

Beregenen met behulp van een bodemvochtsensor

Wat zijn de kosten en baten van beregenen met behulp van een bodemvochtsensor voor de akkerbouwers in de Veenkoloniën met een gemiddeld Veenkoloniaal bouwplan?



Dennis Voshart

Beregenen met behulp van een bodemvochtsensor

Wat zijn de kosten en baten van beregenen met behulp van een bodemvochtsensor voor de akkerbouwers in de Veenkoloniën met een gemiddeld Veenkoloniaal bouwplan?

Dit rapport is gemaakt in opdracht van:

CAH Vilentum Dronten
De Drieslag 4
8251 JZ Dronten
088-0206000
www.cahvilentum.nl

Countus accountants + adviseurs b.v.
Dokter Stolteweg 2
8025 AV Zwolle
038-4552600
www.countus.nl

Afstudeerdocent:

Mevr. B. Tijsseling
✉ b.tijsseling@cahvilentum.nl

Auteur:

Dennis Voshart
✉ voshart.denis@gmail.com

Opleiding:

Agrarisch Ondernemerschap Tuin- en Akkerbouw
Gezonde gewassen en accounting

Majors:

Plaats:

Dronten

Datum:

31 mei 2014

Niets uit dit rapport mag worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt worden, zonder voorafgaande toestemming van de auteur.

Voorwoord

Voor u ligt de scriptie: 'Beregenen met behulp van bodemvochtsensoren'. Deze scriptie heb ik geschreven in het kader van mijn afstuderen voor de opleiding: 'Agrarisch Ondernemerschap Tuin- en Akkerbouw' aan de CAH Vilentum te Dronten.

Deze scriptie is tot stand gekomen naar de aanleiding van een vraag vanuit mijn afstudeerstage bedrijf Countus. De vraag heeft betrekking op wat de mogelijkheden zijn voor Countus op het gebied van precisielandbouw. Doormiddel van het praktijknetwerk: "Sensoren: luisteren naar de bodem" ben ik bekend geworden met de bodemvochtsensoren. Als gevolg daarvan heb ik mezelf de vraag gesteld: "Wat zijn de kosten en baten van beregenen met behulp van een bodemvochtsensor voor de akkerbouwers in de Veenkoloniën met een traditioneel bouwplan?".

Graag wil ik Countus bedanken voor het mogelijk maken van de afstudeerstage. Tevens wil ik de betrokken partijen bedanken die mij geholpen hebben aan de informatie dat nodig was om dit afstudeerwerkstuk tot een goed einde te brengen. Ten slotte wil mijn afstudeerdocent van de CAH Vilentum, mevrouw Tijsseling, bedanken voor haar kritische blik en de benodigde feedback.

Dennis Voshart

Dronten, mei 2014

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
1 Samenvatting.....	5
2 Summary.....	6
3 Inleiding	7
3.1 Probleemstelling.....	7
3.2 Doelgroep	8
3.3 Leeswijzer	9
4 Theoretisch kader.....	10
4.1 Functie van water in de plant.....	10
4.2 Neerslag en verdamping.....	13
4.3 Berekeningstechniek en strategie.....	15
4.4 Effect van beregening op de gewassen.....	17
4.4.1 Onderwatergewicht van zetmeelaardappelen.....	17
4.4.2 Schurft en groeischeuren in aardappelen	18
4.4.3 Suikeropbrengst in suikerbieten	18
4.4.4 Korrelopbrengst van granen.....	18
4.5 Regelgeving	18
5 Bodemvochtsensoren.....	20
5.1 De verschillende bodemvochtsensoren	20
5.2 Werking bodemvochtsensoren	21
5.2.1 Dacom TerraSen	21
5.2.2 Dacom Sensetion.....	22
5.3 Het aantal benodigde bodemvochtsensoren.....	23
5.4 De kosten.....	23
6 De kosten en baten van beregenen met een bodemvochtsensor.....	24
6.1 Uitwerking casus bedrijf 1	24
6.1.1 De kosten van beregenen m.b.v. een bodemvochtsensor.....	25
6.1.2 De baten van beregenen m.b.v. een bodemvochtsensor	27
6.1.3 De ervaringen met de bodemvochtsensor.....	28
6.1.4 Conclusie	28
6.2 Uitwerking casus bedrijf 2	29
6.2.1 De kosten van beregenen m.b.v. een bodemvochtsensor.....	29
6.2.2 De baten van beregenen m.b.v. een bodemvochtsensor	31
6.2.3 De ervaringen met de bodemvochtsensor.....	31
6.2.4 Conclusie	32

6.3	Uitwerking casus bedrijf 3	32
6.3.1	De kosten van beregenen m.b.v. een bodemvochtsensor.....	33
6.3.2	De baten van beregenen m.b.v. een bodemvochtsensor	34
6.3.3	De ervaringen met de bodemvochtsensor.....	35
6.3.4	Conclusie	35
7	Toekomstvisie van beregening.....	36
7.1	Optimaal beregenen.....	36
7.2	Variabel beregenen	36
7.3	Taakkaarten.....	36
7.4	De bodemvochtsensoren	37
7.5	Maatschappelijke verantwoording.....	37
8	Discussie	38
9	Conclusies en aanbevelingen	39
9.1	Conclusies.....	39
9.2	Aanbevelingen.....	40
10	Literatuurlijst	41
11	Bijlage	45
I.	Neerslagtekort Veenkoloniën 2008 tot en met 2013.....	45
II.	Regelgeving grondwateronttrekking per provincie.....	50
III.	Gewasfactoren	51
IV.	Gewasfactoren bij openwaterverdamping (Penman).....	51
V.	Onderzoek verdeling sproeikanon	52
VI.	Elektronisch sproeikanon	54
VII.	Competenties	55
VIII.	Schriftelijk rapporteren	57
IX.	Beoordelingsformulier afstudeerwerkstuk	59

1 Samenvatting

Probleemstelling

In de Veenkoloniën (gebied in Nederland) staan agrarische bedrijven voor een uitdaging: in 2020 is de kans groot dat de Europese subsidies grotendeels verdwijnen en dat hierdoor deze agrarische bedrijven nog meer op eigen benen moeten staan. Om een goed financieel resultaat te genereren is het voor een akkerbouwer belangrijk om goed om te gaan met zijn grondstoffen en de bodem. De bodem is voor een akkerbouwer het belangrijkste productiemiddel van zijn bedrijf. Om het vochtniveau in de bodem te meten zijn er sinds een aantal jaren bodemvochtsensoren op de markt. Over het algemeen wordt het beregenen van gewassen op het gevoel en de ervaringen van de teler gedaan en zijn de meeste akkerbouwers nog onbekend met het beregenen met behulp van een bodemvochtsensor. Vaak heeft de teler nauwelijks inzicht in de kosten en baten van het beregenen. De hoofdvraag van deze scriptie is: 'Wat zijn de kosten en baten van beregenen met behulp van een bodemvochtsensor voor de akkerbouwers in de Veenkoloniën met een gemiddeld Veenkoloniaal bouwplan?'

Werkwijze

Om concrete praktijkinformatie te vinden zijn de kosten en baten van drie verschillende casusbedrijven uitgewerkt. Deze drie akkerbouwbedrijven, de leverancier van de bodemvochtsensoren en een fabrikant van beregeningstechniek zijn geïnterviewd om de benodigde gegevens te achterhalen. Verder is er een literatuuronderzoek gedaan naar achtergrondinformatie.

Theoretisch kader

Voor de ontwikkeling van een plant is water noodzakelijk. De afgelopen vijf jaar heeft er meer verdamping dan neerslag plaatsgevonden in de Veenkoloniën. Er worden verschillende technieken gebruikt om te beregenen. De meest voorkomende beregeningstechniek is een haspel in combinatie met een sproeikanon. Het beregenen van landbouwgewassen kan resulteren tot een financiële meeropbrengst.

Bodemvochtsensoren

Voor het meten van de hoeveelheid bodemvocht zijn er verschillende sensoren verkrijgbaar. Voor de landbouw zijn de grotere opzichzelfstaande sensoren bruikbaar. Deze sensoren meten het bodemvocht en bodemtemperatuur in meerdere lagen. De data wordt draadloos verzonden naar een beslissingsondersteunende software die een teler kan ondersteunen bij het beregenen.

De kosten en baten

De beregeningskosten zijn te verdelen in twee categorieën: de vaste kosten en de variabele kosten. In vergelijking met een haspelinstallatie zijn bij een vaste installatie de variabele kosten lager maar daarentegen de vaste kosten hoger. De brandstofkosten variëren van €0.21 tot €1.98 per mm. De berekende beregeningskosten variëren van €107,- tot €256,- per hectare in 2013 bij de drie casusbedrijven.

De bodemvochtsensor geeft overzichtelijk het verloop van het bodemvocht weer. Door de beslissingsondersteunende software kan een ondernemer een beargumenteerde keuze maken om te beregenen. In de praktijk wordt er sneller begonnen met beregenen en wordt er geen water bespaard door de bodemvochtsensor. Er moet nog onderzoek gedaan worden naar de financiële baten van het beregenen om antwoord te geven wat de financiële baten zijn de bodemvochtsensor. De investeringskosten van één sensor varieert tussen €995,- en €1995,- afhankelijk van de uitvoering.

Toekomstvisie van beregening

In de toekomst wordt het mogelijk om met behulp van taakkaarten een perceel variabel te beregenen. Door de nieuwe ontwikkelingen wordt het mogelijk om het stikstofgehalte in de bodem te meten en daardoor het effect van beregening op uitspoeling van stikstof weer te geven.

2 Summary

Problem definition

In the Veenkoloniën (area in the Netherlands) agriculture farms face a challenge: in 2020 it is likely that European subsidies disappear and farmers receive less of this support. To generate a good financial result is important for a farmer to properly deal with its raw materials and soil. To a farmer the soil is the most important factor. To measure the soil moisture, are there since several years soil moisture sensors on the market. In general, the frequency of irrigation depends on the feeling of the farmer. Often the entrepreneur has little understanding of the costs and benefits of irrigation. The main research question of this thesis is: "What are the costs and benefits of irrigation using a soil moisture sensor for the farmers in the Veenkoloniën with an average Veenkoloniaal cultivation plan?"

Method

To find practical information three different companies are followed in their irrigation method. These three companies, the supplier of the soil moisture sensors and a manufacturer of irrigation techniques were interviewed to identify the required data. Literature study is done in order to provide background information.

Theoretical framework

For the development of a plant water is necessary. Over the past five years, more evaporation than rainfall occurred in the Veenkoloniën. Various techniques are used to irrigate, but the most common irrigation technique is a drum in combination with a spray gun. It is possible that irrigation results in a financial profit.

Soil Moisture Sensors

For measuring soil moisture, there are several sensors. For agriculture, stand-alone sensors are used. These sensors measures the soil moisture and soil temperature in multiple layers. The data is transmitted wireless to a decision support software which the entrepreneur can help to make decisions.

The costs and benefits

The irrigation costs can be divided into two categories: fixed costs and variable costs. At a fixed installation, like a pivot, the fixed costs are higher but the variable costs are lower than with a drum irrigation. Fuel costs vary from € 0.21 to € 1.98 per mm. The calculated irrigation costs vary from € 107,- to € 256,- per hectare at the three case companies in 2013.

The soil moisture sensor clearly indicates the progress of the soil moisture. By reading the software, a farmer can make an informed decisions to irrigate. In practice, farmers will start irrigation in an earlier stage of low moisture level, with help of the soil moisture sensor. There is no water been saved. Further research need to be done into the financial benefits of irrigation. The investment cost of a sensor varies between €995,- and €1995,- depending on the version.

Future of irrigation

In the future it will be possible to irrigate a field variable by using moisture cards. The new developments will make it possible to measure the nitrogen content in the soil. With those sensors it will be possible to measure leaching of nitrogen because of irrigation.

3 Inleiding

In de Veenkoloniën staan agrarische bedrijven voor een uitdaging: in 2020 is de kans groot dat de Europese subsidies grotendeels verdwijnen en dat hierdoor deze agrarische bedrijven nog meer op eigen benen moeten staan. Het wordt belangrijk om voor een optimaal rendement van het bedrijf samen te werken, kennis te delen, resultaten te vergelijken en de bedrijfsvoering te optimaliseren. Voor telers wordt het steeds belangrijker om efficiënter te werken om de kosten te minimaliseren en daardoor het bedrijfsresultaat te verbeteren. Om een beter bedrijfsresultaat te behalen is het belangrijk om de kosten in beeld te hebben, zodat de telers een overwogen keuze kunnen maken in de bedrijfsvoeringen. Ook het belang om efficiënter met de grondstoffen om te gaan wordt belangrijker, omdat deze steeds schaarser en duurder worden (Wal van der, 2014).

De grote uitdaging bij het telen in de volle grond zijn de weersinvloeden die niet of moeilijk te sturen zijn. Verder is elk jaar het weer anders en zit er veel variatie tussen en in de percelen. Er moet continue naar de omstandigheden gekeken worden om tot een goede strategie te komen. De agrarische sector, en met name de akkerbouw sector, heeft de afgelopen jaren een ontwikkeling meegemaakt op het gebied van precisielandbouw. Onnodig overlappen behoort tot de verleden tijd en er wordt steeds efficiënter met de grondstoffen omgegaan. Er is een trend gaande om de grond en de gewassen te monitoren met behulp van sensoren (Kikkert, 2009). Met behulp van deze data kan het gewas steeds beter gestuurd worden om tot een optimaal resultaat te komen.

De bodem is voor een akkerbouwer het belangrijkste productiemiddel van zijn bedrijf. Het is belangrijk voor een ondernemer om zo optimaal mogelijk om te gaan met zijn bodem om zo een optimaal resultaat te genereren (Boom van der, 2014). Over het algemeen wordt het beregenen van gewassen op het gevoel en de ervaringen van de teler gedaan. Vaak heeft de teler nauwelijks inzicht in de kosten en baten van het beregenen (Drenth, 2008; Swaaij & Wilting, 2008).

Sinds een aantal jaren zijn er bodemvochtsensoren op de markt voor de agrarische sector die een teler kunnen helpen om op het goede moment te beregenen. Hierdoor kan er efficiënter met water worden omgegaan, omdat het hierdoor inzichtelijk is hoeveel water er nog beschikbaar is in de bodem (Bos, 2012). Dacom levert sinds een aantal jaar de TerraSen Bodemsensor. Deze sensor meet op 6 verschillende dieptes het percentage bodemvocht. Met deze sensor wordt ook op twee plekken de bodemtemperatuur gemeten (Bureau Berdt, 2011).

3.1 Probleemstelling

Veel telers zijn nog onbekend met het bepalen van hun beregeningsstrategie met behulp van een bodemvochtsensor. Ook de financiële aspecten van het beregenen zijn vaak niet in beeld bij de telers. Deze scriptie beantwoordt de volgende hoofdvraag: *‘Wat zijn de kosten en baten van beregenen met behulp van een bodemvochtsensor voor de akkerbouwers in de Veenkoloniën met een gemiddeld Veenkoloniaal bouwplan?’*

Om de hoofdvraag te beantwoorden zijn de volgende deelvragen gedefinieerd:

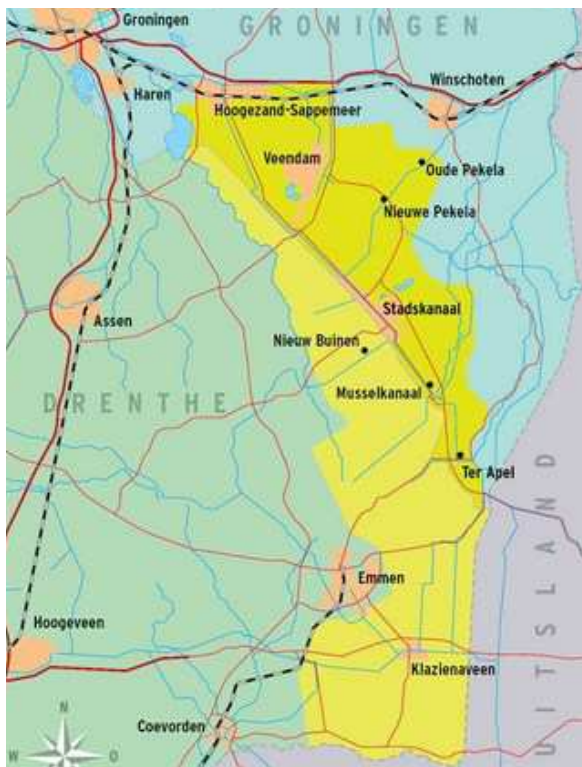
- Wat is de functie van water in een plant?
- Wat was de neerslag en de verdamping de afgelopen 5 jaar in de Veenkoloniën?
- Welke beregeningstechnieken en strategieën worden er in de Veenkoloniën toegepast?
- Welke bodemvochtsensoren zijn er?
- Wat zijn de beregeningskosten?
- Wat zijn de voordelen en nadelen van het beregenen met een bodemvochtsensor?
- Wat zijn de ervaringen, kosten en opbrengsten bij de drie casusbedrijven in de Veenkoloniën bij het beregenen met een bodemvochtsensor?

- Wat zijn de verwachte ontwikkelingen met berekeningstechniek?

Om concrete praktijkinformatie te geven zijn de kosten en baten voor drie verschillende casusbedrijven uitgewerkt. Deze drie bedrijven zijn geïnterviewd om de benodigde gegevens van het bedrijf te achterhalen. Voor de technische gegevens is er een literatuuronderzoek gedaan en zijn er leveranciers geïnterviewd voor actuele informatie. Voor de theoretische achtergrond is er een literatuuronderzoek gedaan en de gegevens zijn gekoppeld naar de praktijksituatie van de doelgroep. De neerslag- en verdampinggegevens van de afgelopen vijf jaar zijn opgevraagd op de website van het KNMI en de gegevens van de weerstations van Dacom in de veenkoloniën zijn verwerkt.

3.2 Doelgroep

De doelgroep zijn de akkerbouwers met een traditioneel bouwplan in de Veenkoloniën. Zie Figuur 1 voor een kaart van de Veenkoloniën. De streek “Veenkoloniën” is verdeeld over het zuidoosten van Groningen en het oosten van Drenthe. De Veenkoloniën en het Oldambt vallen door gemeentelijke samenvoegingen samen en daardoor is het lastig om specifieke gegevens over de Veenkoloniën te vinden. In het rapport: Landbouwkundige toekomstvoorspellingen (Strijker, 2003) wordt beschreven dat de Veenkoloniën uit 48.500 hectare grond bestaat waarvan ongeveer 95% cultuurgrond is. Het grondgebruik is typerend door het grote aandeel zetmeelaardappelen. In 2009 was de gemiddelde omvang van een Veenkoloniaal akkerbouwbedrijf 79 hectare, waarvan 36 hectare aardappelen, 14 hectare suikerbieten en 12 hectare granen (Vermaas, 2011). De omvang van de akkerbouwbedrijven in de Veenkoloniën varieert van 30 tot 600 hectare. De gemiddelde omvang van een toekomstgerichte akkerbouwer is gemiddeld 100 hectare. Het areaal is veelal 50% aardappelen. Oorspronkelijk waren dit hoofdzakelijk zetmeelaardappelen, maar de laatste jaren komen daar steeds meer consumptieaardappelen voor in de plaats. Het aandeel suikerbieten is gemiddeld 20% en granen 25%. De overige 5% van het areaal zijn gewassen zoals: maïs, uien, peen, graszaad, ect. (Spijckman, 2014). In deze scriptie wordt er geconcentreerd op de veenkoloniale akkerbouwers met een traditioneel bouwplan dat bestaat uit 50% aardappelen, 25% suikerbieten en 25% graan.



Figuur 1: kaart Veenkoloniën (Plaatsengids.nl, 2014)

3.3 Leeswijzer

Om een beeld te geven van de inhoud van deze scriptie, is er hieronder een kort overzicht weergegeven van de opbouw van deze scriptie:

- Theoretisch kader:
Achtergrond informatie dat betrekking heeft op deze scriptie.
- Bodemvochtsensoren:
Informatie over de bodemvochtsensoren.
- De kosten en baten van beregenen met een bodemvochtsensor:
De uitwerking van berekening voor drie casusbedrijven.
- Toekomstvisie van beregening:
Informatie over de toekomst van beregening.
- Discussie:
De resultaten zijn tegenover elkaar afgewogen om na te gaan of de resultaten betrouwbaar genoeg zijn om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden
- Conclusie:
In dit hoofdstuk is de hoofdvraag beantwoord en zijn de aanbevelingen die tijdens het schrijven van deze scriptie tot stand kwamen beschreven.

4 Theoretisch kader

Dit hoofdstuk weergeeft de literatuur dat aan de basis ligt van deze scriptie. Het doel van dit theoretisch kader is om inzicht te geven in de achtergrondinformatie. Het belang van water in de plant is beschreven. De neerslag- en verdampinggegevens in de Veenkoloniën zijn onderzocht, waaruit geconcludeerd kan worden of het beregenen in de gewassen noodzakelijk is. Vervolgens zijn de huidige beregeningstechniek en de strategie beschreven en tot slot de regelgeving voor het beregenen.

