



Data-gedreven landbouw

Samenvatting resultaten DISAC R&D PPS 2017 - 2021

Corné Kempenaar, Evert van den Akker, Thomas Been, Johan Booij, Geert Hermans, Dirk de Hoog, Idse Hoving, Jouke Oenema, Bert Philipsen, Jorg Roosma, Fedde Sijbrandij & Matthijs Vonder



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Data-gedreven landbouw

Samenvatting resultaten DISAC R&D PPS 2017 - 2021

Corné Kempenaar¹, Evert van den Akker², Thomas Been¹, Johan Booij¹, Geert Hermans³, Dirk de Hoog¹, Idse Hoving¹, Jouke Oenema¹, Bert Philipsen¹, Jorg Roosma², Fedde Sijbrandij¹ & Matthijs Vonder²

1 Wageningen University & Research

2 TNO

3 ZLTO

DISAC is een cross-over project van de twee topsectoren AgriFood en HTSM. Het onderzoek is uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Agrosysteemkunde en de DISAC project partners in het kader van AgriFood project AF-16191

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, maart 2022

Rapport WPR-1132

Kempenaar, C., van den Akker, E, Been, Th., et al., 2022. *Data-gedreven landbouw; Samenvatting resultaten DISAC R&D PPS 2017 - 2021*. Wageningen Research, Rapport WPR-1132. 34 blz.; 14 fig.; 0 tab.; 0 ref.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/568127>

DISAC staat voor Data-Intensieve AgriFood Chains. DISAC is een publieke private inspanning ter ontwikkeling van digitale toepassingen in ketens van plantaardige producten. Het project is uitgevoerd aan de hand van 3 deelprojecten/use cases, te weten:

- N-sensing: Prototype-ontwikkeling en toetsen van een nieuwe sensoriek en agro-economische N-adviesmodules voor het Gras/Maïs-Signaal (hfdst. 1), inclusief een deel nitraatsensor (hfdst. 2).
- E-pieper: Optimalisatie van kwaliteit in de keten door gebruik te maken van sensoren en data-infrastructuur (hfdst. 3).
- *Connectivity*: Verbeteren decision support modules en interactie met machines (hfdst. 4).

De belangrijkste resultaten van de R&D in DISAC worden samengevat in dit rapport.

Trefwoorden: precisielandbouw, smart farming, sensoren, decision support, data platforms, IoT, data-gedreven

© 2022 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Agrosysteemkunde, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. 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 Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-1132

Foto omslag: Beeld van DISAC samengesteld uit meerdere foto's i.o.v. DISAC project

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Meer grip op gras met GrasSignaal	9
1.1 Inleiding	9
1.2 GrasSignaal	9
1.3 Praktijktest	12
1.4 Bronnen	13
1.5 Informatie	13
1.6 Partners	13
1.7 Contact	13
2 Nitraatsensor	14
2.1 Inleiding	14
2.2 Stikstof meten in de bodem	14
2.3 Principe van de N-sensor	14
2.4 Praktijktest op veengrond	15
2.5 Referentiemetingen	17
2.6 Zuurtegraad van de bodem	18
2.7 Conclusies en aanbevelingen	18
2.8 Informatie	18
2.9 Partners	18
2.10 Contact	18
3 E-pieper Dashboard	19
3.1 Inleiding	19
3.2 Dashboard E-pieper	20
3.3 Modellen	20
3.3.1 Bodemvocht	20
3.3.2 Stikstof	22
3.4 Conclusie	23
3.5 Informatie	23
3.6 Partners	23
3.7 Contact	23
4 Connectivity	24
4.1 Inleiding	24
4.2 Distelherkenning	24
4.3 Communicatie met Kverneland spuit	25
4.4 ISO xml viewer	26
4.5 Precisiebemesting grasland: hoe, wat en waar?	26
4.6 Uitvoering	26
4.7 Conclusie	26
4.8 Informatie	26
4.9 Partners	27
4.10 Contact	27

5	Samenvatting producten en kennisverspreiding	28
5.1	DISAC algemeen	28
5.2	N-Sensing	28
5.3	E-Pieper	30
5.4	Connectivity	31
6	Slotopmerkingen	33

Woord vooraf

Het strategisch onderzoeksproject "Data Intensive Smart Agrifood Chains" (DISAC) is bedoeld om de economische en ecologische duurzaamheid van Nederlandse AgriFood ketens te verbeteren. DISAC is een vierjarige publiek-private samenwerkingsovereenkomst die startte in 2017 en is afgerond in 2021. Het doel is introductie van innovatieve technologieën (sensoren, big data-analyse en IoT) uit o.a. het High Tech Systems & Materials domein.

DISAC is een cross-over samenwerking tussen de topsectoren AgriFood en Holland High Tech. Publieke subsidie voor DISAC komt uit beide topsectoren. Daarnaast hebben een groot aantal bedrijven en organisaties de particuliere investering voor hun rekening genomen.

De focus in de R&D ligt op de ketens van consumptieaardappelen (frites, chips en vers) en ruwvoerproductie (gras) in de zuivel. Door toepassing van sensoren die zo veel mogelijk realtime, objectspecifieke data leveren, en dit in combinatie met innovatieve data-infrastructuren en data-analyse, wordt een betere teelt- en ketensturing mogelijk. Dit is uitgevoerd in 3 deelprojecten/use cases, te weten:

- N-sensing: Prototype-ontwikkeling en toetsen van een nieuwe sensoriek en agro-economische N-adviesmodules voor het Gras/Maïs-Signaal (hfdst. 1), inclusief een deel nitraatsensor (hfdst. 2).
- E-pieper: Optimalisatie van kwaliteit in de keten door gebruik te maken van sensoren en data-infrastructuur (hfdst. 3).
- *Connectivity*: Verbeteren *decision support* modules en interactie met machines (hfdst. 4).

In rapport staan de belangrijkste resultaten en conclusies van de deelprojecten. In hfdst. 5 staan alle acties op gebied van kennisverspreiding. In de afbeelding hieronder staan de partners van DISAC vermeld. Meer informatie over de deelprojecten en de partners is te vinden op de website van DISAC:

<https://www.precisielandbouwprojecten.nl/nl/plb/PL-Projecten/DISAC.htm>.



Samenvatting

DISAC is een cross-over samenwerking van de topsectoren AgriFood en Holland High Tech gericht op ontwikkeling van sleuteltechnologieën voor en toepassingen van digitale landbouw. De focus in de R&D ligt op toepassingen in ketens van consumptieaardappelen (frites, chips en vers) en ruwvoer (gras) in de zuivel. Door toepassing van sensoren die zo veel mogelijk realtime, objectspecifieke data leveren, en dit in combinatie met innovatieve data-infrastructuren en data-analyse, wordt een betere teelt- en ketensturing mogelijk. Dit is uitgevoerd in 3 deelprojecten/use cases, te weten:

- N-sensing: Prototype-ontwikkeling en toetsen van een nieuwe sensoriek en agro-economische N-adviesmodules voor het Gras/Maïs-Signaal, inclusief een deel nitraatsensor;
- E-pieper: Optimalisatie van kwaliteit in de keten door gebruik te maken van sensoren en data-infrastructuur;
- *Connectivity*: Verbeteren decision support modules en interactie met machines.

In het deelproject N-sensing is de webapplicatie GrasSignaal ontwikkeld voor melkveehouders, om te voorspellen hoeveel gras waar staat en wat de kwaliteit hiervan is. Het geeft inzicht in hoeveel gras erbij gaat groeien en hoe de voederwaarde zich gaat ontwikkelen, binnen de weersverwachtingstermijn. Het ruw eiwitgehalte is daarbij een steeds belangrijker gegeven om het gewenste oogstmoment te bepalen en de mestbenutting te optimaliseren. In N-sensing is verder gewerkt aan de ontwikkeling en validatie van sensoren die nitraat in water kunnen meten. Daarbij gaat het om metingen in oppervlaktewater en bodemvocht. De data van de meting zijn dan bruikbaar voor adviesmodellen (decision support) voor bemesting van gewassen. Een werkend prototype is opgeleverd.

Het E-Pieper deelproject heeft inzicht en technologie opgeleverd hoe data via een data-platform bij elkaar gebracht kan worden, gevisualiseerd kan worden voor gebruikers, en slim toegepast kan worden door koppeling met modellen bij de productie van aardappelen. Tijdens validatie op twee praktijkbedrijven werd aangetoond dat door slim gebruik van data beter inzicht in de groei van gewassen verkregen wordt en dat er besparingen mogelijk zijn op gebruik van kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen.

Het Connectivity deelproject gaat over de vraag hoe je data(stromen) in de keten met elkaar kunt verbinden. Er is in twee verschillende cases gefocust op distelherkenning en grasland.

In de distel-case is uitgezocht hoe de informatieketen zou kunnen werken voor het plaatsspecifiek behandelen van distels over meerdere seizoenen. Het doel van dit project is om distels in uien te detecteren en later in andere gewassen te behandelen. Dit project focust zich op de tussenstappen die hiervoor nodig zijn. Het proces, van distel annotatie tot de taakkaart op de Kverneland terminal, wordt uitgelegd in een filmpje: <https://youtu.be/7JVT5uRC69c>.

In de grasland-case is uitgezocht hoe de informatieketen zou kunnen werken naar wegen voor precisiebemesting op grasland. Bij maatschap Kroes in Katlijk is vanaf 2017 in de projecten Grass4Farming (opdrachtgever loonbedrijf Thijssen i.s.m. Hogeschool Van Hall Larenstein en Agrifirm Plant) en het deelproject Connectivity van de PPS DISAC geoefend met precisiebemesting binnen graslandpercelen op basis van met sensoren gemeten plaats- en tijd specifieke bodem (Veris scan) en gewasinformatie. De eerste twee jaar is op de Dairy Campus en bij Kroes vooral gewerkt aan een 'proof of concept' voor strategieën (King John en Robin Hood) voor precisiebemesting binnen percelen. Met wisselend succes. Vergeleken met de ervaringen in de Akkerbouw staat precisiebemesting op grasland nog in de kinderschoenen. Het onderzoek heeft een grote data-set opgeleverd die verder onderzocht wordt in de PPS Precisielandbouw 4.0.

1 Meer grip op gras met GrasSignaal

1.1 Inleiding

In het deelproject N-sensing van DISAC is de webapplicatie GrasSignaal ontwikkeld voor melkveehouders, om te voorspellen hoeveel gras waar staat en wat de kwaliteit hiervan is. Het geeft inzicht in hoeveel gras erbij gaat groeien en hoe de voederwaarde zich gaat ontwikkelen, binnen de weersverwachtingstermijn. Het ruw eiwitgehalte is daarbij een steeds belangrijker gegeven om het gewenste oogstmoment te bepalen en de mestbenutting te optimaliseren.

Met het grasgroeimodel GRAS2007 (Holshof en van den Pol, 2014) kon in grote lijnen de groei van gras op een melkveehouderij worden voorspeld, maar nog niet voor operationele doeleinden. Door het groeimodel te koppelen met geodata betreffende bodem, hydrologie en weersgegevens en actuele data over bemesting en graslandgebruik kan nu op perceelsniveau per snede voorspeld worden wat het grasaanbod is. Daardoor kan een melkveehouder veel preciezer maatregelen nemen om de grasopbrengst, de kwaliteit en het nutriëntengebruik te optimaliseren. Bovendien is een techniek ontwikkeld om de voorspelling van het grasaanbod te verbeteren met drone- of satellietbeelden.

1.2 GrasSignaal

De applicatie GrasSignaal berekent op dagbasis de potentiële opbrengst en groei van gras. Voor groei zijn de volgende parameters het belangrijkste: het stikstofleverend vermogen van de grond (NLV), stikstofbemesting in de vorm van kunstmest en drijfmest, de luchttemperatuur en de actuele bodemvochttoestand.

