



# Gewasmonitoring en microklimaatmodellering ten behoeve van de plaats specifieke beheersing van *Phytophthora infestans*

Gewasmonitoring en plaats specifiek toedienen gewasbeschermingsmiddelen

V.T.J.M. Achten, B.R. Verwijs, J.C. van de Zande, J.F.M. Huijsmans







# Gewasmonitoring en microklimaatmodellering ten behoeve van de plaats specifieke beheersing van *Phytophthora infestans*

Gewasmonitoring en plaats specifiek toedienen gewasbeschermings-  
middelen

V.T.J.M. Achten, B.R. Verwijs, J.C. van de Zande, J.F.M. Huijsmans

© 2010 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

## **Plant Research International B.V.**

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen  
: Postbus 616, 6700 AP Wageningen  
Tel. : 0317 - 48 60 01  
Fax : 0317 - 48 10 47  
E-mail : [info.pri@wur.nl](mailto:info.pri@wur.nl)  
Internet : [www.pri.wur.nl](http://www.pri.wur.nl)

# Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1 Inleiding	3
2 Materialen en methode	5
2.1 Percelen	5
2.1.1 Wageningen	5
2.1.2 Valthermond	6
2.1.3 Lelystad	7
2.2 Remote Sensing	8
2.2.1 YARA N-Sensor	8
2.2.2 SensiSpray	9
2.3 Gewasafhankelijke toediening van gewasbeschermingsmiddelen	10
3 Resultaten	11
3.1 Wageningen - gewasmonitoring	11
3.2 Valthermond - gewasmonitoring	13
3.3 Lelystad - gewasmonitoring	13
3.4 Lelystad - gewasafhankelijke toediening	14
4 Discussie, conclusies en aanbevelingen	15
4.1 Wageningen - gewasmonitoring	15
4.2 Valthermond - gewasmonitoring	15
4.3 Lelystad - gewasmonitoring	15
4.4 Lelystad - gewasafhankelijke toediening	16
5 Literatuur	17
Bijlage I. Grafische weergave metingen Yara N-Sensor op verschillende data op perceel in Wageningen	3 pp.
Bijlage II. Grafische weergave metingen SensiSpray op 13 augustus 2008 op perceel in Wageningen	1 p.
Bijlage III. Grafische weergave metingen Yara N-Sensor op 12 augustus 2008 op perceel in Valthermond	1 p.
Bijlage IV. Grafische weergave metingen Yara N-Sensor op verschillende data op perceel in Lelystad	3 pp.
Bijlage V. Grafische weergave metingen Yara N-Sensor op verschillende data op perceel in Lelystad (gelijke legenda voor alle meetdata)	3 pp.
Bijlage VI. Grafische weergave metingen SensiSpray op 18 juni en 11 augustus op perceel in Lelystad	1 p.



# Samenvatting

In de zomer van 2008 zijn in Nederland op 3 percelen met het gewas aardappelen met twee typen sensoren metingen verricht naar de ruimtelijke variatie in bladmassa in het gewas. Door deze metingen is inzicht verkregen in de ruimtelijke variatie aan bladmassaontwikkeling binnen een spuitbaan of perceel en in de ruimtelijke variatie in de tijd binnen het groeiseizoen van het gewas.

De ruimtelijke variatie kan met de SensiSpray techniek waarbij met 7 Greenseeker sensoren, gemonteerd op een spuitboom van 27 meter breed, gedetailleerder worden weergegeven dan met de Yara N-sensor die over de hele spuitboombreedte een gemiddelde meting doet. Variatie in bladmassaontwikkeling door rasverschillen of bemestingstoestand kan met beide sensingsystemen goed waargenomen worden. Met geen van beide sensoren kan informatie verkregen worden over het klimaat en de gewasstand op de diverse hoogten in het gewas.

Met de SensiSpray techniek is het goed mogelijk om aan het begin van het groeiseizoen, de gewasbeschermingsmiddelen tegen *Phytophthora infestans* gewasafhankelijk toe te dienen. In verband met de infectiedruk is het systeem van gewasafhankelijk spuiten niet ingezet vanaf het moment dat het gewas het veld volledig bedekt heeft. Aan het eind van het seizoen kan het SensiSpray systeem gebruik maken van de variatie in afsterfsnelheid van het aardappelloof en de dosering daarop aanpassen. Hierdoor zijn aanzienlijke besparingen in middelgebruik mogelijk.

Met deze gewasafhankelijke toediening kan (aanzienlijk) aan gewasbeschermingsmiddelen bespaard worden. De ondergrens van de hoeveelheid middel wat gewasafhankelijk met de SensiSpray verspoten kan worden, zonder dat er een infectie plaatsvindt met *Phytophthora infestans*, is niet bekend.





# 1 Inleiding

Voor onderzoek van het heelal ontwikkelt Astron in Dwingeloo een nieuwe radiotelescoop met de naam LOFAR (Low Frequency ARray). Het unieke van deze radiotelescoop is dat ongeveer 25.000 eenvoudige antennes worden verdeeld over één groot (320 ha) centraal gebied en ongeveer honderd 'stations' elk met een oppervlak van een paar hectare. De diameter van het totale gebied met alle stations bedraagt 350 km en dit vormt daarmee één zeer grote antenne. De stations worden aan elkaar gekoppeld met een uiterst geavanceerd en supersnel glasvezelnetwerk. Het glasvezelnetwerk strekt zich uit tot ver in het landelijk gebied. Onder de naam LOFAR\_Agro wordt onderzoek verricht naar mogelijke landbouwkundige toepassingen voor dit glasvezelnetwerk. Als eerste voorbeeld is gekozen om een sensornetwerk te ontwikkelen voor het intensief monitoren van het microklimaat in een aardappelveld. De informatie die daaruit voortkomt, kan worden gebruikt voor het voorspellen van de ontwikkeling van *Phytophthora*-besmettingen.

Het sensornetwerk bestaat uit sensoren die metingen over onder meer temperatuur en luchtvochtigheid draadloos aan elkaar doorgeven. Via het LOFAR netwerk worden de metingen verzameld en doorgestuurd naar het adviesstelsel voor de teler.

De stand van het gewas (hoogte, dichtheid) wordt verondersteld invloed te hebben op het microklimaat. Binnen percelen is vrijwel altijd sprake van variatie in gewasstand. De gewasstand kan met velerlei parameters (vegetatieindices) worden uitgedrukt. Om de invloed van de gewasstand op het microklimaat te bepalen zijn plaats specifieke metingen verricht aan zowel gewasstand als microklimaat op proefpercelen. Dit verslag beschrijft de metingen van de gewasstand en de resultaten daarvan op proefpercelen aardappelen in Wageningen, Lelystad en Valthermond. De data van het microklimaat in relatie tot de *Phytophthora* infectierisico is gerapporteerd door Kessel (2009).

Door bij het toedienen van het gewasbeschermingsmiddel rekening te houden met de infectiekansen kan op het juiste moment worden gespoten. Door tijdens de toediening rekening te houden met de variatie in gewasstand kan ook de juiste hoeveelheid gewasbeschermingsmiddel worden toegediend. Bij het bespuiten van het gewas tegen *Phytophthora infestans* wordt in de praktijk over het gehele seizoen dezelfde dosering gebruikt. Met sensorgestuurde systemen bij loofdoding is aangetoond dat ongeveer 50% middel bespaard kan worden door de afgifte te koppelen aan de gewasstand (Kempenaar *et al.*, 2008; Zande *et al.* 2008a). Ook bij het preventief spuiten ter beheersing van een aantasting met de schimmel *Phytophthora infestans* is een dergelijk principe denkbaar. Bij schimmelbestrijding in bollen is dit principe al getest en aangetoond dat er op middel kan worden bespaard bij bespuitingen met fungiciden (Zande *et al.*, 2008b). Om die reden wordt onderzocht of gewasafhankelijke toediening van gewasbeschermingsmiddelen kan worden toegepast bij het voorkomen van een infectie met *Phytophthora infestans*.

In hoofdstuk 2 worden de materialen en methode toegelicht en in hoofdstuk 3 worden de resultaten gepresenteerd. Besloten wordt met een discussie en conclusies (hoofdstuk 4).