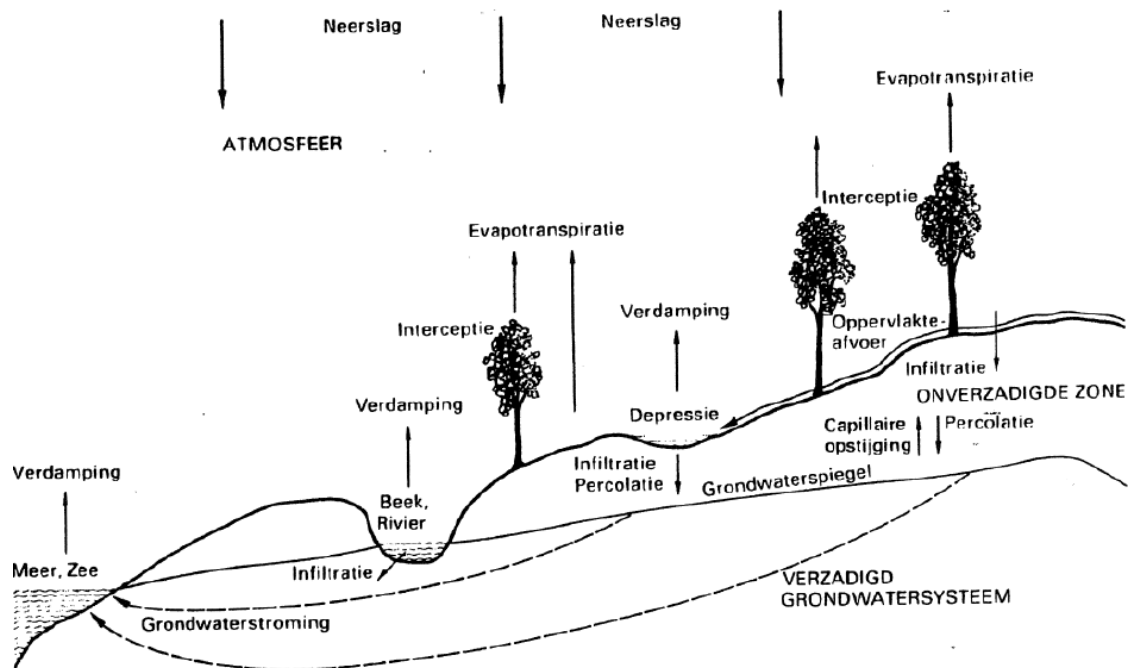
4.1 Functie van water in de plant

Voor de ontwikkeling van een plant is voldoende water noodzakelijk. Wanneer dit niet het geval is zal de ontwikkeling van de plant belemmerd worden en in het ergste geval zal de plant sterven door de uitdroging. Een plant heeft water nodig voor productie van koolhydraten, voor transpiratie, voor transport van voedingsstoffen en voor de stevigheid van de plant. Water is het transportmiddel in de plant voor voedingsstoffen en daarbij is water onmisbaar voor het opnemen van stoffen uit de bodem en uit de lucht. Er wordt een klein gedeelte van het water gebruikt voor de productie van droge stof. Het grootste deel van het water dat door de plant wordt opgenomen uit de bodem wordt gediffundeerd in de lucht door de huidmondjes van de plant. Dit wordt ook wel transpiratie of verdamping genoemd. De transpiratie is afhankelijk van de volgende factoren: luchtbeweging, temperatuur, belichting en de watervoorraad (Bossier, 1990). Planten bestaan ongeveer voor 90% uit water. Een plant kan koolzuurgas en water omzetten in koolhydraten en zuurstof. Dit proces wordt fotosynthese genoemd. Een plant heeft voor de productie van één kilogram droge stof honderden liters water nodig. Bijvoorbeeld: suikerbieten 210 liter en tarwe 250 liter water voor één kilogram droge stof (Vandenbosch, et al., 2000).

Bij een vochttekort zullen de huidmondjes van een plant sluiten en stopt de transpiratie. De gevolgen zijn dat er geen voedingsstoffen meer worden opgenomen en er minder koolhydraten worden geproduceerd. Dit heeft directe gevolgen voor de productie van droge stof en op de opbrengst. Een indirect gevolg op de productie van een plant bij een vochttekort is de afname van de nitrificatie. De bacteriën die zorgen voor de nitrificatie werken optimaal als de bodem tussen de 50 – 70% gevuld is met water (Duijkers, 2010). In een vochtige periode zullen een groot deel van het stikstof uitspoelen en daardoor niet meer opneembaar zijn voor de plant. De uitspoeling van stikstof heeft ook negatieve gevolgen voor het milieu.

Een overschot aan water heeft ook negatieve effecten op de opbrengst van een gewas. Er is minder uitwisseling tussen koolzuurgas en zuurstof. De plantenwortels worden verstikt en hierdoor neemt de opname van water en voedingsstoffen af. Tevens zal de denitrificatie toenemen. De bacteriën die zorgen voor denitrificatie zijn werkzaam onder anaerobe omstandigheden. Het nitraat zal worden omgezet in stikstof dat zal vervluchtigen naar de atmosfeer en is hierdoor niet meer opneembaar voor de plant. Verder zal de mineralisatie van organische stof en de nitrificatie afnemen bij een overschot aan water.

De beschikbaarheid van water voor de plant is afhankelijk van het klimaat, de bodem en de waterhuishouding. In Figuur 2 is de schematische weergave van de kringloop van het water weergegeven. Bij een begroeide oppervlakte is de evapotranspiratie te verdelen in transpiratie van het gewas en de evaporatie van het maaiveld.



Figuur 2: Kringloop van water (Duijkers, 2010)

Er is een relatie tussen de evapotranspiratie en de gewasproductie. Er wordt vanuit gegaan dat de productie van een gewas evenredig toeneemt met de actuele verdamping. Bij de potentiële verdamping bereikt het gewas de maximale productie. De volgende formule is proefondervindelijk vastgesteld: $P = P_{\max} \times E_{\text{act}}/E_{\text{pot}}$ (Duijkers, 2010).

P = gewasproductie (ton/hectare)
 $P_{\max}$ = maximale gewasproductie (ton/hectare)
 E_{act} = actuele verdamping (mm/jr)
 E_{pot} = potentiële verdamping (mm/jr)

$E_{\text{act}}/E_{\text{pot}}$ wordt ook wel relatieve verdamping (E_{rel}) genoemd.

De actuele evapotranspiratie (E_{act}) is te berekenen door de onderstaande methodes (Duijkers, 2010):

1. Als de neerslag (N) in een bepaalde periode groter is dan de potentiële verdamping is de actuele verdamping gelijk aan de potentiële verdamping. $N > E_{\text{pot}}$ dan is $E_{\text{act}} = E_{\text{pot}}$
2. Als de neerslag (N) in een bepaalde periode kleiner is dan de potentiële verdamping is er een vochttekort opgetreden. De totale hoeveelheid vocht dat verdamppt is, is gelijk aan de hoeveelheid neerslag en de afname van de vochtvoorraad in de bodem (B). $N < E_{\text{pot}}$ dan is $E_{\text{act}} = -\Delta B + N$

In Tabel 1 staat een overzicht van de gemiddelde opbrengst verhoging van verschillende gewassen. De meeropbrengst is per 1 mm effectieve beregening. In de praktijk is de effectieve beregening niet gelijk aan de hoeveelheid beregende water. Gemiddeld komt 60% van de beregening ten goede van het gewas (Vos de, Sival, Clevering, & Kleef van, 2006).

Tabel 1: Gemiddelde opbrengstverhoging in kg/ha per mm effectieve beregening (Duijkers, 2010)

Gewas:	Meeropbrengst per ha:
Aardappel	100 kg vers
Gras	25 kg ds
Haver	30 kg ds korrel
Maïs	45 kg ds

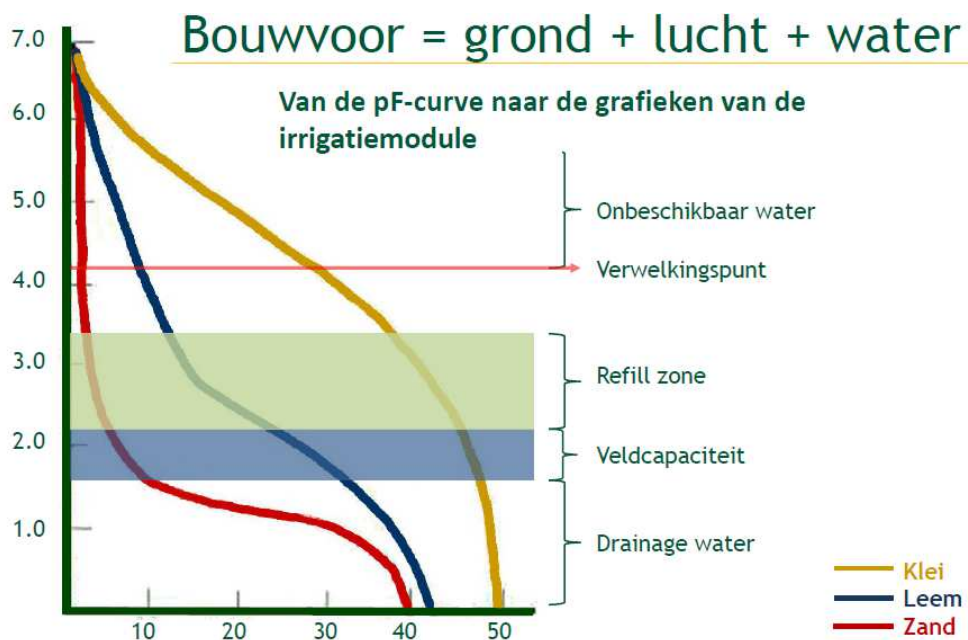
Suikerbiet	200 kg vers
Zomergerst	36 kg ds korrel
Zomertarwe	24 kg ds korrel

Tabel 2: Voorbeeld waterbalans perceel aardappelen in Smilde 2013

2013	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	T
neerslag	36,8	19,0	8,4	24,4	48,6	38,4	45,0	60,2	81,6	66,0	99,0	40,2	568
E _r	23,41	26,00	43,65	68,36	72,49	77,14	79,38	66,97	51,95	47,11	28,36	29,24	614
F _r	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,9	0,9	0,9	0,5	0,4	0,4	0,4	
E _{pot}	9,36	10,40	17,46	27,34	43,49	69,43	71,44	60,27	24,24	18,84	11,34	11,70	375
N-E _{pot}	27,44	8,60	-9,06	-2,94	5,11	-31,03	-26,44	-0,07	57,36	47,16	87,66	28,50	
SNT			9,06	2,94		31,03	26,44	0,07					
B	124,00	124,00	115	112,00	117,11	91,18	73,67	73,62	124,00	124,00	124,00	124,00	
ΔB			-9	-3,00	5,11	-25,93	-17,51	-0,05	50,38	0,00			
E _{act}	9,36	10,40	17,40	27,40	43,49	64,33	62,51	60,25	24,24	18,84	11,34	11,70	361
Afvoer	27,44	8,60							6,98	47,16	87,66	28,50	206

In Tabel 2 is een de waterbalans voor het gewas aardappelen op een willekeurig perceel in Smilde berekend in het jaar 2013. De neerslaggegevens en verdampinggegevens zijn opgevraagd van het weerstation van Dacom in Smilde. De gewasproductie voor aardappelen is $P = P_{\max} \times E_{\text{act}}/E_{\text{pot}}$ (Duijkers, 2010) De maximale opbrengst ($P_{\max}$) in 2013 bij consumptieaardappelen in Smilde was 65 ton per hectare (Daling, 2014). $P = 65 \times (E_{\text{act}} / E_{\text{pot}}) - 16$ in ton per hectare. Op basis van Tabel 2: $65 \times (361/375) - 16 = 46,6$ ton aardappelen per hectare zonder berekening. De waterbalans is een theoretisch model en kan in de praktijk anders resulteren door de verschillende aannames in de formule. De opbrengstderving van 18 ton door niet te beregenen is daardoor ook geen harde conclusie. Verder spelen er ook andere aspecten (in hoofdstuk 4.4 verder beschreven) mee voor een maximale producten dan alleen water. De waterbalans wordt meestal gebruikt om te berekenen of een investering van een berekening opweegt tegen de gevolgen van het niet beregenen. Het uitgangspunt is de situatie die eens in de tien jaar voorkomt.

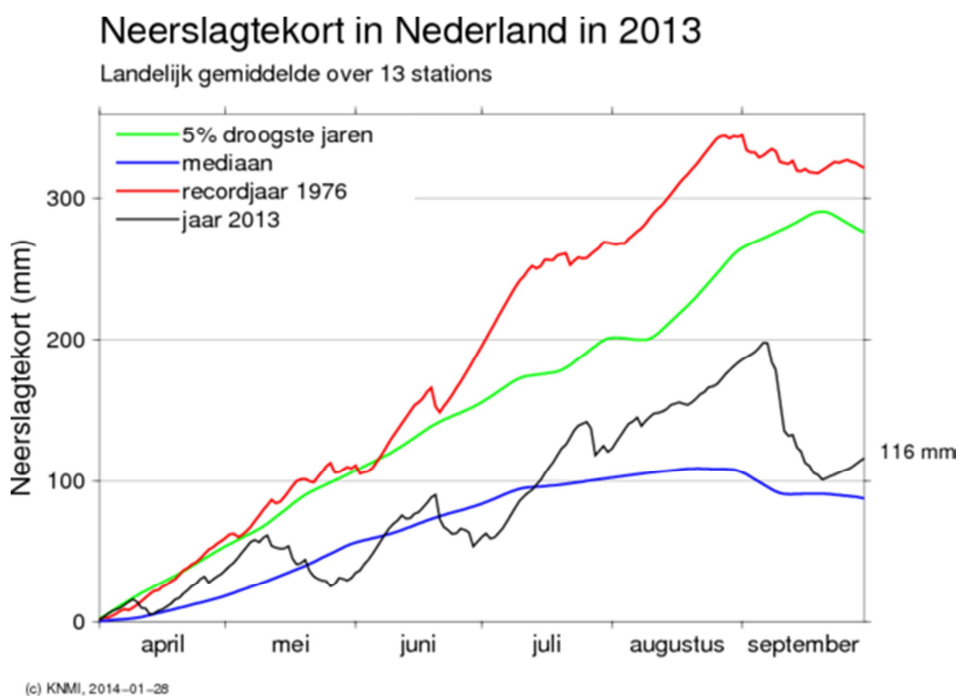
De pF-curve geeft aan hoeveel water er beschikbaar is voor de plant en wat het verwelkingspunt van de plant is. De pF-curve wordt bepaald door de fysische bodemeigenschappen. Dit zijn de klei-, silt-, zandstructuur en de organische stof. Als er op een perceel een bodemvochtsensor staat kunnen omliggende percelen met elkaar worden vergeleken aan de hand van de pF-curve (BLGG AgroXpertus, 2014). In Figuur 3 is de pF-curve zichtbaar voor klei, leem en zand.



Figuur 3: pF-curve van klei, leem en zand (Germs, 2014)

4.2 Neerslag en verdamping

Vaak is er in Nederland een neerslagtekort in het voorjaar en in de zomer. Zie Figuur 4 voor het neerslagtekort in Nederland in 2013.



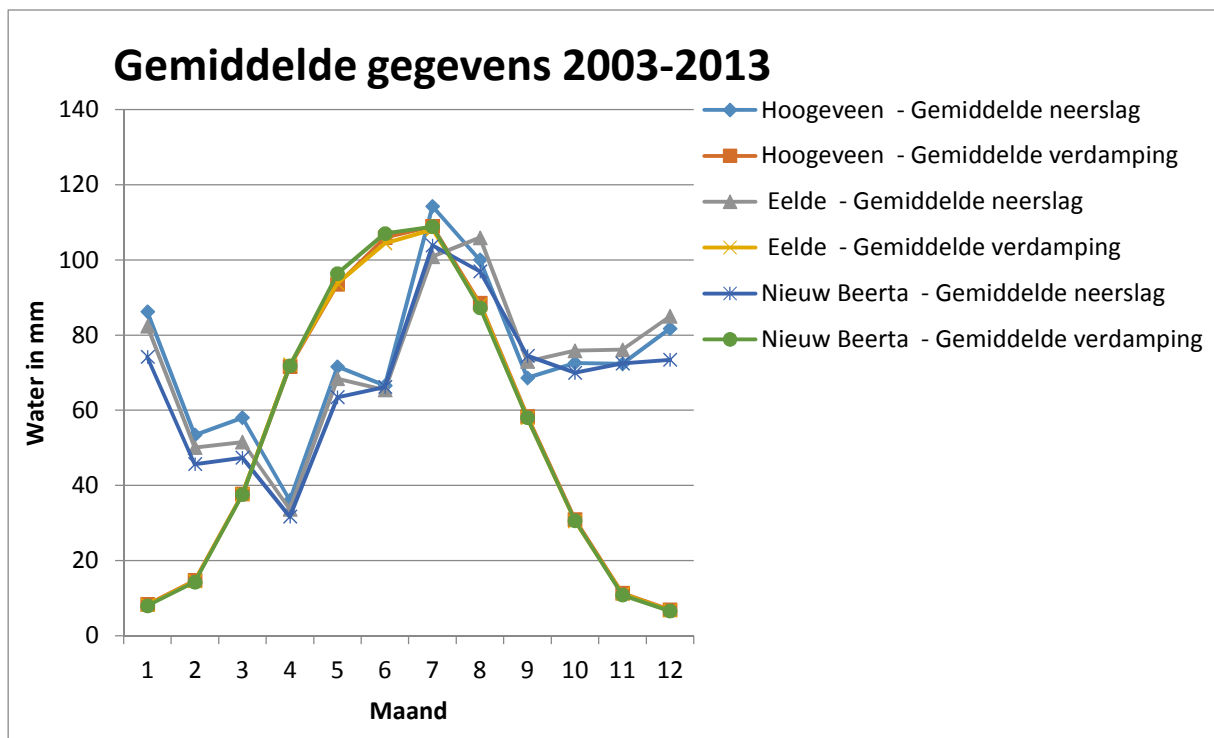
Figuur 4: Neerslagtekort in Nederland in 2013 (KNMI, 2014)

De doelgroep van deze scriptie zijn de akkerbouwers uit de Veenkoloniën. De weerstations van het KNMI uit Hoogeveen, Eelde en Nieuw Beerta liggen het dichtst bij de Veenkoloniën. Zie Figuur 5 voor een overzicht van de KNMI weerstation in Nederland.



Figuur 5: Weerstations KNMI (KNMI, 2009)

Van deze drie hoofdstations zijn alle neerslag en verdamping gegevens vanaf 2003 geraadpleegd en verwerkt in Figuur 6. Er is naar tien jaar gekeken, omdat de landbouw werkt met het 10% jaar. Vanaf april tot en met juli is er gemiddeld minder neerslag dan verdamping. De verdamping van de drie weerstations is ongeveer gelijk. De neerslag per weerstation is wel verschillend. De verdamping is gebaseerd op de rekenmethode van Makkink en heeft betrekking op de gewasverdamping van grasland.



Figuur 6: Gemiddelde neerslag en verdamping 2003/2013 (KNMI, 2014)

De drie dichtstbijzijnde weerstations van het KNMI staan niet in de Veenkoloniën, daarom zijn ook de weergegevens van Dacom gebruikt, omdat deze weerstations wel in dit gebied liggen. Zie Figuur 7 voor de ligging van de weerstations van Dacom. De gegevens van deze weerstations gaan niet verder terug dan 2008, daarom kunnen de gegevens voor 2008 niet worden weergegeven. In bijlage I staan de overzichten van het neerslagtekort in de Veenkoloniën. Het neerslagtekort is berekend door de som van de verdamping minus de neerslag. De verdamping is weergegeven in evapotranspiratie en niet de gewasverdamping. Er is te concluderen dat er gemiddeld in het voorjaar en in de zomer minder neerslag is dan verdamping in de Veenkoloniën.



Figuur 7: Plattegrond weerstation Dacom (Microsoft Corporation, 2014)

De verdampinggegevens van het KNMI zijn berekend met de rekenmethode van Makkink en heeft betrekking op de gewasverdamping van grasland (KNMI, 2014). Om de gewasverdamping van andere gewassen te berekenen moeten de gegevens vermenigvuldigd worden met de gewasfactoren in bijlage III. De verdampinggegevens van Dacom zijn niet gebaseerd op de rekenmethode van Makkink en zullen daarom vermenigvuldigd moeten worden met de gewasfactoren volgens Penman in bijlage IV (Hooghart & Lablans, 1988).

Neerslag wordt uitgedrukt in millimeters (mm). Eén millimeter neerslag komt overeen met 1 liter op een oppervlakte van 1 m². Bij het berekenen van een gewas wordt de hoeveelheid meestal aangegeven in mm per hectare. 1 mm per hectare is gelijk aan (0,001×10.000=) 10 m³ water

4.3 Berekeningstechniek en strategie

In Nederland wordt er op ongeveer 25% van de landbouwbedrijven beregend en is het potentiële beregeningsareaal 490.000 hectare. Bedrijven die beregening toepassen, beregenen gemiddelde 24 hectare (Massop, Schuiling, & Veldhuizen, 2013). Er wordt circa 300.000 tot 350.000 hectare cultuurgrond beregend in een droog groeiseizoen. De verschillen tussen een nat en een droog jaar zijn groot en verschillen sterk per gebied. Op zandgronden wordt ook in relatief natte jaren beregend, terwijl er dan in andere gebieden niet beregend wordt. In het Zuidelijk Veehouderijgebied wordt relatief veel water gebruikt voor beregening. In principe beregenen telers met oppervlakte water. Desondanks beregent twee derde van telers ook met grondwater, omdat er in gebieden met

weinig oppervlaktewater sneller last is van droogte en daardoor onvoldoende oppervlaktewater aanwezig is om mee te beregenen (Hoogeveen, van Bommel, & Cotteleer, 2003).

Voor het beregenen van landbouwgewassen zijn er verschillende technieken. In Nederland wordt een haspel in combinatie met een sproeikanon het meest gebruikt bij het beregenen van landbouwgewassen. De verschillende beregeningstechnieken staan hieronder beschreven.

Een sproeikanon wordt het meeste gebruikt voor het beregenen van landbouwgewassen, omdat dit de eenvoudigste manier van beregenen is. Het grote voordeel is dat er afhankelijk van de uitvoering tot ongeveer 100 meter breed kan worden beregend. Het sproeikanon kan tussen de aardappelruggen of door de spuitpaden rijden. Om tot 100 meter breed te kunnen beregenen is er een hoge druk nodig om het water ver genoeg te laten neerkomen. Het nadeel van deze hoge druk op het sproeikanon is dat de waterdruppels fijner worden en hierdoor gevoeliger voor de wind, wat ongunstig is voor de verdeling. Sproeikanon fabrikant Nodolini heeft onderzoek gedaan naar de nauwkeurigheid van de waterverdeling van een sproeikanon (Lavrijsen, 2014). De uitslagen van de waterverdeling waren ongeveer 80% nauwkeurig. In bijlage V staan de resultaten van het onderzoek.

Een alternatief voor een sproeikanon is een sproeiboom. Het grote voordeel van een sproeiboom is dat de wind weinig invloed heeft op de verdeling op het veld. Verder is de benodigde druk lager dan bij een sproeikanon. De nadelen zijn dat een sproeiboom tot maximaal 50 meter kan beregenen en het kost meer energie om het te verplaatsen. Verder zijn de investeringskosten van een sproeiboom hoger dan een kanon. De verdeling van een sproeiboom is bijna 100% gelijk over de hele breedte (Lavrijsen, 2014).