GrasSignaal maakt gebruik van GRAS2007, een stochastisch model van Wageningen Livestock Research dat gebaseerd is op alle groeiverloopprouwen die de laatste decennia zijn uitgevoerd. Het model geeft een goede voorspelling van de grasgroei op goede cultuurgraslanden (80-100% Engels raaigras), maar ook voor graslanden met een meer gevarieerd grassenbestand, die lager gewaardeerd worden.

De potentiële grasgroei wordt gecorrigeerd voor een overmaat aan vocht of droogte. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van WATBALsig van Wageningen Environmental Research. WATBALsig is een relatief eenvoudig waterbalansmodel voor een onverzadigd-verzadigd bodemprofiel. Het is afgeleid van het WATBAL-model (Berghuis-van Dijk, 1985).

GrasSignaal is *webbased* om automatische datakoppelingen voor bodemfysica, hydrologische kenmerken en weerdata mogelijk te maken. Die zijn noodzakelijk om een bodemvochtbalans te kunnen berekenen. Voor de bodemfysica wordt gebruik gemaakt van de BOFEK-kaart, die afgeleid is van de 1:50.000 bodemkaart en de zogenaamd Staringreeks bouwstenen weergeeft voor de boven- en ondergrond (Wösten et al., 2013).

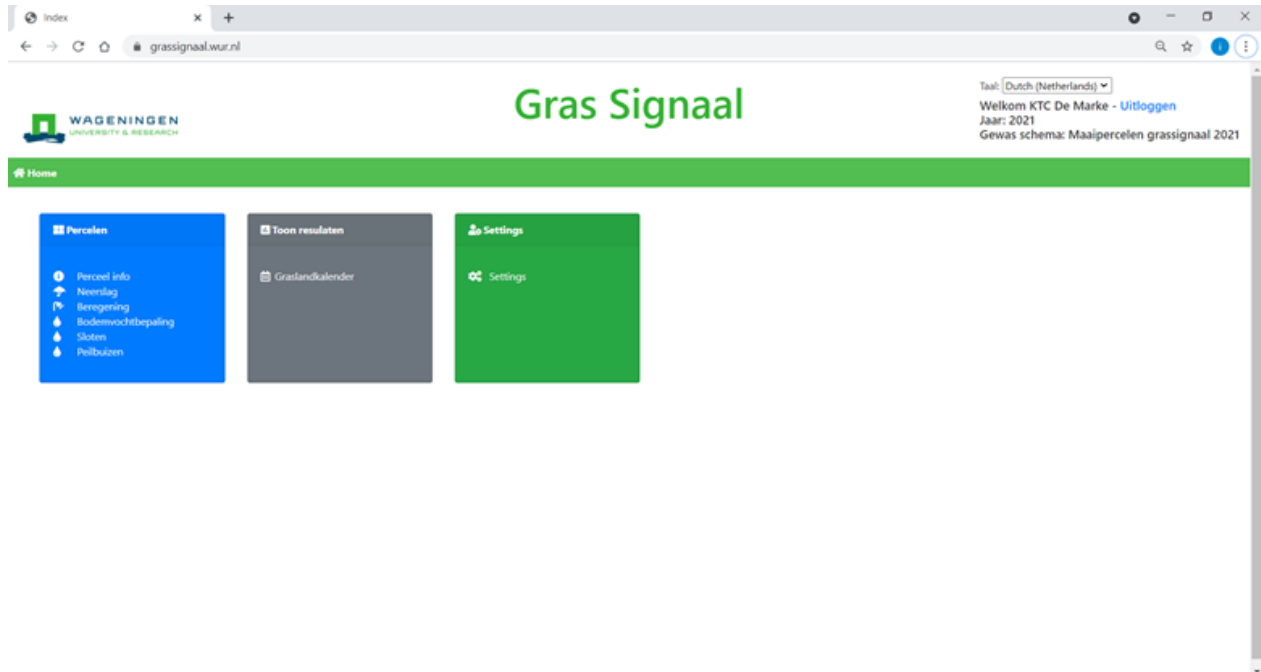
Voor de weerdata (historisch en verwachting) wordt gebruik gemaakt van IBM-weerdata die beschikbaar is via Akkerweb. De historische neerslag wordt betrokken van radardata (grid van 2,4 km). Voor gewasverdamping, welke berekend wordt door het KNMI, wordt gebruik gemaakt van de formule van Makkink.

In GrasSignaal worden de stikstofgift en het oogsttijdstip per snede in een graslandkalender ingevoerd. De graslandkalender is bij melkveehouders bekend om het graslandgebruik te plannen. Dezelfde digitale kalender wordt ook gebruikt om de resultaten van de voorspelde grasgroei te tonen. Als uitvoer berekent het programma de cumulatieve bruto en netto biomassa in droge stof, de hoeveelheid grasgroei per dag en het ruw eiwitgehalte (RE) van vers gras per dag.

In Figuur 1 - 4 staan de belangrijkste schermen waaruit GrasSignaal bestaat.

Startscherf

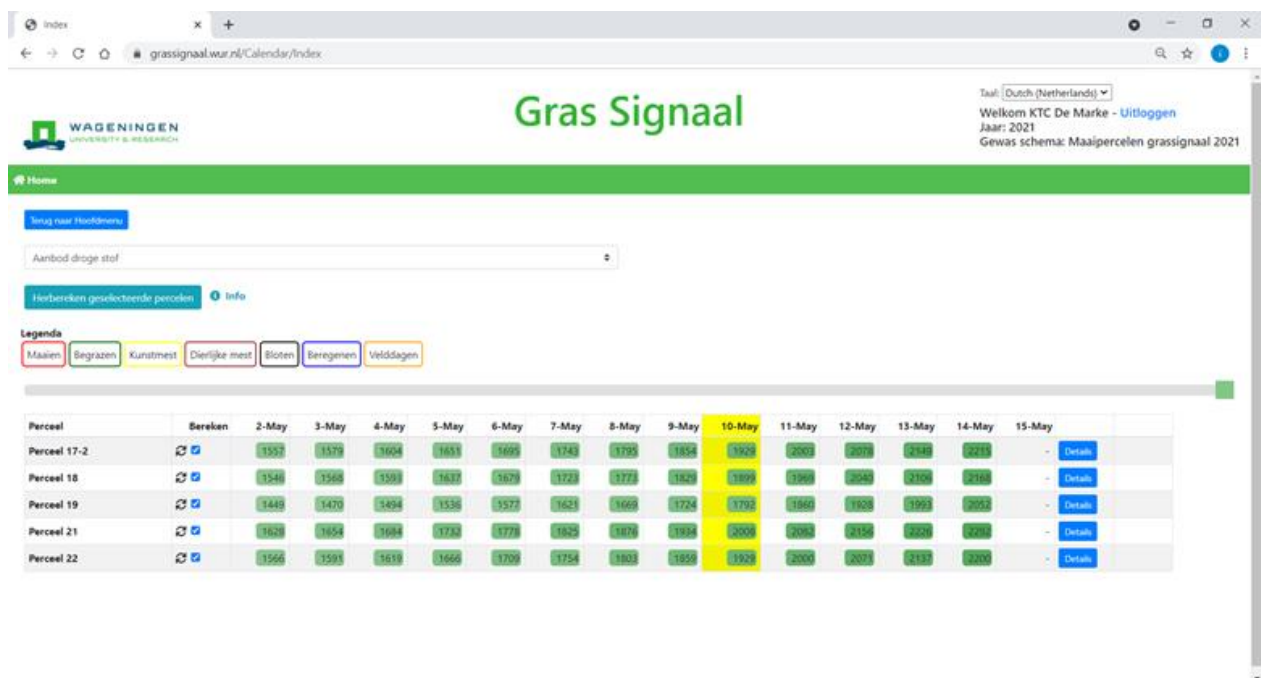
- Basisdata NLV, worteldiepte, bodem, hydrologie en neerslag
- Berekening
- Metingen slootpeil, bodemvocht wortelzone en grondwaterpeil



Figuur 1 Startscherf

Graslandkalender

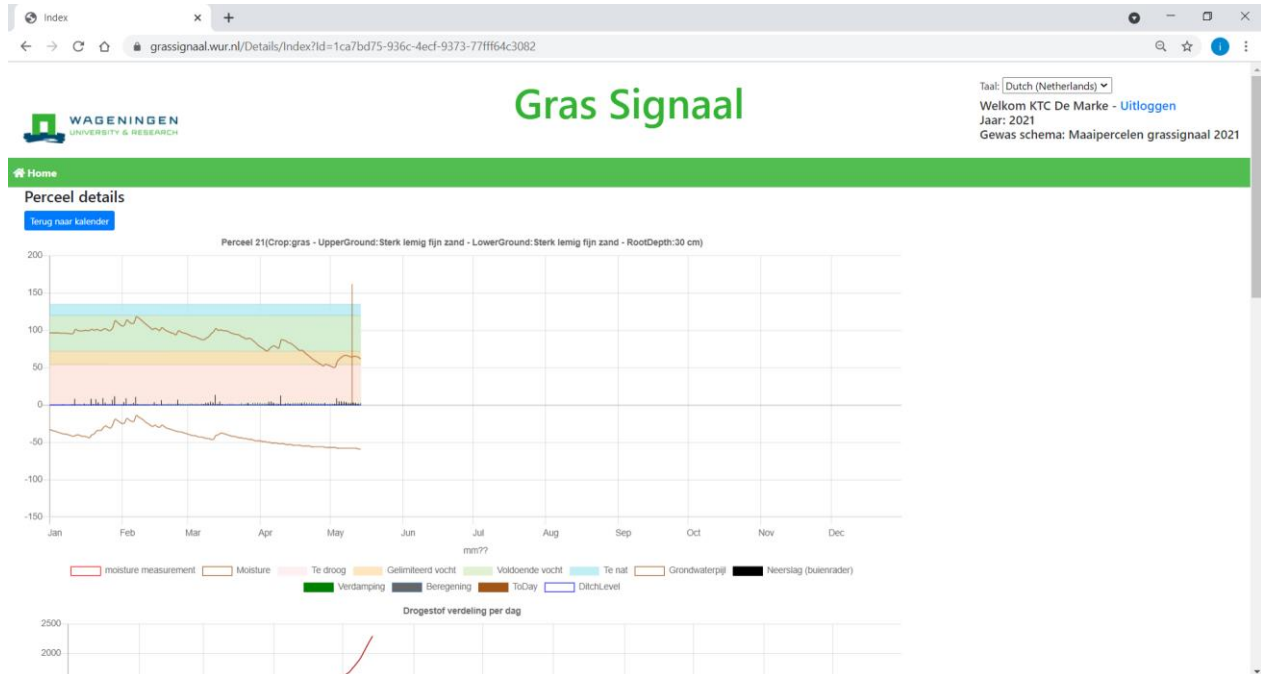
- Invoer bemesting en graslandgebruik
- Uitvoer grasaanbod, groei per dag en voederwaarde kenmerken



