

Welke meerwaarde hebben bodem- en gewassensoren op de opbrengstproductie van de zetmeelaardappelteelt in de Veenkoloniën?



Matthijs Meijering

Welke meerwaarde hebben bodem- en gewassensensoren op de opbrengstproductie van de zetmeelaardappelteelt in de Veenkoloniën?

Naam student:	Matthijs Meijering
Studentnummer:	3009153
Opleiding:	CAH Vilentum Bedrijfskunde & Agribusiness, Major: Agrotechniek & Management
Datum:	29-05-2015
Opdrachtgever:	Praktijknetwerk Veenkoloniën (IJKakker)
Begeleiding vanuit CAH Dronten:	De heer G. Sol

Voorwoord

Als je opgroeit in een ondernemersgezin heeft dit invloed op je persoonlijke ontwikkeling. Door het landbouwmechanisatiebedrijf van mijn vader voel ik mij sterk betrokken bij de landbouwsector.

Tijdens mijn afstudeerstage bij Dacom B.V. ben ik in aanraking gekomen met teeltmonitoringsystemen voor de akkerbouw en heb ik kennis opgedaan met betrekking tot teelttechnieken. Recent ben ik betrokken geraakt bij een praktijknetwerk genaamd "IJkakker". In dit netwerk wordt er komend teeltseizoen een onderzoek verricht met diverse gewassensoren om het effect op de opbrengst van het gewas te onderzoeken. De minor Akkerbouw en Vollegrondsgroente die ik nu volg sluit goed aan bij het uit te voeren onderzoek en draagt bij aan het vergroten van de theoretische kennis over het akkerbouwgewas aardappelen.

Door de inbreng van de docenten, het stagebedrijf en het praktijknetwerk hoop ik een gedegen onderzoek uit te voeren. Graag zou ik daarom de betrokken personen willen bedanken voor hun bijdrage aan dit onderzoek.

Klijndijk, mei 2015

Matthijs Meijering

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	6
Summary	8
1. Inleiding	10
2. Zetmeelaardappelteelt	11
2.1 Oorsprong en historie	11
2.2 Veenkoloniën	12
2.3 Morfologie	13
2.3.1 Loof	13
2.3.2 Knollen	13
2.3.3 Wortels	13
3. Beïnvloedende factoren in de zetmeelaardappelteelt	14
3.1 Fotosynthese	14
3.2 Beïnvloedende factoren op het productieniveau	15
3.2.1 Reducerende factoren	15
3.2.2 Beperkende factoren	16
3.2.3 Bepalende factoren	16
4. Toepasbare sensortechnologie in de zetmeelaardappelteelt	17
4.1 Precisielandbouw	17
4.2 Stikstof	17
4.3 Stikstofmonitoring	18
4.3.1 Methode 1: Stikstofbemestingsrichtlijn	18
4.3.2 Methode 2: Bladsteeltjesmethode	18
4.3.3 Methode 3: Aardappelmonitoring	18
4.3.4 Methode 4: NBS- bodem	20
4.3.5 Methode 5: NBS op basis van gewassensing	20
4.4 Gewasreflectiesensor	20
4.4.1 Gewasreflectie en golflengte	20
4.4.2 NDVI en NDRE	21
4.5 Bodemvocht en bodemvochtsensor	22
4.5.1 Werking	22
4.5.2 Adviesmodulen	23
4.5.3 Beregenen in het aardappelzetmeelgebied	24
5. Implementatie sensortechnologie in huidige bedrijfsvoering van de akkerbouwer	25
5.1 Innovatief ondernemerschap bij akkerbouwers	25
5.2 Mechanisatie	26

6. De component duurzaamheid bij de aardappelzetmeelteelt in de Veenkoloniën.....	27
6.1 Duurzaam ondernemen: people, planet and profit.....	27
6.2 Kosten en baten NBS- gewassensing.....	27
6.3 Benutting van mineralen in de landbouw.....	28
6.4 Balans van stikstof in de landbouw	29
7. Conclusies en aanbevelingen	31
8. Discussie.....	33
I Bibliografie	34
II Illustratieverantwoording.....	37
Bijlage 1: Stikstof in de landbouw, 2011	38

Samenvatting

Dit afstudeeronderzoek richt zich op het beantwoorden van de onderzoeksvraag *“Welke meerwaarde hebben bodem- en gewassensoren op de opbrengstproductie van de zetmeelaardappelteelt in de Veenkoloniën”?*

Bij de start van het onderzoek bleek dat de afstudeerperiode niet overeen kwam met het groeiseizoen van de aardappelzetmeelteelt. Daarom betreft het uitsluitend een literatuuronderzoek, waarbij de expertise is ingeroepen van het praktijknetwerk IJkakker en het bedrijf Dacom. Dit bedrijf is gespecialiseerd in bodemvochtsensoren en adviesmodules.

Voor het uitvoeren van het onderzoek zijn vier deelvragen opgesteld.

Welke factoren beïnvloeden de opbrengst in de zetmeelaardappelteelt?

De akkerbouwer kan het gewas optimaal laten renderen mits de stikstof- en watervoorziening in de juiste hoeveelheid en op het juiste moment toegediend worden. De akkerbouwer heeft geen directe invloed op de natuur. Wel is het mogelijk om met behulp van de wetenschap gewassen beter bestand te maken tegen bepaalde stressfactoren en ziekten.

Welke technologie kan er op de beïnvloedende factoren worden toegepast in de zetmeelaardappelteelt?

In technologisch opzicht spelen twee systemen een beslissende rol: de gewasreflectiesensor en de bodemvochtsensor.

Met behulp van een gewasreflectiesensor is variatie van zetmeelaardappelplanten binnen een perceel goed meetbaar. Sturing van het gewas is mogelijk door middel van stikstof. Een belangrijke kanttekening is dat uit onderzoek is gebleken dat de sensoren geen oorzaak van het verschil kunnen achterhalen. Er zijn voor zetmeelaardappeltelers goede bodemvochtsensoren op de markt met bijbehorende adviesmodules. Deze zijn goed bruikbaar in de praktijk.

Op welke wijze is sensortechnologie te implementeren in de huidige bedrijfsvoering van akkerbouwers?

De implementatie van sensortechnologie in de zetmeelaardappelteelt wordt op dit moment voornamelijk bepaald door het openstaan van akkerbouwers voor innovatief ondernemerschap. Dit wil zeggen dat de ontwikkelingen in de wetenschap op technisch vlak vertaald moeten worden naar de toepasbaarheid in de praktijk en daarvoor is nodig dat akkerbouwers de voordelen ervan gaan inzien en ervaren. Zodat ze openstaan voor deze nieuwe ontwikkelingen. Hierin spelen praktijknetwerken zoals IJkakker een voortrekkersrol. Mechanisatiebedrijven en toeleveranciers hebben een stimulerende rol om de nieuwste technieken op dit gebied bij de klant te introduceren.

Welke bijdrage kunnen bodem- en gewassensoren leveren aan de duurzaamheid van de zetmeelaardappelteelt in de Veenkoloniën?

De Stichting Veldleeuwrik vervult een voortrekkersrol op dit gebied omdat werkgroepen akkerbouwers en verwerkende bedrijven aan de hand van indicatoren duurzaamheidsplannen opstellen. Hierbij speelt sensortechnologie een belangrijke rol, omdat er door gewassensing een besparing te bereiken valt van stikstof en gewasbeschermingsmiddelen. Daarnaast zijn er positieve effecten zichtbaar met betrekking

tot duurzaamheid door de aangescherpte wet- en regelgeving. Stikstof wordt efficiënter benut.

Het antwoord op de onderzoeksvraag is dat bodem- en gewassensoren het voor zetmeelaardappeltelers in de Veenkoloniën mogelijk maken om stikstof en bodemvocht te meten waardoor de groei van de aardappelplant beter stuurbaar wordt. Met als doel verhoging van de opbrengst te bereiken.

Summary

The thesis addresses the question: *“What is the added value of soil and crop sensors in relation to the production yield of potato starch in the Peat Colonies - in Northern Netherlands?”*

At the start of this project it became evident that the graduation period and the potato starch growth period did not coincide. The research is therefore limited to desk research but includes the expertise of IJkakker – a professional network - and Dacom. The latter is specialised in sensor technology that measures the moisture of the soil. It also produces advice modules for farmers based on these measurements.

Four sub-questions were formulated.

What are the factors that influence the yield of the potato starch production?

The agricultural industry is able to optimize the crop yield if nitrogen and water are supplied at the right time and in the right amount. The farmer cannot influence the course of nature. But thanks to science, it is possible to increase the crop's resistance to certain stress factors and illnesses.

Which technologies can be successfully applied to the determining factors in the potato starch production?

From a technological perspective, there are two major systems: crop reflection sensors and soil moisture sensors.

Thanks to crop reflection sensors, we can measure plant variation within a certain plot. It is possible to influence growth by administering nitrogen.

It is important to remember that research shows that sensors are not able to determine what causes growth variation. Good soil moisture sensors are available on the market today that include advice modules. These have proven their worth in every day practice.

How can sensor technology be implemented in today's agricultural business?

Farmers open to innovative entrepreneurship are - at the moment - the key factor in the implementation of sensor technology in the potato starch production. This implies that technological advances made by scientific research need to be adapted to every day practice so that farmers can experience first-hand what the added value is of these new technologies. In this way farmers will become more and more susceptible to innovation.

Professional network organisations such as IJkakker play a pioneering role.

Mechanisation companies and suppliers are crucial in introducing these new technologies to the farmers.

How can soil and crop sensors contribute to the sustainability of the potato starch production in the Peat Colonies?

The Veldleeuwerik Foundation is a pioneer in this area because of the sustainability plans developed by its working groups of farmers and processing enterprises. Sensor technology is important in this regard because through it is possible to decrease the amount of nitrogen and pesticides.

Legislation has also had a positive effect on sustainability. The use of nitrogen has become more efficient.

The answer to the research question is that soil and crop sensors make it possible to measure nitrogen and soil moisture which in turn make it possible for the farmer to influence the growth of the potato plant. The ultimate goal of all this is to increase the yield of the potato starch production by farmers of the Peat Colonies.

1. Inleiding

Het nieuwe Gemeenschappelijk landbouwbeleid (GLB) heeft grote impact op de Nederlandse landbouw. Saldo's van een teelt en optimalisatie van de bedrijfsvoering staan onder druk. Het ondernemerschap in de akkerbouw in Noordoost Nederland met traditioneel veel zetmeelaardappelen krijgt hierdoor een impuls. (Berntsen, Leghuijt, 2014)

De precisielandbouw wordt een speerpunt voor de akkerbouwer in Noordoost Nederland. Want door sturing van de aardappelplant door zorgvuldige bemesting en berekening kan mogelijk een zo hoog mogelijke opbrengst gerealiseerd worden.

Het praktijknetwerk IJkakker voert in de zomer van 2015 een praktijkproef uit in de zetmeelaardappelteelt door middel van gewasreflectiesensoren. De resultaten hiervan kunnen niet worden meegenomen in dit literatuuronderzoek en zullen bij een mogelijk vervolgonderzoek door een andere student gebruikt kunnen worden.

Belangrijk is dat er eerst gedegen kennis nodig is van de zetmeelaardappelteelt om de invloed van de sensortechnologie op waarde te kunnen schatten. Vandaar dat er in dit onderzoek eerst wordt ingegaan op de zetmeelaardappelteelt in de Veenkoloniën en vervolgens op de toepassing van de sensortechnologie.

In deze afstudeerscriptie wordt antwoord gegeven op de onderzoeksvraag:

“Welke meerwaarde hebben bodem- en gewassensoren op de opbrengstproductie van de zetmeelaardappelteelt in de Veenkoloniën?” Het antwoord op de onderzoeksvraag kan aanleiding zijn voor de zetmeelaardappeltelers om hun bedrijfsvoering op een andere wijze te organiseren, bijvoorbeeld het toepassen van gewassensing binnen het bedrijf. Het lezerspubliek bestaat hoofdzakelijk uit akkerbouwers. De uitkomsten van het onderzoek zullen leiden tot aanbevelingen waarmee zetmeelaardappeltelers in de Veenkoloniën hun potentiële opbrengst kunnen behalen.

Het onderzoek zal hoofdzakelijk bestaan uit het uitvoeren van een literatuurstudie. Er is veel onderzoek gedaan omtrent gewassensing, waardoor conclusies uit deze onderzoeken bruikbaar kunnen zijn voor dit onderzoek. Deze informatie dient verder geanalyseerd te worden om concreet antwoord op de onderzoeksvraag en deelvragen te kunnen geven.