## 2 Materialen en methode

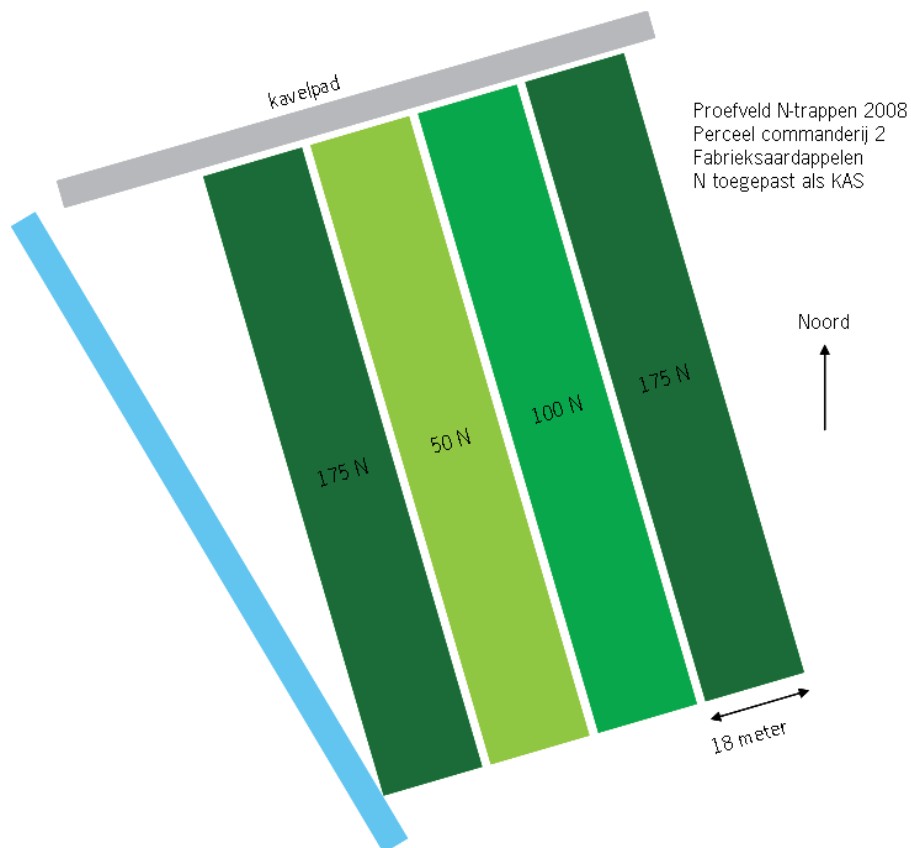
De aanpak van het onderzoek wordt in dit hoofdstuk weergegeven. De percelen waarop de proeven zijn uitgevoerd worden eerst beschreven, vervolgens worden de remote sensing technieken toegelicht en besloten wordt met een beschrijving van het SensiSpray systeem; een systeem voor gewasafhankelijke toediening van gewasbeschermingsmiddelen.

Met zowel de remote sensing systemen als het systeem voor gewasafhankelijke toediening is data verzameld. Deze plaats specifieke data zijn verwerkt met behulp van een Geografisch informatie Systeem (GIS, in dit geval ArcGIS 9.3). Met behulp van ArcGIS kan op relatief eenvoudige wijze ruimtelijke data worden gepresenteerd.

### 2.1 Percelen

#### 2.1.1 Wageningen

In Wageningen (Unifarm Wageningen UR) is een zandperceel met zetmeelaardappelen bemeten om de variatie van de gewasstand in kaart te brengen en om remote sensing data van het gewas te kunnen vergelijken met microklimaatmetingen. Op het perceel zijn stikstoftrappen aangelegd om bewust variatie in gewasstand te bewerkstelligen. Er zijn banen bemest met een startgift van 50 kg N/ha, 100 kg N/ha en 175 kg N/ha (praktijkgift). Figuur 1 geeft het perceel en de N-trappen weer.



Figuur 1. Schematische weergave van het proefperceel aardappelen in Wageningen met daarin stikstoftrappen.

De gewasverzorging heeft gedurende het seizoen conform praktijk plaatsgevonden. In de maand juni zijn in het perceel op negen plaatsen meteostations geplaatst voor de bepaling van het microklimaat. Figuur 2 geeft de plaatsing van de meteostations weer.



*Figuur 2. Plaatsing van de meteostations in het aardappelveld.*

De meteostations hebben (na plaatsing) elke tien minuten onder meer de temperatuur en luchtvochtigheid op 3 hoogten in het gewas gemeten. De data zijn centraal verzameld en gebruikt voor het bepalen van het microklimaat op de negen meetplekken. De metingen zijn ondersteund door metingen op een 2 km vanaf het proefveld gelegen meteostation. Het bepalen van het microklimaat is uitgevoerd door de vakgroep Meteorologie en Luchtkwaliteit van Wageningen Universiteit.

## 2.1.2 Valthermond

In dit project is een gangbaar praktijkperceel in de Veenkoloniën opgenomen om in een van de grootste teeltgebieden van zetmeelaardappelen een beeld van de variatie in gewasstand te verkrijgen. Op 12 augustus is bij akkerbouwer Roelof Tuin in Valthermond een praktijkperceel met zetmeelaardappelen bemeten om de variatie van de gewasstand in kaart te brengen en om remote sensing data te kunnen vergelijken met microklimaatmetingen. Op het perceel zijn in de breedterichting twee verschillende rassen zetmeelaardappelen geplant en was de andere helft al redelijk aan het afsterven. De gewasverzorging heeft gedurende het seizoen conform praktijk plaatsgevonden. In de maand juni zijn in het perceel op negen plaatsen meteostations geplaatst voor de bepaling van het microklimaat. De meteostations hebben (na plaatsing) elke tien minuten op 3 hoogten in het gewas onder meer de temperatuur en luchtvochtigheid gemeten. Ook zijn metingen verricht op 2 meter hoogte boven het gewas. De data zijn verzameld en gebruikt voor het bepalen van het microklimaat op de negen meetplekken. Het bepalen van het microklimaat is ook hier uitgevoerd door de vakgroep Meteorologie van Wageningen Universiteit. Figuur 3 geeft het perceel weer.



*Figuur 3. Schematische weergave van het praktijkperceel in Valthermond; met de contourlijn is de perceelsgrens aangegeven.*

### 2.1.3 Lelystad

Gedurende het groeiseizoen is een praktijkperceel met consumptieaardappelen op kleigrond bemeten om de variatie in gewasstand in kaart te brengen. De gewasverzorging heeft gedurende het seizoen plaatsgevonden met het SensiSpray principe (zie paragraaf 2.2). Hierbij is aan het begin van het groeiseizoen de hoeveelheid gewasbeschermingsmiddel aangepast aan de hoeveelheid bladmassa. Figuur 4 geeft het perceel in Lelystad weer.





*Figuur 4. Schematische weergave van het praktijkperceel in Lelystad; met de contourlijn is de perceelsgrens aangegeven.*

## 2.2 Remote Sensing

Remote sensing is een techniek om op non-destructieve wijze een indruk te krijgen van de gewasstand. Remote sensing kan vanaf satellieten plaatsvinden, maar ook met grondgebonden platformen kan op non-destructieve wijze data worden vergaard. Binnen dit onderzoek zijn twee grondgebonden systemen gebruikt voor het vastleggen van de ruimtelijke variatie in gewasstand; een trekker met op het dak van de cabine een Yara N-sensor en een veldspuit uitgerust met 7 Greenseeker sensoren aan de spuitboom.

### 2.2.1 YARA N-Sensor

De YARA N-Sensor is een sensorsysteem dat veelal wordt gebruikt voor het sensorgestuurd bijbemesten in granen (YARA, 2009). De N-Sensor wordt op het dak van een trekker gemonteerd. De sensor bevat fotospectrometers en is in staat om nauwkeurig en plaats specifiek de reflectie van het gewas te bepalen. Om de gewasreflectiemetingen ruimtelijk vast te kunnen leggen is een DGPS ontvanger aan de sensor gekoppeld. In Figuur 5 is de N-Sensor weer-gegeven.



*Figuur 5. De YARA N-Sensor voor de bepaling van de gewasreflectie. Boven op de sensor is de DGPS ontvanger geplaatst (het witte bolletje in het midden).*

Met de geïntegreerde fotospectrometers wordt de invallende en de gereflecteerde straling geanalyseerd. Het systeem meet zowel links als rechts van de trekker banen van ca. 3 meter breed. De metingen van de linker en rechter zijde van de trekker worden optisch gebundeld en deze reflectiemetingen worden in een fotospectrometer geleid. De reflectiemetingen worden met de invallende straling vergeleken en vertaald naar genormaliseerde gewasreflecties in golflengtebanden van ca. 10 nm (meetbereik 450 tot 900 nm). Uit deze golflengten wordt automatisch een maat voor de hoeveelheid biomassa bepaald; deze wordt 'S1' genoemd. Deze S1 varieert tussen de 0 en 30, afhankelijk van de hoeveelheid biomassa. Een hoger getal correspondeert met een grotere hoeveelheid biomassa. De reflectiegegevens worden gecombineerd met plaatsbepalingsgegevens (GPS) en kunnen tijdens het meten worden opgeslagen op een geheugenkaart.