Figuur 2 Graslandkalender

Details per perceel

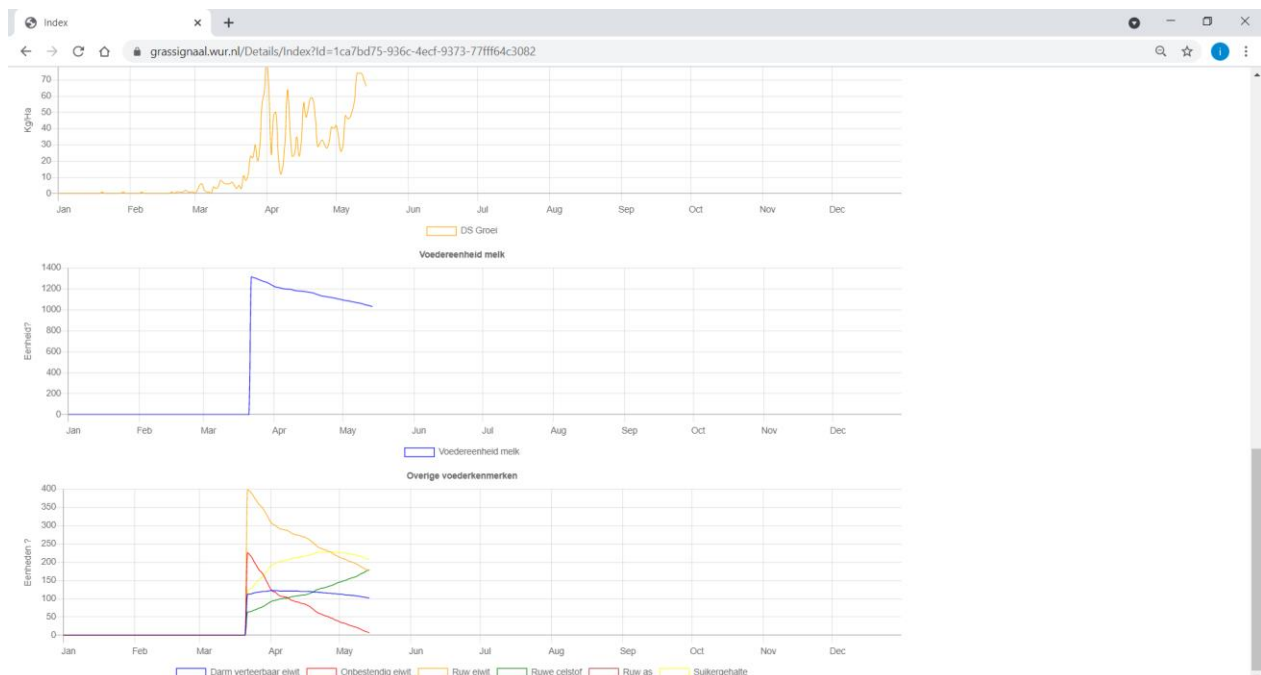
- Vier zones bodemvocht-toestand
- Bodemvocht-hoeveelheid wortelzone
- Neerslag
- Verdamping
- Beregening
- Grondwaterpeil



Figuur 3 Details per perceel

Details per perceel

- Groei per dag
- Voedereenheid melk
- Overig voederkenmerken



Figuur 4 Details per perceel

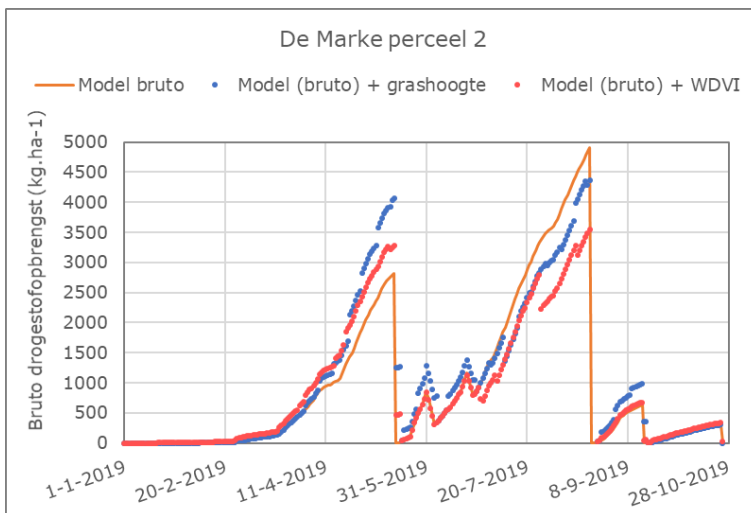
1.3 Praktijktest

Op vijf melkveebedrijven en melkveeproefbedrijf De Marke is in 2019 het prototype van GrasSignaal getest, nog met een simpel bodemvochtmodel en niet het geavanceerdere WATBALsig dat nu beschikbaar is. De resultaten staan hier: <https://edepot.wur.nl/529454>.

In de test zijn de schattingen van het model voor drogestofopbrengst en ruw eiwitgehalte vergeleken met grashoogtemetingen en vers grasanalyses. De voorspelling van grasopbrengsten en ruwe eiwitgehalten gaf een wisselend beeld, met soms een goede benadering van de werkelijkheid, maar soms ook duidelijke afwijkingen.

De grasopbrengsten voor maaisneden werden naar tevredenheid voorspeld. De combinatie met beweiding was lastiger. Het bleek moeilijk de dagelijkse grasopname te voorspellen, waardoor de weiderest niet goed kon worden benaderd. Onderschatting van de grasopname resulteerde in een hogere berekende weiderest. Daardoor werd de grasopbrengst van een volgende snede overschat. Voor eiwit werd het gehalte vooral in relatief jong gras overschat.

De nauwkeurigheid van de groeivoorspelling verbetert door modeluitkomsten te combineren met actuele metingen in het veld (grashoogte) of op afstand (drone- of satellietbeelden). Ter illustratie staan in **Figuur 5** de basis groeivoorspelling en het gecorrigeerde opbrengstverloop. Deze zijn gebaseerd op grashoogte en satellietbeelden (vegetatie-index WDVI) van grassneden voor perceel 2 van De Marke. De connectie met satellietbeelden is dit jaar geautomatiseerd.



Figuur 5 Bruto opbrengstverloop volgens het basis groeimodel en de gecorrigeerde opbrengst op basis van grashoogte en satellietbeelden (biomassa index WDVI) voor achtereenvolgende sneden voor perceel 2 van De Marke. Graslandgebruik weiden (W) en maaien

Figuur 5 laat zien dat de grashoogtemetingen en WDVI de bruto grasopbrengst in dezelfde richting corrigeren (liggen beide boven of onder de grasopbrengst volgens het basis groeimodel) en dat de gecorrigeerde groeiverlopen relatief geleidelijk verlopen zonder grote opbrengstverschuivingen op het moment van een meting, uitgezonderd de correctie op basis van WDVI begin augustus halverwege de groei van de vierde snede.

We concluderen dat grasgroeivoorspelling perspectief heeft om door te ontwikkelen naar de praktijk. Het prototype GrasSignaal biedt een goede basis om dit verder operationeel te maken. Het concept om modelmatig voorspelde groei te corrigeren met grashoogte en $WDVI_{red}$ bleek te functioneren en is noodzakelijk om de werkelijkheid goed te benaderen. GrasSignaal is technisch gereed en zal als webapplicatie op het dashboard van Farmmaps (volgende generatie van Akkerweb) komen te draaien en voor melkveehouders beschikbaar komen. Het wordt in 2021 ingezet op 8-9 melkveebedrijven in het graslandproject CH4/NH3 reductie.

1.4 Bronnen

Berghuis-van Dijk, J. T., 1985 WATBAL: Een eenvoudig waterbalansmodel voor een onverzadigd-verzadigd bodemprofiel. Instituut voor onderzoek naar land- en waterbeheer, Wageningen, noot nr. 1670. 23 p.

Hoving, I.E., J. van Riel, G. Holshof, M. Plomp, S. Agricola, K. van Boheemen en G. Roerink, 2019. Schatten van grasopbrengst op basis van spectrale reflectie, grashoogte en modellering; *Onderzoeksresultaten van een maaiproef op zand- klei en veengrond 2016-2017*. Wageningen Livestock Research, Report 1200.

Holshof, G., van den Pol-van Dasselaar, A., 2014. Modelling DM growth of multi-species grassland plots in the Netherlands. *Grassland Science in Europe*, Vol. 19, 725-727.

Wösten, J.H.M., Vries, F., de Hoogland, T., Massop, H.T.L., Veldhuizen, A.A., Vroon, H.R.J., Wesseling, J.G., Heijkers, J., Bolman, A. 2012. BOFEK2012, de nieuwe, bodemfysische schematisatie van Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2387.

1.5 Informatie

Over GrasSignaal is een video gemaakt die het programma in beeld brengt en toelicht. Zie de volgende link: <https://www.youtube.com/watch?v=QNH1fSGAdU8>.

Gedurende 2021 zal GrasSignaal als testversie op het dashboard op Farmmaps ter beschikking gesteld worden.

1.6 Partners

GrasSignaal is ontwikkeld in opdracht van en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en gefinancierd door ZuivelNL in het kader van Amazing Grazing (Publiek-Private Samenwerking) en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en gefinancierd door ZLTO, Eurofins, John Deere, Kverneland/Kubota, Yara en Barenburg in het kader van DISAC N-sensing (Publiek-Private Samenwerking).

1.7 Contact

E-mail	Mobile	Kennisinstelling
idse.hoving@wur.nl	0317-480365	Wageningen Livestock Research (WUR)
bert.philipsen@wur.nl	0317-480731	Wageningen Livestock Research (WUR)

2 Nitraatsensor

2.1 Inleiding

In het deelproject N-sensing is gewerkt aan de ontwikkeling en validatie van sensoren die nitraat in water kunnen meten. Daarbij gaat het om metingen in oppervlaktewater en bodemvocht. De data van de meting zijn dan bruikbaar voor adviesmodellen (decision support) voor bemesting van gewassen. Daarnaast dragen ze bij aan bewustwording van emissies van nitraat naar het milieu.

2.2 Stikstof meten in de bodem

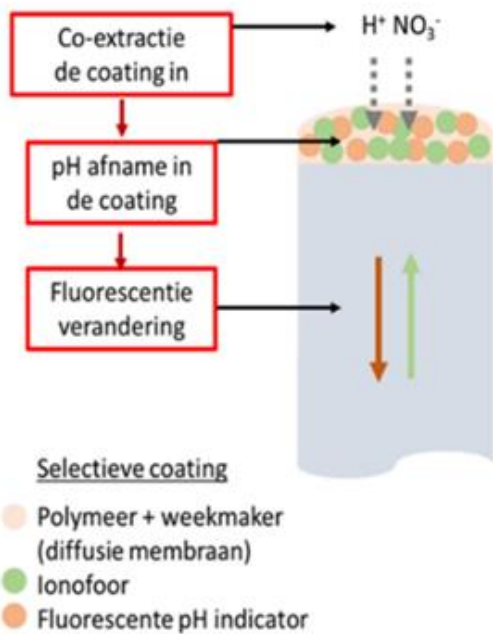
Door mineralisatie van organische stof in de bodem komt stikstof vrij voor grasgroei. Voor een goede mineralenbenutting is het essentieel om hier rekening mee te houden. Bodemanalyses geven een inschatting van het stikstofleverend vermogen (NLV), maar dit is slechts een grove schatting. Gras wordt meerdere sneden achter elkaar bemest en het is zodoende gewenst om te weten hoeveel stikstof wanneer vrijkomt. Bodemvocht en temperatuur zijn hierbij belangrijke factoren.

Een goede nitraatmeting in de bodem biedt meerwaarde voor:

- Preciezer bemesten
- Minder verliezen
- Minder kosten voor meststoffen
- Minder belasting van het grondwater door meststoffen
- Beter voorspelbaar eiwitgehalte in het gras (t.b.v. diervoeding)

2.3 Principe van de N-sensor

Op het uiteinde van een fiber-optische sensorprobe is een selectieve polymere coating aangebracht. De sensorprobe wordt in de bodem geplaatst. In de polymere coating vindt co-extractie van ionen plaats. Een zogenaamde ionofoor zorgt voor extractie van nitraat in de coating. De lading blijft neutraal doordat met elk anion een proton meegaat. Hierdoor verandert de zuurtegraad in de coating, waardoor de eigenschappen van een aanwezige indicator veranderen. Deze verandering in de coating (fluorescentie) wordt gemeten door de meetunit bovengronds, die via een lichtgeleidende fiber met de sensorprobe verbonden is. Alleen opgelost nitraat komt via het bodemvocht in contact met de coating. Dit is vergelijkbaar met de opname van nitraat door de plant.