Een pivot installatie komt in Nederland zelden voor. Dit heeft vooral te maken met de relatief kleine percelen en de dure grond. Het grote nadeel is dat een centre pivot een vaste installatie is die in het rond draait, en dus niet de hoeken van een perceel kunnen beregenen. Het is technisch mogelijk om op het einde van een Pivot een kanon te maken dat de hoeken beregend, maar dan blijft het nog steeds lastig om de hoeken goed te beregenen. Een alternatief voor een centre pivot is een lineaire centre pivot systeem. Dit systeem is alleen toepasbaar als er een sloot langs het perceel is waar de mobiele pomp met zuigarm langs kan rijden. Er wordt een gleuf getrokken waar de tasters doorheen lopen om de pivot te besturen. Door de fijne verneveling van een pivot installatie wordt het water dicht bij de plant gebracht. Er vindt weinig rechtstreekse verdamping plaats door de korte afstand tussen het gewas en de pivot. Met een pivot installatie kan een waterefficiëntie van 90% tot 95% worden bereikt (Grontmij, 2013). Door de lage energie- en arbeidskosten zijn de variabele kosten lager dan bij een haspel met vergelijkbare capaciteit.

Druppelirrigatie is tot nu toe niet interessant bij akkerbouwgewassen in Nederland. De kosten zijn hoger dan traditionele beregening en deze methode van beregenen is meestal niet praktisch. In landen waar veel water nodig is, zoals Israël en Egypte is een druppelirrigatie wel rendabeler. Het grote voordeel is dat er dan weinig water verloren gaat door bijvoorbeeld verdamping. In Nederland wordt er momenteel onderzoek gedaan naar het rendement van het beregenen met een druppelirrigatie in hoog salderende gewassen (Tholhuijsen, 2014).

De huidige techniek is in staat om variabel te doseren in de lengte. Afhankelijk van het merk en type van de haspel kunnen er verschillende zones worden ingesteld van bijvoorbeeld 100 meter. Bij een lagere dosering zal de haspel sneller draaien en bij een hogere dosering zal de haspel langzamer draaien. Met de huidige techniek kan er worden bijgehouden hoeveel water en brandstof wordt gebruikt. De data wordt opgeslagen op een SD kaart dat kan worden uitgelezen op een computer.

Er zijn diverse pompinstallaties op de markt. De meest bepalende factoren van het energiegebruik tijdens het beregenen zijn: de diameter van de leidingen, het volume water en de efficiëntie van de turbine van de haspel. Een grotere diameter van de leidingen betekend minder weerstand. De lengte en de druk van de leidingen hebben ook invloed op de weerstand. In de praktijk kan één bar meer druk leiden tot één liter meer brandstofgebruik bij een tractor. De volgende pompinstallaties gesorteerd op basis van het rendement. Bovenaan staat de installatie met de laagste energie kosten per kuub water (Lavrijsen, 2014):

- Elektrisch ondergronds
- Elektrisch bovengronds
- Dieselpompset, modern: toerental afhankelijk van de gewenste druk
- Dieselpompset, traditioneel: vast toerental
- Aftakas, traditioneel aangedreven door tractor

4.4 Effect van beregening op de gewassen

Het doel van het beregenen is om een gewas van voldoende vocht te voorzien voor een ongestoorde groei. Door de ongestoorde groei kan een plant zich goed ontwikkelen en zal de opbrengst hoger zijn, dan wanneer dit niet het geval is. De doelgroep van deze scriptie beregend in de aardappelen, suikerbieten en granen. Het effect van het beregenen staat hieronder beschreven.

4.4.1 Onderwatergewicht van zetmeelaardappelen

Het Veenkoloniale bouwplan is vooral bekend door het hoge aandeel zetmeelaardappelen. Bij de teelt van zetmeelaardappelen gaat het vooral om de opbrengst zetmeel per hectare. De gemiddelde opbrengst van zetmeelaardappelen is tussen 45-50 ton per hectare. Bij de uitbetaling van zetmeelaardappelen is er een zetmeelverrekening op basis van het percentage zetmeel. Zie Tabel 3 voor de verhouding tussen het onderwatergewicht(owg) en het percentage zetmeel. Aardappelen boven de 19% zetmeel krijgen een toeslag en aardappelen onder de 19% zetmeel krijgen een korting (Spijkman, 2014).

Tabel 3: Verhouding onderwatergewicht en percentage zetmeel (Spijkman, 2014)

% zetmeel	16	17	18	19	20	21	22
owg	411	430	450	470	488	508	526

Het onderwatergewicht wordt beïnvloed door het ras, de neerslag, de temperatuur, de lichtintensiteit, de bodem en de bemesting. Tijdens het groeiseizoen is er een toename van het onderwatergewicht. Het onderwatergewicht is op het hoogst wanneer de toppen van de aardappelplanten nog groen zijn, daarna neemt het onderwatergewicht geleidelijk af. Om deze reden heeft het moment van loofdding ook effect op het onderwatergewicht. De invloeden van veel vocht en veel stikstof is negatief voor het onderwatergewicht in de aardappelknollen. Bij een tekort aan vocht zal er minder droge stof geproduceerd worden, maar is de drogestofgehalte in de aardappelknollen hoger. Een kalibemesting in de vorm van chloorkali verlaagd het onderwatergewicht sterker dan in de vorm van patentkali vanwege het Chloor (Veerman, 2003). In het project van WaterSence in 2008 is een meerjarige veldproef aangelegd op het proefbedrijf 't Kompas in Valthermond waarbij het verschil van bemesting en beregening is onderzocht in het aardappelras Festien en Seresta. De resultaten waren dat er gemiddeld 2 tot 4% meeropbrengst was bij beregenen en het onderwatergewicht was gelijk. Wel trad er eerder veroudering op en stierf het blad sneller af (Schoots, Wijnholds, & Haan, 2012).

4.4.2 Schurft en groeischeuren in aardappelen

Schurft in aardappelen worden veroorzaakt door bacteriën (*Streptomyces scabiei* en andere *Streptomyces-soorten*) die in de bodem voorkomen. De schurft heeft geen invloed op de opbrengst, maar wel verhoogt schurft de tarra en zorgt voor verontreiniging bij de zetmeelproductie. Schurft kan worden bestreden door het beregenen tijdens de knolzetting. De zuurgraad van de grond en het aardappelras hebben invloed op de aantasting van schurft (Veerman, 2003).

Door beregening kan er een regelmatigere groei plaatsvinden van de knollen. Dit leidt tot een regelmatige knolvorm en verminderd de kans op groeischeuren (Veerman, 2003). Grotere knollen hebben vaak een hoger onderwatergewicht.

4.4.3 Suikeropbrengst in suikerbieten

Als het bietenblad 's nachts niet meer overeind komt is er sprake van bladverwelking en een vermindering van de groei. Bij een fors vochttekort is het effect van één millimeter effectieve beregening ongeveer 200 kilo per hectare meer wortelopbrengst (Swaaij & Wilting, 2008). Bij een beregeningsproef van stichting IRS in 1989 op een droogtegevoelige grond is de suikeropbrengst hoger op het beregende perceel. De gemiddelde suikeropbrengst van beregende zandpercelen was de afgelopen vijf jaar 1.240 kg per hectare dan van niet-beregende zandpercelen. De gemiddelde beregeningsgift was totaal 57 millimeter per hectare (Stichting IRS, 2014).

4.4.4 Korrelopbrengst van granen

Een vochttekort in granen leidt tot een vermindering van de productie en zal de korrelopbrengst lager zijn. Voor een hoge korrelopbrengst is er een regelmatige vochtvoorziening nodig (Darwinkel, 1997).

4.5 Regelgeving

Vanuit de overheid zijn er restricties op het watergebruik in Nederland. Deze regelgeving verschilt per provincie en waterschap. In het algemeen kan er worden gesteld, als er meer water wordt onttrokken dan de gestelde normen is er een registratie- en of meldingsplicht. Bij de meeste provincies is er een vergunningsplicht bij onttrekkingen van grondwater van meer dan 60 m³ water per uur. Zie bijlage II voor een overzicht van de regelgeving per provincie voor het onttrekken van grondwater met als doel beregenen ter voorkoming van droogteschade in de landbouw en sportvelden (Hoogeveen, van Bommel, & Cotteleer, 2003). In de praktijk is er bijna geen handhaving op de waterregistratie en kan er in sommige gebieden het grondwater tot één meter onder het gewenste pijl zakken. Het beregenen van landbouwgewassen in de zomer is hier de grootste oorzaak van. Op de registratie van het watergebruik wordt in andere landen zoals België strikter gehandhaafd. In België moet er belasting betaald worden over het watergebruik (Lavrijsen, 2014).

In Figuur 8 zijn de beregeningsverbodsgebieden weergegeven. Het beregeningsverbod geldt voor het beregenen met oppervlaktewater voor de volgende gewassen:

- Pootaardappelen
- Overige aardappelen
- Tomaat
- Aubergine
- Raketbladige nachtschade
- Geranium
- Postelein



Figuur 8: Beregeningsverbodsgebieden 2008 (Massop, Schuiling, & Veldhuizen, 2013)

Het beregeningsverbod op aardappelplanten is sinds 2005 in Nederland van toepassing. Het verbod is ingesteld om de verspreiding van bruinrot (*Ralstonia solanacearum* bacterie) en ringrot (*Clavibacter michiganensis* subsp. *Sepedonicus*) in de aardappelen tegen te gaan. Als een aardappelgewas wordt beregend met besmet oppervlaktewater kan de oogst als verloren worden beschouwd (Massop, Schuiling, & Veldhuizen, 2013). De Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) houdt hier toezicht op.

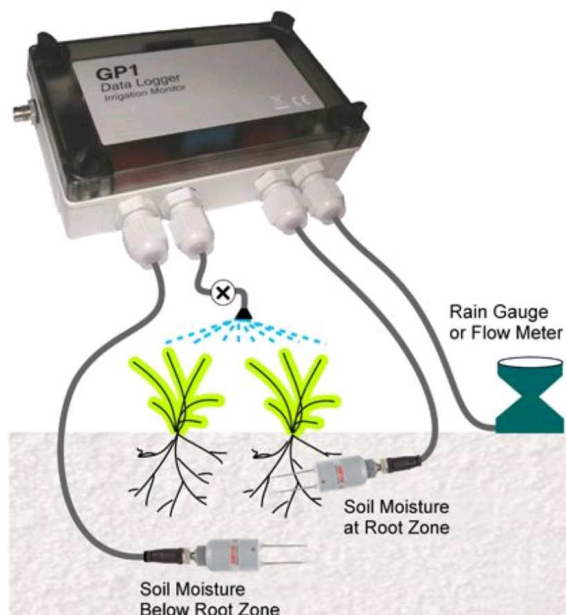
5 Bodemvochtsensoren

Om het bodemvocht te meten zijn er bodemvochtsensoren. In dit hoofdstuk is er beschreven wat een bodemvochtsensor is en hoe deze sensoren werken. Ook is er beschreven welke bodemvochtsensoren voor de doelgroep geschikt zijn en wat de kosten zijn van de sensoren.

5.1 De verschillende bodemvochtsensoren

Er zijn vele leveranciers van sensoren om het bodemvocht te meten. Deze bodemvochtsensoren worden vooral toegepast op sportvelden en in de tuinbouw. Bodemvochtsensoren zijn te onderscheiden in drie categorieën:

1. Kleine sensoren met een kabel, vooral voor sportvelden en in de tuinbouw (Figuur 9).
2. Losse sensoren, vooral voor steekproeven (Figuur 11).
3. Grotere opzichzelfstaande sensoren voor de landbouw (Figuur 10).



Figuur 9: Bodemvochtsensor SM300 (Eijkelkamp, 2014)



Figuur 10: Dacom TerraSen (Voshart, 2014)

De kleinere en goedkopere sensoren staan meestal in verbinding met een centrale computer waarop de data wordt opgeslagen en weergegeven. Het grote nadeel is dat deze sensoren met een kabel verbonden zijn en daardoor niet geschikt zijn voor de landbouw. In de tuinbouw en op sportvelden worden deze sensoren wel toegepast en direct gekoppeld met een computer die de berekening aanstuurt.

Ook zijn er losse sensoren verkrijgbaar die de bodemvocht kunnen meten. Zie Figuur 11 voor een voorbeeld van een losse bodemvochtsensor. Deze zijn bedoeld voor steekproeven en kunnen niet op het veld achtergelaten worden. Het grote voordeel is dat er met één sensor op meerdere plekken gemeten kan worden. De afwijking van deze sensoren is wel hoger, omdat de grond wordt samengedrukt bij een meting en daardoor kan de bodemvochtigheid hoger uitvallen dan in werkelijkheid. Vooral op zwaardere gronden zal het problemen opleveren om zo'n sensor in de grond te krijgen. Net zoals de goedkopere kleine sensoren geven deze sensoren alleen het percentage bodemvocht weer en is er geen adviesprogramma aan gekoppeld wanneer er berekend moet worden.



Figuur 11: Moisture Meter HH2 (Czech University of Life Sciences Prague, 2014)

De grotere sensoren zijn vooral bedoeld voor in de landbouw. Deze sensoren zijn voorzien van zonnepanelen voor de energiebehoefte. De data wordt draadloos naar een computer of smartphone verzonden. Verder meten deze sensoren de neerslag en afhankelijk van het model de bodemtemperatuur. Het grote voordeel van deze bodemvochtsensoren is dat er een adviesmodule aan gekoppeld is dat een ondernemer kan ondersteunen bij zijn berekening.

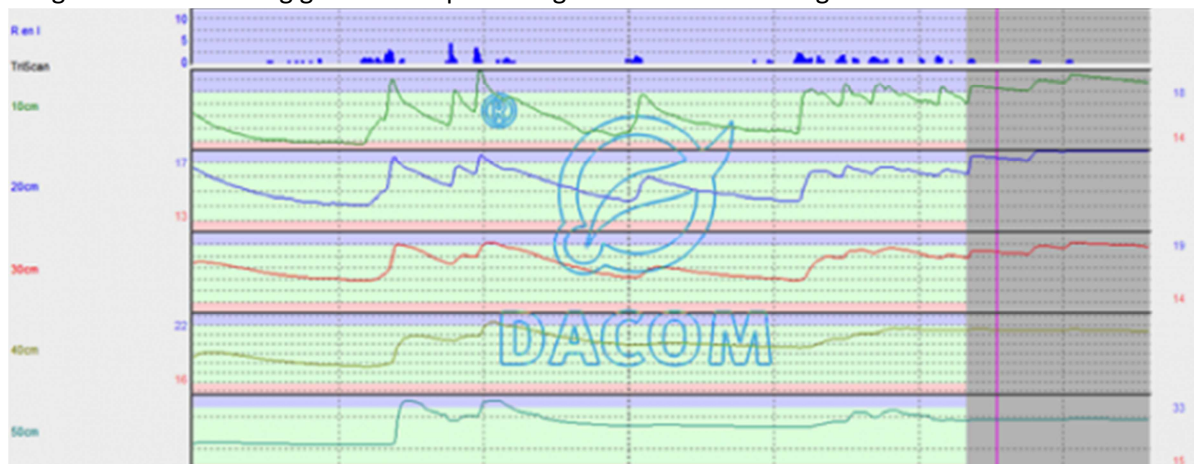
5.2 Werking bodemvochtsensoren

Een bodemvochtsensor meet het percentage vocht in de bodem. De gemeten vochtwaarden worden omgezet in digitale waarden die uit te lezen zijn op een display of via een bijgeleverde software op de computer. De grotere losse sensoren van Dacom meten meer dan alleen het percentage bodemvocht en worden daarom vooral gebruikt in de landbouw. Deze sensoren meten naast het bodemvocht in meerdere lagen ook de bodemtemperatuur en de data is gekoppeld aan een beslissend ondersteunende software (Germes, 2014). Voor de doelgroep van deze scriptie kunnen deze sensoren interessant zijn om het bodemvocht op hun percelen te meten en met behulp van deze gegevens hun berekening te bepalen. De twee verschillende bodemvochtsensoren van Dacom zijn hieronder verder beschreven.

5.2.1 Dacom TerraSen

De Dacom TerraSen meet om de tien centimeter op zes verschillende diepten het water- en zoutgehalte. Tevens wordt de bodemtemperatuur op vijftien en vijfenveertig centimeter gemeten. Het TerraSen Station bestaat uit twee delen: de vochtsensor en het station met regenmeter. Zie Figuur 10 voor de Dacom TerraSen in de praktijk. Op de voorgrond is het station zichtbaar met de regenmeter, de datalogger en het zonnepaneel. De gele bovenkant van de bodemvochtsensor is zichtbaar, dat verbonden is doormiddel van een kabel aan het station. De sensor wordt door Dacom in het perceel geplaatst door middel van een speciale grondboor. Om het bodemvocht goed te meten is het belangrijk dat de sensor goed in de grond is geplaatst. Hierdoor wordt voorkomen dat er extra lucht in de grond komt wat het percentage bodemvocht beïnvloed. Bij de installatie kan er gekozen worden om de sensor vijf centimeter hoger te plaatsen, zodat de eerste vijf centimeter wordt gemeten in plaats van de eerste tien centimeter. Bij sommige gewassen zoals lelies kan dit wenselijk zijn, vanwege de ondiepe beworteling.

De Agri Yield Management software geeft de gegevens in een grafiek weer. Zie Figuur 12 voor de weergave van het bodemvochtigheid en de neerslag. Per laag wordt de actuele en historische vochtpercentage weergegeven. De software berekent de waterbehoefte voor de komende dagen dat gebaseerd is het huidige wateropname van het gewas. Het beregeningsadvies dat berekend wordt houdt ook rekening met de weerverwachtingen voor de komende dagen. Door de weergave van de meerdere lagen kan er gezien worden wat de wateropname van het gewas is in de verschillende lagen is. Het programma is gebaseerd op de pF-curve van de grond. Bij de installatie kunnen de bodemeigenschappen worden ingevuld voor een betrouwbaarder advies. De bodemeigenschappen kunnen worden overgenomen van een bodemanalyse. De lijn van het maximale veldniveau kan bepaald worden na een hevige regenbui als de grond verzadigd is. De minimale lijn is afhankelijk van het gewas en wordt nog gebaseerd op ervaringen van Dacom en de gebruiker.



Figuur 12: Dacom Agri Yield management (Dacom B.V., 2014)

5.2.2 Dacom Sensetion

De Dacom Sensetion is een vereenvoudigde Dacom TerraSen. Zie Figuur 13 voor de Dacom Sensetion. Deze sensor kan een teler zelf in zijn perceel plaatsen door middel van het bijhorende gereedschap. De meetdiepte is afhankelijk van de installatie en het meetbereik is vijftientig centimeter. Er worden op twee dieptes het bodemvocht gemeten. De data kan worden uitgelezen op een app dat beschikbaar is voor Andriod en IOS. De data wordt gecommuniceerd via een geïntegreerde General Packet Radio Service (GPRS) quad-band modem en een Subscriber Identity Module kaart (SIM-kaart). De sensor is voorzien van een zonnepaneel en een regenmeter.



Figuur 13: Dacom Sensetion (Dacom B.V., 2014)

5.3 Het aantal benodigde bodemvochtsensoren

De hoeveelheid sensoren die nodig zijn op een akkerbouwbedrijf is per ondernemer verschillend en is lastig te beantwoorden. Hoe meer sensoren er geplaatst worden hoe nauwkeuriger de gegevens zijn. Theoretisch zou één sensor voldoende kunnen zijn. Met behulp van de bodemeigenschappen (BLGG AgroXpertus, 2014) en satellietdata (Engwerda, 2011) (Borne, 2011) van de andere percelen kan er een relatie worden gelegd tussen het perceel met de sensor. Kennis van de bodem is belangrijk voor het plaatsen van de sensor, omdat er in een perceel veel variatie kan zitten. Ook om variabel te kunnen beregenen, wat verder in hoofdstuk 7 is beschreven, is het belangrijk om de variatie in het perceel in kaart te hebben. In de Veenkoloniën wordt in de praktijk hier nog weinig mee gedaan en zijn er afhankelijk van de variatie en de oppervlakte van de percelen twee tot drie sensoren gewenst (Beuling, 2014) (Heidemans, 2014) (Lavrijsen, 2014). Om verschillende gewassen te beregenen zou er in elk gewas een bodemvochtsensor geplaatst moeten worden, omdat elk gewas een andere bewortelingsdiepte, vochtonttrekking en zuigspanning van wortelen heeft. In de praktijk zal er moeten uitwijzen hoeveel sensoren er nodig zijn op een bedrijf. Een akkerbouwer zal niet snel in teveel sensoren investeren als deze niet nodig zijn. De geïnterviewde ondernemers die gebruik maken van bodemsensoren worden allemaal (deels) gefinancierd door praktijknetwerken. In hoofdstuk 6 is het aantal benodigde sensoren van deze akkerbouwers verder beschreven.

5.4 De kosten

De kosten van bodemvochtsensoren variëren sterk. Kleinere sensoren voor het meten van percentage bodemvocht zijn er al vanaf zeventig euro (Estede Business Solutions BV, 2014), maar grotere losse sensoren gaan richting duizend euro (pitchcare.com, 2014). Voor de doelgroep van deze scriptie zijn vooral de grotere sensoren interessant om met behulp van deze sensoren te beregenen. Dacom is momenteel in Nederland de enigste producent en leverancier van deze grotere opzichzelfstaande bodemvochtsensoren. De kosten van deze sensoren zijn hieronder beschreven.

De aanschaf van één Dacom TerraSen is €1.995,-. De kosten voor de Irrigatie Advies Software zijn €600,- en de jaarlijkse kosten voor het plaatsen van één bodemvochtsensor in het perceel is €250,- (Germs, 2014).

Een goedkoper alternatief van Dacom is het Sensetion pakket. De prijs van het pakket van twee sensoren is €2.225,- en het pakket van vijf sensoren is €4.975,-. Bij aankoop van het pakket met vijf sensoren is de prijs per stuk €995,-. De Dacom Sensetion wordt geleverd met gereedschap om de sensor zelf te plaatsen. Het pakket is inclusief drie jaar lang datacommunicatie (Dacom B.V., 2014).

6 De kosten en baten van beregenen met een bodemvochtsensor

De kosten en baten van het beregenen met behulp van een bodemvochtsensor verschillen per bedrijf. Om de kosten en baten te kunnen weergeven zijn er voor drie bedrijven de kosten en baten beschreven. Er zijn drie verschillende bedrijven gebruikt om de verschillende ervaringen en verschillende beregeningstechnieken in beeld te brengen. De variatie tussen de jaren is zeer sterk, daarom zijn de gegevens van oogstjaar 2013 gebruikt. Zie Figuur 14 voor de ligging van de drie bedrijven. Het tweede casusbedrijf valt officieel niet onder de Veenkoloniën, maar de onderneming heeft wel een Veenkoloniaal bouwplan en is daarom wel meegenomen als casusbedrijf. Alle gegevens in dit hoofdstuk zijn grotendeels aangeleverd door de ondernemers van de casusbedrijven. De jaarlijkse tractorkosten voor rente, afschrijving, onderhoud en verzekering, zijn berekend door 14,5% van de vervangingswaarde te nemen. De loonkosten voor de ondernemer zijn vastgesteld op €25,- per uur (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 2012). De dieselprijs van €1,22 per liter is gebaseerd op de gemiddelde dieselprijs van 2013 (van Leewen, 2014). Alle prijzen zijn exclusief BTW.



