



**Wat is de meerwaarde van het gebruik van drones in wintertarwe, in het Zuidwestelijk zeekeleigebied?**

**Daan Groeneveld**

# **Wat is de meerwaarde van het gebruik van drones in wintertarwe, in het Zuidwestelijk zeeleigebied?**

|                         |                                  |
|-------------------------|----------------------------------|
| <b>Naam student:</b>    | <b>Daan Groeneveld</b>           |
| <b>Studentnummer:</b>   | <b>3004630</b>                   |
| <b>Opdrachtgever:</b>   | <b>Aeres Hogeschool Dronten</b>  |
| <b>Opleiding:</b>       | <b>Major: Tuin- en Akkerbouw</b> |
| <b>Afstudeerdocent:</b> | <b>P. Ringelberg</b>             |
| <b>Datum:</b>           | <b>10-12-2016</b>                |

## Voorwoord

In het afstudeerwerkstuk dat hier voor u ligt wordt onderzoek gedaan naar; *De meerwaarde van het gebruik van drones in wintertarwe in het Zuidwestelijk zeekleigebied.*

Tijdens de afstudeerstage bij ZHE Maasdam ben ik betrokken geraakt bij de inzet van drone techniek en de eventuele implementatie op akkerbouwbedrijven in het Zuidwesten van Nederland. Hierbij heb ik veel kennis opgedaan met betrekking tot precisielandbouw.

Mijn opdracht was om de mogelijkheden te onderzoeken om een drone service op te zetten vanuit het stage bedrijf. Bij de opzet hiervan zijn er veel vraagstukken vanuit de eindgebruikers (telers) gekomen. Aan de hand hiervan ben ik research gaan doen in de vorm van een literatuurstudie, met behulp van kennis vanuit het stagebedrijf en gegevens vanuit het werkveld. Door de goede aansluiting van de minor Smart Farming Technology die ik op dit moment volg, wordt mijn kennis van precisielandbouw ook steeds groter. Door deze bronnen te gebruiken is er voldoende informatie verzameld om dit onderzoek uit te kunnen voeren.

Voor de kennis die opgedaan is tijdens de afstudeerstage wil ik graag ZHE Maasdam B.V bedanken voor de mogelijkheid. Daarnaast wil ook Paul Ringelberg bedanken voor de begeleiding tijdens het afstuderen. Ook wil ik alle andere personen die betrokken zijn geweest hartelijk danken voor hun bijdrage aan dit onderzoek.

Dordrecht, December 2016

Daan Groeneveld

## Inhoudsopgave

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Voorwoord .....                                                    | 3  |
| Samenvatting.....                                                  | 6  |
| Summary .....                                                      | 7  |
| Hoofdstuk 1. Inleiding .....                                       | 8  |
| Hoofdstuk 2. Wintertarweteelt in Zuidwestelijk zeekleigebied ..... | 10 |
| 2.1 Geschiedenis en areaal.....                                    | 10 |
| 2.2 Beschrijving van de plant.....                                 | 11 |
| 2.2.1 Wortelen.....                                                | 11 |
| 2.2.2 Blad .....                                                   | 11 |
| 2.2.3 De aar .....                                                 | 11 |
| 2.2.4 Groei en ontwikkeling .....                                  | 11 |
| 2.3 Zuidwestelijk zeekleigebied.....                               | 12 |
| Hoofdstuk 3. Beïnvloedbare factoren in de wintertarwe .....        | 14 |
| 3.1 Temperatuur en licht.....                                      | 14 |
| 3.2 Water en voedingstoffen.....                                   | 14 |
| 3.3 Onkruid, plagen en ziektes .....                               | 15 |
| Hoofdstuk 4. Inzet van drones in wintertarweteelt .....            | 16 |
| 4.1 Vooruitstrevende techniek in de landbouw.....                  | 16 |
| 4.2 Drones .....                                                   | 16 |
| 4.2.2 Wetgeving.....                                               | 17 |
| 4.2.3 Sensoren .....                                               | 19 |
| 4.3 Stikstofbemesting.....                                         | 20 |
| 4.3.1 Basisbemesting.....                                          | 20 |
| 4.3.2 Bijbemesting.....                                            | 20 |
| 4.4 Gewasreflectie.....                                            | 21 |
| 4.5 Gewasindexen .....                                             | 21 |
| 4.6 Implementatie .....                                            | 23 |
| 4.6.1 Besparingen vs kosten.....                                   | 25 |
| Hoofdstuk 5. Meerwaarde door inzet drones.....                     | 26 |
| 5.1 De ondernemer .....                                            | 26 |
| 5.2 Dienstverlening.....                                           | 26 |

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 5.3 Klantcontact .....                                           | 26 |
| 5.4 Inzetbaarheid.....                                           | 26 |
| 5.5 Duurzaam ondernemen .....                                    | 27 |
| 5.5.1 Milieu.....                                                | 27 |
| 5.5.2 Stikstofbesparing.....                                     | 27 |
| 5.5.3 Beleid.....                                                | 28 |
| Hoofdstuk 6. Conclusies en aanbevelingen.....                    | 30 |
| Hoofdstuk 7. Discussie.....                                      | 32 |
| Bibliografie .....                                               | 33 |
| Illustratieverantwoording.....                                   | 36 |
| Bijlage1. Case Study presentatie Airinov, Stikstofbemesting..... | 37 |

## Samenvatting

In dit afstudeerwerkstuk is de aandacht gericht op het beantwoorden van de hoofdvraag: "Wat is de meerwaarde van de inzet van drones in wintertarwe, in het Zuidwestelijk zeekeleigebied?".

Doordat opbrengstmetingen tijdens het groeiseizoen in verband met technische redenen niet konden worden uitgevoerd, is er gekozen voor een literatuurstudie. Hierbij is kennis verzameld uit diversen wetenschappelijke bronnen, deskundigheid vanuit het stagebedrijf en gebruikerservaringen van vakspecialisten. Het afstudeerwerkstuk is opgesteld aan de hand van vijf deelvragen.

De teler kan het wintertarwegewas rendabel maken door de stikstofbemesting op de juiste plaats en op het juiste moment toe te passen. De teler kan geen invloed uitoefenen op het verloop van de natuur. Het is wel mogelijk, door middel van wetenschappelijke kennis, om het gewas beter weerbaar te maken tegen ziekten, plagen en stress veroorzakende milieufactoren. Daarnaast is het belangrijk voor de ondernemer om op een perceel te beginnen dat schoon is van onkruiden. Dit vormt de basis voor een opbrengst zekere oogst.

Drones kunnen worden ingezet in twee verschillende modellen met een prijs- en capaciteitsverschil. Beide modellen kunnen, met behulp van sensoren, gewasreflectiebeelden maken. Door middel van gewasindexen kan aan de hand het reflectiepatroon de gewastoestand worden bepaald. Het gewas kan dan worden gestuurd door plaats specifieke stikstofbemesting. Bij de inzet van drones komt een gecompliceerde regelgeving kijken. De gebruikers moeten op de hoogte zijn van vernieuwde regelgevingen. De oorzaak van de variatie in het gewas kan niet worden weergegeven door sensoren. Daarom is een passend bemestingsadvies door specialisten noodzakelijk.

De inzet van drones in de teelt van wintertarwe kan een besparing opleveren in stikstofbemesting. Dit ligt aan de variatie in het gewas. Een kanttekening is dat deze besparingen niet opwegen tegen de kosten van het scannen met behulp van een drone. Dit zal dan terugverdiend moeten worden met de meeropbrengsten die eventueel gegenereerd worden door de positieve invloed op de productiefactoren. Hiervan zijn nog geen resultaten bekend.

De meerwaarde van de inzet van drones vergeleken met satellietbeelddiensten is dat de keten is verkort. De teler komt, op een meer persoonlijke manier, snel aan actuele informatie over zijn gewas. Daarnaast is het een uitbreiding voor de dienstverlenende sector rondom de landbouw. Weersomstandigheden, zoals bewolking, hebben minder negatieve invloed op het maken van gewasbeelden met drones dan met satellieten. De inzet van drones in wintertarwe zorgt voor een reductie van het gebruik van fossiele brandstoffen. De drone toepassing heeft raakvlakken op het gebied van duurzaamheid bij gezond bodembeheer en de kwaliteit van drinkwater. Een kanttekening is dat telers tegen problemen aanlopen in het mestbeleid. Dit heeft maatschappelijk weinig draagvlak, omdat de beroepsgroep in verhouding erg klein is.

Door de inzet van drones in wintertarweteelt, in het Zuidwestelijk zeekeleigebied wordt het mogelijk voor de teler om gewasbeelden te maken zodat de gewastoestand gemeten kan worden. Hierdoor kan het gewas gestuurd worden door middel van stikstof precisiebemesting.

## Summary

In this thesis, the attention is focused on answering the main question: "What is the added value of the application of drones in winter wheat, in the Southwestern marine clay areas, in the Netherlands?".

By the cause of technical shortcomings, it has not been possible to carry out yield monitoring tests during the growing season. Therefore the research is limited to desk research. The collected knowledge has been brought together from various scientific resources, practical experience from the internship and user experience from professional experts. For carrying out this research, there has been set-up five sub-questions.

Winter wheat can be made profitable by the grower due to nitrogen fertilizing at the right spot, at the right moment and in the right amount. The course of nature cannot be influenced by action of the grower. Though, it is possible to improve crops by plant refinement with scientific knowledge. This could make the crop more defensible to plagues, diseases and factors of stress caused by the environment. Starting at a weed-free plot is furthermore a very important base to create a reliable yield.

The use of drones can be filled in by two different models of drones. In these different models there are differences in price and capacity. But both existing models can make footage of crop reflection. This is accomplished by the use of crop reflection sensors. The condition of the crop can be defined by comparing the crop reflection patterns and crop indexes. The results of this comparison can be used to make a precision nitrogen fertilization. Law and regulations are complicated components while using drones. The reason of variation in crops cannot be interpreted by the crop reflection sensors. That is why it is necessary for crop consultants and fertilization experts to make a nitrogen fertilizer-counsel compliant to the crop reflection data.

The use of drones in winter wheat can save an amount of nitrogen fertilizer. This is linked to the amount of variation in the crop. Nevertheless, the savings of nitrogen cannot compete with the amount of costs that have been made with the "crop scanning". The loss has to be compensated with the higher yield, that can be generated by the stimulating influences on the production factors. These results are unknown yet.

Compared with the satellite services, the added value of the use of drones is that it will shorten the supply chain. The grower can get topical information in a fast, but also, more personal way. The usage of drones is also an extension for the service sector like crop consultants and fertilization consulting firms within the agriculture sector. The weather circumstances, like overcast weather, do not have influence during crop scans with the use of drones. Satellites cannot make quality crop footage during overcast weather. Also the use of fossil fuel can be reduced with the application of drones. The quality of drinkwater and a healthy soil management are part of the interface. Surely enough, the grower faces difficulties with the fertilizer policy of the country. The troubles of the grower do not have a great amount of public support, because of the small part of labour force.

The main question has been answered in the following manner: Because of the application of drones, it is possible to make crop footage with crop sensors in winter wheat, in the Southwest marine clay areas in the Netherlands. Due to this application, crops can be controlled by nitrogen precision fertilization.

## Hoofdstuk 1. Inleiding

De rol van precisielandbouw wordt steeds belangrijker in de wereld door de toenemende vraag naar voedsel. Door informatie te verzamelen met drones kunnen telers een nauwkeuriger beeld krijgen van hun gewas. Dit helpt de teler om betere beslissingen te nemen en om eventueel machines op de verzamelde informatie aan te sturen. Drones vliegen over het perceel van de teler en kunnen beelden maken van het gewas. Op deze beelden is te zien waar het gewas een groeiachterstand heeft. Aan de hand van deze gegevens kunnen de hoeveelheden van bemesting en/of gewasbeschermingsmiddelen beter worden toegepast waar het in het gewas nodig is (Dewulf, et al., 2016).

De eerste toepassingen worden op het moment gedaan in de wintertarwe. Daarom is er ook gekozen voor het onderwerp 'drones in de wintertarweteelt'. CZAV is één van de eersten die met een totaal pakket aankomt. CZAV gaat taakkaarten maken van drone beelden om plaats specifiek te gaan bemesten in de tarwe (Dodde, 2016). Hierdoor krijgen telers de mogelijkheid om hun tweede of derde gift te optimaliseren. Het maken van de taakkaarten en het geven van het bemesting advies doen zij in samenwerking met het bedrijf Airinov. Dit bedrijf heeft al langer ervaring met het maken van taakkaarten voor bemesting in de tarwe in Frankrijk (Tönjes, 2016). Bij het vliegen met een drone komt nog best veel kijken. Zo zijn er meerdere modellen in verschillende prijsklassen en zijn er verschillende wet- en regelgevingen waaraan gehouden moet worden (Rijksoverheid, 2016).

De vraag is nu alleen welke meerwaarde het gebruik van drones in wintertarwe gaat brengen voor de wintertarweteler. Kunnen alle kosten die gemaakt worden wel terugverdiend worden met het gebruik van taakkaarten gebaseerd op de drone beelden? Kan een akkerbouwer de techniek zelf aanschaffen of is dit meer weggelegd voor de loonwerker? Wat kan het gebruik van drones betekenen voor duurzaam ondernemerschap? Deze en meerdere vragen worden onderzocht in dit afstudeerwerkstuk. De doelgroep waar gericht naar gekeken wordt, is de wintertarweteler in het Zuidwesten van Nederland. De wintertarweteler wordt in dit afstudeerwerkstuk geïnformeerd over de meerwaarde van precisielandbouw met drones in het gewas.

In dit afstudeerwerkstuk wordt antwoord gegeven op de onderzoeksvraag; Wat is de meerwaarde van de inzet van drones in wintertarwe in het Zuidwestelijk zeekleigebied? Door deze vraag te beantwoorden, zal er voor wintertarwetelers een aanleiding kunnen ontstaan om precisielandbouw met drones te implementeren op hun bedrijf. In de aanbevelingen zal dan ook met de uitkomst van het onderzoek een advies worden gegeven aan de doelgroep rondom de wintertarweteelt in het Zuidwesten van Nederland. Deze zal toelichten hoe de inzet van drones een meerwaarde kan bieden op het akkerbouwbedrijf.



Om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag zijn onderstaande deelvragen opgesteld:

1. Welke factoren hebben invloed op de opbrengst van wintertarwe?
2. Zijn de factoren (deelvraag 1) te meten en te beïnvloeden door het gebruik van drones?
3. Op welke manieren kunnen drones worden ingezet in het wintertarwegewas?
4. Wat zijn de kosten en baten van het gebruik van een drone?
5. Welke meerwaarde brengt de inzet van drones?

Na deze inleiding worden de hoofdstukken als volgt behandeld: In hoofdstuk twee wordt er verdieping gegeven over de teelt van wintertarweteelt in het Zuidwestelijk zeekleigebied. In hoofdstuk drie worden de factoren behandeld die invloed hebben op de teelt van wintertarwe. Daarnaast wordt er in dit hoofdstuk ook gekeken naar de meetbaarheid en beïnvloeding van deze factoren. In hoofdstuk vier wordt er gekeken op welke manieren drones kunnen worden toegepast in de wintertarweteelt met betrekking tot plaats specifiek bemesten. En wat de kosten en de baten zijn van de toepassing. In hoofdstuk vijf wordt de meerwaarde beschreven als drone gebruik wordt geïmplementeerd op het bedrijf van de wintertarwe teler en ook wordt de component duurzaamheid behandeld. In hoofdstuk zes worden de conclusies en aanbevelingen weergegeven. En tot slot is er de discussie in hoofdstuk zeven.

## Hoofdstuk 2. Wintertarweteelt in Zuidwestelijk zeekleigebied

Het doel van dit hoofdstuk is om de lezer zich te laten verdiepen in de theoretische basis van de wintertarweteelt in het Zuidwestelijk zeekleigebied. Hierin wordt de belangrijkste informatie van de wintertarweplant beschreven. Daarnaast zal het gebied, dat is weergegeven in de onderzoeksvraag, worden belicht.

### 2.1 Geschiedenis en areaal

De wintertarweplant (*Triticum Aestivum*) is een eenjarige plant. Door hun genetische eigenschappen wordt het gewas in het najaar gezaaid. De wintertarweplant kan, vergeleken met andere gewassen, onder slechte groeiomstandigheden goed compenseren (Haenen & Bosch, 1997). Op akkerbouwbedrijven in Nederland is wintertarwe het belangrijkste graangewas. Veel graansoorten komen oorspronkelijk uit Zuidwest Azië en Noordoost Afrika. Maar de exacte historie is onbekend en is in voorhistorische tijden geheel uit het oog verloren. In China is tarwe 2700 jaar voor Christus gekweekt. De verschillende namen die in oude talen zijn gebruikt voor tarwe duiden op de hoge ouderdom van deze graansoort (Buysman, 1986).

Het areaal wintertarwe in heel Nederland bedraagt de laatste drie jaar gemiddeld 122.160 hectare. Daarvan wordt er gemiddeld 66.487 hectare geteeld in het Zuidwesten van Nederland met een gemiddelde opbrengst van 8,9 ton per hectare. Door natte omstandigheden van afgelopen jaar is het gemiddelde sterk omlaag gegaan (CBS, 2016)

|             |                |                      |                      |                        |                        |
|-------------|----------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
|             | Perioden       | 2014                 |                      |                        |                        |
|             | Onderwerpen    | Beteelde oppervlakte | Geogoste oppervlakte | Bruto opbrengst per ha | Totale bruto opbrengst |
| Gewassen    | Regio's        | ha                   |                      | 1 000 kg               |                        |
| Wintertarwe | Nederland      | 122 290              | 122 290              | 9,5                    | 1 161 907              |
|             | West Nederland | 48 813               | 48 813               | 9,6                    | 466 497                |
|             | Zuid Nederland | 16 975               | 16 975               | 9,5                    | 160 823                |
|             | Perioden       | 2016*                |                      |                        |                        |
|             | Onderwerpen    | Beteelde oppervlakte | Geogoste oppervlakte | Bruto opbrengst per ha | Totale bruto opbrengst |
| Gewassen    | Regio's        | ha                   |                      | 1 000 kg               |                        |
| Wintertarwe | Nederland      | 116 725              | .                    | 8,3                    | 967 966                |
|             | West Nederland | 47 946               | .                    | 8,1                    | 387 514                |
|             | Zuid Nederland | 16 701               | .                    | 7,7                    | 128 639                |
|             | Perioden       | 2015                 |                      |                        |                        |
|             | Onderwerpen    | Beteelde oppervlakte | Geogoste oppervlakte | Bruto opbrengst per ha | Totale bruto opbrengst |
| Gewassen    | Regio's        | ha                   |                      | 1 000 kg               |                        |
| Wintertarwe | Nederland      | 127 467              | 127 467              | 9,4                    | 1 195 025              |
|             | West Nederland | 51 813               | 51 813               | 9,7                    | 500 390                |
|             | Zuid Nederland | 17 215               | 17 215               | 9,6                    | 165 254                |

Figuur 1. Akkerbouw gewassen; productie naar regio (CBS, 2016)

## **2.2 Beschrijving van de plant**

### **2.2.1 Wortelen**

Na het zaaien van de wintertarwe begint de kieming, waarna de aanleg van wortels en spruiten begint. De wintertarwe plant ontwikkelt twee soorten wortelen: de kiemwortels en de kroonwortels. Van de kiemwortels worden er meestal drie ontwikkeld. De kroonwortels ontwikkelen zich tegelijk met de eerste zijspruit onder de uitstoelingsknoop van de hoofdspruit. Na een tijdje breiden de kroonwortelen zich uit en overtreffen ze de omvang van de kiemwortelen. Het aantal kroonwortelen hangt samen met het aantal gevormde zijspruiten. Bij sterke uitstoeling kunnen de zijspruiten ook nog extra secundaire zijspruiten ontwikkelen (Haenen & Bosch, 1997).

### **2.2.2 Blad**

Het blad van de wintertarweplant bestaat uit een lintvormige bladschijf en een bladschede die de stengel omhult. Er bevindt zich een stevige ringvormige verdikking op de plaats waar de bladschede in de stengel overgaat. Deze verdikking wordt een knoop genoemd.

Dan bevindt zich tussen de bladschede en de bladschijf nog een dun vliesje dat een tongetje genoemd wordt. De functie van het tongetje is om regenwater uit de bladschede te houden, zodat rotting wordt voorkomen. De hoofdspruit van een jonge tarweplant bestaat dus uit een stapeling van knopen. Tot het moment van de stengelstrekking bevindt de plant zich in een rozet stadium. De knopen zitten dan nog dicht op elkaar. Als de stengelstrekking intreedt, groeien de knopen uit elkaar. Het stengeldeel tussen twee knopen in wordt een internodium genoemd. Tijdens de stengelstrekking groeien er per halm wel vijf internodia uit. Waar het blad de stengel omvat, bevinden zich het tongetje en de oortjes. Deze kleine weefsels geven in het vegetatieve stadium de graansoort weer. Het tongetje is bij wintertarwe vrij kort en heeft stompe tandjes. De oortjes omvatten de stengel nauwelijks en zijn wat behaard (Haenen & Bosch, 1997).

### **2.2.3 De aar**

Een aar met een goede ontwikkeling bestaat uit ongeveer 20 pakjes die om en om aan beide zijden van een aar-spil zijn ingeplant. De variatie van het aantal bloemen per pakje is twee tot zes. Hiervan komt een gedeelte tot vrucht of korrelzetting. De bloemen worden elk bekleed met een velletje dat het kroonkaf heet. Tijdens de oogst worden deze van de korrel verwijderd (Haenen & Bosch, 1997).

### **2.2.4 Groei en ontwikkeling**

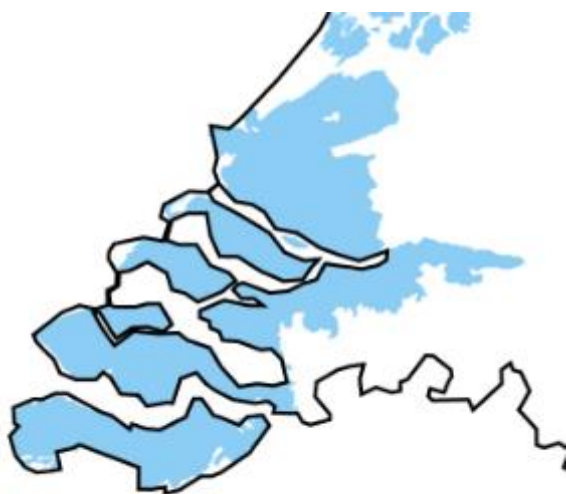
Alle delen van de plant bestaan ongeveer voor 85 a 90% uit water. In de plant spelen zich fysische, chemische en biochemische processen af in een waterrijk milieu.

De in het najaar gezaaide wintertarwe reageert in het voorjaar op toenemende daglengte en verhoogde temperatuur met stengelstrekking. Ze blijven zich bovengronds ontwikkelen en stoelen flink uit. De ontwikkeling van de aar gebeurt door een hormonale ontwikkeling genaamd de vernalisatie. Deze wordt in werking gezet als de dagen korter worden en de temperatuur lager wordt. Wintertarwe is hierdoor dus kou behoeftig. Als de plant in het vernalisatie stadium is, worden er pakjes en bloemen in de stengel ontwikkeld. De aar-ontwikkeling begint als er aan de hoofdspruit vier volgroeide bladeren zijn gegroeid. Dit gebeurt meestal al voor de winter. Na de aar-ontwikkeling stopt de hoofdspruit met uitstoelen.

De mate van ontwikkeling wordt beïnvloed door uitwendige omstandigheden, zoals temperatuur, zonnestraling en vocht. De groei van de plant is een maatstaf van productie. Goede korrelzetting en korrelvulling zullen alleen goed verlopen als er voldoende beschikbare assimilaten aanwezig zijn (Haenen & Bosch, 1997).

## 2.3 Zuidwestelijk zeekleigebied

Het Zuidwestelijk zeekleigebied is te vinden in de provincies Zuid-Holland en Zeeland. In dit gebied wordt veel landbouw bedreven. De kleigrond is een voedselrijke grond die doorgaans hoge opbrengsten oplevert. Het gebied is, zoals de naam al doet vermoeden, gevormd door de zee. Bij hoog water (vloed) zocht het water zich een weg het land in door kreken en sloten. Het water nam met elke vloed slibdeeltjes mee richting het land. Als het eenmaal eb werd en op grote uitgespreide vlakken de stroomsnelheid afnam, bezonken de slibdeeltjes. Doordat dit vele malen is herhaald, is het zeekleigebied ontstaan. De zeekleigebieden zijn in de loop der jaren grotendeels bedijkt en ingepolderd (Wesselingh, 2015).



Figuur 2. Kaart Zuidwestelijk zeekleigebied (Wesselingh, 2015)

Van de totale oppervlakte van alle akkerbouwbedrijven in Nederland, bevindt zich 1/4 deel in het Zuidwestelijke zeekleigebied. In totaal wordt bij deze ondernemers het afgelopen jaar 44.065 hectare wintertarwe geteeld. Dat is een percentage van 38% van de totale oppervlakte van de geteelde wintertarwe in heel Nederland.

|                  |                   |                     |        | Regio's    | Zuidwestelijk Akkerbouwgebied (LG) |            |            |            |
|------------------|-------------------|---------------------|--------|------------|------------------------------------|------------|------------|------------|
|                  |                   |                     |        | Perioden   | 2010                               | 2014       | 2015       | 2016*      |
| Oppervlakte      | Cultuurgrond      | Akkerbouw           |        | are        | 13 697 681                         | 13 671 816 | 13 424 156 | 13 340 103 |
| Aantal bedrijven | Cultuurgrond      | Akkerbouw           |        | aantal     | 3 777                              | 3 654      | 3 576      | 3 401      |
| Oppervlakte      | Akkerbouw, totaal |                     | are    | 13 697 681 | 13 671 816                         | 13 424 156 | 13 340 103 |            |
|                  | Granen            | Tarwe Tarwe, winter |        | 4 616 628  | 4 363 596                          | 4 671 365  | 4 406 515  |            |
| Aantal bedrijven | Akkerbouw, totaal |                     | aantal | 3 777      | 3 654                              | 3 576      | 3 401      |            |

Figuur 3 Akkerbouw bedrijven areaal wintertarwe Zuidwestelijk zeekleigebied (CBS, 2016).

|                  |                   |           |               | Regio's  | Nederland  |            |            |            |
|------------------|-------------------|-----------|---------------|----------|------------|------------|------------|------------|
|                  |                   |           |               | Perioden | 2010       | 2014       | 2015       | 2016*      |
| Oppervlakte      | Cultuurgrond      | Akkerbouw |               | are      | 54 207 080 | 51 727 912 | 50 508 755 | 50 246 400 |
| Aantal bedrijven | Cultuurgrond      | Akkerbouw |               | aantal   | 20 964     | 19 183     | 18 742     | 18 129     |
| Oppervlakte      | Akkerbouw, totaal |           |               | are      | 54 207 080 | 51 727 912 | 50 508 755 | 50 246 400 |
|                  | Granen            | Tarwe     | Tarwe, winter |          | 13 499 853 | 12 228 991 | 12 746 684 | 11 672 513 |
| Aantal bedrijven | Akkerbouw, totaal |           |               | aantal   | 20 964     | 19 183     | 18 742     | 18 129     |

Figuur 4 Akkerbouwbedrijven areaal wintertarwe Nederland (CBS, 2016).

## **Hoofdstuk 3. Beïnvloedbare factoren in de wintertarwe**

In dit hoofdstuk worden de factoren die wintertarwe beïnvloeden, behandeld zodat deze een antwoord kunnen geven op deelvraag één: “Welke factoren hebben invloed op de opbrengst van wintertarwe?”. En op deelvraag twee: “Zijn de factoren te meten en te beïnvloeden door het gebruik van drones?”. Factoren die bepalend zijn voor de groei van de wintertarwe plant zijn temperatuur, licht, bodem, water en voedingsstoffen. De wintertarwe plant is dus uitwendig beïnvloed door omstandigheden.

### **3.1 Temperatuur en licht**

Op temperatuur en licht heeft de teler geen invloed. De ras eigenschappen van het wintertarwe ras hebben hierop de grootste invloed. Door verdeling worden de rassen zo goed mogelijk aangepast aan het milieu waarin de wintertarwe moet groeien.

Door klimaatverandering zullen deze factoren in de loop van de jaren veranderen. De temperatuur zal stijgen en het groeiseizoen zal langer worden doordat het groeiseizoen eerder gaat beginnen. Dit zal een positief effect hebben op de opbrengst. Daarnaast kunnen extreme veranderingen van factoren, zoals hittegolven of weinig tot geen vorst een negatieve invloed hebben op de productie in de plant. Landbouwkundig onderzoek naar de veranderingen van het klimaat is van belang. Zo is men bezig met het vergroten van kennis over wortelfysiologie, feedbacktechnologieën, biotechnologieën en sensortechnologieën. Het blijft nodig om hiermee te experimenteren, al vergt dit de nodige investeringen (Goosen, 2010).

De factoren temperatuur en licht kunnen wel gemeten worden door bepaalde camera's die bij een drone geleverd kunnen worden. Door gebruik van hitte detecterende camera's vindt deze toepassing zich meer in het detecteren van vee in grote gebieden (Hawk, 2016). De toepassing is nog niet in gewassen gebruikt. Licht wordt gemeten in de hoeveelheid dat wordt gereflecteerd vanaf het gewas. Hier wordt in hoofdstuk 4 dieper op in gegaan. Er kan dus invloed worden uitgeoefend op het gewas door het meten van licht.

### **3.2 Water en voedingsstoffen**

Voor de productie van een kilo droge stof in het tarwe gewas is al 250 liter water benodigd. Voor de gemiddelde productie is er dagelijks 5 mm vocht nodig. Dit vocht wordt grotendeels voorzien uit de vocht voorraad uit de bodem die is opgeslagen in de maanden dat er neerslag is gevallen. Een vocht tekort zal de uitstoeling en de bladproductie niet ten goede komen. Rond de bloei zal dit ook de korrelzetting verminderen en de bladeren zullen afsterven. Zelfs tijdelijke watertekorten kunnen productieverliezen veroorzaken (Haenen & Bosch, 1997).

Daarnaast zorgt vocht ervoor dat voedingsstoffen door de wortelen worden opgenomen de plant in. Stikstof (N) is hiervan het belangrijkste voedingselement. Als stikstof is opgenomen, wordt deze omgezet in eiwitten en aminozuren. Daarnaast zorgt het voor celdeling en een goedlopende fotosynthese. De N-bemesting wordt afgestemd op de behoefte van het gewas. Daarbij speelt de ervaring van de teler een belangrijke rol.

Bij het bepalen van een tweede of derde gift kan een visuele beoordeling een rol spelen. De groenheid van het gewas kan de bemestingstoestand weergeven. Het is een indicatie met welke mate het gewas behoefte heeft aan stikstof (Timmer, 2001).

Een belangrijk punt voor de bemesting van stikstof in wintertarwe is de juiste hoeveelheid op het juiste moment. Als er te weinig wordt gegeven en/of opgenomen kan dit tot verliezen leiden in de opbrengst. Een overbemesting daarentegen heeft ook negatieve effecten. Door een overmaat van stikstof worden de celwanden dun en wordt de plant zwak waardoor het kan gaan legeren (plat liggen).

Door toepassing van een drone kan de stikstofbehoefte van het gewas gemeten worden. Dit gebeurt aan de hand van gewasreflectie en de daarbij horende gewas indexen. Hier wordt in hoofdstuk 4 dieper op in gegaan. Door de toepassing van drones kunnen deze factoren beïnvloed worden.

### **3.3 Onkruid, plagen en ziektes**

Onkruiden plagen en ziektes kunnen er voor zorgen dat de opbrengst daalt.

Onkruidbestrijding (chemisch of mechanisch) is een van de belangrijkste teeltmaatregelen in de open teelten. Onkruid kan concurreren met het gewas om de beschikbare hoeveelheid licht, water en voedingstoffen. Het verlies wat hierdoor wordt gecreëerd, is afhankelijk van het concurrentie vermogen van het gewas (Lotz & Rotteveel, 2005)

Schimmelziekten zijn bij wintertarwe een belangrijk aandachtspunt. De belangrijkste zijn dan ook de bladvlekkenziekten die de wintertarwe kunnen aantasten en schade kunnen veroorzaken. Hierbij gaat het over ziekten zoals bruine roest, gele roest meeldauw en aarfusarium. Het bereiken van een hoge financiële opbrengst start met de rassenkeuze. Het zaaien van een relatief gezond ras met daarbij een beperkte ziektebestrijding hoeft niet te leiden tot een besparing van alleen bestrijdingskosten, maar ook tot het hoogste saldo (Timmer, 2010).

Wat er kan worden geconcludeerd, is dat de teler geen invloed kan uitoefenen op het verloop van de natuur. Daarentegen kan met wetenschappelijke kennis als resistentie door veredeling, het gewas beter weerbaar gemaakt worden tegen ziekte plagen en stress veroorzakende milieufactoren. De teler kan het beste op een perceel beginnen, schoon van onkruiden, om een goede basis te leggen voor meer opbrengstzekerheid. Om het wintertarwe ras rendabel te maken, is het nodig dat de stikstofbemesting in de juiste hoeveelheid en op het juiste moment toegepast wordt.

Afwijkingen in het gewas kunnen worden gedetecteerd in het gewas door middel van drones. Dit gebeurt door gewasreflectie patronen met elkaar te vergelijken. Het is dan nog niet duidelijk of dit de oorzaak is van onkruid, ziekten of plagen. Door de metingen die gedaan kunnen worden met drones is hier niet direct invloed op uit te oefenen (Bussink, 2012).

## **Hoofdstuk 4. Inzet van drones in wintertarweteelt**

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de inzet van drones in het wintertarwegewas. Het doel hiervan is om antwoord te geven op deelvraag drie: “Op welke manieren kunnen drones worden ingezet in het wintertarwegewas?” en op deelvraag vier: “Wat zijn de kosten en baten van het gebruik van een drone?”.

### **4.1 Vooruitstrevende techniek in de landbouw**

Doordat de vraag naar voedsel groeit, wordt de vraag naar precisielandbouw steeds groter. Bij deze vorm van landbouw wordt door in het gewas en in de bodem te meten duidelijk welke teelt acties er ondernomen moeten worden. Dit wordt ook wel geformuleerd als: “Doing the right thing at the right time and in the right place”. De ontwikkelingen voor precisielandbouw worden ook ondersteund door de overheid, omdat het winst oplevert op het gebied van milieu en economie (Wal van der , Meijer, & Rip, 2016). Door sensoren die aan drones zijn gekoppeld, kunnen beelden worden verzameld van het gewas. Hierdoor krijgen telers een beter beeld van de situatie op dat moment. Zo kan er efficiënter worden omgegaan met meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen, waardoor er duurzamer kan worden gewerkt. Betekent dit ook dat er efficiënter en meer economisch kan worden gewerkt in de wintertarwe? De teler in het Zuidwestelijk kleigebied zou de teelt van wintertarwe liever rendabeler zien dan dat hij nu is. Afgelopen jaar zijn er al proeven uitgevoerd bij diverse telers in het gebied door CZAV met het bepalen van de stikstofgift door middel van dronebeelden. Hierdoor zijn zij veelal te vinden in de publiciteit en is er veel animo voor de voorlichtingsavonden over deze techniek (CZAV, 2016).

Een belangrijk punt is het leveren van de “hapklare brokken” voor de telers. Er is belangstelling voor de techniek als er een service wordt verleend door hetzelfde bedrijf. Er zijn verschillende bedrijven die soortgelijke producten op de markt leveren. Hierbij zit vaak niet het gewasadvies en de taakkaart voor plaats specifiek toepassen. Doordat telers in het Zuidwestelijk zeekeigebied wintertarwe als vast onderdeel in hun bouwplan hebben, lijkt het een kans om deze techniek toe te passen in dit gebied.

Door de jaren heen zijn satellieten de belangrijkste bron van luchtfotografie geweest. Door de ontwikkeling van drones, wat gelijk staat aan de ontwikkeling van gewassensoren, zijn er veel innovaties ontstaan op dit gebied. Drone fabrikanten laten duidelijk blijken dat de drones die aangeboden worden geschikt zijn voor de landbouw. Sommige drones zijn zelfs speciaal daarvoor ontwikkeld (Wal van der , Meijer, & Rip, 2016).

### **4.2 Drones**

Van de drones, die in de landbouw gebruikt worden, zijn verschillende types. Deze worden verdeeld in twee groepen die worden gescheiden door de opbouw van het toestel. Dit zijn de “rotary” drones en de zogenoemde “fixed wing” drones. De rotary drones zijn toestellen met meerdere propellers die naar boven wijzen en zorgen voor de opwaartse beweging. De rotary drones kunnen 10 tot 30 minuten vliegen. De fixed wing drone is eerder een klein vliegtuigje. Deze heeft vleugels en een propeller voor op de neus of op de achterzijde van de drone. De fixed wings hebben een langere vluchtduur dan de rotary, namelijk tot wel 45 minuten. Daarnaast hebben ze ook een hogere snelheid, waarmee ze grotere oppervlakten kunnen bevliegen in een kortere tijd. Door het verschil in capaciteit, is er ook een prijsverschil tussen de twee drones. De rotary drones hebben het voordeel dat er geen opstijg- of landingsbaan nodig is, doordat deze verticaal kunnen opstijgen en landen.



Onder beide types kunnen camera's en sensoren worden gehangen voor het monitoren van gewassen (Sensefly, 2015).

|                                |                |                                           |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Projects                       | Fixed wing Drone                                                                                | Rotary Drone                                                                                                               |
| Applications                   | Land surveying (rural), agriculture, GIS, mining, environmental mgt, construction, humanitarian | Inspection, cinematography/ videography, real estate, surveying (urban), construction, emergency response, law enforcement |
| Cruising speed                 | High                                                                                            | Low                                                                                                                        |
| Coverage                       | Large                                                                                           | Small                                                                                                                      |
| Object resolution              | cm/inch per pixel                                                                               | mm per pixel                                                                                                               |
| Take-off/landing area          | Large                                                                                           | Very small                                                                                                                 |
| Flight times & wind resistance | High                                                                                            | Low                                                                                                                        |

**Figuur 5. Overzicht fixed wing vs rotary drones (Sensefly, 2015).**

#### 4.2.2 Wetgeving

Door de overheid is er voor zakelijk en particulier gebruik van drones verschil gemaakt in wetgeving. Voor particulier gebruik hoeven geen vergunningen aan te worden gevraagd. Wel moet er worden voldaan aan de regelgeving van modelvliegtuigen. Voor het zakelijke gebruik zijn er een aantal soorten vergunningen benodigd:

- Als bedrijf heb je een RPAS Operator Certificate (ROC) nodig.
- De bestuurder van de drone moet in het bezit zijn van een vliegbrevet.
- De aangekochte drone moet worden gekeurd en een bewijs van luchtwaardigheid hebben. Daarnaast moet deze zijn geregistreerd bij het luchtvaartregister.

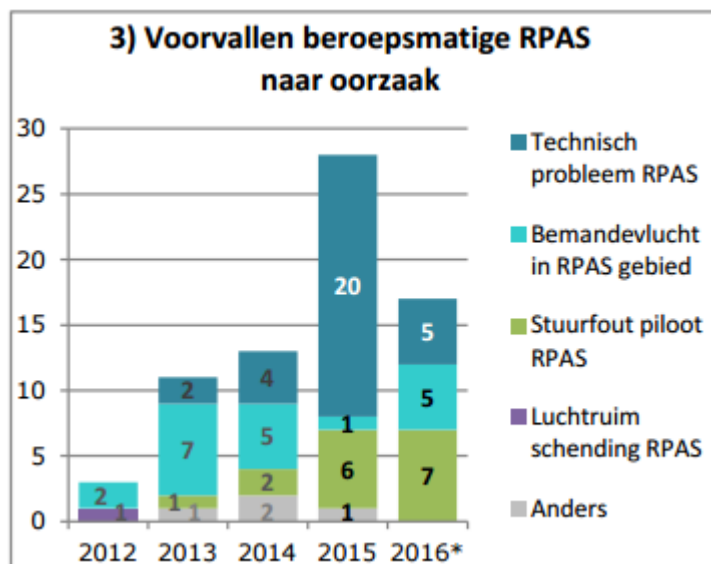
De ROC-vergunning is onderverdeeld in twee soorten vergunningen. Dit heeft te maken met het gewicht van de drone. Als een drone lichter is dan vier kilogram dan hoeft de eigenaar aan minder strenge eisen te voldoen. Onderstaande tabel (figuur 6) geeft de verschillen in eisen weer (Rijksoverheid, 2016).

| Regels vergunning ROC en ROC-light                                |                           |                          |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Regels vergunning                                                 | Drone zwaarder dan 4 kilo | Drone lichter dan 4 kilo |
| Soort vergunning                                                  | ROC                       | ROC-light                |
| Maximaal totaal gewicht drone                                     | 150 kilo                  | 4 kilo                   |
| Maximale vlieghoogte drone                                        | 120 meter                 | 50 meter                 |
| Maximale afstand tussen de drone en de bestuurder of de waarnemer | 500 meter                 | 100 meter                |
| Minimale afstand tot mensenmenigten                               | 150 meter                 | 50 meter                 |
| Minimale afstand tot bebouwing                                    | 150 meter                 | 50 meter                 |
| Minimale afstand tot auto(snel)wegen                              | 150 meter                 | 150 meter                |

**Figuur 6. Regels vergunning ROC (Rijksoverheid, 2016)**

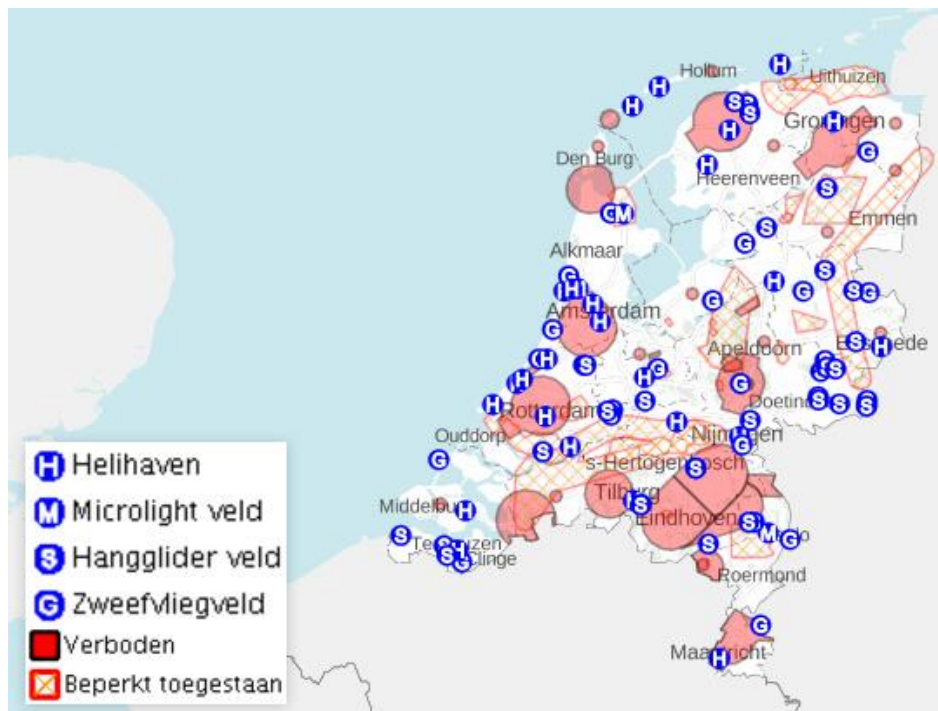
Het vliegbrevet dat behaald moet worden, is speciaal voor een afstand bestuurbaar vliegtuig. De bestuurder moet een theorie- en praktijkexamen volgen in meerder klassen tot RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) vlieger. Dit brevet is ook nog te verdelen in de lichte en zware versie, net zoals de ROC-vergunning (Rijksoverheid, 2016).

In het begin van 2016 werd er door de media nog gespeculeerd dat de regels rondom drones versoepeld werden. Volgens staatssecretaris Dijkema kunnen de beroepsmatige vliegers 11.000,- euro besparen, doordat ze geen vliegbrevet en luchtwaardigheids bewijs meer hoeven te hebben (NOS, 2016). Door vele voorvallen later het jaar werd de versoepeling niet doorgevoerd. Dit had te maken met de toename van voorvallen met recreatieve drones. De aard van de voorvallen had vaak te maken met interacties met bemande luchtvaart. Dit valt eventueel te verklaren door de technische verbeteringen die de recreatieve drones hebben ondergaan, waardoor deze zich op hogere hoogtes kunnen bevinden. Daarom werd er onderzoek gedaan waaruit bleek dat, in de beroepsmatige RPAS, de voorvallen ook flink groeien. Het figuur hieronder (figuur 7) laat zien wat de aard van de voorvallen in de beroepsmatige RPAS is geweest (ILT, 2016).



Figuur 7. Voorvallen beroepsmatige RPAS (ILT, 2016)

Bestuurders van alle drones dienen zich ook aan de Wet luchtvaart te houden. Dit betekent dat er alleen bij daglicht mag worden gevlogen met een maximale hoogte van 300 meter. Daarnaast mag er niet worden gevlogen boven mensen menigten, bebouwingen, weg en/of spoorlijnen. Naast deze regels zijn er ook bepaalde gebieden waar het te allen tijde verboden is om te vliegen. Deze zogenoemde no-fly zones of CTR (Controlled Traffic Region) zones zijn in kaart gebracht. Mocht een drone zich toch in deze gebieden bevinden dan wordt er een strafbaar feit begaan (Milieu, 2016).

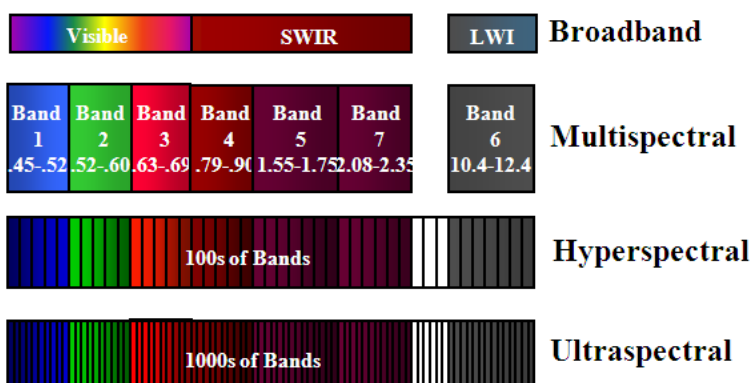


Figuur 8. No-fly zones (Milieu, 2016).

Op de plekken waar luchthavens dichtbij elkaar zitten, geldt een minimale afstand van drie kilometer waar drone vluchten zijn toegestaan (Milieu, 2016).

#### 4.2.3 Sensoren

Voor gewas monitoring wordt er gebruik gemaakt van reflectiesensoren die onder drones kunnen worden gemonteerd. Er zijn verschillende sensorfabrikanten die met verschillende sensor output waardes werken. Sommige sensoren werken met de reflectiewaarden die in lichtspectrum worden weergegeven voor een bepaalde vegetatie index. Hierdoor worden de variaties in het gewas weergegeven. In hoofdstuk 4.4 wordt hier dieper op ingegaan. De reflectie van licht wordt bij sensoren gemeten via bepaalde golflengtes die gebruik maken van spectrale banden. Het aantal banden dat gebruikt wordt tijdens het meten van het signaal, bepalen de nauwkeurigheid en de informatiedichtheid. Het eerste meetbare signaal begint bij breedband, waarna het nauwkeuriger wordt met multispectrale, hyperspectrale en ultraspectrale banden (Bussink, 2012).



Figuur 9. Banden waarmee gewasreflectie wordt gemeten (Bussink, 2012)

### **4.3 Stikstofbemesting**

De gewasproductie en de korrelopbrengsten zijn sterk afhankelijk van de hoogte en het tijdstip van de stikstofbemesting. Hoe de opname van stikstof verloopt, heeft een nauwe koppeling met de wijze van stikstoftoediening. Dit beïnvloedt namelijk de gewasontwikkeling. Dit is van toepassing bij de uitstoeling, de aarvorming, de korrelzetting en heeft ook een sterke invloed op de legeringsgevoeligheid (Veldman & Lange de, 2013). Voor de stikstofbemesting zijn verschillende methodes beschikbaar.

#### **4.3.1 Basisbemesting**

Om een perceelsgerichte stikstofbemesting te kunnen bepalen, wordt er gebruik gemaakt van de N-mineraal (aanwezige minerale stikstof in de bodem) bepaling door middel van bodemmonsters. Daarnaast wordt er naar de perceel- en gewassenmerken gekeken, zoals het stikstof leverend vermogen van de bodem en de opname behoefte van het gewas. Het ras en de eindbestemming spelen bij de bepaling ook een belangrijke rol (Kroonen, Molema, & Grashof, 2004).

#### **4.3.2 Bijbemesting**

Er zijn meerdere systemen om de hoogte van een bijbemesting te bepalen in een wintertarwe gewas. De verschillen zitten in de ondersteuning, het tijdstip, en techniek van de waarnemingen die worden gedaan in het gewas (Kroonen, Molema, & Grashof, 2004).

#### **NBS-Bodem**

Om de hoogte van de bijbemesting te bepalen, kan er gebruik worden gemaakt van het Stikstof Bijmest Systeem (NBS). Hiermee wordt de N-mineraal meerdere keren tijdens het groeiseizoen bepaald. Om telkens tot aan de volgende bemonstering de stikstofbehoefte te bepalen, wordt er gebruikt gemaakt van stikstof opnamecurves in combinatie met de bewortelingsdiepte van het gewas. Tenslotte wordt er gekeken naar de bodem voorraad stikstof en wanneer deze vrijkomt door bijvoorbeeld mineralisatie (Kroonen, Molema, & Grashof, 2004).

#### **Stikstofvenster**

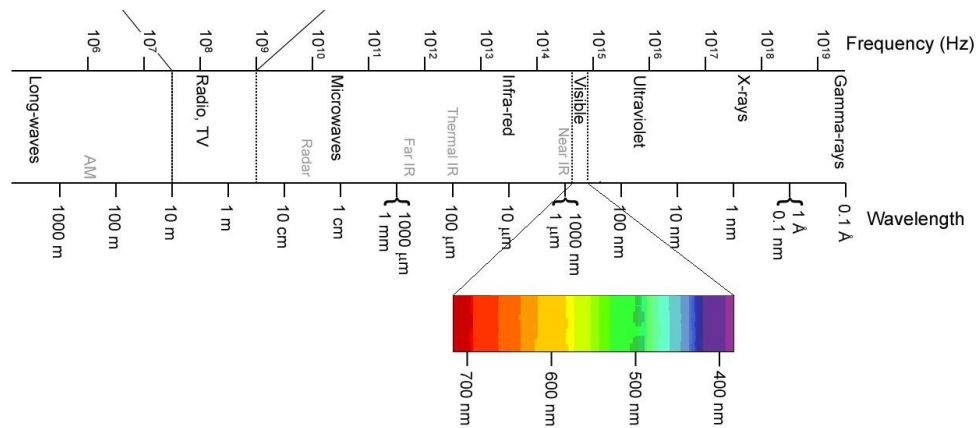
Het aanleggen van een zogenoemd stikstofvenster in het perceel is al een oud systeem. In het perceel worden stikstoftrappen aangelegd waardoor er een venster ontstaat. Door het venster en het gewas ernaast te analyseren wordt er bepaald of er een bijbemesting nodig is. Het werken met een stikstofvenster kan alleen op percelen waarop het gewas uniform groeit. Daardoor is het systeem enigszins omslachtig en wordt het in de praktijk niet vaak meer toegepast, omdat de op de opbrengsten in de vensters vaak lager uitvallen (Darwinkle, 2001).

#### **Bladkleurmeting**

Door middel van metingen van gewaskleur en/of gewasreflectie is het mogelijk om de hoogte van de bijbemesting te bepalen. Door gewaskleur of gewasreflectie metingen, wordt het niveau van stikstof in het gewas bepaald. Kleuren die met het oog zichtbaar zijn, kunnen vanuit persoonlijk oogpunt worden benaderd en zijn niet betrouwbaar. Daarvoor zijn er ondersteunende middelen ontwikkeld, zoals de gewas sensoren die onder drones gebruikt worden in combinatie met gewasindexen (Kroonen, Molema, & Grashof, 2004).

## 4.4 Gewasreflectie

Door sensoren te gebruiken die de reflectie van het gewas meten, kan er worden ingeschat hoe het er voor staat met de gewasgroei en gewasontwikkeling. De licht reflectie hangt bij een gewas af van de golflengte van het licht. Meestal is dat in het golflengte gebied van 400 tot 2500 nm. In dit deel van het spectrum vallen de Visible light (Vis of terwijl het zichtbare licht) en het NIR (Nabij infrarood) (Bussink, 2012).



Figuur 10. Lichtspectrum (Bussink, 2012).

Doordat het zonlicht het gewas raakt, kan het licht worden geabsorbeerd, gereflecteerd en getransmitteerd. Het geabsorbeerde deel wordt gebruikt voor fotosynthese, het reflecterende deel kan worden opgevangen door sensoren. Het getransmitteerde deel gaat dwars door de plant heen en wordt niets mee gedaan. Licht kan ook reflecteren vanaf de bodem onder of naast het gewas. Het verschil tussen gewas en bodem is goed terug te zien in de reflectie in het spectrum. Bodemreflectie neemt toe met de golflengte, terwijl gewasreflectie duidelijk hogere waarde laat zien. Hierdoor is het mogelijk om een schatting te maken over de hoeveelheid biomassa dat aanwezig is in het gewas (Bussink, 2012).

Door deze gewasspectra goed te analyseren kan er informatie worden gegeven over de eventuele stressfactoren die het gewas negatief kunnen beïnvloeden. Door de kenmerken van het gewas, zal elk gewas zijn eigen reflectie patroon laten zien. Als een plant op welke manier dan ook wordt aangetast, zal deze een ander reflectiepatroon weergeven. Dat kan zijn wanneer chlorofyl wordt afgebroken door stress condities, er meer zichtbaar licht wordt gereflecteerd. Als de plant achterblijft in groei, kan dit worden opgemerkt door het verschil in de oppervlakte die de plant bedekt en ook door de plantdichtheid (Bussink, 2012).

## 4.5 Gewasindexen

Om een koppeling te maken tussen de biomassa of de stressconditie van een gewas en de gemeten waarden van het lichtspectrum, zijn er een aantal gewas indexen ontwikkeld. Op deze manier is het mogelijk om wetenschappelijke uitspraken te doen over gewas parameters (Bussink, 2012).

| Index       | Naam                                                                | Formule                                                                                 | Ontwikkeld door         |
|-------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| NDVI        | Normalized Difference Vegetation Index                              | $(R_{NIR} - R_{red}) / (R_{NIR} + R_{red})$                                             | Rouse et al. (1974)     |
| RVI         | Ratio Vegetation Index                                              | $R_{NIR} / R_{red}$                                                                     | Jordan (1969)           |
| WDVI        | Weighted Difference Vegetation Index                                | $R_{NIR} - C \cdot R_{red}$<br>$C = 2$ (soil factor)                                    | Clevers (1989)          |
| REP-LI      | Red edge position: linear interpolation method                      | $700 + 40(R_{re} - R_{700}) / (R_{740} - R_{700})$<br>$R_{re}: (R_{670} + R_{780}) / 2$ | Guyot et al. (1988)     |
| MTCI        | MERIS Terrestrial Chlorophyll Index                                 | $(R_{754} - R_{708}) / (R_{708} - R_{680})$                                             | Dash and Curran (2008)  |
| TCARI       | Transformed chlorophyll absorption in reflectance index             | $3((R_{700} - R_{670}) - 0.2(R_{700} - R_{550})(R_{700} / R_{670}))$                    | Haboudane et al. (2002) |
| TCARI/OSAVI | Combined Index: TCARI with Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index | TCARI/OSAVI<br>OSAVI: $1.16x(R_{800} - R_{670}) / (R_{800} + R_{670} + 0.16)$           | Haboudane et al. (2002) |
| MCARI       | Modified Chlorophyll Absorption index                               | $[(R_{700} - R_{670}) - 0.2x(R_{700} - R_{550})x(R_{700} / R_{670})]$                   | Daughtry et al. (2000)  |
| DCNI        | Double-peak canopy nitrogen index                                   | $(R_{720} - R_{700}) / (R_{700} - R_{670}) / (R_{720} - R_{670} + 0.03)$                | Chen et al. (2010)      |
| NDRE        | Normalized Difference Red Edge Index                                | $(R_{780} - R_{720}) / (R_{780} + R_{720})$                                             | Eitel et al. (2010)     |

Figuur 11. Overzicht verschillende gewas indexen (Bussink, 2012)

De eerste in het overzicht (figuur 6), de NDVI is ook de meest gebruikte gewasindex. De NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) meet de activiteit van het chlorofyl, waarmee ook de activiteit van fotosynthese wordt aangegeven. Op deze manier wordt de biomassa van het gewas vertaald. Alleen bij een volgroeid gewas raakt de NDVI verzadigd door reflectie. Hierdoor wordt er minder variëteit gemeten. Naast de NDVI wordt ook de WDWI (Weight Difference Vegetation Index) gebruikt. Deze gewasindex geeft, naast de hoeveelheid biomassa van het gewas, ook de aanwezige hoeveelheid stikstof weer (Bussink, 2012).

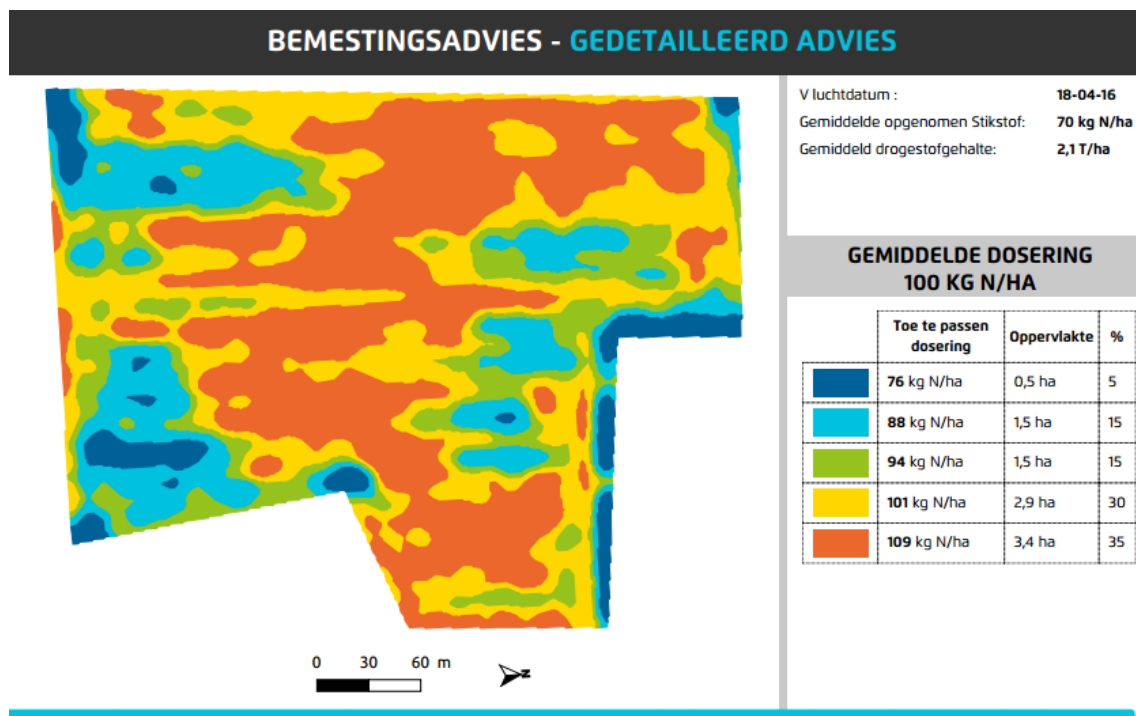
Hierdoor lijkt gewassensing met drones en gewasreflectie sensoren een uitkomst te bieden. Als biomassa kaarten vertaald worden naar specifieke bemestingskaarten, kan er op wintertarwe variabel stikstof worden gestrooid. De bemestingskaarten kunnen via een digitaal medium (USB-stick of SD-kaart) op de terminal van de kunstmeststrooier worden ingelezen. Door de connectie met Global Position System weet de kunstmeststrooier zijn exacte positie. Tijdens het rijden, wordt op de strooikaart de positie van de trekker bijgehouden. Daarnaast wordt de doseerschuif van de kunstmeststrooier geregeld, zodat de op de bemestingskaart ingestelde hoeveelheid wordt afgegeven (Schans van der, et al., 2008).

De hoogte van de gift en de variëteit tussen de hoogste en de laagste gift worden vastgesteld door de teler en/of adviseur. Door rekenregels wordt de bemestingskaart samengesteld. Hierdoor ontstaat er minder gevaar op legering en/of schrale plekken in het gewas. Daarnaast wordt er een homogener kwaliteit gegenereerd. (Schans van der, et al., 2008).

## 4.6 Implementatie

Vanaf begin vorig jaar biedt de coöperatie CZAV de mogelijkheid om de tweede en derde stikstofgift in de wintertarwe te optimaliseren. In samenwerking met het bedrijf Airinov hebben zij het systeem van taakkaarten met bemestingssysteem doorontwikkeld voor Nederlandse en Vlaamse omstandigheden (CZAV, 2016).

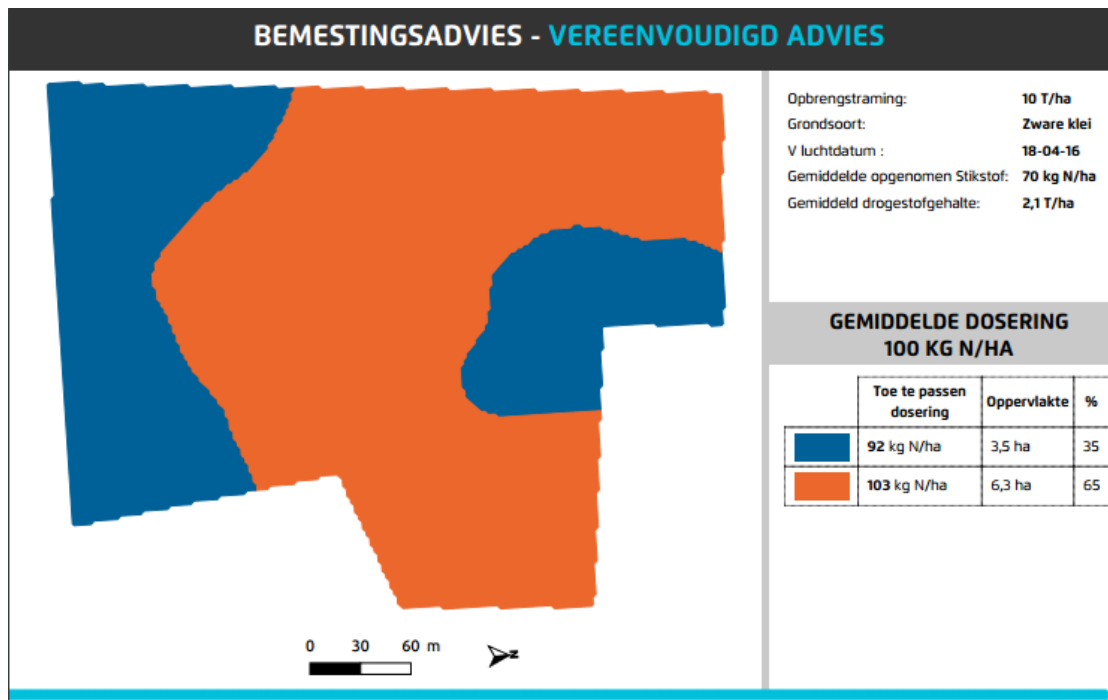
Door Airinov wordt het aangewezen perceel ingevlogen en de data verzameld. Het exacte perceel is door de teler ingetekend op een applicatie van Airinov zodat deze juist is aangegeven. De verzamelde data wordt vertaald naar een gewasindex die het droge stof gehalte en wordt de opgenomen hoeveelheid stikstof berekend. In overleg met de adviseur van CZAV wordt de hoogte van de gift bepaald, die de teler normaal over het gehele perceel zou strooien. Deze informatie wordt verzonden naar Airinov, waaruit een stikstofbemestingsadvies komt met meerdere zoneringen in het perceel. Het gedetailleerde advies wordt weergegeven tot zeven verschillende niveaus van de gift (CZAV & Hoek van den, 2016).



Figuur 12. Gedetailleerd bemestingsadvies (CZAV & Hoek van den, 2016).

Deze bemestingskaart geeft een beeld van de variatie op het perceel. Op bovenstaande bemestingskaart (figuur 12) wordt er, door de variatie in het perceel, gewerkt met vijf verschillende niveaus van stikstofgift. De kaart is technisch niet toe te passen door de werkbreedte van machines en de beperking van secties op kunstmeststrooiers. Daarom wordt er ook een advies gegeven dat vereenvoudigd is van één tot vijf niveaus van de kunstmest gift, afhankelijk van de variatie in het perceel (CZAV & Hoek van den, 2016).





Figuur 13. Vereenvoudigd bemestingsadvies (CZAV & Hoek van den, 2016).

De vereenvoudiging resulteert in de bovenstaande bemestingskaart (figuur 13) tot twee niveaus in bemestingsgift. In vergelijking met de standaard gift van 100 kilogram stikstof per hectare, zal de teler gemiddeld op 10 hectare 5,2 kilogram stikstof minder strooien. Deze bezuiniging is geheel afhankelijk van de positieve of negatieve variatie in het perceel. Volgens een schatting van Loonbedrijf Thijssen, één van de eerste drone loonwerkers, kan er zeven tot 30% aan kunstmest worden bespaard. Volgens Thijssen zou het voor een teler niet rendabel zijn om zelf een drone aan te schaffen. De kosten die van tevoren gemaakt moeten worden, zijn dusdanig hoog dat het verstandiger is om een loonwerker in te huren. Een loonwerker kan de drone service tegen relatief lage prijs ter beschikking stellen aan de teler (Dewulf & et al., 2016).

De kosten van het scannen liggen zo rond de 15,- euro per hectare. Het aanvullende advies zit hier nog niet bij. Hoe meer hectare een drone op een dag kan scannen, hoe goedkoper de hectare prijs wordt. Een dag van 150 tot 250 hectare moet haalbaar zijn voor een ervaren drone piloot. Met deze methode probeert Airinov de markt op een rap tempo te veroveren (Boom vd, 2016). CZAV probeert de prijs van het scannen plus bemestingsadvies tussen de 15,- en de 20,- euro te houden. Door deze hectareprijs blijft het aantrekkelijker voor telers om hun percelen te laten scannen (Duurzaambedrijfsleven, 2016).



#### 4.6.1 Besparingen vs kosten

In dit rekenvoorbeeld wordt een beeld geschetst van de verhouding tussen besparingen en kosten. Er wordt uitgegaan van teler die 30 hectare wintertarwe teelt en deze geheel laat scannen. Door de prijs van 18,- euro van CZAV aan te houden kost dit de teler 540,- euro. Als meststof wordt er kalkamonsalpeter genomen met daarin 27% stikstof. Deze meststof wordt op de markt verkocht voor 0,23 euro per kilogram (Woude, 2016). De hoogte van de bemesting wordt op 100 kilogram per hectare gehouden (Bemestingsadvies, 2016).

De besparing die door Thijssen wordt geschat tussen de 7 en 30% in de hoeveelheid kunstmeststoffen (Dewulf & et al., 2016). Als er van 15% wordt uitgegaan dan zou de teler 103,5 euro kunnen besparen op de kosten van meststoffen. Dit dekt ongeveer 20% van de kosten. De overige 80% van de kosten moeten dan worden opgevangen door de eventuele meer opbrengst die gegenereerd moet worden door de positieve invloed op productie factoren, beschreven in voorgaande hoofdstukken.

Om de opbrengst op de juiste manier te kunnen meten, moeten er na de precisie bemesting plaats specifieke opbrengst metingen worden gedaan tijdens de oogst van de wintertarwe (Agrometius, 2016). Dit moet op dezelfde percelen gebeuren die ook gescand zijn met de drone. Door de opbrengstmetingen worden de variaties die naderhand in het gewas zijn achtergebleven goed in kaart gebracht en kan er ook gekeken worden of de opbrengst meer homogeen is geworden. Deze opbrengst metingen worden geanalyseerd met een variatie analyse, ook wel de Anova analyse genoemd (Zee, 2016). Bij deze analyse is het belangrijk dat er 3 of meerder groepen getoetst kunnen worden, waarvan de variabelen een continue verdeling hebben. Hierdoor kan er worden vastgesteld of de opbrengst, wel of niet significant hoger is bij percelen die met taakkaart zijn bemest of bij breedwerpig gestrooide percelen. In bijlage één is een "case study" weergegeven van een opbrengstonderzoek in wintertarwe in Frankrijk. In onderzoek worden percelen die een standaard volleveldsbemesting hebben gehad vergeleken met een bemesting op maat van Airinov (Wordragen, 2016). Van deze resultaten kan geen aanname worden gebruikt voor een rekenmodel. Dit heeft te maken met de gewas en klimaat omstandigheden. Deze zijn niet vergelijkbaar met Nederlandse omstandigheden. In de periode van het schrijven van dit afstudeerwerkstuk zijn er niet voldoende opbrengstmetingen uitgevoerd om en is het dus niet gelukt om deze te bemachtigen. Hierdoor is ook gekozen voor het schrijven van een literatuuronderzoek.

## **Hoofdstuk 5. Meerwaarde door inzet drones**

In dit hoofdstuk wordt er dieper gekeken naar de meerwaarde die de inzet van drones kan geven. Het doel hiervan is om antwoord te geven op deelvraag vijf: Welke meerwaarde brengt de inzet van drones?

### **5.1 De ondernemer**

Voor de ondernemer (de wintertarweteler) is het een pluspunt dat de inzet van drones in de landbouw steeds gebruiksvriendelijker wordt. Het is belangrijk dat een teler snel en eenvoudig aan actuele informatie komt van zijn gewas. Het verzamelen van de gewasreflectiebeelden door drones maakt dit zeker mogelijk. Vanuit het eerste oogpunt leek het dat de dienstverlenende partijen de mogelijkheden zagen van het gebruik van drones en deze nieuwe technologie hebben opgepakt om de behoeftes in te vullen (Wal van der , Meijer, & Rip, 2016). De wensen van de klant zijn hierdoor goed in kaart gebracht. Zo is het duidelijk geworden dat er met hoge nauwkeurigheid actuele kaarten nodig zijn om de conditie van het gewas te meten. Daarnaast is het belangrijk dat de nieuwe diensten die ontstaan, een goede relatie hebben met de teler. In hoofdstuk 4 is beschreven dat de besparing van alleen kunstmeststoffen de kosten niet dekken van de gewasscan. Of de eventuele meeropbrengsten dit goed kunnen maken, moet nog blijken uit nader onderzoek. Het voordeel wat wel behaald kan worden uit de besparing van kunstmeststoffen is meer mestruimte. Doordat er voor het tarwegewas minder stikstof nodig is, kan deze mestruimte elders in het bouwplan worden gebruikt.

### **5.2 Dienstverlening**

Naast de telers heeft de inzet van drones een groot raakvlak bij de dienstverleners rondom de landbouw. Organisaties van onderzoek, advies en leveranciers hebben belang bij de mogelijkheden van drones die zijn ontstaan. Onderzoek, onderwijs en adviesbedrijven zijn bezig met het verzamelen van data en het verwerken van de gewasbeelden. De oppervlakte die op het moment wordt gescand is nog vrij laag. Dit heeft als gevolg dat de inzet van drones nog geen grote pijler is van de organisaties (Wal van der , Meijer, & Rip, 2016).

### **5.3 Klantcontact**

Vergeleken met satellieten is het gebruik van drones meer flexibel en heeft het een meer persoonlijke relatie met de eindgebruiker. De drone piloot komt in persoonlijk contact, doordat hij bij de teler over het erf komt. De verzamelde data is meestal de volgende dag nog leverbaar voor de teler of adviseur. Bij satellietbeelddiensten is deze afstand tussen de dienst en eindgebruiker verhoudingsgewijs veel groter door het grotere aantal tussenpersonen (Wal van der , Meijer, & Rip, 2016).

### **5.4 Inzetbaarheid**

Het voordeel van het verzamelen van gewasbeelden met drones in vergelijking met satellieten is dat het maken van hetzelfde beeldproduct op elk moment mogelijk is, wanneer de teler het maar wil. De drones hebben geen last van bewolking, wat bij satellieten wel het geval is. Hierdoor heeft de service van een drone in combinatie met een acceptabele hectare prijs een betere leveringszekerheid dan satellietbeelddiensten (Terrasphere, 2016).

## **5.5 Duurzaam ondernemen**

Het duurzaam ondernemen wordt ook wel MVO (Maatschappelijk verantwoord ondernemen) genoemd. Bij alle bedrijfsbeslissingen wordt er gestreefd naar een hoger bedrijfsrendement en worden kansen benut voor een beter milieu en meer welzijn voor maatschappij en werknemers (DuurzaamMKB, 2016). Bij de wintertarwe teler in dit afstudeerwerkstuk hebben de onderdelen milieu en maatschappij het grootste raakvlak. Dit komt omdat een teler vaak zelfstandig is en niet vaak met personeel werkt. Door de inzet van drones in de wintertarwe teelt wordt hier zeker meerwaarde aan gegeven.

Om duurzaam te kunnen ondernemen is kennis alleen niet voldoende. Het op de markt brengen van nieuwe producten of diensten is de volgende stap. Deze innovaties zijn tot stand gekomen door bestaande kennis die in een nieuwe combinatie is gebruikt. Een voorwaarde is wel voldoende ruimte te creëren voor fundamenteel en langdurig onderzoek (Peper, 2010).

### **5.5.1 Milieu**

De landbouw in Nederland zorgt voor vervuiling van lucht, grond- en oppervlakte water. Dit komt onder andere doordat er hoge stikstof bemestingen worden uitgevoerd. Dit zorgt voor risico in twee partijen. Op het vlak van gezondheid wordt de drinkwater kwaliteit een risico. Daarnaast raakt in de natuur het verloop van mineralen in de war door toevoegingen van buitenaf. Door deze risico's worden agrarische ondernemers met veel regels en milieu normen geconfronteerd. Doordat agrarische ondernemers nog maar vijf procent van de beroepsbevolking tellen, hebben de problemen die zij hiermee ondervinden geen maatschappelijk draagvlak. Door de kritische houding van agrarische ondernemers zijn ze bereid om innovaties toe te passen op hun bedrijven, om te kunnen voldoen aan de regelgeving. Hieraan hangen wel vaak juridische procedures die voor een agrarische ondernemer vaak niet meer te overzien zijn (Bouma, 2003). In onderzoek werd al voorspeld dat doormiddel van precisielandbouw, de emissie naar het oppervlakte water in Zeeland met 38% teruggedrongen kan worden. De kanttekening hiervan is wel dat de gehele akkerbouwsector dan met precisielandbouw moet werken (Kuik, Terwan, & Biewinga, 2001).

### **5.5.2 Stikstofbesparing**

De aanvoer van stikstof is gericht op de voeding van het gewas. De mate van productie wordt hier op bepaald. Doordat er stikstof wordt afgevoerd door middel van het oogsten van het product moet er ook weer nieuw aangevoerd worden. Het verlies tussen de afvoer en de aanvoer moet zo goed mogelijk worden beperkt. Het produceren van stikstof kunstmest kost veel fossiele brandstof. Een duurzamere stikstofbemesting betekent dus minder verlies van nutriënten zonder dat er teveel opbrengst wordt gemist (Berge & Postma, 2010). Doordat het scannen van het gewas met behulp van drones er voor zorgt dat de stikstofmeststoffen op de plaats terecht komen waar er vraag naar is in het gewas, wordt de stikstof zo efficiënt mogelijk gebruikt. Hierdoor worden de verliezen van stikstof zo laag mogelijk gehouden.

De meststoffen zoals stikstof meststoffen die worden gebruikt in de akkerbouw hebben een grote invloed op de duurzaamheidsscore. Op dit gebied worden de regels tot op heden goed nageleefd en de doelstellingen worden wel behaald, maar er wordt nog wel veel aandacht voor gevraagd in de toekomst (Dolman & Boone, 2010).

Precisielandbouw heeft impact op de reductie van stikstof gebruik. Binnen 10 jaar moet dit gebruik, volgens experts, met 10 tot 20 % gedaald zijn. Met nog nieuwere technieken voor het plant specifiek voeden zullen in de toekomst nog grotere reducties te behalen zijn. Hierdoor komen toekomstbeelden, van een economisch sterke landbouwsector met minder input en lagere emissies, binnen handbereik (Kempenaar, 2014).

### 5.5.3 Beleid

Van de Europese integratie is het landbouwbeleid wel één van de belangrijkste punten. Dit is al het geval vanaf dat het verdrag van Rome in 1958 werd ondertekend. In de toekomst zal er per hectare steeds minder stikstof aangewend mogen worden. Dit is noodzakelijk om de emissie naar de lucht, bodem en oppervlakte water te reduceren. In figuur 14 wordt de ambitie van de stikstof en fosfor aanwending geïllustreerd.

|                                        | Doelstelling 2030 of eerder                           |                   |                      | Huidige toestand                                                  |                   |            |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------|------------|
|                                        | Chemisch                                              |                   | Ecologisch           | Chemisch                                                          |                   | Ecologisch |
|                                        | Mg NO3/l                                              | mg P/l            |                      | mg NO3/l<br>(gemiddelde)                                          | mg P/l            |            |
| <i>Grondwater-<br/>kwaliteit</i>       |                                                       |                   |                      |                                                                   |                   |            |
| Zandgebieden                           | <50 <sup>a</sup>                                      | NB                | GET/GEP              | 90 <sup>c</sup>                                                   | NB                | NB         |
| Veen- en<br>Kleigebieden               | <50 <sup>a</sup>                                      | NB                | GET/GEP <sup>b</sup> | <50 <sup>c</sup>                                                  | NB                | NB         |
|                                        | mg N/l                                                | mg P/l            |                      | mg N/l                                                            | mg P/l            |            |
| <i>Oppervlakte-<br/>waterkwaliteit</i> |                                                       |                   |                      |                                                                   |                   |            |
| Landbouw-<br>beïnvloede<br>wateren     | 1,4 <sup>d</sup>                                      | 0,23 <sup>d</sup> | GET/GEP <sup>b</sup> | 3,5 <sup>e</sup>                                                  | 0,20 <sup>e</sup> | NB         |
| Meren                                  | 1 <sup>d</sup>                                        | 0,05 <sup>d</sup> | GET/GEP <sup>b</sup> | 2,0 <sup>e</sup>                                                  | 0,12 <sup>e</sup> | NB         |
| Rijn                                   | 1,8 <sup>d</sup>                                      | 0,08 <sup>d</sup> | GET/GEP <sup>b</sup> | 3,5 <sup>e</sup>                                                  | 0,22 <sup>e</sup> | NB         |
|                                        | kton NH3/jaar<br>30-55 <sup>f</sup>                   |                   |                      | kton NH3/jaar<br>130 <sup>c</sup>                                 |                   |            |
| <i>Luchtkwaliteit</i>                  |                                                       |                   |                      |                                                                   |                   |            |
| a                                      | Nitraatrichtlijn (91/676/EEC)                         |                   | d                    | Indicatief - zomergemiddelde (Uit: Van Liere<br>en Jonkers, 2000) |                   |            |
| b                                      | Kaderrichtlijn Water (EC, 2000)                       |                   | e                    | RIVM, 2004c; gegevens over 2002                                   |                   |            |
| c                                      | Milieubalans 2005; gegevens over 2003<br>(RIVM, 2005) |                   | f                    | NMP4 (VROM, 2001)                                                 |                   |            |
| NB Niet Beschikbaar                    |                                                       |                   |                      |                                                                   |                   |            |

Figuur 14. Stikstof en fosfor ambitie niveau 2030 (Broek, 2006).

Door de overheid is er daarom een stelsel van gebruiksnormen ingesteld. Dit is besloten door het Europese Hof. Het gevolg hiervan is dat de teler met minder stikstofbemesting moet proberen om dezelfde opbrengsten te behalen. De ondersteunde methode hiervoor is het werken met precisielandbouw technieken (Broek, 2006). Hieronder valt dus ook het gebruik van drones in de landbouw. De kosten die hiermee gemaakt worden moeten wel terugverdiend kunnen worden door besparingen en eventuele meeropbrengsten.

De aanschaf van precisielandbouwtechnieken wordt door de overheid gestimuleerd door subsidies. Hierdoor kunnen ondernemers fiscale voordelen behalen als er wordt geïnvesteerd in milieu vriendelijke technieken (MIA/VAMIL). De VAMIL regeling maakt het mogelijk om 75% van de investering versneld af te schrijven. De MIA regeling maakt het mogelijk een bepaald percentage van de aanschafprijs af te kunnen trekken van winst van het kalenderjaar van de aanschaf. Hierdoor hoeft er minder belasting betaald te worden (RVO, 2017). Dit is een stimulans voor loonwerkers om een in drone techniek te investeren.

## Hoofdstuk 6. Conclusies en aanbevelingen

Tijdens het onderzoeken van de hoofdvraag “Wat is de meerwaarde van de inzet van drones in wintertarwe in het Zuidwestelijk zeeleigebied?” is er dieper ingegaan op de vijf deelvragen. Op deze vijf deelvragen is een antwoord gevonden. Daarnaast is er een aanbeveling opgesteld.

- Deelvraag 1: Welke factoren hebben invloed op de opbrengst van wintertarwe?

De teler kan het wintertarwe gewas rendabel maken door de stikstofbemesting op de juiste plaats en op het juiste moment toe te passen. De teler kan geen invloed uitoefenen op het verloop van de natuur. Het is wel mogelijk, door middel van wetenschappelijke kennis, om het gewas beter weerbaar te maken tegen ziekten, plagen en stress veroorzakende milieu factoren. Daarnaast is het belangrijk voor de ondernemer om op een perceel te beginnen dat schoon is van onkruiden. Dit vormt de basis voor opbrengst zekere oogst. De aanbeveling is om de wetenschappelijke kennis en ervaring te delen door middel van coöperaties, advies organen en andere vak gerelateerde circuits.

- Deelvraag 2: Zijn de factoren (deelvraag1) te meten en te beïnvloeden door het gebruik van drones?

De factoren die invloed hebben op de opbrengst van wintertarwe zijn niet allemaal te meten met behulp van drones. De stikstofbehoefte bepaling door middel van gewas reflectie is het meest meetbaar. Daarnaast kan het gewas hierop ook het beste gestuurd worden. De aanbeveling is om alle factoren op bijdragend niveau te houden. Zij zorgen namelijk in verband met elkaar voor een opbrengst zekere oogst.

- Deelvraag 3: Hoe kunnen drones worden ingezet in het wintertarwe gewas?

Drones kunnen worden ingezet in diversen modellen. Hierin zit een prijs- en capaciteits verschil. Beide kunnen, met behulp van sensoren, gewas reflectiebeelden maken. Door middel van gewasindexen kan aan het reflectiepatroon de gewas toestand worden bepaald. Het gewas kan dan worden gestuurd door plaats specifieke stikstofbemesting. Bij de inzet van drones komt een vrij gecompliceerde regelgeving kijken. De gebruikers moeten goed op de hoogte zijn van vernieuwde regelgeving. De oorzaak van de variatie in het gewas kan niet worden weergegeven door sensoren. Daarom is passend bemestingsadvies door specialisten noodzakelijk. De aanbeveling is om de verzamelde data te vergelijken met kennis vanuit de ervaring van de teler en de adviseur.

- Deelvraag 4: Wat zijn de kosten en baten van de inzet van drones in wintertarwe?

De inzet van drones in de teelt van wintertarwe kan een besparing opleveren in stikstof bemesting. Dit ligt aan de variatie in het gewas. Een kanttekening is dat deze besparingen niet opwegen tegen de kosten van het scannen door middel van een drone. Dit zal dan terugverdiend moeten worden met de meeropbrengsten die eventueel gegenereerd worden door de positieve invloed op de productie factoren.

Hiervan zijn nog geen resultaten bekend. De aanbeveling is om langdurige proeven op te zetten waarbij de opbrengsten worden vergeleken door middel van opbrengst metingen. Uit het resultaat zal dan blijken of de precisiebemesting een hogere opbrengst zal genereren die opweegt tegen de kosten van het gewas scannen.

- Deelvraag 5: Welke meerwaarde brengt de inzet van drones

De meerwaarde van de inzet van drones vergeleken met satellietbeelddiensten is dat de keten is verkort. De teler komt op een persoonlijkere manier snel aan actuele informatie over zijn gewas. Daarnaast is het een uitbreiding voor de dienstverlenende sector rondom de landbouw. Weersomstandigheden, zoals bewolking, hebben minder invloed op het maken van gewasbeelden met drones dan met satellieten. De inzet van drones in wintertarwe zorgt voor een reductie van het gebruik van fossiele brandstoffen. Daarnaast heeft de toepassing raakvlakken op het gebied van duurzaamheid bij gezond bodembeheer en de kwaliteit van drinkwater. Een kanttekening is dat telers tegen problemen aanlopen in het mestbeleid. Dit heeft maatschappelijk weinig draagvlak omdat de beroepsgroep in verhouding erg klein is. De aanbeveling is om precisielandbouw technieken te koppelen aan het begrip duurzaamheid door middel van social media en andere manieren om het maatschappelijke draagvlak te vergoten.

- Hoofdvraag: Wat is de meerwaarde van het gebruik van drones in wintertarwe in het Zuidwestelijk zeekleigebied?

Door de inzet van drones in wintertarweteelt in het Zuidwestelijk zeekleigebied wordt mogelijk voor de teler om gewasbeelden te maken, zodat de gewas toestand gemeten kan worden. Hierdoor kan het gewas gestuurd worden door middel van stikstof bemesting. Daarbij wordt er gestreefd naar een efficiënte stikstofbenutting en het verhogen van de opbrengst.

## Hoofdstuk 7. Discussie

Vanwege technische redenen is het tijdens de oogst van wintertarwe niet gelukt om gewasproeven uit te voeren. Hierdoor is het niet mogelijk geweest om de uitkomsten te toetsen. Er is daarom gekozen voor een literatuuronderzoek. Doordat het onderwerp vanuit verschillende kanten is belicht, zijn er veel bruikbare bronnen te vinden. Een punt van aandacht, aangegeven in het plan van aanpak, was het gebruik van meer recente bronnen voor bepaalde aspecten. Hier is in het afstudeerwerkstuk verbetering in gebracht. De deelvragen hebben een leidraad gevormd in het komen tot het antwoord op de hoofdvraag.

Voor de lezer is het volgende duidelijk geworden: Het stimuleren van de groeifactoren, het meten van de gewasreflectie door middel van sensoren onder drones en het sturen van het gewas met stikstofbemesting hebben een meerwaarde op diverse draagvlakken. Om groeifactoren te stimuleren moet het gewas gestuurd worden door middel van stikstofbemesting. Het toepassen hiervan kan met de inzet van drones in wintertarwe op het juiste moment en met de juiste hoeveelheid gebeuren.



## Bibliografie

- Agrometius. (2016). *Opbrengstmeting*. Opgeroepen op December 23, 2016, van Agrometius.nl:  
<http://www.agrometius.nl/categorieen/opbrengstmeting/>
- Bemestingsadvies. (2016). *Bemestingsadvies granen GPS, Zuidwestelijke Zeeklei*. Opgeroepen op December 25, 2016, van bemestingsadvies.nl:  
<http://www.bemestingsadvies.nl/bemestingsadvies/4-Granen-voor-GPS/42%20Granen%20voor%20GPS%20Stikstof.pdf>
- Berge, H., & Postma, J. (2010). Duurzaam bodembeheer in de nederlandse landbouw. *Plant research international, Wageningen Universiteit*, 45-46.
- Boom vd, N. (2016). Arinov wil dronemarkt in rap tempo veroveren. *Boerenbusiness*.
- Bouma, J. (2003). Milieubeleid in een veranderende context. *WRR Wetenschappelijke Raad voor Regeringsbeleid*, 95-109.
- Broek, J. (2006). Sturing van stikstof- en fosfor- verliezen in de Nederlandse landbouw: richting 2030. *Wettelijke onderzoekstaken natuur en milieu, Wageningen Universiteit*.
- Bussink, R. (2012). Ontwikkeling van beslissingsondersteunende systemen voor bijbemesten gewassen. *Wageningen Universiteit, Nutrienten instituut nmi*.
- Buysman, M. (1986). De Tarwe. 47-48.
- CBS. (2016). Opgeroepen op Decemeber 15, 2016, van  
<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=80780ned&D1=3,14,23,60,89&D2=0&D3=0,5,10,14-16&HDR=G1,G2&STB=T&VW=T>
- CBS. (2016, december 9).  
<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=7100oogs&D1=a&D2=1&D3=0,3-4&D4=20-22&HDR=G3,T&STB=G1,G2&VW=T>. Opgeroepen op 12 9, 2016, van Centraal Bureau voor de statistiek.
- CZAV. (2016, Maart 25). *Nieuws*. Opgeroepen op December 20, 2016, van CZAV start met taakkaarten voor precisiebemesting d.m.v drones:  
[http://www.czav.nl/nl/actueel\\_nieuws.htm?item=1612](http://www.czav.nl/nl/actueel_nieuws.htm?item=1612)
- CZAV, & Hoek van den, W. (2016, April 18). Ontvangen bemestingskaart teler CZAV. *Bemestingsadvies tarwe*. Klaaswaal, Hoeksche Waard, Zuid-Holland: CZAV.
- Darwinkle, .. (1991). *The use of nitrogen-window in winter wheat*. Wageningen Universiteit.
- Dewulf, T., De Zutter, A., Ingeleare, N., Leeman, M., Moyaert, K., Syryn, K., et al. (2016). Drones zijn interessant, maar zijn ze ook betaalbaar? *Managemant en Techniek*, 34-36.
- Dodde, H. (2016, 15 april). *CZAV scant tarwe met drones*. Opgeroepen op 24 juni 2016, van  
<https://www.nieuweoogst.nu/nieuws/2016/04/15/czav-scant-tarwe-met-drones?overview=aHR0cHM6Ly93d3cubmldXdlb29nc3QubnUvdXctem9la3Jlc3VsdGF0ZW4/cT1kcm9uZSB0YXJ3ZSBiZW1lc3RlbG==>

- Dolman, J., & Boone, J. (2010). Duurzame landbouw in beeld. *Wageningen Universiteit*, 157.
- Duurzaambedrijfsleven. (2016, Maart 30). *Teeladviseurs scannen agrarische percelen met drones*. Opgeroepen op December 18, 2016, van Duurzaambedrijfsleven.nl/landbouw: <http://www.duurzaambedrijfsleven.nl/landbouw/13891/teeltadviseurs-scannen-agrarische-percelen-met-drones>
- DuurzaamMKB. (2016). *Wat is duurzaam ondernemen*. Opgeroepen op December 28, 2016, van DuurzaamMKB.nl: [http://www.duurzaammkb.nl/duurzaam\\_ondernemen](http://www.duurzaammkb.nl/duurzaam_ondernemen)
- Gomez-Candon, D. (2014). Assessing the accuracy of mosaics from unmanned aerial vehicle imagery for precision agriculture in wheat. *Precision Agric*, 44-56.
- Goosen, G. B. (2010). Klimaatverandering: kansen voor de landbouw. *Wageningen Universiteit*.
- Haenen, J., & Bosch, i. H. (1987). Teelt van wintertarwe. *AGV Lelystad*.
- Hawk, P. (2016). *Precision Hawk Agriculture*. Opgeroepen op Januari 2, 2016, van Precision Hawk.com: <http://www.precisionhawk.com/agriculture>
- ILT. (2016). Informatieblad drones. *Inspectie Leefomgeving en Transport*.
- Kempenaar, C. (2014). Precisielandbouw: slim combineren van slimme technieken. *Geologisch.nl*.
- Kroonen, B., Molema, G., Achten, V., & Grashof, K. (2004). Mogelijkheden voor verhoging van de stikstofefficiëntie. *Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Wageningen*.
- Kuik, M., Terwan, P., & Biewinga, E. (2001). Emissie van de Zeeuwse landbouw naar het oppervlaktewater, nu en straks. *Centrum voor landbouw en milieu*, 7-9.
- Lotz, L., & Rotteveel, A. (2005). Onkruidbeheersing in Nederland, nut en noodzaak. *Mededelingenblad van de Koninklijke Nederlandse Plantenziektenkundige Vereniging*, 42-44.
- Milieu, M. v. (2016, Maart 12). *Kadaser data*. Opgeroepen op December 7, 2016, van kadaster.kadaster.nl: <https://kadaster.kadaster.nl/dronekaart/>
- NOS. (2016, Maart 11). *Regels voor professioneel gebruik drones soepeler*. Opgeroepen op December 6, 2016, van NOS.nl: <http://nos.nl/artikel/2092175-regels-voor-professioneel-gebruik-drones-soepeler.html>
- Peper, D. B. (2010). Duurzame kennis, duurzame landbouw. Een advies aan de Minister van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij over de.
- Rijksoverheid. (2016). *Drone*. Opgeroepen op 24 juni 2016, van Rijksoverheid: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/drone>
- Rijksoverheid. (2016, Januari 12). *Welke vergunningen heb ik nodig voor mijn drone?* Opgeroepen op December 18, 2016, van Rijksoverheid.nl: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/drone/vraag-en-antwoord/vergunning-drone>
- RVO. (2017). MIA/VAMIL 2017. *Rijksdienst voor Ondernemend Nederland*, 5.

- Schans van der, D., Jukema, J., Klooster van der, A., Molenaar, K., Krebbers, H., Korver, R., et al. (2008). Toepassing GPS en GIS in de akkerbouw. *Praktijkonderzoek Plant en Omgeving B.V.*
- Sensefly. (2015, Oktober 13). *Should you buy a fixed wing or Rotary Drone?* Opgeroepen op December 18, 2016, van Waypoint: <http://waypoint.sensefly.com/buy-fixed-wing-drone-or-rotary/>
- Terrasphere. (2016, Maart 11). *Het werkt: UAV-Sensing in de landbouw.* Opgeroepen op December 28, 2016, van Fieldcopter.nl: [http://www.fieldcopter.eu/Portals/2/Pdf's/FieldCopter%20Dutch%20Flyer\\_UAS%20Sensing%20in%20de%20Landbouw.pdf](http://www.fieldcopter.eu/Portals/2/Pdf's/FieldCopter%20Dutch%20Flyer_UAS%20Sensing%20in%20de%20Landbouw.pdf)
- Timmer, R. (2001). Wintertarwe op maat bemesten. *PPO- Bulletin Akkerbouw*, 5-7.
- Timmer, R. (2010). Rendement ziektebestrijding in tarwe sterk verschillend per ras. *Wageningen Universiteit*.
- Tönjes, J. (2016, 15 april). *CZAV biedt dit jaar dronevluchten voor bemesting tarwe en aardappel.* Opgeroepen op 24 juni 2016, van Akkerwijzer: <http://www.akkerwijzer.nl/nieuws/9363/czav-biedt-dit-jaar-dronevluchten-voor-bemesting-tarwe-en-aardappel>
- Veldman, W., & Lange de, J. (2013). Stikstof systemen in wintertarwe. *HLB, in opdracht van Productschap akkerbouw*.
- Wal van der, T., Meijer, M., & Rip, F. (2016). Een verkenning naar toepassing van drones in de landbouw en natuur.
- Wesselingh, F. (2015). *Zeekleilandschap*. Opgeroepen op december 15, 2016, van Geologie van Nederland : <http://www.geologievannederland.nl/landschap/landschappen/zeekleilandschap>
- Wordragen, M. (2016). Case Study stikstof bemesting, Frankrijk. *Airinov*.
- Woude, C. (2016, Mei 27). *KAS-prijs loopt blauwtje door meer aanbod dan vraag.* Opgeroepen op December 20, 2016, van Boerenbusiness: <http://www.boerenbusiness.nl/mest/artikel/10869939/kas-prijs-loopt-blauwtje-door-meer-aanbod-dan-vraag>
- Zee, F. v. (2016). Anova Variatie Analyse. *Hulp bij onderzoek*.

## Illustratieverantwoording

| Figuur    | Titel                                                              | Bron                                                                                                                                  |
|-----------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Figuur 1  | Akkerbouwgewassen; productie naar regio.                           | <a href="http://statline.cbs.nl/Statweb/publication">http://statline.cbs.nl/Statweb/publication</a>                                   |
| Figuur 2  | Kaart Zuidwestelijk zeekleigebied.                                 | <a href="http://www.geologievannederland.nl/landschap">http://www.geologievannederland.nl/landschap</a>                               |
| Figuur 3  | Akkerbouwbedrijven areaal wintertarwe Zuidwestelijk zeekleigebied. | <a href="http://statline.cbs.nl/Statw">http://statline.cbs.nl/Statw</a>                                                               |
| Figuur 4  | Akkerbouwbedrijven areaal wintertarwe Nederland.                   | <a href="http://statline.cbs.nl/Statw">http://statline.cbs.nl/Statw</a>                                                               |
| Figuur 5  | Overzicht Fixed wing versus Rotary drones.                         | <a href="http://waypoint.sensefly.com/buy-fixed-wing-drone-or-rotary">http://waypoint.sensefly.com/buy-fixed-wing-drone-or-rotary</a> |
| Figuur 6  | Regels vergunning ROC.                                             | <a href="https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/drone">https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/drone</a>                           |
| Figuur 7  | Voorvallen beroepsmatige RPAS (Remotely Piloted Aircraft System).  | Informatieblad drones, Inspectie Leefomgeving en Transport                                                                            |
| Figuur 8  | No-fly zones Nederland.                                            | <a href="https://kadata.kadaster.nl/dronekaart/">https://kadata.kadaster.nl/dronekaart/</a> Ministerie van Infrastructuur en Milieu   |
| Figuur 9  | Banden waarmee gewasreflectie wordt gemeten.                       | Wageningen Universiteit, Nutrienten instituut nmi Ontwikkeling van BSB                                                                |
| Figuur 10 | Lichtspectrum.                                                     | Wageningen Universiteit, Nutrienten instituut nmi Ontwikkeling van BSB                                                                |
| Figuur 11 | Overzicht verschillende gewas indexen.                             | Een verkenning naar toepassing van drones in de landbouw en natuur. Vak Tijdschrift.                                                  |
| Figuur 12 | Gedetailleerd bemestingsadvies.                                    | Ontvangen bemestingskaart teler CZAV.                                                                                                 |
| Figuur 13 | Vereenvoudigd bemestingsadvies.                                    | Ontvangen bemestingskaart teler CZAV.                                                                                                 |
| Figuur 14 | Stikstof en fosfor ambitie niveau.                                 | Wettelijke onderzoekstaken natuur en milieu, Wageningen Universiteit                                                                  |

## Bijlage1. Case Study presentatie Airinov, Stikstofbemesting.

Frankrijk, Epineul le Fleuriel. Stikstof bemestingsproef Arinov. 2016.

Twee zones met verschillende historie in 1 perceel



2003 satelliet beeld  
laat twee sub percelen zien

AIRINOV

N-bemesting in 4 delen

| Application | Date        | Quantity   |
|-------------|-------------|------------|
| #1          | 18 Feb 2015 | 51 kg / ha |
| #2          | 12 Mar 2015 | 80 kg / ha |
| #3          | 18 Apr 2015 | Modulated  |
| #4          | 13 May 2015 | 40 kg / ha |

Amazona spreader

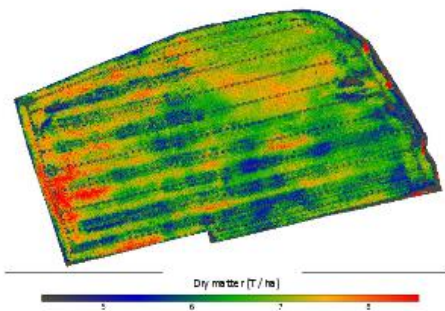


Trimble console



### Slide 1: Opzet proeven.

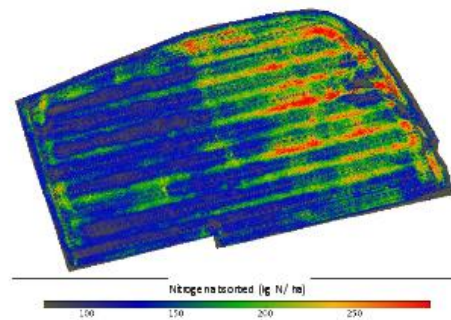
Drogestof gehalte kaart



- Droge stof tamelijk homogeen, vergelijkbaar oogstpotentieel in hele perceel
- Afwijkend beeld vgl met opgenomen stikstof

AIRINOV

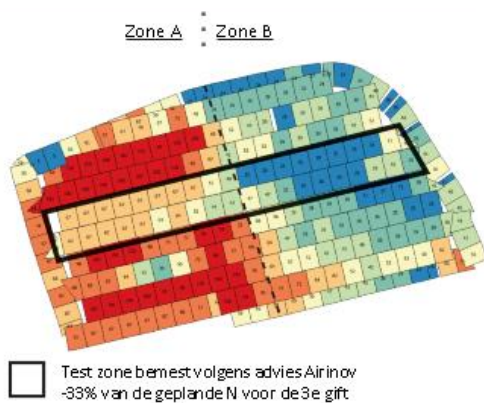
Opgenomen stikstofkaart



- Zelfde bemesting
- Zelfde rotatiegewassen in de afgelopen 2-3 jaar (zelfde residual N)
- Bodemverschillen?

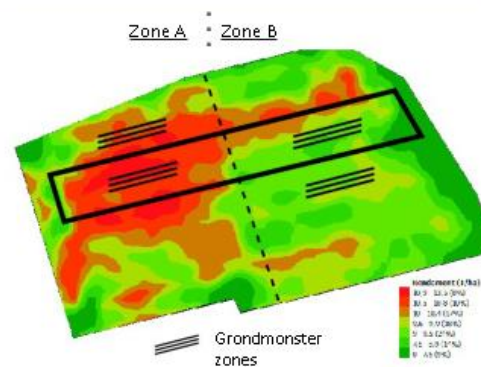
### Slide 2: Drogestof gehalte en Stikstofkaart.

### Twee hoofdzones, met aangepaste bemesting



AIRINOV

### Oogstkaart



## Slide 3: Verschillen in bemesting.

### Opbrengst vergelijking in bemonsteringszones

| Topic                         | Zone A<br>Airinov | Zone A<br>Farmer | Zone B<br>Airinov | Zone B<br>Farmer |
|-------------------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Totale N-bemesting (U/ha)     | 228               | 261              | 187               | 201              |
| - waarvan 3 <sup>e</sup> gift | 67                | 100              | 26                | 40               |
| Opbrengst (t/ha)              | 10,97             | 10,96            | 9,57              | 9,61             |
| Variatie (%)                  | 0%                | /                | 0%                | /                |

### Besparingsberekening

| Topic                          | Zone A        | Zone B      |
|--------------------------------|---------------|-------------|
| Verskil in N-bemesting (U/ha)  | 33 U          | 14 U        |
| Besparing op meststof (€/ha)   | +33€          | +14€        |
| Opbrengstverschil (€/ha)       | 0             | 0           |
| <b>TOTALE BESPARING (€/ha)</b> | <b>+33€</b>   | <b>+14€</b> |
| Airinov service (€/ha)         | -10€          | -10€        |
| <b>NETTO WINST (€/ha)</b>      | <b>+23€</b>   | <b>+4€</b>  |
| Opp/zone (ha)                  | 6             | 6           |
| <b>GEMIDDELDE WINST (€/ha)</b> | <b>+13,5€</b> |             |

AIRINOV

Investering direct terugverdiend

## Slide 4: Besparing dankzij advies.