Figuur 6 Schematische weergave van de nitraatsensor

2.4 Praktijktest op veengrond

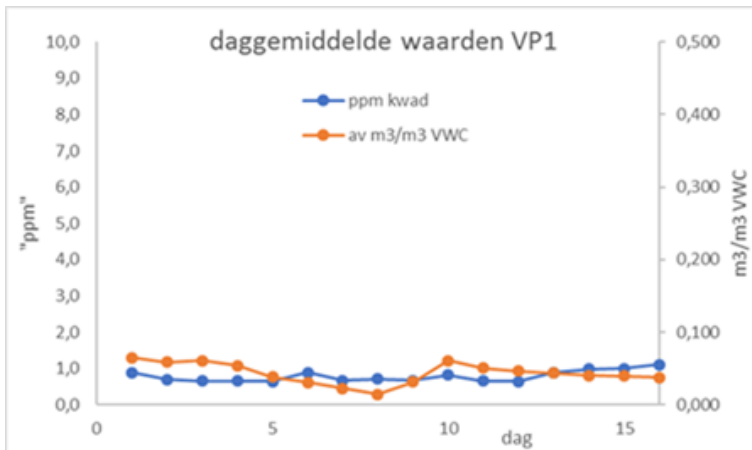
De optische nitraatsensor is getest op een maaiproef bij melkveepr oefbedrijf KTC Zegveld (veengrond). De doelstelling was om praktijkervaring op te doen met een eerste demonstrator/prototype van deze N-sensor, voor trendmonitoring van nitraat in het wortelmilieu van grasland. De energievoorziening werd verzorgd door een accu, gevoed door een zonnepaneel.

De meetprobe met de nitraatgevoelige coating bevond zich circa 15 cm onder het maaiveld.



Figuur 7 Proefopstelling

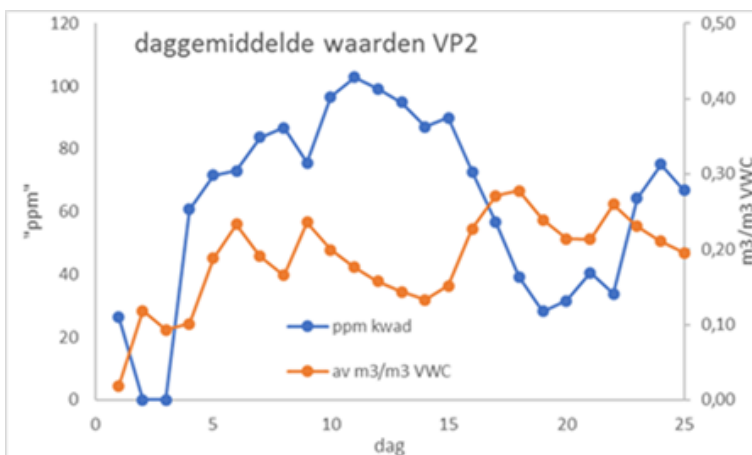
Elk half uur werd kort gemeten, waarna de meetdata lokaal werd opgeslagen. Eens per dag werd automatisch een sms gestuurd om de actuele meetdata en accuspanning op te halen. De data is verwerkt tot daggemiddelde waarden.



Figuur 8 Daggemiddelden

In de eerste veldproef periode (VP1) werd door droogte geen nitraat gemeten en dit was conform de verwachting. De dataset uit deze periode was wel bruikbaar voor het ontwikkelen van een temperatuurcorrectie voor de data. Deze is toegepast op data uit de volgende twee periodes.

De daggemiddelde meetwaarden zijn gekalibreerd aan de hand van laboratoriumbepalingen. De kalibratie is op dit moment nog vrij eenvoudig, vooral omdat er geen referentiewaarden voor nitraat beschikbaar waren bij deze veldproef. Door het ontbreken van een beschermende coating, was er mogelijk invloed van humuszuren.



Figuur 9 Gekalibreerde daggemiddelden

Ook de correctie voor chloride was hier nog niet geïmplementeerd. Hierdoor is er nog onzekerheid over de absolute waarde. Vandaar dat de nitraatgehaltes nog in arbitraire eenheden (au) zijn weergegeven als mate van lichtopbrengst.

Vanwege de nog vrij eenvoudige kalibratie en de correcties die nog beter uitgevoerd moeten worden, overschatten de meetwaarden waarschijnlijk de werkelijkheid. De nitraatwaarden geven wel duidelijk de trend in de drie proefperiodes weer. Als het vochtgehalte laag is wordt geen nitraat gemeten (VP1), en als het vochtgehalte toeneemt wordt initieel een toename van het nitraatgehalte gezien, gevolgd door een afname als gevolg van opname door de plant (VP2, VP3).



Figuur 10 Daggemiddelde waarden

Met name in de data van de tweede proefperiode (VP2) is goed te zien dat al na een aantal dagen na de eerste regenbuien het nitraatgehalte toeneemt door N-mineralisatie in de bodem, gevolgd door een afname vanwege de stikstofopname door gras.

2.5 Referentiemetingen

In de veldproef op veengrond zijn in eerste instantie geen referentiemetingen meegenomen. De weergegeven data zijn trends. De weergegeven nitraatconcentraties zijn gebaseerd op kalibratie in het lab. Er is geprobeerd om de sensor te kalibreren met referentiemonsters. Voor het nemen van de referentiemonsters zijn twee methodes gebruikt. De eerste methode is gebaseerd op een poreuze samplerbuis in de grond. Hiermee kan een hoeveelheid vocht worden onttrokken aan de bodem m.b.v. het aanbrengen van onderdruk met een injectiespuit. De onderdruk wordt aangebracht over 24 uur. Deze methode zou een ideale referentie moeten zijn voor plantbeschikbare nutriënten doordat er bodemvocht wordt bemonsterd.



Figuur 11 Referentiemeting met poreuze samplerbuis

Bij de tweede methode is er een hoeveelheid grond geëxtraheerd in 0,01M CaCl₂ oplossing. Deze methode zal het totaal nitraatgehalte opleveren. Helaas is het met beide methodes niet gelukt om de sensor in het veld te kalibreren.

2.6 Zuurtegraad van de bodem

De gevoeligheid van de N-sensor is afhankelijk van de zuurtegraad. De eigenschappen van de nitraatgevoelige coating zijn daarvoor aangepast aan de lichtzure pH van veengrond. Om ook in andere grondsoorten/pH te kunnen meten, zijn er al wel twee andere coatings ontwikkeld. Deze zijn echter nog niet succesvol getest in het veld.

2.7 Conclusies en aanbevelingen

In dit project is gewerkt aan een sensor voor het meten van plantbeschikbaar nitraat in de bodem. Tijdens de ontwikkelingsfase in het laboratorium zijn de kalibratie en proef metingen uitgevoerd in waterige oplossingen. De veldproef op veengrond heeft laten zien dat het niet eenvoudig is om een één-op-één vertaling te maken naar het meten in grond, of meer specifiek: het wortelmilieu van gras. Zowel de nitraat beschikbare referentiemethode, als de N-totaal referentiemethode konden niet worden gebruikt om de sensorsignalen te vertalen naar een realistische nitraat of stikstofwaarde.

Het ontwikkelen van een nitraatgevoelige coating is maatwerk. Elke grondsoort heeft zijn eigen pH. Hier zal de sensorcoating voor moeten worden aangepast voor het verkrijgen van optimale gevoeligheid. Ook de temperatuurcorrectie en de kalibratie zal daarvoor moeten worden aangepast.

De veldproef op veengrond heeft een aantal waardevolle resultaten opgeleverd. Er is een duidelijk trend waarneembaar na een periode van regenval. Eerst een toename van nitraat, daarna weer een afname. De N-sensor lijkt de stikstofmineralisatie in het wortelmilieu van gras te monitoren. In droge grond is er geen sensor response. De sensor coating is nog steeds bruikbaar na een lange periode in droge omstandigheden. Alleen opgelost nitraat komt via het bodemvocht in contact met de coating, vergelijkbaar met de opname van nitraat door de plant.

Een duidelijk verband tussen de sensoruitslag en plantbeschikbaar nitraat zal in eventueel vervolg onderzoek nog nader onderzocht moeten worden. Voor trendanalyses op veengrond is de sensor al wel geschikt.

TNO is bezig om te kijken of de N-sensor ook kan worden ingezet in andere toepassingsgebieden. Hierbij kan gedacht worden aan oppervlakte water. Ook zal er onderzocht worden of de sensor geschikt is voor het meten van nitraat in regenwater.

2.8 Informatie

Over de N-Sensor is een animatiefilm gemaakt: <https://youtu.be/j92pHXhFgcM>

2.9 Partners

De nitraatsensor is gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en medegefinancierd door ZLTO, Eurofins, John Deere, Kverneland/Kubota, Yara en Barenburg in het kader van DISAC PPS.

2.10 Contact

E-mail	Mobile	Kennisinstelling
Jorg.Roosma@TNO.nl	06-27118983	TNO

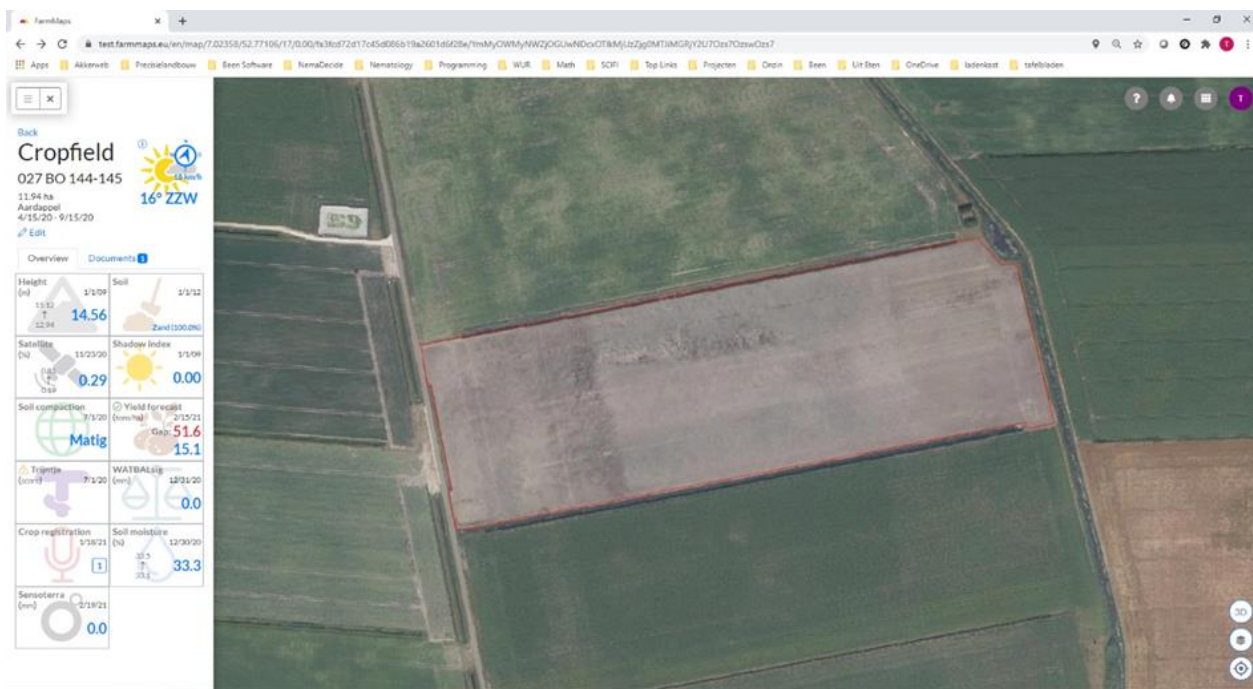
3 E-pieper Dashboard

3.1 Inleiding

In 2017 is het E-pieper onderzoek begonnen met het op een rij zetten van beschikbare databronnen voor de boer, beschikbare modellen en informatiesystemen. Daaruit is een selectie gemaakt voor een minimale benodigde dataset voor datagestuurd telen. Tevens zijn voorstellen gedaan voor een architectuur (data-infrastructuur) om de verschillende databronnen samen te brengen.