Figuur 14: Kaart casusbedrijven (Microsoft Corporation, 2014)

6.1 Uitwerking casus bedrijf 1

Maatschap Beuling teelt in 2014 de volgende gewassen:

- 115 hectare zetmeelaardappelen
- 43 hectare suikerbieten
- 14 hectare zaaiuien
- 30 hectare wintertarwe
- 13 hectare snijmaïs (voor een veehouder)

Het bedrijf beregent met de volgende beregeningsinstallaties:

- Centre pivot (2010) van 380 meter breed op perceel van 54 hectare
 - o Pomp: Rovatti 7E3/5-630F (capaciteit van 100 m³ bij 50 meter opvoerhoogte)
 - o Motor: Franklin 30 kW
 De pomp en motor zitten aan de Pivot vast. De motor wordt van stroom voorzien door een ondergrondse kabel.
- Haspel: Ocmis 125 IR 4 MI (2008) 750 meter slang van 125 mm Ø
 - o Pomp: Caprari MEC –MG 100/2AE (geïntegreerd op haspel met de motor)
 - o Motor: Iveco 6 cilinder diesel 93 kW
 Werkbreedte van het sproeikanon is 42 meter

Het water voor de pivot wordt bergend vanuit een 80 meter diepe bron. Er wordt oppervlaktewater gebruikt voor het beregenen met de haspel. De elektriciteit voor de pivot wordt opgewekt met zonnepanelen. Het grote voordeel van de pivot is dat er direct met de beregening kan worden begonnen. In de praktijk resulteert dit ook in een eerdere beregening. Met de haspel kan er in 1 week tussen de 45 en 50 hectare bergend worden. Met de haspel wordt gemiddeld een watergift van 25 mm gegeven.

6.1.1 De kosten van beregenen m.b.v. een bodemvochtsensor

De vaste kosten van het beregenen zijn in Tabel 4 berekend. De bedragen zijn in overleg met de ondernemer gebaseerd op de bedrijfseconomische kosten. In overleg met de ondernemer is de levensduur op het bedrijf vastgesteld. De vervangingswaarde is gelijk aan de nieuwprijs van de huidige machines. De onderhoudskosten zijn bepaald door beregeningsfabrikant Smits BV. Voor de kosten van bodemvochtsensor zijn de kosten van drie sensoren berekend, omdat de ondernemer tussen de twee en drie sensoren nodig heeft om een goed beeld van het bodemvocht weer te geven. De huidige sensoren worden deels gefinancierd vanuit verschillende praktijknetwerken.

Tabel 4: Vaste kosten bedrijf 1

Machine:	Pivot	Pomp+motor	Haspel+pomp+motor	Sensoren	Totaal
Aanschafjaar	2010	2010	2008	2008	
Vervangingswaarde	€ 120.000	€ 10.000	€ 65.000	€ 6.585	
Levensduur op bedrijf	20	20	15	15	
Afschrijving per jaar	€ 6.000	€ 500	€ 4.333	€ 439	
Onderhoud	€ 500	€ 133	€ 800	€ 750	
Vaste kosten per jaar	€ 6.500	€ 633	€ 5.133	€ 1.189	€ 13.455

De variabele kosten van het beregenen zijn in Tabel 5 berekend. Bij de pivot was er een half uur per dag gerekend voor controle. Het verzetten van de machine van de haspel duurt ongeveer anderhalf uur. De haspel wordt verzet met een tractor van een vervangingswaarde van €70.000,-. De tractor maakt jaarlijks ongeveer 700 draaiuren.

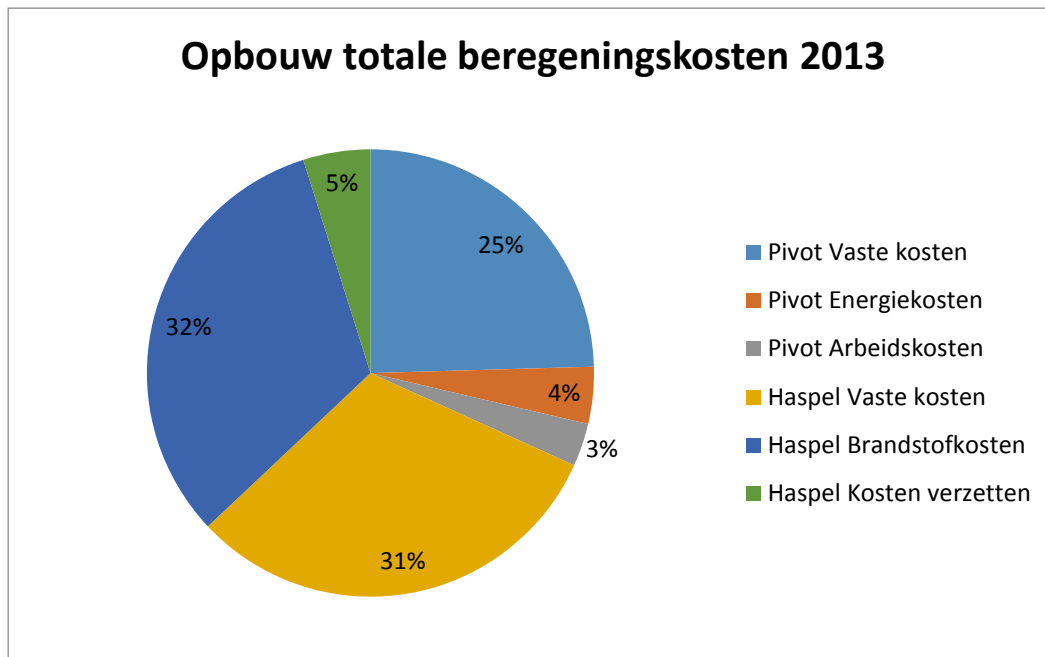
Tabel 5: Variabele kosten bedrijf 1

	Haspel	Pivot	
Gemiddeld verbruik	9	30	<i>liter/kWh</i>
Gemiddelde opbrengst	80	100	<i>m3</i>
Brandstof per m3	0,1125	0,3	<i>liter/kWh</i>
Brandstof per mm	1,125	3	<i>liter/kWh</i>
€ per mm	€ 1,37	€ 0,21	
Verbruik trekker verzetten	8	0	<i>liter per uur</i>
Verzetten haspel in veld	1,5	0,5	<i>manuren</i>
Verzetten berekend loon	€ 37,50	€ 12,50	
Gebruik trekker	€ 24,32	€ -	
Totaal	€ 61,82	€ 12,50	

De beregeningskosten van 2013 zijn in Tabel 6 berekend. De zetmeelaardappelen en de suikerbieten waren zeven keer berekend met de pivot. De overige aardappelen zijn niet berekend. De kosten van het verzetten van de machine zijn gebaseerd op dat er per trek 6,5 hectare wordt berekend. Zie Figuur 15 voor de opbouw van de totale beregeningskosten van het bedrijf in 2013.

Tabel 6: Beregeningskosten 2013 bedrijf 1

Totaal vaste kosten:			€ 13.455
Hoeveelheid berekend:		<i>Subtotaal:</i>	<i>Totaal:</i>
7 × beregenen zetmeelaardappelen (mm totaal)	87,5		
<i>Kosten energie per ha</i>	€ 18,38		
Kosten 27 ha		€ 496	
Arbeidskosten (0,5 uur per dag)		€ 375	
Totaal:			€ 871
7 × beregenen suikerbieten (mm totaal)	87,5		
<i>Kosten energie per ha</i>	€ 18,38		
Kosten 27 ha		€ 496	
Arbeidskosten (0,5 uur per dag)		€ 375	
Totaal:			€ 871
1 × beregenen suikerbieten (mm totaal)	25		
<i>Kosten brandstof per ha</i>	€ 34,25		
Kosten 16 hectare		€ 548	
<i>Totaal verzetten</i>	3		
Kosten verzetten		€ 185	
Totaal:			€ 733
2 × beregenen zaaiuien (mm totaal)	35		
<i>Kosten brandstof per ha</i>	€ 397,95		
Kosten 14 hectare		€ 5.571	
<i>Totaal verzetten</i>	6		
Kosten verzetten		€ 371	
Totaal:			€ 5.942
2 × beregenen wintertarwe (mm totaal)	40		
<i>Kosten brandstof per ha</i>	€ 54,80		
Kosten 30 hectare		€ 1.644	
<i>Totaal verzetten</i>	10		
Kosten verzetten		€ 618	
Totaal:			€ 2.262
Totale beregeningskosten 2013:			€ 24.135



Figuur 15: Opbouw totale beregeningskosten 2013 bedrijf 1

6.1.2 De baten van beregenen m.b.v. een bodemvochtsensor

De ondernemer ziet het beregenen als een verzekeringspremie. Door het beregenen kan het gewas blijven groeien en wordt de oogst veilig gesteld.

De opbrengstverhoging van het beregenen is moeilijk te bepalen. Wanneer de ondernemer besluit om te beregenen wordt het hele perceel beregend, omdat de machine op dat moment op het perceel staat. Het is daarom het meest praktisch om het hele perceel te beregenen. Er kan een vergelijking worden gemaakt tussen de percelen die wel en niet beregend worden, maar de opbrengsten variëren per jaar sterk waardoor er geen realistische vergelijking kan worden gemaakt. Ook worden de droogtegevoelige percelen eerder beregend dan de meer vochtvasthoudende gronden. Hierdoor zullen de verschillen minder tot uiting komen.

De ondernemer verwacht gemiddeld over de jaren heen een opbrengstverhoging tussen één en twee ton per hectare bij wintertarwe. De afgelopen jaren waren de opbrengsten met het beregenen in de wintertarwe tegen de tien ton per hectare opbrengst. De suikerbieten worden normaal niet beregend. Suikerbieten is een diep wortelend gewas dat niet snel een vochttekort heeft, waardoor de opbrengst niet sterk wordt beïnvloed. Over de meeropbrengst in de zaaiuien kan de ondernemer weinig over zeggen. In de zetmeelaardappelen is er gemiddeld een meeropbrengst tussen zes en zeven ton per hectare wanneer er wel beregend wordt. Dit verschil is door de ondernemer doorgerekend naar een uitbetalingsgewicht van vierhonderd gram onderwatergewicht (owg). Hierdoor kan de ondernemer een goede vergelijking maken. Bij zetmeelaardappelen is de hoeveelheid zetmeel van belang en niet de hoeveelheid aardappelen. Door veel beregening is er een meeropbrengst haalbaar, maar het onderwatergewicht daalt waardoor de hoeveelheid zetmeel bijna gelijk blijft. Hieronder is een vereenvoudigde berekening voor de meeropbrengst bij de zetmeelaardappelen:

Zonder beregening:	45 ton opbrengst	(owg van 508=) 21% zetmeel	= 9450 kg zetmeel
Met beregening:	51 ton opbrengst	(owg van 488=) 20% zetmeel	= 10200 kg zetmeel

6.1.3 De ervaringen met de bodemvochtsensor

De ondernemer werkt al zeven jaar met de bodemvochtsensor van Dacom. Beuling heeft de afgelopen jaren veel geïnvesteerd in beregeningstechniek en wil daarom ook op een gegronde basis kunnen beregenen. De focus ligt vooral op het beregenen in de aardappelen en de uien. De ondernemer gebruikt de sensor ter ondersteuning voor de planning van het beregenen. Het is een goed instrument om te meten hoeveel vocht de bodem bevat en wat het verloop van het bodemvocht is. Op het moment worden de sensoren deels via praktijknetwerken gefinancierd. Wanneer de ondernemer de sensoren zelf moet financieren wenst deze drie sensoren die dienen als beslissingsondersteunende systeem voor het beregenen. Het areaal is hier niet van groot belang, maar de ondernemer wil vooral de verschillen in de grond zien. Met de sensoren wordt een vochttekort eerder aangetoond dan in het gewas. In de praktijk wordt er door het gebruik van de sensoren eerder begonnen met beregenen en ook meer beregend, maar dan wel op een effectievere methode dan zonder de sensoren. De bodemvochtsensoren worden gebruikt als ondersteunend systeem om te beslissen over het beregenen. De volgende factoren worden ook meegenomen om een keuze te maken over het beregenen:

- De fase van het gewas
- Het saldo van het gewas (hoog salderend gewas wordt sneller rendabel om te beregenen)
- Spuitschema van gewasbescherming
- De arbeidsplanning
- Het verwachte oogstmoment

Een wens van de ondernemer is om de hoeveelheid meststoffen in de bodem in beeld te brengen met de sensor.

6.1.4 Conclusie

De kosten van het beregenen waren in 2013 €24.135,- Er was totaal 114 hectare beregend. De beregeningskosten waren €211,- per hectare voor alle beregende percelen op het hele bedrijf. De kosten van de pivot waren €162,- per hectare en de kosten voor de haspel waren €256,- per hectare. Teruggerekend koste de pivot $\text{€}211/87,5\text{mm} = \text{€}2,41$ per millimeter beregend water. De haspel koste $\text{€}256/34,8\text{mm} = \text{€}7,36$ per millimeter beregend water. Hieronder in Tabel 7 zijn de gegevens overzichtelijk weergegeven. Het grote verschil is te verklaren doordat de variabele kosten van de pivot veel lager zijn dan voor de haspel. Verder was er met de pivot gemiddeld in 2013 meer beregend per hectare.

Tabel 7: Overzicht berekende kosten 2013 bedrijf 1

Type	Pivot	Haspel met sproeikanon
Brandstofkosten per mm	€ 0.21	€ 1.37
Totale kosten per mm	€ 2.41	€ 7.36
Kosten per hectare	€162,-	€256,-

De voor- en nadelen van de bodemvochtsensor:

- ✓ Beargumenteerd kunnen beregenen
- ✓ Inzicht in het verloop van het bodemvochtniveau
- ✓ Goede ondersteuning bij het maken van een beregeningsplanning
- ✓ Een “verzekeringspremie” om de oogst veilig te stellen
- o Meer water gaan gebruiken
- Geen indicatie van uitspoeling van meststoffen

6.2 Uitwerking casus bedrijf 2

Maatschap Daling teelt in 2014 de volgende gewassen:

- 40 hectare zetmeelaardappelen
- 20 hectare consumptieaardappelen
- 5 hectare pootgoed (voor eigen gebruik)
- 10 hectare suikerbieten
- 10 hectare zomergranen(tarwe en gerst)

Het bedrijf beregent met de volgende beregeningsinstallatie:

- Haspel: Idrofoglia G5 100 G 400 (1996) 400 meter slang 100 mm Ø
 - o Pomp: Landini CMS 65-ATM (2004) capaciteit van 80 m3 per uur
Afstand pomp naar haspel 100 meter van haspel buizen van 100 mm Ø
 - o Motor: Fiat 780 (1979) 57 kW
- De werkbreedte van het sproeikanon is 80 meter.

Er wordt 90% met oppervlakte water beregend en 10% uit een 60 meter diepe bron. De beregeningsinstallatie heeft een beperkte capaciteit met beregenen en daarom worden er prioriteiten gesteld aan welke percelen en gewassen beregend worden. Dit komt door de relatief kleine percelen van 4 hectare, waarvan een deel op afstand ligt. De Fiat 780 draait per jaar ongeveer 300 draaiuren. Ongeveer 50% van de tijd wordt de tractor ingezet voor het beregenen van de gewassen.

6.2.1 De kosten van beregenen m.b.v. een bodemvochtsensor

De vaste kosten van het beregenen zijn in Tabel 8 berekend. De bedragen en de levensduur van de machines zijn in overleg met de ondernemer gebaseerd op de bedrijfseconomische kosten. De vervangingswaarde is ongeveer gelijk aan de investeringskosten van de huidige machines. De onderhoudskosten zijn bepaald door beregeningsfabrikant Smits BV. De bodemvochtsensor is niet opgenomen bij de kosten, omdat deze deels gefinancierd wordt vanuit een praktijknetwerk. Het is niet zeker of de ondernemer in een bodemvochtsensor gaat investeren als het praktijknetwerk is beëindigd.

Tabel 8: Vaste kosten bedrijf 2

Machine:	Haspel+kanon	Pomp	Trekker	Sensor	Totaal
Bouwjaar	1996	2004	1979	2014	
Aanschafjaar	2010	2004			
Investering	€ 5.000	€ 4.500		€ 300	
Vervangingswaarde	€ 6.000	€ 4.500	€ 8.000		
Levensduur op bedrijf	15	15	25		
Afschrijving per jaar	€ 400	€ 300	€ 320		
Onderhoud	€ 450	€ 50	€ 320		
Vaste kosten per jaar	€ 850	€ 350	€ 640		
Vaste kosten per jaar	€ 850	€ 350	€ 320	<i>*50% voor beregening</i>	€ 1.520

De variabele kosten van het beregenen zijn in Tabel 9 berekend. Er is een onderscheid gemaakt tussen het verzetten op een perceel en het verzetten tussen percelen, omdat er relatief veel land op afstand is wat extra tijd kost bij het beregenen. Het verplaatsen van de beregeningsinstallatie gebeurt met twee man. Het verzetten binnen de percelen duurt met twee man 1,5 uur en tussen de percelen met twee man 2,5 uur. Bij het verzetten van de installatie wordt een andere tractor gebruikt met een vervangingswaarde van ongeveer €8000,- met gemiddeld 300 draaiuren per jaar.

Tabel 9: Variabele kosten bedrijf 2

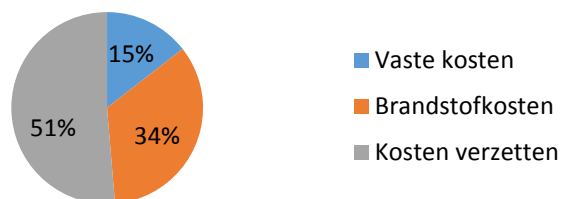
Gemiddeld verbruik		13 <i>liter</i>
Gemiddelde opbrengst		80 <i>m3</i>
Brandstof per m3		0,1625 <i>liter</i>
Brandstof per mm		1,625 <i>liter</i>
€ per mm	€	1,98
Verbruik trekker verzetten		7 <i>liter per uur</i>
Verzetten haspel in veld		3 <i>manuren</i>
Verzetten berekend loon	€	75,00
Gebruik trekker	€	18,68
Totaal	€	93,68
Verplaatsen haspel		5 <i>manuren</i>
Verplaatsen berekend loon	€	125,00
Gebruik trekker	€	31,14
Totaal	€	156,14

De beregeningskosten van 2013 zijn in Tabel 10 berekend. Het gewas consumptieaardappelen was twee keer beregend waarvan één keer in een etmaal twee keer 20 mm beregend was. Het uitgangspunt van het verzetten en verplaatsen van de beregeningsinstallatie is gebaseerd op een gemiddelde perceeloppervlakte van vier hectare. De haspel kan in één trek maximaal 2,4 hectare beregenen. Zie Figuur 16 voor de opbouw van de totale beregeningskosten in 2013.

Tabel 10: Beregeningskosten 2013 bedrijf 2

Totaal vaste kosten:			€ 1.670
Hoeveelheid beregend:		Subtotaal:	Totaal:
1 × beregenen zetmeelaardappelen (mm totaal)	20		
<i>Kosten brandstof per ha</i>	€ 39,60		
Kosten 40 hectare		€ 1.584	
<i>Totaal verzetten in perceel</i>	10		
Kosten verzetten		€ 937	
<i>Totaal verplaatsen</i>	10		
Kosten verplaatsen		€ 1.561	
Totaal:			€ 4.082
3 × beregenen consumptieaardappelen (mm totaal)	60		
<i>Kosten brandstof per ha</i>	€ 118,80		
Kosten 20 hectare		€ 2.376	
<i>Totaal verzetten in perceel</i>	20		
Kosten verzetten		€ 1.874	
<i>Totaal verplaatsen</i>	10		
Kosten verplaatsen		€ 1.561	
Totaal:			€ 5.811
Totale beregeningskosten 2013:			€ 11.563

Opbouw totale beregeningskosten 2013



Figuur 16: Opbouw totale beregeningskosten 2013 bedrijf 2

6.2.2 De baten van beregenen m.b.v. een bodemvochtsensor

De meeropbrengst van het beregenen wordt bij de consumptie geschat op 10 ton per hectare. In 2013 was er 65 ton aardappelen per hectare gehaald. De percelen waren drie keer beregend met 20 mm per keer. Er wordt geschat dat er gemiddeld over de jaren heen 1,5 tot 2 keer wordt beregend in de consumptie aardappelen. Het is wel belangrijk om te realiseren dat extra opbrengst dat wordt verkregen voor de vrije markt zijn. Gemiddeld is de prijs voor de vrije markt €0,10 per kg. Dit is gemiddeld $10 \text{ ton} \times €0,10 = €1000,-$ per hectare. De variabele beregeningskosten in Tabel 10 voor de consumptieaardappelen in 2013 was: $€5811/20 \text{ hectare} = €291,-$ per hectare.

De zetmeelaardappelen vindt de ondernemer minder interessant om te beregenen, omdat hier uitbetaald wordt op het zetmeel. Door meer te beregenen wordt de opbrengst wel hoger, maar gaat het onderwatergewicht naar beneden waardoor de uiteindelijke financiële meerwaarde geringer is dan bij consumptieaardappelen. De zetmeelaardappelen worden daarom ook alleen beregend om het gewas in stand te houden. Geschat is dat er 10% meeropbrengst is op de zetmeelaardappelen. Er wordt gemiddeld 10 ton zetmeel per hectare geoogst, waarbij geschat wordt dat er 0,5 ton zetmeel verschil is tussen het wel of niet beregenen. Bij een uitbetalingsprijs van €55,- per ton en een meeropbrengst van 4 ton is de opbrengst van het beregenen $4 \times 55 = €220,-$ per hectare. De variabele beregeningskosten in Tabel 10 voor de zetmeelaardappelen in 2013 was: $€4082/40 \text{ hectare} = €102,-$ per hectare.

Door goed te beregenen gaat de kwaliteit van het product omhoog. Vooral in de aardappelen is de kans op groeischeuren en op holle aardappelen minder. Deze aandoeningen ontstaan door een groeispurt als de plant weer water krijgt na een droge periode. Naast het beregenen probeert de ondernemer deze aandoeningen zoveel mogelijk te voorkomen door meer pootgoed te gebruiken. Hierdoor staan er meer planten op een hectare, is er een hogere knolzetting en een kleinere risico op holle aardappelen.