### 2.2.2 SensiSpray

De SensiSpray is een spuitmachine waarop zeven GreenSeeker (NTech, 2008) gewassensoren zijn gemonteerd voor het gewasafhankelijk toedienen van gewasbeschermingsmiddelen op basis van gemeten gewasreflectie en een gewasspecifiek mathematisch model. De GreenSeeker sensoren bemeten ieder een strook van ca. 80 cm breed onder de spuitboom en vertalen dit in een NDVI (Normalized Differential Vegetation Index). De gewasstand kan met de SensiSpray in een wat hogere resolutie worden vastgelegd dan met de N-Sensor. Deze hogere resolutie wordt bereikt doordat bij de SensiSpray van iedere 3 - 4,5 m, verdeeld over de breedte van de spuitboom, een sensorwaarde binnenkomt. De metingen van de SensiSpray worden opgeslagen en worden ruimtelijk vastgelegd door een aan het systeem gekoppelde DGPS ontvanger. Figuur 6 geeft één van de zeven sensoren op de 27 meter brede spuitboom weer.

Het SensiSpray systeem verzamelt data van zeven sensoren en slaat dit vijf keer per seconde op met één GPS coördinaat. Om de positie van de zeven sensoren te reconstrueren aan de hand van de GPS coördinaat en de rijrichting is software ontwikkeld waarmee de coördinaten van de individuele sensoren kan worden gereconstrueerd.



Figuur 6. Een van de zeven GreenSeeker sensoren op de spuitboom van de SensiSpray machine.

## 2.3 Gewasafhankelijke toediening van gewasbeschermingsmiddelen

In paragraaf 2.2.2 is het SensiSpray systeem, dat op basis van reflectiemetingen en een rekenmodel de hoeveelheid gewasbeschermingsmiddel afstemt op de hoeveelheid bladmassa, kort beschreven. In Lelystad is op een perceel (voor de beschrijving van het perceel; zie paragraaf 2.1.3) met SensiSpray gewasafhankelijk de dosering van gewasbeschermingsmiddel gevarieerd. Het idee is hierbij om, voornamelijk in het begin van het groeiseizoen, te kunnen besparen op het verbruik van gewasbeschermingsmiddel. Het variabel toedienen van gewasbeschermingsmiddel tegen *Phytophthora infestans* met de SensiSpray wordt tot maximale gewasreflectie met aangepaste (sensor-gestuurde) dosering uitgevoerd. Daarna (tot het eind van het seizoen) blijft de dosering zoals het advies is en wordt het spuitvolume niet meer aangepast en zijn de bespuitingen gelijk aan praktijkbespuitingen. De frequentie van bespuiten is conform praktijk (in Lelystad op basis van adviessoftware OptiCrop). Gedurende het groeiseizoen is het gewas regelmatig beoordeeld op de ontwikkeling van *Phytophthora infestans*.

Er zijn voor dit doel twee verschillende modellen geïmplementeerd in de SensiSpray machine. Eén model voor de toediening van het middel Revus en één model voor de toediening van het middel Shirlan. Hierbij kon de gebruiker kiezen tussen een 'hoog' en een 'standaard' risico, dit afhankelijk van de weerssituatie (*Phytophthora*-druk). Bij het model 'hoog' wordt de dosering ca. 20% hoger genomen dan bij de 'standaard'-dosering.



## 3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de gewasreflectiemetingen van de aardappelpercelen in Wageningen, Valthermond en Lelystad behandeld.

### 3.1 Wageningen - gewasmonitoring

In Wageningen is het proefperceel nagenoeg wekelijks bemeten met de N-Sensor. Tabel 1 geeft een overzicht van de uitgevoerde metingen en een visuele indicatie van de toestand van het gewas.

*Tabel 1. Overzicht van de data waarop is gemeten en enkele opmerkingen over de visuele toestand van het gewas.*

Meetdatum	Visuele waarnemingen / opmerkingen
10 juni	
18 juni	
24 juni	
1 juli	Gewas in bloei
9 juli	Geen opmerkingen
22 juli	Gewas begint in te zakken
30 juli	Licht gekleurd gewas met open plekken (ingezakt)
5 augustus	Bont gekleurd gewas, zakt behoorlijk in
13 augustus	Gewas begint al geel te kleuren
19 augustus	Gewas wordt nogal geel
28 augustus	Hier en daar al ver afstervend gewas en open plekken

De meetdata zijn opgeslagen op een datakaart en verwerkt in ArcGIS. In Bijlage I zijn de metingen op de verschillende meettijdstippen ruimtelijk weergegeven. Per N-trap is een baan zichtbaar omdat er verder geen differentiatie binnen de breedte van de baan gemeten wordt. De verschillende N-trappen zijn over alle data waarop is gemeten goed zichtbaar. Tot de metingen van 1 juli is bij alle N trappen een toename van groenintensiteit (= biomassa) te zien over de breedte van de gemeten banen. Vanaf de meting van 9 juli begint de intensiteit van de gewasreflectie al te verminderen en vanaf 22 juli is dit ook visueel waarneembaar tijdens de meting (zie opmerkingen Tabel 1).

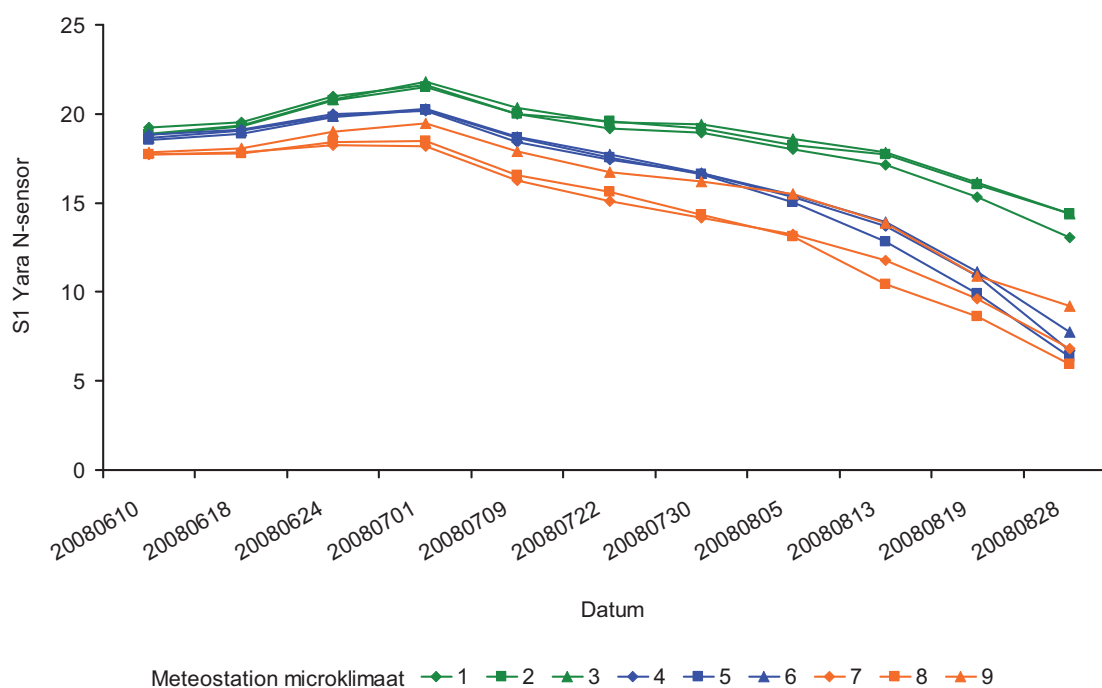
In Tabel 2 worden de S1 meetwaarden weergegeven die zijn gemeten in de buurt van het meetpunt van de microklimaatwaarnemingen. De S1 meetwaarden in Tabel 2 zijn een gemiddelde van 5 waarnemingen in de rijrichting gemeten. De afstand tussen de uiterste meetpunten (en dus de lengte waarover de meetwaarde is gemeten) varieert met de rijsnelheid van de trekker en varieert tussen de 3 en 5 meter. In de breedterichting gezien varieert de afstand tussen de S1 meetwaarden en de microklimaatwaarnemingen ook tussen de 3 en 5 meter.

Bij alle meetpunten is in eerste instantie een toename van de S1 waarde zichtbaar en daarna een afname. De 'detail' waarnemingen van Tabel 2 zijn in Bijlage I zichtbaar voor het gehele veld.

Tabel 2 wordt in Figuur 7 grafisch weergegeven. Per meetpunt nabij een microklimaat meteostation is duidelijk een trend waarneembaar in de S1 waarde van het gewas. Alleen meetpunt 9 geeft vanaf 22 juli 2008 een afwijkende curve.

