/jaar)</b>	<b>0,00</b>	<b>540,00</b>
Waterverbruik (m <sup>3</sup> /jaar)	1500,00	1125,00
<b>Kost Waterverbruik (€/jaar)</b>	<b>3750,00</b>	<b>2812,50</b>
Irrigatietijd (u/jaar)	1363,64	1022,73
Eenheidsprijs energie		1,2
<b>Energiekosten (€/jaar)</b>	<b>1636,36</b>	<b>1227,27</b>
<b>TOTAAL Werkingskosten</b>	<b>66766,36</b>	<b>66124,77</b>
<b>Besparing/Meerkost Variabel t.o.v. Uniform (€/jaar)</b>		<b>-641,59</b>
<b>Opbrengst (€/jaar)</b>		
	Uniform	Variabel
Verkoop peren	200000	200000
<b>Meeropbrengst/Verlies Variabel t.o.v. Uniform (€/jaar)</b>		<b>0,00</b>
<b>Terugverdientijd (jaren)</b>		<b>8,96</b>

Figuur 6. Resultaat van de berekeningstool voor variabele irrigatie o.b.v. 3 sensorsystemen op een perceel van 10 ha.

Variabele irrigatie		
<b>Perceel</b>	Oppervlakte perceel (ha)	10
	Opbrengst (€/ha)	20000
	Meeropbrengst variabel t.o.v. uniform (%)	2%
<b>Arbeid</b>	Loonkost (€/u)	33
	Tijd per verplaatsing van en naar perceel (min)	60
	Tijdsbesteding snoei (u/ha)	100
	Tijdsbesparing snoei variabel t.o.v. uniform (%)	5%
	Tijdsbesteding dunnen (u/ha)	85
	Tijdsbesparing dunnen variabel t.o.v. uniform (%)	5%
<b>Sensorsystemen</b>	Aantal sensorsystemen	3
	Abonnementskost per systeem (€/jaar)	180
	Investeringskost per systeem (€)	1500
	Subsidie op investering (%)	0%
<b>Waterverbruik</b>	Scenario Klimaat	droog
	Prijs water (€/m <sup>3</sup> )	0,25
	Waterbesparing variabel t.o.v. uniform (%)	25%
<b>Energieverbruik</b>	Scenario Energieprijs	hoog
	Type aandrijving	Brandstof
	Debiet pomp (m <sup>3</sup> /u)	11
	Verbruik pomp	
	Brandstof (l/u)	1
	Elektriciteit (kW)	4
<b>Analyses</b>	Bodemscan (aantal scans)	1
	Kostprijs (€/ha)	125
	Dronevlucht (aantal vluchten)	0
	Kostprijs (€/ha)	200
	pF curve (aantal analyses)	0
	Kostprijs (€/analyse)	250

Investeringskost (€) Variabel t.o.v. Uniform	
Bodemscan	1250
Dronevlucht	0
pF curve	0
Aankoop sensorsystemen	4500
<b>TOTAAL Investeringskost (€)</b>	<b>5750,00</b>

Werkingskosten	Uniform	Variabel
Aantal verplaatsingen	10,00	15,00
<b>Arbeidskosten (€/jaar)</b>	<b>61380,00</b>	<b>58492,50</b>
<b>Abonnement sensorsystemen (€/jaar)</b>	<b>0,00</b>	<b>540,00</b>
Waterverbruik (m <sup>3</sup> /jaar)	1500,00	1125,00
<b>Kost Waterverbruik (€/jaar)</b>	<b>3750,00</b>	<b>2812,50</b>
Irrigatietijd (u/jaar)	1363,64	1022,73
Eenheidsprijs energie	1,2	
<b>Energiekosten (€/jaar)</b>	<b>1636,36</b>	<b>1227,27</b>
<b>TOTAAL Werkingskosten</b>	<b>66766,36</b>	<b>63072,27</b>
<b>Besparing/Meerkost Variabel t.o.v. Uniform (€/jaar)</b>		<b>-3694,09</b>

Opbrengst (€/jaar)	Uniform	Variabel
Verkoop peren	200000	204000
<b>Meeropbrengst/Verlies Variabel t.o.v. Uniform (€/jaar)</b>		<b>4000,00</b>
<b>Terugverdientijd (jaren)</b>		<b>0,75</b>

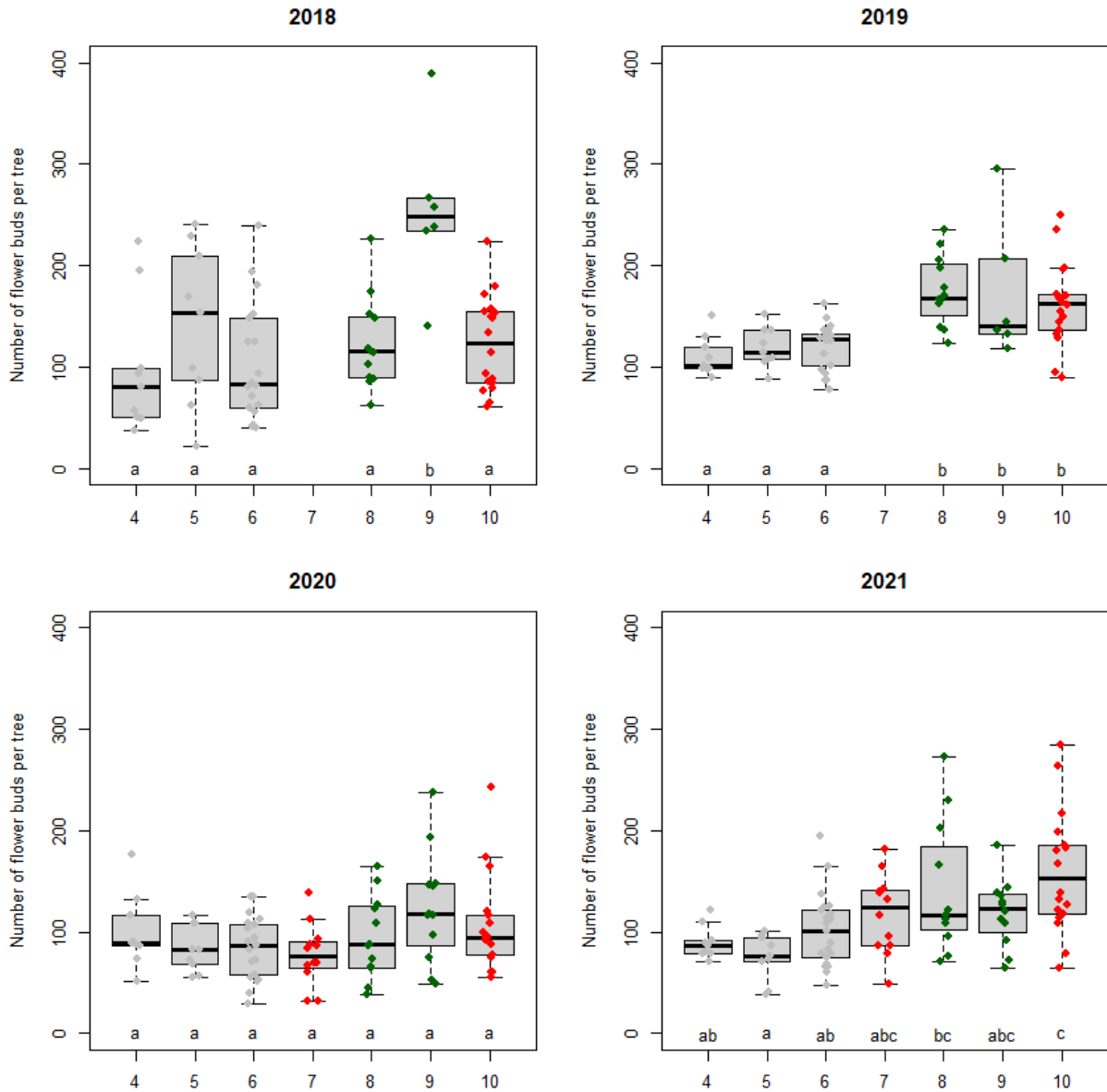
Figuur 7. Resultaat van de berekeningstool voor variabele irrigatie o.b.v. 3 sensorsystemen op een perceel van 10 ha, rekening houdend met een financiële meeropbrengst van 2% en verminderde snoei- en dunningskosten.