6.2.3 De ervaringen met de bodemvochtsensor

Daling heeft sinds 2014 een bodemvochtsensor. Tot 2014 werd het moment van beregenen op gevoel bepaald. Het gewas wordt goed bekeken op vochttekort en de grond wordt opengraven om te voelen of er genoeg vocht bij de plantwortels zit. Bij zichtbaar vochttekort in het gewas is er al sprake van een vochttekort dus een opbrengstderving.

De verwachtingen van de ondernemer van de bodemvochtsensor is dat hij nu beargumenteerd kan beregenen en de hoeveelheid kan bepalen. De ondernemer verwacht eerder te starten met het beregenen en ook eerder te stoppen. Verder zijn de verwachtingen dat er eerder meer water wordt gebruikt dan dat er op water wordt bespaard door te beregenen met behulp van de bodemvochtsensor.

6.2.4 Conclusie

De kosten van het beregenen waren in 2013 €11.563,- Er was totaal 60 hectare beregend. De beregeningskosten waren €193,- per hectare voor alle beregende percelen op het hele bedrijf. Teruggerekend koste het beregenen $\frac{€193}{33.3\text{mm}} = €5,79$ per millimeter beregend water. Hieronder in Tabel 11 zijn de gegevens overzichtelijk weergegeven.

Tabel 11: Overzicht berekende kosten 2013 bedrijf 2

Type	Haspel met sproeikanon
Brandstofkosten per mm	€ 1.98
Totale kosten per mm	€ 5.79
Kosten per hectare	€193,-

Verwachting van de voor- en nadelen van de bodemvochtsensor:

- ✓ Beargumenteerd kunnen starten met beregenen
- ✓ De hoeveelheid beargumenteerd kunnen beregenen
- ✓ Eerder stoppen met beregenen
- ✓ Inzicht in het verloop van het bodemvochtniveau
- o Geen waterbesparing

6.3 Uitwerking casus bedrijf 3

De akkerbouwtaak van Landgoed Scholtenszathe teelt in 2014 de volgende gewassen:

- 300 hectare consumptieaardappelen
- 180 hectare suikerbieten
- 85 hectare waspeen
- 80 hectare zaaiuien
- 30 hectare wintertarwe
- 15 hectare wintergerst
- 15 hectare winterkoolzaad
- 13 hectare schorseneren

Het bedrijf beregende in 2013 met de volgende beregeningsinstallaties:

- Haspel: Bauer Rainstar E51 (2013) van 680 meter lang 110 mm Ø
 - o Met 50 meter brede sproeiboom
 - o Pompset: Smits: 4 cilinder Iveco, Caprari pomp (2013)
- Haspel: Bauer Rainstar E55 (2013) van 620 meter lang 125 mm Ø
 - o Met sproeikanon met werkbreedte van 100 meter
 - o Pompset: Smits: 6 cilinder Landini, Caprari pomp (2013)

De sproeiboom is vervangen voor een sproeikanon, omdat de waterintensiteit van de sproeiboom te hoog was met als gevolg te veel verslemping van de grond. Een ander nadeel was dat het meer arbeid kost om de sproeiboom te verplaatsen in vergelijking met een sproeikanon. Er wordt honderd meter breed beregend. Er wordt door de spuitpaden van tweeënvijftig meter gereden met een halve dosering, zodat er een betere verdeling is en minder waterintensiteit. De beregeningsstrategie is afhankelijk van het gewas en het gewasstadia. Er wordt tussen de tien en dertig millimeter per keer beregend.

6.3.1 De kosten van beregenen m.b.v. een bodemvochtsensor

De vaste kosten van het beregenen zijn in Tabel 14 berekend. In overleg met de ondernemer is de levensduur van de installaties op het bedrijf vastgesteld. De vervangingswaarde is gelijk aan de nieuwprijs van de huidige machines. De onderhoudskosten zijn bepaald door beregeningsfabrikant Smits BV. Voor de kosten van de bodemvochtsensor zijn de kosten van drie sensoren berekend, omdat de ondernemer in elk gewas dat beregend wordt een sensor nodig heeft. In 2014 wordt de sensor in de aardappelen, in de zaaiuien en in de waspeen geplaatst. De huidige sensoren worden deels gefinancierd vanuit verschillende praktijknetwerken.

Tabel 12: Vaste kosten bedrijf 3

Machine:	Haspel E51	Pomp + motor	Haspel E55	Pomp + motor	Sensoren	Totaal
Aanschafjaar	2013	2013	2013	2013	2010	
Vervangingswaarde	€ 38.000	€ 19.500	€ 46.000	€ 22.000	€ 6.585	
Levensduur op bedrijf	20	15	20	15	15	
Afschrijving per jaar	€ 1.900	€ 1.300	€ 2.300	€ 1.467	€ 439	
Onderhoud	€ 550	€ 133	€ 500	€ 133	€ 750	
Vaste kosten per jaar	€ 2.450	€ 1.433	€ 2.800	€ 1.600	€ 1.189	€ 9.472

De variabele kosten van het beregenen zijn in Tabel 13 berekend. De sproeiboom en het sproeikanon werden beiden gebruikt op een werkbreedte van tweeënvijftig meter. De brandstofkosten van de sproeiboom zijn lager, omdat er met een lagere druk beregend kan worden. De berekende arbeidskosten zijn bij de sproeiboom hoger, omdat het meer arbeid kost om deze machine te verplaatsen. Bij het verplaatsen van de sproeiboom werden twee tractoren gebruikt. Het verplaatsen van de beregeningsinstallatie wordt met twee man gedaan in vijfenveertig minuten. De tractor die gebruikt wordt voor het verplaatsen heeft een vervangingswaarde van ongeveer €80.000,- met gemiddeld 700 draaiuren per jaar.

Tabel 13: Variabele kosten bedrijf 3

	Haspel E51	Haspel E55	
Gemiddeld verbruik	7,6	8	<i>liter</i>
Gemiddelde opbrengst	50	50	<i>m3</i>
Brandstof per m3	0,152	0,16	<i>liter</i>
Brandstof per mm	1,52	1,6	<i>liter</i>
€ per mm	€ 1,85	€ 1,95	
Verbruik trekker verzetten	8	8	<i>liter per uur</i>
Verzetten haspel	1,5	1,5	<i>manuren</i>
Verzetten berekend loon	€ 37,50	€ 37,50	
Gebruik trekker	€ 39,58	€ 19,79	
Totaal	€ 77,08	€ 57,29	

De beregeningskosten van 2013 zijn in Tabel 14 berekend. De suikerbieten en de zaaiuien waren alleen met de sproeiboom beregend. De aardappelen waren alleen met het sproeikanon beregend. De waspeen was met beide installaties beregend, daarom zijn daar de gemiddelde kosten berekend. Het aantal keer verplaatsen is gebaseerd een trek van 3,5 hectare. Zie Figuur 17 voor de opbouw van de totale beregeningskosten in 2013.

Opbouw totale beregeningskosten 2013



Figuur 17: Opbouw totale beregeningskosten 2013 bedrijf 3

Tabel 14: Beregeningskosten 2013 bedrijf 3

Totaal vaste kosten:			€ 9.472
Hoeveelheid beregend:		<i>Subtotaal:</i>	<i>Totaal:</i>
2 × beregenen suikerbieten (mm totaal)	70		
Kosten brandstof per ha	€ 129,50		
Kosten 180 hectare		€ 23.310	
Totaal verzetten	45		
Kosten verzetten		€ 3.469	
Totaal:			€ 26.779
2 × beregenen uien (mm totaal)	20		
Kosten brandstof per ha	€ 37,00		
Kosten 80 hectare		€ 2.960	
Totaal verzetten	46,0		
Kosten verzetten		€ 2.635	
Totaal:			€ 5.595
4 × beregenen waspeen (mm totaal)	80		
Kosten brandstof per ha	€ 152,00		
Kosten 85 hectare		€ 12.920	
Totaal verzetten in perceel	97		
Kosten verzetten		€ 6.527	
Totaal:			€ 19.447
1 × beregenen aardappelen (mm totaal)	30		
Kosten brandstof per ha	€ 58,50		
Kosten 300 hectare		€ 17.550	
Totaal verzetten in perceel	75		
Kosten verzetten		€ 4.297	
Totaal:			€ 21.847
Totale beregeningskosten 2013:			€ 83.139

6.3.2 De baten van beregenen m.b.v. een bodemvochtsensor

Met behulp van de bodemvochtsensor wordt de bodemtemperatuur gemeten. Door het beregenen wordt de grond afgekoeld en is er minder last van schurft in de aardappelen. De ondernemer probeert de grond onder de twintig graden te houden. De ondernemer kan nog niet aantonen of dit daadwerkelijk effect heeft. Door het beregenen van de waspenen blijft het gewas groeien en is er minder last van schurft. De ondernemer durft niet te zeggen dat er een kwantitatieve opbrengstverhoging is door het beregenen.

6.3.3 De ervaringen met de bodemvochtsensor

De sensor wordt al drie jaar op het bedrijf gebruikt. Voor de sensor werd de beregeningsstrategie bepaald door vooral naar de planten te kijken en te voelen bij de knollen. Het kwam in de praktijk voor dat er te laat werd begonnen en te lang werd doorgegaan met beregenen. Het gevolg als er te lang werd beregend, is dat de oogst in gevaar werd gebracht.

Door de bodemvochtsensor kwam de ondernemer erachter dat 's nachts de grond het warmst is. Met de bodemvochtsensor kan er duidelijk worden gekeken in welke laag van de bodem het gewas water onttrekt. Hierdoor kan de worteldiepte worden bepaald. Tevens is de capillaire werking van de grond te zien. 's Nachts loopt het bodemvocht weer op, omdat er dan geen verdamping is. Wanneer de capillaire werking onvoldoende is moet er beregend worden. De sensor wordt gebruikt in de aardappelen en de software gebruikt de ondernemer als beslissingsondersteunend systeem. In 2014 wordt er ook een bodemvochtsensor in de waspeen en in de uien gebruikt. Het doel is om het vochniveau in de bodem continue op orde te houden. Door de sensoren zijn de weersverschillen op het bedrijf zichtbaar. De ondernemer schat dat hij geen water heeft bespaard met de sensor, maar wel het water op een gunstiger tijdstip heeft toegepast. Om een goede beregeningsstrategie te kunnen bepalen is er in elk gewas dat beregend wordt een sensor noodzakelijk.

Het grootste nadeel van de sensor is dat de interpretatie lastig blijft, daarom vindt de ondernemer het belangrijk om ervaringen te delen met andere telers in bijvoorbeeld praktijknetwerken. Het is niet te zeggen wat de consequenties zijn voor de opbrengst als er wel of niet beregend wordt, omdat er meer aspecten meespelen dan alleen water.

6.3.4 Conclusie

De kosten van het beregenen waren in 2013 €83.139,- Er was totaal 645 hectare beregend. De beregeningskosten waren €129,- per hectare voor alle beregende percelen op het hele bedrijf. De kosten van de haspel met het sproeikanon waren €107,- per hectare en de kosten voor de haspel met sproeiboom waren €154,- per hectare. Teruggerekend koste de haspel met het sproeikanon $\text{€}107/36,2\text{mm} = \text{€}2,96$ per millimeter beregend water. De haspel met sproeiboom koste $\text{€}154/58,2\text{mm} = \text{€}2,65$ per millimeter beregend water. Hieronder in Tabel 15 zijn de gegevens overzichtelijk weergegeven. De verschillen zijn te verklaren doordat vaste kosten van de haspel met de sproeiboom lager zijn dan de grotere haspel met sproeikanon.

Tabel 15: Overzicht berekende kosten 2013 bedrijf 3

Type	Haspel met sproeiboom	Haspel met sproeikanon
Brandstofkosten per mm	€ 1.85	€ 1.95
Totale kosten per mm	€ 2.65	€ 2.96
Kosten per hectare	€107,-	€154,-

De voor- en nadelen van de bodemvochtsensor:

- ✓ De weergave van de bodemtemperatuur
- ✓ Inzicht van vochniveau per laag
- ✓ De capillaire werking van de grond.
- ✓ Inzicht in het verloop van het bodemvochniveau
- ✓ Goede ondersteuning bij de beregeningsstrategie
- o Geen water bespaard
- De interpretatie van de gegevens

7 Toekomstvisie van beregening

Het beregenen met behulp van bodemsensoren zal in de toekomst steeds een belangrijkere rol krijgen bij het beregenen. In dit hoofdstuk is er beschreven wat de technische mogelijkheden worden van het beregenen waarbij de bodemvochtsensoren een belangrijke rol krijgen.

7.1 Optimaal beregenen

Een optimale watergift zal steeds belangrijker worden. Door teveel beregening worden meststoffen weggespoeld en zijn deze niet meer opneembaar voor de plant. Met name stikstof spoelt makkelijk weg en komt terecht in het milieu. Ondanks Nederland over het algemeen over voldoende water beschikt wordt het belangrijker om efficiënt met water en meststoffen om te gaan. Om aan de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water te voldoen zullen de eisen worden aangescherpt als het gaat om de emissie van nutriënten door uitspoeling. Het doel van Kaderrichtlijn Water is het verbeteren van de waterkwaliteit en het verminderen van uitspoeling van nutriënten naar oppervlaktewater. In kustregio's zal verzilting een steeds grotere rol spelen. Met een sensor kan de teler het zoutgehalte in de bodem analyseren en eventueel bijsturen met een beregening, zodat het gewas minder schade heeft van het zout (Bos, 2012).

7.2 Variabel beregenen

De toekomst van beregening is om variabel te beregenen binnen een perceel. De huidige techniek is in staat om variabel te doseren in de lengte, maar in de toekomst zal er ook in de breedte een variabele watergift gegeven worden om zo op de juiste plek in het perceel de gewenste dosering te geven. De beregeningsinstallatie zal aangestuurd worden door een vooraf gemaakte taakkaart dat gemaakt is op basis van de variatie van de grond of en met de variatie van het gewas. Door de samenwerking tussen de motor/pomp, de haspel en het sproeikanon kan de machine op een efficiënte manier variabel doseren. Fabrikant Smits werkt aan een prototype van een sproeikanon dat variabel kan doseren. Zie bijlage VI voor het elektronische sproeikanon. Op het sproeikanon zit een gps ontvanger dat de exacte locatie van het sproeikanon kan weergeven op het perceel. De geschatte meerprijs van deze techniek zal ongeveer €30.000,- zijn bovenop de huidige beregeningsinstallatie.

Het grote vraagstuk is of een sproeikanon nauwkeurig genoeg is om variabel mee te kunnen beregenen. Een alternatief is een sproeiboom. De verdeling van een sproeiboom is bijna 100% gelijk over de hele breedte. Ook het variabel doseren bij een sproeiboom is relatief makkelijk toepasbaar. Een eenvoudige oplossing kan zijn om twee leidingen te monteren met een derde en een twee derde deel van de dosering. Door deze methode kan er met drie variabelen gewerkt worden: 33%/ 66%/ 100% van de dosering. Verder is er nog een uitdaging om het sproeikanon of de sproeiboom te voorzien van stroom voor de elektronica, voor bijvoorbeeld de gps ontvanger. Een zonnepaneel in combinatie met een accu levert te weinig stroom om ook 's avonds te beregenen. Een generator is te zwaar voor de haspel. Een stroomkabel is kwetsbaar en levert problemen op als deze opgerold is terwijl er wel stroom doorheen gaat (Lavrijsen, 2014).

7.3 Taakkaarten

De toekomst van het maken van taakkaarten zal steeds meer een rol gaan spelen in de landbouw. Er zal nog onderzoek gedaan worden naar de betrouwbaarheid en de interpretatie van de gegevens. Door radarbeelden van de neerslag te koppelen aan geografisch gerefereerde percelen kan de neerslag worden weergegeven per perceel. Als deze data gekoppeld wordt aan de pF-curve van het perceel en het gewasstadium is er een betere benadering van het actuele bodemvocht per perceel en kan hierop een taakkaart worden gemaakt voor het beregenen. Ook het koppelen van

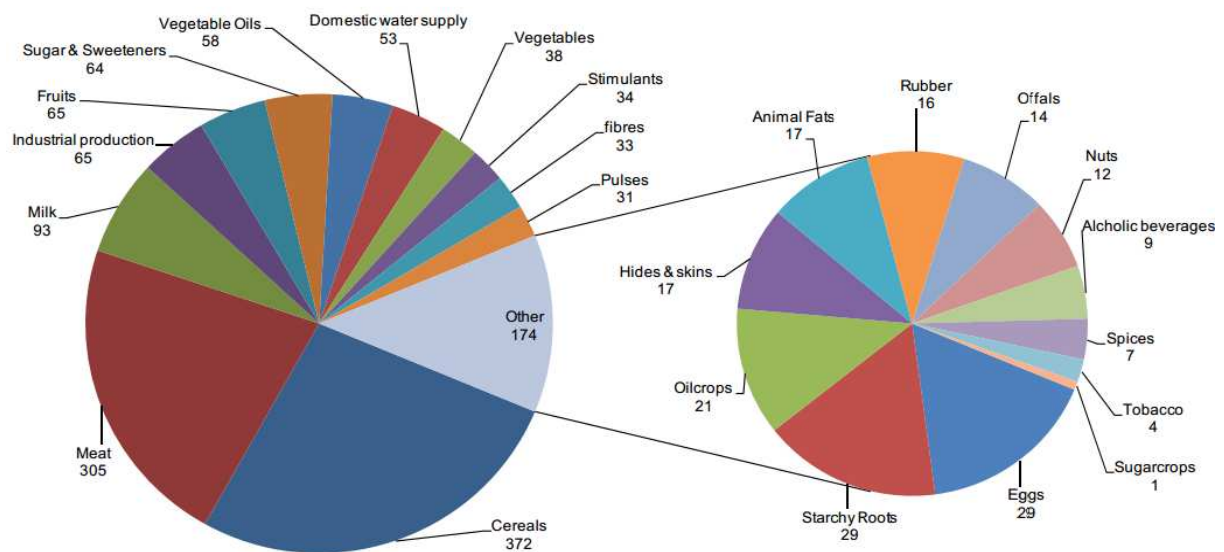
opbrengstkaarten en bodemkaarten kan een relatie weergeven over de opbrengstpotentie en op basis daarvan variabel te beregenen (Borne, 2011) (Groen Kennisnet, 2014).

7.4 De bodemvochtsensoren

Akkerbouwers zullen steeds meer het bodemvochtgehalte meten. De bodemvochtsensoren zullen nauwkeuriger worden en breder toepasbaar. De ondersteunende software wordt geavanceerder om de data van de sensoren daadwerkelijk om te zetten in gebruiksklare informatie voor de ondernemer. Tevens kunnen satellietfoto's (remote sensing) en sensoren op de tractor (near sensing) gecombineerd worden met data van bodemsensoren voor een duidelijk en betrouwbaar beeld van de bodem en het gewas. Over enkele jaren zou het mogelijk moeten zijn om met behulp van de bodemsensor ook nutriënten in de bodem te meten. Vooral het element nitraat zal in eerste instantie belangrijk zijn voor de telers. Als er zichtbaar is in welke laag nog stikstof aanwezig is kan er op basis daarvan bijbemest kunnen worden. Verder kan de uitspoeling door neerslag en of berekening in kaart gebracht worden (Bos, 2012).

7.5 Maatschappelijke verantwoording

In het maatschappelijke kader van duurzaamheid wordt het steeds belangrijker dat de landbouw verantwoord omgaat met water. De landbouw is de grootste gebruiker van water (Mekonnen & Hoekstra, 2011). In Figuur 18 is een diagram zichtbaar van de watervoetprint per categorie. Het registreren van het watergebruik per hectare kan meespelen bij een duurzame voedselproductie.



Figuur 18: Global water footprint of consumption (Mekonnen & Hoekstra, 2011)

8 Discussie

In de discussie zijn de resultaten van deze scriptie tegenover elkaar afgewogen om na te gaan of de resultaten betrouwbaar genoeg zijn om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden. De hoofdvraag luidt als volgt: *“Wat zijn de kosten en baten van beregenen met behulp van een bodemvochtsensor voor de akkerbouwers in de Veenkoloniën met een gemiddeld Veenkoloniaal bouwplan?”*

Er is door berekening een opbrengstverhoging mogelijk. Dit wordt in de literatuur en in praktijk bevestigd. De hoogste van de opbrengstverhoging kon niet worden vastgesteld, omdat dit erg verschillend was. Omdat de opbrengstverhoging niet kan worden vastgesteld in betrouwbare cijfers kan hier niet mee worden doorerekend in bijvoorbeeld een berekeningssaldo.

Door op het goede moment te beregenen kan de kwaliteit van een product omhoog gaan. De mate van de kwaliteitsverhoging door beregening is niet vastgesteld. Echter is er tijdens het onderzoek een tegenstrijdigheid: In de gevonden literatuur staat er beschreven dat beregening op zichzelf weinig invloed heeft op het onderwatergewicht in zetmeelaardappelen. De praktijk is echter tegenstellig en wordt er beweerd dat door het beregenen het onderwatergewicht naar beneden gaat.

De hoofdvraag kan niet geheel worden beantwoord, omdat de financiële baten van het beregenen niet kunnen worden vastgesteld. De baten van de bodemvochtsensor kan niet in onderbouwde financiële baten worden uitgedrukt. Om de financiële baten van de bodemvochtsensor te bepalen is het van belang om eerst de financiële baten van het beregenen in beeld te hebben. Verder kan er niet betrouwbaar worden aangetoond wat het verschil is in beregenen met behulp van een bodemvochtsensor.

De niet financiële baten van de bodemvochtsensor zijn wel naar voren gekomen in dit onderzoek. De kosten van de bodemsensor zijn bepaald, alleen de levensduur van de sensor zou nog in de praktijk moeten vastgesteld. Ook het aantal benodigde sensoren blijft nog een vraagstuk waar geen concreet antwoord op is.

De beregeningskosten zijn berekend voor drie akkerbouwbedrijven. De verwachte levensduur op het bedrijf is bepalend voor de bedrijfseconomische afschrijving. Wanneer de beregeningsinstallatie eerder zal worden vervangen, zal de vervangingswaarde ongeveer gelijk zijn vanwege de restwaarde van de huidige machine. Bij het berekenen van de financiële kosten is er getracht zo goed mogelijk de reële kostprijs te evenaren. De berekende bedrijfseconomische kostprijs geeft een goede indicatie van de daadwerkelijke kosten.

9 Conclusies en aanbevelingen

De conclusie geeft antwoord op de hoofdvraag dat is geformuleerd in de inleiding van deze scriptie. De hoofdvraag luidt als volgt: *“Wat zijn de kosten en baten van beregenen met behulp van een bodemvochtsensor voor de akkerbouwers in de Veenkoloniën met een gemiddeld Veenkoloniaal bouwplan?”* Verder zijn de aanbevelingen en verbeterpunten die naar voren zijn gekomen tijdens het schrijven van deze scriptie beschreven.