Daaropvolgend ging het inhoudelijke E-pieper onderzoek van start in 2018 met twee aardappeltelers. Om het voor de deelnemende telers praktisch te maken werden ze begeleid in het toepassen van de nieuwste technieken om de aardappelteelt te optimaliseren. Voorbeelden zijn plaatsspecifieke toepassingen van herbiciden, stikstof en loofdoeding, variabel poten, Late Blight en aaltjesmanagement. Voor die toepassingen werden verschillende brondata verzameld om zo al een start te maken met het vergaren van een minimale dataset.

Met het brede consortium van agri(tech)business, boeren en onderzoekers kon goed ingegaan worden op de wensen van telers naar welke gegevens of informatie zij op dit moment missen en oer deze voor hen toegankelijk te maken.



Figuur 12 Het telersdashboard op perceelsniveau. De door de teler gekozen widgets geven informatie, alerts bij calamiteiten en toegang tot uitgebreidere informatie

Er is vanuit het onderzoek een lijst met mogelijkheden aangedragen. Hieruit werden de onderwerpen gekozen die de hoogste impact zouden hebben om de teelt van aardappelen verder te optimaliseren. Vanuit deze lijst werden uiteindelijk twee onderwerpen gekozen, namelijk de vochtbalans van de bodem en de stikstofhuishouding. Verder werd er besloten voor de ontwikkeling van een dashboard dat zowel data en informatie uit modellen op een overzichtelijke manier samenbrengt om aardappeltelers te ondersteunen in het optimaliseren van hun teelt. Binnen het project DISAC E-pieper bekeken onderzoekers hoe telers deze modellen binnen het dashboard worden gebruikt en hoe deze te verbeteren zijn.

Tijdens testsessies is met de telers gediscussieerd over het nut van dergelijke widgets, welke vragen zij graag beantwoord willen hebben en hoe de informatie gepresenteerd moet worden. In grafieken, instelbare alerts, met stoplichtkleuren percelen op het bedrijf inkleuren, koppelingen met taakkaarten-modules, et cetera.

Leerpunt is vooral om het platform en de presentatie van informatie zo eenvoudig mogelijk te houden. Geef in één oogopslag weer welke percelen aandacht behoeven en wat een teler daar moet doen (beregenen, bemesten, gewasbeschermingsmiddelen toedienen of extra waarnemingen doen). Aan de hand van de feedback werden continu verbeteringen aan het dashboard toegevoegd.

3.2 Dashboard E-pieper

Het platform Farmmaps (Akkerweb 3.0) dat als basis dient achter het E-pieper dashboard brengt allerlei data-bronnen met gegevens van percelen bij elkaar. Denk aan weerdata, teeltdata, bodemdata, satellietdata, etc. Het maakt daarnaast ook connectie met kennismodules die door WUR ontwikkeld zijn. Denk hierbij aan bijv. diverse gewasgroeimodellen, zoals TIPSTAR, Grassignaal, Lintul en WOFOST, maar ook hydrologische bodemvochtmodellen, zoals WATBAL. In diverse projecten werken onderzoekers aan het fundamenteel verbeteren van die modellen om ze geschikt te maken voor de diverse aardappelteelten. Omdat het platform is uitgerust met open ID kunnen telers zelf eigen accounts aanmaken en hun data aan hun account toevoegen. Dit geeft de mogelijkheid om het ontwikkelde E-pieper dashboard te integreren met de bestaande databronnen en het aan een willekeurig aantal telers ter beschikking te stellen. Over het E-pieper dashboard is een video gemaakt die een overzicht geeft van wat het dashboard kan.

[https://www.youtube.com/watch?v=podG4Zi-EzY&feature=emb_title]

3.3 Modellen

Binnen het project DISAC E-pieper is vooral gekeken hoe die modellen toegepast kunnen worden in de praktijk, om de teelt van aardappelen met behulp van data te optimaliseren. Er zijn verschillende modellen operabel gemaakt en datastromen aangeboord om zowel bodemvocht als stikstof te bepalen.

3.3.1 Bodemvocht

Bodemvocht wordt steeds belangrijker. In de afgelopen jaren is het watertekort in het gewas gedurende het seizoen een steeds belangrijkere bron van problemen geworden. Om aan geschikte informatie betreffende water te komen zijn verschillende bronnen van informatie toegankelijk gemaakt voor de teler.

IBM WEATHER

Het IBM weer is een samenvoeging van drie weer providers: Blue Thunder (IBM), The Weather Underground and The Weather Company. Het weer is gebaseerd op duizenden meetpunten in Nederland alleen al. Er draaien meer dan 100 weer modellen die elke 14 dagen worden gevalideerd aan de werkelijkheid waarna de modellen die in een land het beste voorspellen meer gewicht krijgen in het assemblee. Het huidige en toekomstige weer komt in zeer hoge definitie van 500 bij 500 m waardoor elk perceel zijn eigen weersvoorspelling krijgt. Klikken op de widget geeft toegang toe een 11 dagen weersoverzicht, een uur overzicht en een sommatie van de neerslag van de laatste 5 dagen en wat er in de volgende vijf dagen kan worden verwacht.

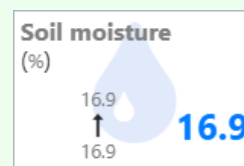


BUIENRADAR

Hoe goed de weermodellen ook zijn, hun zwakste punt is het voorspellen van de neerslag. Om dit onderdeel van de gegevens te verbeteren wordt voor Nederland de buienradargegevens toegevoegd aan het door IBM geleverde weer.

VANDERSAT BODEMVOCHT

VanderSat levert sinds enkele jaren wereldomspannend het bodemvocht in de bovenste 5 tot 7 cm van de bouwvoor. Dit is gebaseerd op ultrakorte golf sensoren vanuit satellieten die dwars door zowel het wolkendek als de vegetatie kunnen kijken. Gemiddeld ééns in de twee dagen komen er nieuwe data binnen. Het resultaat is het percentage vocht in de bovenste 5 cm grond waardoor kan worden afgelezen of de grond inderdaad een regenbui heeft gehad en of het te vochtig is om te bewerken. De widget presenteert het gemiddelde vochtpercentage plus de Min, Max waarde. Klik op de Widget en kijk naar de bodemvochtkaart van het perceel. Er kan door de tijd worden gebladerd of een grafiek worden getoond met het verloop van het bodemvocht in de tijd.



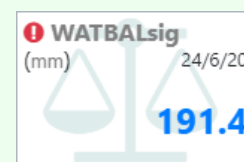
TIPSTAR: EEN AARDAPPEL GEWASGROEI MODEL

Het model berekend de groei van het aardappelgewas en doet dat onder andere op basis van het bodemvocht. Het model berekend hoeveel water de groeiende plant ter beschikking staat en of dit voldoende is voor de optimale groei. De widget zelf geeft aan wat de verwachte productie is en wat de mogelijke productie is. Alerts worden ruim van tevoren gegeven als er een vochttekort dreigt op te treden. Een klik op de widget geeft een opbrengstvoorspelling van het aardappelras. Hij geeft de groeicurve over het hele seizoen gebaseerd op het weer – het echte weer tot nu, het voorspelde weer tot 15 dagen en het resterende weer tot de oogstdatum op basis van 30 jaar historische weersgegevens. De widget geeft de mogelijke opbrengst (zonder water- en stikstofstress) en de verwachte opbrengst met water en stikstof als beperkende factor. Irrigatie kan met de hand worden toegevoegd of komt via een verbinding met de BMS'en uit het AgroVision of Dacom teelpakket. Het model maakt gebruik van het vroegrijpheidscijfer, opkomstdatum en de diepte van beworteling van uw perceel. Hierdoor wordt de voorspelling nog beter.



WATBAL: WATER BALANCE MODEL

Dit is het nieuwe waterbalans model van de WUR, een uitgebreid model dat voor verschillende gewassen, waar onder andere aardappelen, kan berekenen wat de vochttoestand van de bodem onder het gewas is. Het gebruikt hiervoor uiteraard het weer, maar ook de informatie die uit openbare data (BOFEK) wordt aangedragen, inclusief de aanwezigheid en grootte van sloten, watertrappen, grondsoort, etc. Aan de hand van die gegevens rekent het model een vochtbalans uit voor gestelde grondsoort en gewas en voorspelt de hoeveelheid beschikbaar vocht plus 5 dagen weersvoorspelling. Klik op de app en kijk voor meer informatie naar de verschillende tabbladen: bodemvocht, neerslag, verdamping en grondwater. Een lijn in de bodemvocht grafiek moet in het juiste interval gehouden worden. De widget geeft drie dagen van tevoren een alert als het gewas water tekort komt. Er komt een koppeling met het waterbalansmodel naar een beregeningsadviesmodel, zodat U via deze widget naar het Beregeningssignaal kunnen doorschakelen.



IOT SENSOREN: DIRECT METEN IN HET VELD

Zowel push als pull functionaliteit is ingebouwd zodat beide soorten sensoren binnen Farmmaps kunnen worden uitgelezen. In eerste instantie zijn GeoBas en Sensoterra sensoren aan het systeem aangesloten. Farmmaps levert QR-codes om deze sensoren tussen de teler en Farmmaps te verbinden. Deze functionaliteit zit nog in het teststadium maar wordt dit jaar productierijp.

3.3.2 Stikstof

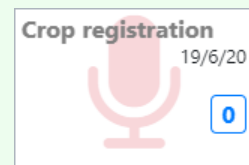
Voor informatie over stikstofopname of voorraad in de bodem zijn ook verschillende mogelijkheden geïmplementeerd. Zo kunnen gemeten stikstofbepalingen worden ingelezen vanuit Eurofins en toepassingen vanuit de BMS'en, kan de stikstofinhoud van de aardappelplant worden afgeleid uit biomassa beelden uit satellieten en kan via TIPSTAR de stikstofinhoud van de bodem worden berekend.

E-LAB BERICHT MET EUROFINS

Het E-lab format is een standard binnen het agrarische bedrijfsleven om laboratoriumuitslagen uit te wisselen. Hiermee kan de teler de uitslagen van stikstof bepalingen in het voorjaar automatisch ophalen naar zijn FarmMaps account – gekoppeld aan het juiste perceel. Daarmee kan de teler snel uitslagen terugvinden. Ook kunnen deze data als basis dienen voor een gewasgroeimodel.

EDI TEELT BERICHTEN

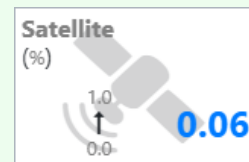
De EDI-teeltberichten zijn een standard voor de informatie uitwisseling van bouwplannen, adviezen en, in dit kader het meest belangrijke, het teeltbericht. Hiermee kan de teler onder andere zijn stikstofgiften die hij heeft uitgevoerd en gelogd in bijvoorbeeld zijn bedrijfsmanagement systeem (BMS) automatisch naar het E-pieper dashboard halen. De data zijn te zien in de Crop registration widget. Registreer hier handmatig uw meststoffen, irrigatie en toegepaste bestrijdingsmiddelen. Als U een eigen BMS gebruikt van Agrovision en Dacom kunt U binnenkort deze gegevens automatisch ophalen uit deze systemen als U Akkerweb hiervoor machtigt. Gebruik deze app nu alleen voor stikstof en irrigatie om bij teelt van aardappelen het aardappelgroeimodel te voeden. De widget geeft het aantal registraties aan en de datum de laatste registratie. Een verandering of toevoeging in stikstof of berekening start een herberekening van het groeimodel Tipstar voor aardappelen op.



BIOMASSA KAARTEN

Biomassa data, afkomstig van satellieten worden automatisch opgehaald voor het aardappelperceel. De data bestaan uit een kleuren beeld (RGB), de NDVI en de WdVI biomassa-indexen. De widget kijkt elke dag of er een nieuw satellietbeeld beschikbaar staat en haalt dat dan op. Als u op de widget klikt krijgt U het beeld te zien en kun U switchen tussen de verschillende beelden. U kunt ook door de tijd heen lopen of een grafiek oproepen die de biomassa op Uw perceel in de tijd laat zien. Deze widget is de basis voor het serieuze werk zoals de applicatie voor variabel stikstof bijbemesting. Uit de WdVI van het aardappelgewas kan de stikstofinhoud van de plant worden berekend. In de VRA applicatie wordt op basis van opbrengstverwachting, temperatuur en een groeimodel een streefgetal voor stikstof uitgerekend. Tezamen met de stikstofopnamekaart wordt dit omgezet naar een taakkaart voor plaats specifieke N-meststofgift.

De biomassa-beelden in de widget zijn tevens te gebruiken voor de applicatie VRA Loofdoding, om een taakkaart voor plaats specifieke loofdodingsmiddel te geven.



TIPSTAR: EEN AARDAPPEL GEWASGROEI-MODEL

Het gewasmodel berekend naast de opbrengstvoorspelling ook het verbruik en de allocatie van stikstof over de verschillende plantenonderdelen van het aardappelgewas uit, zodat de stikstofinhoud van de plant (spruit, wortel en knol) kan worden berekend en hiermee de uitputting van de voorraad in de grond.



3.4 Conclusie

Het E-Pieper project heeft inzicht en technologie opgeleverd hoe data via een data-platform bij elkaar gebracht kan worden, gevisualiseerd kan worden voor gebruikers, en slim toegepast kan worden bij de productie van aardappelen.

3.5 Informatie

U kunt een video van het dashboard vinden via de volgende link:

https://www.youtube.com/watch?v=podG4Zi-EzY&feature=emb_title

Het dashboard zelf wordt eind maart, begin april 2021 open gezet voor de Nederlandse telers. Gedurende 2021 zal het dashboard en de andere applicaties op Farmmaps als een BETA versie ter beschikking gesteld worden aan telers om uitgebreid te testen en feedback te geven om zowel gebruiksvriendelijk en functionaliteit van het dashboard te optimaliseren.

Gedurende seizoen 2021 worden er diverse verbeteringen doorgevoerd, zoals:

- Doorklikken vanuit VanderSat Bodemvocht naar de berekeningssignaal widget.
- Doorklikken vanuit WatBal naar de beregeningswidget.
- Bijstelling gewasgroeimodel aan de hand van biomassabeelden door data-assimilatie.

3.6 Partners

De partners in het E-Pieper project zijn Agrifirm, BioDAC, Bioscope, Eurofins, KPN, NAO, Tolsma, VAA, TNO en Wageningen Plant Research. Data is verzameld op twee praktijkbedrijven in Flevoland en Drenthe.

3.7 Contact

E-mail	Mobile	Kennisinstelling
thomas.been@wur.nl	06 51336175	Wageningen Plant Research - Agrosysteemkunde
johan.booijs@wur.nl	06 13504997	Wageningen Plant Research - Open Teelten

4 Connectivity

4.1 Inleiding

Het onderdeel Connectivity van het Disac project gaat over de vraag hoe je data(stromen) in de keten met elkaar kunt verbinden. Er is in twee verschillende cases gefocust op distelherkenning en grasland.

In de distelcase is uitgezocht hoe de informatieketen zou kunnen werken voor het plaats specifiek behandelen van distels over meerdere seizoenen. Uitgangspunt hierbij is dat distels in uien moeilijk te behandelen zijn, uien zijn namelijk ook gevoelig voor de middelen die worden gebruikt om distels te behandelen. Het is echter wel mogelijk om de distels in andere gewassen, zoals bijvoorbeeld granen, te behandelen. De detectie van distels in uien lijkt dan weer makkelijker, omdat uien een minder dicht gewas is dan granen. Distels zijn een wortel onkruid, waardoor ze zich over de jaren heen maar weinig verplaatsen. Het doel van dit project is om distels in uien te detecteren en later in andere gewassen te behandelen. Dit project focust zich op de tussenstappen die hiervoor nodig zijn. Het proces, van distel annotatie tot de taakkaart op de Kverneland terminal, wordt ook uitgelegd in een filmpje: <https://youtu.be/7JVT5uRC69c>.

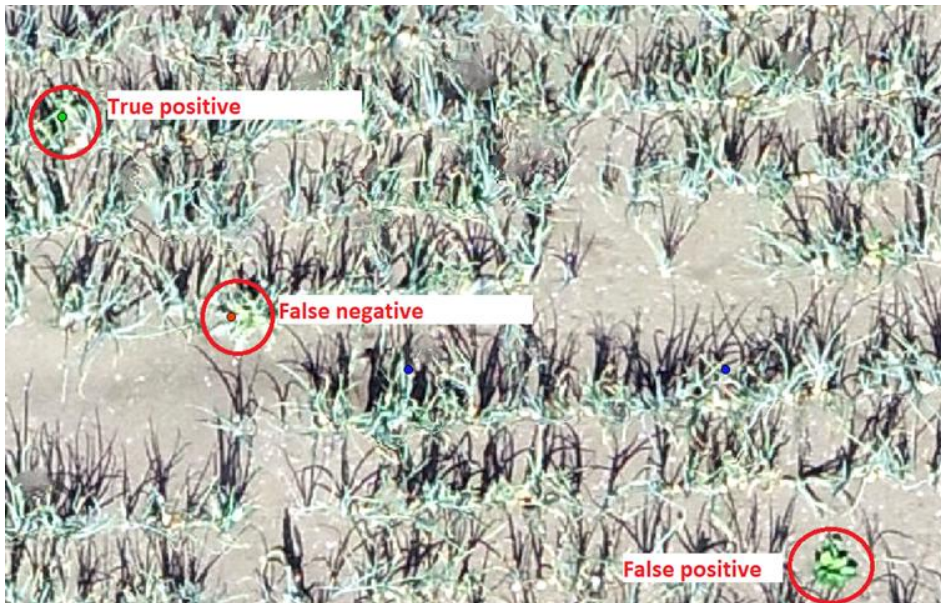
In de graslandcase is uitgezocht hoe de informatieketen zou kunnen werken naar wegen voor precisiebemesting op grasland. Bij maatschap Kroes in Katlijk is vanaf 2017 in de projecten Grass4Farming (opdrachtgever loonbedrijf Thijssen i.s.m. Hogeschool Van Hall Larenstein en Agrifirm Plant) en het deelproject Connectivity van de PPS DISAC geoefend met precisiebemesting binnen graslandpercelen op basis van met sensoren gemeten plaats- en tijd specifieke bodem (Veris scan) en gewasinformatie. De eerste twee jaar is op de Dairy Campus en bij Kroes vooral gewerkt aan een 'proof of concept' voor strategieën (King John en Robin Hood) voor precisiebemesting binnen percelen. Met wisselend succes. Vergeleken met de ervaringen in de Akkerbouw staat precisiebemesting op grasland nog in de kinderschoenen.

4.2 Distelherkenning

In 2018, 2019 en 2020 zijn er dronebeelden gemaakt van verschillende uienvelden, op verschillende locaties en in verschillende groeistadia, gevlogen op verschillende hoogten. In deze velden zijn vervolgens de aanwezige distels geannoteerd, met behulp van een GPS-paal waarmee de locaties van de distelplekken is ingemeten en daarnaast zijn de dronebeelden handmatig bekeken op de aanwezigheid van distels.

De beelden zijn gebruikt om een aantal variaties van neurale netwerken te trainen. Hoewel de modellen nog slechts op beperkte hoeveelheden data zijn getest, en er dus nog veel mogelijkheden zijn om de algoritmes verder te verbeteren, kunnen we al wel de volgende conclusies trekken:

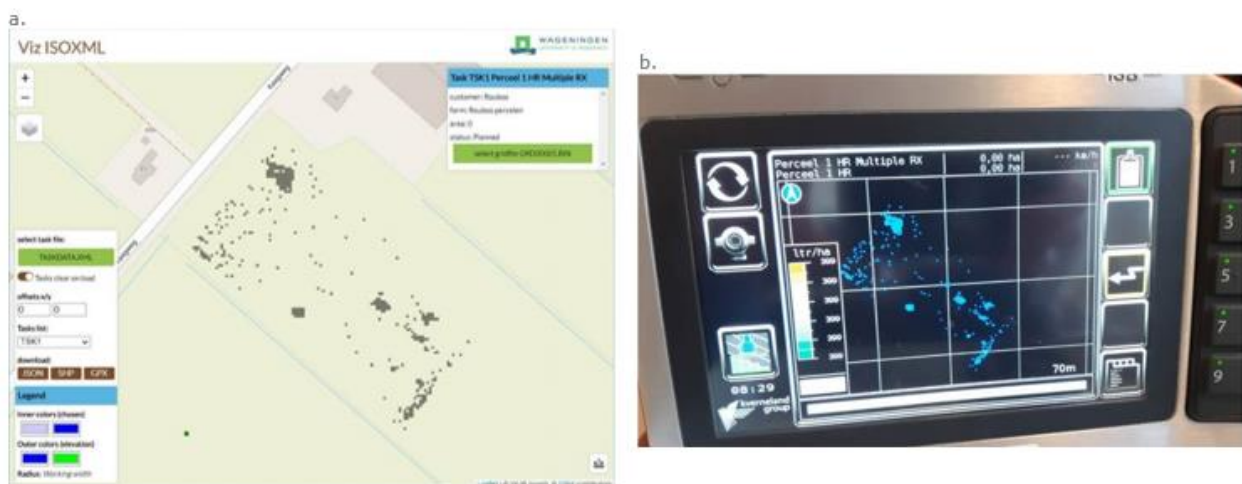
- Bij een 20 meter vluchthoogte (pixels kleiner dan 1 cm) kun je de distels goed herkennen. Om een algoritme te (her)trainen is het belangrijk dat er genoeg variatie in het beeld zit.
- Bij een 50 meter vluchthoogte (pixels ca. 1,5 cm) kun je veel van de distels wel herkennen, maar als ze te klein zijn niet meer. Distelplekken zijn nog goed te onderscheiden.
- 100 meter is een te hoge vluchthoogte (pixels enkele centimeters) om distels te kunnen onderscheiden.



Figuur 13 Een zoom-in van een dronebeeld ter illustratie. Links boven een True positive (dat wil zeggen een distel die correct gedetecteerd is), schuin daaronder een false negative (een distel die over het hoofd gezien is), rechts onder een false positive (de detectie van een distel die in werkelijkheid geen distel is). Verder is rechtsboven een true negative in beeld (niet omcirkeld, er is daar een ander onkruid dat niet als distel gedetecteerd is). De blauwe punten zijn de noordwesthoeken van de beelden die geïdentificeerd zijn als distelbevattend

4.3 Communicatie met Kverneland spuit

De gedetecteerde distelplekken zijn omgezet naar een taakkaart in een ISOXML formaat. Om de gevonden distelplekken wordt een extra zone aangemerkt om te compenseren voor de sectiebreedtes en om te zorgen dat alle gedetecteerde distelplekken worden behandeld. Hierbij kwamen we in het praktijkvoorbeeld op een middelbesparing van ongeveer 95%. Omdat op dat moment fysiek bezoek niet gewenst was (i.v.m. Corona) zijn de bespuitingen niet daadwerkelijk in de praktijk uitgevoerd, maar met een test opstelling gesimuleerd.