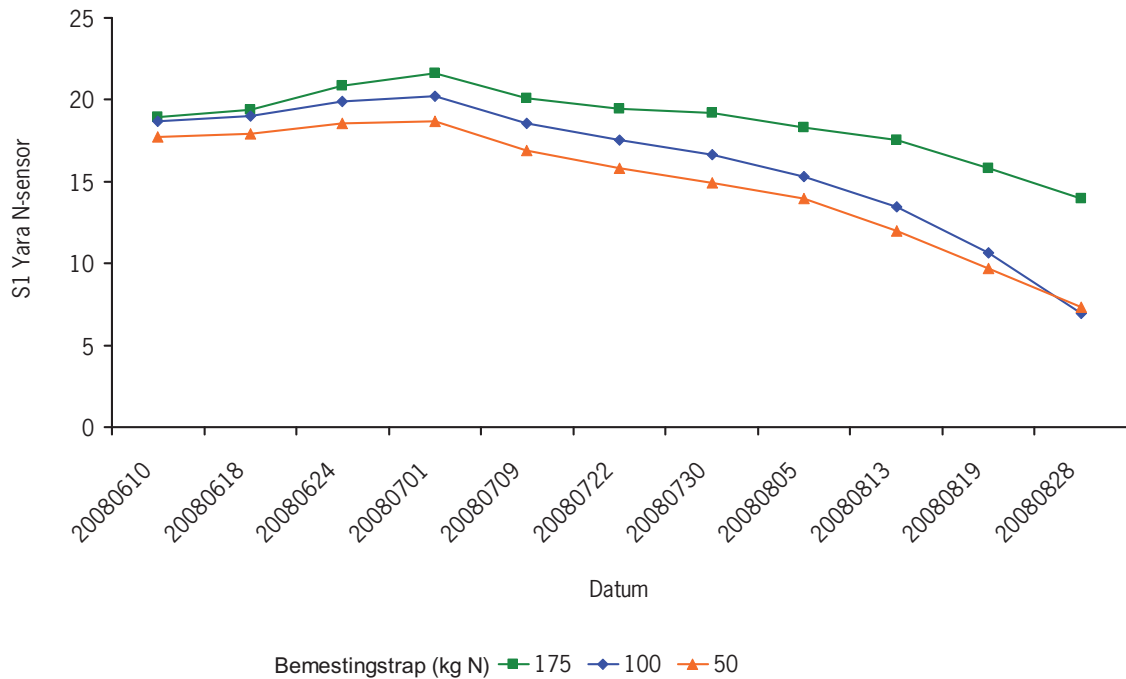
Tabel 2. Gemiddelde meetwaarde (S1) van 5 waarnemingen van de Yara N-sensor per datum en per meetpunt op het proefveld Wageningen waar het microklimaat werd gemeten. Zie voor locatie meteostations microklimaat Figuur 2.

Datum	Meetpunt nabij meteostation microklimaat								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20080610	19.22	18.80	18.86	18.84	18.52	18.66	17.72	17.74	17.82
20080618	19.54	19.30	19.32	19.10	18.90	19.04	17.84	17.80	18.04
20080624	20.96	20.74	20.82	19.96	19.84	19.88	18.24	18.44	19.02
20080701	21.62	21.52	21.78	20.14	20.24	20.30	18.18	18.46	19.48
20080709	19.98	19.98	20.34	18.44	18.62	18.70	16.26	16.54	17.88
20080722	19.16	19.58	19.52	17.44	17.52	17.70	15.08	15.60	16.74
20080730	18.92	19.18	19.42	16.64	16.58	16.64	14.16	14.34	16.22
20080805	17.98	18.26	18.58	15.32	15.06	15.46	13.22	13.14	15.50
20080813	17.14	17.74	17.82	13.72	12.8	13.92	11.76	10.42	13.86
20080819	15.32	16.02	16.14	10.92	9.92	11.12	9.62	8.60	10.88
20080828	13.06	14.42	14.42	6.68	6.36	7.76	6.84	5.94	9.20



Figuur 7. Gemiddelde meetwaarde (S1) van 5 waarnemingen van de Yara N-sensor per datum en per meetpunt op het proefveld Wageningen waar het microklimaat werd gemeten. Zie voor locatie meteostations microklimaat Figuur 2.

In Figuur 8 is per stikstoftrap op het proefveld Wageningen de gemiddelde meetwaarde (S1) van de Yara N-sensor tegen de datum uitgezet. Bij alle drie de stikstoftrappen is vanaf de meting op 1 juli 2008 een afname van de groenheid van het gewas waarneembaar en begon de afsterving van het gewas. De groenheid van het gewas op de stikstoftrap met 175 kg/ha N was bij aanvang van het afstervingsproces hoger dan het gewas op de stikstoftrap 50 en 100 kg/ha N. Bij het gewas op de hoge stikstofgift verliep het afsterven langzamer dan bij de andere 2 stikstoftrappen.



Figuur 8. Gemiddelde meetwaarde (S1) van de Yara N-sensor per datum en per stikstoftrap op het proefveld Wageningen. Zie voor locatie stikstoftrappen Figuur 1.

Op 13 augustus is met het SensiSpray systeem een meting verricht in Wageningen. De metingen zijn uitgevoerd op de baan met 100 en met 175 kg/ha N. De resultaten van deze metingen zijn eveneens uitgewerkt in ArcGIS en zijn grafisch weergegeven in Bijlage II. Voor de interpretatie dient de rood/gele kleur aan begin en eind van de banen en in het midden in de lengterichting buiten beschouwing gelaten te worden. Deze kleuren worden veroorzaakt door de interpolatie bij het verwerken van de gegevens. Bij de metingen met de SensiSpray is een duidelijke kleurdifferentiatie in de breedterichting binnen de N-trappen te zien omdat, in tegenstelling tot de Yara N-sensor, met 7 sensoren over 1 werkbreedte gemeten wordt.

## 3.2 Valthermond - gewasmonitoring

De meting met de Yara N-Sensor op 12 augustus 2008 op het perceel in Valthermond is grafisch weergegeven in Bijlage III. De verschillen tussen de twee rassen aan beide zijden van het perceel zijn duidelijk waar te nemen. Aan de zijde van de schuur is het gewas nog redelijk vitaal, terwijl het gewas aan de andere zijde al redelijk was ingezakt. Ook de variatie binnen de rassen en de gemeten banen is duidelijk zichtbaar.

## 3.3 Lelystad - gewasmonitoring

In Lelystad is het perceel regelmatig bemeten met de Yara N-Sensor. Tabel 3 geeft een overzicht van de uitgevoerde metingen.

Tabel 3. *Overzicht van de data waarop is gemeten op het praktijkperceel in Lelystad en de gemiddelde meetwaarde S1 van de gemeten banen.*

Datum	Gemiddelde meetwaarde S1	
	Baan 1	Baan 2
5 juni	2.85	2.71
12 juni	20.19	18.78
26 juni	27.33	27.31
9 juli	11.92	11.65
16 juli	10.93	10.26
24 juli	11.76	11.77
30 juli	9.51	9.55
5 augustus	11.64	11.62

In Bijlage IV zijn de metingen op de verschillende meettijdstippen ruimtelijk weergegeven. Omdat de hoogte van de meetwaarden tussen de verschillende data soms groot is, maar de variatie binnen een datum klein is, is er per meettijdstip een legenda gemaakt. In Bijlage V is per datum de ruimtelijke variatie weergegeven waarbij voor alle data één legenda wordt gebruikt. Door het gebruik van één legenda is het verloop van het gewas in de tijd zeer goed zichtbaar maar is de ruimtelijke variatie binnen het perceel per datum niet of nauwelijks zichtbaar.

### 3.4 Lelystad - gewasafhankelijke toediening

In Lelystad zijn de fungicidebespuitingen op het perceel in de beginfase gewasafhankelijk bespoten met de SensiSpray. Tabel 4 geeft een overzicht van de uitgevoerde bespuitingen (dosering, gebruikte middel en besparing ten opzichte van de gangbare bespuiting die op hetzelfde tijdstip heeft plaats gevonden) op basis van het SensiSpray principe.

Tabel 4. *Overzicht van de momenten waarop gewasafhankelijk is toegediend op het praktijkperceel in Lelystad.*

Bespuiting	Datum	Dosering (liter middel per ha)	Middel	Besparing t.o.v. gangbaar (liter middel per ha)
1	5 juni	0,2	Revus	0,2
2	12 juni	0,3	Revus	0,1
3	18 juni	0,3	Revus	0,1
4 en verder	25 juni	0,3	Shirlan	0 - geen

De eerste drie bespuitingen zijn met het middel Revus uitgevoerd (hoog risico) en hierna zijn standaard (praktijk)-bespuitingen toegepast met Shirlan. De totale besparing op dit perceel bij het gekozen risicoprofiel is 0.4 l/ha Revus.

In Bijlage VI is de gewasafhankelijke toediening van een fungicide met de SensiSpray op 18 juni en 11 augustus grafisch weergegeven. De weergave is van 1 gespoten baan. Voor beide data geldt een aparte legenda. Bij het gebruik van één legenda voor beide data wordt de ruimtelijke variatie per datum binnen de spuitbaan minder gedetailleerd weergegeven.

## 4 Discussie, conclusies en aanbevelingen

In hoofdstuk 3 zijn de resultaten van de experimenten weergegeven. Door de verwerking met behulp van ArcGIS kunnen resultaten op relatief eenvoudige wijze worden gepresenteerd. De nadruk van de experimenten lag op het verzamelen van data om indicaties te krijgen van verbanden tussen het microklimaat, het risico van infectie met *Phytophthora infestans* en de gewasdichtheid. Een neven doelstelling was het in kaart brengen van de mogelijkheden om te besparen bij de bestrijding van *Phytophthora infestans*.