9.1 Conclusies

Er is voldoende water nodig voor de ontwikkeling van de plant. Een vochttekort en een vochtoverschot hebben beide negatieve effecten op de ontwikkeling van de plant. De afgelopen vijf jaar is er gemiddeld meer verdamping dan neerslag in de maanden april tot en met juli in de Veenkoloniën geweest. Als er niet beregend wordt leidt dit tot opbrengstderving. Het meest voorkomende beregeningstechniek in de Veenkoloniën is het beregenen met een haspel in combinatie met een sproeikanon.

Er zijn verschillende bodemvochtsensoren op de markt. De verschillende bodemvochtsensoren zijn in drie categorieën te verdelen: Kleine sensoren met een kabel, losse sensoren en grotere sensoren met een draadloze verbinding. De prijzen van deze sensoren lopen uiteen vanaf zeventig euro tot en met tweeduizend euro per stuk. Voor de landbouw zijn vooral de grotere opzichzelfstaande sensoren interessant, omdat met deze bodemvochtsensoren in verschillende lagen het bodemvocht wordt gemeten en met behulp van de beslissingsondersteunende software kan er een beregeningstrategie worden gemaakt. De investeringskosten van één zo’n sensor varieert tussen €995,- en €1995,- afhankelijk van de uitvoering.

De beregeningskosten zijn te verdelen in twee categorieën: de vaste kosten en de variabele kosten. De vaste kosten bestaan uit de afschrijving van de installatie en het onderhoud. Het onderhoud kan per jaar verschillend zijn en afhankelijk van het gebruik, daarom zijn de gemiddelde onderhoudskosten over meerdere jaren berekend en opgenomen in de vaste kosten. De variabele kosten bestaan uit het energieverbruik per millimeter water, het berekende arbeidsloon voor het verzetten en controleren van de installatie en de kosten van de tractor voor het verzetten en verplaatsen van de installatie. Bij een vaste installatie vervallen de kosten van het verzetten en zijn de kosten per millimeter water lager. Hiertegenover zijn de investeringskosten hoger en verdwijnt de mobiliteit van het beregenen op alle percelen tenzij alle percelen goed verkaveld zijn. De berekende bedrijfseconomische kosten van het beregenen zijn weergegeven in Tabel 16. De kosten variëren sterk per bedrijf. De hoge kosten van het sproeikanon van bedrijf 1 zijn te verklaren door hoge vaste kosten van de haspel die relatief weinig wordt ingezet zoals bij bedrijf 3. De baten van het beregenen moeten hoger zijn dan de gemaakte kosten om het beregenen rendabel te maken. Wanneer er minder beregend wordt zullen de vaste kosten gelijk blijven en de berekende kostprijs per hectare of millimeter water hoger zijn.

Tabel 16: Resultaten bedrijfseconomische beregeningskosten 2013

Casusbedrijf	1	1	2	3	3
Type	Pivot	Sproeikanon	Sproeikanon	Sproeiboom	Sproeikanon
Brandstofkosten per mm	€ 0.21	€ 1.37	€ 1.98	€ 1.85	€ 1.95
Totale kosten per mm	€ 2.41	€ 7.36	€ 5.79	€ 2.65	€ 2.96
Kosten per hectare	€162,-	€256,-	€193,-	€107,-	€154,-

De baten van het beregenen met behulp van een bodemvochtsensor is, dat er op een beargumenteerde basis beregend kan worden, het vochniveau in de bodem is in meerdere lagen zichtbaar en het verloop van het bodemvocht is zichtbaar. Met de sensor is eerder een vochttekort zichtbaar en zal er ook eerder beregend worden. In de praktijk wordt er geen water bespaard door te beregenen met behulp van een bodemvochtsensor. De interpretatie van de gevolgen voor het gewas van het wel of niet beregenen zijn niet concreet te bepalen. Verder is de uitspoeling van meststoffen door het beregenen (nog) niet te bepalen.

De voor- en nadelen van het beregenen met behulp van een bodemvochtsensor zijn volgens de gebruikers:

- ✓ De weergave van de bodemtemperatuur
- ✓ De capillaire werking van de grond.
- ✓ Inzicht in het verloop van het bodemvochniveau in meerdere lagen
- ✓ Goede ondersteuning bij de beregeningsstrategie
- ✓ Inzicht in het verloop van het bodemvochniveau
- ✓ Een “verzekeringspremie” om de oogst veilig te stellen
- ✓ Beargumenteerd kunnen starten en bepalen van de watergift van het beregenen
- ✓ Eerder stoppen met beregenen
- Geen waterbesparing
- Meer water gaan gebruiken
- Geen indicatie van uitspoeling van meststoffen
- De interpretatie van de gegevens

9.2 Aanbevelingen

De financiële kosten voor het beregenen verschillen per jaar. Om de daadwerkelijke kosten van het beregenen te bepalen zullen de gegevens van meerdere jaren verzameld moeten worden. Het is aan de ondernemer om zijn administratie zo in te richten dat de daadwerkelijke gemaakte kosten inzichtelijk zijn en te koppelen aan een machine of installatie.

De baten van het beregenen kunnen moeilijk bepaald worden. Wanneer een ondernemer beregent, zal hij het hele perceel beregenen en daardoor kan er niet worden bepaald wat de invloed van de beregening is op de opbrengst. Om de daadwerkelijke baten van het beregenen te berekenen zullen er meerdere proeven moeten worden aangelegd in een perceel dat beregend wordt. Het klimaat heeft een grote rol bij het effect van de beregening. Om de meeropbrengst goed te kunnen bepalen zal dit over meerdere jaren moeten worden bijgehouden door de ondernemers.

Het bodemvocht is niet de enige factor voor een goede groei van een plant. Er moet nog onderzoek gedaan worden naar de benutting van meststoffen in de bodem. Ook over de invloed van beregening op uitspoeling van meststoffen is nog weinig over bekend. Op dit moment draait er al praktijknetwerk dat ingaat op het effect van beregening op de slijtage van het aardappelgewas (Kompas KANON, 2013).

Om te bepalen wat de baten zijn van een bodemvochtsensor zouden er meerdere bodemvochtsensoren moeten worden geplaatst in percelen die traditioneel beregend worden. Aan het einde van het seizoen kan dan worden geconcludeerd of er meer beregend was dan noodzakelijk of juist te weinig. Voor betrouwbare informatie zou dit bij verschillende telers moeten gebeuren in meerdere percelen. Het is in het belang van de producten van de bodemvochtsensoren om deze proef aan te leggen, zodat zij kunnen aangeven wat de toegevoegde waarde is in het beregenen met behulp van de bodemvochtsensor.

10 Literatuurlijst

Artikelen:

Bos, H. (2012, juni 12). Bodensensor meet meer dan vocht, irrigatie met remote en near sensing. *Boerderij*, 37, 26-29.

Drenth, H. (2008, augustus 23). Beregenen is sneller rendabel, Roelof Tuin plaatste bodemsensoren voor vochtmeting. *Veldpost*, p. 15.

Grontmij. (2013). Efficiënt watergebruik door landbouwbedrijven in een veranderend klimaat. *WaterVakblad*, 18-20.

Swaaij, N. v., & Wilting, P. (2008). Extra opbrengst bij beregenen. *Cosun Magazine*, 17.

Boeken:

Bossier, M. (1990). *Moderne plantkunde (zevende uitgave)*. Lier: van in.

Duijkers, M. (2010). *Waterbeheer(5e druk)*. Dronten: Christelijke Agrarische Hogeschool.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. (2012). *Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegroondsgroenteteelt 2012*. Wageningen: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Internet:

BLGG AgroXpertus. (2014, januari 16). *pF-curve uniek hulpmiddel om efficiënt te beregenen*. Opgeroepen op april 3, 2014, van BLGG AgroXpertus: <http://blgg.agroxpertus.nl/expertise/bemesting/artikelen/pf-curve-uniek-hulpmiddel-om-efficient-te-beregenen>

Boom van der, N. (2014, januari 21). *De bodem als basis voor een gezonde financiële situatie*. Opgeroepen op mei 21, 2014, van Countus: accountants + adviseurs: <http://countus.nl/kennisbank/44/de-bodem-als-basis-voor-een-gezonde-financiele-situatie>

Bureau Berdt. (2011, november 4). *Beregenen via app: Nieuwe vochtsensor voor beter watermanagement*. Opgeroepen op april 9, 2014, van Boerenbusiness.nl: <http://www.boerenbusiness.nl/artikel/item/10837999/Nieuwe-vochtsensor-voor-beter-watermanagement>

Czech University of Life Sciences Prague. (2014, mei 16). *Indirect methods to determine soil water content*. Opgeroepen op mei 16, 2014, van Multimedial Study Guide of Field Hydropedological Measurements: <http://hydropedologie.agrobiologie.cz/en-neprime.html>

Dacom B.V. (2014, mei 17). *Irrigatie Advies*. Opgeroepen op mei 17, 2014, van Teeltoptimalisatie voor akkerbouwgewassen - Dacom B.V.: <http://www.dacom.nl/producten/irrigatie-advies/>

Dacom B.V. (2014, mei 16). *Sensation pakket - Dacom B.V.* Opgeroepen op mei 16, 2014, van Teeltoptimalisatie voor akkerbouwgewassen - Dacom B.V.: <http://www.dacom.nl/producten/sensation-pakket/>

Darwinkel, A. (1997, maart 15). *Teelthandleiding wintertarwe*. Opgeroepen op mei 31, 2014, van Kennisakker.nl: <http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/handleidingen/teelthandleiding-wintertarwe>

- Eijkelkamp. (2014, mei 16). *Bodemvocht meten met een SM 300 sensor*. Opgeroepen op mei 16, 2014, van Eijkelkamp: <http://www.eijkelkamp.com/producten/sensors-monitoring/bodemvochtsensor-sm150.html>
- Engwerda, J. (2011, april 5). *DLV: bodemvochtsensor maakt berekening efficiënter*. Opgeroepen op mei 31, 2014, van www.boerderij.nl: <http://www.boerderij.nl/Akkerbouw/Nieuws/2011/4/DLV-bodemvochtsensor-maakt-berekening-efficiënter-AGD563817W/>
- Estede Business Solutions BV. (2014, mei 16). *Bodemvochtsensor SM100 korte kabel*. Opgeroepen op mei 16, 2014, van Professionele weerstations en meetapparatuur: <http://www.specmeters.eu/bodemvochtsensor-model-waterscout-sm100-met-korte-kabel.html>
- Groen Kennisnet. (2014, mei 21). *Taakkaarten*. Opgeroepen op mei 21, 2014, van Groen Kennisnet: <http://precisielandbouw.groenkennisnet.nl/Taakkaarten.ashx>
- KNMI. (2014, mei 17). *Klimaatdata en -advies - Informatie over verleden weer*. Opgeroepen op mei 17, 2014, van KNMI - Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut: http://www.knmi.nl/klimatologie/geografische_overzichten/neerslagoverschot_tijdgrafiek_historisch.html
- KNMI. (2009, november 20). *Achtergrondinformatie, ligging weerstations*. Opgeroepen op april 9, 2014, van KNMI- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut: http://www.knmi.nl/klimatologie/weeramateurs/ligging_stations/index.html
- KNMI. (2014, april 9). *Klimaatdata en -advies, Maandoverzicht neerslag en verdamping in Nederland (MONV)*. Opgeroepen op april 9, 2014, van KNMI - Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut: <http://www.knmi.nl/klimatologie/monv/>
- KNMI. (2014, maart 11). *Nader Verklaard, Verdamping*. Opgeroepen op april 9, 2014, van KNMI- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut: <http://www.knmi.nl/cms/content/32598/verdamping>
- Kompas KANON. (2013, september 27). *Praktijknetwerk: Vroegtijdige slijtage aardappelloof door berekening gestart*. Opgeroepen op mei 31, 2014, van [kanon-kompas](http://www.kanon-kompas.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=111:praktijknetwerk-vroegtijdige-slijtage-aardappelloof-door-berekening-gestart&catid=1:nieuws&Itemid=6): http://www.kanon-kompas.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=111:praktijknetwerk-vroegtijdige-slijtage-aardappelloof-door-berekening-gestart&catid=1:nieuws&Itemid=6
- Microsoft Corporation. (2014, mei 16). *Bing Kaarten*. Opgeroepen op mei 16, 2014, van Bing Kaarten: <http://www.bing.com/maps/#Y3A9NTluNzM3ODc4fjYuMTAyMjI2Jmx2bD05JnN0eT1oJnRtPSU3QiUyMldlbGNvbWVQYW5lbFRhc2sIMjQIMjQwJTlyJTNBbnVsbCU3RA==>
- pitchcare.com. (2014, mei 16). *ThetaKit Moisture Meter*. Opgeroepen op mei 16, 2014, van [pitchcare.com](http://www.pitchcare.com): <http://www.pitchcare.com/shop/agronomy-tools/thetakit-moisture-meter.html>
- Plaatsengids.nl. (2014, maart 25). *Plaatsengids.nl, Alles over Nederland op één site!* Opgeroepen op maart 25, 2014, van Veenkoloniën: <http://www.plaatsengids.nl/veenkoloni%C3%ABn>
- Stichting IRS. (2014, april 18). *Berekening Teelthandleiding*. Opgeroepen op april 18, 2014, van Stichting IRS: <http://www.irs.nl/alle/teelthandleiding/4.15-berekening>

- Tholhuijsen, L. (2014, jan 9). *Meer onderzoek naar rendement druppelirrigatie*. Opgeroepen op mei 21, 2014, van Boerderij.nl: <http://www.boerderij.nl/Akkerbouw/Nieuws/2014/1/Meer-onderzoek-naar-rendement-druppelirrigatie-1441865W/>
- van Leewen, R. (2014, januari 2). *Accijnsverhoging doet daling dieselprijs teniet*. Opgeroepen op mei 20, 2014, van TNL- Wegwijs in transport en logistiek: <http://www.tln.nl/Actueel/Algemeen/Accijnsverhoging-doet-daling-dieselprijs-teniet.aspx.aspx>
- Veerman, A. (2003, december 15). *Teelthandleiding zetmeelaardappelen - kwaliteitseigenschappen*. Opgeroepen op mei 23, 2014, van Kennisakker.nl Akkerbouwkennis voor iedereen!: <http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/handleidingen/teelthandleiding-zetmeelaardappelen-kwaliteitseigenschappen>
- Vermaas, M. (2011, januari 17). *Gibo: tekorten voor akkerbouwers Veenkoloniën*. Opgeroepen op april 3, 2014, van Boerderij.nl: <http://www.boerderij.nl/Akkerbouw/Nieuws/2011/1/Gibo-tekorten-voor-akkerbouwers-Veenkolonien-AGD559285W/>
- Wal van der, G. (2014, maart 31). *Voedselproductie onder druk door klimaat*. Opgeroepen op April 1, 2014, van NieuweOogst.nu: http://www.nieuweoogst.nu/scripts/edoris/edoris.dll?tem=LTO_TEXT_VIEW&doc_id=195818&h=Voedselproductie-onder-druk-door-klimaat#.UzWH7NTCSUm

Interviews:

- Beuling, D. (2014, mei 13). Vragengesprek over berekening en de bodemvochtsensoren. (D. Voshart, Interviewer) 1e Exloërmond .
- Daling, J. (2014, mei 13). Vragengesprek over berekening en de bodemvochtsensor. (D. Voshart, Interviewer) Smilde.
- Germes, G. (2014, maart 21). Vragengesprek over bodemvochtsensor en over praktijknetwerk sensoren. (D. Voshart, Interviewer) Emmen.
- Heidemans, G. (2014, mei 14). Vragengesprek over berekening en de bodemvochtsensor. (D. Voshart, Interviewer) Klazienaveen-Noord.
- Lavrijsen, T. (2014, april 15). Vragengesprek met Smits BV. (D. Voshart, Interviewer) Veldhoven.
- Spijkman, J. (2014, mei 1). Vragengesprek over de Veenkoloniën en bedrijfseconomische kostprijsberekening. (D. Voshart, Interviewer) Zwolle.

Rapporten:

- Borne, v. J. (2011). *Berekening met remote sensing (29)*. Programma Precisie Landbouw. Emmen: Dacom.
- Hoogeveen, M., van Bommel, K., & Cotteleer, G. (2003). *Berekening in de land- en tuinbouw, Rapport voor de Droogtestudie Nederland*. Den Haag: LEI.
- Hooghart, J., & Lablans, W. (1988). *Van Penning naar Makkink: een nieuwe berekeningswijze voor klimatologische verdampingsgetallen*. ministerie van verkeer en waterstaat. de Bilt: KNMI.
- Kikkert, A. (2009). *Sensingsystemen voor bodem en gewas ten behoeve van precisielandbouw, overzicht van beschikbare producten*. . Wijster: HLB.

Massop, H., Schuiling, C., & Veldhuizen, A. (2013). *Potentiele berekeningkaart 2012, Update landelijke potentiele berekeningskaart voor het NHI op basis van landbouwmetellingen 2010*. Wageningen: Alterra Wageningen UR.

Mekonnen, M., & Hoekstra, A. (2011). *National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption*. Delft: UNESCO-IHE Institute for Water Education .

Strijker, D. (2003). *Landbouwkundige toekomstvoorspellingen: de Veenkoloniën in 2020 en 2050, Een onderlegger voor de ontwerpoperdracht van Stichting Innovatie Veenkoloniën*. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen.

Vandenbosch, T., Philipsen, B., Janssen, S., Huybrechts, M., Wera, G., van den Pol-van Dasselaar, A., . . . Grashoff, K. (2000). *Droogtetolerantie van landbouwgewassen in het Benelux Middengebied – Literatuurstudie*. Watermanagement Benelux Middengebied.

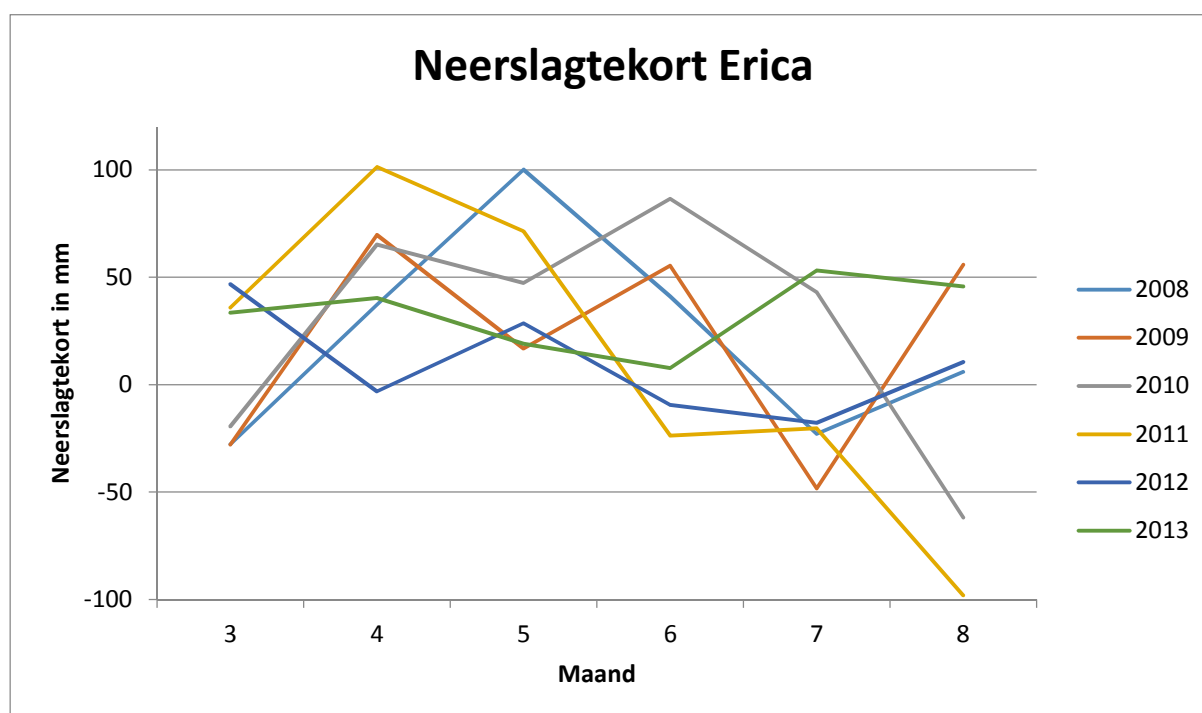
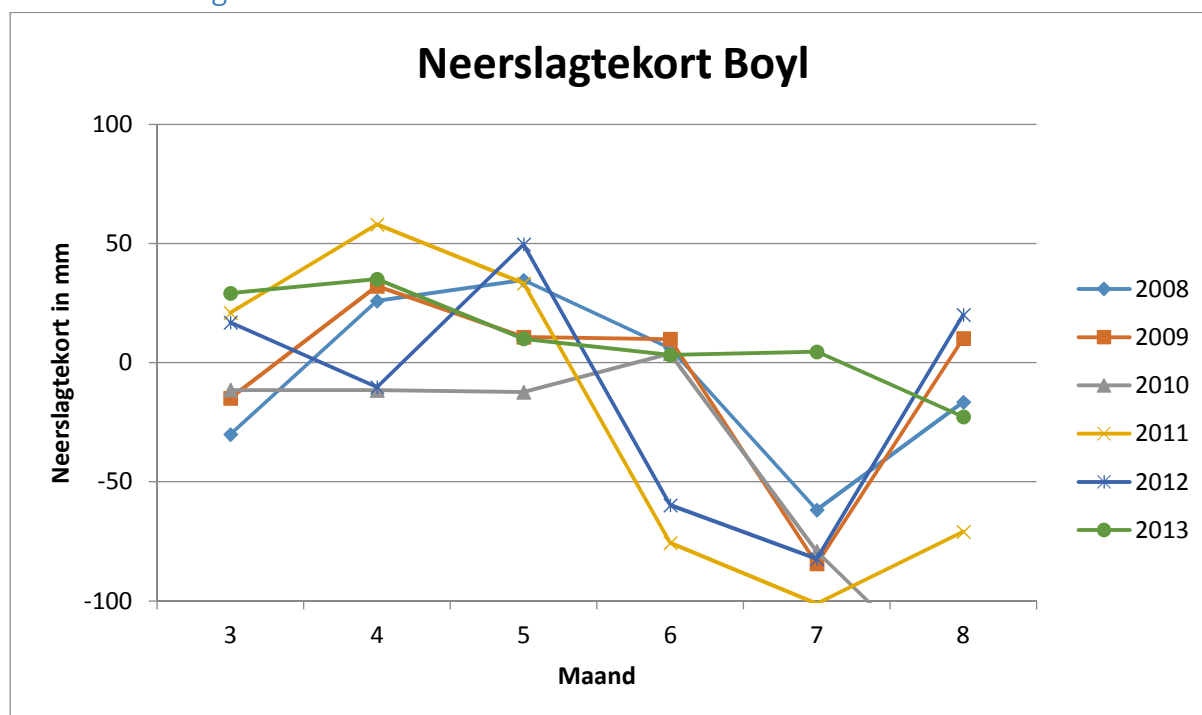
Vos de, J., Sival, F., Clevering, O., & Kleef van, J. (2006). *Stikstof- en fosfaatverliezen naar grond- en oppervlaktewater bij vernatting van landbouwgronden*. Wageningen: Alterra.