### **Conclusie**

We besluiten dat variabele irrigatie o.b.v. bodemvochtsensoren meerdere voordelen biedt. Door rekening te houden met de lokale en actuele bodemvochtstatus kan de hoeveelheid water beter worden afgestemd op de behoefte van de plant. Zo wordt niet te weinig, maar ook niet te veel water gegeven en stijgt de hulpbronefficiëntie aanzienlijk. Op de korte termijn wordt de opbrengst gewaarborgd en zien we positieve invloeden op de kleur en het suikergehalte van de peren. Op de langere termijn verwachten we positieve effecten op de vruchtmaat door de scheutgroei en het aantal bloembotten beter onder controle te houden. Bijkomend zullen hierdoor de snoei- en dunningskosten verminderen. Opdat variabele irrigatie rendabel zou zijn, moet het aantal sensorsystemen echter beperkt worden en de locaties waar ze geplaatst worden goed gekozen. Het uitvoeren van een bodemscan en/of dronevlucht is daarvoor zeker aan te raden en dat voornamelijk op grote percelen waar water weinig beschikbaar en/of duur is.

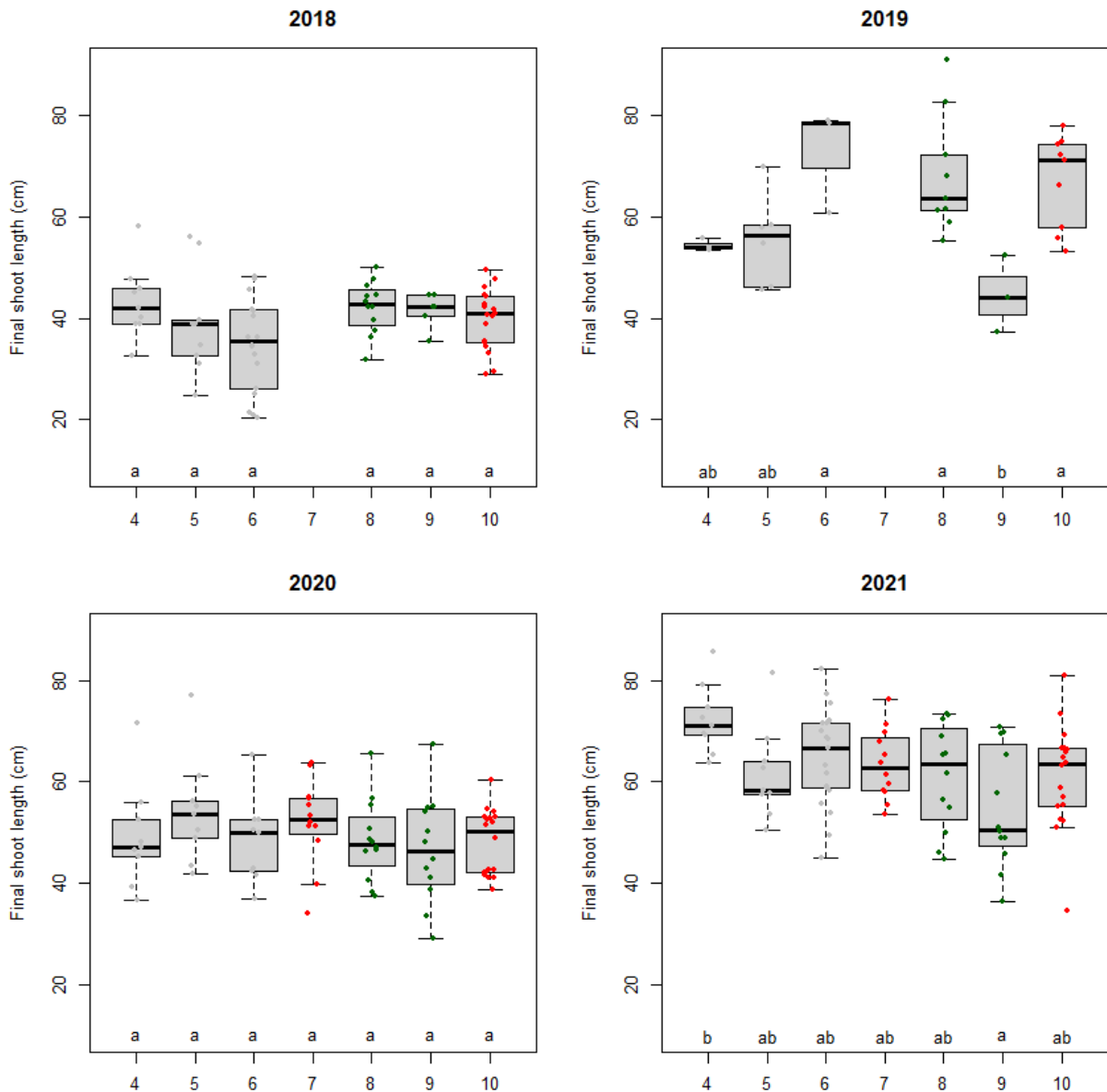
**Bijlage 1. Aantal bloembotten, scheutgroei, opbrengst en kwaliteit in Rummen**

**B1.1 Aantal bloembotten**



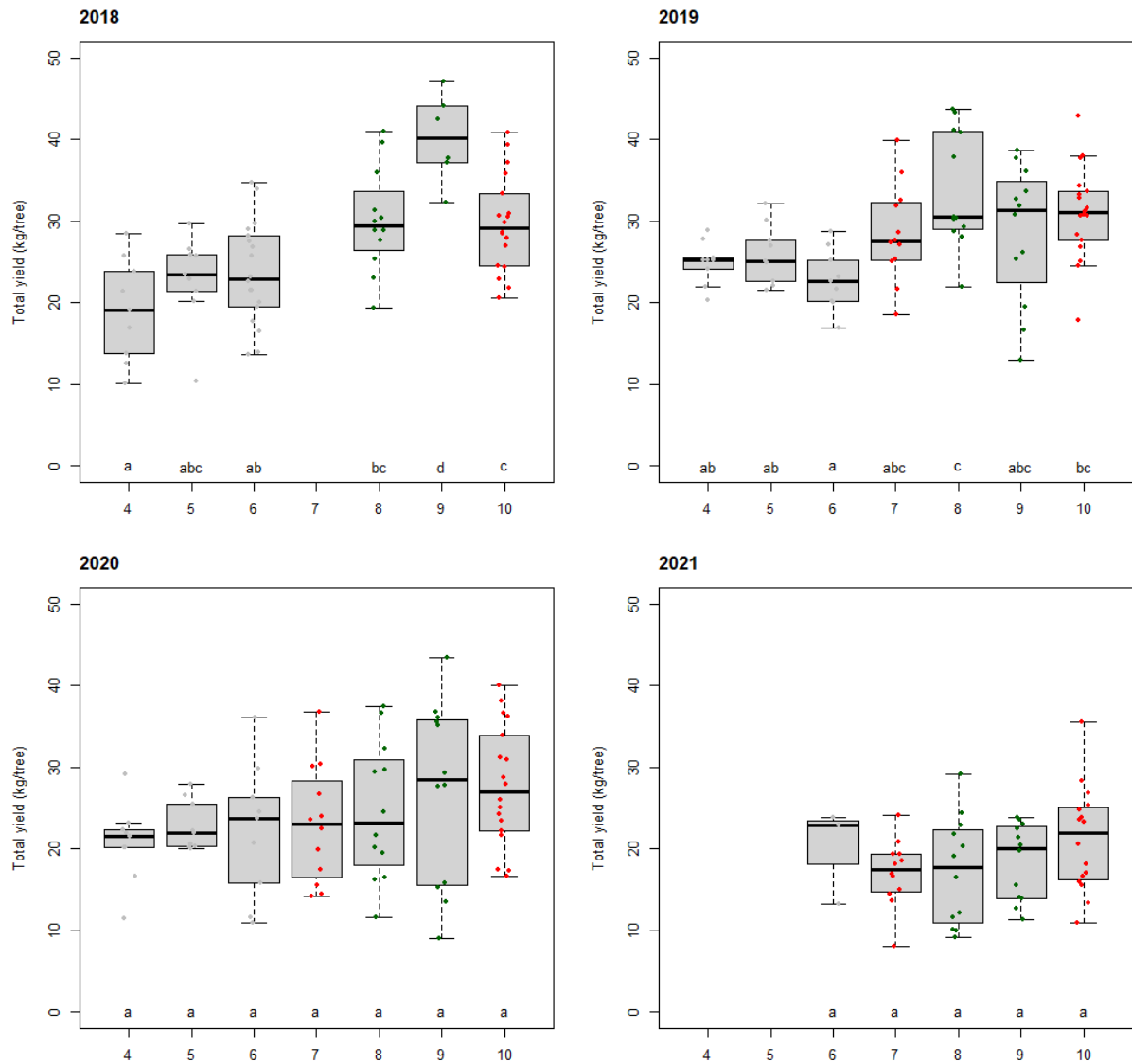
**Figuur B. 1.** Boxplots voor het aantal bloembotten in de verschillende irrigatieblokken in 2018-2021. Irrigatieblokken 8 en 9 werden variabel geïrrigeerd (groen), irrigatieblokken 4-6 (grijs) en 7 en 10 (rood) werden uniform geïrrigeerd. De dikke zwarte lijn geeft de mediaan weer. De punten geven de meetwaarden per boom weer. Verschillende letters onderaan de figuur duiden significante verschillen aan.