### 4.1 Wageningen - gewasmonitoring

De grafische weergave van de resultaten in Bijlage I laat zien dat de gewasstand varieert gedurende het groei-seizoen. Duidelijk zijn ook verschillende bemestingstrappen waar te nemen.

De meting op 13 augustus met de SensiSpray (Bijlage II) geeft een soortgelijk beeld als de metingen met de Yara N-Sensor (Bijlage I) echter met meer gedetailleerde informatie. De strook met de afwijkende kleur in het midden van het plaatje geeft het spuitpad weer die gebruikt wordt voor de praktijkbespuiting voor de bestrijding van *Phytophthora infestans*.

### 4.2 Valthermond - gewasmonitoring

De grafische weergave van de resultaten in Bijlage III laat zien dat de gewasstand behoorlijk varieert over het perceel, dit komt voornamelijk door de rasverschillen.

### 4.3 Lelystad - gewasmonitoring

De grafische weergave van de resultaten met de Yara N-sensor in Bijlage IV laat zien dat de gewasstand gedurende het groeiseizoen en ook binnen het perceel varieert. Bij een volledige bedekking is de variatie in de gewasstand minimaal (5 juni, 24 juli, 30 juli, 5 augustus). Of de (zeer) kleine waargenomen variatie in het veld belangrijk is, is afhankelijk van het gebruikte algoritme voor aansturing van de spuitdoppen. Wanneer het bij- of afschakelen van spuitdoppen binnen de waargenomen kleine variatie valt, kan dit van invloed zijn op de effectiviteit van de bespuiting. Als voorafgaand aan het spuiten de minimum en maximum waarde bekend is, kan daar het algoritme voor schakelen van de spuitdoppen op aangepast worden. De besparing aan middel zal mogelijk door de geringe variatie minimaal zijn maar onbekend is hoe minimaal en wat de invloed is op de effectiviteit.

Bij de meting op 12 en 26 juni wordt de grote variatie in gewasstand waarschijnlijk bepaald door het stoppen of starten van de meting. Onbekend is waarom het starten/stoppen geen of nauwelijks invloed heeft bij de andere data.

Door het weergeven van de ruimtelijke weergave met één legenda (Bijlage V) vervalt de visuele informatie over de ruimtelijke variatie in het veld. Wanneer het algoritme wordt gebruikt voor een schaal van 0 tot 30 zijn de stappen tussen bij- of afschakelen van spuitdoppen groot.

De ruimtelijke resolutie van de metingen met de SensiSpray is groter dan die van de Yara N-Sensor omdat bij de SensiSpray met 7 sensoren wordt gewerkt en met de Yara N-sensor met 2. Uit de figuren in Bijlage VI (metingen met de SensiSpray) blijkt dan ook dat de variatie binnen het perceel beperkt is maar wel groter is dan met de Yara N-sensor aangegeven. Geen verklaring is te geven waarom sensor 7 een totaal afwijkende baan is. Door het beperkte waarnemingsoppervlak van de N-sensor is met dit apparaat geen sterke afwijking op dit deel van de meetbaan waargenomen.

Wanneer het gewas het veld volledig bedekt heeft en in volle groei is, is een hoge resolutie bij remote sensing niet zozeer nodig. Het gebruik van een hoge resolutie zal niet of nauwelijks bijdragen aan een besparing van gewas-

beschermingsmiddelen. Bij het afsterven van het gewas zijn wel duidelijke (hoge resolutie) verschillen waarneembaar. De variatie in gewasstand kan duiden op verschillen in microklimaat. Wanneer het microklimaat verschilt, zou een gedifferentieerde bescherming tegen *Phytophthora infestans* binnen één perceel mogelijk zijn, waardoor er op bestrijdingsmiddel kan worden bespaard.

## 4.4 Lelystad - gewasafhankelijke toediening

De grafische weergave van de resultaten in Bijlage VI laat zien dat er bij de toediening van het middel weinig variatie in het gewas werd waargenomen. Desalniettemin is de dosering van het middel lager geweest dan bij een conventionele bespuiting het geval geweest zou zijn. Bij de gewasafhankelijke toediening is telkens gekozen voor het toedieningsmodel voor het 'hoge' risico. Hierdoor zijn de besparingen relatief gering. De besparing komt overeen op één bespuiting met het middel Revus. Er is geen besmetting met *Phytophthora infestans* in het perceel waargenomen. De effectiviteit was daarom goed te noemen. De gewasafhankelijke toediening heeft in dit pilotproject technisch goed gefunctioneerd en is reden om onderzoek naar verlaagde doseringen voort te zetten. De ondergrens voor doseringen is immers (nog) niet bekend en omdat de bescherming van het gewas in deze experimenten goed was, lijken er mogelijkheden te zijn om de hoeveelheid middel verder te verlagen.

Uit de resultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Met behulp van beide remote sensing systemen (YARA N-Sensor en SensiSpray) kan de gewasstand worden bepaald. De gegevens tussen beide systemen komen (visueel beoordeeld) goed overeen. Metingen met de SensiSpray zijn meer gedetailleerd.
- De verwerking van de gegevens in een Geografisch Informatie Systeem als ArcGIS maakt het eenvoudig om ruimtelijke data visueel te beoordelen en te vergelijken met data uit andere bronnen.
- Voor het interpreteren van de met behulp van GIS gepresenteerde data blijven waarnemingen met het menselijke oog noodzakelijk.
- Het plaatsspecifiek toedienen van Revus en Shirlan is mogelijk met het SensiSpray systeem.
- Het gewasafhankelijk toedienen van gewasbeschermingsmiddel bij het beheersen van *Phytophthora infestans* in aardappel leidt tot een lager verbruik van gewasbeschermingsmiddel.

## 5 Literatuur

Kempenaar C., V. Achten, F.K. van Evert, A van der Lans, A.J. Olijve, D.A. van der Schans, H.T.A.M. Schepers, R.Y. van der Weide & J. van de Zande, 2008.

Biomassa-afhankelijk doseren van gewasbeschermingsmiddelen. *Gewasbescherming* 39 (5) p. 177 - 182.

Kessel, G.J.T. 2009.

Lofar Agro: gewasmonitoring en microklimaatmodellering ten behoeve van plaats specifieke beheersing van *Phytophthora infestans*: microklimaat en Phytophthora infectierisico's. Plant Research International, Rapport 265, 18 pp.

NTech, 2008.

Website fabrikant Greenseeker. [www.ntechindustries.com](http://www.ntechindustries.com).

YARA, 2009.

Website fabrikant Yara N-sensor [www.sensoroffice.com](http://www.sensoroffice.com).

Zande, J.C. van de, V.T.J.M. Achten, J.M.G.P. Michielsen, M. Wenneker & A.Th.J. Koster, 2008a.

Towards more target oriented crop protection. *International Advances in Pesticide Application, Aspects of Applied Biology*, Volume 84, p. 245 - 252.

Zande, J.C. van de, V.T.J.M. Achten, H.T.A.M. Schepers, A. van der Lans & J.M.G.P. Michielsen, 2008b.

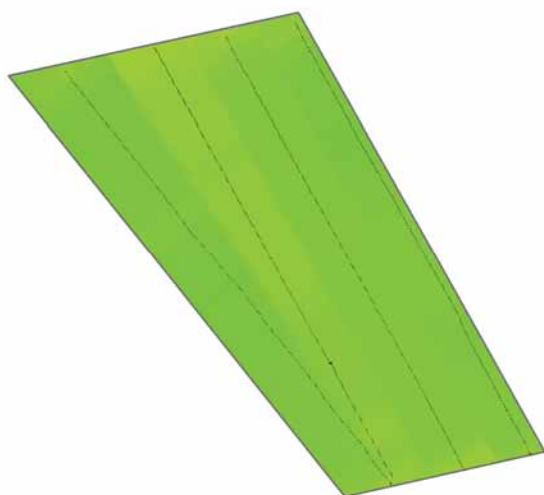
Use reduction of agrochemical by canopy density spraying of fungicides. In: *International Conference 2008. Diversifying Crop Protection*, La Grande Motte, France, 12 - 15 OCTOBER 2008.



