



Biomassa sensing met UAVs 2011

Eindrapport voor Van den Borne Aardappelen

December 2011

Eric van Valkengoed¹
Paul van der Voet¹

¹TerraSphere Imaging & GIS





Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
1. Inleiding.....	3
2. Resultaten.....	4
2.1. <i>Het interessegebied</i>	<i>4</i>
2.2. <i>Vlucht van 28 juni 2011.....</i>	<i>6</i>
2.3. <i>Vlucht van 7 juli 2011.....</i>	<i>7</i>
2.4. <i>Vlucht van 16 augustus 2011.....</i>	<i>7</i>
2.5. <i>Vlucht van 31 augustus 2011.....</i>	<i>9</i>
2.6. <i>Kleurcomposiet van het interessegebied</i>	<i>11</i>
2.7. <i>Toepassing in het loofdodingsproces.....</i>	<i>11</i>
3. Conclusies en aanbevelingen	13
3.1. <i>Conclusies na de opnamen in 2011.....</i>	<i>13</i>
3.2. <i>Aanbevelingen voor de toekomst</i>	<i>13</i>



1. Inleiding

TerraSphere levert sinds jaren biomassa-kaarten van individuele percelen aan diverse klanten door heel Nederland, en beschikt daarom inmiddels over een uitgebreid archief aan bewerkte satelliet beelden. Voor veel toepassingen in de Precisie Landbouw zijn opnamen in specifieke weken in met name juni cruciaal, maar de afgelopen jaren is gebleken dat deze door bewolking lang niet altijd geleverd kunnen worden.

Sinds 2009 is TerraSphere daarom een samenwerkingsverband aangegaan met Aurea Imaging BVBA (Zaventem, België) met als doel om in Nederland een aanvullende service op te zetten die op strategische momenten in het groeiseizoen geïnterpreteerde biomassa kaarten vanuit UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) kan leveren. Ondersteund door EU en ESA financiering zullen TerraSphere en Aurea Imaging de mogelijkheden van zo'n service in 2012 en 2013 gaan onderzoeken.

Van den Borne Aardappelen (VdBA) is een van de grootste akkerbouwbedrijven in de grensstreek van Nederland en België. VdBA wordt geleid door een van de meest actieve ondernemers bij het inzetten van Precisie Landbouw technieken ter bevordering van optimale opbrengst in combinatie met zo laag mogelijke milieubelasting (zie www.vandenborneaardappelen.com).

Vanaf voorjaar 2011 heeft VdBA in een aantal gesprekken met dr. L. Kooistra van WUR-GIRS en P. van der Voet van TerraSphere uitgesproken al tijdens het groeiseizoen van 2011 te willen onderzoeken of biomassa sensing met UAVs een meerwaarde kan opleveren ten opzichte van de huidige trekker en satelliet gebaseerde sensing activiteiten. De inzet is om eind 2011 een afgewogen beslissing te nemen over de investeringen voor een operationeel UAV bedrijfssysteem.

In deze context is dit project uitgevoerd in het groeiseizoen van 2011. De volgende activiteiten zijn voorgesteld en uitgevoerd:

Er zijn UAV vluchten uitgevoerd om multispectrale beelden op te nemen over akkers rondom de huiskavel van akkerbouwbedrijf VdBA. De UAV die is ingezet is een fixed wing UAV met een zeer licht gewicht, een lengte van 120 cm, een spanwijdte van 180 cm en de mogelijkheid om meetinstrumenten (1,5 kg) aan boord te transporteren. De UAV heeft een autopilot met GPS en IMU (de Inertial Movement Unit, die de bewegingen van het toestel registreert) om nauwkeurige voorgeprogrammeerde vluchtplannen te kunnen uitvoeren.

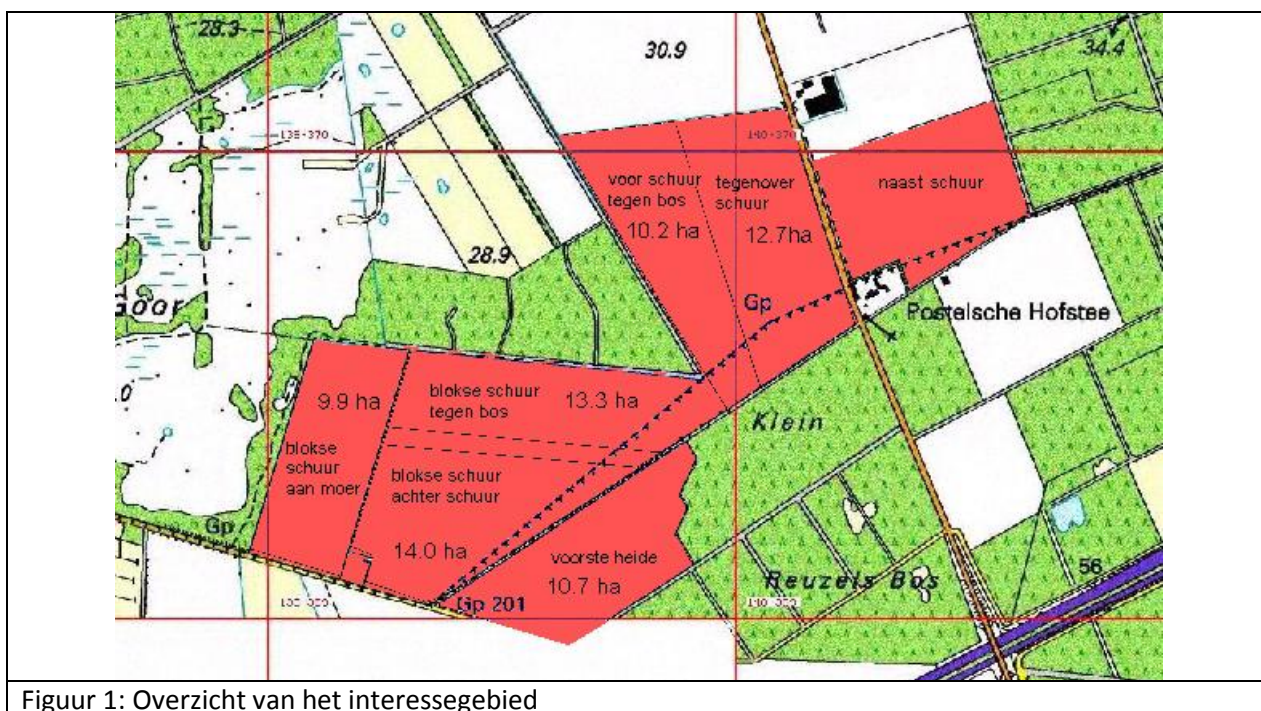
Het opstijgen en landen vond plaats in de 6 ha graszaad aan de oostkant in het veld "blokse schuur tegen bos". Op de oostgrens van dit veld zijn lokaties aanwezig die gebruikt werden om de UAV volledig binnen zicht-bereik (within line of sight – WLOS) te kunnen besturen.



2. Resultaten

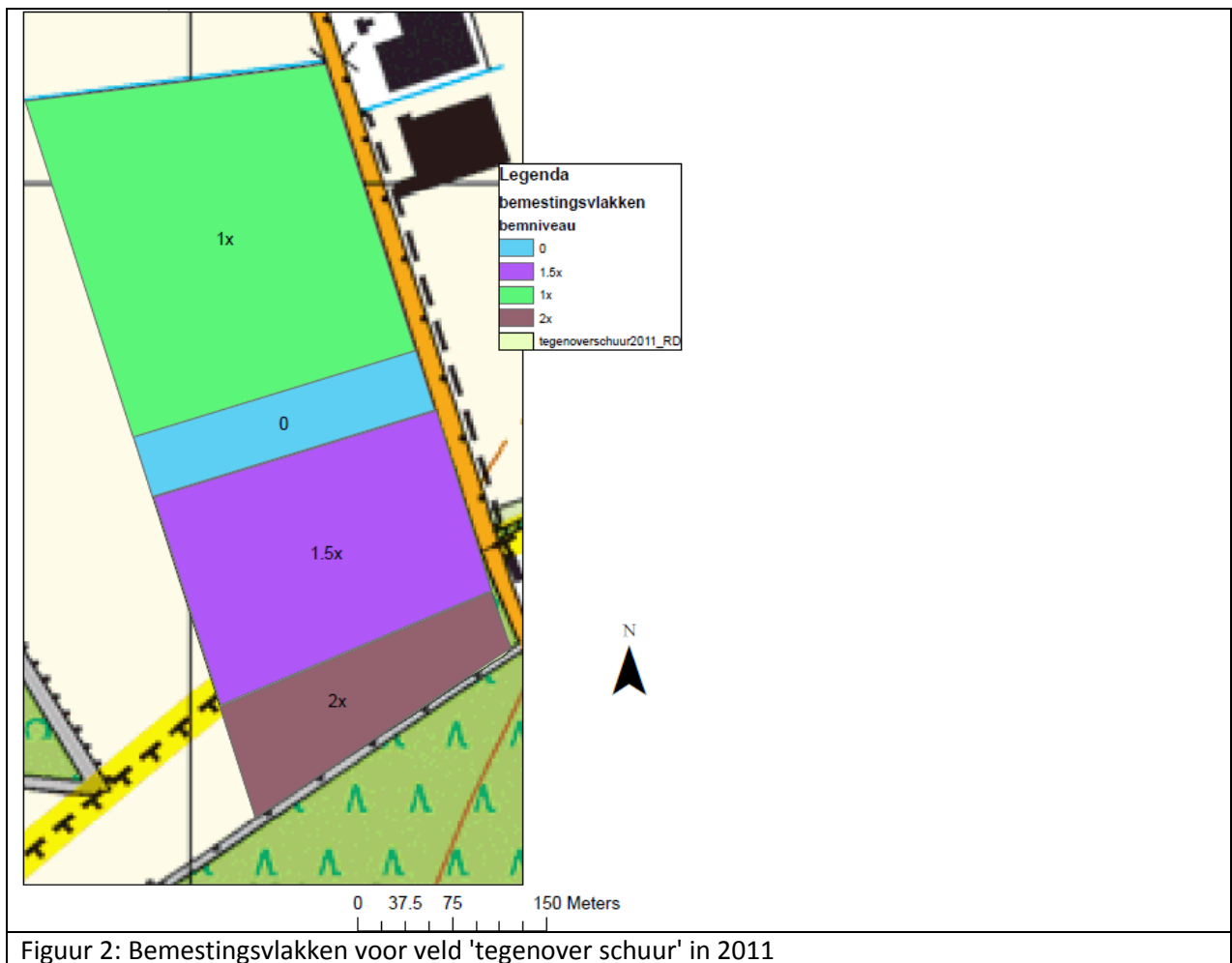
2.1. Het interessegebied

De verschillende percelen van het interessegebied zijn in Figuur 1 in rood aangegeven. Het gaat om een gebied van ongeveer 1 km² in de gemeente Reusel op de grens met België. Het gebied werd in 2011 onderverdeeld in zeven percelen.



Figuur 1: Overzicht van het interessegebied

In het veld 'tegenover schuur' zijn verschillende bemestingsvlakken ingericht, waar het effect van diverse variabele bemestingsmethodieken kon worden gemeten. Figuur 2 geeft een overzicht van deze bemestingsvlakken.



Figuur 2: Bemestingsvlakken voor veld 'tegenover schuur' in 2011

In de loop van de zomer van 2011 hebben Aurea Imaging en TerraSphere op vier dagen UAV opnames uitgevoerd. De volgende foto's illustreren de UAV campagne in de velden van VdBA in 2011: van links naar rechts de multispectrale camera in de UAV, het grondstation voor de planning en monitoring van de vlucht en een landing.



Figuur 3: UAV campagne van 2011 in de velden van VdBA



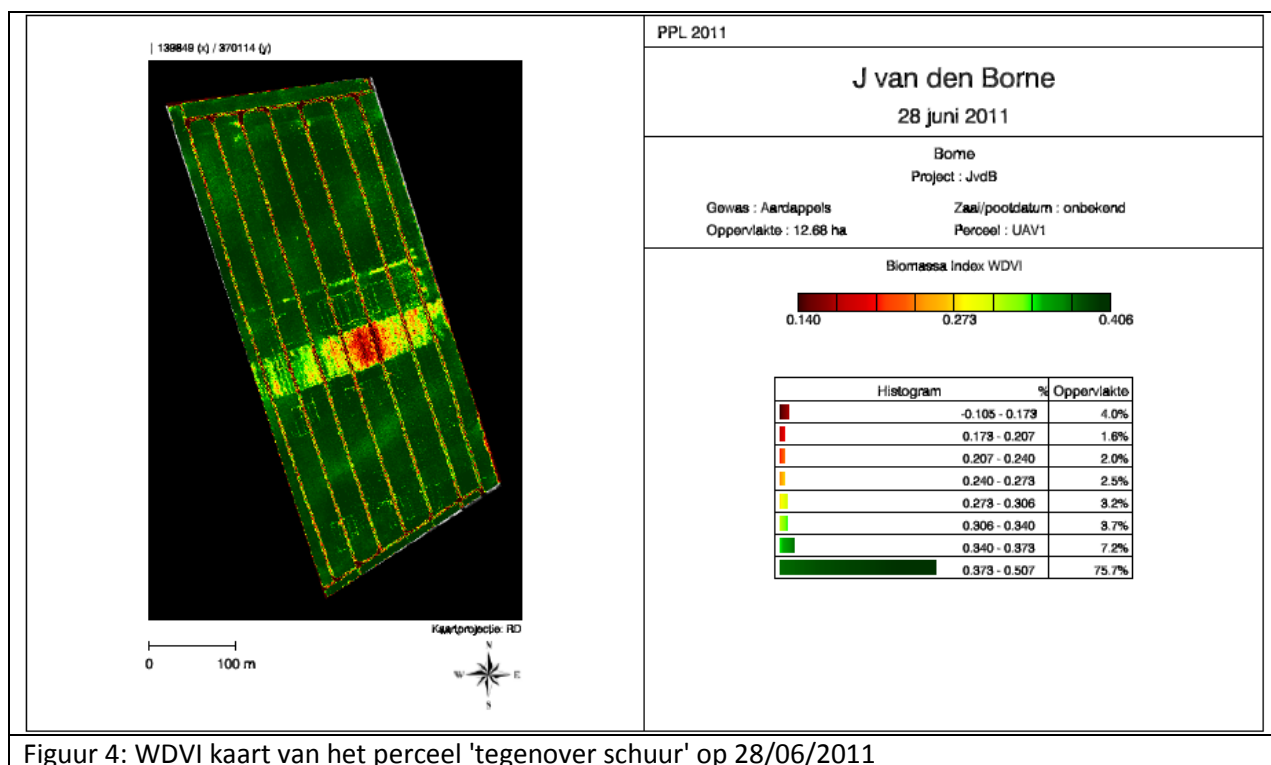
Tabel 1 geeft per perceel een overzicht van de UAV vluchten die in het groeiseizoen 2011 op vier dagen zijn uitgevoerd. De met een "x" gecodeerde UAV opgenomen beelden zijn door TerraSphere omgezet in een biomassa indicator die overeenkomt met de WdVI opnamen die van satelliet opnamen wordt afgeleid. Alle percelen werden op elk van de vier dagen vanuit de UAV gevolgd, maar om verschillende technische redenen konden er niet altijd consistente biomassa index kaarten afgeleid worden. De resultaten worden in de volgende paragrafen per dag in detail besproken.

Tabel 1: Overzicht van de succesvolle resultaten voor de UAV vluchten per perceel in 2011

	veld	gewas	28/06/11	07/07/11	16/08/11	31/08/11
	Tegenover schuur	aardappels	x		x	x
	Naast schuur	gras en mais			x	
	Voor schuur tegen bos	mais	x		x	x
	Blokse schuur tegen bos	gras en mais			x	x
	Blokse schuur achter schuur	aardappels			x	x
	Voorste heide	mais				
	Blokse schuur aan moer	aardappels			x	x

2.2. Vlucht van 28 juni 2011

Figuur 4 geeft het resultaat van een van de UAV opnames op 28/06/2011 weer.



Figuur 4: WDWI kaart van het perceel 'tegenover schuur' op 28/06/2011

Op het beeld is het bemestingsvlak 0x duidelijk te onderscheiden van de andere niveau's. De rijsporen zijn eveneens duidelijk zichtbaar op de beelden met een ruimtelijke resolutie van zo'n 15 cm. Een interessante waarneming is ook dat er weinig verschillende waarden werden geobserveerd tussen de bemestingsniveau's 1x en 1,5x.

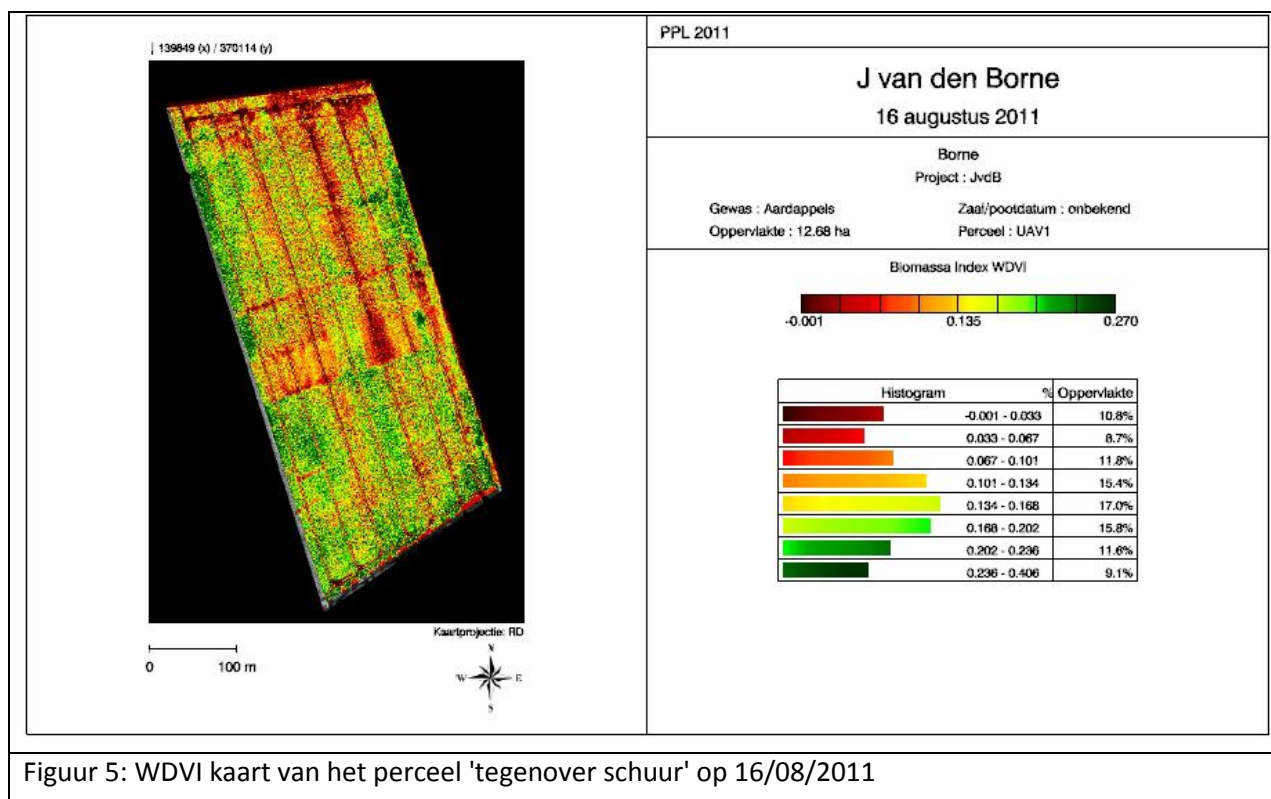
2.3. Vlucht van 7 juli 2011

Tijdens de vluchten van 7 juli was de openbare omroep VPRO aanwezig in het veld om de vluchten te filmen en interviews af te nemen. Robert Wiering (van o.a. de Beagle serie) nam de interviews af en de resultaten worden op 20 december 2011 verzonden tijdens het programma 'Nederland van boven' op de VPRO, en komen daarna beschikbaar via <http://nederlandvanboven.vpro.nl/>.

Technische problemen met de opslagmedia die gekoppeld waren aan de multispectrale camera hebben er helaas toe geleid dat er van die dag geen bruikbare kaarten af te leiden waren.

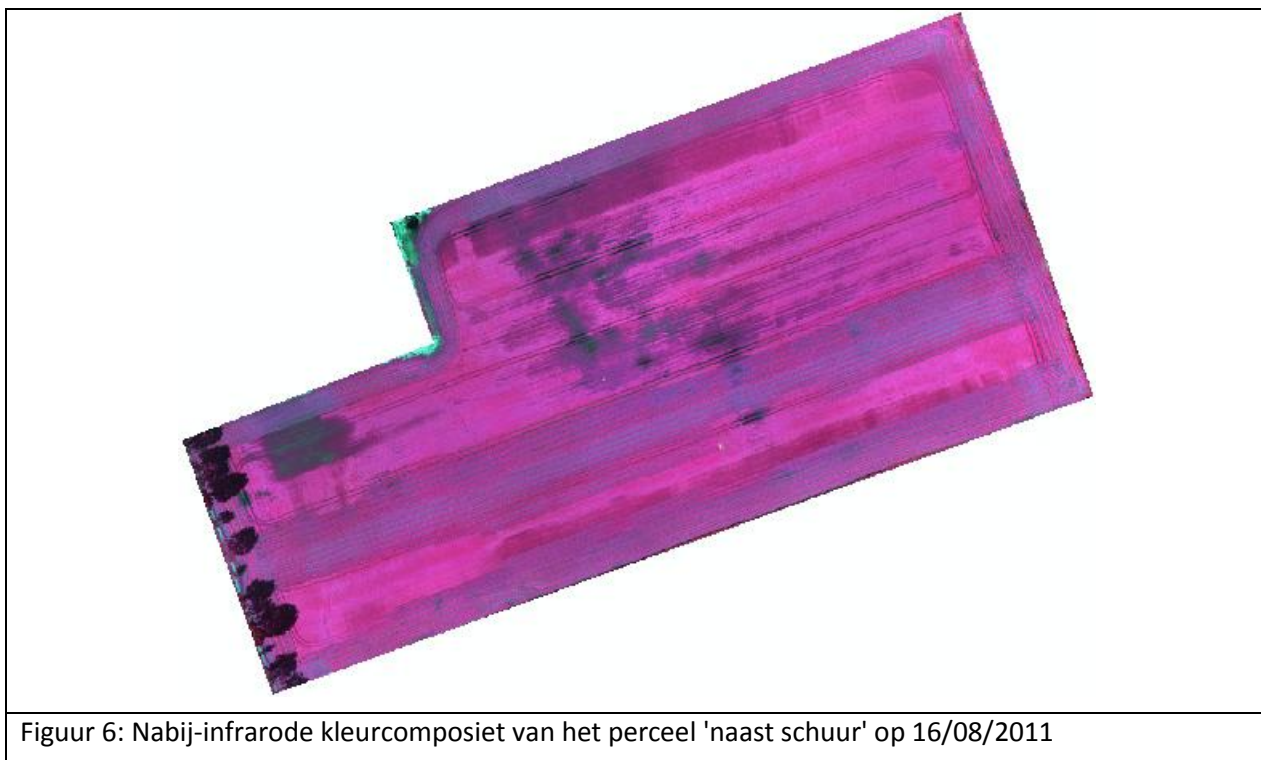
2.4. Vlucht van 16 augustus 2011

Figuur 5 geeft het resultaat van een van de UAV opnames op 16/08/2011 weer.



Figuur 5 toont voor de vlucht over perceel 'tegenover schuur' dat het aardappelgewas weer op zijn retour is. Bemestingsverschillen tussen de vlakken 1x, 1,5x en 2x zijn duidelijker zichtbaar dan op de beelden van 28 juni 2011. Het vlak waar niet bemest is, in het midden van het veld, is nog steeds goed te onderscheiden van de andere vlakken. In het noorden van het perceel zijn variaties zichtbaar die niet aan bemestingsverschillen te wijten zijn.

Op 16 augustus werd eveneens het perceel 'naast schuur' overvlogen met de multispectrale camera. Een overzicht van het perceel is gegeven in Figuur 6.

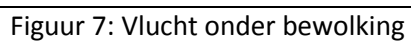
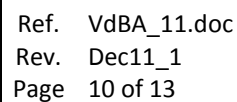


Figuur 6: Nabij-infrarode kleurcomposiet van het perceel 'naast schuur' op 16/08/2011

Het perceel geeft zeer duidelijk variaties aan in de vorm van donkere vlekken, die worden veroorzaakt door vochtverschillen. De variaties in de vorm van lineaire structuren in het veld zijn te wijten aan het feit dat het gras gemaaid werd tijdens de UAV opnames. Het gemaaid gras reflecteert duidelijk veel minder in het infra-rode op de kleurencomposiet. De rode kleur is toegekend aan de nabij-infrarode band, hetgeen erin resulteert dat een lichtpaarse kleur staat voor een hoge reflectantie in het nabij-infrarode spectrum, terwijl een donker-paars/blauw kleur een lage reflectantie aangeeft in het nabij-infrarode spectrum.

2.5. Vlucht van 31 augustus 2011

Tijdens de vlucht van 31 augustus was het geheel bewolkt, een situatie die zich in 2011 veel voor heeft gedaan: Een opname van satellietbeelden gedurende de zomer 2011 was vrijwel nooit mogelijk door de relatief hogere bewolking. Volgens meteorologische statistieken uit de regio (www.kmi.be) was de zonnenschijnduur zo'n 110 uren lager in de zomer 2011 dan gewoonlijk (465 uur in plaats van 578 uur), een ongewone situatie, maar wel een die elke zes jaar terugkomt. De garantie om beelden te kunnen opnemen wanneer ze gewenst zijn is een belangrijke troef van de UAV ten opzichte van andere aardobservatie platformen.



130849 (x) / 970114 (y)

Kaartprojectie: RD

0 100 m

PPL 2011

J van den Borne

31 augustus 2011

Borne

Project : JvdB

Gewas : Aardappels

Zaai/pootdatum : onbekend

Oppervlakte : 12.66 ha

Perceel : UAV1

Biomassa (index WDV)

-0.001 0.116 0.233

Histogram	% Oppervlakte
-0.001 - 0.028	10.9%
0.028 - 0.058	11.8%
0.058 - 0.087	16.4%
0.087 - 0.116	18.4%
0.116 - 0.145	16.3%
0.145 - 0.175	11.8%
0.175 - 0.204	7.3%
0.204 - 0.391	7.1%

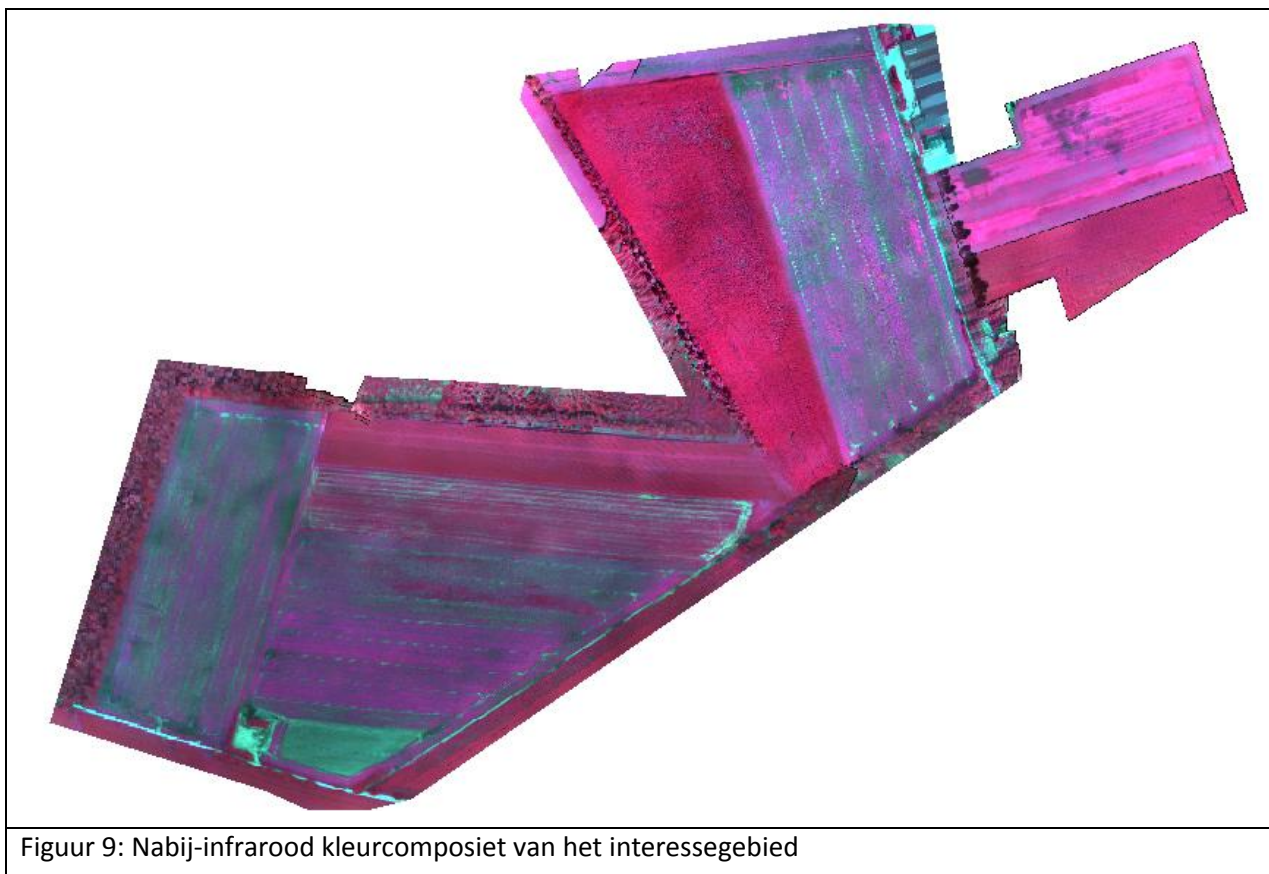
Figuur 8: WDWI kaart van het perceel 'tegenover schuur' op 31/08/2011



2.6. Kleurcomposiet van het interessegebied

Figuur 9 toont voor het gedefinieerde interessegebied (zie Figuur 1) een nabij-infrarood kleurcomposiet.

Om dit gebied te bedekken zijn 3 UAV vluchten uitgevlucht.



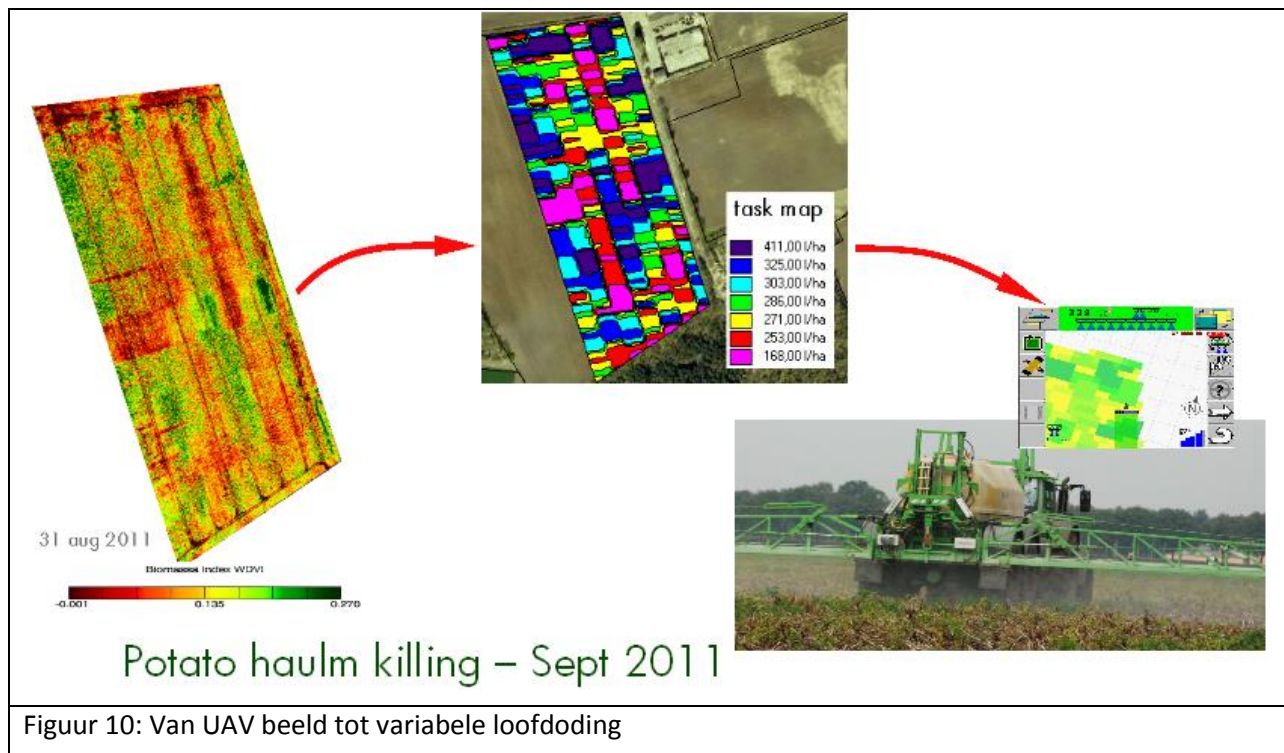
Figuur 9: Nabij-infrarood kleurcomposiet van het interessegebied

2.7. Toepassing in het loofdodingsproces

TerraSphere heeft in samenwerking met Plant Research International (PRI) rekenregels opgesteld om satelliet gebaseerde wdvi-waarden om te zetten naar doseringstaak-kaarten voor plaatsspecifieke aardappelloofdoding (Evert, F. van, et al, 2012. "Satellite-based, site-specific recommendation for herbicide application rate may reduce herbicide use for potato haulm killing". European Journal of Agronomy, in voorbereiding).

Ook op de UAV beelden kan de variatie in het wdvi waarden worden gebruikt om variabel in het veld te spuiten. De Wdvi vegetatie index die uit de spectrale UAV beelden zijn berekend, zijn gebruikt om een spuit-taakkaart aan te maken. Deze taakkaart is vervolgens in de boordcomputer van de trekker opgeladen, zodat deze de spuitkoppen kan aansturen en variabel laat spuiten naargelang de positie in het veld (opgemeten met GPS).

Dit proces van UAV beeld naar variabel spuiten wordt schematisch weergegeven in de volgende figuur.



Figuur 10: Van UAV beeld tot variabele loofdoding

Figuur 11 laat zien dat het loof een aantal dagen na het spuiten gedood is. De tijd die verstrijkt tussen spuiten en eindresultaat is een aantal dagen langer dan wanneer (de 'gebruikelijke') hogere doseringen worden toegediend, maar het resultaat is hetzelfde. Volgens VdBA is er een besparing van 90 % gerealiseerd op loofdodingsmiddel ten opzichte van de dosis die aanbevolen wordt door de bijsluiter van de fabrikant.



Figuur 11: Resultaat van de loofdoding op 16 september 2011



3. Conclusies en aanbevelingen

3.1. Conclusies na de opnamen in 2011

Samenvattend zijn de volgend algemene conclusies te trekken na de testen in 2011 :

1. Plaatsspecifieke aardappelloofdoding is haalbaar met multispectrale UAV beelden die worden omgezet naar biomassa index waarden. Volgens VdBA is er een besparing van 90 % gedaan op loofdodingsmiddel ten opzichte van de dosis die aanbevolen wordt door de bijsluiter van de fabrikant;
2. De temporele en ruimtelijke resolutie die met UAV technieken mogelijk is, is groter dan met betaalbare satelliet opname;
3. Het is mogelijk om met een UAV op bewolkte dagen over percelen te vliegen om spectrale metingen te doen. Daardoor is het mogelijk een gebruiksvriendelijk en betrouwbaar systeem te ontwikkelen.

3.2. Aanbevelingen voor de toekomst

Er kunnen verschillende strategieën gevolgd worden voor de aanpak van UAV opnames in de toekomst. De strategieën variëren naargelang de verdeling van de taken in het UAV opnameproces:

1. Aankoop van de dienst in zijn geheel. De vluchten en de verwerking van de beelden worden door Aurea Imaging en TerraSphere uitgevoerd.
2. Aankoop van een UAV en van een dienst voor de verwerking. VdBA koopt een UAV aan bij Aurea Imaging en TerraSphere en voert de vluchten uit. De verwerking van de beelden gebeurt door Aurea Imaging en TerraSphere.

Interesse periode

De interesse periode is afhankelijk van de toepassing. Het onbemand vliegtuig biedt een grote flexibiliteit voor de keuze van het moment waarop gevlogen wordt. Zoals eerder aangegeven is dit een van de belangrijke voordelen van de methode.

Rekening houdende met het klimaat in Nederland, is er 30% kans dat op een vooraf gekozen dag kan gevlogen worden. De kans loopt op tot 90% dat er gedurende een vooraf gekozen week gevlogen kan worden.

Om organisatorische redenen is het gewenst om aan het begin van het groeiseizoen een gedetailleerde kalender van de gewenste vliegdagen vast te leggen. Deze kalender kan gewijzigd worden gedurende het seizoen, als blijkt dat het groeiseizoen door het weer naar voor of achter verschuift.