### B1.2 Scheutlengte



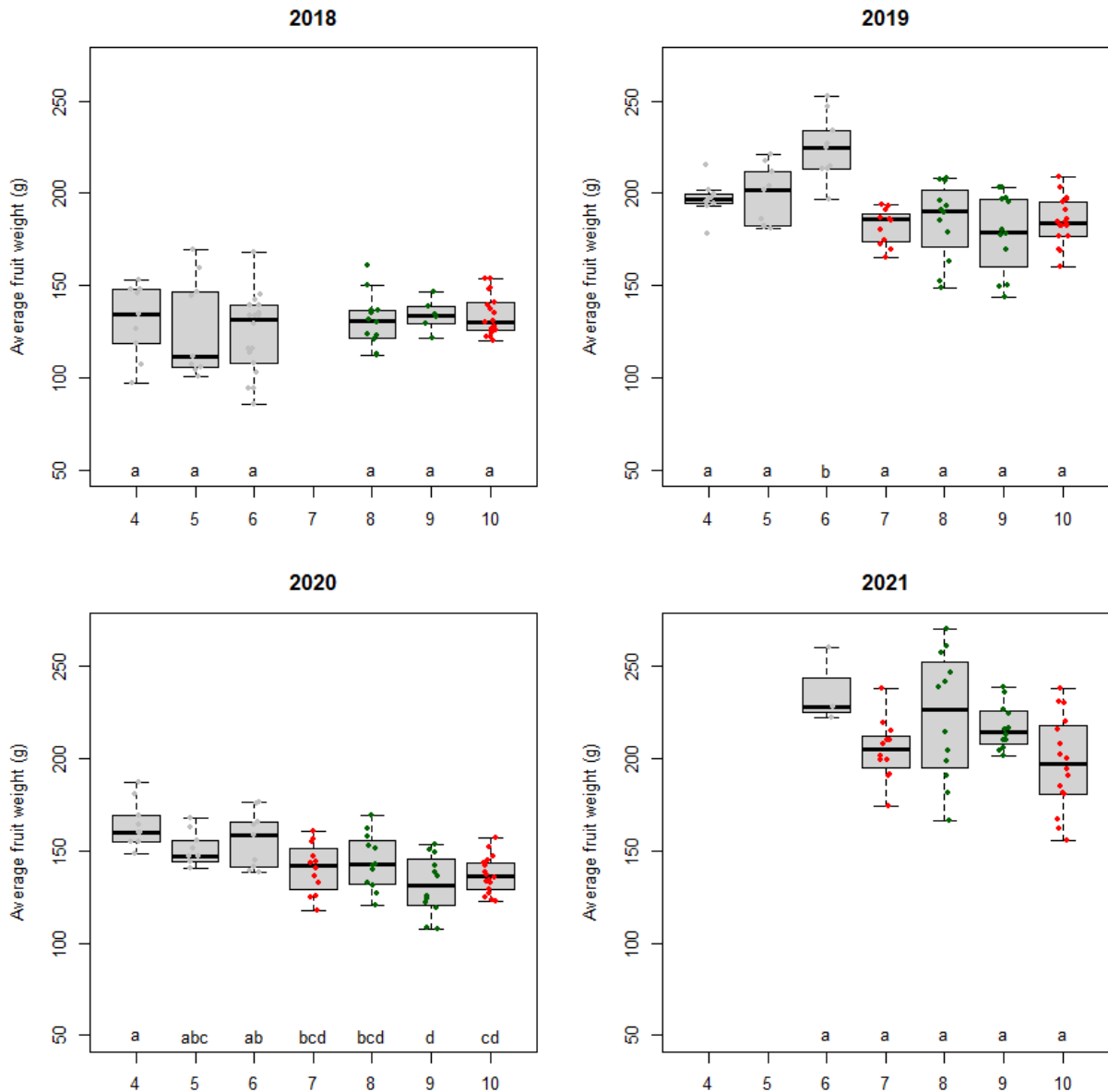
**Figuur B. 2.** Boxplots voor de finale lengte van eenjarige scheuten in de verschillende irrigatieblokken in 2018-2021. Irrigatieblokken 8 en 9 werden variabel geïrrigeerd (groen), irrigatieblokken 4-6 (grijs) en 7 en 10 (rood) werden uniform geïrrigeerd. De dikke zwarte lijn geeft de mediaan weer. De punten geven de meetwaarden per boom weer. Verschillende letters onderaan de figuur duiden significante verschillen aan.