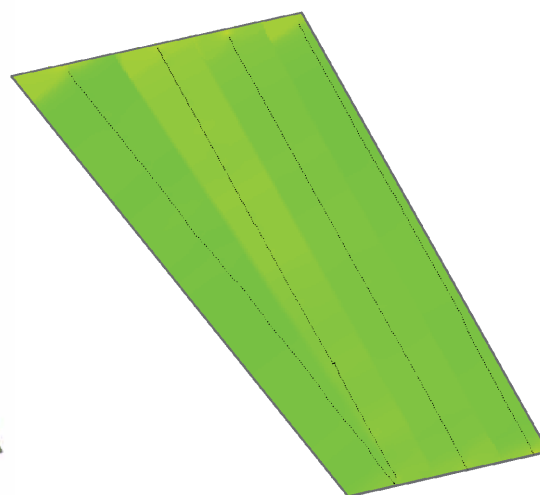


## Bijlage I.

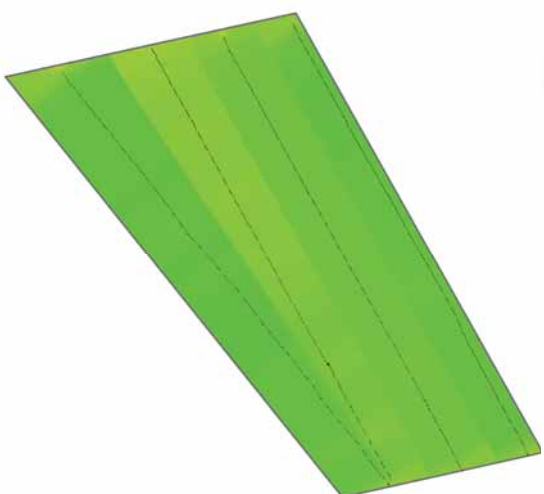
### Grafische weergave metingen Yara N-Sensor op verschillende data op perceel in Wageningen



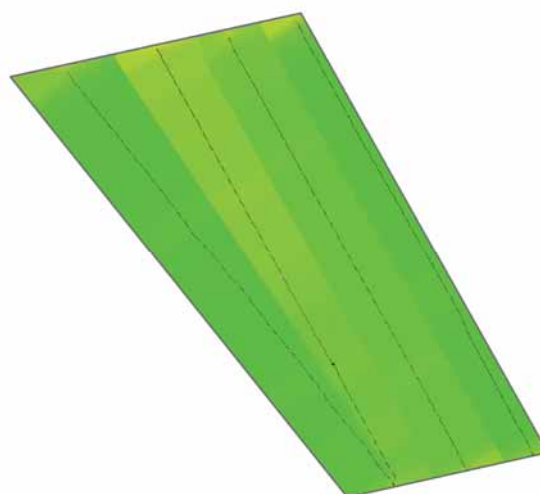
10 juni <sup>1)</sup>



18 juni <sup>1)</sup>

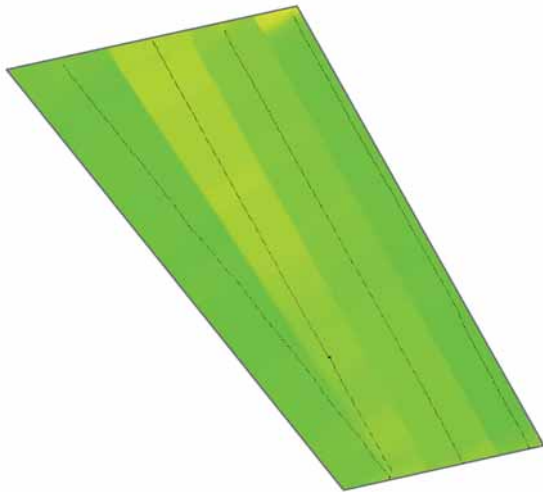


24 juni <sup>1)</sup>

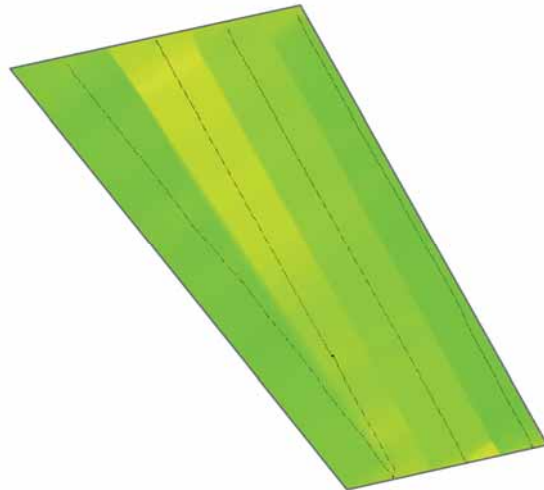


1 juli <sup>1)</sup>

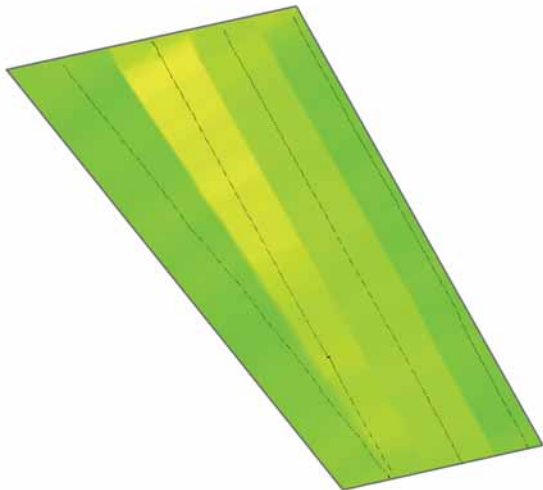
<sup>1)</sup> Voor legenda zie Bijlage I, pagina 3.



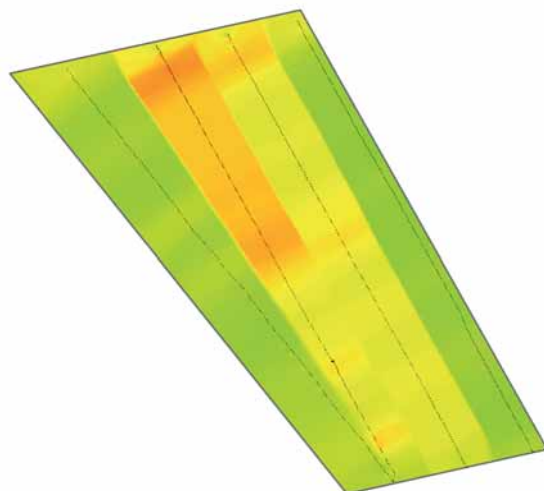
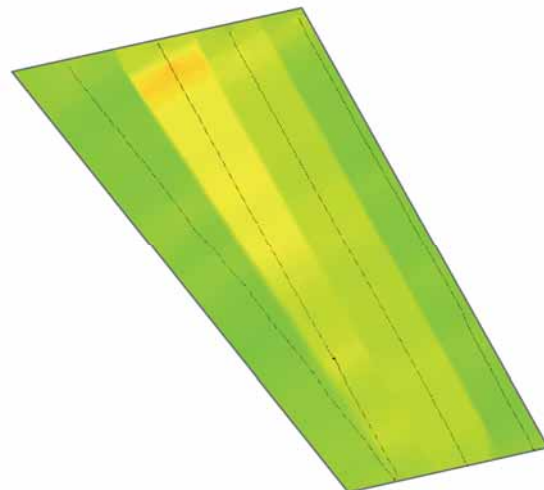
9 juli <sup>1)</sup>



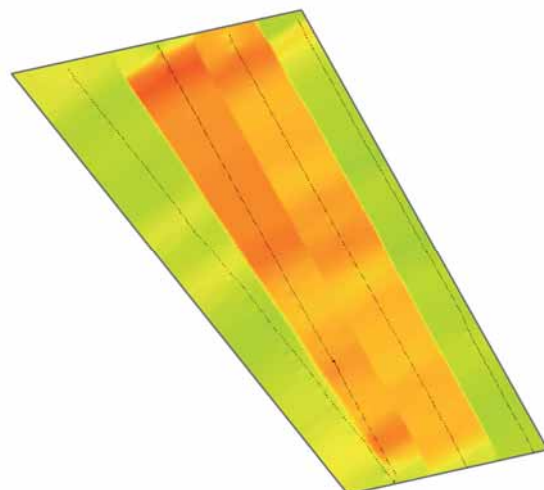
22 juli <sup>1)</sup>



30 juli

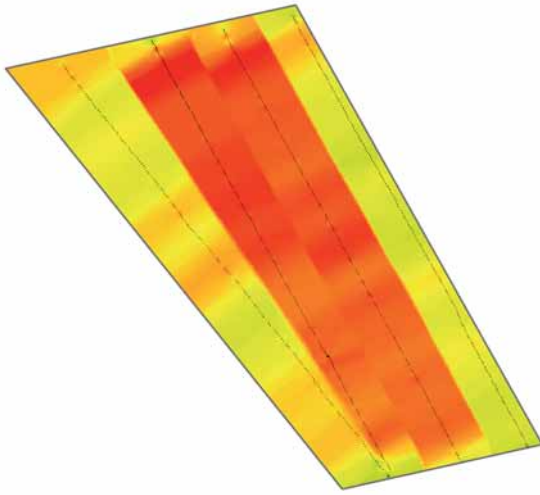


13 augustus <sup>1)</sup>



19 augustus <sup>1)</sup>

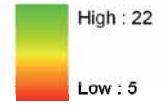
<sup>1)</sup> Voor legenda zie Bijlage I, pagina 3.