Figuur 14 De distelplekken omgezet in een ISOXML grid, b. De taakkaart met de distelbespuitingen op een Kverneland test terminal

4.4 ISO xml viewer

In samenwerking met Wageningen Environmental research (WEnR, Inge La Riviere) is gewerkt aan een ISO xml viewer. Deze viewer kan ISOXML taakkaarten tonen, alsmede de 'As-Applied' data (de data die uit de machine komt). De viewer staat op tools.wenr.wur.nl/isoxml/.

4.5 Precisiebemesting grasland: hoe, wat en waar?

Voor de plaatsspecifieke bemesting (N uit kunstmest) werd per snede een taakkaart gemaakt. Bij het maken van de taakkaart werd door de jaren heen gebruikt gemaakt van verschillende informatiebronnen:

- (variatie in) eBee gewasinformatie van halverwege de voorgaande snede;
- (variatie in) Organische stofgehalte volgens de bodemscan (als indicator voor NLV);
- Droge en natte plekken (op basis van 'boerenkennis).

Er werden verschillende bemestingsstrategieën toegepast op percelen/stroken:

1. 'Robin Hood': 'slechte' plekken meer, 'betere' plekken minder;
2. 'King John': 'slechte' plekken minder, 'betere' plekken meer;
3. Herverdelen van stikstof met als doel een hogere opbrengst en betere kwaliteit;
4. Besparen van stikstof met als doel een gelijke opbrengst met behoudt van kwaliteit.

4.6 Uitvoering

De bemesting werd uitgevoerd door loonbedrijf Thijssen met een VICON kunstmeststrooier van de Kubota-Kverneland Group. Wekelijks werden grashoogtemetingen gedaan met een EC20 en werd door Agrifirm Plant een plukmonster genomen voor voederwaardebepaling. Daarnaast zijn er met de eBee van loonbedrijf Thijssen gewasobservaties aan het gras zijn uitgevoerd. Op de maaimachine was een Pasture Reader van importeur P.J. Thibaudier en twee OptRx gewassensoren van Homburg gemonteerd. Tijdens het inkuilen is de oogst gewogen op een weegbrug en zijn er monsters genomen voor de bepaling van droge stof en voederwaarde.

4.7 Conclusie

De zoektocht naar sensor-gestuurde bemesting van grasland en sensor waarnemingen in grasland van opbrengst(verschillen) is nog niet afgerond. We hebben nog niet kunnen aantonen of variabel bemesten binnen een perceel leidt tot een hogere opbrengst (strategie herverdelen) of dat kan leiden tot minder kunstmestgebruik met behoud van opbrengst (strategie besparen). Dit is enerzijds veroorzaakt door het weersomstandigheden (droog in 2019) en anderzijds door onzekerheden in de (sensor)waarnemingen en 'ground truth' metingen (grashoogtemeter en weegbrug). Het op praktijkschaal pionieren blijft lastig, vooral in het doen van waarnemingen en metingen. We hebben de afgelopen jaar weer veel geleerd en gaan in vervolg projecten verder in de zoektocht naar precisiebemesting in grasland.

4.8 Informatie

Over het maken van een detectie-algoritme is een film beschikbaar: <https://youtu.be/7JVT5uRC69c>.

4.9 Partners

Disac Connectivity is uitgevoerd in samenwerking met Kverneland Group Mechatronics en Kubota. Data is opgehaald bij de partners: WUR BU Open Teelten te Lelystad en Boerderij het Groenehart in Abbenes. Ondersteunende partners in het project waren Bayer en Agroconnect. Voor het grasdeel is nauw samengewerkt met Loonbedrijf Christel Thijsen en Melkveebedrijf Mts Kroes.

4.10 Contact

E-mail	Mobile	Kennisinstelling
dirk.dehoog@wur.nl	0317-489337	Wageningen Plant Research (WUR)
fedde.sijbrandij@wur.nl	0317-488773	Wageningen Plant Research (WUR)
jouke.oenema@wur.nl	0317-480575	Wageningen Plant Research (WUR)

5 Samenvatting producten en kennisverspreiding

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste kennisverspreidingsactiviteiten vanuit DISAC puntsgewijs weergegeven, algemeen en per deelproject.

5.1 DISAC algemeen

- Websites:
 - <https://subsites.wur.nl/nl/plb/Projecten/DISAC.htm>
 - <https://www.wur.nl/nl/project/Slim-verzamelen-van-data-leidt-tot-duurzamere-aardappel-en-grasproductie.htm>
 - <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/kennisonline/Data-Intensive-Smart-Agrifood-Chains.htm>
 - <https://www.wur.nl/precisielandbouw> (WUR startpagina precisielandbouw)
 - DISAC. Project banner; december 2017.
- Gansevoort, M., 2019. DISAC helpt bij verduurzaming van agrifood ketens. TO2Morrow magazine 2018 p.16-17 (input Kempenaar, Philipsen en van den Akker namens WR, TNO en NLR).
- Hermans, G., Kempenaar, C., Philipsen, B., et al., 2018. DISAC presentaties tijdens Precisielandbouw symposium op de AgriFoodTech beurs 12 december 2018 in Den Bosch. Ca. 100 bezoekers.
- Philipsen, A.P., Kempenaar, C., 2019. Presentatie PPP DISAC tijdens Netwerkbijeenkomst. Precisielandbouw 21 november, te Abbenes. Ca 100 bezoekers.
- Hermans, G., Kempenaar, C., Philipsen, A.P., et al., 2021. Online presentatie van DISAC eindresultaten. Slotmanifestatie DISAC, mei 2021, Ede.
- <https://www.bing.com/videos/search?q=WUR+DISAC+2021+resultaten+Data+Intensieve&qpvvt=WUR+DISAC+2021+resultaten+Data+Intensieve&view=detail&mid=DDF33EA5E6B9133098ADDDDF33EA5E6B9133098AD&&FORM=VRDGAR&ru=%2Fvideos%2Fsearch%3Fq%3DWUR%2BDISAC%2B2021%2Bresultaten%2BData%2BIntensieve%26qpvvt%3DWUR%2BDISAC%2B2021%2Bresultaten%2BData%2BIntensieve%26FORM%3DVVDRE>
- Kempenaar, C., van den Akker, E., Been, Th., et al. 2022 (in press). Highlights topsectorenproject DISAC. Samenvatting deelprojecten N-Sensing, E-Pieper en Connectivity. WPR rapport, Wageningen.

5.2 N-Sensing

Wetenschappelijke artikelen

- Hoving, I.E., 2021 Conference paper EGF2021. Prediction of grass yield based on spectral reflection, grass height and modelling.
- Hoving, I.E., J. van Riel, G. Holshof, M. Plomp, S. Agricola, K. van Boheemen en G. Roerink, 2019. Schatten van grasopbrengst op basis van spectrale reflectie, grashoogte en modellering; Onderzoeksresultaten van een maaiproef op zand- klei en veengrond 2016-2017. Wageningen Livestock Research, Report 1200. <https://doi.org/10.18174/508117>.
- Hoving, I.E., Starmans, D.A.J., Booij, J.A., Kuiper, I., Holshof, G., 2018. Amazing Grazing; Grass growth measurements with remote sensing techniques. Paper EGF congress Cork, Ierland, 17-22 June 2018. <https://www.amazinggrazing.eu/en/amazinggrazing-4/project/Scientific-contributions-to-EGF-Conference-June-2018.htm>
- Togeiro de Alckmin, G., Lucieer, A.m Roerink, G.m Rawnsley, R.m Hoving, I.m Kooistra, L., 2020. Retrieval of Crude Protein in Perennial Ryegrass Using Spectral Data at the Canopy Level. Remote Sens. 2020, 12, 2958. <https://doi.org/10.3390/rs12182958>

Rapporten en vakbladartikelen

- Anoniem, 2020. Attentiemail Rundveehouderij - 2020 nr. 24: <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/livestock-research/show-wlr/GrasSignaal-biedt-perspectief-voor-verdere-ontwikkeling.htm>
- Henke, S.J., van Veen, J.J.F., 2018, Feasibility of LIBS for N-sensing, Rapport nr TNO 2018 R11029.9.
- Hoving, I.E., Holshof, G., 2019. Grasgroei meten of grasgroei voorspellen? In V-focus, januari.
- Hoving, I.E., Holshof, G., Stienezen, M., en Roerink, G., 2019. Test grasgroei voorspelling in de praktijk. Resultaten modelmatige schatting droge-stofopbrengst en ruw eiwitgehalte. Wageningen Livestock Research, Rapport 1251.
- Hoving, I.E., et al., 2017. Grasopbrengst meten met remote sensing techniek, Idse Hoving, Johan Booij, Imke Kuiper, Gerjan Holshof en Bert Philipsen, V-Focus, oktober 2017. <https://www.v-focus.nl/2017/09/grasopbrengst-meten-met-remote-sensing/>
- TNO, 2020. Report "Ontwikkeling en toepassing van een optische nitraat sensor voor plant-beschikbaar nitraat in de bodem" (TNO 2020 R11998)

Overige communicatie (websites, radio, video, social media, websites)

- Project website <https://subsites.wur.nl/nl/plb/PL-Projecten/DISAC/N-sensing.htm>
- Anoniem, 2017. Productpagina ZuivelNL (<https://www.zuivelnlprojecten.nl/nl/zuivelnl-projecten/Show/N-sensing-grasland.htm>)
- Over GrasSignaal is een vlog gemaakt met één van de praktijkbedrijven en een video-opname van enkele minuten waarin GrasSignaal wordt uitgelegd en deze zijn op de site van DISAC geplaatst.
- TNO heeft een animatiefilm over de werking van de nitraatsensor gemaakt: <https://youtu.be/j92pHXhFgcM>.

Presentaties

- Hoving, I., 2021. Online presentatie van DISAC N-Sensing eindresultaten. Slotmanifestatie DISAC, mei 2021, Ede. (Link, zie DIAC algemeen Hermans et al., 2021).
- Hoving I., 2020. Presentation on international symposium about remote sensing technics. organised by Nederlandse Vereniging voor Weide en Voederbouw (NVWV) in Kleve Germany.
- Hoving I., Philipsen A.P., 2020. Presentatie GrasgroeiVoorspelling Amazing Grazing, 18 december 2019, Brummen.
- Hoving I., Philipsen A.P., 2018. Sensorgestuurde gras- en maisteelt. Presentatie tijdens Precisielandbouw symposium op de AgriFoodTech Beurs 12 december 2018 in Den Bosch. Ca. 100 bezoekers.
- Hoving, I., Philipsen, A.P., 2017. Presentatie voor inspiratiebijeenkomst 'Blij met sensoren in de wei' georganiseerd door van Hall op Dairy Campus. Presentatie door Idse Hoving en Bert Philipsen. Ongeveer 50 toehoorders.
- Hoving, I., 2017. Bijdrage met stand en posters tijdens de Gras- en maïsmanifestatie op proefbedrijf Vredepeel door Idse Hoving.
- Hoving, I., Philipsen, A.P., 2017. Presentatie 'Meten en voorspellen van grasgroei' voor AJK Achterhoek op 26 oktober te Azewijn door Idse Hoving en Bert Philipsen.
- Philipsen, A.P., Hoving, I., 2020. Presentatie GrasgroeiVoorspelling symposium TOPKUIL, 7 november 2019, Oosterwolde.
- Philipsen, A.P., Hoving, I., 2020. Presentatie GrasgroeiVoorspelling AgroTechniek Assen, 11 december 2019, Oosterwolde.
- Opendag Dag van de Wetenschap 5 oktober 2019, Dairy Campus Leeuwarden.
- Roosema, J., 2021. Online presentatie van DISAC nitraat-sensor eindresultaten. Slotmanifestatie DISAC, mei 2021, Ede. (Link, zie DIAC algemeen Hermans et al., 2021).