### B1.3 Opbrengst



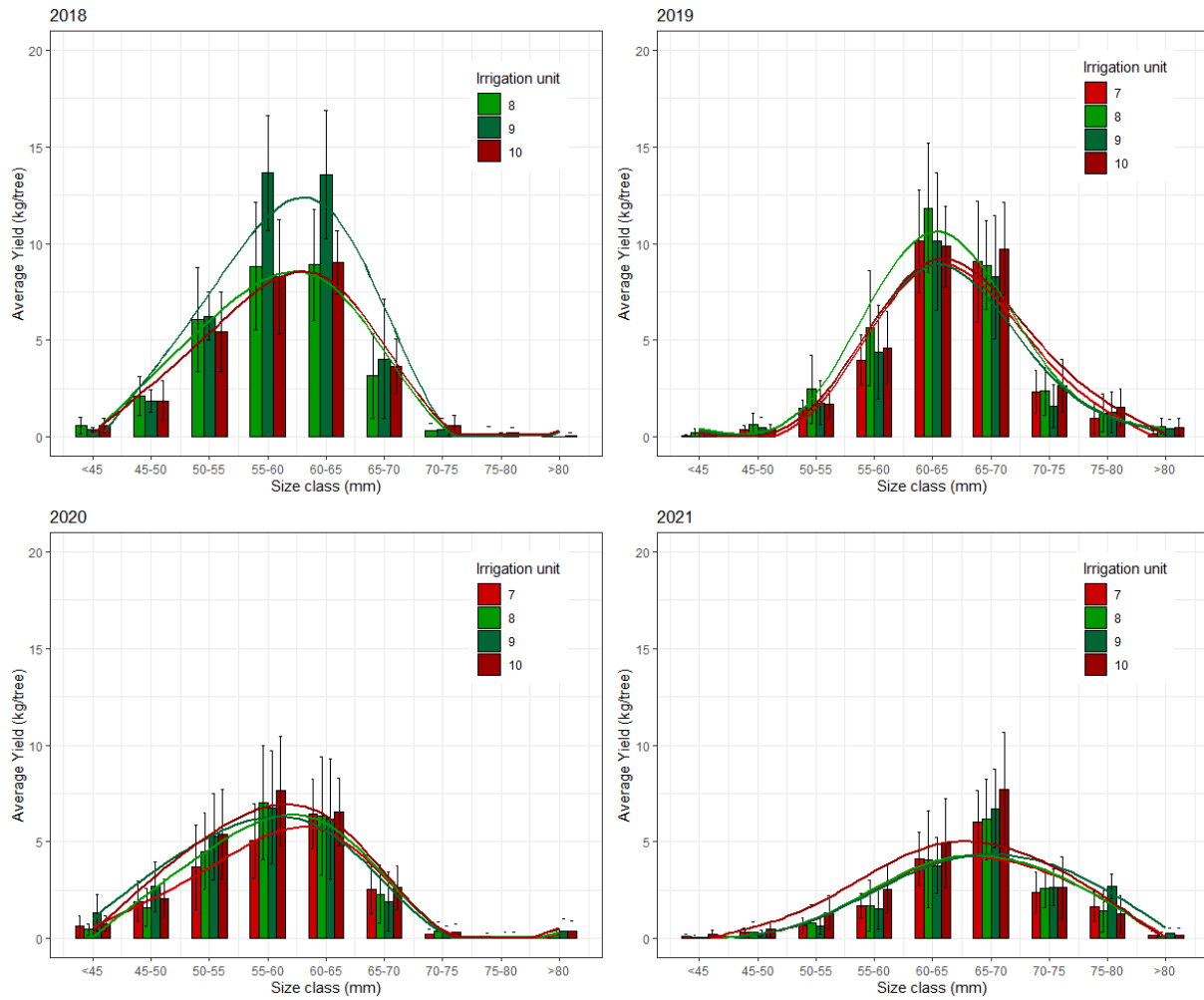
Figuur B. 3. Boxplots voor de totale opbrengst (kg/boom) in de verschillende irrigatieblokken in 2018-2021. De dikke zwarte lijn geeft de mediaan weer. De punten geven de meetwaarden per boom weer. Verschillende letters onderaan de figuur duiden significante verschillen aan.

### B1.4 Gemiddeld vruchtgewicht



Figuur B. 4. Boxplots voor het gemiddeld vruchtgewicht in de verschillende irrigatieblokken in 2018-2021. Irrigatieblokken 8 en 9 werden variabel geïrrigeerd (groen), irrigatieblokken 4-6 (grijs) en 7 en 10 (rood) werden uniform geïrrigeerd. De dikke zwarte lijn geeft de mediaan weer. De punten geven de meetwaarden per boom weer. Verschillende letters onderaan de figuur duiden significante verschillen aan.

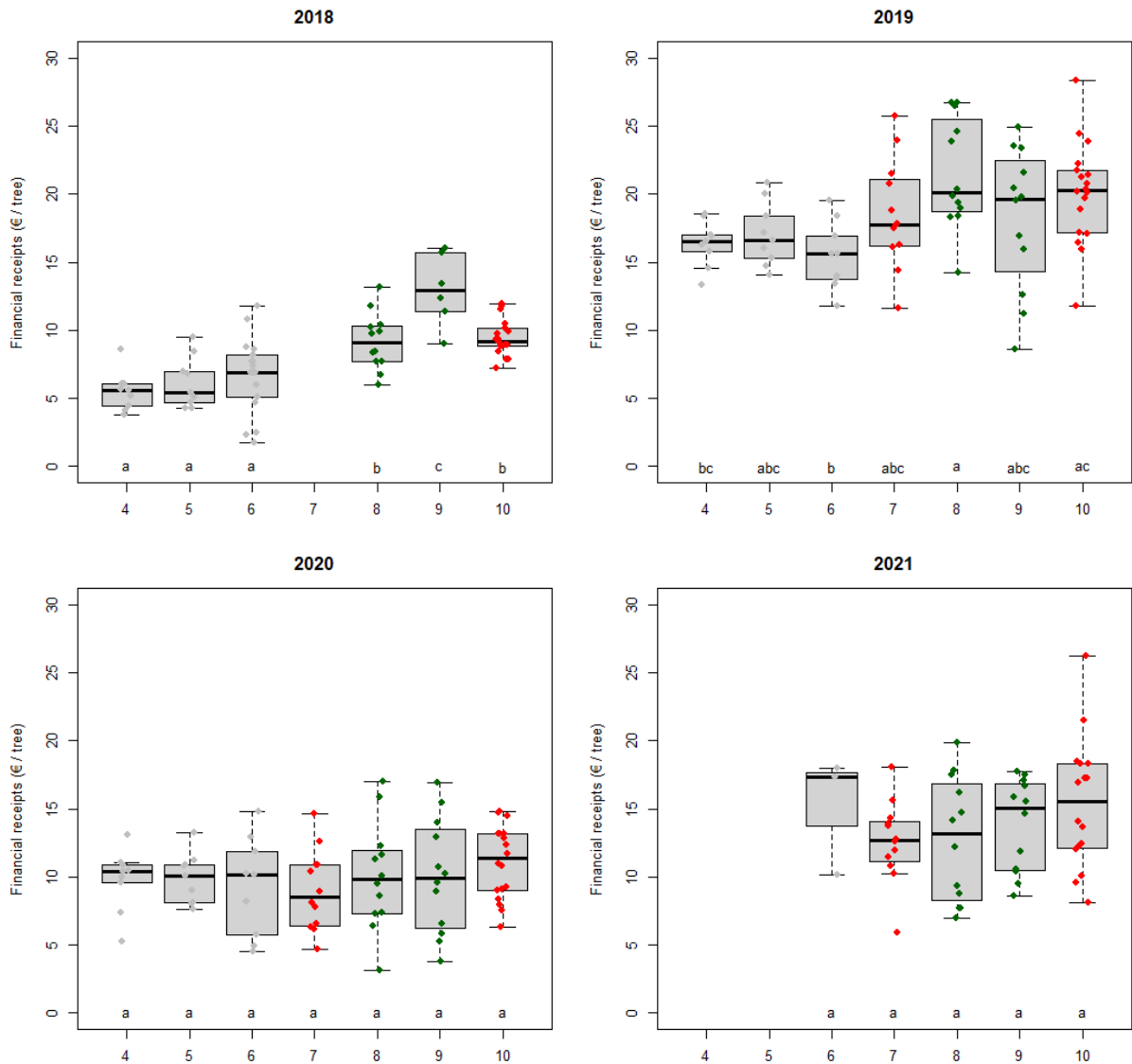
### B1.5 Maatsortering



Figuur B. 5. Verdeling van de opbrengst (kg/boom) over verschillende maatklassen in irrigatieblokken 7-10. Irrigatieblokken 8 en 9 werden variabel geïrrigeerd (groen) en 7 en 10 werden uniform geïrrigeerd.

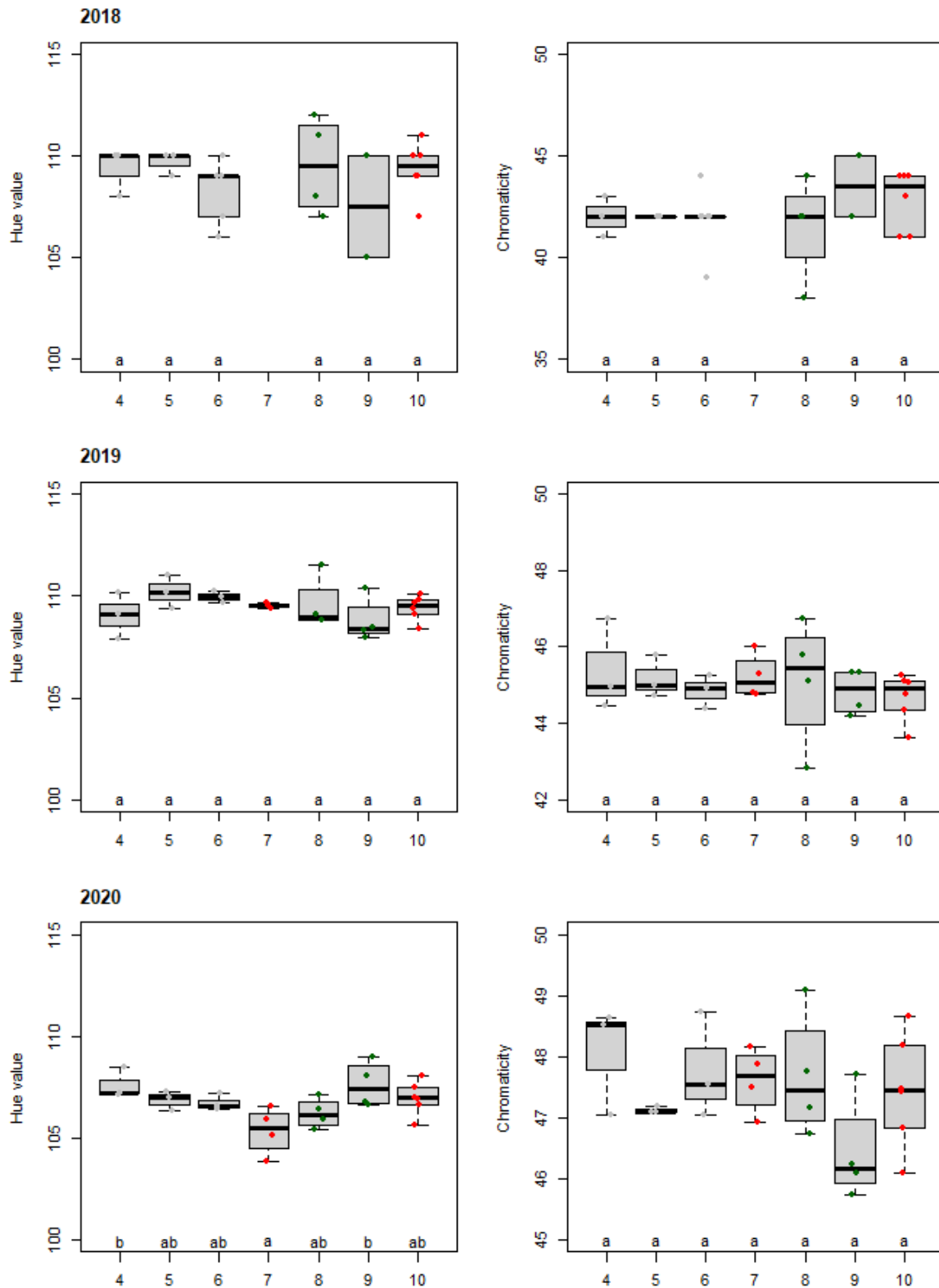


**B1.6 Prijs**



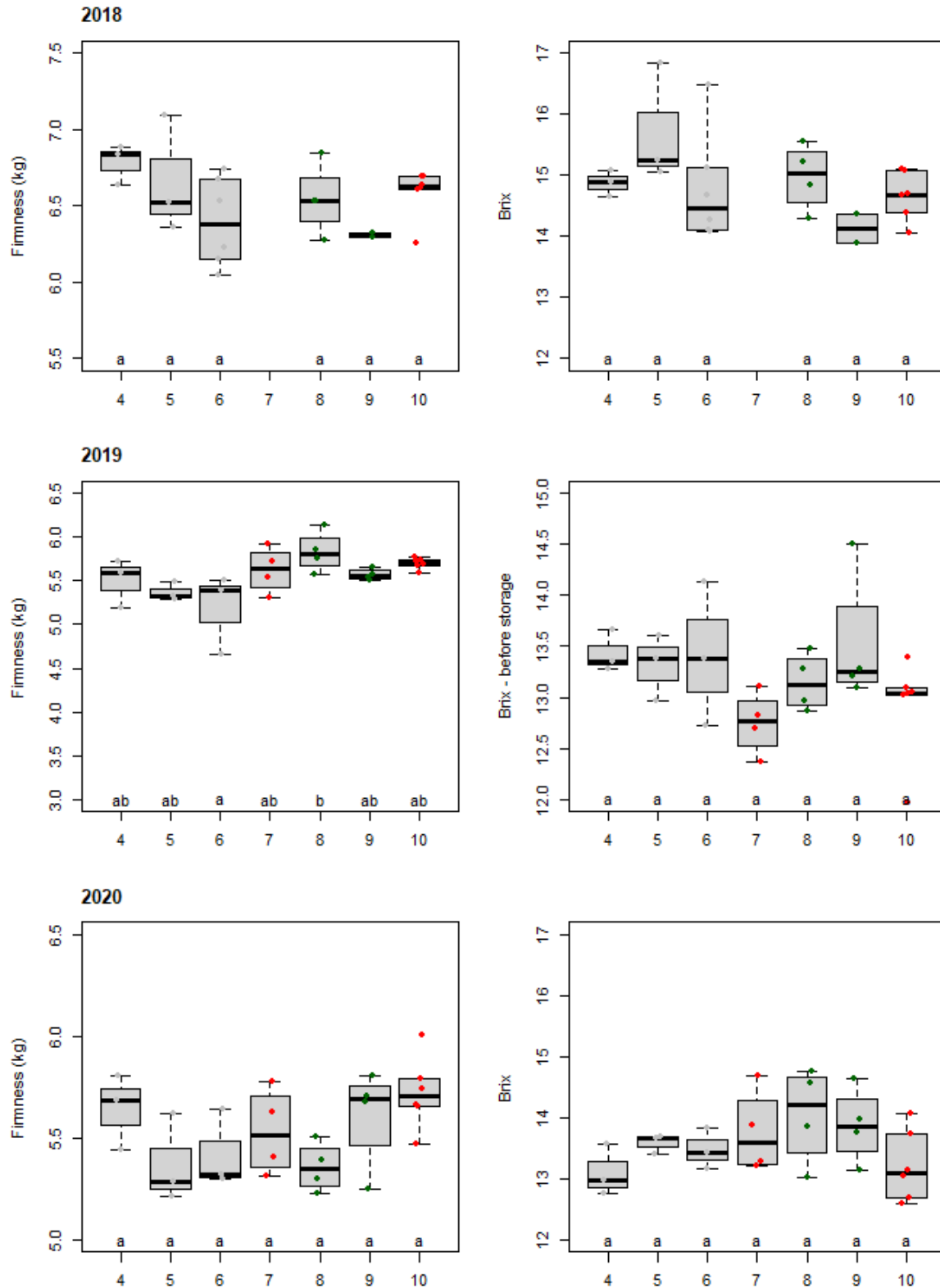
**Figuur B. 6.** Boxplots voor de prijs van de peren in de verschillende irrigatieblokken in 2018-2021. Irrigatieblokken 8 en 9 werden variabel geïrrigeerd (groen), irrigatieblokken 4-6 (grijs) en 7 en 10 (rood) werden uniform geïrrigeerd. De dikke zwarte lijn geeft de mediaan weer. De punten geven de meetwaarden per boom weer. Verschillende letters onderaan de figuur duiden significante verschillen aan.

**B1.7 Kleur van de vruchten**



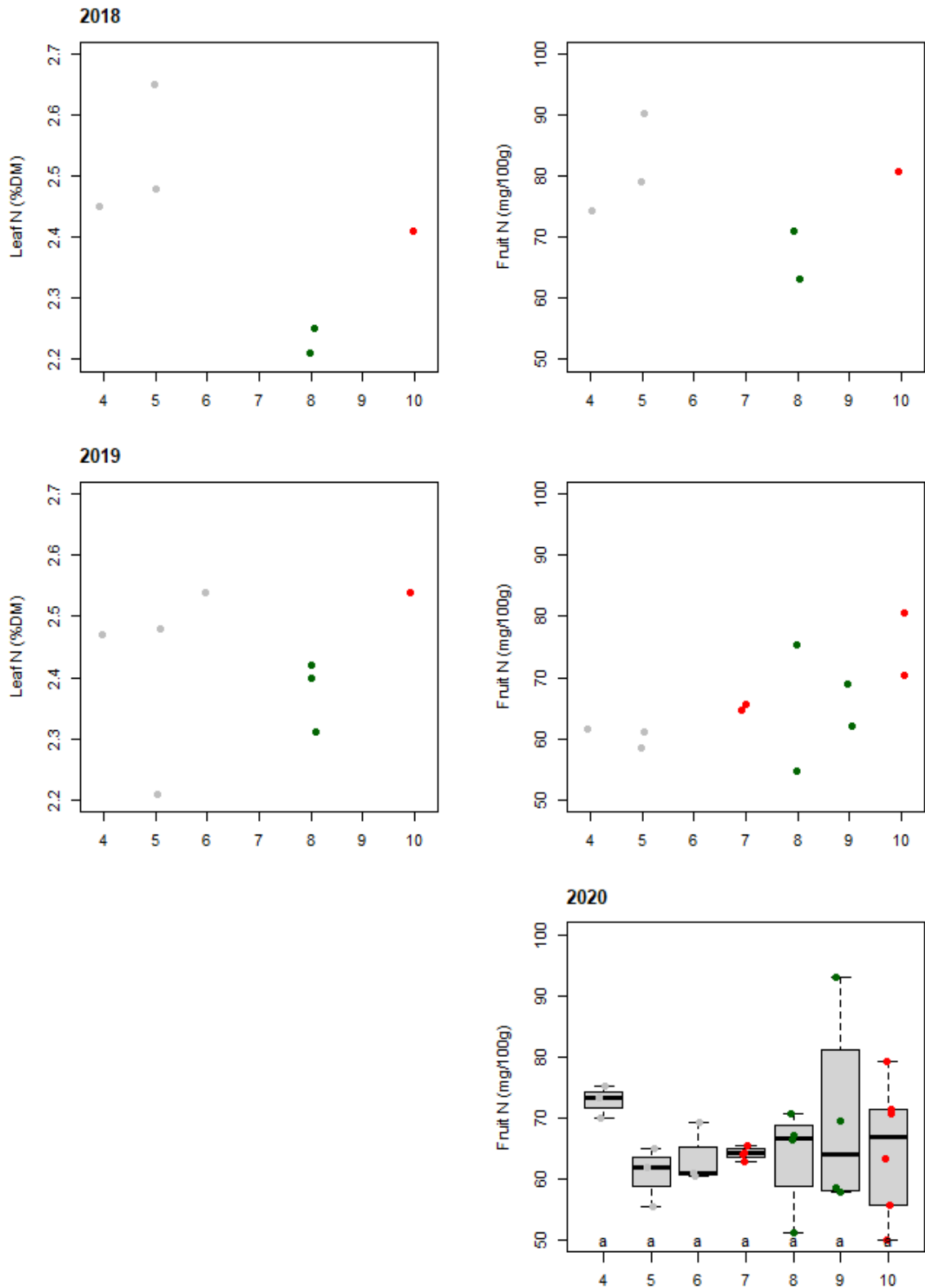
Figuur B. 7. Boxplots voor de groene achtergrondkleur (Hue value, boven) en de intensiteit van de kleur (Chromaticity, onder) in de verschillende irrigatieblokken in 2018-2020. De dikke zwarte lijn geeft de mediaan weer. De punten geven de meetwaarden per plot van drie bomen weer. Verschillende letters onderaan de figuur duiden significante verschillen aan.

**B1.8 Vruchtkwaliteit**



Figuur B. 8. Boxplots voor hardheid (boven) en suikergehalte (onder) van de vruchten in de verschillende irrigatieblokken in 2018-2020. De dikke zwarte lijn geeft de mediaan weer. De punten geven de meetwaarden per plot van drie bomen weer. Verschillende letters onderaan de figuur duiden significante verschillen aan.

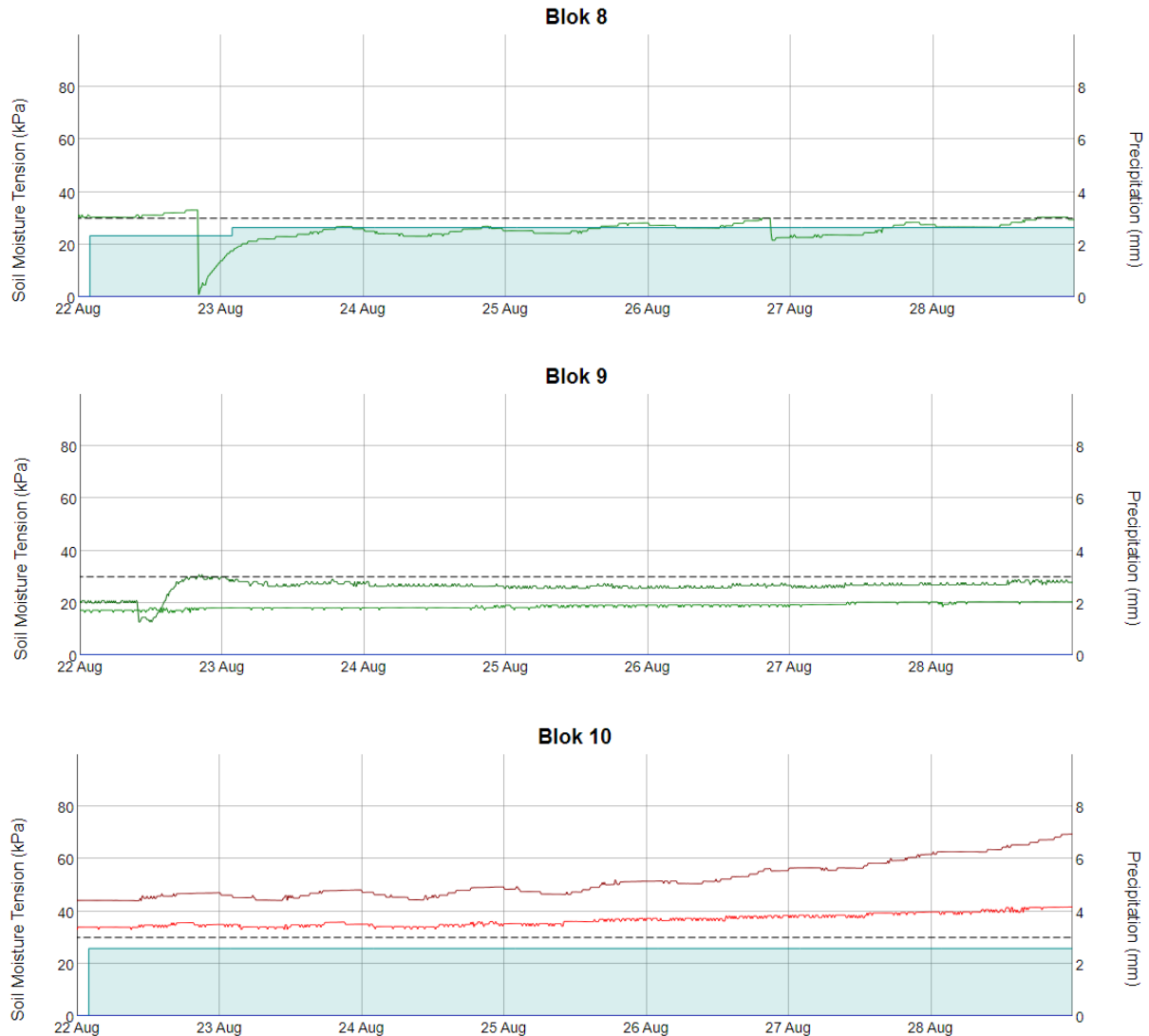
**B1.9 Stikstofgehalte van de bladeren en de vruchten**



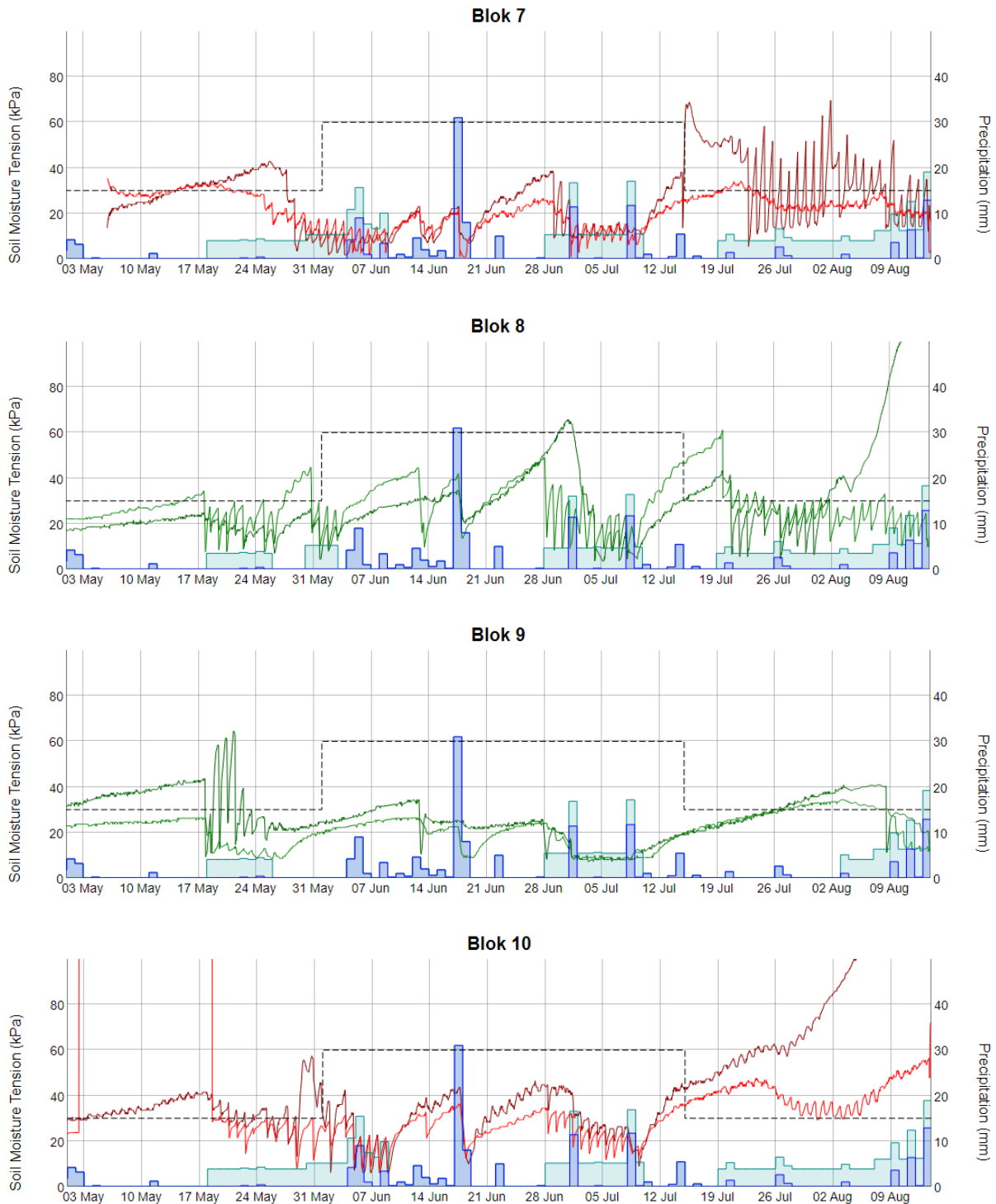
Figuur B. 9. Boxplots voor het stikstofgehalte van de bladeren (% droge stof, links) en van de vruchten (mg/100g versgewicht, rechts) in de verschillende irrigatieblokken in 2018-2020. De dikke zwarte lijn geeft de mediaan weer. De punten geven de meetwaarden per plot van drie bomen weer. Verschillende letters onderaan de figuur duiden significante verschillen aan.

**Bijlage 2. Bodemvochtspanning in Rummen**

**B2.1 Bodemvochtspanning in 2019**

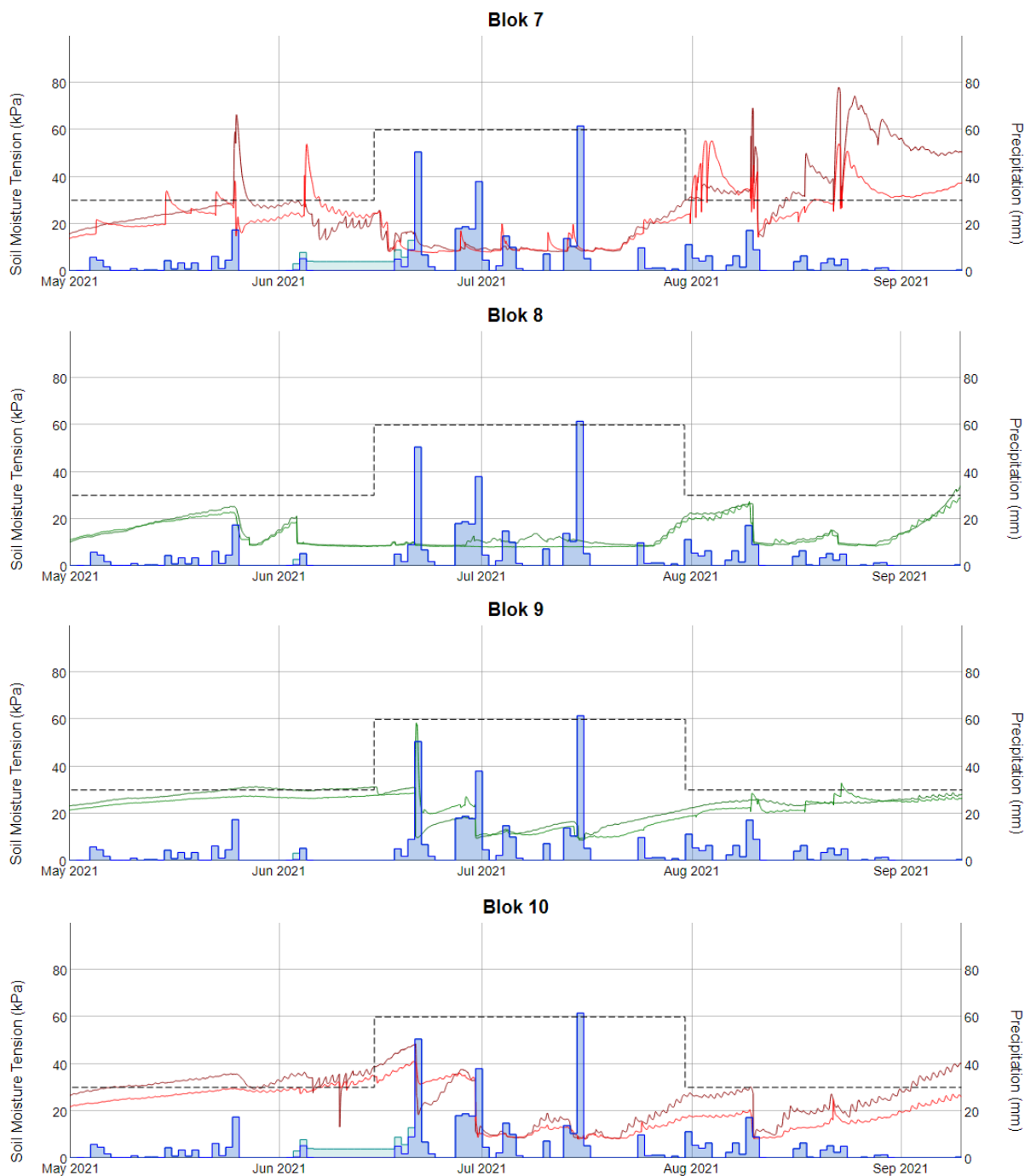


**Figuur B. 10. Bodemvochtspanning gedurende variabele irrigatie in 2019 in variabele irrigatieblokken 8 en 9 (groene lijnen) en uniforme irrigatieblok 10 (rode lijnen). Een hogere waarde komt overeen met sterkere droogtestress. Iedere lijn is het resultaat van metingen door één Watermark sensor. In blok 8 bleek één sensor niet te werken. Er zijn geen gegevens beschikbaar voor irrigatieblok 7. De stippellijn geeft de grenswaarde voor de bodemvochtspanning weer (30 kPa) die werd gehanteerd voor het al dan niet irrigeren. Irrigatie wordt weergegeven door de lichtblauwe kolommen. Er viel in deze periode geen neerslag.**

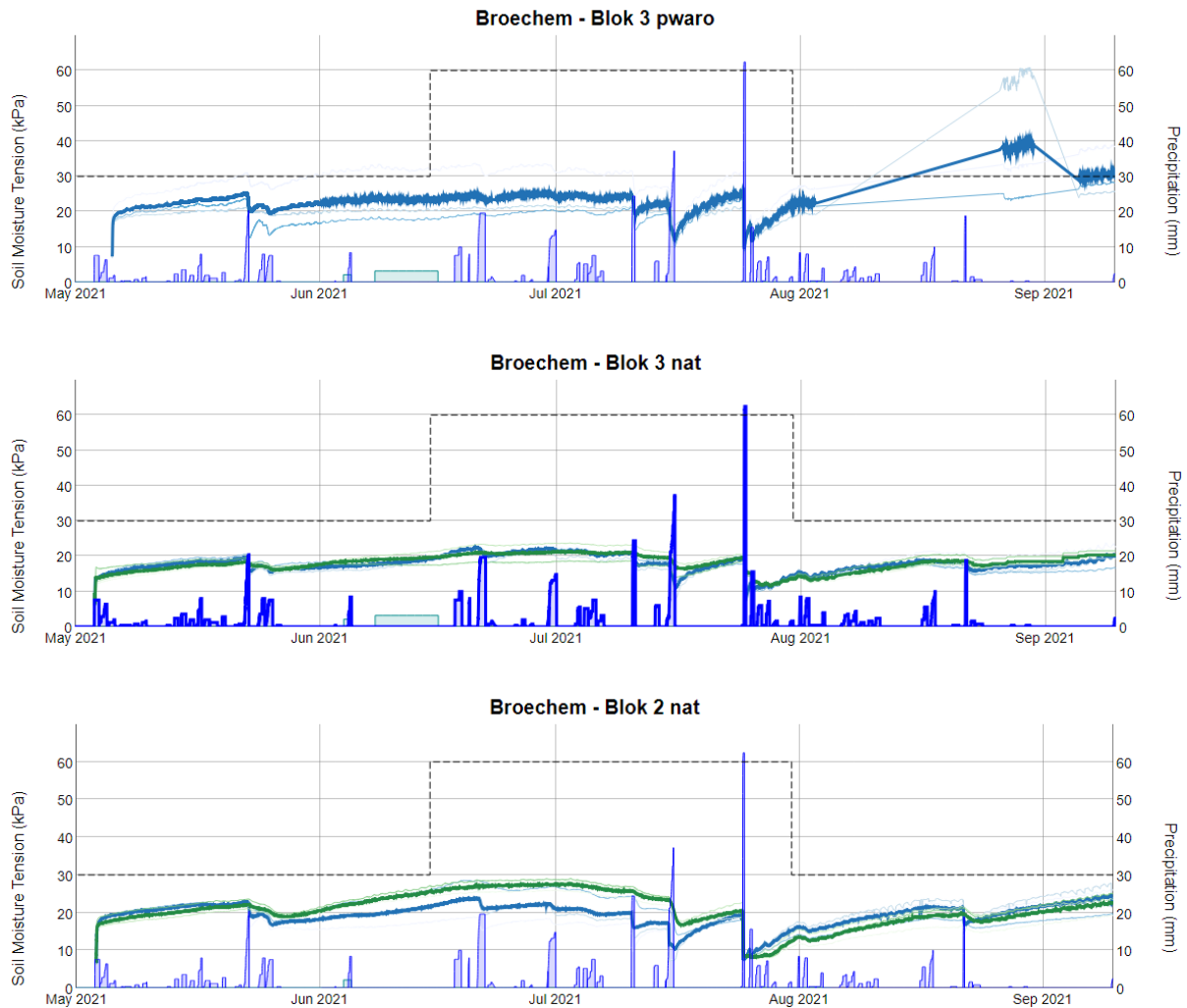
**B2.2 Bodemvochtspanning in 2020**


**Figuur B. 11. Bodemvochtspanning gedurende variabele irrigatie in 2020 in variabele irrigatieblokken 8 en 9 (groene lijnen) en uniforme irrigatieblokken 7 en 10 (rode lijnen). Een hogere waarde komt overeen met sterkere droogtestress. Iedere lijn is het resultaat van metingen door één Watermark sensor. De stippellijn geeft de grenswaarde voor de bodemvochtspanning weer (30 of 60 kPa) die werd gehanteerd voor het al dan niet irrigeren. Irrigatie en neerslag worden respectievelijk weergegeven door licht- en donkerblauwe kolommen.**

### B2.3 Bodemvochtspanning in 2021



**Figuur B. 12. Bodemvochtspanning in 2021 in variabele irrigatieblokken 8 en 9 (groene lijnen) en uniforme irrigatieblokken 7 en 10 (rode lijnen). Een hogere waarde komt overeen met sterkere droogtestress. Door een defect van het sensorsysteem werden (vooral vanaf augustus) in irrigatieblok 7 bij hevige regenval telkens foutieve stijgende waarden gemeten. Iedere lijn is het resultaat van metingen door één Watermark sensor. De stippellijn geeft de grenswaarde voor de bodemvochtspanning weer (30 of 60 kPa) die werd gehanteerd voor het al dan niet irrigeren. Irrigatie en neerslag worden respectievelijk weergegeven door licht- en donkerblauwe kolommen.**

**Bijlage 3. Bodemvochtspanning in Broechem**


**Figuur B. 13. Bodemvochtspanning in 2021 op drie verschillende locaties in irrigatieblokken 2 en 3. De blauwe en groene lijnen zijn de resultaten van telkens 3 Watermark sensoren op respectievelijk 30 en 60 cm diepte. De dikke lijnen zijn het gemiddelde van deze drie sensoren per locatie en per diepte. Een hogere waarde komt overeen met sterkere droogtestress. De stipellijn geeft de grenswaarde voor de bodemvochtspanning weer (30 of 60 kPa) die werd gehanteerd voor het al dan niet irrigeren. Irrigatie en neerslag worden respectievelijk weergegeven door licht- en donkerblauwe kolommen.**