28 augustus

**Idw\_200808281**

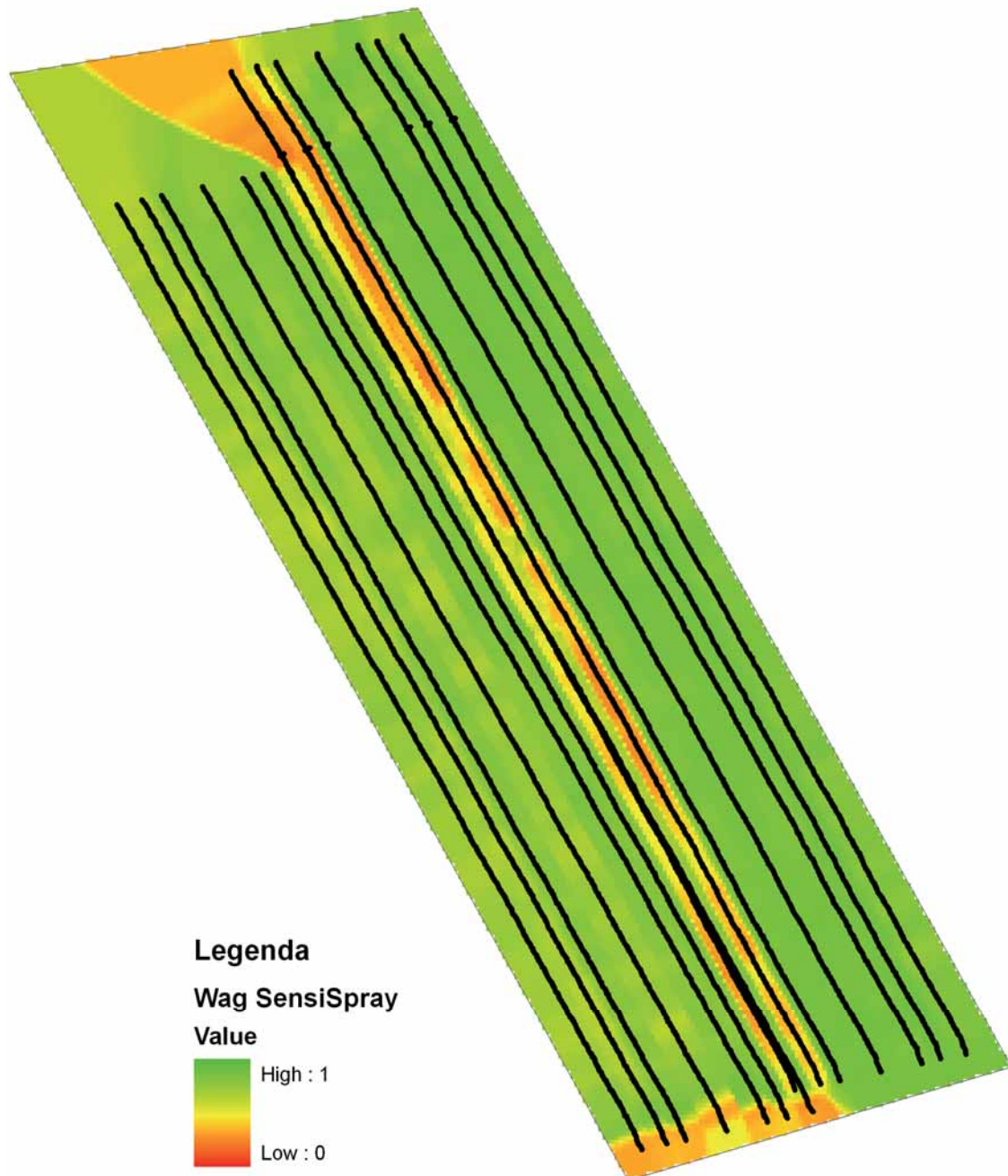
**Value**





## Bijlage II.

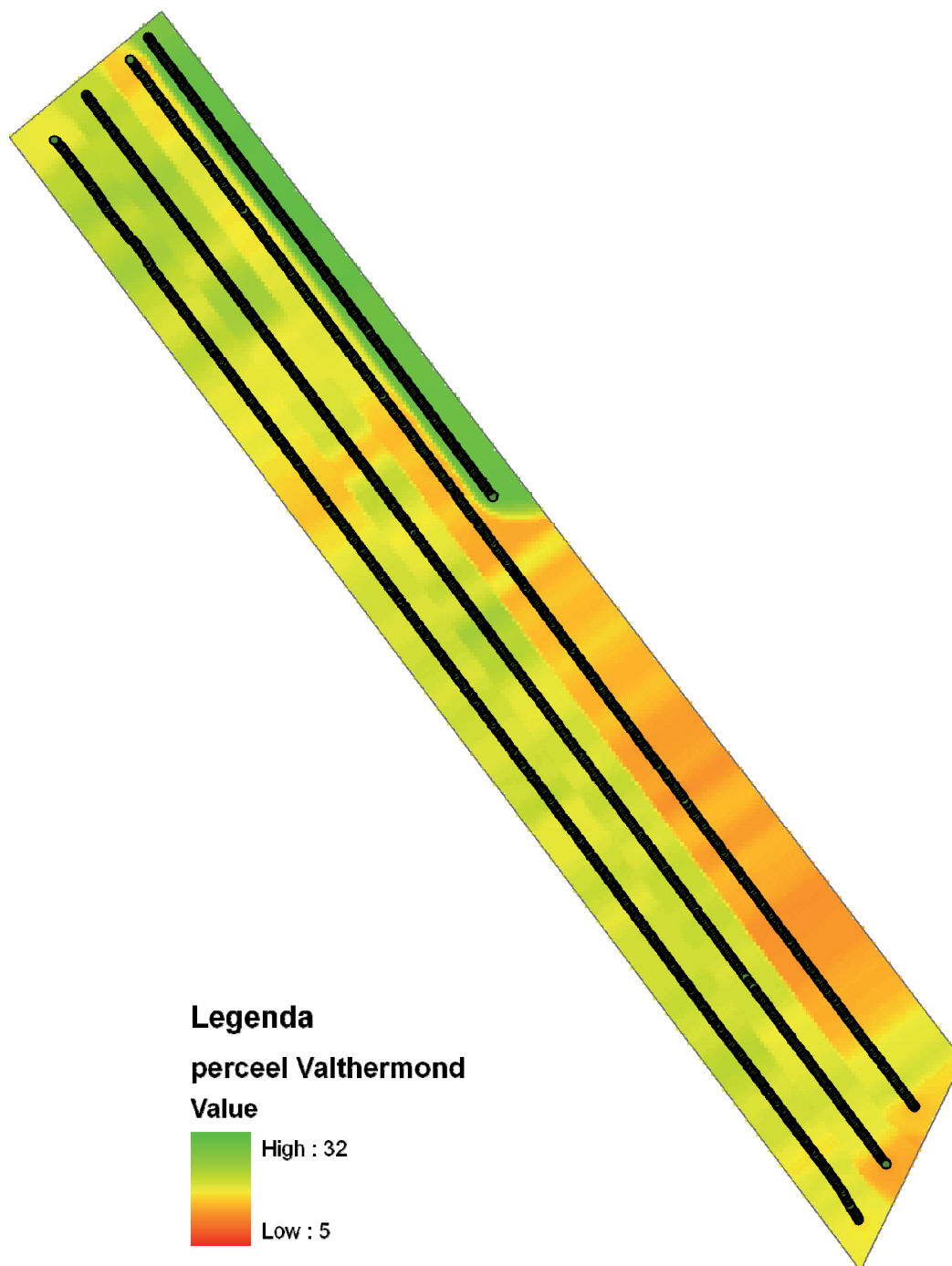
### Grafische weergave metingen SensiSpray op 13 augustus 2008 op perceel in Wageningen





### Bijlage III.

## Grafische weergave metingen Yara N-Sensor op 12 augustus 2008 op perceel in Valthermond

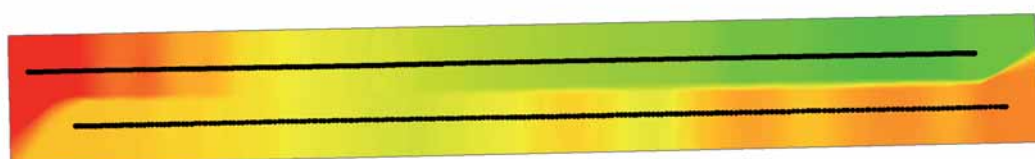




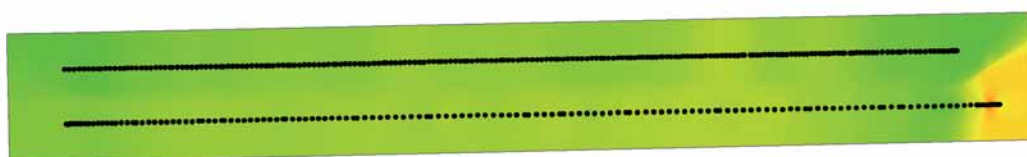


## Bijlage IV.

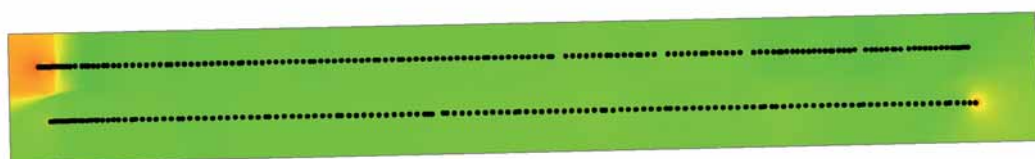
### Grafische weergave metingen Yara N-Sensor op verschillende data op perceel in Lelystad