Eigen werk:

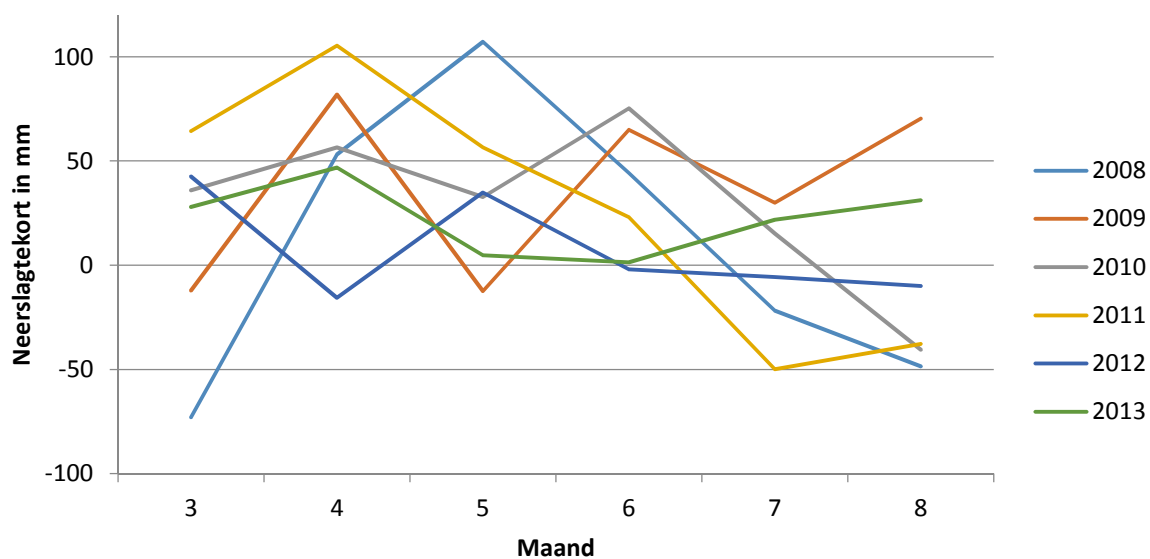
Voshart, D. (2014, maart 4). Foto Dacom TerraSen. Geesbrug, Drenthe, Nederland.

11 Bijlage

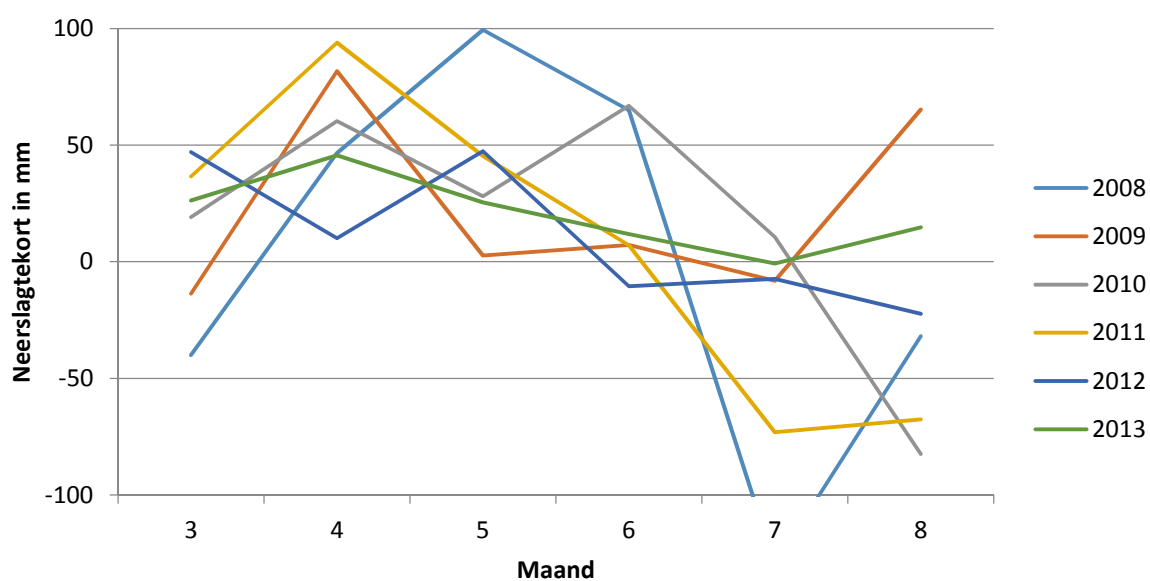
I. Neerslagtekort Veenkoloniën 2008 tot en met 2013



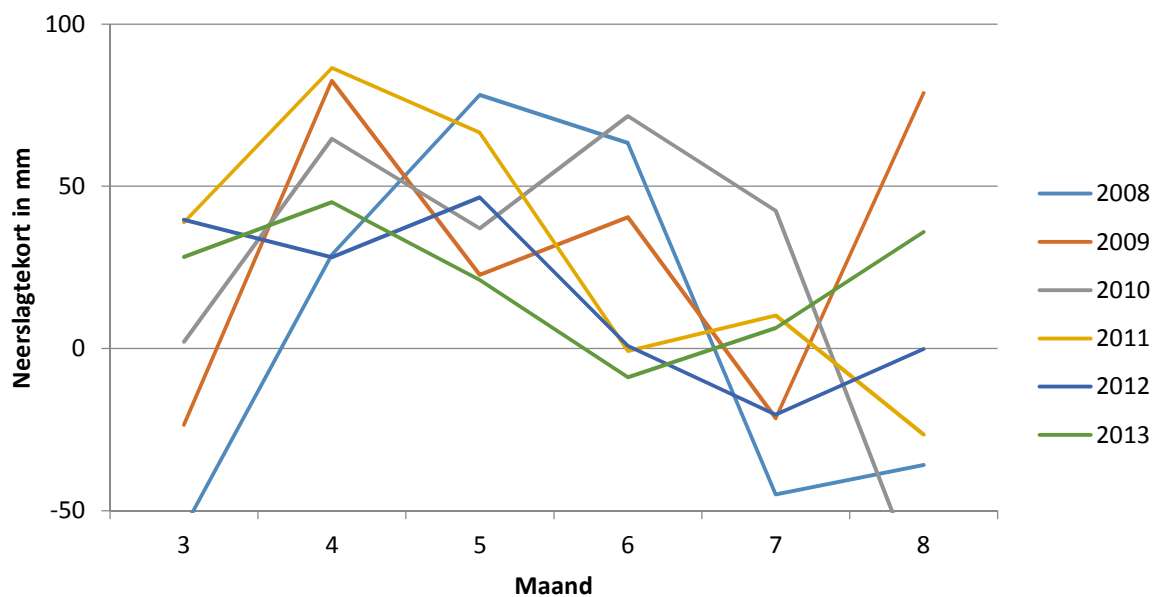
Neerslagtekort Gieterveen



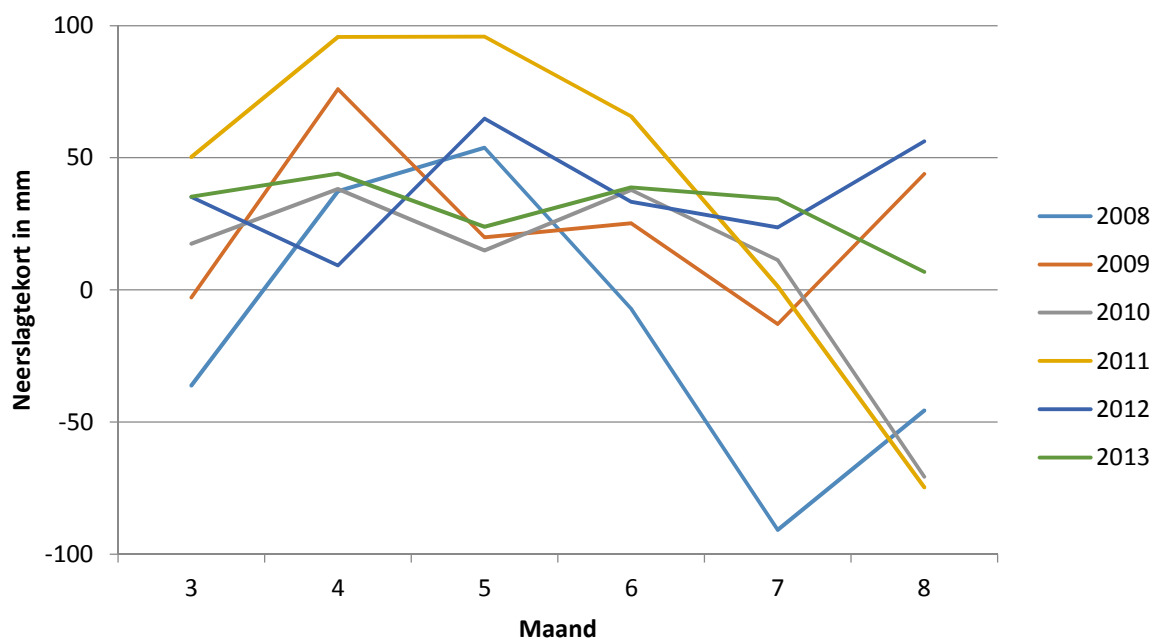
Neerslagtekort Marwijksoord



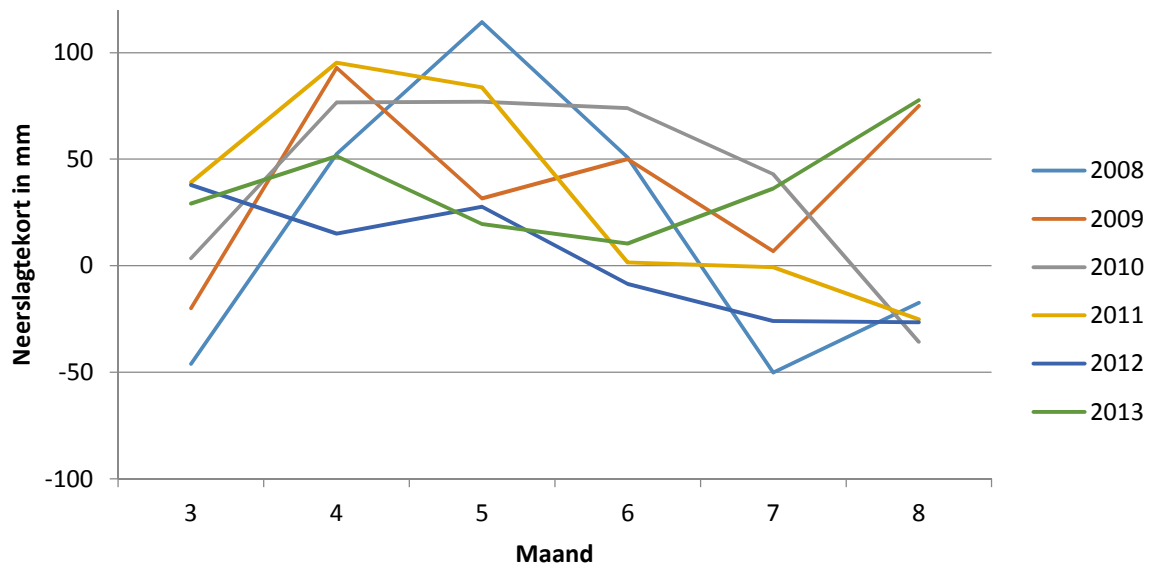
Neerslagtekort Over de Dijk



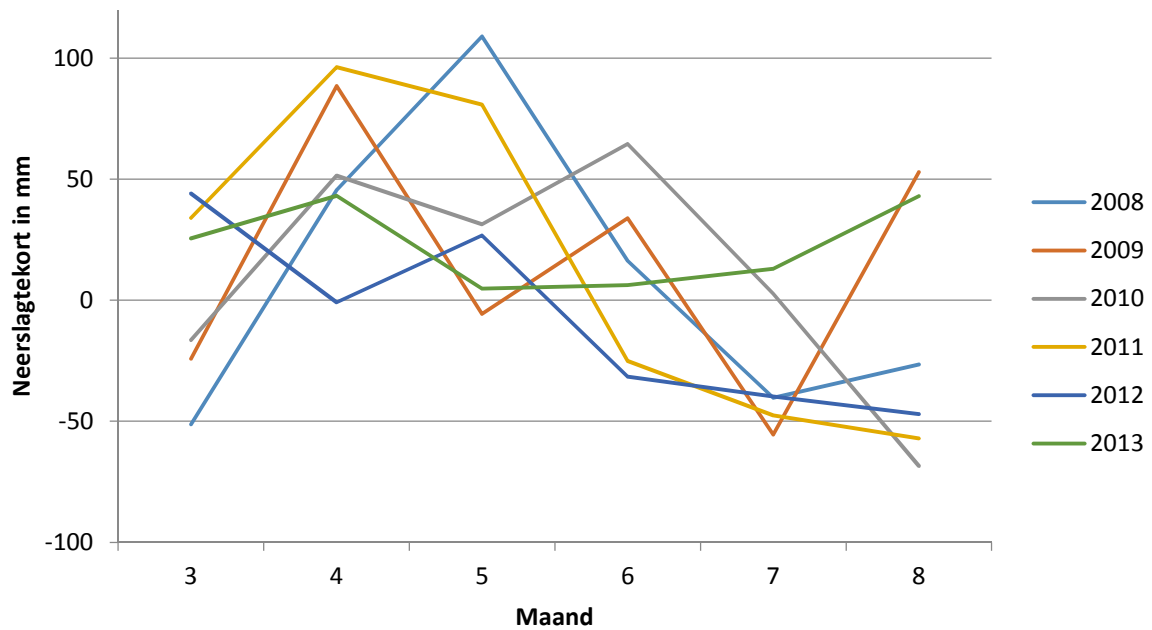
Neerslagtekort Smilde



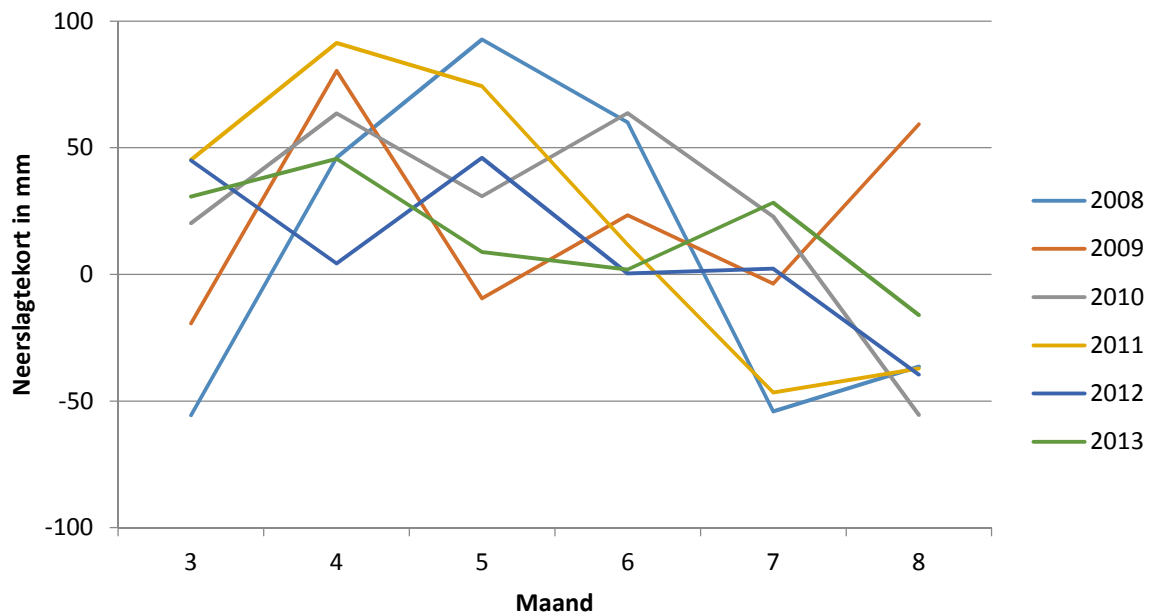
Neerslagtekort Ter Apelkanaal



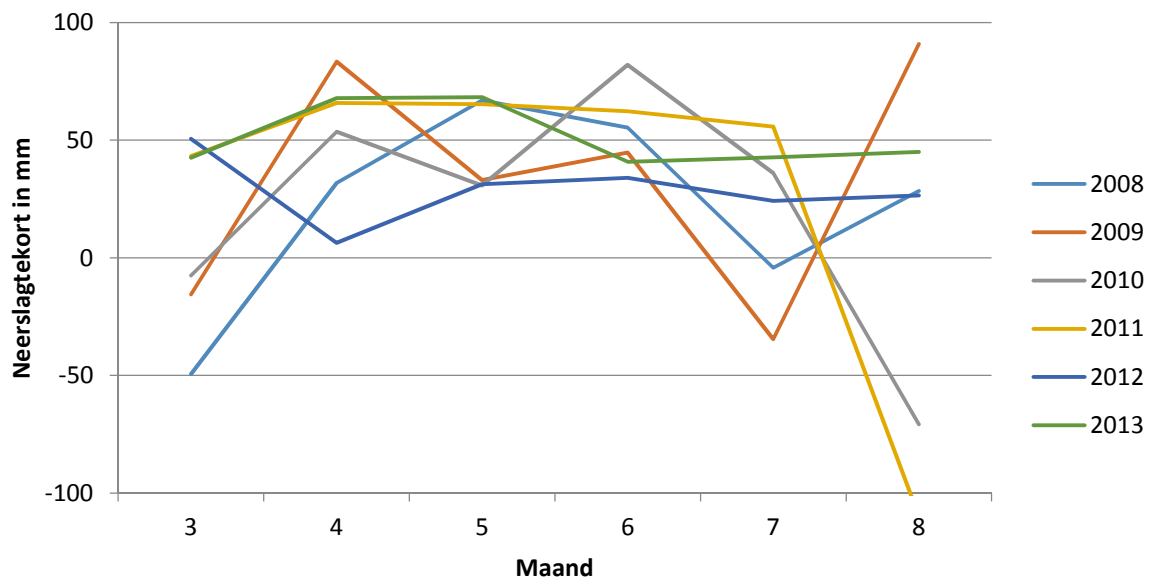
Neerslagtekort Valthermond



Neerslagtekort Zuidlaarderveen



Neerslagtekort Zwinderen



II. Regelgeving grondwateronttrekking per provincie

Provincie/ Landgebruik	Meldplicht	Meet/ registratie plicht	Algemene regels	Vergunningplicht	Opmerkingen	
Groningen [11]	> 10 m³/u * of bij verandering	> 10 m³/u * of als bestuur zo besluit	10-30 m³/u *	> 30 m³/u *	Vergunningen alleen mogelijk in bepaalde gebieden; verordening stelt een onttrekkingsmaximum van 100 mm/jr voor akkers en grasland wat in de vergunningverlening nauwelijks tot niet wordt gebruikt.	
Friesland [12]	> 1 m³/u of bij verandering	altijd	1-60 m³/u	> 60 m³/u	-	
Drenthe [13]	> 1 m³/u * of bij verandering	in algemene regels	1*-60 m³/u	> 60 m³/u	Beregeningsverbod in bepaalde perioden en gebieden	
Flevoland [14]	> 1 m³/u *	> 40 m³/u *	< 40 m³/u * en < 30 m diep in bep. gebieden†	> 40 m³/u * of > 30 m diep in bep. gebieden†	Ontheffingen worden niet verleend voor onttrekkingen uit het 3* watervoerende pakket.	
Overijssel [15, 16]	> 0 m³/u * of bij verandering	-	10-60 m³/u *	> 60 m³/u *	In bepaalde gebieden verbod op beregeningsonttrekkingen > 50 m beneden maaiveld	
Gelderland [17]	Landbouw	> 10 m³/u en < 25.000 m³/kw	> 35 m³/u *	20-60 m³/u en < 25.000 m³/kw	> 60 m³/u of > 25.000 m³/kw of	Beregeningsplanner verplicht bij landbouwonttrekkingen > 20 m³/u
	Sportveld	> 10 m³/u *	> 10 m³/u *	-	> 10 m³/u of > 12.000 m³/kw	
Utrecht [18]	Kwetsbaar gebied	< 10 m³/u	bij vergunning	-	> 10 m³/u of > 12.000 m³/kw	Onttrekking uit 2* watervoerende pakket niet toegestaan als onttrekking uit 1* watervoerende pakket mogelijk is
	Overige gebieden	in algemene regels	bij vergunning	< 60 m³/u *	> 60 m³/u *	
Noord-Holland [19]	Kwetsbaar gebied	in algemene regels	> 1.000 m³/mnd	< 12.000 m³/jr	> 12.000 m³/jr	-
	Overige gebieden	in algemene regels	> 1.000 m³/mnd	< 50.000 m³/jr	> 50.000 m³/jr	
Zuid-Holland [20]	1-10 m³/u en < 12.000 m³/jr of bij verandering	in algemene regels	10-60 m³/u en < 12.000 m³/jr en < 5 mnd	> 60 m³/u of > 12.000 m³/jr of > 5 mnd	-	
Zeeland [21]	Landbouw	> 5 m³/u * en bij verandering	> 5 m³/u *	10-60 m³/u en < 3.000 m³/kw en < 8.000 m³/jr	niet mogelijk	Alleen toegestaan als zoetwaterbel dikker is dan 15 m of reikt tot de geohydrologische basis. Maximaal toegestane onttrekking voor perceel 8-10 ha: 60 m³/u * en 3.000 m³/kw en 8.000 m³/jr.
	Sportveld	> 5 m³/u * en bij verandering	> 5 m³/u *	10-100 m³/u en 3.000 m³/kw en < 6 mnd	> 10 m³/u of > 1.000 m³/mnd of > 8.000 m³/jr	Alleen toegestaan als er geen risico bestaat voor aantasting van zoetwaterbellen of natuurwaarden
	Landb/sport in kwetsbaar gebied	> 0 m³/u * en bij verandering	> 0 m³/u *	< 100 m³/u en < 1.000 m³/mnd en < 6 mnd	zeer restrictief	Vergunning alleen mogelijk voor agrarische toepassingen in bufferzones als er geen alternatief buiten kwetsbaar gebied is
Noord-Brabant [22-24]	-	bij vergunning	-	> 10 m³/u of > 30 m diep of in beschermde gebieden	Nieuwe vergunningen voor beregening van grasland & sportvelden worden sinds 1998 niet meer verleend. Verbod op beregeningsonttrekkingen > 80 m diep.	
Limburg [25-27]	Landbouw	> 10 m³/u * en bij verandering	> 10 m³/u *	10-60 m³/u	> 60 m³/u	> 10 m³/u: Beregenen op maat verplicht. In kwetsbare gebieden worden nieuwe vergunningen voor agrarische beregening (> 0 m³/u) niet meer uitgegeven, voor sportvelden nog wel.
	Sportveld	-	-	-	> 10 m³/u *	Maximaal toegestane beregening van sportvelden is 200 mm/jr.