Om bovenstaande onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden zijn onderstaande deelvragen opgesteld:

1. *Welke factoren beïnvloeden de opbrengst in de zetmeelaardappelteelt?*
2. *Welke technologie kan er op de beïnvloedende factoren worden toegepast in de zetmeelaardappelteelt?*
3. *Op welke wijze is sensortechnologie te implementeren in de huidige bedrijfsvoering van akkerbouwers?*
4. *Welke bijdrage kunnen bodem- en gewassensoren leveren aan de duurzaamheid van de zetmeelaardappelteelt in de Veenkoloniën?*

Na de inleiding komt in hoofdstuk twee van dit onderzoek een theoretische verdieping over de zetmeelaardappelteelt aan bod. In hoofdstuk drie wordt ingegaan op de beïnvloedbare factoren van de zetmeelaardappelteelt. In hoofdstuk vier wordt de toepasbare sensortechnologie met betrekking tot de bemesting en berekening in het kader van precisielandbouw belicht. Hoofdstuk vijf gaat over de implementatie van de sensortechnologie in de huidige bedrijfsvoering van de akkerbouwer. In hoofdstuk zes komt het begrip duurzaamheid ter sprake. Tot slot worden er in hoofdstuk zeven conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan. Als laatste hoofdstuk komt de discussie aan de orde.

2. Zetmeelaardappelteelt

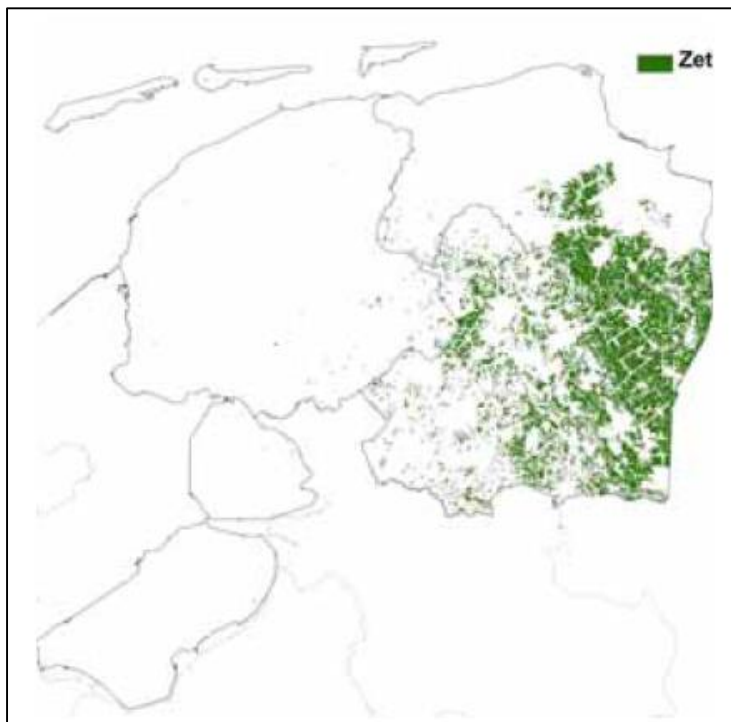
Het doel van dit hoofdstuk is om een theoretische verdieping te geven over de zetmeelaardappelteelt. Er wordt omschreven wat de zetmeelaardappelteelt inhoudt en waar deze geografisch het meest wordt toegepast. Daarnaast bevat dit hoofdstuk een omschrijving over de morfologie van een aardappelplant.

2.1 Oorsprong en historie

De aardappel (*Solanum tuberosum*) is een plant die ondergronds een energievoorraad in de vorm van zetmeel aanlegt. Het zetmeel wordt bewaard in de vorm van knollen, die aardappelen of aardappels worden genoemd. De knollen worden gevormd aan ondergrondse stengels, stolonen genoemd. De aardappel is in de wereld het belangrijkste voedselgewas na rijst, tarwe en mais. (Swormink, 2002)

De aardappel komt oorspronkelijk uit Zuid-Amerika, maar is in veel Europese landen sinds de 16e eeuw een van de basisvoedingsmiddelen. In veel landen, waaronder Nederland en België, is de aardappel vaak een vast basisbestandsdeel in het menu. In andere landen wordt de aardappel beschouwd als een groentesoort.

De belangrijkste gebieden voor de teelt van zetmeelaardappelen liggen op de hogere dal- en zandgronden van Drenthe en Groningen zoals in figuur 1 op deze pagina is afgebeeld.



Figuur 1: Verspreidingsgebied zetmeelaardappelen in de noordelijke provincies (Alterra, 2015)

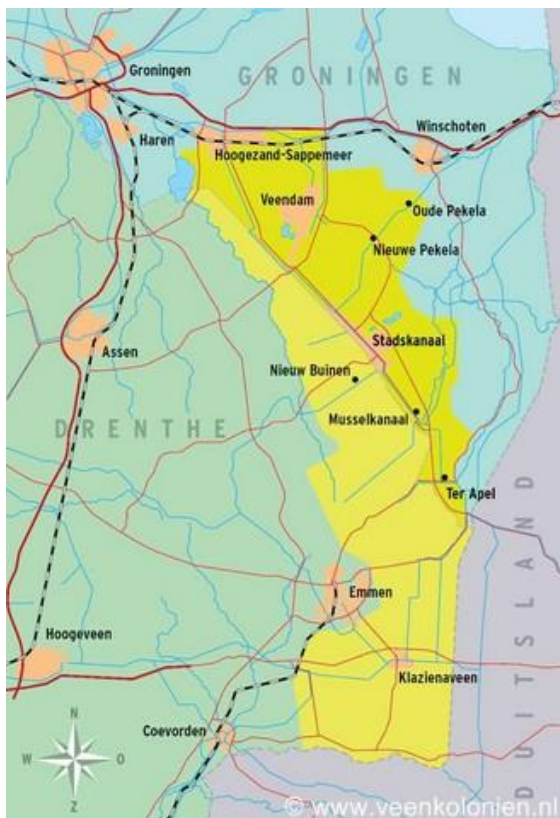
Sinds jaar en dag staat het veenkoloniale akkerbouwgebied in Noordoost Nederland bekend om de productie van zetmeelaardappelen. Deze aardappelen worden door de coöperatieve industrie AVEBE verwerkt tot zetmeel en vele derivaten. Voor zowel de regionale economie als het landgebruik is de zetmeelaardappelteelt en verwerking van wezenlijk belang. De aardappelzetmeelketen staat echter onder toenemende druk door verdere afbouw van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) van de Europese Unie. En door stagnerende opbrengsten per hectare, verdere aanscherping van gewasbeschermings-, mest- en mineralenbeleid. Ook de afname van het areaal en van het aantal producerende bedrijven speelt hierbij een rol. (Swormink, 2002, p. 5)

2.2 Veenkoloniën

De Veenkolonie is een streek in het zuidoosten van de provincie Groningen en het oosten van de provincie Drenthe. De streek wordt globaal begrensd door de Drentse Hondsrug in het westen, het Schoonebeker Diep in het zuiden, de Duitse grens in het oosten en de Groninger regio's Reiderland, Oldambt en Duurswold in het noorden.

Grotere plaatsen van noord naar zuid zijn: Hoogezand-Sappemeer, Veendam, Oude Pekela, Nieuwe Pekela, Stadskanaal, Nieuw-Buinen, Musselkanaal, Ter Apel, Emmer-Compascuum, Klazienaveen, Schoonebeek.

'Veenkolonie' is de aanduiding voor een plaats die is ontstaan doordat arbeiders er veen hebben afgegraven voor de productie van turf. Dergelijke veenkoloniën zijn er ook elders in het land. Dit onderzoek richt zich echter op de streek Veenkoloniën zoals in figuur 2 duidelijk zichtbaar is.



Figuur 2: Plattegrond Veenkoloniën (www.plaatsengids.nl, 2015)

2.3 Morfologie

De zetmeelaardappel (*Solanum tuberosum*) behoort tot de Solanaceae familie. Het is een plant die ondergronds een energievoorraad aanlegt in de vorm van zetmeel. Het zetmeel wordt bewaard in de vorm van knollen, die aardappelen of aardappels worden genoemd. De knollen worden gevormd aan ondergrondse stengels, stolonen genoemd. De aardappel is in de wereld het belangrijkste voedselgewas na rijst, tarwe en mais. In deze paragraaf zal een omschrijving worden gegeven over hoe een aardappelplant is opgebouwd.

2.3.1 Loof

Het loof van een aardappelplant is opgebouwd uit stengels en bladeren. Het bovenste gedeelte van de stengels zijn van binnen hol en hebben een driekantige vorm aan de buitenzijde. Het onderste deel van de stengel is massief en heeft aan de buitenzijde een ronde vorm. De aardappelplant is een eenzaadlobbige, dit houdt in dat de vaatbundels verspreid in de stengel voorkomen. Hierdoor is geen secundaire diktegroei mogelijk. De aardappelplant bevat één hoofdstengel, deze groeit rechtstreeks uit de moederknol.

De stengels van een aardappelplant bevatten bladeren. Deze bladeren zijn opgebouwd uit een bladsteel met zijblaadjes en een topblaadje. De bladeren bevatten huidmondjes die zorgen voor de ademhaling van de plant. Een aardappelstengel produceert ongeveer 17 bladeren, afhankelijk van het soort ras. Wanneer de stengel deze bladeren heeft geproduceerd wordt een bloemtros aan het einde van de stengel gevormd. Nadat deze bloemtros is uitgebloeid worden er groene bessen gevormd die zaden bevatten. De bloei- en besvorming van de aardappelplant kan per ras en afhankelijk van de groeiomstandigheden erg variëren.

2.3.2 Knollen

De stengeldelen die zich onder de grond bevinden hebben een ander groeiproces. Uit de stengels groeien zogenaemde stolonen, dit zijn delen van de stengel die zonder invloed van licht horizontaal in de grond groeien en zich vervolgens gaan vertakken. Wanneer deze stolonen zijn uitgegroeid worden er aan het uiteinde knollen gevormd. De verbinding tussen de knol en de stolon wordt het navelind genoemd.

2.3.3 Wortels

Aardappelplanten zijn relatief gevoelig voor droogte doordat het wortelstelsel zwak ontwikkeld is. Storende lagen in de bodem zijn een belemmering voor de groei van dit wortelstelsel, met een slecht ontwikkelde aardappelplant tot gevolg. Het is daarom essentieel om bodemverdichting te voorkomen en eventueel te verhelpen. Wanneer een aardappelplant vocht te kort komt zal het loof gaan afsterven. Hierdoor zal de opbrengst van de knollen gaan afnemen en daardoor kan er sprake zijn van een slechte opbrengst. Het is daarom belangrijk om aardappelplanten op het juiste tijdstip en in de juiste dosering water toe te dienen. Een bodemvochtsensor kan hiervoor een aangewezen hulpmiddel zijn.

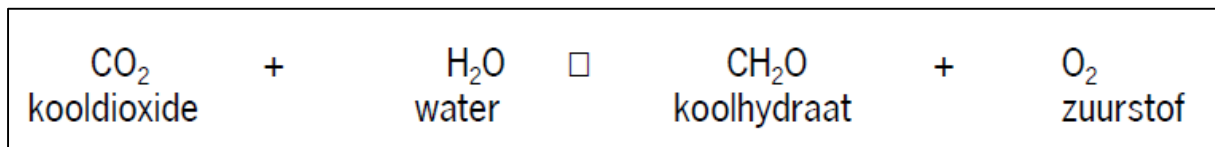
3. Beïnvloedende factoren in de zetmeelaardappelteelt

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de onderwerpen fotosynthese en factoren die de zetmeelaardappelteelt beïnvloeden met als doel een antwoord te kunnen geven op de deelvraag “Welke factoren beïnvloeden de opbrengst in de zetmeelaardappelteelt?”

3.1 Fotosynthese

Het proces fotosynthese bepaalt in grote mate de groei van de zetmeelaardappelplant en dus de opbrengst van de knollen. Tijdens dit proces worden in de bladeren van de aardappelplant koolhydraten en zuurstof geproduceerd uit kooldioxide en water door de energie uit licht. De in het blad geproduceerde koolhydraten worden grotendeels in de vorm van transportsuiker sucrose naar de knollen van de aardappelplant getransporteerd. Deze suikers worden in de knollen grotendeels omgezet in zetmeel.

In figuur 3 wordt met behulp van scheikundige benamingen schematisch weergegeven hoe het proces van fotosynthese (assimilatie) in zijn werking gaat.



Figuur 3: Proces van fotosynthese (Loon B. V., 2003, p. 9)

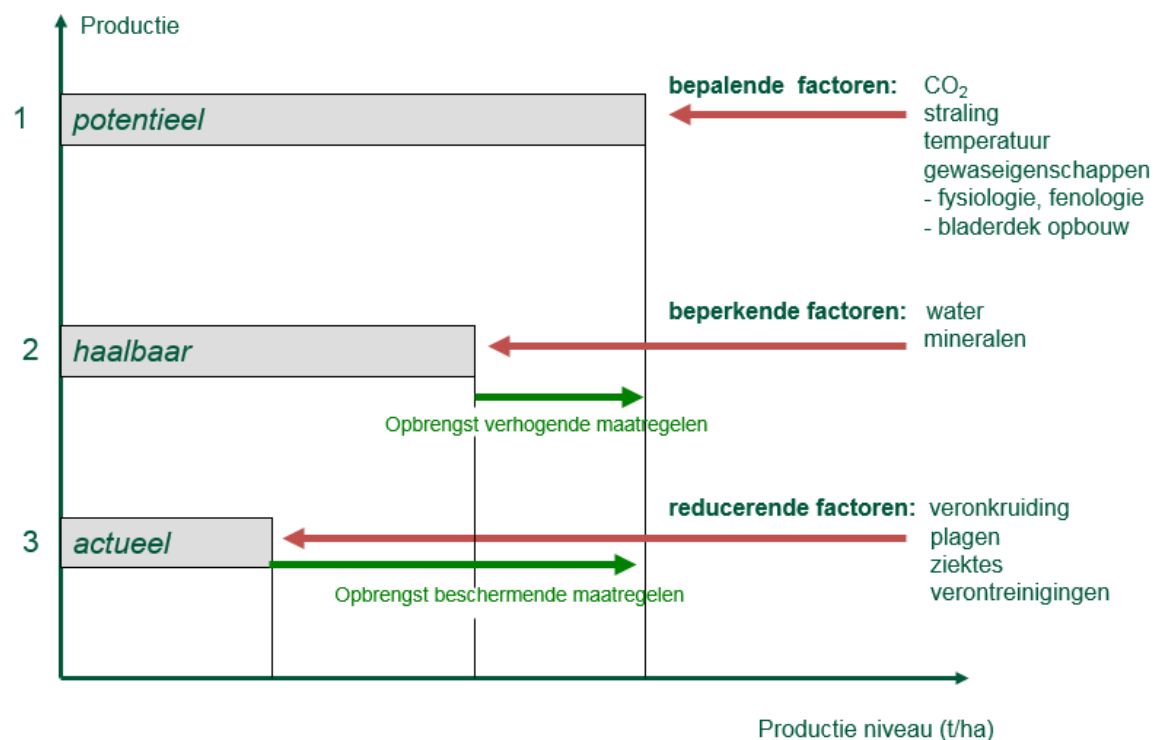
Niet alle opbrengstverschillen kunnen worden verklaard uit verschillen in fotosynthese en de lengte van het groeiseizoen. Zo investeert bijvoorbeeld het éne ras een groter aandeel van de geproduceerde droge stof in de knollen dan het andere ras.

3.2 Beïnvloedende factoren op het productieniveau

Het is moeilijk om opbrengsten tussen telers te vergelijken door de grote diversiteit in onder andere grondsoort, aardappelrassen en aanwezigheid van aardappelcystenaaltjes. Uiteindelijk heeft het soort aardappelras grote invloed op de opbrengst van het gewas. Om te bepalen of een opbrengstniveau van een aardappelgewas relatief goed of slecht is moet bekend zijn wat de theoretisch maximaal haalbare opbrengst is, ook wel 'potentiele opbrengst' genoemd.

In figuur 4 zijn drie factorgroepen aangeduid die de potentiële opbrengst beïnvloeden, namelijk reducerende, beperkende en bepalende factoren.

Optimalisatie



Figuur 4: Schematisch overzicht productieniveau beïnvloed door factoren (Nannes, 2015)

3.2.1 Reducerende factoren

De reducerende factoren zoals veronkruiding, plagen, ziektes en verontreiniging reduceren de opbrengst tot een actueel productieniveau. De teler dient opbrengst beschermende maatregelen te treffen om zijn gewas te beschermen tegen deze factoren. Deze maatregelen beginnen al voor de teelt, de bodem dient namelijk vrij te zijn van onkruidzaden, aardappelcystenaaltjes en verontreiniging. Met name de aanwezigheid van aardappelcystenaaltjes blijkt al jaren een moeilijk te beheersen probleem. (Haak, 2015)

Aardappelcystenaaltjes kunnen zorgen voor een vertraagde groei van de aardappelplanten. Als zij in grote dichtheden voorkomen beschadigen ze de wortels en veroorzaken ze een snelle veroudering van de planten. Als deze aaltjes niet bestreden worden, kunnen er opbrengstreducties van gemiddeld 60% optreden. Als deze plantenziekte bij aardappelen optreedt, is er sprake van aardappelmoeheid (AM).

Tijdens een excursie op vrijdag 1 mei 2015 is door de heer Haak (Coordinator Inspections) een presentatie verzorgd bij de Nederlandse Algemene Keuringsdienst voor zaaizaad en pootgoed van landbouwgewassen (NAK). Hierbij kwam naar voren dat de meeste

zetmeelaardappelrassen beschikken over resistentie tegen de stammen *Globodera rostochiensis* (Ro) en *Globodera pallida* (Pa). Beide soorten bestaan uit verschillende groepen, pathotypen genoemd. Deze pathotypen verschillen in hun vermogen om zich te vermeerderen op resistente rassen. Sommige rassen zijn uitsluitend resistent tegen één van beide soorten. Of, in het geval van *G. rostochiensis*, niet tegen alle pathotypen. Naast de beheersing van de aardappelcystenaaltjes is goed en gezond uitgangsmateriaal essentieel voor een gezond en vitaal gewas. Pootgoed dient goed bewaard te worden om vrij te blijven van ziekten.

Geconcludeerd kan worden dat de akkerbouwer doordringen moet zijn van het besef dat goed pootgoed en een schone akker de basis vormen voor een optimale teelt.

3.2.2 Beperkende factoren

De beperkende factoren bestaan uit stikstofvoorziening en vochtvoorziening van het gewas. Het doel van de bemesting van zetmeelaardappelen is het behalen van een zo hoog mogelijk uitbetalingsgewicht van hoge kwaliteit. Wanneer er te veel stikstof wordt toegediend zal het aardappelloof blijven groeien waardoor het gewas later afrijpt. De kwaliteit van de zetmeelaardappelen kan hierdoor negatief beïnvloed worden. Er kunnen tijdens de oogst meer beschadigingen optreden doordat de schil van de aardappelknol onvoldoende is afgehard.

Door de beschadigingen zal vuilinsluiting optreden waardoor het tarragehalte van de geoogste partij hoger zal uitvallen. Indien de aardappelen gedurende een periode bewaard zullen worden zal de ademhalingsintensiteit van de knollen toenemen ten gevolge van de beschadigingen. Hierdoor zullen de bewaarverliezen gaan toenemen.

Het bepalen van de optimale stikstofbemesting voor de aardappelteelt blijkt in de praktijk erg lastig.

Geconcludeerd kan worden dat de akkerbouwer het gewas optimaal kan laten renderen mits de stikstof- en watervoorziening in de juiste hoeveelheid en op het juiste moment toegediend worden.

3.2.3 Bepalende factoren

De bepalende factoren zijn niet tot nauwelijks beïnvloedbaar door de teler. Deze bepalende factoren bestaan onder andere uit CO₂, straling, temperatuur en gewaseigenschappen. In de loop der jaren zijn gewaseigenschappen deels beïnvloedbaar geworden door het kweken van nieuwe rassen met resistentie tegen bepaalde ziekten. Ook heeft de wetenschap rassen ontwikkeld die beter bestand zijn tegen bepaalde stressfactoren zoals droogte.

Binnen het landbouwkundig onderzoek is momenteel fysiologische expertise aanwezig die van belang kan zijn voor de ontwikkeling van klimaatbestendige adaptiestrategieën. Bijvoorbeeld de kennis over wortelfysiologie, feedbackmechanismen bij stress, biotechnologische kennis, kennis op gebied van sensortechnologie of modellenbouw zijn belangrijke tools voor de verdere ontwikkeling van klimaatadaptiestrategieën. Het blijft echter nodig om de kennis te verrijken met een experimentele onderbouwing, hier zijn grote kosten aan verbonden. (Blom, 2010, p. 22)

Geconcludeerd kan worden dat de akkerbouwer geen directe invloed heeft op de natuur. Wel is het mogelijk om met behulp van de wetenschap gewassen beter bestand te maken tegen bepaalde stressfactoren en ziekten.

4. Toepasbare sensortechnologie in de zetmeelaardappelteelt

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de toepasbare sensortechnologie in de zetmeelaardappelteelt met als doel een antwoord te kunnen geven op de deelvraag “Welke technologie kan er op de beïnvloedende factoren worden toegepast in de zetmeelaardappelteelt?”.

4.1 Precisielandbouw

Precisielandbouw is een vorm van landbouw waarbij teeltmaatregelen worden afgestemd op de variatie van gewas- en bodemcondities binnen percelen. Kan toepassing van precisielandbouw een belangrijke indicatie zijn voor het verhogen van de opbrengstproductie van de zetmeelaardappelteelt in de Veenkoloniën? Want de akkerbouwer zal een hoge productie willen nastreven en tevens een hoge kwaliteit van de zetmeelaardappel. De techniek kan hiertoe bijdragen.

De afgelopen jaren is er veel moderne apparatuur op de markt gekomen en de informatietechnologie wordt steeds geavanceerder. Te denken valt aan technieken als GPS (satelliet-plaatsbepaling). In praktijknetwerken zoals IJkakker en op proefboerderijen worden er allerlei proeven uitgevoerd met betrekking tot deze technieken. Hierover wordt veel gepubliceerd in vakbladen en is het een belangrijk thema op voorlichtingsavonden van telersverenigingen.

Steeds meer akkerbouwers hebben belangstelling voor de toepassing van deze nieuwe technieken. De voorlichtingsavonden die verzorgd worden door de mechanisatiebedrijven en leveranciers van de betreffende apparatuur worden vaak druk bezocht. Een goede technische ondersteuning tijdens het hele teeltseizoen is een cruciaal punt voor menig akkerbouwer om te investeren in deze beschikbare nieuwe technieken.

In de Veenkoloniën is er sprake van grootschalige verkaveling zodat deze technieken goed en efficiënt toe te passen zijn.

4.2 Stikstof

Stikstof is de belangrijkste voedingsbron voor de aardappelplant in samenhang met voldoende water. Maar te veel stikstof zorgt ervoor dat de aardappelplant te veel loof gaat vormen en dit heeft nadelige gevolgen voor de knolproductie en het afrijpingsproces. Ook kan het een voedingsbodem zijn voor een snellere ontwikkeling van de ziekte phytophthora, omdat het gewas minder snel opdroogt. (Schans, 2014, p. 3) Vandaar dat ook hier gewassensing een uitkomst kan bieden en dat het een aanbeveling kan zijn om deze techniek in de toekomst beter te ontwikkelen.

Er is een literatuurstudie uitgevoerd naar de stikstofbenutting van aardappelen, de proefresultaten van bijmestsystemen en -strategieën voor aardappel en de mogelijkheden om bestaande bemestingssystemen te verbeteren dan wel om nieuwe bemestingssystemen en -strategieën te ontwikkelen. De bevindingen hiervan zijn verwoord in het rapport “Nieuwe bijmestsystemen en -strategieën voor aardappel op zand- en lössgrond - Deel 1a: Deskstudie” (Malda en Geel en Kroonen-Backbier en van der Schans, 2015 p.5). Hierin is onder meer geconcludeerd dat een N-bijmeststelsel de beste mogelijkheid biedt om een hoge N-benutting bij behoud van opbrengst en kwaliteit te realiseren. Een N-bijmeststelsel gebaseerd op meting van de lichtreflectie door het gewas met een gewassensor (gewassensing) is het meest perspectiefvol, maar staat nog in de kinderschoenen. Verbeteringen zijn nodig en lijken ook mogelijk.

4.3 Stikstofmonitoring

Een goede N-bemesting is van belang voor een maximale opbrengst en goede kwaliteit van de geoogste knollen. Met een stikstofbijmeststelsysteem kan beter worden ingespeeld op de actuele groeiomstandigheden, waaronder mineralisatie en uitspoeling. Met een dergelijk systeem wordt het gewas bijbemest naar behoefte.

4.3.1 Methode 1: Stikstofbemestingsrichtlijn

Stikstofbemestingsrichtlijnen voor zetmeelaardappelen zijn ontwikkeld om een basisadvies te kunnen creëren voor telers. De richtlijnen zijn berekend voor een vaste gift, rekening houdend met het ras en de stikstofvoorraad in de bodem. Deze richtlijnen zijn slechts een globale indicatie van de gewenste stikstofgift. De oorzaak dat deze richtlijnen afwijken van de huidige stikstofgiften is dat ze op basis van een groot aantal proeven in de jaren zeventig zijn opgesteld. In de loop der jaren zijn de zetmeelaardappelrassen aanzienlijk verbeterd, en wijkt de stikstofbehoefte erg af met die van de jaren zeventig.

Figuur 5 op deze pagina geeft de richtlijnen weer voor dal en zand- gronden rekening houdend met vroege- en late rassen. Zoals te zien is wordt de minerale stikstof (N-mineraal) die zich in de bodem bevindt afgetrokken van totale benodigde hoeveelheid stikstof.

TEELTSYSTEEM EN GRONDSOORT			RICHTLIJN
GANGBAAR		DALGROND	275 - 1.8 * N-mineraal 0-30 cm
		ZANDGROND	275 - 1.8 * N-mineraal 0-30 cm
GEÏNTEGREERD	DALGROND	LATE RASSEN*	180
		OVERIGE	210
	ZANDGROND	LATE RASSEN*	210 - N-mineraal 0-30 cm
		OVERIGE	240 - N-mineraal 0-30 cm

Figuur 5: Richtlijnen voor de hoogte van de stikstofbemesting (kg N per ha) voor zetmeelaardappelen (Veerman, 2003)

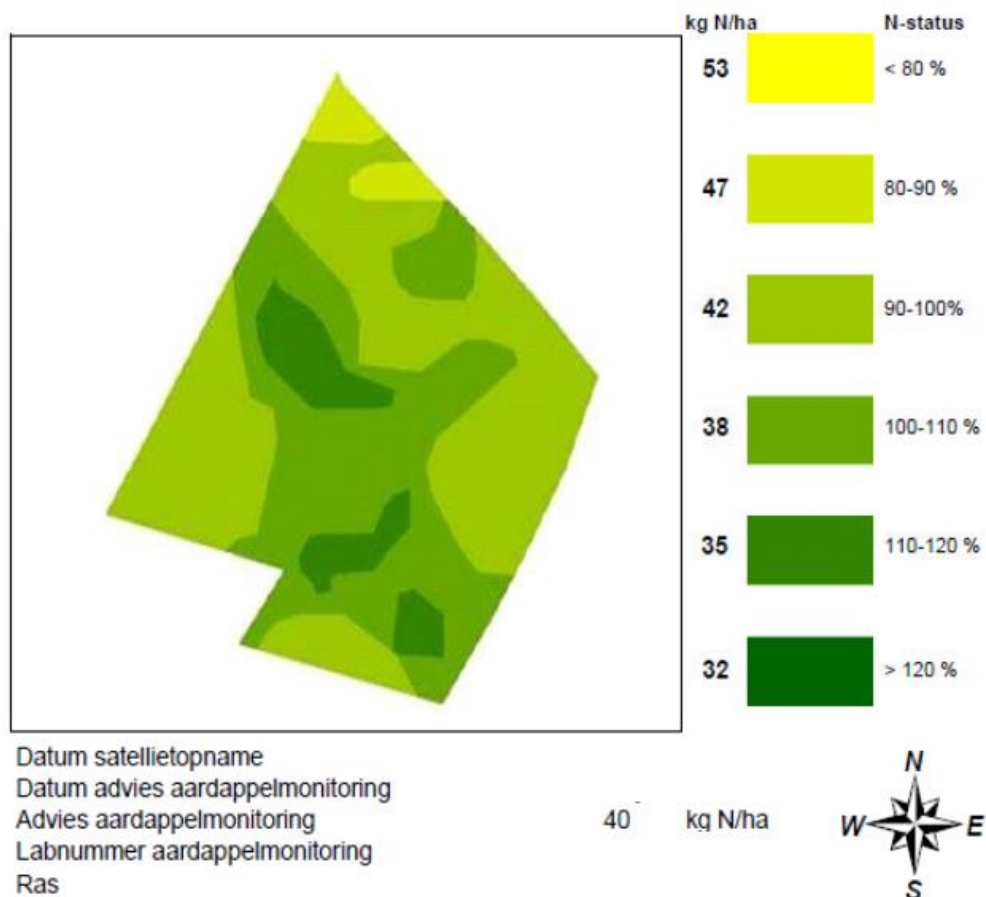
4.3.2 Methode 2: Bladsteeltjesmethode

Bij de bladsteeltjesmethode wordt vanaf 3-4 weken na opkomst tot 4 à 5 weken daarna in principe wekelijks het nitraatgehalte in bladsteeltjes gemeten. Het nitraat kan zowel in het sap van de bladsteeltjes worden gemeten als in de gedroogde bladsteeltjes. Een bepaling in het sap heeft als nadeel dat het gemeten nitraatgehalte wordt beïnvloed door het vochtgehalte in de bladsteeltjes, dat kan fluctueren. Bepaling in gedroogde bladsteeltjes heeft daarom de voorkeur. (Geel, 2003, p. 12)

4.3.3 Methode 3: Aardappelmonitoring

Het agrarisch laboratorium Altic B.V. in Dronten heeft een eigen variant van N-bijmeststelsysteem ontwikkeld, genaamd 'Aardappelmonitoring'. Naast het analyseren van het nitraatgehalte in de bladsteeltjes wordt ook het plantgewicht bepaald. Via deze weg wordt de gewasgroei gekoppeld aan het nitraatgehalte van de plant. Het groeiverloop blijkt hierbij uit het gemiddelde plantgewicht op vier verschillende tijdstippen gedurende het groeiseizoen. Altic heeft ras specifieke normlijnen opgesteld voor het nitraatgehalte en het loofgewicht. Op basis van het verloop van het nitraatgehalte en het loofgewicht ten opzichte van de normlijnen, wordt het bijmestadvies berekend. Met welke berekeningsmethode Altic het bijmestadvies genereert is niet duidelijk, dit blijft een bedrijfsgeheim.

Onderstaand figuur is een voorbeeld van een bemestingsadvies verkregen uit aardappelmonitoring online van ALTIC. Deze kaart kan ook als taakkaart gebruikt worden om het betreffende perceel met een weegstrooier te strooien.



Figuur 6: Voorbeeld bemestingsadvies aardappelmonitoring (Altic, 2011, p. 3)

Voor de bepaling van de gewasgroei moet de teler het loof van vijf representatieve planten bij de bovenkant van de aardappel rug afsnijden en wegen. Naast het doorgeven van het loofgewicht dient de teler de bladsteeltjes op te sturen naar het bedrijf Altic. Op basis van deze aangeleverde gegevens genereert Altic een advies voor de teler. (Geel, 2003, p. 13)

Uit onderzoek door het bedrijf Altic is gebleken dat de voordelen van aardappelmonitoring zijn:

- minder werk voor de teler
- analyse gekoppeld aan de exacte locatie
- biomassa-kaarten tonen variatie binnen perceel
- variabele strooikaart bij N-advies
- Kali en Mangan advies

(Altic, 2011, p. 4)

4.3.4 Methode 4: NBS- bodem

Bij de NBS- bodem methode voor aardappelen wordt het globale stikstof opnameverloop van een gewas gemonitord gedurende een teeltperiode. Daarnaast kan worden vastgesteld of er een buffervoorraad aan minerale stikstof in de grond wordt gecreëerd. Deze buffervoorraad kan ontstaan uit de mineralisatie van ondergewerkte gewasresten van de vorige teelt of van een organische mestgift voorafgaand aan de teelt. Met het advies voor de kunstmestgift wordt met deze stikstofvoorraad rekening gehouden.

De NBS- bodem methode voor aardappelen kan flexibel worden toegepast door de meettijdstippen zelf te bepalen. Zo kan er op elk gewenst moment een bijmestgift berekend worden. De bijmestgift wordt berekend na meting van de beschikbare minerale stikstof in de bodem tijdens de teelt en afleiding van de stikstofbehoefte op basis van een standaard stikstofopnamecurve en een buffervoorraad.

4.3.5 Methode 5: NBS op basis van gewassensing

NBS op basis van gewassensing kan op twee manieren. Met “Near sensing systemen” wordt het gewas gemeten door sensoren vlak boven het gewas. Vaak zijn deze sensoren gemonteerd aan de veldspuit van de akkerbouwer. Een tweede mogelijkheid is meten met “Remote sensing systemen”. Dit zijn systemen die vanaf een grotere afstand boven het gewas meten. Hierbij kan gedacht worden aan satellieten, vliegtuigen of drones.

Bovengenoemde systemen meten de gewasreflectie waaruit vervolgens de vegetatie- index berekend wordt. De vegetatie- index is een hulpmiddel om variatie binnen het gewas digitaal zichtbaar te maken. In dit hoofdstuk zal dieper op gewassensing worden ingegaan. Tevens wordt er in hoofdstuk zes nader ingegaan op de kosten en baten van NBS- gewassensing geplaatst binnen het kader van duurzaamheid.

Geconcludeerd kan worden dat de technologie van gewassensing bij de beschikbare methoden een bepalende factor kan worden in de nabije toekomst. De éne methode hoeft de andere methode niet uit te sluiten.

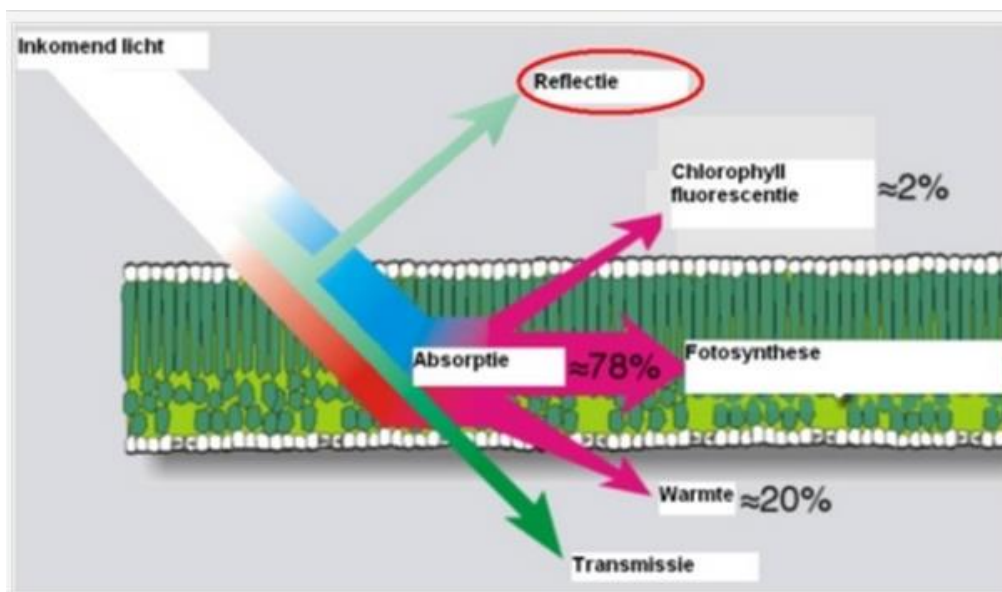
4.4 Gewasreflectiesensor

Een gewasreflectiesensor maakt het mogelijk om vast te stellen wanneer de stikstofvoorziening van een aardappelplant afneemt. Zoals in dit hoofdstuk is omschreven wordt er met diverse traditionele methoden uitgegaan van een vaste stikstofgift voor een bepaald soort gewas. Een gewasreflectiesensor biedt in principe maatwerk als het gaat om stikstoftoediening. De stikstofbehoefte van een aardappelplant kan gedurende het teeltseizoen worden beïnvloed door het weer. Overvloedige neerslag in het voorjaar kan leiden tot uitspoeling van stikstof waardoor de bodem onvoldoende stikstof meer kan leveren aan de aardappelplant. Tevens kunnen hoge temperaturen tijdens het teeltseizoen in combinatie met een vochtige bodem leiden tot een te hoge mineralisatie. Hierdoor kan de beschikbaarheid van stikstof vanuit de bodem toenemen.

4.4.1 Gewasreflectie en golflengte

De techniek van een gewasreflectiesensor is redelijk complex waardoor de basisprincipes van de werking in dit hoofdstuk aan bod komen. Een gegeven is dat met het menselijk oog een variatie binnen het gewas vanaf 10% zichtbaar is. (Nagel, 2014) De stressfactoren van een aardappelplant kunnen met behulp van het lichtspectrum worden waargenomen. Wanneer het lichtspectrum boven een betoeld perceel wordt geanalyseerd, kan dat informatie geven over de hoeveelheid biomassa en het chlorofylgehalte in het gewas. De aanwezigheid van stressfactoren zoals water- en nutriënttekorten zijn zichtbaar in een

hogere reflectie in het zichtbare deel van het spectrum en een verschuiving van de zogenoemde 'Red Edge'. Deze zogenoemde 'Red Edge' is de overgang van het visuele, met menselijk oog waarneembaar, naar het nabij- infrarode spectrum. Dit spectrum ligt rond de 720 NM en kan enkel met sensoren worden waargenomen. In figuur 7 is schematisch weergegeven hoe het inkomend licht zich gedraagt wanneer het op het aardappelblad terecht komt. De gewassensor meet aan de hand van de reflectie de vitaliteit van het gewas. Hoe meer gewas er in het veld staat, hoe meer reflectie de sensor waarneemt.



Figuur 7: Overzicht van verschillende frequenties gereflecteerd op een plant (Schans, 2014)

Er zijn gewasindexen ontwikkeld om de invloed van de reflectie vanuit de bodem te verminderen, waardoor de gewassensoren extra gevoelig zijn voor variatie in gewaseigenschappen. Er zijn drie soorten gewasindexen: de ratio -, orthogonale -, en hybride gewasindexen. De bruikbaarheid van deze indexen hangt samen met de hoeveelheid biomassa en de variatie in bodemreflectie door bijvoorbeeld organische stof en vocht. (Bussink, 2012)

4.4.2 NDVI en NDRE

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) en NDRE (Normalized Difference Red Edge) zijn een geformuleerde maat voor de conditie van het gewas. De waarde varieert tussen 0 (geen gewas) tot 1 (grond volledig bedekt en zeer goede gewasconditie met hoge groeipotentie). De NDVI en de NDRE zijn een index van de geabsorbeerde zonnestraling voor fotosynthese. Deze waarde zegt niet hoeveel biomassa er aangemaakt is, maar wel over de groei van het gewas. Het verschil tussen NDVI en NDRE is dat NDVI wat geschikter is voor een vroeg gewasstadium en de NDRE voor een later gewasstadium. (Nagel, 2014)

Niet elk type gewasreflectiesensor heeft de mogelijkheid om volgens de NDRE index te meten. De sensoren die dat wel kunnen, maken het mogelijk om ook bij een volgroeid gewas nog duidelijker en betrouwbaarder een meting te verrichten. De NDRE index is minder beïnvloedbaar door bodemeigenschappen, doordat de sensor deze weg filtert. Daarnaast ontwikkelt een sensor volgens een NDRE index een meer lineaire meting waardoor vervolgacties en verwerking van gemeten data eenvoudiger worden.

Met N- bijmestsystemen kan deze ontwikkeling van stikstof in de bodem worden opgelost door gedurende het teeltseizoen het bijmestadvies af te stemmen naar de omstandigheden. De kosten en tijd die verbonden zijn aan metingen die voor deze systemen nodig zijn worden door telers als een belemmering ervaren. (Gurp, 2014)

Uit een onderzoek naar de mogelijkheden van aardappelsensing verricht door de universiteit in Wageningen wordt geconcludeerd dat aardappelsensing goed toepasbaar is in de zetmeelaardappelteelt. Volgens het onderzoek valt er winst te behalen door het variabel bemesten van “bonte” percelen met behulp van aardappelsensing. Onder bonte percelen worden percelen verstaan met een hoge mate van verscheidenheid van het gewas. De gewassensoren brengen gewasvariatie binnen een perceel in kaart, echter zien de sensoren geen oorzaak van het verschil. (Schans, 2014)

Geconcludeerd kan worden dat met behulp van een gewasreflectiesensor variatie van zetmeelaardappelplanten binnen een perceel goed meetbaar zijn. Sturing van het gewas is mogelijk door middel van stikstof. Uit onderzoek blijkt dat de sensoren geen oorzaak van het verschil kunnen achterhalen. Hierdoor is het noodzakelijk dat er een terugkoppeling plaatsvindt tussen de gemeten data en de agrariër.

4.5 Bodemvocht en bodemvochtsensor

Ook in Nederland zijn de gevolgen van klimaatverandering merkbaar en dit heeft invloed op de groei van de gewassen. De akkerbouwer zal hier op moeten inspelen met behulp van geavanceerde technologie. Een bodemvochtsensor kan uitkomst bieden. Voldoende vocht in de bouwvoor is essentieel voor een goede gewasgroei, hoge opbrengsten, een goede kwaliteit en het efficiënt benutten van voedingsstoffen. In droge perioden is berekening essentieel om de vochtvoorraad voldoende op peil te houden. Door gebruik te maken van actuele vochtmetingen en gemeten stikstofvoorraden in de grond en/of in het gewas kan de water- en meststoffengift en daarmee ook de opbrengst worden geoptimaliseerd.

4.5.1 Werking

Bodemvochtsensoren meten het percentage vocht in de bodem en zetten deze om in digitale waarden. Het hart van het systeem wordt gevormd door sensortechnologie, weer en klimaatdata, internet en wetenschappelijke kennis. Met deze combinatie, beschikbaar gemaakt via ICT, kan men de teelt van het gewas continu volgen en bijsturen.

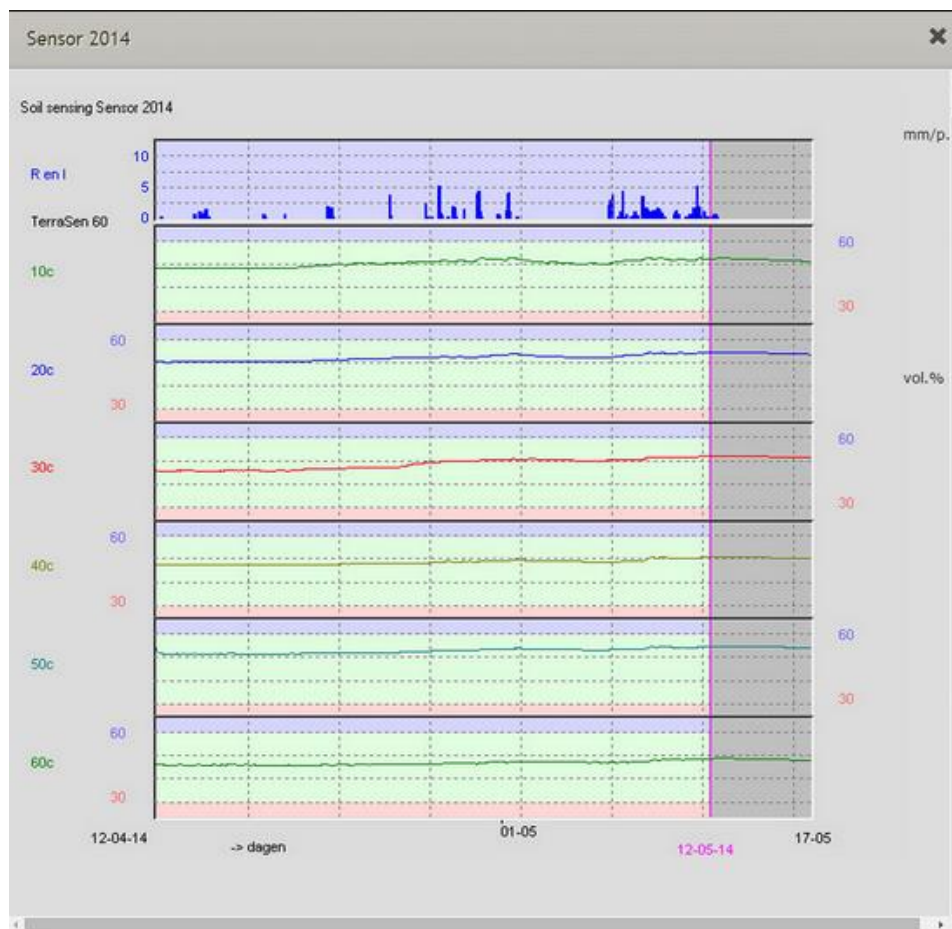
Het bedrijf Dacom uit Emmen ontwikkelt en levert bodemvochtsensoren wereldwijd. De data die de sensor meet wordt met behulp van het mobiele netwerk verzonden naar de servers van Dacom. Deze sensordata wordt vervolgens automatisch omgezet in bruikbare adviezen waarmee inzicht in de dagelijkse wateropname van het gewas in verschillende bodemlagen wordt weergegeven. Irrigatiemanagement modules zijn beschikbaar voor alle soorten gewassen en kunnen bijdragen aan een efficiënter en duurzamer waterverbruik. (Dacom, 2015)

4.5.2 Adviesmodulen

Het bedrijf Dacom levert bodemvochtsensoren met bijbehorende adviesmodulen. De irrigatiemodule geeft de gemeten data weer in een overzichtelijk dashboard zoals in figuur 8 is afgebeeld. De Dacom irrigatiemodule is een Beslissing Ondersteunend Systeem (BOS). De bodemvochtsensor is opgedeeld in zes sensoren. Elke sensor meet het bodemvocht op een bepaalde diepte in de bodem. Hierdoor kan worden bepaald of er oppervlakkige droogte heerst, of dat er al in diepere grondlagen een tekort aan bodemvocht heerst. De lijn van het maximale veldniveau geeft aan wanneer de grond verzadigd is met bodemvocht. De onderste lijn geeft de minimale hoeveelheid bodemvocht weer. Beide lijnen zijn in te stellen afhankelijk van de grondsoort en omstandigheden. Het programma is gebaseerd op de pF-curve van de grond.

De akkerbouwer kan met behulp van de Dacom Irrigatiemanagementmodule het optimale moment van beregenen bepalen alsmede ook de juiste hoeveelheid daarvan. Droogteschade, maar ook overdadige beregening worden hiermee voorkomen. Hierdoor worden kosten bespaard en wordt de opbrengst mogelijk verhoogd.

De heer De Haan heeft in een rapport het onderzoeksproject Watersense gebruikt om de toepasbaarheid van draadloze sensortechnologie te onderzoeken in combinatie met het gebruik van adviesmodules en modelberekeningen. Een onderdeel van het project was het aanleggen van veldproeven met zetmeelaardappelen. Doel van de proeven was het optimaliseren van beregening en bemesting door gebruik van vochtsensoren. Door inzicht in bodemvocht toestand kan tijdig worden beregend en zal de groei optimaal blijven. Hierdoor kunnen meststoffen beter worden gebruikt en opbrengst worden verbeterd. (Haan, 2012)



Figuur 8: Dashboard irrigatiemodule Dacom (Dacom, 2015)

4.5.3 Beregenen in het aardappelzetmeelgebied

Zoals uit hoofdstuk drie is gebleken blijken water en mineralen dé twee beperkende factoren te zijn met betrekking tot het behalen van een relatief hoge opbrengst. Vochtvoorziening wordt in het grootste deel van het zetmeelaardappeltelend gebied bepaald door de neerslag. Akkerbouwers in de Veenkoloniën beschikken over moderne beregeningssystemen zoals de Pivot- systemen en beregeningshaspels. De enige bedreiging die er op dit moment is komt van de overheid met strengere regelgeving met betrekking tot het gebruik van grond- en oppervlaktewater. Daarnaast spelen ook de kosten van brandstof een belangrijke rol.

De mogelijkheid om meer te beregenen uit bronnen met grondwater is niet rooskleurig wegens toenemende en strenger wordende regelgeving van overheden. Naarmate het bodemprofiel een hogere watercapaciteit heeft, wordt beter gebruik gemaakt van de neerslag. Verhoging van de vochtcapaciteit van de bodem moet worden gezocht in verhoging van het organische stofgehalte en dat is iets dat vele jaren kost. Grond verbeterende maatregelen gericht op vochthoudendheid en ontwatering verdienen een overweging voor (fiscale) ondersteuning. (Veerman, 2002, pp. 19-20)

Geconcludeerd kan worden dat er goede praktijkrijpe bodemvochtsensoren met bijbehorende adviesmodulen op de markt zijn voor de zetmeelaardappelteelt. Agrariërs kunnen met behulp van deze adviesmodulen op het juiste moment in de juiste hoeveelheid vocht toedienen om het gewas optimaal te laten groeien. Beregening kan worden belemmerd door toenemende wet- en regelgeving omtrent het grond- en oppervlakte watergebruik.

5. Implementatie sensortechnologie in huidige bedrijfsvoering van de akkerbouwer

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op het ondernemerschap van de agrariër en de mechanisatie met als doel een antwoord te kunnen geven op de deelvraag “Op welke wijze is sensortechnologie te implementeren in de huidige bedrijfsvoering van akkerbouwers”?

5.1 Innovatief ondernemerschap bij akkerbouwers

Het gebied waar dit onderzoek betrekking op heeft zijn de Veenkoloniën in Noordoost Nederland. De akkerbouwers in dit gebied zijn op basis van de grondsoort aangewezen op de teelt van zetmeelaardappelen. De teelt van zetmeelaardappelen komt door het nieuwe Gemeenschappelijk landbouwbeleid (GLB) onder druk te staan, waardoor het voor de telers in dit gebied noodzakelijk is om hun opbrengsten te verhogen. Saldo's van een teelt en optimalisatie van bedrijfsvoering worden belangrijk. Het ondernemerschap in de akkerbouw in Noordoost Nederland met traditioneel veel zetmeelaardappelen krijgt hierdoor een impuls. (Berntsen, Leghuijt, 2014)

Telers in Noordoost- Nederland hanteren veelal een traditioneel bouwplan waarbij aardappelen worden afgewisseld met granen en/of suikerbieten. In figuur 9 is een saldovergelijking opgenomen voor de Veenkoloniale teelten. Deze vergelijking is opgesteld door de ABN- AMRO en geeft weer hoe het saldo (in €) van een gewas zich verhoudt tot de opbrengst (in ton).

	Zetmeelaardappelen			Suikerbieten		
Opbrengst (in ton)	45	50	50	60	65	70
Prijs (in € per ton)	€ 50	€ 50	€ 60	€ 30	€ 30	€ 30
Opbrengst	€ 2.250	€ 2.500	€ 3.000	€ 1.800	€ 1.950	€ 2.100
Teelkosten	€ 1.100	€ 1.100	€ 1.100	€ 850	€ 850	€ 850
Loonwerk / mechanisatie	€ 440	€ 440	€ 400	€ 385	€ 385	€ 385
Saldo	€ 710	€ 960	€ 1.500	€ 565	€ 715	€ 865
	Zomergerst			Wintertarwe		
Opbrengst (in ton)	6	6,5	7	8	8,5	9
Prijs (in € per ton)	€ 180	€ 180	€ 180	€ 160	€ 160	€ 160
Opbrengst	€ 1.080	€ 1.170	€ 1.260	€ 1.280	€ 1.360	€ 1.440
Teelkosten	€ 250	€ 250	€ 250	€ 330	€ 330	€ 330
Loonwerk / mechanisatie	€ 150	€ 150	€ 150	€ 150	€ 150	€ 150
Saldo	€ 680	€ 770	€ 860	€ 800	€ 880	€ 960

Figuur 9: Saldovergelijking voor Veenkoloniale teelten (getallen in € per hectare) (Westeneng, 2015)

De zetmeelaardappelteler van de toekomst moet blijven streven naar maximalisatie van de zetmeelopbrengst per hectare bij zo laag mogelijke kosten per eenheid product. De hoogste opbrengsten worden het meest frequent gerealiseerd in de groep bedrijven die de zetmeelaardappelteelt als hoofdtak hebben. Hieruit blijkt dat de teelt van zetmeelaardappelen een specialisme is.

De instandhouding van dit specialisme vergt doorlopende investering in informatie- en technische voorzieningen. (Berntsen, Leghuijt, 2014) Vakmanschap speelt hierbij een hele belangrijke rol, ook hier geldt kennis is macht.

De heer Kocks, lector precisielandbouw, heeft de volgende uitspraak gedaan omtrent implementatie van precisielandbouw: “Voor verdere ontwikkeling en implementatie van precisielandbouw is het noodzakelijk dat we met z’n allen vooraan komen en voorop blijven lopen. Binnen de coalities is het gebruiken van data en die vervolgens verwerken tot omgevingsinformatie en bruikbare management-informatie een belangrijke opdracht. Denk daarbij aan datamining, databasetechnieken en web- technologie gericht op dynamische toepassing van precisielandbouw”. (Kocks, 2015)

Uit deze uitspraak blijkt dat het ondernemerschap van de agrariër een belangrijke rol speelt in de verdere ontwikkeling en implementatie van deze sensortechnologie. De wetenschappers en de akkerbouwers zullen samen deze kar moeten trekken. De grondhouding van de akkerbouwers ten aanzien van nieuwe ontwikkelingen is bepalend voor de vooruitgang.

Geconcludeerd kan worden dat de teelt van zetmeelaardappelen een dusdanig saldo kan opleveren dat de teelt rendabel genoemd kan worden. Indien telers bereid zijn om sensortechnologie toe te passen binnen nu en tien jaar in hun bedrijfsvoering is het mogelijk een opbrengstverhoging of kostenbesparing te behalen. Maar er zal nader onderzoek verricht moeten worden zoals blijkt uit Zetmeelaardappelteelt: Op naar 20-15-10, Communicatieproject AVEBE 2012. “Aanbevolen wordt om nader onderzoek te doen naar plant- en stengelaantallen bij enkele belangrijke rassen om optimaliseringsvragen te kunnen beantwoorden. Daarnaast leven er vragen ten aanzien van bemesting (N-giften nieuwe rassen, kali bemesting, zwavel, invloed van magnesium). Tenslotte is onderzoek gewenst naar het effect van vochtvoorziening in combinatie met een optimale (eventueel ook gedeelde) bemesting (stikstof, kali).” (Wijnholds, 2012)

5.2 Mechanisatie

Tegenwoordig zijn GPS- systemen niet meer weg te denken in de landbouw. Naast het recht rijden bieden deze systemen tal van mogelijkheden. Met name het automatisch aansturen van werktuigen biedt veel kansen. Het variabel aansturen van de velspuit en kunstmeststrooier op basis van een taakkaart of rechtstreeks met gewassensoren zijn op dit moment in de praktijk toepasbaar.

Wanneer een agrariër van plan is om te investeren in sensortechnologie dient hij zich ervan bewust te zijn dat zijn mechanisatie de toepassing van deze technologie ondersteunt. (Kempenaar, 2014). Landbouwmachines zijn tegenwoordig grotendeels aan te sturen waardoor plaatsspecifieke bewerkingen mogelijk zijn. Echter beschikt niet elke agrariër over deze nieuwe landbouwmachines. Hierdoor is het niet altijd mogelijk dat optimale implementatie van sensortechnologie door de gehele bedrijfsvoering haalbaar is. De relatie tussen de akkerbouwer en het mechanisatiebedrijf is van groot belang omdat de expertise met betrekking tot het toepassen van sensortechnologie stap voor stap tot stand moet komen. Goede begeleiding daarbij is cruciaal. Het is een gegeven dat de jongere generatie deze techniek makkelijker oppakt.

Geconcludeerd kan worden dat implementatie van sensortechnologie in de zetmeelaardappelteelt behoort bij innovatief ondernemerschap. Akkerbouwers moeten open staan voor nieuwe technologische ontwikkelingen en de mechanisatiebedrijven kunnen hierbij een stimulerende rol spelen.

6. De component duurzaamheid bij de aardappelzetmeelteelt in de Veenkoloniën

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op duurzaam ondernemen, kosten en baten van NBS-gewassensing en de benutting en balans van stikstof in de landbouw met als doel een antwoord te kunnen geven op de deelvraag “Welke bijdrage kunnen bodem- en gewassensoren leveren aan de duurzaamheid van de zetmeelaardappelteelt in de Veenkoloniën”?

6.1 Duurzaam ondernemen: people, planet and profit

Duurzaamheid kan als volgt gedefinieerd worden: spaarzaam omgaan met de beschikbare natuurlijke bronnen door gebruik te maken van de voorhanden beschikbare technologie. Duurzaam ondernemen betekent voor een ondernemer onder andere rekening houden met mens, milieu en continuïteit. (MVO-Nederland, 2014) Een agrariër heeft met name met het aspect milieu te maken.

Vanuit dit perspectief gezien kan sensortechnologie een belangrijke bijdrage leveren aan duurzaam ondernemen. Want er zal heel bewust moeten worden omgegaan in de bedrijfsvoering met de natuurlijke hulpbronnen zoals water en mineralen.

De Stichting Veldleeuwierik in de Veenkoloniën brengt akkerbouwers en verwerkende bedrijven bij elkaar om duurzame productie van de akkerbouw verder te ontwikkelen. Hiervoor is een eigen duurzaamheidssystematiek ontwikkeld. Een groep akkerbouwers stelt in onderling overleg een duurzaamheidsplan op en voert dit uit. Een belangrijke factor is dat de deelnemers veel van elkaar kunnen leren.

Er zijn tien indicatoren voor duurzaamheid geformuleerd binnen de Stichting Veldleeuwierik: productwaarde, bodemvruchtbaarheid, bodemverlies, voedingsstoffen, gewasbescherming, water, energie, biodiversiteit, menselijk kapitaal, lokale economie. De akkerbouwer zal in zijn duurzaamheidsplan sensortechnologie opnemen, gelet op de hiervoor genoemde indicatoren. De reden hiervoor is dat daardoor duurzaamheid meetbaar wordt gemaakt. Maar ook hier geldt dat een andere wijze van denken geleidelijk zal moeten worden bewerkstelligd zodat het begrip duurzaamheid in het innovatieve ondernemerschap een vast gegeven gaat worden in de bedrijfsvoering. Collega's akkerbouwers zullen hierover in gesprek met elkaar moeten gaan binnen de uitwisselingsgroep.

6.2 Kosten en baten NBS- gewassensing

Uit onderzoek en praktijksituaties is gebleken dat met behulp van gewassensing zowel stikstof als gewasbeschermingsmiddelen (GBM) bespaard kunnen worden. Het meten van gewasreflectie kan gelijktijdig plaatsvinden met de phytophthora- bespuitingen waardoor het geen extra handeling betreft. Als de gewassensor voor meerdere doeleinden op het bedrijf wordt gebruikt en naarmate het aantal hectares waarop de sensor wordt ingezet hoger is, zijn de toegerekende kosten per hectare voor gebruik bij N-bijbemesting in aardappelen lager. (Malda, 2012, p. 10)

6.3 Benutting van mineralen in de landbouw

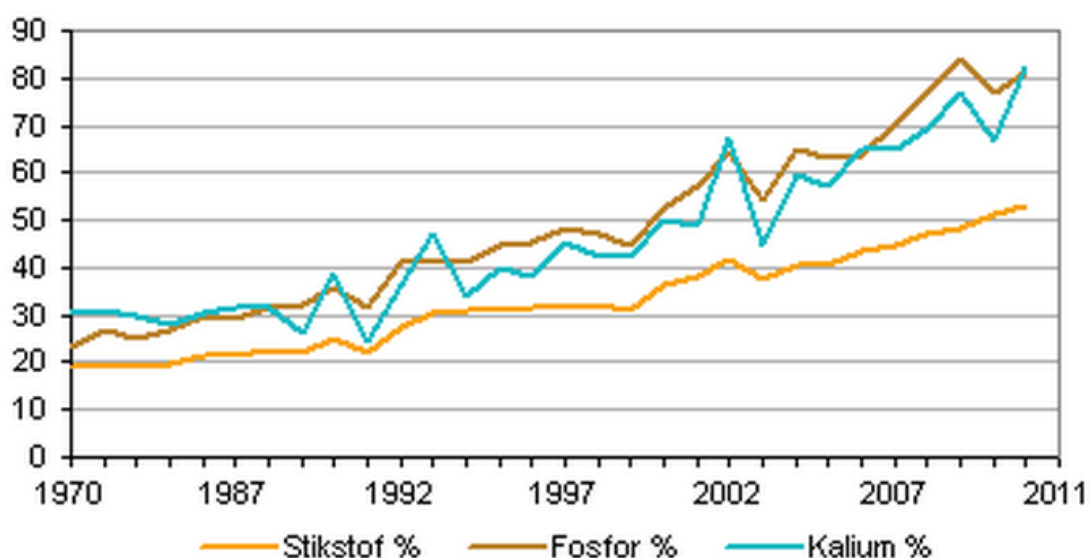
Zoals eerder beschreven is een goede N-bemesting van belang voor een maximale opbrengst en goede kwaliteit van de geoogste knollen. Daarnaast maakt de toenemende wet- en regelgeving omtrent het mestbeleid het noodzakelijk om technologische hulpmiddelen toe te passen voor een effectieve bemesting van het gewas. Doel van het mestbeleid is om ondernemers aan te zetten tot doelmatig gebruik van mineralen, resulterend in een optimale gewasgroei en -kwaliteit met minimale verliezen naar het milieu.

Het mineralenoverschot wordt bepaald door de aan- en afvoer van mineralen. De afvoer met gewassen is behalve van de mate van bemesting en grondsoort ook afhankelijk van de weersomstandigheden. Jaarlijks kunnen de gewasopbrengsten door veranderde weersomstandigheden sterk van elkaar afwijken met als gevolg schommelingen in de overschotten. Figuur 10 geeft de ontwikkeling van de benutting van mineralen in de landbouw weer over de periode van 1970-2011. (CBS, 2013)

De benutting is in de periode 1970-2011 gestegen van zo'n 20-30 procent in 1970 naar 50-80 procent in 2011. De grootste stijging treedt op bij fosfor.

In 2011 bedroegen de overschotten 18-47 procent van de totale aanvoer van mineralen: voor kalium 18 procent, voor fosfor 19 procent en voor stikstof 47 procent. Dit komt overeen met een benutting van 82 procent kalium, 81 procent fosfor en 53 procent stikstof.

In 2010 was de benutting van fosfor 77 procent, van kalium 67 procent en van stikstof 51 procent. In 1997 bedroeg de benutting van fosfor 48 procent, van kalium 46 procent en van stikstof 31 procent en in 1990 respectievelijk 36 procent, 39 procent en 25 procent.



Figuur 10: Ontwikkeling van de benutting van mineralen in de landbouw, 1970-2011 (CBS, 2013)

6.4 Balans van stikstof in de landbouw

Grote hoeveelheden stikstof komen vooral via het mengvoer voor het vee en kunstmest de landbouw binnen. De afvoer geschiedt via dierlijke en plantaardige producten. Jaarlijks is er een overschot dat de bodem en lucht belast. Het stikstofoverschot in 2011 is met 338 miljoen kg 4 procent lager dan in 2010.

Compendium voor de Leefomgeving heeft met behulp van diverse bronnen waarvan het CBS de meest relevante bron is een onderzoek gedaan naar de balans van de stikstof in de landbouw. (Compendium, 2011)

In bijlage 1 (CBS, Stikstof in de landbouw, 2011) van dit afstudeerwerkstuk is een stroomschema opgenomen dat een vereenvoudigde weergave laat zien van de stikstofstromen die in de landbouw optreden. Het schema beschrijft de aanvoerposten, afvoerposten en retourstromen voor stikstof in de landbouw. Op basis van het schema kan de hoeveelheid stikstof worden berekend die via de landbouw in het milieu terecht komt.

Aanvoerposten

Boven in het schema zijn de aanvoerposten weergegeven. Zoals eerder vermeld komt stikstof grotendeels via mengvoer en kunstmest de landbouw binnen. Naast deze twee aanvoerposten bestaan er enkele kleinere aanvoerposten namelijk: import van ruwvoer(1), dierlijke producten(2), luchtdeposities(3) en overige(4). In 2011 is met al deze aanvoerposten gezamenlijk 659 miljoen kg stikstof in de landbouw terecht gekomen.

Afvoerposten

Grotendeels worden voorgenoemde aanvoerposten efficiënt benut in de landbouw. Echter verlaat een groot gedeelte stikstof de landbouw door de afzet van dierlijke en plantaardige producten. Daarnaast vormt export van Nederlandse mest een kleine afvoerpost. In 2011 is via genoemde afvoerposten ongeveer 321 miljoen kg stikstof in de landbouw verdwenen.

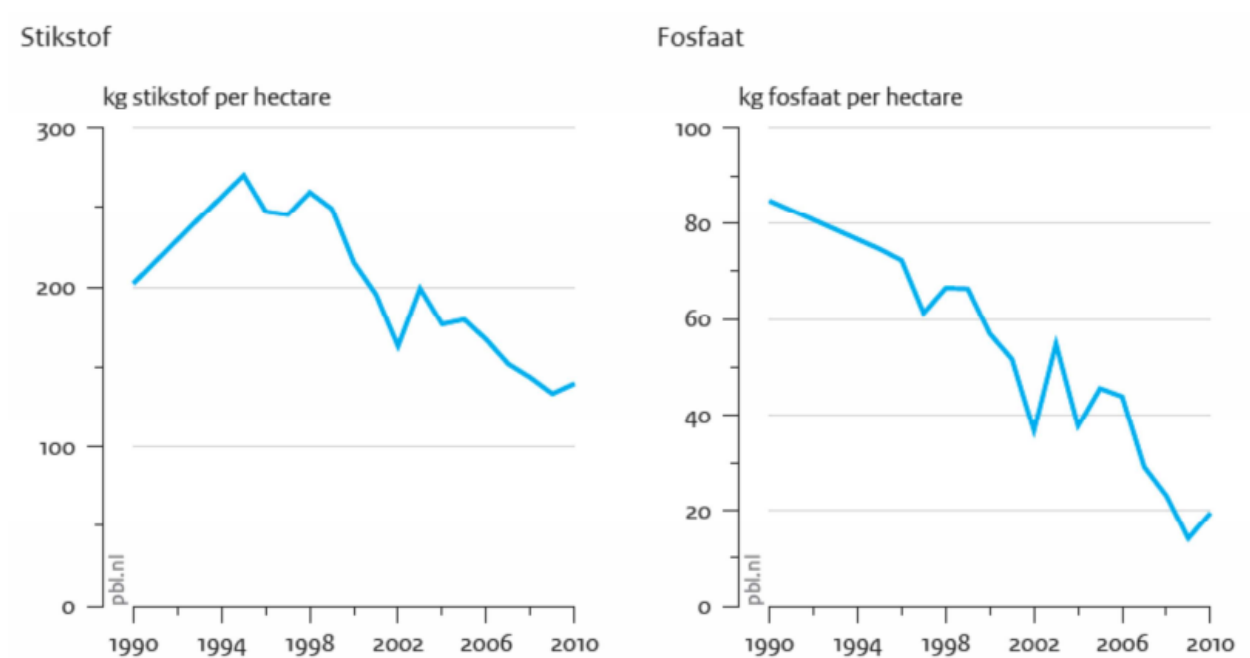
Retourstromen binnen de landbouw

Er bestaan twee retourstromen van stikstof in de landbouw. De depositie (afzetting) vervluchtigde ammoniak (NH_3) naar de landbouwgrond zorgt voor 24 miljoen kg stikstof. Deze vorm van ammoniak ontstaat onder andere bij de bewaring van mest, de verspreiding van mest en kunstmest op landbouwgrond en de conservering van gewassen als snijmaïs en kuilgras. In Nederland wordt relatief veel maïs en gras verbouwd voor de functie ruwvoer. De stikstof die deze gewassen onttrekken worden grotendeels weer terug geleverd aan de veehouderij, ongeveer 287 miljoen kg stikstof.

Stikstofoverschot

Uit het stroomschema in bijlage 1 blijkt dat er in 2011 een stikstofoverschot van 338 miljoen kg is. Dit is ongeveer 4% lager dan het overschot van 2010, waardoor geconcludeerd kan worden dat de nieuwe wet- en regelgeving omtrent het mestbeleid resulteert in een lager overschot van stikstof. Het belangrijkste deel van dit overschot hoopt zich op in de bodem (249 miljoen kg stikstof). Het overige deel vervluchtigt hoofdzakelijk als ammoniak.

Het overschot aan stikstof en fosfaat op de bodembalans is een goede indicator voor de mate waarin de toegediende mineralen ten goede komen aan het gewas. Sinds de start van het mestbeleid zijn zowel het stikstof- als het fosfaatoverschot op de bodembalans sterk gedaald, zie hiervoor figuur 11. Dit geldt voor zowel de melkveehouderij als akkerbouw. (Rijksoverheid, 2014, p. 23)



Figuur 11: Gemiddelde nutriëntenoverschotten voor stikstof en fosfaat in kilogrammen stikstof en fosfaat per hectare. (Rijksoverheid, 2014)

Geconcludeerd kan worden dat in de opgestelde duurzaamheidsplannen door akkerbouwers sensortechnologie naar voren komt, omdat er door gewassensing een besparing te bereiken valt van stikstof en gewasbeschermingsmiddelen. Daarnaast zijn er positieve effecten zichtbaar met betrekking tot duurzaamheid door de aangescherpte wet- en regelgeving. Stikstof wordt efficiënter benut.

7. Conclusies en aanbevelingen

Bij het beantwoorden van de onderzoeksvraag “*Welke meerwaarde hebben bodem- en gewassensensoren op de opbrengstproductie van de zetmeelaardappelteelt in de Veenkoloniën?*” is er ingegaan op onderstaande vier deelvragen. Deze vragen zijn beantwoord en tevens zijn er aanbevelingen gedaan.

1. *Welke factoren beïnvloeden de opbrengst in de zetmeelaardappelteelt?*

De akkerbouwer kan het gewas optimaal laten renderen mits de stikstof- en watervoorziening in de juiste hoeveelheid en op het juiste moment toegediend worden. De akkerbouwer heeft geen directe invloed op de natuur. Wel is het mogelijk om met behulp van de wetenschap gewassen beter bestand te maken tegen bepaalde stressfactoren en ziekten. De aanbeveling is om de beschikbare kennis via bestaande praktijknetwerken te verspreiden onder de doelgroep.

2. *Welke technologie kan er op de beïnvloedende factoren worden toegepast in de zetmeelaardappelteelt?*

In technologisch opzicht spelen twee systemen een beslissende rol: de gewasreflectiesensor en de bodemvochtsensor.

Met behulp van een gewasreflectiesensor is variatie van zetmeelaardappelplanten binnen een perceel goed meetbaar. Sturing van het gewas is mogelijk door middel van stikstof. Een belangrijke kanttekening is dat uit onderzoek is gebleken dat de sensoren geen oorzaak van het verschil kunnen achterhalen.

Een aanbeveling is een gewenste noodzakelijke terugkoppeling laten plaatsvinden tussen de gemeten data en de agrariër.

Er zijn voor zetmeelaardappeltelers goede bodemvochtsensoren op de markt met bijbehorende adviesmodules. Deze zijn goed bruikbaar in de praktijk.

Een aanbeveling is om vernieuwende technieken vanuit overheidswege te subsidiëren.

3. *Op welke wijze is sensortechnologie te implementeren in de huidige bedrijfsvoering van akkerbouwers?*

De implementatie van sensortechnologie in de zetmeelaardappelteelt wordt op dit moment voornamelijk bepaald door het openstaan van akkerbouwers voor innovatief ondernemerschap. Dit wil zeggen dat de ontwikkelingen in de wetenschap op technisch vlak vertaald moeten worden naar de toepasbaarheid in de praktijk en daarvoor is nodig dat akkerbouwers de voordelen ervan gaan inzien en ervaren. Zodat ze openstaan voor deze nieuwe ontwikkelingen. Hierin spelen praktijknetwerken zoals IJkakker een voortrekkersrol. Mechanisatiebedrijven en toeleveranciers hebben een stimulerende rol om de nieuwste technieken op dit gebied bij de klant te introduceren.

Een aanbeveling is om via praktijknetwerken meer akkerbouwers te overtuigen van het nut van sensortechnologie en deze op te nemen in hun bedrijfsvoering.

4. *Welke bijdrage kunnen bodem- en gewassensensoren leveren aan de duurzaamheid van de zetmeelaardappelteelt in de Veenkoloniën?*

De Stichting Veldleeuwrik vervult een voortrekkersrol op dit gebied omdat werkgroepen akkerbouwers en verwerkende bedrijven aan de hand van indicatoren duurzaamheidsplannen opstellen. Hierbij speelt sensortechnologie een belangrijke rol, omdat er door gewassensing een besparing te bereiken valt van stikstof en

gewasbeschermingsmiddelen. Daarnaast zijn er positieve effecten zichtbaar met betrekking tot duurzaamheid door de aangescherpte wet- en regelgeving. Stikstof wordt efficiënter benut.

Een aanbeveling is om het maatschappelijk draagvlak te vergroten door het uitdragen van het begrip duurzaamheid in de landbouw.

Het antwoord op de onderzoeksvraag is dat bodem- en gewassensoren het voor zetmeelaardappeltelers in de Veenkoloniën mogelijk maken om stikstof en bodemvocht te meten waardoor de groei van de aardappelplant beter stuurbaar wordt. Met als doel verhoging van de opbrengst te bereiken.

8. Discussie

In deze afstudeeropdracht met als onderzoeksvraag “*Welke meerwaarde hebben bodem- en gewassensoren op de opbrengstproductie van de zetmeelaardappelteelt in de Veenkoloniën?*” wordt in de discussie de uitkomsten tegen elkaar afgewogen.

Het blijkt dat er tussen de beïnvloedende factoren, de beschikbare technologie en de implementatie ervan een noodzakelijk verband is.

Als stikstof- en watervoorziening in de juiste hoeveelheid en op het juiste moment toegediend wordt kan dit het gewas laten renderen. Daarvoor zijn gewasreflectiesensoren en bodemvochtsensoren benodigd. Hiervoor zijn praktijknetwerken en innovatief ondernemerschap van belang.

Reflectie

Bij de start van het onderzoek bleek dat de afstudeerperiode niet overeen kwam met het groeiseizoen van de aardappelzetmeelteelt, zoals al eerder afgebakend is in het Plan van Aanpak (PvAA). Dit leidde tot een literatuuronderzoek. Het bleek dat er veel bruikbare literatuur beschikbaar was. Punt van aandacht was wel te selecteren op relevante en actuele bronnen. Het is uitermate belangrijk gebleken om steeds uit te gaan van de onderzoeksvraag en de deelvragen.

Persoonlijk is de afstudeerstage bij Dacom en de verbinding met IJkakker van grote meerwaarde gebleken voor het uitvoeren van het onderzoek.

I Bibliografie

- Alterra. (2015). Opgehaald van <http://www.wageningenur.nl/>
- Altic. (2011). Chechlisten; oorzaak achterhalen van gewasvariatie.
- Berkhout, P. H. (2014). *Landbouw- Economisch Bericht 2014*. LEI.
- Berntsen, Leghuijt. (2014). ABN AMBRO.
- Bert Reubens, G. R. (2012). *Eindrapport Bodembreed Interreg, Overzicht van resultaten, inzichten en aanbevelingen*. Merelbeke, België: Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek (ILVO).
- Blom, G. (2010). *Klimaatverandering: kansen voor de landbouw*. Wageningen UR (In samenwerking met Alterra). Opgehaald van <http://www.ltonoord.nl>
- Bussink, R. e. (2012). *Ontwikkeling van beslissingsondersteunende systemen voor het bijmesten van gewassen*. Wageningen: Nutriënten management instituut nmi bv.
- CBS. (2011). Stikstof in de landbouw. Opgehaald van <http://www.cbs.nl/>
- CBS. (2013). CBS. Opgehaald van <http://www.cbs.nl/>
- Compendium. (2011). *Balans van stikstof in de landbouw, 2011*. Compendium. Opgehaald van <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren>
- Dacom. (2015). Productbeschrijvingen NL. Opgehaald van Intranet Dacom B.V.
- Dirk, S. (2003). *Landbouwkundige toekomstvoorspellingen: de Veenkoloniën in 2020 en 2050*. Rijksuniversiteit Groningen. Opgehaald van <https://www.rug.nl/research>
- Geel. (2003). *Ontwikkeling van geleide bemestingssystemen bij de teelt van zetmeelaardappelen*. Wageningen UR.
- Gurp, v. (2014). *N-bijmesten in aardappelen*. ZLTO.
- Haak. (2015, 01/05). NAK. (M. Meijering, Interviewer)
- Haan, S. e. (2012). *Berekening en bemesting zetmeelaardappelen*. Wageningen UR. Opgehaald van <http://edepot.wur.nl/205927>
- Hammelink, V. L. (2009). *Aardappelsignalen*. Roodbont Publishers B.V.
- Heerink, G. (2014). Fedecom.
- Hoogeveen, V. B. (2003). *Berekening in land- en tuinbouw, Rapport voor de Droogtestudie Nederland*. Hoogeveen: LEI.
- Kempenaar, C. (2010). Syscope precisielandbouw.
- Kempenaar, C. (2014). Precisielandbouw: slim combineren van nieuwe technologieën. Syscope.

- Kocks. (2015). Uitspraak over implementatie precisielandbouw. Opgehaald van <http://www.kcagro.nl/~media/Files>
- Koopmans, C. (2007). *Bodemsignalen*. Roodbont Publishers B.V.
- Krebbbers, H. (2014). Smart farming vraagt meer onderzoek. *Landbouwmechanisatie*.
- Loon, B. V. (2003). *Teelt van zetmeelaardappelen*. Wageningen UR. Opgehaald van <http://www.kennisakker.nl/files>
- Loon, H. (2009). *Aardappelsignalen: praktijkgids voor een succesvolle aardappelteelt*.
- Malda, G. e.-B. (2012). *Nieuwe bijmestsystemen en -strategieën voor aardappel op zand- en lössgrond*. Productschap Akkerbouw. Opgehaald van <http://www.kennisakker.nl/files>
- MC Hanegraaf, V. S. (2012). *Bodembreed Interreg, Verkenning van bodemsensoren voor de landbouw*. Wageningen: Nutriënten management instituut nmi B.V.
- MVO-Nederland. (2014). MVO: dé manier. Opgehaald van www.mvonederland.nl
- Nagel, L. (2014). Korte uitleg OptRx gewassensoren. Opgehaald van <http://louisnagel.nl>
- Nannes. (2015). (Meijering, Interviewer)
- Rijksoverheid. (2014). "5e Nederlandse AP betreffende de Nitraatrichtlijn (2014-2017)". Rijksoverheid. Opgehaald van www.rijksoverheid.nl
- Ros, O. B. (2012). *Factoren en protocol voor inzetbaarheid sensoren*. Wageningen: Nutriënten Management Instituut NMI B.V.
- Schaap, B. G. (2009). *Klimaat en Landbouw Noord-Nederland, Rapportage van fase 2*. Wageningen: Plant Research International B.V.
- Schans, D. v. (2014). *NBS aardappelsensing*. Wageningen UR.
- Straver. (2014). Opgehaald van www.zlto.nl
- Swormink, K. (2002). *Enquêteresultaten zetmeelaardappelteelers Agrobiokon 3*. Wageningen UR. Opgehaald van <http://www.kennisakker.nl/files>
- Veerman. (2003). www.kennisakker.nl.
- Veerman, W. W. (2002). *Beschrijving van de zetmeelaardappelteelt in Noordoost-Nederland: knelpunten, oplossingsrichtingen en een toekomstschets*. Wageningen UR. Opgehaald van <http://www.kennisakker.nl/files>
- Vona, M. (2012). *Praktijkimplementatie Yara N-sensor*. ALTIC B.V.
- Vos, P. (2015). Blijven boeren in de veenkoloniën. *Boerderij*, 24-25.
- Westeneng. (2015). Akkerbouw. De kracht van ondernemerschap.
- Wijnholds. (2012). *Zetmeelaardappelteelt: Op naar 20-15-10, Communicatieproject AVEBE 2012*.

Wit. (2010). *Klimaat en landbouw Noord- Nederland: adaptatiemaatregelen*. Houten: Grontmij Nederland B.V.

Wit. (2010). *Klimaat en landbouw Noord- Nederland: adaptatiemaatregelen*. Grontmij Nederland B.V.

www.plaatsengids.nl. (2015).

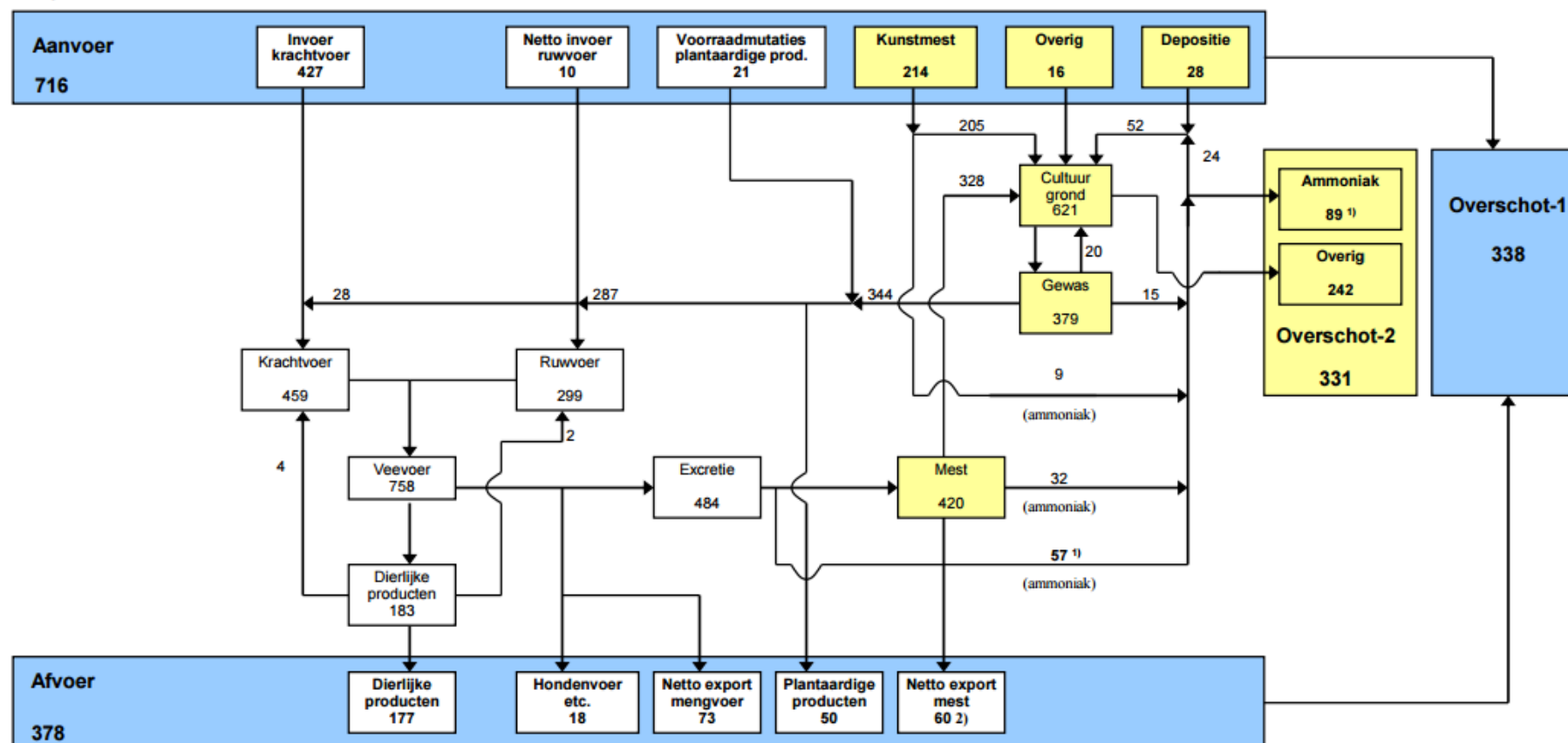
II Illustratieverantwoording

Figuurnummer:	Titel:	Bron:
Figuur 1.	Verspreidingsgebied zetmeelaardappelen in de noordelijke provincies	<i>Alterra.</i> (2015). http://www.wageningenur.nl/
Figuur 2.	Plattegrond Veenkoloniën	<i>www.plaatsengids.nl.</i> (2015).
Figuur 3.	Proces van fotosynthese	Loon, B. V. (2003). <i>Teelt van zetmeelaardappelen</i> . Wageningen UR. www.kennisakker.nl
Figuur 4.	Schematisch overzicht productieniveau beïnvloed door factoren	Nannes. (2015, december). (Meijering, Interviewer)
Figuur 5.	Richtlijnen voor de hoogte van de stikstofbemesting (kg N per ha) voor zetmeelaardappelen	Veerman. (2003). www.kennisakker.nl
Figuur 6.	Voorbeeld bemestingsadvies aardappelmonitoring	Altic. (2011). Chechlisten; oorzaak achterhalen van gewasvariatie
Figuur 7.	Overzicht van verschillende frequenties gereflecteerd op een plant	Schans, D. v. (2014). <i>NBS aardappelsensing</i> . Wageningen UR.
Figuur 8.	Dashboard irrigatiemodule Dacom	Dacom. (2015). Productbeschrijvingen NL. Intranet Dacom B.V.
Figuur 9.	Saldovergelijking voor Veenkoloniale teelten (getallen in € per hectare)	Westeneng. (2015). Akkerbouw. De kracht van ondernemerschap.
Figuur 10.	Ontwikkeling van de benutting van mineralen in de landbouw, 1970-2011	CBS. (2013). CBS. www.cbs.nl
Figuur 11.	Gemiddelde nutriëntenoverschotten voor stikstof en fosfaat in kilogrammen stikstof en fosfaat per hectare	Rijksoverheid. (2014). <i>"5e Nederlandse AP betreffende de Nitraatrichtlijn (2014 2017)"</i> . Rijksoverheid.

Bijlage 1: Stikstof in de landbouw, 2011

Stikstof in de landbouw, 2011

mln kg N



1) Inclusief vervluchtiging van andere N-verbindingen (15 mln kg N).

2) Inclusief verwerking.