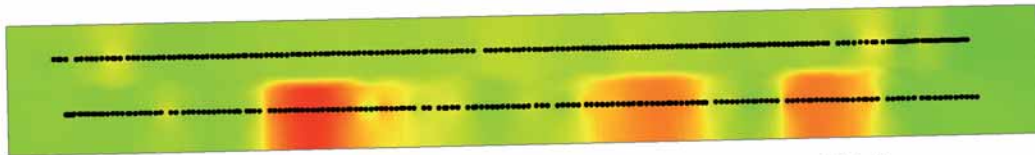
**5 juni**  
Value  
High : 3.209426  
Low : 2.293089



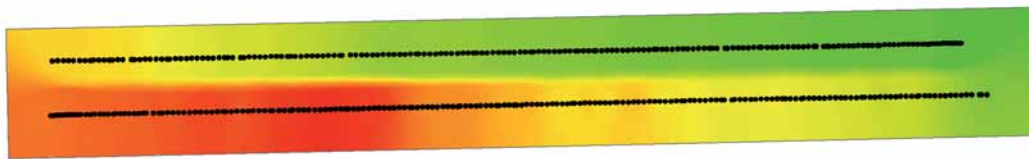
**12 juni**  
Value  
High : 23.703259  
Low : 6.995171



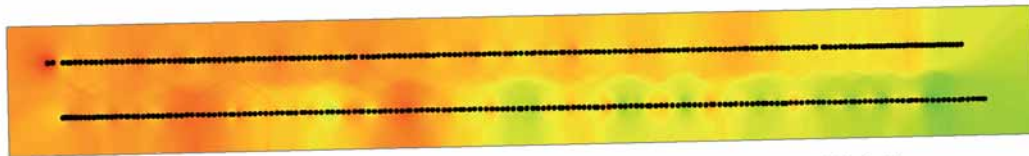
**26 juni**  
Value  
High : 29.164505  
Low : 16.303669



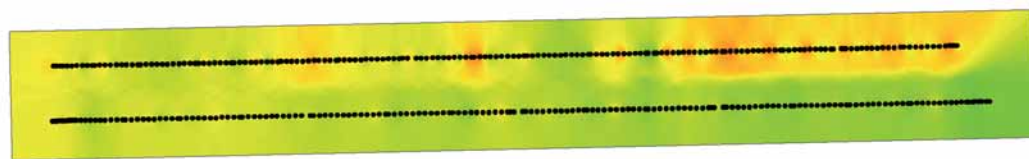
**9 juli**  
Value  
High : 12.405345  
Low : 10.801292



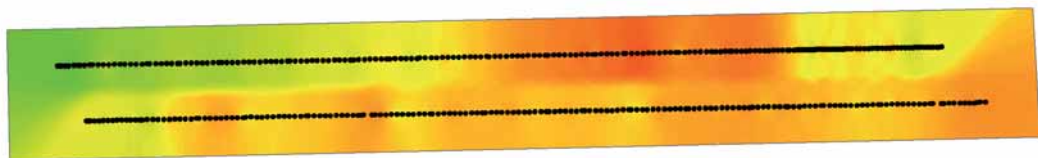
**16 juli**  
Value  
High : 11.299448  
Low : 9.800124



**24 juli**  
Value  
High : 11.879619  
Low : 11.690103

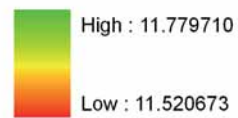


**30 juli**  
Value  
High : 9.629643  
Low : 9.390749



**5 augustus**

**Value**



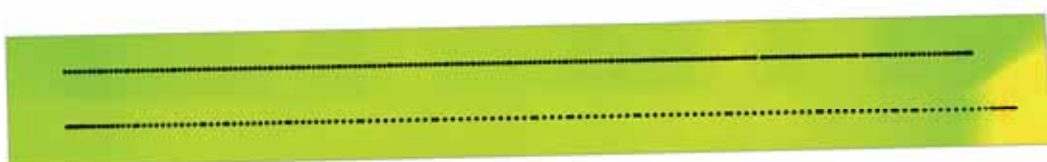


## Bijlage V.

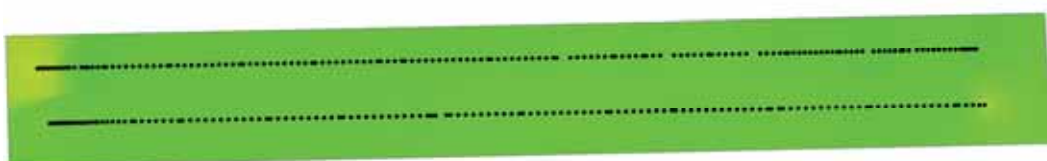
### Grafische weergave metingen Yara N-Sensor op verschillende data op perceel in Lelystad (gelijke legenda voor alle meetdata)



5 juni <sup>2)</sup>

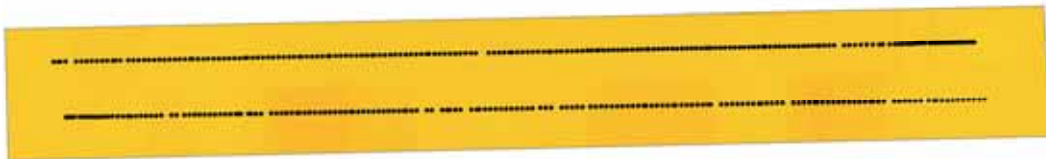


12 juni <sup>2)</sup>

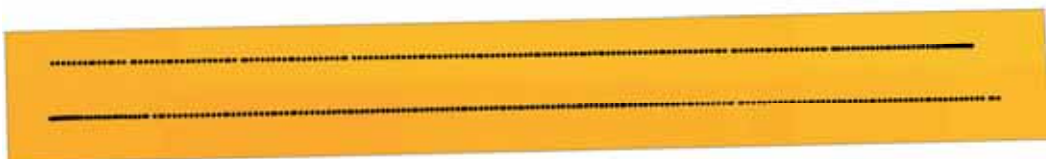


26 juni <sup>2)</sup>

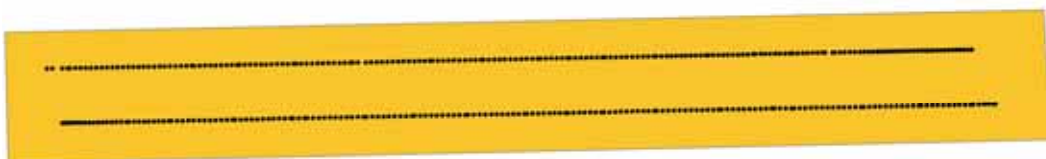
<sup>2)</sup> Voor legenda zie Bijlage V, pagina 3.



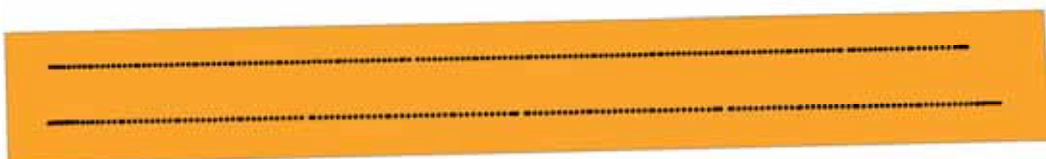
9 juli <sup>2)</sup>



16 juli <sup>2)</sup>

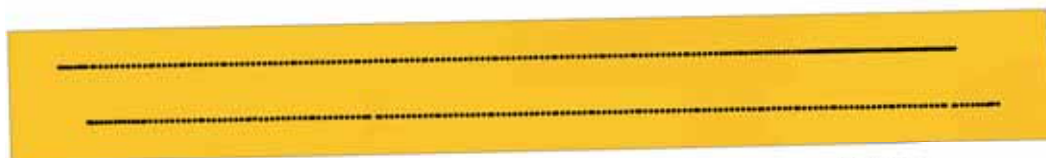


24 juli <sup>2)</sup>



30 juli <sup>2)</sup>

<sup>2)</sup> Voor legenda zie Bijlage V, pagina 3.



Legenda

5 augustus

Value



High : 30

Low : 0





## Bijlage VI.

# Grafische weergave metingen SensiSpray op 18 juni en 11 augustus op perceel in Lelystad

Metingen van 1 baan