Producten

- Kwaliteitsprotocol satelliet- en dronebeelden
- Protocol atmosferische correctie en validatie
- Optische nitraatsensor
- Prototype meetstelsel op basis van LIBS-technologie

5.3 E-Pieper

Wetenschappelijke artikelen

- Been, Th., Kempenaar, C., van Evert, F.K., Booij, J.A., Hoving, I.E., Michielsen, J.M., Kessel, G.J., Philipsen, A.P., Janssen, H., 2018. Akkerweb, a new platform for use of spatial and temporal data in precision farming. Abstract in Proceedings AgEng conference, 8 – 11 July 2018. Wageningen. <https://www.eurageng.eu/events/ageng2018>.
- Kempenaar, C., Been, Th., van Evert, F.K., Hoving, I.E. et al., 2021. Decision support in the open service platform Akkerweb for precision agriculture. Proceedings of European Conference on Precision Agriculture, Hungary, 2021.

Rapporten en vakbladartikelen

- Booij, J 2020. Wageningen maakt groeimodellen. <https://www.boerderij.nl/Akkerbouw/Nieuws/2020/7/Wageningen-maakt-groeimodel-aardappelen-611121E/>.
- Kempenaar, C., 2020. More precision in potato production, but how? Potato World 2020-2, p. 45.
- Kempenaar, C., van Dijk, C.J., van Egmond, F., Goldbach, F., Polder, G., Pronk A., 2018. Sensoren en gewasmodellen voor precisielandbouw. Literatuuronderzoek DISAC deelproject E-Pieper. Wageningen Plant Research. Rapport nr. 758.
- TNO, 2020. Slidebook "Data Summary Explorer" (TNO 2020 P12053).
- Vonder, M.R., Helmholt, K.A., 2018. Adviesrapport m.b.t. architectuur-keuzes, Rapport nr. TNO 2018 P10153.
- Vonder, M.R., Helmholt, K.A., 2018. Programma van Eisen voor het E-Pieper systeem, Rapport nr. TNO 2018 R10146.
- Vonder, M.R., Helmholt, K.A., 2017. Slide-set gebruikt op de architectuur workshop d.d. 26-7-2017: DISAC - E-pieper - Workshop data architectuur 26-7-2017 v9.pdf, TNO.
- Vonder, M.R., Helmholt, K.A., 2017. Verslag met actiepunten en inzichten van workshop d.d. 26-7-2017: Actiepunten en Inzichten E-pieper workshop 26-7-2017 - v10.pdf, TNO.
- Vonder, M.R., Helmholt, K.A., 2017. Advies aan E-pieper StuurGroep (SG) m.b.t. architectuur keuzes: DISAC E-Pieper - Architectuurkeuzes v1.1.pdf, TNO.
- Vonder, M.R. & Helmholt, K.A., 2017. Programma van Eisen en Wensen in concept vorm: E-pieper - PvE v0.8 ACCEPT.docx, TNO.

Overige communicatie (websites, radio, video, social media, websites)

- Project website <https://subsites.wur.nl/nl/plb/PL-Projecten/DISAC/E-Pieper.htm>.
- Been, Th., 2019. Newsitem Website: Eerste dashboard E-Pieper ziet levenslicht, gepubliceerd op 9 november 2019.
- Been, Th., 2018. Nieuwsbericht Website: Eerste E-pieper percelen in 2018 gevolgd, gepubliceerd op 29 november 2018.
- Booij, J.A., et al, 2020. Film E-Pieper dashboard <https://subsites.wur.nl/nl/show/Testsessie-E-pieper-Dashboard-levert-nuttige-feedback.htm>
- Twee evaluatie bijeenkomsten dashboard met telers en adviseurs (2020).
- Kempenaar, C., 2018. Newsitem Website: Rapport Wageningen Plant Research 2018: Sensoren en gewasmodellen voor precisielandbouw: Literatuuronderzoek DISAC deelproject E-pieper.
- Vonder, M.E., et al., 2020. Film over Summary explorer, TNO.
- Vonder, M.R., 2018. TNO rapport: Programma van Eisen (PvE) voor de data infrastructuur van E-pieper (2018).
- Vonder, M.E., 2018. Newsitem Website: TNO Presentatie: DISAC - E-pieper: Architectuurkeuzes.

Presentaties

- Been, Th., 2021. Online presentatie van DISAC E-Pieper eindresultaten. Slotmanifestatie DISAC, mei 2021, Ede. (Link, zie DIAC algemeen Hermans et al., 2021).
- Been, Th., 2019. Presentation; 20-22 augustus 2019 velddagen in kader NPPL, resultaten DISAC en e-pieper, in Hoek, Slootdorp en Vierhuizen. Ca 100 bezoekers per velddag.
- Been, Th., Kempenaar, C., 2019. E-pieper en connectivity (akkerbouw), presentatie tijdens praktijkdag in Dronten voor NPPL. 4 juni 2019. Ruim 90 bezoekers.

- Been, Th., Booij, J.A., Kempenaar, C., 2018. E-Pieper project. Presentatie tijdens Precisielandbouw 2.0 symposium op de AgriFoodTech beurs 12 december 2018 in Den Bosch. Ca. 100 bezoekers.
- Been, Th., Booij, J.A., Kempenaar, C., Vonder, M.R., van den Akker, E., 2018. E-Pieper projectstatus. Presentaties aan SC en PC E-Pieper/DISAC op 22 januari, 1 juni en 20 september 2018.

Producten

- E-Pieper dashboard. Aardappel gewasgroei-informatie in beeld via www.farmmaps.nl.

5.4 Connectivity

Wetenschappelijke artikelen

- -

Rapporten en vakbladartikelen

- Anoniem, 2018. Techniek geeft grasgroei extra boost. Nieuwe Oogst 9 juni: p. 20.
- Anoniem, 2019 Nieuwe Oogst: Een derde minder kunstmest nodig! 24 sept. 2019.
- Lokhorst, C., Oenema, J., 2019. Strategieën precisiebemesting op gras. V-Focus juni 2019. p18-20.
- Philipsen, A.P., 2018. Nieuwe Oogst TV, uitzending over project Grass4Farming, onderdeel van Connectivity. Youtube kanaal.
- Verhoosel J.P.C., Stapersma, P., 2017. Generieke architectuurplaat voor connectivity: Connectivity – 2017-11-16. DISAC Generic architecture overview for connectivity on the farm.png.
- Verhoosel J.P.C., Stapersma, P., 2017. Overzicht standaarden voor informatie-uitwisseling: Connectivity – 2018-01-16. DISAC Standaarden voor informatie uitwisseling overzicht – v0.2.pdf.
- Verhoosel J.P.C., Stapersma, P., 2017. Plan van aanpak pilot 2018: Connectivity – 2017-11-29 DISAC Plan use case 2018 weed control v0.9.pdf.

Overige communicatie (websites, radio, video, social media, websites)

- Project website <https://subsites.wur.nl/nl/plb/PL-Projecten/DISAC/Connectivity.htm>.
- Van den Akker, E., 2019. Newsitem Website: Digitalisering in de akkerbouw gepubliceerd op 29 oktober 2019 (i.s.m. Kvernerland).
- Lokhorst, C., 2019. Nieuwsbericht Website: Impressie eerste resultaten precisiebemesting op grasland, gepubliceerd op 29 november 2018.
- Oenema, J., 2019. Newsitem Website: Grasland dynamisch bemesten vraagt om meer onderzoek, gepubliceerd op 20 december 2019.
- TNO, 2019. Video: Digitalisering in de akkerbouw, TNO i.s.m. Kverneland, oktober 2019.

Presentaties

- van Boheemen, K., 2019. Precision fertilization on grassland(?); Using new technologies to optimize grassland systems. Presentation on international symposium about remote sensing technics, organized by Nederlandse Vereniging voor Weide en Voederbouw (NVWV) in Kleve Germany, 18 September 2019.
- Hoog, D.C., Kempenaar, C., 2017. Presentatie DISAC Connectivity Weed control case. Den Bosch, 14 december 2017.
- Hoving, I.E., Oenema, J., 2019. Sensorgestuurde grasteelt. Presentatie voor de Nederlandse Bodemkundige Vereniging (NBV), Reusel, 28 juni 2019.
- Kool, J., Sijbrandij, F, Hoog, D., 2020. Poster: DISAC: Precision spraying in onion fields; <https://edepot.wur.nl/526135>.
- Lokhorst, C., Oenema, J., 2018. Impressie eerste ervaringen precisiebemesting grasland (vanuit N-Sensing en Grass4farming projecten). Presentatie tijdens Precisielandbouw 2.0 symposium op de AgriFoodTech beurs 12 december 2018 in Den Bosch. Ca. 100 bezoekers.
- Oenema, J., Verloop, K., 2017. Presentatie DISAC Connectivity grassland use case. Den Bosch, 14 december 2017.
- Oenema, J., Hoog, D.C., Verhoosel, J.P.C., Stapersma, P., 2018. Presentaties aan SC en PC Connectivity februari en 1 juni 2018.
- Sijbrandij, F., 2021. Online presentatie van DISAC Connectivity – Distel detectie eindresultaten. Slotmanifestatie DISAC, mei 2021, Ede. (Link, zie DIAC algemeen Hermans et al., 2021).

Producten

- Deep learning algoritme Distelherkenning
- Methodiek distelpunten omzetten naar spotspray taakkaart
- ISOXML viewer verbeterd (<https://tools.wenr.wur.nl/isoxml/>)

6 Slotopmerkingen

In 2022 hebben we het eindrapport van de PPS DISAC kunnen opleveren. Wij danken alle partners en financiers van DISAC voor de medewerking. We hebben denken dat we een goede bijdrage geleverd hebben aan de technische en maatschappelijke ontwikkeling van digitale landbouw.

DISAC was een cross-over project van twee topsectoren, te weten die van AgriFood en HTSM. Het brede consortium van bedrijven en kennisinstellingen uit de twee topsectoren, maakte het mogelijk om technologie en kennis bij elkaar te brengen en toe te passen in gekozen use cases in de akkerbouw en melkveehouderij (ruwvoerproductie). De belangrijkste resultaten van DISAC zijn samengevat in de hoofdstukken 1 tot en met 5 van dit rapport. Het grote aantal presentaties die we op aanvraag konden doen over DISAC, geeft het belang en verwachting aan die de omgeving heeft van precisielandbouwtoepassingen c.q. data-gedreven landbouw.

De partners van DISAC hebben de resultaten medio 2021 als positief geëvalueerd. Op onderdelen hadden we verder willen zijn, maar overall is er tevredenheid over de kennis en ervaringen die er opgedaan is. Ontwikkelingen op ICT gebied, en dat geldt ook hier bij DISAC, gaan altijd langzamer dan verwacht en gepland. Maar de voortgang is ook daar. Duurzamere aansturing van gras- en aardappelproductie is zeer wel mogelijk met de ontwikkelde technologie en kennis. DISAC partners bekijken nu hoe zij de resultaten verwerken in hun producten. En de R&D wordt vervolgd in nieuwe projecten, zoals de PPS Precisielandbouw 4.0 van Topsector AgriFood.

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/plant-research

Rapport WPR-1132



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Correspondentieadres voor dit rapport:
Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/plant-research

Rapport WPR-1132

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