III. Gewasfactoren

Maand	april			mei			juni			juli			augustus			september		
Decade	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Gras	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9
Granen	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.2	1.2	1.2	1.0	0.9	0.8	0.6	-	-	-	-	-
Mais	-	-	-	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Aardappelen	-	-	-	-	0.7	0.9	1.0	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.7	-	-
Suikerbieten	-	-	-	0.5	0.5	0.5	0.8	1.0	1.0	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1
Peulvruchten	-	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.2	1.2	1.0	0.8	-	-	-	-	-	-	-
Plantui	0.5	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	-	-
Zaaiui	-	0.4	0.5	0.5	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.7	-	-
Witlof	-	-	-	-	-	-	0.5	0.5	0.5	0.8	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Winterpeen	-	-	-	-	-	-	0.5	0.5	0.5	0.8	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Knolselderij	-	-	-	-	-	0.5	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	-
Prei	-	-	-	-	0.3	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9
Bol/knolgewassen	-	-	-	-	0.5	0.7	0.7	0.9	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Pit/steenvruchten (volgroeid)	1.0	1.0	1.0	1.4	1.4	1.4	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2

IV. Gewasfactoren bij openwaterverdamping (Penman)

Maand	april			mei			juni			juli			augustus			september		
Decade	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Gras	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Granen	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	-	-	-	-	-
Mais	-	-	-	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Aardappelen	-	-	-	-	0.5	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.6	-	-
Suikerbieten	-	-	-	0.4	0.4	0.4	0.6	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9
Peulvruchten	-	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	0.6	-	-	-	-	-	-	-
Plantui	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	-	-	-	-	-
Zaaiui	-	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	-	-
Witlof	-	-	-	-	-	-	0.4	0.4	0.4	0.6	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Winterpeen	-	-	-	-	-	-	0.4	0.4	0.4	0.6	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Knolselderij	-	-	-	-	-	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	-
Prei	-	-	-	-	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Bol/knolgewassen	-	-	-	-	0.4	0.5	0.5	0.7	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Pit/steenvruchten (volgroeid)	0.8	0.8	0.8	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0



NODOLINI SPRINKLERS 42045 Luzzara (RE) ITALY
www.nodolini.com

CIT-Tested

Center of Irrigation Technologies Fresno/California/USA

Notes on distribution accuracy from sprinkler spacing

Water distribution measurements

To measure water distribution in sprinkler patterns, containers are arranged within the sprinkler spacing in an even pattern close to the ground. In order to get meaningful results, the sprinkler system should be run for a fairly long period. Measurements must naturally be taken when there is no wind. The measurements can be analysed in a number of different ways.

The most widely used measures are :

- Christiansen Uniformity Value (CU)
- Distribution Uniformity Value (DU)

Christiansen Uniformity Coefficient (CU)

One very widespread method of measuring distribution uniformity is one named after its inventor, The Christiansen Method.

The formula for working out the coefficient is:

$$\text{CU} = 100\% [1 - (\text{average deviation from the mean} / \text{mean})]$$

The following example illustrates the method of calculation:

Average precipitation of 15mm is calculated from the measurement of a sprinkler system using 50 measuring points. The sum of all deviations among the 50 measuring points totals 115mm. This produces an average deviation of: $115/50 = 2.3\text{mm}$ which gives the following CU coefficient:

$$\text{CU} = 100\% [1 - (2.3 / 15)] = 84.6\%$$

Christiansen Uniformity Value (CU)

- > 87% = excellent
- > 83% = very good
- > 79% = good
- > 75% = satisfactory
- > 70% = poor

Distribution Uniformity Coefficient (DU)

The DU value differs from the CU coefficient in that it puts greater emphasis on the area with too little precipitation.

To work out the DU value, the average of $\frac{1}{4}$ of the measurements with the lowest precipitation is divided by the full average.

$$\text{DU} = (\text{average of } \frac{1}{4} \text{ of the measurements with the lowest precipitation} / \text{average of all measurements})$$

Using the same example as before, this produces the following calculation:

With the same 50 measuring points as before the average amount of precipitation remains the same at 15mm. However, the average among the 12 measuring points ($\frac{1}{4}$ of 50) with the lowest levels of precipitation is 11.5mm. This produces the following DU value:

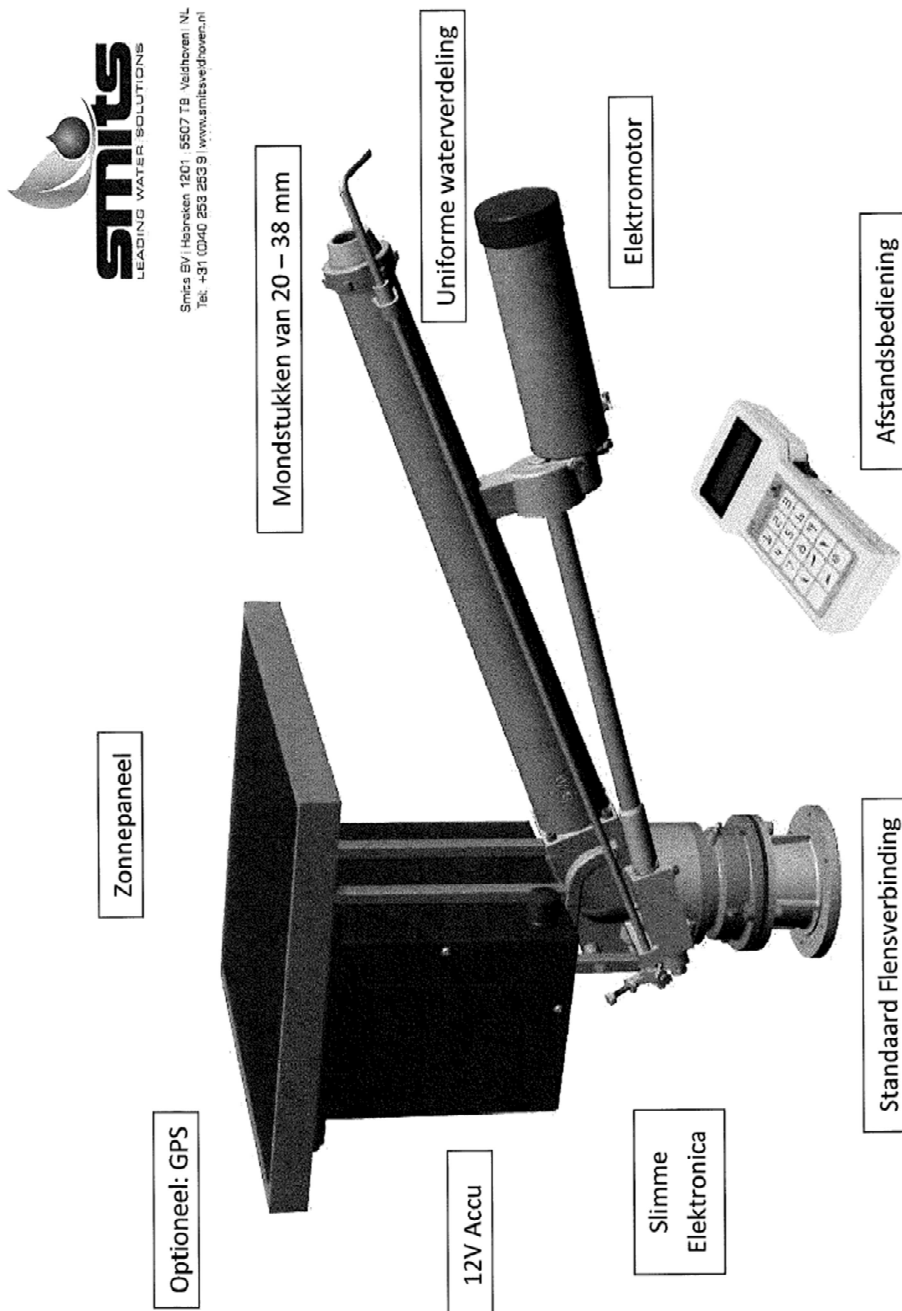
$$\text{DU} = 11.5 / 15 = 76.6\%$$

Distribution Uniformity Value (DU)

- > 85% = excellent
- > 80% = very good
- > 75% = good
- > 70% = satisfactory
- > 65% = poor

18/01/2014 SGR PP

VI. Elektronisch sproeikanon



Nodolini S70 Electronic Kanonsproeier: Betere waterverdeling voor betere opbrengst

VII. Competenties

De competenties in deze scriptie zijn: onderzoeken, zelfsturen en globaliseren. Hieronder is per competentie de STARR-methode gemaakt per competentie.

STARR <i>Naam competentie: onderzoeken</i>	
Situatie	Over de kosten en baten van het beregenen met behulp van sensoren was weinig literatuur bekend en bij de ondernemers waren de meningen verdeeld.
Taak	Mijn scriptie schrijven over de kosten en baten van het beregenen met behulp van een bodemvochtsensor.
Actie	Het uitzoeken in de literatuur en in de praktijk wat de kosten en baten zijn van het beregenen met behulp van een bodemvochtsensor. De mensen in de praktijk waren erg nieuwsgierig naar de resultaten van dit onderzoek.
Resultaat	In mijn scriptie zijn alle kosten en baten van het beregenen beschreven. Voor drie bedrijven heb ik geprobeerd zo goed mogelijk de daadwerkelijke financiële kosten en baten te berekenen. Alleen de financiële baten zijn niet concreet te berekenen.
Reflectie	Ik kijk er tevreden op terug. Ik heb veel geleerd over de aspecten van beregening en de sensoren. Wanneer ik het over kon doen en meer tijd meer tijd heb, zal ik proberen een veldproef aan te leggen, waarbij de baten van beregenen met behulp van sensoren kan worden aangetoond, waarbij de resultaten gebruikt kunnen worden voor het onderzoek.
Bewijsstukken	De resultaten staan beschreven in mijn scriptie.

STARR <i>Naam competentie: zelfsturen</i>	
Situatie	Om mijn opleiding in de daarvoor gestelde periode af te sluiten is het van belang om mijn scriptie voor 1 juni klaar te hebben. Tijdens de periode van het schrijven van mijn scriptie had ik tegelijkertijd mijn minor- en afstudeerstage met de bijhorende werkzaamheden.
Taak	Ik heb mezelf voorgenomen om mijn scriptie voor 1 juni 2014 af te ronden en in te leveren voor de deadline.
Actie	Tijdens mijn afstudeerstage heb ik via een praktijknetwerk al veel informatie kunnen verzamelen dat betrekking had op mijn onderwerp. Echter had ik niet genoeg aan de tijd buiten de stage om de deadline te halen, daarom heb ik in overleg met mijn stagebieder aangegeven dat ik enkele dagen aan mijn scriptie ga besteden tijdens de stageperiode. Als tegenprestatie zal de stageperiode langer doorlopen dan in eerste instantie aangegeven, zodat ik wel voldoende dagen voor het afstudeerbedrijf werkzaam ben.
Resultaat	Doordat ik heb aangegeven dat ik tijdens de stage tijd moest vrij maken voor mijn scriptie en buiten de stage om in de avonden en weekenden aan mijn scriptie bezig was, is het gelukt om binnen de deadline mijn scriptie af te ronden.
Reflectie	Als het mogelijk was, zou ik in het najaar van 2013, beginnen met mijn scriptie te schrijven, of beginnen met de afstudeerstage, zodat niet alles in het voorjaar terecht komt. Ook zal ik volgende keer proberen om nog meer in het begin van de periode duidelijk te krijgen hoe ik het ga doen en tijdig beginnen met de resultaten te verzamelen.
Bewijsstukken	In de beoordeling scriptie staat de datum vermeld van de beoordeling. Met de stagebegeleider zijn afspraken gemaakt over de planning.

STARR*Naam competentie: globaliseren*

Situatie	Om informatie te verzamelen uit de praktijk had ik mezelf voorgesteld om bij verschillende telers langs te gaan voor een interview. Ook had ik technische gegevens nodig van de sensoren en berekeningstechniek.
Taak	Mijn doel was om een aantal telers, de leverancier van de bodemvochtsensoren en een fabrikant van berekeningstechniek te benaderen voor informatie.
Actie	Omdat het om mensen gaat die ik nog niet ken en bedrijven zijn die nieuw voor mij zijn heb ik geprobeerd om via het praktijknetwerk van mijn stage om aan de contactgegevens te komen. Via telefonische contact en via de mail heb ik de mensen en bedrijven benaderd om een afspraak te maken voor een interview.
Resultaat	Over het algemeen zijn de resultaten goed gelukt. Wel is het meerdere malen voorgekomen dat tijdens het schrijven van mijn scriptie nog een aantal vragen naar voren kwamen. Door de mensen nogmaals te bellen ben ik aan de benodigde aanvullende informatie gekomen. Om een goede financiële berekening te maken heb ik samen met ondernemersadviseur Jan Lucas Spijkman van Countus een bedrijfseconomische berekening gemaakt.
Reflectie	Het was voor mij interessant om nieuwe mensen te leren kennen en om met hun in gesprek te zijn. Voor mij was de materie van het beregenen ook nieuw en daarom extra interessant om daar meer van te weten. De volgende keer zal ik proberen de bedrijven eerder te benaderen, omdat zij zitten met de voorjaarswerkzaamheden.
Bewijsstukken	In zijn verschillende telers geïnterviewd, samen met de leverancier van de sensor en een leverancier van berekeningstechniek. Dit is opgenomen in de literatuurlijst.

Schriftelijke rapportage – checklist

Naam: Dennis Voshart
Titel verslag: Scriptie: Beregenen met behulp van een bodemvochtsensor
Klas: 4 tamo
Datum: 31 mei 2014

! Checklist moet zelf door de student worden ingevuld (vooraan afvinken) en bij het verslag worden gevoegd. Geén formulier is géén beoordeling.

! Onderdelen meteen * aangegeven zijn de zogenaamde **killing points**.

Zijn er meer dan vijf killing points aangekruist, dan moet het verslag op alle onvoldoende onderdelen worden verbeterd en opnieuw met de oude versie worden ingeleverd. **Let op: in het afstudeerwerkstuk zijn geen killing points toegestaan!**

Student	Docent
	O V
1. Rapport	
☒ *rapport is ingebonden	
2. Voorblad	
☒ aantrekkelijke layout (foto, illustratie)	
☒ auteur(s) (alfabetisch)	
3. Titelpagina	
☒ titel is specifiek	
☒ ondertitel is duidelijk	
☒ auteur(s) (alfabetisch)	
☒ plaats, datum	
☒ opdrachtgever	
4. Voorwoord	
☒ bevat aanleiding tot het schrijven van het verslag	
☒ bedankjes	

5. Inhoudsopgave

☒ *alle onderdelen van het verslag (6-11, paragrafen, subparagrafen) zijn vermeld en genummerd

☒ *pagina verwijzing is correct

☒ inhoudsopgave is overzichtelijk

6. Samenvatting (indien van toepassing)

☒ *samenvatting is verkorte versie van gehele verslag/opdracht en bevat geen persoonlijke mening

☒ samenvatting is gestructureerd (inleiding, kern, slot, alinea-indeling, subkopjes, signaalwoorden)

☒ samenvatting is zakelijk geschreven

7. Inleiding

☒ *inleiding nodigt uit tot lezen (blikvanger)

☒ *probleemstelling/onderzoeksvraag is duidelijk en specifiek

☒ *doelstelling is duidelijk en specifiek

☒ *methode informatievergaring/aanpak onderzoek is vermeld

☒ *opbouw verslag (korte inhoud per hfdst.) wordt aangegeven

8. Kern: opbouw hoofdstukken, paragrafen

☒ *hoofdstukken, paragrafen en subparagrafen zijn genummerd en duidelijk verschillend in opmaak

☒ hoofdstukken en (sub)paragrafen hebben passende titel

☒ hoofdstuk beslaat minimaal 2 pagina's

☒ nieuw hoofdstuk begint op nieuwe pagina

☒ *hoofdstukken worden duidelijk ingeleid

☒ nieuwe alinea wordt duidelijk weergegeven met witregel

☒ zinnen lopen door (geen ENTER binnen alinea)

☒ *figuren en tabellen zijn (door)genummerd

☒ *figuren en tabellen hebben passende titel

☒ *in tekst wordt verwezen naar figuren/tabellen

☒ *pagina's zijn genummerd en hebben aantrekkelijke opmaak

☒ *hoofdstukken bevatten geen plagiaat (zie toelichting z.o.z.)

Nederlands taalgebruik

- ☒ *grammatica/spelling¹ volgens criterium
- ☒ geschikt vocabulaire is gebruikt (geen jargon)
- ☒ juiste interpunctie is toegepast
- ☒ *verslag bevat geen spreektaal, is zakelijk geschreven
- ☒ *hoofdstukken (de kern) bevatten WEINIG TOT GEEN persoonlijke voornaamwoorden (bijvoorbeeld: ik, wij)
- ☒ *zinnen zijn volledig, geen telegramstijl

9. Conclusies en aanbevelingen

- ☒ *conclusies en aanbevelingen zijn gebaseerd op argumentatie uit de hoofdstukken
- ☒ kort en bondig
- ☒ bevatten geen nieuwe informatie

10. Literatuurlijst

- ☒ *literatuurlijst is opgesteld volgens officiële richtlijnen
- ☒ *literatuurlijst is volledig (alle bronnen worden vermeld)

11. Bijlagen

- ☒ *bijlagen zijn genummerd
- ☒ *bijlagen hebben passende titel
- ☒ *in de kern wordt naar elke bijlage specifiek verwezen
- ☒ bijlage bevat geen eigen analyse (eigen woorden)

12. Bronnen

- ☒ *ALLE bronnen die in literatuurlijst zijn opgenomen, worden in de tekst vermeld d.m.v. noten, citaten en voetnoten
- ☒ *citaten zijn niet langer dan 3 zinnen
- ☒ bronnen ondersteunen argumenten/facten (eigen tekst)
- ☒ bronnen worden op juiste plaats in de tekst weergegeven

Toelichting plagiaat

Bij het gebruik maken van bronnen zoals informatie uit boeken, internet, tijdschriften etc. moet voldaan worden aan een aantal regels. Indien deze regels niet in acht worden genomen spreekt men van plagiaat.²

Let hierbij op de volgende punten:

- neem alleen informatie over die FUNCTIONEEL is voor je verslag
- informatie die algemeen bekend is (feiten, algemene zaken), zelfs als die nieuw is voor jezelf, behoeft GEEN bronvermelding. Dit betreft bijv. informatie uit lesboeken, readers, encyclopedieën.
- bij informatie die meningen, conclusies, ideeën, getallen, percentages bevat moet ALTIJD de bron vermeld worden.
- onderstreep de informatie uit de bron die van belang is en geef IN JE EIGEN WOORDEN weer, zodat de stijl van schrijven hetzelfde blijft als de rest van je verslag. Geef aan het eind van de informatie die je gebruikt hebt de bron aan m.b.v. een voetnoot.

Het kopiëren van een internettekst met daarbij bronvermelding van de pagina is ook plagiaat (behalve in de bijlagen)!

Wat is plagiaat?

*Het woordelijk overnemen van (passages uit) het werk van een ander zonder aan te geven dat het anderszins woorden zijn en/of zonder vermelding van de precieze vindplaats van de passage.
Het parafraseren van (passages uit) het werk van anderen, zonder daarbij aan te geven dat de gedachtegang door iemand anders is bedacht en zonder de vindplaats van de gedachtegang aan te geven.
Het overnemen van ideeën uit anderszins werk zonder daarbij aan te geven dat het de ideeën van iemand anders zijn.³ Ter controle wordt het verslag door een zoekmachine gescand op plagiaat.

² Zie examenreglement C.3 voor gevolgen van plagiaat

³ www.rug.nl/noordster/schriftelijk/veaardigheden/voorstudenten/plagiaat

¹ Willekeurig gekozen pagina bevat niet meer dan 3 grammaticale, spel- en typefouten

IX. Beoordelingsformulier afstudeerwerkstuk

Naam student	
Naam beoordelaar	
Functie beoordelaar	1 ^e beoordelaar / 2 ^e beoordelaar
Versie	
Datum beoordeling	
Paraaf beoordelaar De beoordelaar is verantwoordelijk voor het correct invullen van dit formulier	

Toetsingscriteria (zie Leidraad Afstudeerwerkstuk):	Oordeel: O, of V
• Plagiaatcheck via Ephorus (alleen in te vullen (O/V) door afstudeerdocent)	O/V
• Rapportage (te beoordelen a.d.h.v. checklist schriftelijk rapporteren)	O/V
• Samenvatting in een buitenlandse taal	O/V

Beoordelingscriteria (zie Leidraad Afstudeerwerkstuk):	Oordeel: Cijfer
1. Hoofdstukindeling (opbouw)	
2. Relevantie	
3. Probleemstelling en doelstelling	
4. Diepgang en complexiteit (dubbele weging)	2 x ... =
5. Innovatie en creativiteit	
6. Discussie	
7. Conclusies	
8. Aanbevelingen	
9. Bronnenlijst	
totaal aantal punten	
Niet afgerond eindcijfer *)	: 10 =
*) Het eindcijfer (gemiddelde van de gegeven cijfers) mag alleen worden ingevuld als: - alle toetsingscriteria voldoende zijn - alle cijfers bij de beoordelingscriteria voldoende (5,5 of hoger) zijn. Is één van deze onderdelen onvoldoende, dan bij het eindcijfer invullen: ' <u>onvoldoende</u> '.	

Toelichting op de beoordeling: