



Sensingsystemen voor bodem en gewas ten behoefte van precisielandbouw

Overzicht van beschikbare producten

ir. Anita Kikkert

titel	Sensingsystemen voor bodem en gewas ten behoeve van precisielandbouw. Overzicht van beschikbare producten.
opdrachtgever	KodA drs. H. van Gurp p/a ZLTO Spoorlaan 350 5038 CC TILBURG
auteur	ir. Anita Kikkert
HLB-project	3286
HLB-rapport	655
afgedrukt op	20 februari 2009
kwaliteit rapportage paraaf	ing. Weijnand Saathof
gegevensverwerking paraaf	ing. Egbert Schepel

Op al onze dienstverlening zijn de algemene voorwaarden van HLB van toepassing. Een exemplaar wordt u op aanvraag kosteloos toegezonden.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	4
2.	Technieken voor plaats specifieke bepaling van de bemestingstoestand	5
3.	Sensing van de bodem.....	7
3.1.	Elektromagnetische inductie	7
3.2.	Bodemscans met behulp van natuurlijke gammastraling	11
4.	Sensing van het gewas	15
4.1.	Near sensing systemen	16
4.2.	Remote sensing	23
5.	Discussie.....	30
	Sensingsystemen: een overzicht	32
	Referenties	34

1. Inleiding

Vandaag de dag dient een akkerbouwer aan steeds strengere eisen op het terrein van mest- en middelengebruik en registratie te voldoen. Daarnaast eisen de consument, afnemers en overheid van de teler om te komen tot kwaliteitsverbetering en grotere verwerkingsefficiëntie van landbouwproducten. Precisielandbouw (PL) biedt hiertoe mogelijkheden.

Met de introductie van GPS-plaatsbepalingstechnieken en de snelle ontwikkelingen op het gebied van sensoren en bemonsteringstechnieken zijn de mogelijkheden van precisiebemesting sterk toegenomen. Gewasopbrengst en kwaliteit variëren vaak sterk op percelen met een grote variatie in bodemvruchtbaarheid en bodemvocht. Door precisiebemesting kunnen groeiomstandigheden optimaler en homogener worden waardoor ook de gewasopbrengst en kwaliteit optimaler en homogener zal zijn.

Vanwege de strengere wet- en regelgeving hebben ook de telers zelf met name de behoefte om de (stikstof)bemesting van gewassen beter te sturen. Hiervoor dient de mestgift nauwkeuriger afgestemd te worden op de behoefte.

Om de mestbehoefte plaats specifiek te meten/in kaart te brengen zijn door meerdere bedrijven diverse meetmethoden ontwikkeld gericht op precisiebemesting.

Nieuwe technieken om variatie te meten doen hiermee hun intrede en de boer kan in Nederland inmiddels kiezen uit tenminste acht leveranciers van perceelskaarten van de bodemvruchtbaarheidsituatie en adviezen op het gebied van precisiebemesting. Adviezen voor precisiebemesting komen in de plaats van conventionele methoden.

Om als teler gebruik te maken van deze nieuwe technieken zijn de volgende aspecten echter wel van belang:

- De kaarten van de bodemvruchtbaarheid en de variatie daarvan in een perceel moeten waarheidsgetrouw zijn.
- De gevonden variatie in de bodemvruchtbaarheid moet kunnen worden omgezet in een juist en toepasbaar advies.
- Het product moet tegen een acceptabele prijs geleverd kunnen worden.
- De akkerbouwer moet bereid zijn om te investeren in apparatuur om plaats specifieke toepassingen te kunnen verrichten of moet dit willen uitbesteden.
- De investeringskosten moeten zich kunnen terugverdienen via netto kostenbesparingen, hogere opbrengsten en/of een betere kwaliteit van het gewas.

Voor telers is vaak niet duidelijk welke waarde en betekenis deze toepassingen hebben voor de bedrijfsvoeringen.

Onduidelijk is op dit moment of de beschikbare systemen een beter beeld geven dan kaarten die worden gemaakt op basis van conventionele grondbemonstering en -analyse. Daarnaast is er nog geen duidelijk beeld van wat nu de voor- en nadelen zijn van de beschikbare systemen voor precisiebemesting.

Een overzicht van beschikbare systemen en diensten is daarom gewenst.

In voorliggend rapport wordt een inventarisatie gepresenteerd van de diverse systemen die de bodemvruchtbaarheid of gewastoestand plaats specifiek in kaart brengen. Daarna worden de beschikbare systemen vergeleken en zal een overzicht worden gegeven van enkele kenmerken van de diverse systemen. Beoordeling van de praktische bruikbaarheid, de kosten, de wetenschappelijke basis en nauwkeurigheid van de systemen komen eveneens aan bod. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van KodA.

Onderzoeksmethode

Via literatuurstudie is inzicht verkregen in de technische achtergronden van de diverse sensing producten. Ook zijn een aantal van belang zijnde websites bestudeerd en zijn de leveranciers van de diverse sensingproducten bezocht en geïnterviewd.

2. Technieken voor plaatsspecifieke bepaling van de bemestingstoestand

Binnen een perceel kunnen er veel verschillen zijn in grondsoort, bodemvruchtbaarheid, waterhuishouding, en schade door ziekten en plagen. Dit heeft tot gevolg dat de groeiomstandigheden van een gewas en de daaruit voortvloeiende opbrengst van een gewas binnen een perceel sterk kan verschillen.

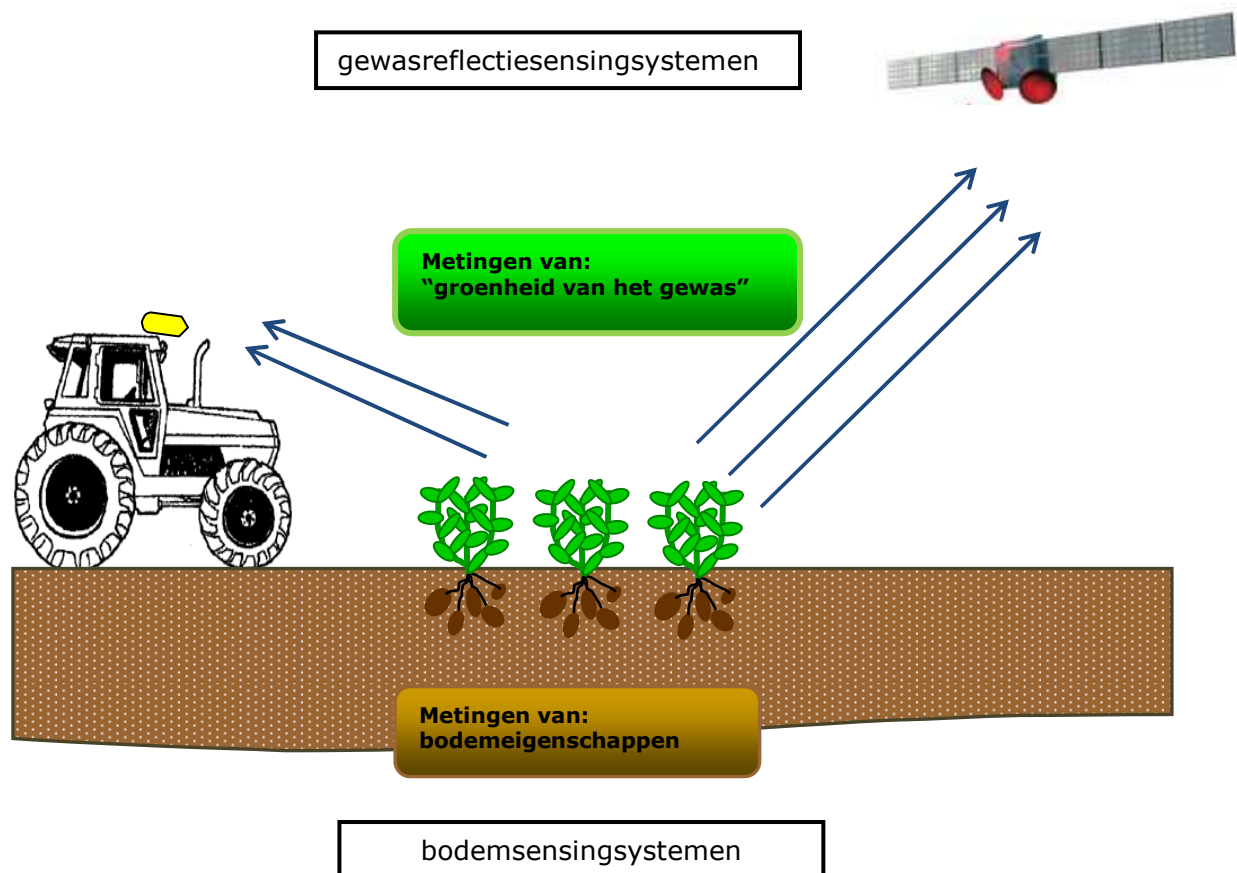
In de praktijk wordt een perceel echter als een uniforme eenheid behandeld.

Bij 'conventionele' bemestingsstrategieën wordt bij het bepalen van een bemestingsdoseringsring vaak uitgegaan van een gemiddelde behoefte van een perceel.

In dit geval betekent dit dat sommige delen worden overbemest, en andere delen te weinig krijgen. De benutting van de meststoffen is niet optimaal en op de overbemeste delen treden stikstofverliezen op die voorkomen kunnen worden. Plaatspecifieke bemesting daarentegen is het afstemmen van de toediening van meststoffen aan de *locale verschillen* binnen een perceel.

Nieuwe sensingtechnologieën maken het mogelijk om deze ruimtelijke variabiliteit in kaart te brengen. Door deze gegevens over meerdere jaren te verzamelen krijgt men steeds meer inzicht in welke variatie er is op een perceel en waar dit mogelijk door wordt veroorzaakt.

Grofweg kunnen er twee benaderingen worden onderscheiden voor het bepalen van de ruimtelijke variatie. Enerzijds zijn er sensing methoden die bodemeigenschappen plaats-specifiek in kaart brengen, anderzijds zijn er technieken die indirect de bemestingsbehoefte van het gewas bepalen door de variatie in gewasontwikkeling gedurende het seizoen in de gaten houden. In onderstaande afbeelding zijn de twee benaderingsmethoden weergegeven.



Figuur 1: twee benaderingen voor het meten van ruimtelijke variatie.

De volgende paragrafen geven een uitleg van de verschillende sensingsystemen die een hulpmiddel kunnen zijn voor precisiebemesting. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in precisielandbouwtechnieken die metingen verrichten aan de bodem en metingen aan het gewas.

3. Sensing van de bodem

In Nederland zijn twee niet destructieve methoden (methoden waarbij de bodem niet wordt verstoord) voor het bepalen van bodemeigenschappen met GPS commercieel beschikbaar.

Dit zijn:

1. Bodemprofielbepaling m.b.v. elektromagnetische inductie
2. Bodemkenmerkenbepaling door meting van de natuurlijke gammastraling.

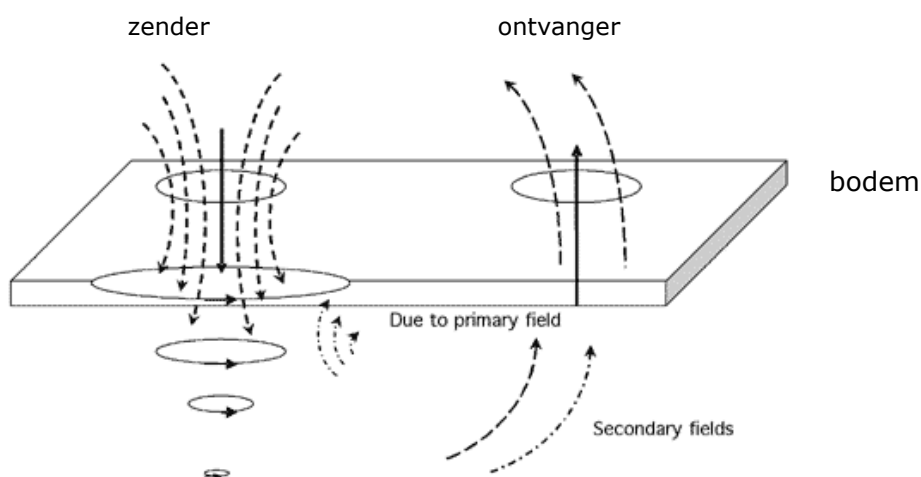
De werkingsprincipes van deze twee sensingsystemen worden in dit hoofdstuk beschreven. Vervolgens wordt ingegaan op de toepassing van deze technieken in de precisielandbouw en wordt het aanbod van deze producten besproken.

3.1. Elektromagnetische inductie

Werkingsprincipe

Bodemkartering heeft tot doel de grenzen aan te geven tussen gebieden die van elkaar verschillen in bodemkundige eigenschappen. Het in kaart brengen van de bodem gebeurt traditioneel met behulp van een grondboor. Daarmee worden boringen verricht tot 120 cm beneden maaiveld. Deze methode is echter zeer arbeidsintensief en daarmee dus ook zeer kostbaar. Een uit de geofysica bekende methode om overgangen in de bodem op te sporen is het meten van het elektrisch geleidingsvermogen. Bodems hebben namelijk de eigenschap dat ze een bepaalde mate van elektrische geleidbaarheid bezitten. Doordat het mogelijk is om de mate van elektrische geleidbaarheid te meten kan er dus iets gezegd worden over de bodemeigenschappen.

Het apparaat dat deze geleidbaarheid kan meten bestaat uit een zender en een ontvanger (twee spoelen) die op een horizontale afstand van ongeveer 1 meter geplaatst zijn. De zendspoel wordt voorzien van een wisselende stroomsterkte, waardoor in een de tijd magnetisch veld in de grond ontstaat. Dit magnetisch veld veroorzaakt een stroom in de aarde en die wekt een tweede magnetisch veld op dat met de ontvanger gemeten wordt (figuur 2).



Figuur 2: werkingsprincipe van het meten van elektrische geleidbaarheid.

De verhouding van het primaire en secundaire magnetische veld is proportioneel met de geleidbaarheid van de grond (McNeill, 1980).

De variatie in deze elektrische geleidbaarheid wordt beïnvloed door diverse bodemeigenschappen.

Dit zijn:

- Vochtgehalte: een hoger vochtgehalte resulteert in een hogere geleidbaarheid,
- Porositeit: de vorm en grootte van de poriën tussen de bodemdeeltjes beïnvloeden de mate van elektrische geleidbaarheid,
- Zoutgehalte: de concentratie van opgeloste zouten in de bodem(oplossing),
- Temperatuur: de temperatuur beïnvloedt de fasetoestand van water (gas, water, ijs) en daarmee dus indirect de geleidbaarheid. (De geleidbaarheid neemt proportioneel circa 2% toe voor iedere graden stijging in bodemtemperatuur),
- De aanwezigheid van kleideeltjes: klei bestaat uit materiaal met een zeer geringe korrelgrootte die positief geladen ionen aantrekt. In de aanwezigheid van water kunnen deze positieve ionen in het water oplossen en de elektrische geleidbaarheid beïnvloeden.

Als er op een bodem dus verschillende waarden worden gemeten zegt dat dus dat er variatie is in structuur van boven- en/of ondergrond, textuur, profielopbouw en/of vochtigheid van de bodem. Omdat de reden voor variatie van het signaal niet eenduidig is, is voor het interpreteren van de gemeten verschillen vervolgens aanvullend informatie nodig uit bijvoorbeeld bodemprofielboringen.

Elektromagnetische inductie voor precisielandbouw

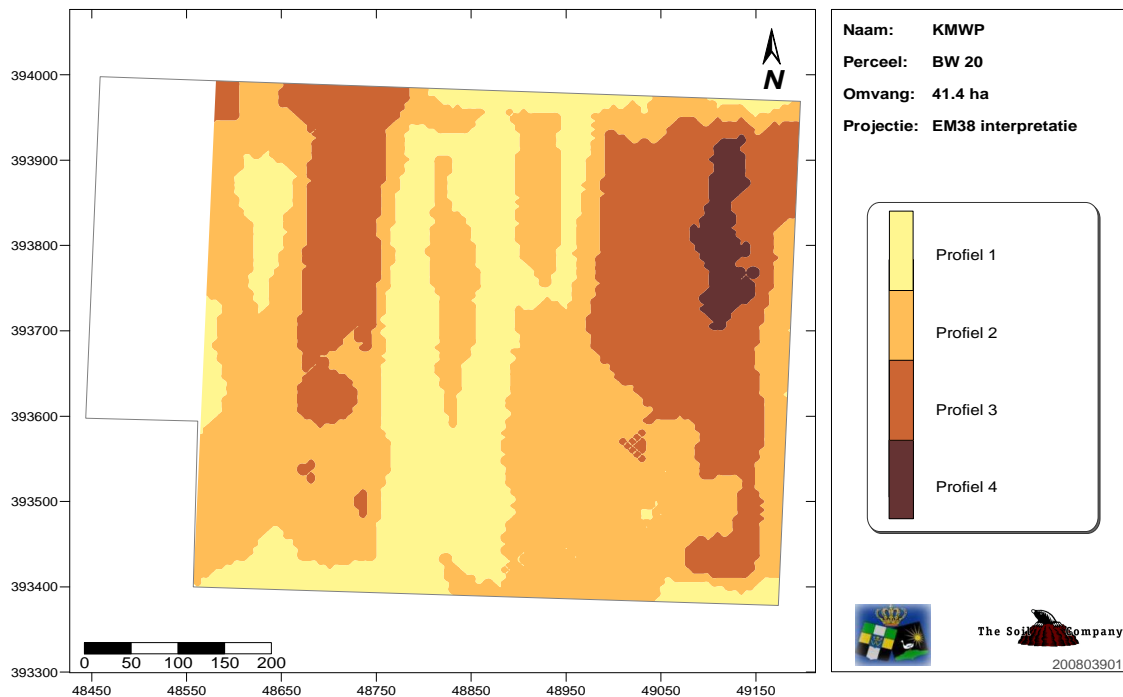
In Nederland is op dit moment één bedrijf (The Soil Company) dat elektromagnetische inductie toepast voor metingen op landbouwkundige percelen en op basis daarvan bodemprofielkaarten levert. Zij gebruiken hiervoor de zogenaamde "GEONICS-EM38 non-contacting terrain conductivity meter", kortweg EM-38. De sensor van de EM38 is gevoelig voor klei-, zout- en vochtgehalte in de bodem. Per hectare worden ongeveer 600 metingen gedaan. Het scannen gebeurt verticaal op een diepte van 0-150 cm.



Figuur 3: meten met de EM38 (bron: The Soil Company)

Doordat er tevens een GPS aan gekoppeld is kunnen deze metingen worden gepresenteerd op een kaart. Deze kaarten geven de verschillen in geleidbaarheid weer over het

gehele perceel. Deze verschillen kunnen worden veroorzaakt door structuur van boven- en/of ondergrond, textuur, profielopbouw en vochtigheid van de bodem. Van de plekken met de hoogste, gemiddelde en de laagste waarden maakt The Soil Company handmatig een bodemprofiel met behulp van een grondboor. De data hieruit wordt vertaald naar de andere gemeten waarden, zo ontstaat een profielkaart van het hele perceel (zie figuur 4). Naast een kaart met de ligging van de diverse profielen geeft TSC een beschrijving van de gevonden bodemprofielen ondersteunt met een foto (figuur 5).



Figuur 4: voorbeeld van een profielkaart geleverd door TSC.



VERKLARING EM38 INTERPRETATIEKAART

- Profiel 1
- 0 – 30 cm Bovengrond van zware tot lichte zavel. Door het hele profiel heen zijn schelpen te zien.
- 30 - 45 cm Overgangslaag van boven naar ondergrond. In textuur lopend van lichte zavel naar lemig zand.
- 45 – 55 cm Lemig, fijn zand.
- 55 – Ondergrond van lemig zan/zandige leem. Op het oostelijke gedeelte van het perceel komt een fijn-zandlaag voor tussen 60 en 70 cm.



Foto van bodemprofiel 1. Rechtsboven tot linksboven is 0 – 60 cm. Rechtsonder tot linksonder is 60 – 120 cm.

Figuur 5: uitleg van een bodemprofiel zoals TSC deze aanlevert.

De kaarten bieden de teler informatie over de variatie en ligging van de bodemopbouw van zijn perceel. De informatie kan bijvoorbeeld gebruikt worden ter lokalisering van te nemen monsters voor bepaling van de bodemvruchtbaarheid. Daarnaast kan de informatie hulp bieden bij het verklaren van plaats specifieke verschillen in opbrengst en als ondersteuning voor diverse bodemmanagement-strategieën. Mogelijk zijn er bijvoorbeeld onder de bouwvoor verdichte lagen of scherpe overgangen in de textuur van de grond waardoor de beworteling van het gewas verhinderd wordt.

De betrouwbaarheid van de metingen

De EM38 methode wordt in vele landen toegepast voor precisielandbouw doeleinden. De methode is over het algemeen betrouwbaar wel dient er rekening gehouden te worden met het volgende:

De sterkte van het signaal neemt af bij grotere diepte. Dit betekent dat voor de verkregen informatie de betrouwbaarheid afneemt met de diepte. Daarnaast is het van groot belang dat de bepaling van de bodemprofielen zo kort mogelijk verricht wordt na het meten van de geleidbaarheid.

Kosten

Voor het laten verrichten van de EM-metingen, het bepalen van de bodemprofielen, de oplevering op kaarten en beschrijving van de aangetroffen bodemprofielen wordt 95 euro per hectare in rekening gebracht.

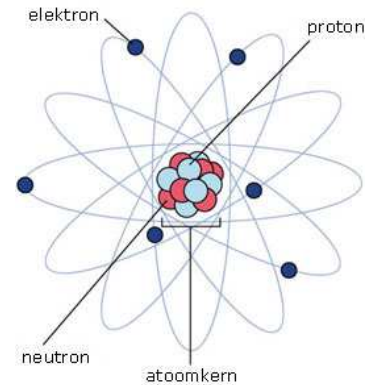
Aantal gebruikers

The Soil Company levert sinds begin 2007 EM-38 kaarten. Tot nu zijn circa 30 percelen gescand. Hiervan is 80% van de percelen gescand ten behoeve van onderzoeksdoeleinden in projecten.

3.2. Bodemscans met behulp van natuurlijke gammastraling

Werkingsprincipe

Radioactiviteit is een natuurkundig fenomeen. Bepaalde atoomsoorten (radioactieve elementen) zijn instabiel en veranderen spontaan in een andere atoomsoort. Hierbij verandert het atoom van samenstelling; met name in de aantallen protonen en/of neutronen. Dit noemt men radioactief verval. Bij dit proces zenden ze straling uit. Alle mineralen in de bodem bevatten kleine hoeveelheden radioactieve elementen. Als ze vervallen tot elementen met een stabiele kern, zenden ze straling uit in de vorm van gammastralen. Deze natuurlijke radioactieve straling wordt veroorzaakt door de elementen Kalium (^{40}K), Uranium (^{238}U) en Thorium (^{232}Th). De radioactieve straling van deze stoffen kan worden gemeten. De hoeveelheid en soort straling varieert voor verschillende bodemdeeltjes (bijv. zand, klei, lutum etc.).



Figuur 6: opbouw van een element

Het is al zeer lang bekend dat gammastraling informatie bevat omtrent de minerale samenstelling van de bodem (Cook et al., 1996). Reeds in de jaren dertig werden gamma-detectors gemaakt om uranium op te sporen (de Meijer, 1998). De afgelopen decennia is de wetenschappelijke kennis op dit gebied zover ontwikkeld dat men in staat is om de minerale samenstelling van de bodem kwalitatief te meten. Van zowel fysische bodemeigenschappen (textuur, korrelgrootte etc.) als chemische bodemeigenschappen is aangetoond dat deze sterk gecorreleerd zijn met ^{40}K , ^{238}U en ^{232}Th concentraties (de Meijer 1998, van der Graaf et al., 2007). Een bepaald bodemtype toont dus een karakteristieke vingerafdruk (een bepaalde concentratie van ^{40}K , ^{238}U en ^{232}Th). Een hoge gammastraling wijst bijvoorbeeld op kaliumhoudende kleimineralen, een lage gammastraling op zand.

In combinatie met GPS en GIS-technologie is het zelfs mogelijk geworden om diverse bodemeigenschappen ruimtelijk in kaart te brengen. Vandaag de dag vinden er meerdere toepassingen plaats. Binnen het werkveld van bijvoorbeeld de fysische geografie wordt het onder andere toegepast voor het ruimtelijk in kaart brengen van onderwaterbodemsedimenten, mineraalopsporing, en wordt het gebruikt voor integraal waterbeheer. De opnames worden gemaakt vanuit de lucht (helikopter), met een boot of op een voertuig op het land.

Aanbod voor toepassing in precisielandbouw

In samenwerking met de Rijksuniversiteit Groningen en het bedrijf Medusa Explorations BV, heeft The Soil Company een bodemsensorsysteem genaamd 'De Mol' voor de bovengrond (0-30 cm) ontwikkeld. Dit detectiesysteem is in staat om diverse bodemkarakteristieken en eigenschappen op bijvoorbeeld landbouwpercelen relatief snel en goedkoop in kaart te brengen. Deze kaarten worden gebruikt in de precisielandbouw, maar ook voor natuurgebieden, sportvelden en golfbanen.



Figuur 7: scannen vanaf een trekker
(bron: The Soil Company)

Hiertoe wordt met behulp van een scanner de natuurlijke gammastraling gemeten van de bodem. Een GPS ontvanger registreert de positie van de metingen. Voor het registreren van deze straling wordt een sensor gebruikt die gekoppeld is aan een trekker (figuur 7). Deze sensor registreert de gammastraling van de bovenste 30 cm van de bodem.



Figuur 8: sensorsysteem
(bron: The Soil Company)

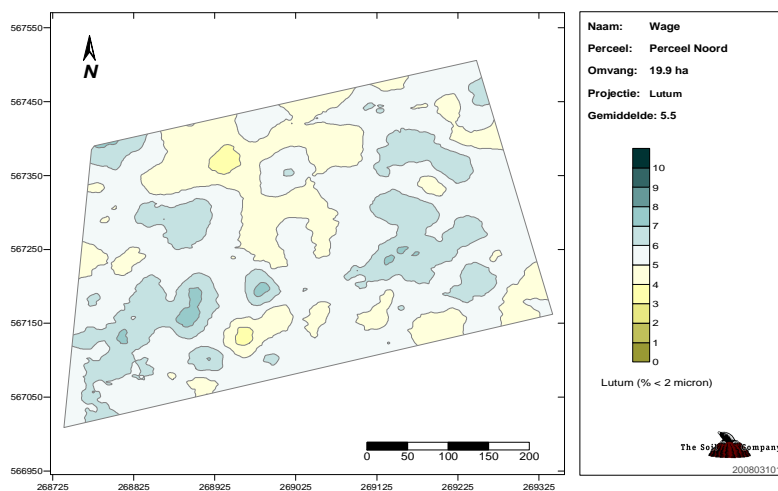
De sensor bestaat uit een 70 x 150 mm CSI kristal gekoppeld aan een 512 kanalen MCA systeem (figuur 8). De sensor registreert elke seconde de aanwezige gammastraling. De trekker rijdt circa 5-6 km/uur wat betekent dat om de circa iedere 1,5 meter een 'opname' wordt gemaakt van de gammastraling.

De gemeten gammastraling wordt uitgesplitst naar de concentraties van de elementen ^{40}K , ^{238}U en ^{232}Th en ^{137}Cs . Om de gammastraling te kunnen vertalen naar bodemeigenschappen worden bodemmonsters genomen op die locaties die de ruimtelijke variatie het beste weergeven. De steekdiepte is 25-30 cm. Op de plekken waar de grondmonsters worden gestoken wordt het gammaspectrum voor circa 5 minuten gemeten. De waarden van de gammastraling en de resultaten van de bodemmonsters worden aan elkaar gerelateerd met behulp van regressie-analyse. De monsternamen gebeuren op dezelfde dag als de meting van de gammastraling. De meetpunten worden geïnterpoleerd met behulp van de Inverse-Distance-Weighing methode. De resultaten van de interpolatie en de regressieanalyse vormen de bodemkaarten.

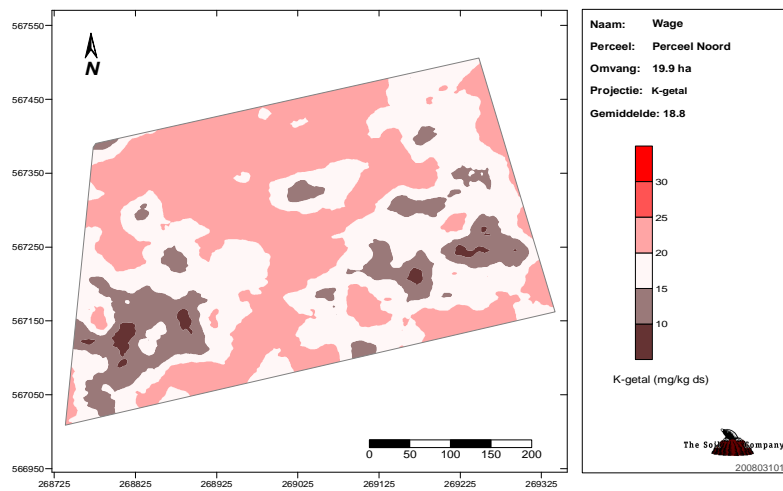
The Soil-Company levert bodemkaarten van:

1. Textuur (lutumgehalte, zandfractie, korrelgrootte (M50-cijfer)
2. Voedingsstoffen (Magnesium, PW-gehalte, K-getal)
3. Fysische eigenschappen: organische stofgehalte en pH, en CaCO_3
4. Bulkdichtheid, uitspoelingsgevoeligheid, waterretentie en hoogte/ligging
5. Risicokaarten voor: Trichodoriden en slempgevoeligheid

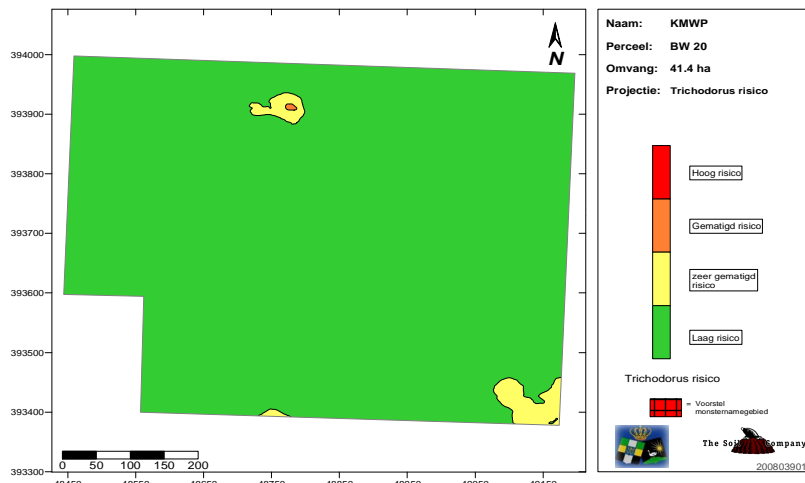
Onderstaande figuren 9-11 tonen een aantal voorbeelden van kaarten die TSC oplevert. De legenda geeft aan wat de waarden zijn van de diverse kleuren. De diverse kleuren geven de klassen aan. Deze klasse-grootte staat gelijk aan de statistische variatie.



Figuur 9: lutumgehalte



Figuur 10: K-getal



Figuur 11: Trichodoriden risico

Onderstaande tabel toont een aantal precisielandbouwtoepassingen van de bodemkaarten geproduceerd door The Soil Company.

Toepassing	Gebruikte kaarten
Variabele pootafstand	Kleigehalte/waterretentie
Variabele bemesting	Nutriëntien kaarten, klei gehalte
Variabele composttoediening	Organische stofkaart
Variabele kalktoediening	pH en organische stofkaart

De betrouwbaarheid van de metingen

De nauwkeurigheid van de metingen is afhankelijk onder andere de volgende factoren:

- soort en grootte van het kristal dat de gammastraling meet,
- de tijdsduur van een meting op een bepaald punt,
- het aantal bodemonsters dat wordt genomen ter referentie,
- de correlatie tussen meting en afgeleide waarde.

Voor een optimale prijs/kwaliteitsverhouding van het product heeft The Soil Company een afweging gemaakt van de te gebruiken sensor, het aantal te nemen referentiebodemonsters en de rijsnelheid (tijdsduur van de meting). The Soil Company neemt voor percelen tot 5 ha drie bodemonsters voor de kalibratie. Op een perceel van 20 ha worden 8 kalibratiemonsters gestoken.

De ervaringen met de mogelijkheden en de kwaliteit van de kaarten zijn wisselend. Over de betrouwbaarheid van de toegepaste rekenregels voor het omzetten van de metingen naar de een bodemvariabele is nog onvoldoende bekend.

Projecten:

Inmiddels zijn er reeds meerdere praktijkprojecten geweest waarin 'De Mol' sensor is toegepast; voor onder andere het variabel poten van aardappelen en voor variabele bemesting. Een vereiste is dat er een duidelijke relatie bestaat tussen de gemeten bodemeigenschappen en dosering. Deze is in veel gevallen nog onvoldoende bekend.

Kosten

De kosten zijn afhankelijk van het gewenste aantal/soort kaarten en varieert tussen de 62,50 en 110 euro per ha. Voor de noordelijke provincies (Friesland, Groningen, Drenthe) is de minimale afname 5 ha. Voor de overige provincies is dit 20 ha.

Aantal gebruikers

Circa 1000 ha/jaar wordt er gescand, verdeeld over circa 100 agrarische gebruikers. Ongeveer een derde van de gebruikers is via projecten. Tweederde van de gebruikers is vanuit eigen initiatief.

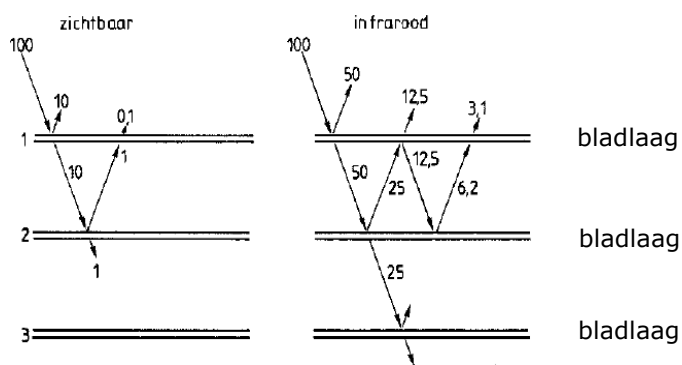
4. Sensing van het gewas

Gedurende het groeiseizoen zijn er verschillende methoden om plaats specifiek een beeld te krijgen van de gewasontwikkeling binnen een perceel. De diverse methoden maken alle gebruik van metingen van de gewasreflectie en een daaruit berekende vegetatie-index. Sensing van het gewas berust op het principe dat variatie in de vegetatie-index een afspiegeling is van de variatie in gewasvitaliteit.

De volgende paragraaf geeft een uitleg over het principe van de vegetatie-index.

De vegetatie-index

Als zonlicht op het bladoppervlak van een gewas valt, zal een deel ervan worden geabsorbeerd door de plant (het chlorofyl) voor fotosynthese. Het geabsorbeerde gedeelte bevindt zich met name in het zichtbare licht spectrum (VIS spectrum). Ongeveer 80% wordt geabsorbeerd, de rest wordt gereflecteerd (10%) en door het blad heen getransmitteerd (10%). Rood en blauw licht worden meer geabsorbeerd dan groen licht. Dit is de reden dat een plant groen is. Het nabij Infra-Rood (NIR) licht wordt voor ongeveer de helft gereflecteerd en door de andere helft door de bladlaag heen getransmitteerd. Er vindt vrijwel geen absorptie plaats van NIR. Volgens het reflectiemodel zoals afgebeeld in figuur 12 reflecteert de eerste bladlaag 50%, de tweede 12,5% en de derde 3%. Meer dan drie bladlagen geeft geen bijdrage aan de reflectie van NIR (Buiten en Clevers, 1990).



Figuur 12: schematische weergave van reflectie en transmissie van het zichtbare en nabij-infrarode licht door drie bladlagen.

Omdat vegetatie veel reflecteert in het infrarode licht en weinig in het rode licht kan een index berekend worden waaruit de dichtheid van het vegetatiedek kan worden afgeleid. Wanneer de oppervlakte volledig door vegetatie is bedekt komt er geen rood licht meer door het vegetatiedek. Indien de vegetatie eerder schraal is dan reflecteert de bodem veel rood licht.

Door de verhouding van de gereflecteerde hoeveelheid VIS en NIR te berekenen kan er een indicatie gegeven worden over de 'groenheid' van een gewas/vegetatie. De meest gebruikte index is de Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (o.a. Buiten & Clevers 1989). De index wordt bepaald door het rode licht van het infrarode af te trekken en te delen door de som van het rode en het infrarode licht.

De formule is als volgt:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Refl.}_{\text{NIR}} - \text{Refl.}_{\text{VIS}}}{\text{Refl.}_{\text{NIR}} + \text{Refl.}_{\text{VIS}}}$$

De waarde ligt altijd tussen 0 en 1. Bij een waarde van 0 is er geen vegetatie aanwezig, bij een waarde van 1 is het hele oppervlak met vegetatie bedekt. De NDVI is a.h.w. daarmee een indicatie voor de hoeveelheid biomassa. Het gebruik van de NDVI is een wetenschappelijke toepassing die vaak gebruikt wordt om de vegetatie van een bepaald gebied te bestuderen. In het verleden is al veel onderzoek verricht naar de relatie tussen biomassa en vegetatie indices (Asrar 1989; Clevers, 1989; Rondeaux, 1995).

Er zijn diverse producten op de markt die de ruimtelijke variabiliteit van de gewasontwikkeling binnen een perceel in kaart kunnen brengen. De diverse methoden maken alle gebruik van metingen van de gewasreflectie en een daaruit berekende vegetatie-index. Er wordt vanuit gegaan dat de 'groenheid' van het gewas (berekende NDVI-waarde) iets vertelt over hoe je gewas er bij staat.

Hierbij zijn twee vormen van gewassensing te onderscheiden:

1. de zogenaamde 'near sensing' systemen; systemen die vlak boven het gewas meten, bijvoorbeeld vanaf de trekker.
2. de 'remote sensing' systemen; systemen die de groenheid van het gewas meten vanaf een satelliet of vliegtuig.

4.1. Near sensing systemen

De 'near sensing' systemen bestaan meestal uit de volgende drie componenten;

1. een sensor voor het meten van de gewasreflectie (bladgroenhoeveelheid),
2. een computer die de rekenregels vertaalt naar een bijmestgift,
3. een kunstmeststrooier die in staat is om variabel te doseren.

Deze systemen zijn dus in staat om de meststoffen direct (gebruikelijke termen: on-the-go/on-line/real-time) toe te dienen aan de hand van sensormetingen die tijdens het rijden worden doorvertaald naar een gift. Deze systemen zijn dus in eerste instantie bedoeld om direct bij te mesten. De systemen kunnen ook worden gebruikt om gewasreflectie (bladgroen)kaarten mee te produceren. In de volgende paragrafen worden een drietal op de markt zijnde systemen beschreven. Dit zijn de GreenSeeker, de CropCircle en de Yara N-sensor.

CropCircle

De CropCircle is een instrument dat in Amerika is ontwikkeld door Holland Scientific. Via het Schotse bedrijf Soil Essentials is de sensor naar Europa gekomen en wordt het product nu in Nederland vertegenwoordigd door het bedrijf 'Mijno van Dijk mechanisatie'. Het apparaat maakt gebruik van een actieve LED lichtbron, een infrarood reflectiesensor en een sensor die (zichtbaar) daglicht kan scannen. Uit de verkregen waarden wordt dan middels een computerprogramma vervolgens de biomassa en kleurvitaliteit berekend van een gewas die uitgedrukt wordt in de vorm van een vegetatieindex (NDVI). Deze berekende NDVI waarden kunnen dan vervolgens direct verstuurd worden naar een strooi-computer of op een perceelkaart gepresenteerd worden.

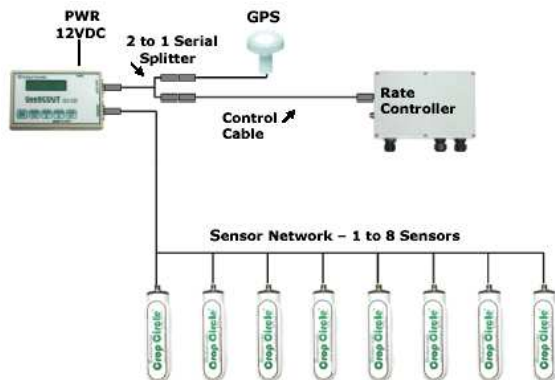
De CropCircle dient gemonteerd te worden aan bijvoorbeeld een voertuig/machine waarmee regelmatig door het gewas gereden wordt (bijv. spuit, kunstmeststrooi-



Figuur 13: de CropCircle sensor meet vlak boven het gewas

er/selectiekar) op een hoogte van tussen 100-210 cm boven het gewas. De sensor meet over een breedte van circa 130 cm.

De sensor kan worden aangesloten op een datalogger, de zogenaamde GeoScout of een handheldcomputer met applicatiesoftware en een DGPS signaal. De GeoScout is in staat om tegelijkertijd, tot in totaal acht gewassensoren te koppelen en de gegevens daarvan te verwerken en op te slaan. De gemeten worden individueel plaatsspecifiek vastgelegd, of kunnen gemiddeld worden over de sensoren (multisensor).

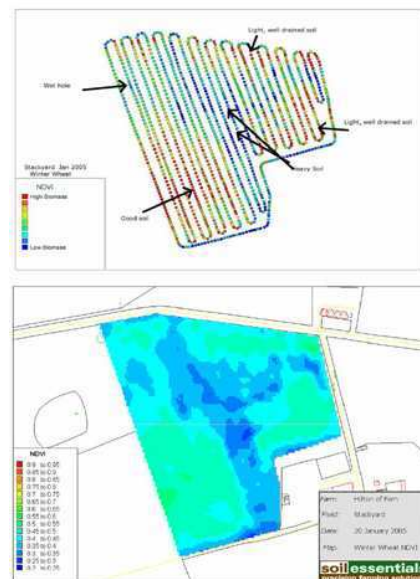


Figuur 14: systematische opstelling
(bron: handleiding CropCircle)

De gevonden waarden kunnen direct worden vertaald naar een stikstof strooi- en spuitadvies.' De zogenaamde VRA (Variable Realtime Application) toepassing. Dit betekent dat op het moment van de meting de gevonden waarden direct worden verzonden naar de doseercomputer van de kunstmeststrooier of spuit. Hiermee is het dus mogelijk om aan de hand van de toestand van de vegetatie direct een bemesting of bespuiting uit te voeren. Tot op heden is een dergelijk doseeradvies, die gebaseerd is op rekenregels alleen nog voor granen ontwikkeld. Voor de andere gewassen dient er eerst een over een 'referentiestrook' binnen het perceel met de CropCircle gemeten te worden. Aan deze strook wordt dient de teler te beslissen welke N-gift hieraan gekoppeld. Op basis van de metingen van de spectrometers wordt een bijmestadvies gegenereerd.

Naast de mogelijkheid om de gevonden waarden direct door te vertalen naar een gift is het ook mogelijk om de sensorwaarden te presenteren op een perceelkaart. Hiervoor is nog wel speciale software vereist.

Door regelmatig met één of meerdere sensoren het perceel te scannen kan het groeiverloop van het gewas gedurende het seizoen dan worden gevolgd. Daarmee is dan vast te stellen waar de ontwikkeling van het gewas spoedig verloopt, en op welke plekken de groei achter blijft. In samenwerking met een bemesting/gewasbeschermingspecialist kan een akkerbouwer dan een plan maken om het groeiverloop te beïnvloeden, door bijvoorbeeld plaats specifieke toediening van meststoffen, fungiciden of groeiregulatoren. Het uiteindelijke doel is te komen tot een betere afstemming en dosering van (beschikbare) meststoffen en/of gewasbeschermingsmiddelen om hiermee dan vervolgens een beter financieel rendement te halen.



Figuur 15: perceelkaarten

Projecten:

De CropCircle is in diverse projecten toegepast, o.a. Spinoff, Future Farming Flevoland en KodA.

Kosten

De kostprijs van een compleet CropCircle sensor systeem is afhankelijk van het gewenste aantal sensoren en de mogelijkheid om de stikstofgift wel of niet real-time toe te dienen. Voor een systeem met één sensor en zonder de mogelijkheid van real-time toediening is de prijs circa € 7.000. Een systeem met bijvoorbeeld 2 sensoren en de mogelijkheid van directe stikstoftoediening komt op circa €11.000. Iedere extra sensor kost circa €3000.

Aantal gebruikers

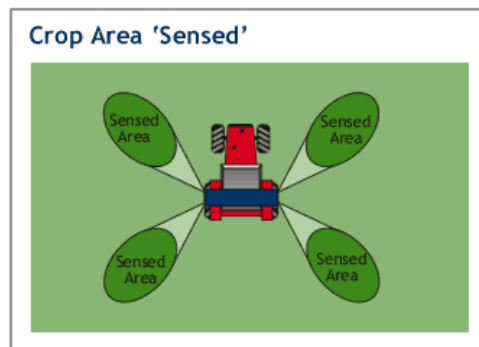
Er zijn momenteel 6 gebruikers in Nederland die een CropCircle systeem hebben aangeschaft. Het aantal sensoren dat deze gebruikers hebben varieert van 1 tot 4.

Yara N-sensor

De N-sensor is een gewasreflectiemeter die eveneens op basis van de reflectie van het gewas de stikstofbehoefte meet. De N-sensor is ontwikkeld door Yara-International en in Nederland verkrijgbaar via Kramp Nederland BV. De sensor wordt op het dak van de trekker gemonteerd. De sensor bestaat o.a. uit drie diode array spectrometers. Via een lens en een glasvezelkabel wordt het licht naar de spectrometers gezonden. Twee spectrometers worden gebruikt voor de analyse van het gewas en meet de reflectie op twee plekken aan weerszijde van de trekker met een oppervlakte van circa 50 m² (figuur 17). De derde spectrometer analyseert het invallend licht. Deze meting wordt gebruikt ter correctie om de juiste gewasreflectie te bepalen. De sensoren meten binnen een golflengtegebied van 300-1100 nanometer met een maximale resolutie van 3 nanometer.



Figuur 16: N-sensor op het dak van een trekker (bron: Yara)



Figuur 17: gebied dat gemeten wordt tijdens rijden (bron: Yara)

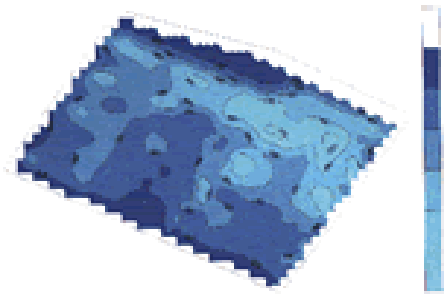
De sensor is verbonden met een terminal die in de trekker kan worden bediend. Aan deze terminal kunnen een groot aantal merken kunstmeststrooiers of veldspuiten worden gekoppeld die in staat zijn om de mestgift automatisch te regelen. Met de N-sensor kan de mestgift alleen in rijrichting gevarieerd worden. Voor een aantal gewassen zijn rekenregels (algoritmen) ontwikkeld die in de terminal van het systeem zitten waarmee de stikstofgift direct toegediend kan worden. Er zijn op dit moment 3 algoritmen voor het bepalen van de bijmestbehoefte in graan. Voor koolzaad en aardappelen zijn ook algoritmen ontwikkeld. Voor mais en bieten zijn momenteel proeven om rekenregels op te stellen. Het is ook mogelijk om de N-gift zelf te ijken voorafgaand aan de bemesting. Hiervoor moet de teler eerst een referentiestrook van ongeveer 100 meter binnen het perceel met de N-sensor meten. Aan deze strook wordt dan een N-gift gekoppeld. Op basis van de metingen van de sensoren wordt een bijmestadvies gegenereerd. Het bepalen van de bijmesting is ook mogelijk door calibratie met de N-tester. Dit apparaatje kost circa 1500 euro. Deze N-tester meet het chlorofyllgehalte op bladniveau. Met deze N-tester moet van een representatieve strook in het veld op een aantal plaatsen een monster genomen worden en met de N-tester het chlorofyllgehalte bepaald worden om een gemiddeld bijmestniveau te bepalen. Er hoeft dan geen referentiebaan gereden te worden.



Figuur 18: terminal (bron: Yara)

De N-sensor kan ook ingezet worden voor het verkrijgen van data voor een gewasreflectie kaart welke de variatie in groei binnen een perceel in kaart brengt. Deze biomassa-kaart kan de teler maken op een website van Yara (www.sensoroffice.com). Een teler hoeft dan niet zelf nog (kostbare) software aan te schaffen.

Met behulp van deze informatie kunnen telers binnen hun perceel de sterke en zwakke plekken analyseren en hier hun bemestingsstrategie op aanpassen. Door het vaststellen van gewasreflectie verschillen binnen een perceel kan een teler elke zone van zijn perceel apart behandelen. Dit kan door variabel te bemesten, toepassen van groeiregulatiemiddelen in granen maar ook plaatsspecifiek doseren van loofdoodingsmiddelen in aardappelen. In 2007 leverde dit 52% reductie aan loofdoodingsmiddel op (PPO-proef).



Figuur 19: perceelskaart gemaakt via sensoroffice.com

Er is ook een mogelijkheid om een N-sensor aan te schaffen die een eigen lichtbron heeft met ingebouwde ALS (active light source) xenon lamp. Dit maakt het mogelijk om ook in het donker de sensor te gebruiken. Deze variant is wel aanzienlijk duurder dan de 'gewone' variant.

Naast de mogelijkheid om de sensor zelf aan te schaffen is het ook mogelijk om het product te huren bij Agrifirm. Agrifirm heeft drie systemen beschikbaar, zowel de standaard variant als het ALS systeem dat ook 's avonds en 's nachts ingezet kan worden. Tot op heden heeft Agrifirm de systemen ingezet binnen diverse projecten om de teler ervaring te laten op doen met het systeem.

Projecten:

In Nederland is de Yara-N-sensor reeds meerdere malen ingezet binnen precisielandbouwprojecten, o.a. voor de dosering van groeiregulatoren in graan en voor loofdoeding in aardappelen. In het buitenland zijn ook meerdere onderzoeken en berekeningen gedaan waar de haalbaarheid en rentabiliteit van toepassing van de Yara N-sensor is aangetoond.

Kosten

De kostprijs van een N-sensor systeem bedraagt circa €16.000 euro voor de passieve versie. Deze kan alleen bij voldoende daglicht gebruikt worden. De Yara N-sensor ALS kost circa €30.000 euro. Deze sensor kan dag en nacht ingezet worden. De kostprijs van deze systemen is inclusief terminal en software.

Aantal gebruikers

De N-sensor heeft in Nederland al vele percelen gescand. Dit heeft voornamelijk in projectverband plaatsgevonden. Momenteel zijn er in Nederland circa 6 systemen aangeschaft.

GreenSeeker

De GreenSeeker is een gewasreflectiemeter waarmee 'biomassakaarten' kunnen worden gemaakt, maar die eveneens kan worden gebruikt om de stikstofbehoefte van gewassen 'on-line' in te schatten en direct (real-time) toe te dienen. De GreenSeeker is ontwikkeld in samenwerking met Oklahoma State University en wordt gemaakt en geleverd door N-Tech. In Nederland is het systeem verkrijgbaar bij Homburg Machinehandel B.V. te Stiens.



Figuur 20: GreenSeeker sensoren op een spuitboom

De GreenSeeker is er in 4 verschillende varianten:

1. Handheld: voor onderzoeksinstituten/teeltvoorlichters.
2. RT 100: mappen (lezen en registreren) met behulp van 1 sensor welke gemakkelijk op elk voertuig te monteren is.
3. RT 200: mappen en variabel doseren met behulp van 6 sensoren (hierbij wordt de gemiddelde waarde van de 6 sensoren gebruikt).
4. RT 200: mappen van iedere individuele sensorwaarde, variabel doseren d.m.v. het gemiddelde. (Is te verkrijgen in 2, 6 en 12 sensoren)

In de meetkop van een sensor zitten geïntegreerde LED's die nagenoeg monochromatisch licht uitzenden in het rode en infrarode lichtspectrum. Dit gebeurt om en om. Een lichtgevoelige sensor neemt dan om en om de reflectie van het rode en infrarode licht waar. Uit deze twee gewasreflecties wordt dan de NDVI berekend. Aangenomen wordt dat de NDVI een goede schatter is voor de hoeveelheid stikstof in het (bovengrondse) gewas. Omdat de GreenSeeker over een breedte van circa 60 cm meet worden meestal meerdere GreenSeekers geplaatst aan een spuitboom. De waarnemingen worden vervolgens verzonden naar een "interface module" die de getallen verwerkt waarna vervolgens de gegevens naar een PDA worden verzonden. Op deze PDA dient een speciaal software programma te zijn geïnstalleerd (RT Running Commander). Dit programma wordt geleverd bij de aanschaf van de sensoren. Het programma heeft een gangbare, gebruiksvriendelijke lay-out en toont de gemeten NDVI waarden op een locatie 'real-time' en slaat de gegevens op. De gegevens kunnen worden opgeslagen in diverse extensies bijvoorbeeld: (dbf./shp./shx./fgp./fsn.). De gegevens zijn inleesbaar door bijna alle doseercomputers. Om de gemeten waarden op een kaart zichtbaar te maken dienen de gegevens ingelezen te worden in een GIS programma, bijvoorbeeld Farmworks Sitemate.



Figuur 21: PDA

Om de GreenSeeker te gebruiken voor het real-time toedienen van stikstof is geen GPS systeem vereist. Voor het mappen, zodat er kaarten gemaakt kunnen worden uiteraard wel.

Voor het bepalen van de hoeveelheid stikstof die moet worden bijbemest wordt een aantal rekenregels toegepast. De voorgeprogrammeerde rekenregels zijn voor zomer/wintertarwe en mais reeds beschikbaar. Er wordt nog gewerkt aan rekenregels voor aardappels, bieten, koolzaad, gerst, katoen en zonnebloemen. Deze zijn naar verwachting binnen 1 à 2 jaar beschikbaar.

Het meest ideale is om gebruik te maken van een omgekeerd stikstofvenster. Hierdoor heb je een direct beeld van wat de maximale opbrengst zal zijn binnen het perceel. Wanneer dit stikstofvenster 'gelezen' wordt en vervolgens het gangbare, dan zal de sensor het verschil waarnemen en deze gebruiken om een exacte aangemeten bemesting te

geven. De NDVI van dit supra-optimale venster, het aantal dagen vanaf opkomst, een schatting van de stikstof efficiency en een schatting van de verwachte opbrengstpotentiaal van het perceel vormen dan de parameters van de rekenslag.

Om het systeem te gebruiken is het niet noodzakelijk om een referentiestrook (stikstofvenster) op te meten. Je kan ook op eigen ervaringen af gaan of afgaan op eventuele voorgaande metingen.

Er is een mogelijkheid om zelf een toedieningsgrafiek te maken, men kan aan iedere NDVI-waarde dan een afgifte koppelen.

Voor het sturen van de hoeveelheid toe te dienen meststof zijn twee opties:

1. De sensoren geven de spuihoeveelheid door aan een centrale doseringscomputer; deze regelt de dosering voor de hele spuitboom. De toe te dienen hoeveelheid is dus over de hele breedte van de spuitboom constant. In de rijrichting kan wel gedifferentieerd worden.
2. De GreenSeeker stuurt direct een aantal spuitdoppen aan. Aan elke GreenSeeker worden vier doppen gekoppeld.; met een hoge, een lage en een middelmatige dosering. Door een combinatie van doppen te openen zijn er 16 (4 x 4) verschillende toedieningsniveau's mogelijk per spuitboomsectie. Met deze opties kan de dosering dus over de breedte van de spuitboom gevarieerd worden waardoor een zeer exacte toediening mogelijk is. Deze laatste optie is ontwikkeld in samenwerking met PRI en PPO voor plaats specifieke loofdoding en is praktijkrijp. Deze toepassing is echter nog niet commercieel verkrijgbaar.

Projecten:

In Nederland zijn nog geen projecten geweest waarin de meerwaarde/financiële voordeel is getest met plaats specifieke bijmesting. Wel is er een project geweest waarbij de GreenSeeker wordt ingezet om plaats specifieke loofdodingsmiddelen toe te passen en de toediening van middelen niet alleen in rijrichting te variëren maar ook over de breedte van de spuitboom. (SensiSpray project). Hieruit kwam naar voren dat door plaats specifiek te doseren tot 60% middelen reductie kan worden behaald. De leverancier is tevens bezig om met een bedrijf in Duitsland om rekenregels te ontwikkelen voor de meer Europese rassen en gewassen.

Kosten

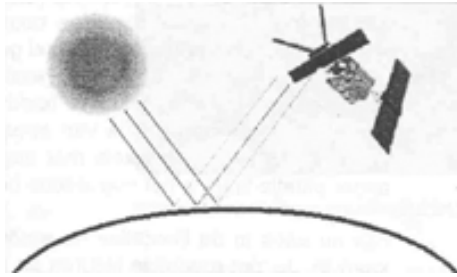
De kostprijs van een GreenSeeker sensor systeem is afhankelijk van het gewenste aantal sensoren en de mogelijkheid om dataloggings wel/niet per sensor uit te voeren.

Een compleet systeem bevat GreenSeeker sensoren met bevestigingsbeugels, een interfacestukje, een Recon PDA pocket PC met kleuren display en het bijbehorende programma RT Commander (incl. software licenties). Een GreenSeeker met 6 sensoren (geen individuele dataloggings) bedraagt €19.625. Voor 6 sensoren met individuele dataloggings per sensor bedraagt dit € 21.025. Voor een zelfde systeem met 2 sensoren kost dit € 12.765 en voor een systeem met 12 sensoren is het € 34.330.

Aantal gebruikers

Momenteel zijn er in Nederland circa 15 systemen in gebruik variërend van gebruikers met 1 sensor (bijv. op een golfbaan) tot gebruikers met 6 sensoren (akkerbouw).

4.2. Remote sensing



Figuur 23: reflectie meting m.b.v. satelliet

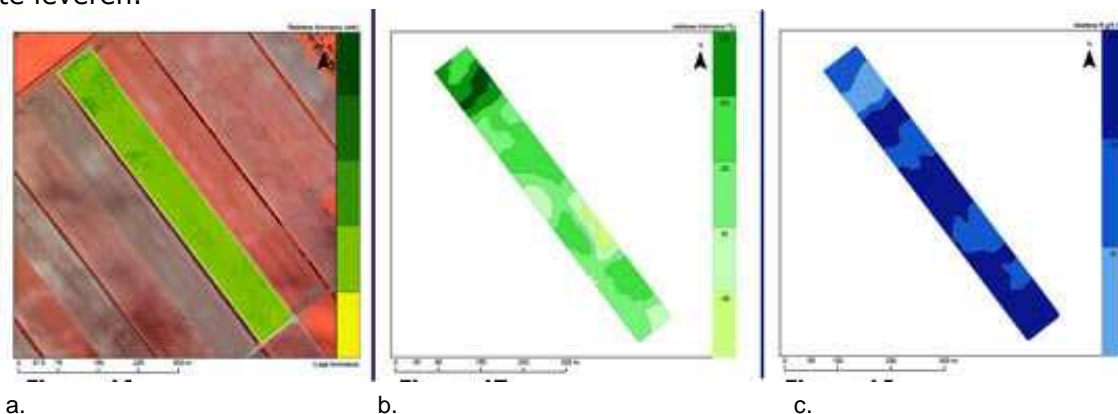
Remote sensing is letterlijk vertaald: "op afstand waarnemen". Dit kan vanuit vliegtuigen, maar ook vanuit satellieten. De satellieten die gebruikt worden voor remote sensing draaien voortdurend rondjes om de aarde. Op de satellieten zitten sensoren. Deze apparaten tasten het aardoppervlak stukje voor stukje af en meten het zonlicht dat door de aarde wordt gereflecteerd. Deze metingen worden vervolgens als getallen opgeslagen en naar de aarde gezonden. Een sensor meet vaak een klein stukje van het licht (eigenlijk: elektromagnetische straling) dat het aardoppervlak weerkaatst, bijvoorbeeld alleen blauw of infrarood licht. Dit stukje van straling heet een band.

De meeste aardobservatiesatellieten maken opnames in meerdere spectrale banden, met andere woorden; meerdere golflengtegebieden van het elektromagnetisch spectrum (zichtbaar licht, nabije en korte golf infrarood) worden door de satelliet waargenomen. Door gebruik te maken van de rode en infrarode banden van een satellietbeeld kan een NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) berekend worden. index wordt bepaald door het rode licht van het infrarode af te trekken en te delen door de som van het rode en het infrarode

Sinds enkele jaren verkopen bedrijven opnames van percelen waarin met de verschillende kleuren de hoeveelheid biomassa – een indicatie van de gewasconditie- wordt getoond. De volgende paragrafen geven een beschrijving van de verschillende op de markt zijn de producten die gebruik maken van remote sensing.

LORIS

LORIS (Local Resource Information System) wordt in Nederland op de markt gebracht door een samenwerking van Agrifirm en Kemira GrowHow. LORIS brengt verschillen in gewasontwikkeling binnen perceel zichtbaar door kaarten te leveren gebaseerd op de infraroodreflectie van het gewas. Hiervoor worden satellietbeelden gebruikt of opnames vanuit een vliegtuigje. De satellietbeelden werden geleverd door Terrasphere, maar zullen naar verwachting in 2009 aangekocht worden bij Basfood. De resolutie van de opnames is 10 x 10 m. Loris bewerkt de satellietbeelden om vervolgens een biomassa-kaart (24a), een biomassazonekaart (24b) en een kaart met een bijmestingsadvies (24c) te leveren.



Figuur 24: kaarten van het product LORIS (bron: Agrifirm)

Doel van het product is om inzicht te krijgen in de zwakke en sterke punten binnen het perceel. En vervolgens plaats specifiek een stikstofbijmest advies te leveren.

Op de biomassakaart is te zien of het gewas wel of niet homogeen opkomt. Naast de kaart staat een indexschaal. Deze is verspreid over een kleurenbalk. De getallen van de minimum en maximumwaarde laten zien hoe groot de variatie werkelijk is. Het is dus belangrijk om te beseffen dat er geen kwantitatieve waarden worden gegeven voor de hoeveelheid biomassa.

De biomassazonekaart is een geïnterpoleerde (grovere) versie van de biomassakaart en vormt de basis voor een indicatief (bij)bemestingsadvies. In het bijbemestingsadvies wordt de beste verdeling van meststof weergegeven om een optimaal rendement te halen. De hoogte van de gemiddelde gift voor bijbemesting bepaalt de ondernemer zelf. Agrifirm kan ook strooikaarten in elk gewenst bestandstype aanleveren, zodat het bijmestadvies ingelezen kan worden in de strooicomputer. Telers met een gps-opbrengstmeetsysteem op de combine of rooimachine kunnen opbrengstkaarten naast de biomassazone- en/of bemestingskaart leggen. Op deze manier kunnen kaarten elkaar bevestigen.

Om met LORIS aan de slag te gaan is in principe géén investering in machines nodig. Aanmelden voor LORIS kan middels een aanmeldformulier op de website van agrifirm (www.agrifirm.nl).

Het moment van dat Agrifirm de opname laat maken is afhankelijk van het gewas en vindt plaats zodra minimaal 80% van het gewas de bodem heeft bedekt. Zodra het gewas in bloei komt of in aar schiet wordt het beeld onbetrouwbaar. De biomassa kan dan niet meer gemeten worden. Wanneer het overgrote deel van de aangemelde percelen aan deze criteria voldoet wordt er, zodra het kan, een opname gemaakt. Het opname-moment is ook sterk afhankelijk van de bewolingsgraad. Nadat de percelen gescand zijn ontvangt de aanvrager zo spoedig mogelijk de kaarten via de post. Daarnaast is er een website waarvan de kaarten gedownload kunnen worden (pdf.) en de ruwe data (NDVI waarden per pixel) eveneens verkrijgbaar zijn. Agrifirm raadt aan percelen die kleiner zijn dan 4 hectare niet aan te melden voor LORIS. Randeffecten kunnen dan een te grote invloed hebben op de biomassawaarden binnen het perceel.

Het weer (bewolingsgraad) blijft altijd een zeer belangrijke factor bij het wel of niet slagen van een opname. Een garantie op een biomassakaart kan dan ook niet door Agrifirm gegeven worden. Er worden in dat geval dan ook geen kosten in rekening gebracht.

Kosten

De kosten voor het product (2008) is een basisbedrag van €200 per opname tot een perceelsgrootte van 10 ha. Bij een perceel groter dan 10ha wordt per extra hectare €10 extra in rekening gebracht. Deze kosten zijn exclusief BTW. Bij deelname aan LORIS voor verschillende opnamemomenten wordt er per opnamemoment het basisbedrag in rekening gebracht.

Projecten

Het product is reeds in meerdere projecten gebruikt, bijvoorbeeld GeoLogisch! en Perceel Centraal. Het doel is/was voornamelijk voor de telers om ervaringen met het product op te doen en met elkaar te onderzoeken wat de mogelijkheden zijn van het product.

Aantal gebruikers

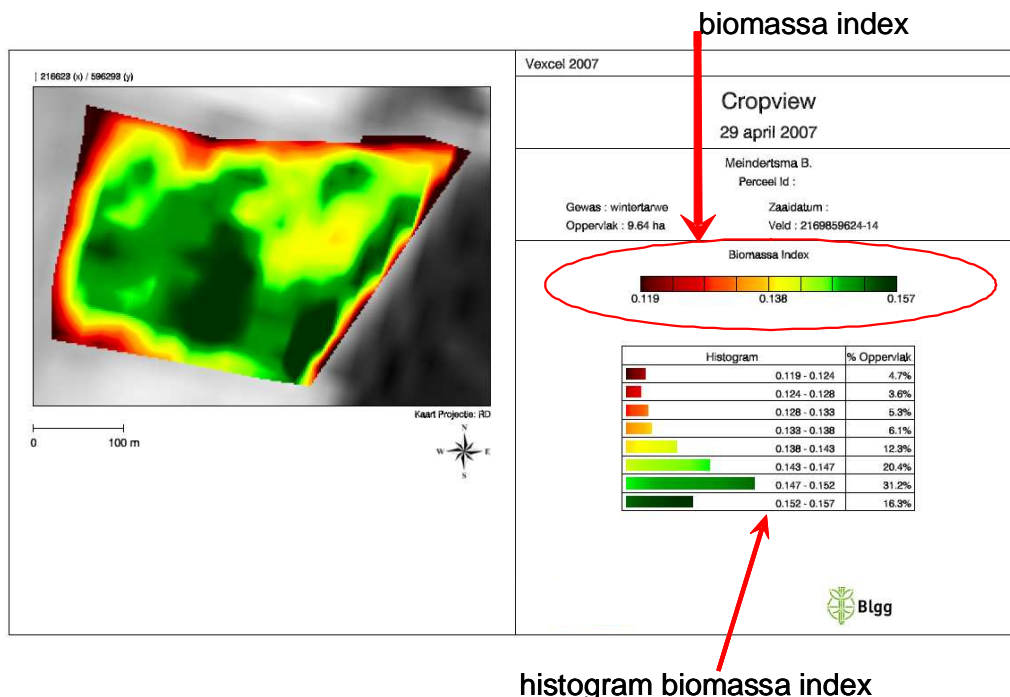
Het product heeft tot nu toe voornamelijk meegedaan in projecten.

CropView

Blgg heeft een product ontwikkeld gebaseerd op satellietbeelden onder de naam Cropview. De beelden worden geleverd door Terrasphere die de gemeten infraroodreflectie van het gewas weergeven. Blgg berekent vervolgens de WdVI (variant op NDVI). De beelden geven een index weer voor de biomassa die fotosynthetisch actief is en laat daarmee de toestand van het gewas zien.

Van individuele percelen worden biomassaindexkaarten (bladgroenkaarten) gemaakt waarop te zien is of het gewas homogeen opkomt, of dat er verschillen zijn binnen het perceel. Met behulp van een indexschaal worden mogelijke verschillen in de stand van het gewas zichtbaar gemaakt. Het verschil in biomassaindex is verspreid over een kleurbalk van rood naar groen. De getallen bij de balk laten zien hoe groot de variatie werkelijk is. Het is dus belangrijk om te beseffen dat er geen kwantitatieve waarden worden gegeven voor de hoeveelheid biomassa. Het beeld geeft enkel de variatie weer binnen het perceel. Als er veel kleurverschil is op de kaart dan betekent dit dat er veel variatie is binnen het perceel, als er kleine verschillen zijn in kleurvariatie, dan is het perceel redelijk homogeen. Belangrijk is te letten op de range van de index: als deze bijvoorbeeld van 0,118 tot 0,163 gaat dan betekent dit dat op bepaalde plaatsen in het perceel de hoeveelheid bladgroen 138% hoger is dan in de delen met een lagere waarde. De getoonde diagram laat vervolgens de verdeling zien van het oppervlaktepercentage met een hoge en lage index.

Blgg levert de kaarten op drie momenten in het groeiseizoen (voor zover als mogelijk). Het eerste beeld valt in de periode van half april tot eind mei. Het tweede en derde beeld respectievelijk in de periode van juni tot half juli en de periode half juli tot einde augustus.



Figuur 24: kaart van het product CropView (bron:Blgg)

De aanvrager ontvangt de beelden altijd in kleur op papieren print per post. Daarnaast is het mogelijk om de beelden per e-mail te ontvangen als geo-gereferenciede beelden en /of als Editeelt plus-formaat. De beelden staan eveneens op de website www.mijnpercelen.nl. Middels een klantnaam en wachtwoord krijgt de klant zijn aangemelde percelen op internet te zien.

Het weer (bewolgingsgraad) blijft een belangrijke factor bij het wel of niet slagen van een opname. Een garantie op een biomassakaart kan dan ook niet gegeven worden.

Kosten:

Cropview beelden worden geleverd voor € 5,- per hectare per opname tot 10 hectare. Voor iedere hectare meer betaalt de klant € 2,50 per hectare per opname. Daarnaast betaalt de klant per groeiseizoen nog eens eenmalig € 50,- voor de verwerking van de beelden.

Aantal gebruikers

Circa 40 gebruikers

Mijnakker.nl

Het Eindhovense bedrijf BasFood levert voor telers actuele informatie over de toestand van het gewas op basis van satellietbeelden. Deze beelden zijn afkomstig van meerdere satellieten en van 22 spectrale banden. De informatie die afkomstig is van de satellietbeelden wordt met behulp van het rekenkundige SEBAL model vertaald naar hanteerbare gewasinformatie. Het SEBAL model is ontwikkeld aan de Universiteit van Wageningen in Nederland, door Prof. Dr. Bastiaanssen. SEBAL staat voor Surface Energy Balance Algorithm for Land en is gebaseerd op de werkelijke opname van CO₂ en de verdamping H₂O van de planten. Heel kort door de bocht geformuleerd komt het er op neer dat het model doorrekenet wat er allemaal gebeurt met zonne-energie die de aarde bereikt. Die energie wordt namelijk gebruikt voor de opwarming van het oppervlak, de opwarming van de lucht en voor allerlei processen in vegetaties. Het SEBAL model is accuraat per pixel, met resoluties tot 10x10 meter. De uitkomsten van de modelberekeningen leveren uiteindelijk groeiparameters op die weergegeven worden op een kaart. De verstrekking van informatie van deze groeiparameters zit in het zogenaamde 'basispakket'. Deze gegevens zijn verkrijgbaar voor alle gewassen

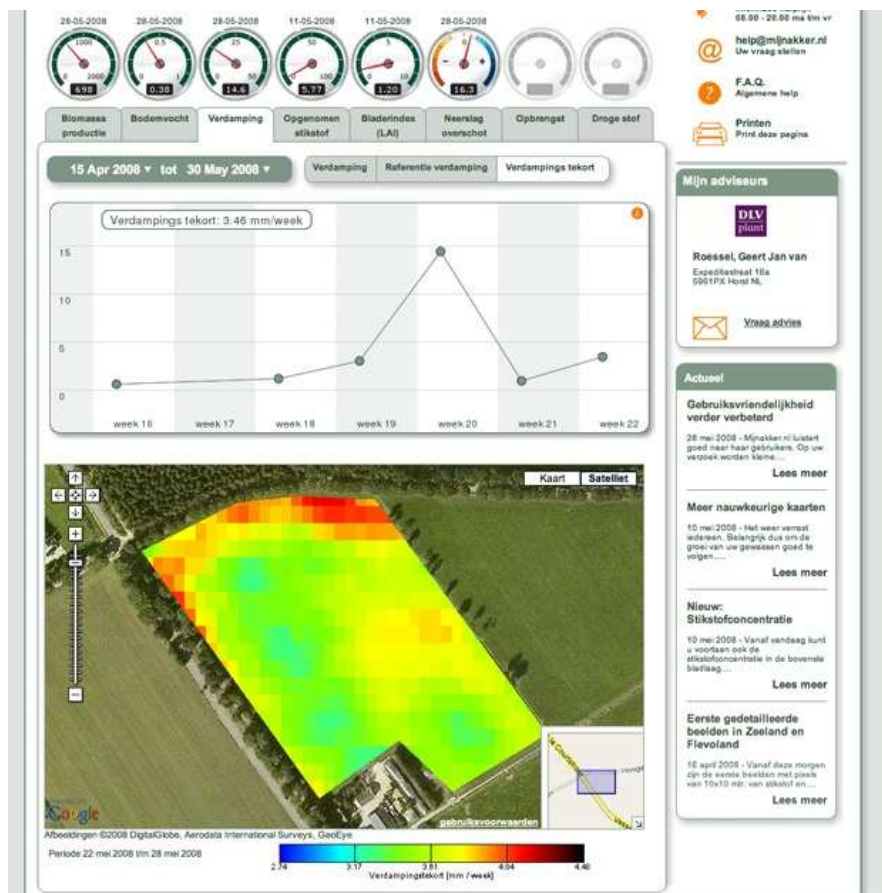
Dit zijn:

- biomassa productie in kg/ha/week
- actuele verdamping in mm/week
- referentie verdamping in mm/week
- verdampingstekort in mm/week
- opgenomen stikstof in kg/ha
- stikstof concentratie in bovenste bladlaag in mmol/m²
- bladerindex (LAI) in m² blad/m² bodem
- vegetatieindex (NDVI)
- bodemvocht in mm per 2 weken

Naast een gewasreflectie kaart wordt er dus nog van vele andere parameters informatie geleverd.

Optioneel zijn nog de volgende gegevens leverbaar:

- actuele opbrengst (ook al tijdens het groeiseizoen) in ton/ha (voor aardappels, bieten en granen)
- droge stof gehalte (voor aardappels)



Figuur 25: op de website mijnakker.nl krijgt de teler alle geleverde gewasinformatie die (bron:BasFood)

De informatie wordt aangeleverd aan de teler via internet. Op de website (www.mijnakker.nl) dient een teler zich aan te melden en de gewenste percelen in te tekenen. BasFood werkt op de site via 'dashboardschermen' (figuur 25). Per parameter is er een klok, naast een weergave in een grafiek en in de vorm van een perceelskaart. De beelden worden standaard een keer per maand ververs. Optioneel kan die frequentie voor de meeste parameters verhoogd worden naar twee-wekelijks of wekelijks. Daardoor is het mogelijk om voor- en achteruit in de tijd te gaan, om zo het verloop van de teelt te kunnen volgen. Doordat een teler van meerdere parameters de getallen krijgt is het mogelijk om de aangereikte gegevens te interpreteren en relaties te leggen. 'Blijft bijvoorbeeld de biomassa achter door een achterblijvende stikstofopname of is er sprake van een vochtprobleem?' De advisering en teeltbegeleiding doet BasFood niet zelf, maar wordt verzorgd door aangesloten voorlichtingsinstanties of toeleverende en afnemende bedrijven.

Dit zijn:

- ZLTO
- Nedato
- DLV Plant
- Agrifirm
- Vlamings BV
- Interpolis
- CSV
- AgroBuren BV
- CZAV
- Agrarische Unie
- Agerland
- Farm Frites
- Agrico
- Suiker Unie
- R. Van Wesemael BV

De teler kiest hierbij zelf een adviseur uit die daarmee dan ook gerechtigd is en toegang krijgt tot de informatie van de betreffende teler. Momenteel is 'Mijnakker' alleen nog te gebruiken in het ZLTO-gebied (Zeeland, Brabant en een stuk van Limburg) en in Flevoland. BasFood hoopt in 2009 gegevens te kunnen leveren over heel Nederland.

De parameters worden berekend zonder grondmetingen; er zijn dus geen aparte grondmonsters, chlorofylmetingen of proefrooiingen nodig om de berekeningen te maken.

De ervaring is dat de foutmarge in opbrengsttaxaties voor aardappelen niet groter is dan 5%. Voor graan ligt deze foutmarge op maximal 10%. Het percentage droge stof van de aardappels wordt volgens ervaringen voorspeld met een foutmarge van maximaal 15%.

Kosten

In 2008 kostte 'Mijnakker' €12,50 per hectare. Hierbij wordt de groei-informatie maandelijks ververst. Parameters als bodemvocht, verdamping en biomassa-productie zijn wekelijks of tweewekelijks op te vragen voor €0,20 per hectare per update, voor wekelijkse updates bedraagt dit € 0,40 per hectare per update. Optioneel is verkrijgbaar: de opbrengst in kg/ha (voor aardappels, bieten en granen) en droge stof gehalte (voor aardappels). De prijs bedraagt € 2,- per optie per hectare voor het hele seizoen.

Beschikbaarheidschema opties:

- aardappelen vanaf 1 juli tot 1 oktober
- bieten vanaf 15 juli tot 1 november
- de geaccumuleerde biomassa vanaf 1 mei tot 15 augustus
- eenmalige eindopbrengst rondom 15 augustus

Aantal gebruikers

Begin 2008 is BasFood officieel van start gegaan in midden en zuidwest Nederland, na meerdere jaren op projectbasis praktijkervaring te hebben opgedaan. In 2008 waren circa 1500 gebruikers geregistreerd op mijnakker.nl.

5. Discussie

Het 'on-line meten van de gewasreflectie, zoals dit mogelijk is met de GreenSeeker, de Yara-N- sensor of de CropCircle is wellicht de meest eenvoudige en snelle methode voor plaats specifieke bemesting. Een meting van de hoeveelheid bladgroen wordt namelijk direct door vertaald naar een stikstofgift. Doordat alle data intern verwerkt worden is een koppeling met een management systeem niet nodig en kunnen eventuele problemen met standaardisatie en met betrekking tot gegevensuitwisseling worden voorkomen.

Om er mee te werken dienen er echter wel rekenprogramma's te zijn voor het betreffende gewas die de juiste bemesting berekent. Deze rekenregels zijn tot op heden alleen nog maar voor een beperkt aantal gewassen goed uitgewerkt. Voor de andere gewassen zijn de systemen wel te gebruiken voor een directe stikstofbijmesting door uit ervaring de referentiegift in te schatten, maar is het het beste als er een stikstof-venster wordt aangelegd. Het omgekeerde venster dient representatief gekozen te worden voor het hele perceel. De locatie van het venster is dus vrij kritisch. Daarnaast dienen er nog een aantal parameters ingevoerd te worden. Dergelijke systemen vragen dus wel wat kunde en kennis van de teler.

Een groot voordeel van de near-sensing systemen is de onafhankelijkheid. Een teler kan zelf het moment bepalen waarop de metingen verricht worden, bij het gewenste groeistadium van zijn gewas, en is daarmee niet afhankelijk van de aanlevering van bladgroenkaarten door derden. Daarbij is het een groot voordeel dat de metingen onder alle weersomstandigheden verricht kunnen worden. Bij de aanwezigheid van een actieve sensor (eigen lichtbron) is het zelfs mogelijk om 's avonds of 's nachts metingen uit te voeren. Een nadeel van deze systemen is echter wel de hoge aanschafprijs.

Het LORIS product is hiermee veel goedkoper. De teler is dan echter wel afhankelijk van derden (de leverancier), maar hoeft zelf dan helemaal niets aan te schaffen. Bij de remote-sensing systemen zoals LORIS bestaat ook het risico dat de beelden te laat voor de teler worden geleverd en een bijmestadvies op dat moment niet meer zinvol is.

Een belangrijke vraag blijft echter ook hoe goed de stikstof behoefte bepaald kan worden door het meten van de 'groenheid' van het gewas. De werking van dergelijke systemen berust namelijk op het principe dat een minder groene bladkleur geassocieerd wordt met een (dreigend) stikstoftekort, terwijl de oorzaak van een geheel andere aard kan zijn, zoals een slechte bodemstructuur of vochtgebrek.

Deze systemen laten dus ook niet de oorzaken zien van zichtbare verschillen in gewasgroei.

De bodemsensingsystemen tonen juist wel de variatie van de bodem in het perceel. Deze kaarten die hier uit voort komen bieden dus een mogelijke verklaring voor de verschillen in gewasgroei. Mogelijk wordt dit bijvoorbeeld veroorzaakt door verschillen in voedingsstoffen of uitspoelingsgevoeligheid. Hierbij dient echter wel opgemerkt te worden dat de bodemkaarten die gemaakt worden aan de hand van de 'Mol' slechts de bodemkarakteristieken weergeven van de bouwvoor (0-30 cm). Voor graangewassen is de informatie verkregen via dit systeem daarom minder van toepassing. Hiervoor zijn de profielkaarten van de EM38 metingen wel toereikend. De metingen vinden plaats tot 120 cm diepte. De resulterende profielkaart geeft mogelijk een antwoord op de lokalisatie van verdichte lagen of scherpe overgangen in de textuur van de grond waardoor de beworteling van het gewas verhinderd wordt.

Er dient echter wel vermeld te worden dat de ervaringen met de mogelijkheden en de kwaliteit van 'de Mol kaarten' wisselend zijn. Over de betrouwbaarheid van de toegepaste rekenregels voor het omzetten van de metingen naar de een bodemvariabele is nog onvoldoende bekend. Er is ook nog onvoldoende onafhankelijk onderzoek verricht dat de bruikbaarheid van de kaarten heeft aangetoond. De EM38 blijkt uit onderzoek wel uitermate geschikt te zijn voor het in kaart brengen van de profielopbouw. Er zijn voor beide systemen nog geen algoritmen of protocollen bekend voor een juiste interpretatie van de scan resultaten.

De biomassakaarten (bladgroenkaarten) die met de near-sensing en remote sensing technieken gemaakt kunnen worden geven de teler de mogelijkheid om deze gegevens in te voeren in daarvoor speciaal ontwikkelde software. Er kan dan door de teler voor elke perceel plaats specifieke kennis opgebouwd en vastgelegd worden. Deze kennis kan dan worden gebruikt om toekomstige teeltstrategieën te optimaliseren.

Door meerdere waarnemingen van het gewas te maken, of te kopen via bijv. LORIS of CropView en bijvoorbeeld gegevens over de bodem er aan toe te voegen wordt het mogelijk om tot misschien een betere management strategie te komen.

Een groot voordeel van de services als Loris, CropView en MijnAkker.nl is dat de gebruikers zelf geen meetsystemen hoeven aan te schaffen.

Daarbij heeft MijnAkker.nl de meerwaarde in dat zij als enige (in de wereld) groeiparameters en opbrengstinformatie in *absolute* eenheden zoals kg/ha beschikbaar stellen tijdens het groeiseizoen. Nadeel is echter wel dat de gegevens alleen in te zien zijn op een website. De teler kan de geleverde informatie dus niet zelf gebruiken om er een strooikaart van te maken voor een doseercomputer.

De voordelen van de remote sensing producten gelden ook enkel als de beelden op tijd geleverd worden. Daarbij loopt een gebruiker ook nog het risico dat er helemaal geen goede beelden geleverd kunnen worden vanwege langdurige periodes met bewolking en is er de beperkte frequentie dat de satellieten over Nederland komen.

Hierdoor is het mogelijk dat de beelden te vroeg of laat genomen worden om echt iets met de gegevens te kunnen. Daarnaast zijn de randeffecten van dergelijke beelden zo groot dat de beelden alleen goede informatie verstrekken als de opname van het perceel minimaal vier hectare is. Over de juistheid van de resolutie en ingemeten coördinaten heerst ook nog discussie.

De tabel op de volgende pagina zet een aantal eigenschappen/kenmerken van de besproken sensingsystemen op een rij.

Sensingsystemen: een overzicht

	Bodemsensing		Gewassensing vanuit de lucht			Gewassensing vanaf trekker		
Stelsel:	De mol	Em38	Loris	CropView	MijnAkker.nl	N-sensor	CropCircle	GreenSeeker
Herkomst meting	bodem	bodem	gewas	gewas	gewas	gewas	gewas	gewas
Resolutie	meting om de 1.5m. In rijrichting. Tussen rijbanen 6-10m	meting om de 1.5m. Tussen rijbanen 6-10m	10x10m vanaf satelliet. 1x1m vanuit vliegtuig	10x10m	10x10m	vrijwel continu in rijrichting. Strook van 7.5 m breed, met onderlinge afstand van rijbanen	vrijwel continu in rijrichting 1.2 m breed per sensor. Onderlinge afstand 1/6 van werkbreedte (bij 6 sensoren)	vrijwel continu in rijrichting 0.6 m breed per sensor. Onderlinge afstand 1/6 van werk-breedte (bij 6 sensoren)
Weersafhankelijk?	nee, maar land moet berijdbaar zijn. regen verstoort de meting.	nee, maar land moet berijdbaar zijn	ja, moet onbewolkt zijn	ja, moet onbewolkt zijn	ja, moet onbewolkt zijn	nee, spuitsporen moeten wel berijdbaar zijn	nee, spuitsporen moeten wel berijdbaar zijn	nee, spuitsporen moeten wel berijdbaar zijn
Aantal keren per groeiseizoen	éénmalig	éénmalig	1-3 keer, gewasafhankelijk	1-3 keer, gewasafhankelijk	maandelijks tot wekelijks	zo vaak als gewenst	zo vaak als gewenst	zo vaak als gewenst
Afhankelijk van derden	ja	ja	ja	ja	ja	nee	nee	nee
Doel	bodemeigenschappen van de bouwvoor in kaart brengen	profielopbouw in kaart brengen	variabel N advies variatie gewasgroei weergeven	variatie gewasgroei weergeven	variatie gewasgroei weergeven door vergelijkingen van parameters mogelijk verklaren	direct variabele N-toediening variatie gewasgroei weergeven	direct variabele N-toediening variatie gewasgroei weergeven	direct variabele N-toediening variatie gewasgroei weergeven
Geleverde informatie	vele bodemparameters	profielopbouw binnen perceel	bladgroenkaart+ relatief. N-advies	bladgroenkaart	10 groei-parameters + opbrengstvoorspelling	bladgroenkaart + N-advies	bladgroenkaart + N-advies	bladgroenkaart + N-advies
Productmedium	papieren rapport+ cd-rom met ppt. en shp-files van de kaarten.	papieren rapport + cd-rom met ppt. en shp-files van de kaarten.	papieren rapport + op website	papieren rapport + op website+pdf (e-mail)	op website	digitaal bestand	digitaal bestand	digitaal bestand
Data direct inleesbaar voor werktuig?	nee	nee	na	nee	nee	ja, rechtstreeks vanaf sensor naar control box	ja, rechtstreeks vanaf sensor naar control box	ja, rechtstreeks vanaf sensor naar control box
Data digitaal verkrijgbaar (ruw)	ja, als je erom vraagt (csv/xls/shp)	ja, als je erom vraagt (csv/xls/shp)	ja, via website csv of shp	ja, als tiff, shp/dbf/shx	nee	ja, vele typen o.a. shp/dbf/shx	ja, vele typen o.a. shp/dbf/shx	ja, vele typen o.a. shp/dbf/shx
Compatibiliteit/ Standaard?	geen standaard	geen standaard	geen standaard	geen standaard	geen standaard	geen standaard	geen standaard	geen standaard, binnenkort ISO11783
Project in NL?	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Kosten (2008)	110 euro/ha min. 20 ha. (min.5 ha noordelijke provincies)	95 euro/h min. 20 ha. (min.5 ha noordelijke provincies)	basis €200 (incl. 10 ha) + €10 voor ieder extra ha	€50 vast + €5/ha per opname tot 10ha €2,50 voor iedere extra ha	€12,50/ha per seizoen bij maandelijks beeld	€16.000 passieve sensor, €30.000 actieve sensor (aanschaf)	ca. €7.000 -€17.000 (1-4 sensoren) (aanschaf)	€12.765 - €34.330 (2- 12 sensoren) (aanschaf)

De technieken zijn al behoorlijk ver ontwikkeld, echter om de gegevens nu te interpreteren en te vertalen naar wat de teler te doen staat is nog een grote uitdaging. Probleem is namelijk dat de vertaling van meting naar toepassing vrij lastig is omdat de relaties tussen de plaats specifieke metingen en de toepassing van nutriënten of middelen enerzijds en de effecten daarvan op opbrengst, kwaliteit, saldo op plaats specifiek niveau en bij verschillende grondsoorten en weertypes anderzijds, nog onvoldoende bekend zijn. Over het algemeen kan voor dit moment al wel gezegd worden dat voor telers blijkt dat het plaats specifiek meten een stimulerend effect kan hebben op het nadenken over allerlei factoren die de kwaliteit en kwantiteit van het gewas kunnen beïnvloeden.

Daarnaast is er ook voor de machine bouwers de taak om machines te maken die alle maatregelen kunnen uitvoeren en is het maken van een landelijke of Europese standaard (ISO) een belangrijke component om de services en producten van diverse leveranciers van precisielandbouwtoepassingen goed op elkaar te laten af stemmen.

Al met al geldt voor alle toepassingen dat het een leerproces is. Door herhaaldelijk een gewas te scannen, kan er een beeld worden verkregen hoe een gewas in de loop van de tijd verandert. Worden de verschillen bijvoorbeeld groter, verschuiven ze of nivelleert het geheel? Wat zijn de effecten van de ondernomen acties zoals bijmesten?

Aan het einde van het seizoen valt te bekijken of de metingen van de gewasreflectie ook gerelateerd zijn aan de opbrengsten. Hierbij kan dan gekeken worden naar kwalitatieve en kwantitatieve verschillen in opbrengst. Een leerproces dus van op een andere manier kijken naar een gewas met nog veel vragen, maar hopelijk na enige tijd van ervaring en experimenteren ook met antwoorden.

Uiteindelijk blijven de nieuwe innovaties geen wondermiddelen, maar hulpmiddelen die met name door de schaalvergroting het toch mogelijk maken voor de teler om een overzicht te houden van de goede en slechte plekken van zijn percelen. Het helpt de boeren om de percelen beter te leren kennen, maar het zal inzicht en vakmanschap van de boer nooit kunnen vervangen.

Het antwoord op de vraag wanneer het zinvol is om over te stappen van een gangbare manier van telen naar een manier waarbij rekening gehouden wordt met de lokale variatie is niet zomaar gegeven. Wanneer de afweging moet worden gemaakt of inspelen op de ruimtelijke variabiliteit (financieel) de moeite waard is, is het van belang om er achter te komen hoe groot deze variabiliteit binnen een gewas of perceel is als gevolg van bijvoorbeeld de bodemstructuur, het water- en de nutriëntenvoorziening. Hoe groter deze variatie, des te groter het rendement dat te behalen valt met precisielandbouw.

Factoren die hierbij een rol spelen zijn ook de financiële belangen, de bedrijfsdoelen en de wet- en regelgeving. Wanneer toepassing van sensingsystemen een voordeel biedt hangt dus af van de lokale situatie; van perceel tot perceel dient bepaald te worden wat de lokale variatie is.

Op de weblog <http://precisielandbouw.weblog.nl/precisielandbouw> wordt veel informatie over precisielandbouw toepassingen vergaard en worden vele ervaringen van telers met elkaar uitgewisseld.

Referenties

Buiten, H.J. and Clevers, J.G.P.W. (red), 1990. Remote Sensing, theorie en toepassingen van landobservatie. Pudoc, Wageningen.

Cook, S.E., Corner, R.J., Groves, P.R. and Grealish, G.J., 1996. Use of airborne radiometric data for soil mapping. Aust. J. Soil Res. 34: 183-194.

De Meijer, R.J., 1998. Heavy minerals: from 'Edelstein'to Einstein. J. of Geochemical Expl., 62:81-103.

Kroonen-Backbier, B., Molema, G.J., Achten, V. and Grashoff, K., 2004. Mogelijkheden voor verhoging van de stikstofefficiëntie . Deskstudie in het kader van het project Nutriënten Waterproof LNV-programma's systeeminnovatie open teelten (400-I en 400-III).

McNeill, J.D., 1980. Electromagnetic terrain conductivity measurement at low induction numbers. Tech. Note TN-6. Geonics Ltd., Mississauga.

Van der Graaf, E.R., Koomans, R.L., Limburg, J. and de Vries, K., 2007. In situ radiometric mapping as a proxy of sediment contamination; Assessment of the underlying geochemical and physical principles. Applied Radiation and Isotopes 65 (5): 619-633

Van der Schans, D., Jukkema, J.N., van der Klooster, A., Molenaar, M., Krebbers, H., Korver, R., van Roessel, G.J., Meertens, L., Truiman, J., 2008. Toepassing GPS en GIS in de akkerbouw. Nut en rendement van toepassingen op het gebied van geolandbouw. PPO-rapportnr. 3250062000.

Van Egmond, F.M., Loonstra, E.H. and Linburg, J., 2008. Gamma-ray sensor for topsoil mapping; the Mole.

Leveranciers:

Cropcircle

Mijno van Dijk Mechanisatie
Hemmemaweg 20
9076 PH St. Annaparochie
Tel: 0518 40 22 15
www.mijnovandijk.nl

Greenseeker

Homburg Machinehandel BV
It Noarderfjild 21
9051 BN Stiens
Tel: 0582 57 15 55
www.homburg-holland.com

Yara-N-sensor

Kramp Nederland B.V.
t.a.v. dhr. P. de Haan
Potklei 5
9350AE Leek
Tel: 0594 587550
www.kramp.com

Loris

Agrifirm
t.a.v. mevr. K. Vogelzang
Noordeinde 31
7941 AS Meppel
Tel: 0522 268 911
www.agrifirm.nl

Em38

The Soil Company B.V.
Kadijk 7b
9747 AT Groningen
Tel: 050 577 32 40
www.soilcompany.nl

De 'Mol'

Kadijk 7b
9747 AT Groningen
Tel: 050 577 32 40
www.soilcompany.nl

CropView

Blgg
t.a.v. mevr. P. van Vliet
Mariëndaal 8
6861 WN Oosterbeek
Tel: 026 334 64 35
www.blgg.nl

Mijnakker.nl

Basfood B.V.
De Zaale 11 (Twinning Center)
5612 AJ Eindhoven
Tel: 040 851 42 50
www.mijnakker.nl