

Vaste rijpaden-systeem doorgrond

Het effect van vaste rijpaden op onbereden teeltbedden



Naam: Lucas Bastiaansen
Instelling: Aeres Hogeschool
Opleiding: Agrarisch Ondernemerschap
Tuin- en Akkerbouw
Plaats: Dronten
Datum: 25-07-2019
Afstudeerbegeleiders: Sylvan Nysten
Derk van Balen

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



AERES
HOGESCHOOL

Afstudeeronderzoek rijpadensysteem

Het effect van rijpaden op onbereden teeltbedden

Auteur

Lucas Bastiaansen

Student Agrarisch Ondernemerschap – Tuin- en Akkerbouw

Bremerbergweg 22, 8256 PW, Biddinghuizen

3020993@aeres.nl

Tel.: 06 33197160

Datum & plaats

25-07-2019 – Aeres Hogeschool

De Drieslag 4, 8251 JZ, Dronten

Opdrachtgevers

Derk van Balen

Onderzoeker Duurzame Bedrijfssystemen

derk.vanbalen@wur.nl

WUR Open Teelten

Edelhertweg 1, 8219 PH, Lelystad

Tel.: 0320 291343

&

Sylvan Nysten

Docent/onderzoeker Duurzaam Bodembeheer

s.nysten@aeres.nl

Aeres Hogeschool

De Drieslag 4, 8256 JZ, Dronten

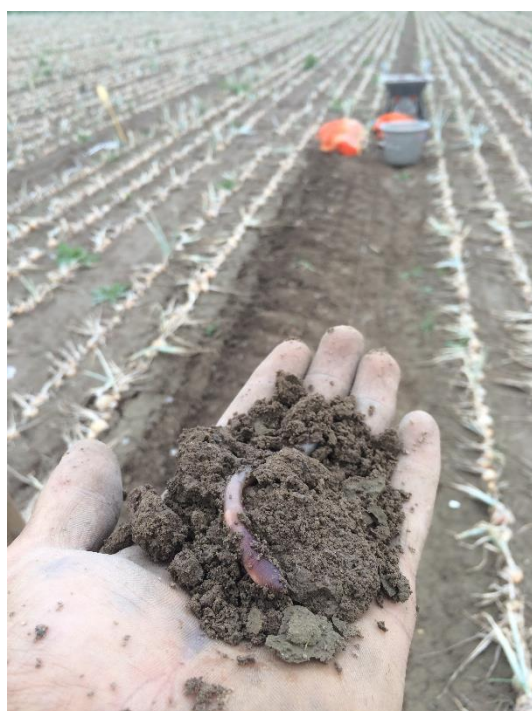
Tel.: 088 020 6000

Voorwoord

Dit rapport is geschreven in opdracht van de Aeres Hogeschool. Dit thema is gekozen wegens interesse in vaste rijpadenteelt en grondbewerking op de bodemstructuur. Dit vraagstuk is aangevoerd door Derk van Balen en Wiepie Haagsma van WUR Open Teelten en vanuit Aeres Hogeschool begeleidt door Sylvan Nysten. Daarnaast hebben Alex van Hoogtem, Leen Jan Reedijk, Jan Willem Bakker en Philip Kramer meegewerkt aan dit onderzoek door proefvelden beschikbaar te stellen voor diverse metingen.

Via deze weg bedank ik Derk, Wiepie en Sylvan voor de begeleiding en Alex, Leen Jan, Jan Willem en Philip voor de medewerking en delen van praktijkervaringen.

Lucas Bastiaansen, Dronten, 25-07-2019



Samenvatting

De Nederlandse landbouw wordt geconfronteerd met steeds meer uitdagingen. Het werk dient met minder arbeid verricht te worden, aangezien het aanbod van personeel afneemt en het werk efficiënter uitgevoerd dient te worden voor een lage kostprijs. Ondanks deze personeelsafname en de lagere kostprijs dient in de toekomst een grotere hoeveelheid voedsel per hectare geproduceerd te worden. Daar komt bij dat de afgelopen decennia dit arbeidsvraagstuk en de efficiëntie werd beantwoord met grotere en zwaardere machines, met alle gevolgen van dien voor de bodemkwaliteit. Deze bodemkwaliteit is en wordt de komende jaren echter een grote noodzaak om voldoende voedsel te produceren, zonder kwetsbaar te zijn voor klimaatverandering. Waar zwaardere mechanisatie geen positieve werking heeft op dit laatste, bieden vaste rijpaden echter antwoord op de genoemde uitdagingen. Onderzoek heeft de voordelen van rijpaden voor de gewasopbrengst, bodemkwaliteit en bodememissies al grotendeels aangetoond, maar toch ontbreekt er nog kennis over toepassing in de Nederlandse landbouw. In eerder onderzoek werden vaste rijpaden al toegepast en was zowel de gewasstand als de opbrengst consequent minder langs de vaste rijpaden. Het 'waarom' achter dit effect was echter nog niet bekend, maar is belangrijk om rijpaden in de Nederlandse landbouw beter te begrijpen. Het doel van dit onderzoek is dan ook om te onderzoeken wat de invloed van vaste rijpaden is op onbereden teeltbedden op lichte klei- en zavelgrond.

In dit onderzoek is daarvoor eerst gekeken naar de indringingsweerstand binnen het teeltbed, waarbij deze over de breedte van het teeltbed is gemeten. Door de uitkomsten vervolgens grafisch weer te geven, is overzichtelijk de potentiële bewortelingsdiepte te bepalen. Dit is gedaan voor zowel aardappels als uien bij in totaal 1 proefbedrijf en 5 biologische praktijkbedrijven, waarvan 1 controlebedrijf was zonder vaste rijpaden. Bij het proefbedrijf zijn de metingen uitgevoerd in een project, waar 3 verschillende grondbewerkingsvormen worden vergeleken. Vervolgens zijn ook opbrengstmetingen verricht bij dezelfde bedrijven, behalve het controlebedrijf, waarna de proefrooïngen vervolgens zijn gesorteerd. De bewortelingsdiepte en gewasopbrengst zijn ten slotte statistisch geanalyseerd met een gepaarde T-toets. Bij de proefrooïngen leek grondbewerking al een belangrijke factor in het effect van de vaste rijpaden op de opbrengst.

Vaste rijpaden hebben bij aardappels en uien en ploegen als hoofdgrondbewerking zowel een hogere indringingsweerstand als een lagere opbrengst van de kantrijen en –ruggen. De combinatie met gereduceerde grondbewerking laat echter geen duidelijk effect van de rijpaden zien op indringingsweerstand. De opbrengst blijft daarentegen in de meeste gevallen gelijk tussen de rijen of ruggen binnen een teeltbed.

Abstract

Dutch agriculture has to face more and more challenges in the future. For example, manpower will have to be used more efficient, due to the lower availability of labor and the need of a lower cost price. Despite the decline of personnel and the need for a lower cost price, the overall production/hectare needs to be increased. Over the years, this question about labor and more efficiency is solved with bigger and heavier farm equipment with its consequences for soil quality. The coming years, the soil quality is and will become more important to produce enough food, without being vulnerable to the consequences of climate change. Whereas heavy equipment won't be a solution to improve soil quality, controlled traffic farming can be and is a proper solution to the mentioned challenges. Research has already shown the advantages of controlled traffic farming for crop yields, soil quality and soil emissions. However, still a lot is unknown about use in Dutch circumstances. An earlier experiment in which controlled traffic farming was applied, the crop growth and yield of the rows next to the traffic lanes was consequently less, relative to the yield of the rows in the middle of the permanent beds. The explanation for this appearance was unknown, but important to understand controlled traffic farming for Dutch agriculture. The purpose of this research is to investigate the effect of the controlled traffic lanes to the permanent beds on light clay and loamy soils.

First, the penetration resistance is measured over the total width of the permanent bed. By processing the results in a wireframe contour model, the rooting depth can easily be defined. This is carried out in potato and onion crops at 1 experimental farm and 5 regular organic farms of which 1 was a control farm, which didn't apply controlled traffic farming. At the experimental farm, the measurements are carried out in a project, where 3 types of tillage systems are compared. After these, the yield measurements are taken at the same farms, but this time not at the control farm. Herewith 21 meters of onion row or potato ridge is harvested and sorted at each farm or tillage system. At last, the rooting depth and crop yields are analyzed statistically with a paired T-test.

At ploughing as tillage system, controlled traffic lanes result in a higher penetration resistance and a lower yield for the side row or ridge at a potato and onion crop. However, controlled traffic farming combined with a reduced tillage system show no clear effects of the traffic lanes on penetration resistance. The crop yield wasn't effected most of the times at this tillage system.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting.....	4
Abstract	5
1. Inleiding	8
1.1 Van Europees beleid naar vaste rijpaden.....	8
1.2 Huidig stand vaste rijpaden.....	9
1.3 Belang vaste rijpaden in de toekomst.....	10
1.3.1 Toenemende vraag personeel leidt tot zwaardere mechanisatie	10
1.3.2 Robotisering	10
1.3.3 Extremere weersomstandigheden	11
1.3.4 Toename voedselvraag.....	12
1.4 Bodemverdichting bij vaste rijpaden.....	13
1.5 Hoofd- en deelvragen.....	14
1.6 Doelstelling.....	14
2. Materiaal en methode.....	15
2.1 Indringingsweerstand binnen teeltbed aardappels	15
2.2 Indringingsweerstand binnen teeltbed uien	17
2.3 Opbrengst binnen teeltbed aardappels	18
2.4 Opbrengst binnen teeltbed uien	19
3. Resultaten.....	20
3.1 Indringingsweerstand binnen teeltbed aardappels	20
3.1.1 Controle-object – Bastiaansen (RTF) – consumptie-aardappels	21
3.1.2 Bakker – pootaardappels.....	22
3.1.3 SPNA – pootaardappels	23
3.1.4 Van Hootegem – consumptie-aardappels.....	24
3.1.5 BASIS – consumptie-aardappels	25
3.2 Indringingsweerstand binnen teeltbed zaai-uien	28
3.2.1 Reedijk – zaai-uien.....	29
3.2.2 BASIS – zaai-uien	30
3.3 Opbrengst binnen teeltbed aardappels	33
3.3.1 Bakker – pootaardappels.....	33
3.3.2 SPNA – pootaardappels	35
3.3.3 Van Hootegem – consumptie-aardappels.....	37
3.3.4 BASIS – consumptie-aardappels	39
3.4 Opbrengst binnen teeltbed zaai-uien.....	43

4.	Discussie	45
5.	Conclusie en aanbevelingen	48
5.1	Conclusie	48
5.2	Aanbevelingen	49
	Bronvermelding	50
	Bijlages	52
	Bijlage 1: Invulijst gebruikers vaste rijpaden	52
	Bijlage 2: Statistische analyse bewortelingsdiepte en gewasopbrengst	56
	Bijlage 2.1: Bakker – pootaardappels	56
	Bijlage 2.2: SPNA – pootaardappels	56
	Bijlage 2.3: Van Hootegem – consumptie-aardappels	57
	Bijlage 2.4: BASIS – consumptie-aardappels	57
	Bijlage 2.5: Reedijk – zaai-uien	59
	Bijlage 2.6: BASIS – zaai-uien	60

1. Inleiding

Dit rapport zal ingaan op de bodemverdichting welke uitstraalt naar het teeltbed vanuit de vaste rijpaden. Hiervoor is het echter belangrijk om te weten waarom vaste rijpaden gebruikt worden en wat deze voor nut hebben voor de bodem en het gewas. Hierbij zal tevens de link worden gelegd met de ontwikkeling van de Nederlandse landbouw vanaf de 2^e wereldoorlog en de daarbij behorende toekomstverwachting.

1.1 Van Europees beleid naar vaste rijpaden

Sinds de 2^e wereldoorlog zijn primaire bedrijven in Nederland sterk veranderd. Voor de 2^e wereldoorlog lag de stimulans vanuit de overheid nog op kleine landbouwbedrijven. Deze bedrijven waren vaak arbeidsintensief, maar zorgden wel voor een inkomen, mede dankzij de groeiende export. Na de oorlog begint Nederland aan de wederopbouw, waarbij industrieën, de dienstensector en de landbouwproductie gestimuleerd worden door onder andere de Marshallhulp. Kleine agrarische bedrijven kunnen echter de groei van de inkomens niet bijbenen. Als oplossing hiervoor vindt onder meer specialisatie, mechanisatie en schaalvergroting plaats. Boeren op leeftijd zonder opvolger worden uitgekocht om andere boerderijen te laten groeien en handenarbeid en paarden worden vervangen door mechanisatie om hiermee efficiëntere productie mogelijk te maken. De Nederlandse landbouw krijgt te maken met Europese wet- en regelgeving, door het verdrag van Rome uit 1958. Het markt- en prijsbeleid wordt het belangrijkste instrument, door het uitblijven van een structuurbeleid op Europees niveau. Dit markt- en prijsbeleid zorgt voor een constante stimulans van productiviteitsverhoging, wat wederom wordt opgevangen met schaalvergroting en grotere mechanisatie (Bergh, 2004).

Deze trend is nog altijd zichtbaar en wordt tevens versterkt door de toenemende schaarste van kundig personeel. Grotere mechanisatie geeft hierin zekerheid om het werk af te krijgen in dezelfde tijd, waardoor geen extra personeel nodig is. Na inventarisatie bij grote landbouw- en loonwerkbedrijven blijken de wiellasten verdubbeld in de periode van 1980 tot 2010. Dit geldt echter niet voor de bandbreedtes, welke slechts met 70% zijn toegenomen. Dit leidt ertoe dat de bodemdruk op 25 cm diepte gelijk is gebleven, maar de druk op 40 en 50 cm diepte met 10% en 20% is toegenomen (Vermeulen, Verwijs, & Akker, Vergelijking van de bodembelasting bij agrarisch veldwerk in 1980 en 2010, 2013). Dit vergroot het risico op ondergrondverdichting, wat de weerbaarheid van de bodem onder druk zet en daarmee de gewasopbrengst en -kwaliteit kan aantasten.

In 1976 is er echter al besef van de bodemverdichting door groter wordende mechanisatie en wordt een meerjarige proef (1976-1984) aangelegd om de kansen van vaste rijpaden te inventariseren (zie figuur 1.1). Hierin bleek dat de energiebehoefte (denk aan brandstof, etc.) voor de productie werd gehalveerd door gebruik van vaste rijpaden. De opbrengsten namen echter slechts tussen de 0 en 10% toe, waardoor de conclusie uit dit onderzoek is dat de financiële haalbaarheid van vaste rijpaden nog een vraagteken is (Lamers, Perdok, Lumkes, & Klooster, 1986). Verder werd een groter porievolume geconstateerd in de objecten met vaste rijpaden, wat een positief teken kan zijn met betrekking tot het vochtbergend vermogen en de bodemweerbaarheid.

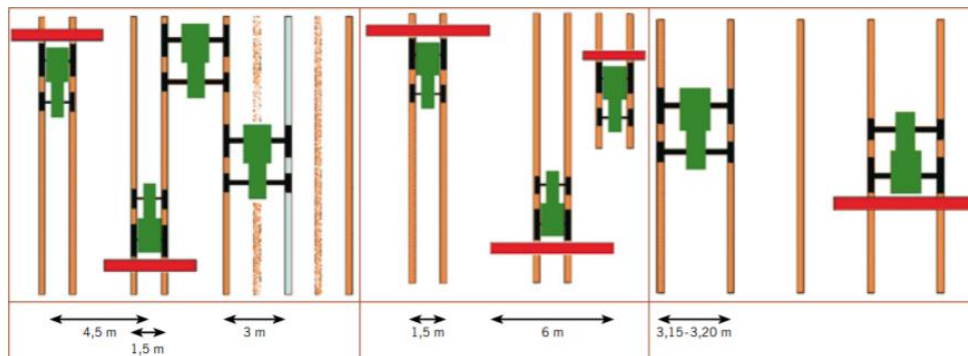


Figuur 1.1: Onderzoek naar kansen van vaste rijpaden in 1976-1984 (Lamers, Perdok, Lumkes, & Klooster, 1986)

Naast opbrengstzekerheid heeft een poreuze bodem ook als voordeel dat deze sneller opdroogt dan een compacte grond en daarmee eerder toegankelijk is in het voorjaar. Echter droeg dit voordeel niet bij aan verdere ontwikkeling gedurende die jaren.

1.2 Huidig stand vaste rijpaden

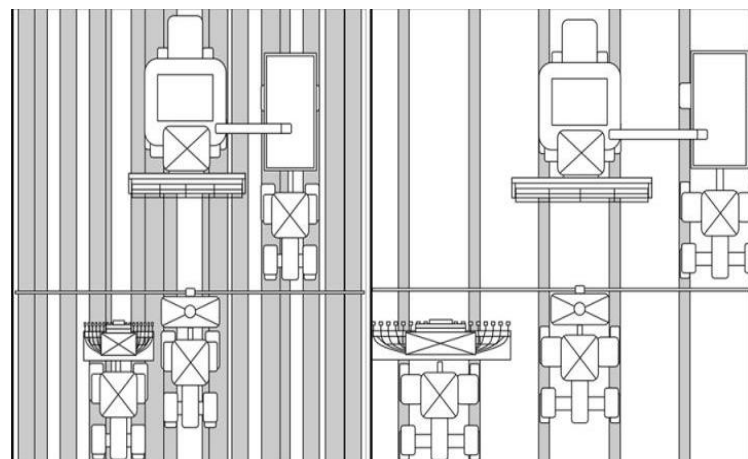
Al jaren worden vaste rijpaden toegepast onder Nederlandse akkerbouwers en waarbij verschillende spoorbreedtes worden gehanteerd. Veel voorkomende spoorbreedtes hierbij zijn 3 (3,0 t/m 3,2), 2,25 en 1,5 meter, al is het aandeel 2,25 meter hierbij klein. Dit is namelijk geen gebruikelijke werkbreedte voor machinebouwers, waardoor het mechanisatieaanbod bij deze breedte klein is. 1,5 Of 3 meter spoorbreedte is om deze reden een meer voor de hand liggende keuze. Bij deze twee



Figuur 1.2: Drie rijpadensystemen. Links een rijpadensysteem van 4,5 m werkbreedte en 1,5 m spoorbreedte gecombineerd met 3 m voor bijvoorbeeld ruggenteelten. In het midden een systeem met 6 m werkbreedte en 1,5 m spoorbreedte. Bij dit systeem kan een extra rijpad worden aangelegd in geval van een teelt op 3 m. Rechts een systeem op 3 m of iets ruimer (Bernaerts, Vaste rijpaden bieden veel voordeel, 2009).

breedtes dient een ondernemer voor zichzelf af te wegen of transport over de weg voor lastige situaties zorgt en daarbij beter voor 1,5 meter kan kiezen. De verwachting is echter dat in de praktijk met 3 meter paden het minste opbrengstverlies optreedt, doordat bij deze spoorbreedte de oppervlakte waar de bodem verdicht is, beperkt blijft (zie figuur 1.2).

In het buitenland wordt, in het geval van maaigewassen, al meer gebruik gemaakt van vaste rijpaden. Hierbij wordt naast spoorbreedtes ook gezocht naar overeenkomende werkbreedtes. Hierbij zijn vaak de cultivator, zaai- en oogstmachine van dezelfde werkbreedte, waarbij de gewasbescherming en bemesting in een aantal gevallen in dubbele of nog grotere werkbreedtes wordt uitgevoerd (zie figuur 1.3). Hierbij wordt gemiddeld 10% hogere opbrengsten behaald door het



Figuur 1.3: Links: Volledige berijding van het veld Rechts: Permanente rijpaden

gebruik van vaste rijpaden (Li, Tullberg, & Freebairn, 2007), terwijl bij 3,15/3,2 meter spoorbreedte het verlies van teeltoppervlak door de onbeteelde rijpaden slechts 6-7% is. Naast een hogere opbrengst wordt tevens een verlaging van het energieverbruik gerealiseerd, wordt de uitstoot van lachgas gereduceerd en blijft meer methaangas opgeslagen in de grond (Vermeulen & Losada, Soil, crop and emission responses to seasonal-controlled traffic in organic vegetable farming on loam soil, 2009). Daarnaast neemt het aantal bewerkbare dagen toe door de extra draagkracht van de

vastgereden paden. Deze extra dagen maken het voor biologische en gangbare telers mogelijk eventueel een optimaler moment te vinden voor de gewasverzorging of andere werkzaamheden (Bernaerts, Vaste rijpaden bieden veel voordeel, 2009).

1.3 Belang vaste rijpaden in de toekomst

De toekomst van de Nederlandse landbouw zal naar verwachting voornamelijk beïnvloed worden door een aantal factoren, welke hieronder staan uitgewerkt.

1.3.1 Toenemende vraag personeel leidt tot zwaardere mechanisatie

Vlak na de recessie (2008/2009) is de hoeveelheid personeel in de landbouwsector hard teruggelopen, waarbij dit aantal het laagst is in de jaren 2014 en 2015 (zie tabel 1.1). Dit geldt tevens voor het aantal aanwezige

vacatures, al is echter in de opvolgende jaren een duidelijk herstel zichtbaar van beide variabelen. Het toenemende aantal vacatures is tevens terug te horen in het aantal ondernemers dat aangeeft het arbeidstekort als een belemmering te ervaren. Dit aandeel is nog 2,8% van de agrarische ondernemers in 2015, maar stijgt door naar 3% in 2016 en 8% in 2017 (Couzy, 2018).

Tabel 1.1 Arbeid in de landbouw (CBS Statline, 2019) (CBS Statline, 2019)

Arbeid in de landbouw		
Perioden	Aantal vervulde banen	Aantal vacatures
2008	n.b.	2900
2009	n.b.	1700
2010	96800	1200
2011	95200	1300
2012	95600	1200
2013	94500	1000
2014	93300	900
2015	93000	1000
2016	94700	1100
2017	96800	1500
2018	n.b.	2200

In het geval van dit laatste is het te verwachten dat agrarisch ondernemers op deze belemmering reageren door de arbeidsefficiëntie te verhogen. Een eenvoudige en voorspelbare manier is het investeren in grotere mechanisatie, waardoor dezelfde oppervlakte bewerkt kan worden met minder arbeidsuren. Grotere mechanisatie brengt, zoals in het verleden is ervaren, een hogere bodemdruk met zich mee, wat tot een groter risico op bodemverdichting leidt. Een andere manier van efficiënter te werken is het gebruik van vaste rijpaden, waarbij de bodemstructuur gespaard blijft (tussen de rijpaden) en er minder bewerkingen nodig zijn. Bovendien bieden de vaste rijpaden arbeidscomfort tijdens het werk, doordat deze tevens als looppaden fungeren (Jonkheer, Rijpaden voor kwaliteitspootgoed, 2017). Daarnaast laat een onkruidtelling in 2004 zien dat bij vaste rijpaden 27% minder onkruiden verschijnen in vergelijking met het volvelds berijden van het land. Naar verwachting komt dit door het over de volle breedte aandrukken van onkruidzaden en daarmee een groter kiemaantal van onkruiden (Groeneveld & Vermeulen, 2003).

1.3.2 Robotisering

Naast grotere mechanisatie kan robotisering ook een uitkomst zijn om belemmering door een arbeidstekort op te heffen, aangezien een robot zonder of met minder arbeid taken kan vervullen (Weide, et al., 2008). De verwachting is bovendien dat robots deze taken binnen een gelijk aantal dagen kunnen verrichten, maar met een lager eigen gewicht, doordat robots geen rust hoeven te houden en zo meer uren per dag effectief bezig kunnen zijn. Daarnaast kunnen naar verwachting



Figuur 1.4: AgrolIntelli Robotti

meerdere robots tegelijk werken zonder dat extra arbeid nodig is. Bij WUR Open Teelten is recent een dergelijke robot aangeschaft, welke eerst gebruikt zal worden voor het uitvoeren van metingen en waarnemingen (zie figuur 1.4). Momenteel is dit nog de eerste robot in Nederland en hiermee zullen dan ook eerst de nodige tests uitgevoerd worden om het huidige concept te verbeteren. Deze robot zal tevens werken vanuit seizoensrijpaden op 3,15 meter spoorbreedte, wat zeer goed mogelijk is door het gebruik van RTK-GPS van AG-Leader (Boom, 2019). De verwachting is dat over 5 à 10 jaar de eerste telers pas de stap naar robotisering zullen maken, aangezien het nog niet wettelijk is toegestaan om zonder toezicht een dergelijke robot te laten rijden. Bovendien is AgriIntelli de enige fabrikant die een praktijkrijp exemplaar kan leveren, wat de verwachting geeft dat de robottechniek momenteel nog niet klaar is voor een grootschalige toepassing in de praktijk (Bac, Henten, Hemming, & Edan, 2014).

1.3.3 Extremere weersomstandigheden

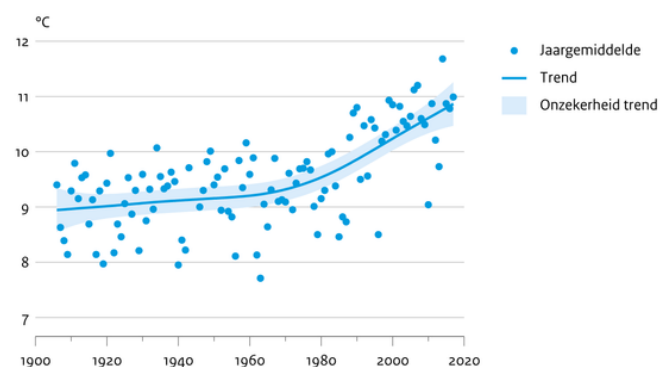
Het klimaat op aarde verandert elk jaar een stukje en deze verandering is een natuurlijke tendens, welke zich om de zoveel eeuwen herhaalt. Momenteel beweegt de klimaatverandering zich in de trend van opwarming van de aarde in zijn geheel, waarbij dit het snelst leek te gaan in de afgelopen 30 à 40 jaar, namelijk met gemiddeld $0,04^{\circ}\text{C}/\text{jaar}$ (zie figuur 1.5; (CLO, 2018)).

Tussen 1901 en 2015 is tevens een lichte stijging zichtbaar in de jaarlijkse neerslagsom van gemiddeld $1,75 \text{ mm}/\text{jaar}$ (zie figuur 1.6). Deze toename is terug te zien in alle seizoenen, behalve de zomerperiode. Daarnaast zijn in de periode van 1951 tot 2013 het aantal zomerdagen met meer dan 20 mm/dag en winterdagen met meer dan 10 mm/dag neerslag toegenomen (CLO, 2016).

De opwarming gaat echter sneller dan normaal, waarbij de oorzaak waarschijnlijk te vinden is bij de groeiende wereldbevolking in combinatie met een toenemende welvaart. Naast deze opwarming is tevens een toename te verwachten van de jaarlijkse neerslag en het aantal dagen dat het meer dan 10 mm (op een winterdag) en 20 mm (op een zomerdag) regent. Voor de hoeveelheid neerslag per seizoen is de verwachting dat deze in ieder geval toe zal nemen in de herfst, winter en lente. Over de zomer is nog geen zekerheid, maar naar verwachting zullen hier langere en intensievere droogteperiodes merkbaar zijn door toenemende verdamping (Peter Kuipers Munneke; Kennisdag Bodem en Water; 04-02-2019).

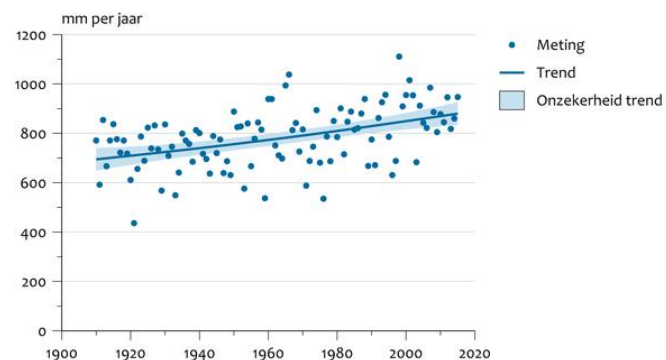
De Nederlandse landbouw is zeer afhankelijk van de weersomstandigheden, al kan een teler zich hier op voorbereiden door te zorgen voor een goede bodemkwaliteit. Een goede bodem heeft immers

Jaartemperatuur op vijf KNMI-hoofdstations



Bron: KNMI

Hoeveelheid neerslag



Bron: PBL

Figuur 1.6: Jaarlijkse neerslagsom

PBL/mrt18
www.clo.nl/nlo22611

PBL/mrt16
www.clo.nl/nlo50806

een goed doorlatend en vochtbergend vermogen wat nodig is bij extreme regenval en een grote bodemvoorraad en goede structuur zorgen voor weerbaardere gewassen bij extreme droogte. Bovenstaande bodemeigenschappen zullen zelfs nog belangrijker zijn wanneer droogte en regenval extremer worden. Het belang van bovengenoemde bodemeigenschappen komt echter onder druk te staan wanneer de mechanisatie op landbouwbedrijven zwaarder blijft worden. In plaats hiervan bieden vaste rijpaden meer potentie voor efficiëntere landbouwproductie, aangezien de genoemde bodemeigenschappen optimaal behouden blijven. Dit en draagkrachtige rijpaden dragen op deze manier bij aan meer werkbare dagen en daarmee meer opbrengstpotentie (Jonkheer, Buiten de gebaande paden denken, 2010). In 1.4 zal verder op de rijpaden worden ingegaan.

1.3.4 Toename voedselvraag

Naar verwachting zal de komende jaren de wereldbevolking groeien en daarmee de vraag naar voedsel (Iaccarino, 2019). Hiervoor zal de huidige landbouwproductie vergroot moeten worden, zonder de milieu-impact te vergroten. Op beide punten kunnen vaste rijpaden een belangrijke rol vervullen, aangezien de opbrengst in een groot aantal gewassen stijgt en er een reductie van lachgas- en methaanemissie behaald kan worden ten opzichte van standaard berijding (Tullberg, L'Antille, Bluett, Eberhard, & Scheer, 2018).

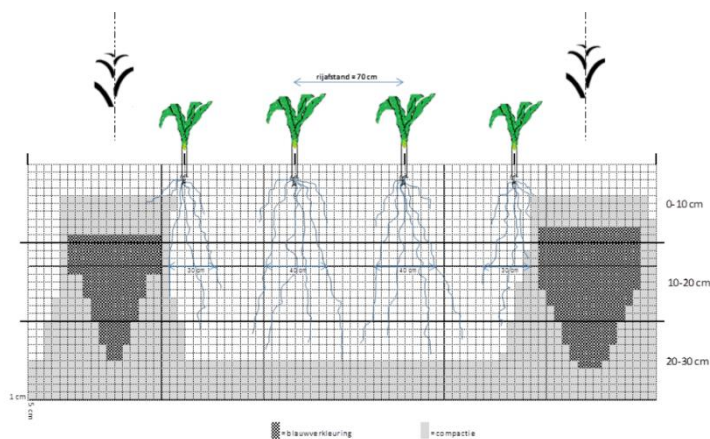
1.4 Bodemverdichting bij vaste rijpaden

Met het oog op verandering van het klimaat en het efficiënter omgaan met arbeid zijn robotisering en vaste rijpaden duurzame investeringen voor de lange termijn. Robotisering is op de korte termijn echter niet praktijkrijp, terwijl dit bij vaste rijpaden wel het geval is. Daarom zal in dit rapport in worden gegaan op vaste rijpaden en in dit geval 3,15/3,2 meter spoorbreedte.

Bij WUR Open Teelten worden sinds 2009 vaste rijpaden toegepast, waarbij onderzoek wordt gedaan naar verschillende grondbewerkingsvormen. Hierbij gaat het om jaarlijks 23 cm diep ploegen, gereduceerde grondbewerking met woelen na de oogst en gereduceerde grondbewerking zonder woelen na de oogst. Deze grondbewerkingsvormen laten elk jaar verschillen in onder andere opbrengst en gewasstand zien, maar ook de gewasstand langs rijpaden ten opzichte van het midden van het teeltbed verschilt, afhankelijk van het gewas.



Figuur 1.7: Verschil in gewasstand aardappels (Wijk, Sukkel, & Gruppen, 2015)



Figuur 1.8: Bodembeoordeling a.d.h.v. een profielkuil (Delanote, France, & Decuyper, 2016)

In 2014 werd bij aardappels als monocultuur een gemiddeld opbrengstverschil gemeten van 5,7 t/ha tussen de binnenste ruggen en de buitenste 2 ruggen (Wijk, Sukkel, & Gruppen, 2015). Hetzelfde werd gevonden bij een proef met prei in 2016, waarbij werd gekeken naar de verschillen in opbrengst bij gebruik van vaste rijsporen en bij normale spoorbreedte. Hierbij lag de opbrengst van de rij naast het rijpad 18,6% lager dan de binnenste rijen

(Delanote, France, & Decuyper, 2016). Als basis deze 2^e proef gold dat gebruik gemaakt werd van gereduceerde grondbewerking met woelen en dat jaar voor het eerst vaste rijpaden werden gebruikt. In de proef van Wijk, Sukkel en Gruppen werd de helft jaarlijks geploegd en werd op de andere helft tot op heden 4 jaar gereduceerde grondbewerking toegepast.

De oorzaak van de gevonden opbrengstverschillen wordt gezocht in de bodemverdichting welke uitstraalt vanuit de rijpaden naar het onbereden teeltbed en daarmee zorgt voor een lagere beschikbaarheid van doorwortelbare grond, vocht, zuurstof en nutriënten. Het gevolg hiervan is dat een plant minder voedingsstoffen op kan nemen en in productie achterblijft (zie figuur 1.7 & 1.8). Vanuit de praktijk wordt deze verwachting ook uitgesproken, al is dit nog niet onderzocht.

In dit rapport zal dan ook gemeten worden wat de rijpaden voor invloed hebben op de bodemstructuur van de onbereden teeltbedden. Vervolgens zal onderzocht worden of vaste rijpaden voor opbrengstverschillen zorgen, aangezien dit nu 2 keer gemeten is. De resultaten hiervan zullen statistisch worden geanalyseerd, waarna gekeken zal worden of er een correlatie zichtbaar is tussen de indringingsweerstand en de opbrengst.

1.5 Hoofd- en deelvragen

Naar verwachting zal de komende decennia het risico op bodemverdichting toenemen, waardoor vaste rijpaden een interessante betekenis kunnen hebben voor de Nederlandse landbouw. Echter is nog niet bekend wat meerjarig gebruik van vaste rijpaden voor gevolgen heeft op opbrengst binnen het teeltbed en welke andere factoren bijdragen aan de bodemverdichting onder en naast het pad. In dit rapport zal daarom gekeken worden naar de bodemverdichting welke ontstaat door meerjarige vaste rijpaden en de invloed hiervan op de opbrengst per rug of rij in een teeltbed. Hierbij is de hoofdvraag:

Wat is de invloed van vaste rijpaden op onbereden teeltbedden op lichte klei- en zavelgrond?

Deze hoofdvraag zal beantwoord worden aan de hand van de volgende deelvragen:

- 1. Wat is de invloed van vaste rijpaden op de indringingsweerstand binnen het teeltbed voor aardappelen?***
- 2. Wat is de invloed van vaste rijpaden op de indringingsweerstand binnen het teeltbed voor uien?***
- 3. Wat is de invloed van vaste rijpaden op de plantaardige opbrengst van aardappelen binnen het teeltbed?***
- 4. Wat is de invloed van vaste rijpaden op de plantaardige opbrengst van uien binnen het teeltbed?***

1.6 Doelstelling

Het doel van dit rapport is om te achterhalen wat de invloed is van vaste rijpaden op onbereden teeltbedden op lichte klei- en zavelgrond. De hypothese is als volgt:

De potentiële bewortelingsdiepte bij aardappelen is vlak naast het rijpad aanzienlijk minder dan midden in het teeltbed. Voor uien is dit tevens het geval, waarbij het grootste verschil in potentiële bewortelingsdiepte denkbaar is tussen de buitenste 2 en de binnenste 2 rijtjes. Dit zal vervolgens ook zijn weerslag hebben op de plantaardige opbrengst van beide gewassen (Delanote, France, & Decuyper, 2016). Bij zowel de aardappels als de uien zullen de buitenste rijtjes en ruggen een significant lagere opbrengst geven (Wijk, Sukkel, & Gruppen, 2015).

2. Materiaal en methode

In dit hoofdstuk zullen de gekozen werkwijze, methode en middelen beschreven en onderbouwd worden. Dit om te achterhalen wat de invloed van vaste rijpaden is op onbereiden teeltbedden op lichte klei- en zavelgrond. Dit zal per deelvraag gedaan worden voor aardappels en uien, waarna de resultaten van deze werkwijze in de rest van het afstudeerwerkstuk zullen worden benoemd.

2.1 Indringingsweerstand binnen teeltbed aardappels

In deze deelvraag zal gekeken worden naar de invloed van vaste rijpaden op de indringingsweerstand bij aardappels. Op basis van deze weerstand zal vervolgens de bewortelbare diepte vastgesteld worden per rug. In dit geval zal deze elke 15 cm binnen het teeltbed gemeten worden door middel van een penetrologger (zie figuur 2.1), aangezien dit een goedkope en snelle methode is om het bodemprofiel tot een diepte van 80 cm in kaart te brengen. Doordat de handelingen weinig tijd vragen, kunnen veel herhalingen verricht worden wat de betrouwbaarheid ten goede komt. Voor een gelijke afstand binnen het teeltbed wordt een plank gebruikt, waarin de meetgaten op 15 cm afstand zijn voorgeboord. Deze methode van indringingsweerstand meten is echter ongevoelig voor heterogeniteit en porositeit van de bodem. Een verdichte bodem bevat over het algemeen meer fijne poriën, welke vaak vocht bevatten, waardoor in het geval van klei de grond gemakkelijker vervormt en daarmee minder weerstand vraagt (Holm, Merckx, Orshoven, Diels, & Elsen, 2010). Wanneer grond dus verdicht is en hierdoor vochtiger, wordt hier vaak niet de correcte indringingsweerstand gemeten. Ondanks deze beperking geeft een penetrologger wel een redelijk beeld van bodemverdichting (Eijkelkamp, 2013) en zijn de metingen bij voldoende herhalingen te vergelijken (Baio, Scarpin, Roque, & Neves, 2017). Een belangrijke voorwaarde is dat de metingen op dezelfde dag zijn uitgevoerd.



Figuur 2.1: Plank met voorgeboorde gaten en penetrologger

Voor het moment van meten is bewust gekozen om dit van begin tot half mei te doen, zodat de bodem niet te droog of te nat zal zijn. De metingen zullen plaatsvinden bij 5 akkerbouwbedrijven, waarvan 2 proefbedrijven (WUR Open Teelten Lelystad & SPNA Kollumerwaard) en 1 bedrijf met standaard berijding (controle). Deze standaard berijding wordt ook wel Random Traffic Farming, of RTF, genoemd. In tabel 2.1 staan de bedrijven en de gewassen benoemd, met een toelichting of dat deze biologisch of gangbaar geteeld worden en wat de hoofdgrondbewerking is voor deze teelt.

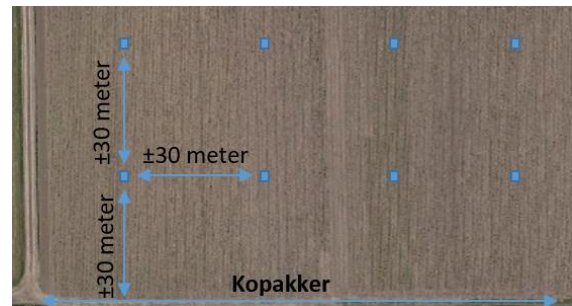
Tabel 2.1: Locaties metingen indringingsweerstand

Bedrijf	Gewas	Biologisch/Gangbaar	Grondbewerking
BASIS (WUR Open Teelten)	Consumptie-aardappels	Biologisch	Ploegen & gereduceerd met en zonder woelen
Bakker	Pootaardappels	Biologisch	Gereduceerd met woelen (herfst)
SPNA	Pootaardappels	Biologisch	Gereduceerd met woelen (herfst)
Van Hootegem	Consumptie-aardappels	Biologisch	Gereduceerd met woelen
Bastiaansen	Consumptie-aardappels	Biologisch	Ondiep ploegen (15 cm)

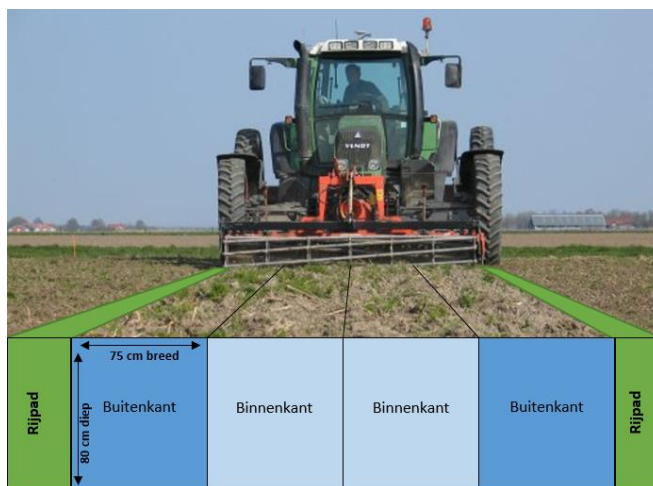
In tabel 2.1 is te zien dat in het project BASIS (onderzoeksproject naar verschillen tussen hoofdgrondbewerkingen) 3 verschillende grondbewerkingsvormen gehanteerd worden, aangezien dit project draait om het vergelijken van deze grondbewerkingen. In de resultaten en conclusie zullen de effecten van de rijpaden dan ook apart van de grondbewerkingen gemeten en beoordeeld worden. Hierbij zullen de verschillende grondbewerkingsvormen als volgt genoemd worden:

- ST (standaard) = ploegen
- MT-W (minimal tillage – woelen) = gereduceerde grondbewerking met woelen na de oogst
- MT (minimal tillage) = gereduceerde grondbewerking zonder woelen na de oogst

Doordat de metingen afhankelijk zijn van het bodemvochtgehalte is gekozen om meer dan 10 herhalingen uit te voeren (Eijkelkamp, 2013). Per praktijkbedrijf wordt zodoende 8 keer de plank neergelegd, wat tot 16 herhalingen komt, aangezien de plank zich tussen 2 rijpaden bevindt en 1 herhaling vlak naast het rijpad tot het midden van het teeltbed telt. Wanneer tijdens de meting ongewone weerstand wordt ondervonden, zal de meting herhaald worden. De herhalingen worden op minimaal 30 en minimaal 60 meter van de kopakker uitgevoerd (zie figuur 2.2). Hierbij wordt tevens in overleg met het bedrijf afgestemd waar de metingen het best uitgevoerd kunnen worden en de meetwaarden representatief zijn voor het perceel. Bedden welke het beste vermeden kunnen worden zijn bijvoorbeeld oogstpaden voor bloemkool en plekken waar een machine heeft vastgestaan. Bij het meten van de indringingsweerstand bij bestaande aardappelruggen dienen de ruggen eerst te worden gevlakt, voordat op deze plek gemeten wordt.



Figuur 2.2: Plek van meten indringingsweerstand



Figuur 2.3: Indeling binnen teeltbed

De gemeten waardes worden vervolgens met Microsoft Excel omgezet naar een geschikte manier om passende figuren (contourdraadmodellen) van te maken. In de resultaten zal eerst het figuur van normale berijding worden bekeken. Vervolgens worden de figuren van de bedrijven met vaste rijpaden beoordeeld. De breedte van het teeltbed zal opgesplitst worden in 4 vakken (zie figuur 2.3). Aan de hand van de figuren zal de potentiële bewortelingsdiepte vergeleken worden tussen 'Buitenkant' (Buiten) en 'Binnenkant' (Binnen). Het verschil tussen deze zal

vervolgens getoetst worden door middel van een gepaarde T-toets met 95% nauwkeurigheid (Zijden, Kruk, & Zevenhoven, 2011). De bewortelingsdiepte is niet gemeten, maar zal bepaald worden aan de hand van de Excelfiguren. Hierbij wordt aangenomen dat een plant niet in een bodem kan wortelen van meer dan 1,5 mPa indringingsweerstand, gemeten met een penetrologger en conus van 1 cm² (Hefner, Labouriau, Nørremark, & Kristensen, 2019). In feite halveert de bewortelingsnelheid bij deze weerstand en stopt de wortelgroei bij 3 mPa (Locher & Bakker, 1987). In dit onderzoek zal 1,5 mPa als grens aangehouden worden.

2.2 Indringingsweerstand binnen teeltbed uien

Voor deelvraag 2 zal dezelfde aanpak worden gekozen als bij deelvraag 1, al zullen een aantal kleine stappen verschillen. Ook hier wordt gekeken naar de invloed van vaste rijpaden op de indringingsweerstand, alleen in dit geval bij uien. Op basis van deze weerstand wordt vervolgens de bewortelbare diepte vastgesteld per rij. Hierbij wordt de breedte van het teeltbed niet in 4, maar in 8 delen opgedeeld (zie figuur 2.4). Deze delen zullen benoemd worden als 'Rij 1', 'Rij 2', 'Rij 3' en 'Rij 4'; op volgorde van naast het rijpad tot midden in het teeltbed.

Voor het moment van de metingen zal gekozen worden om deze tevens van half tot eind mei uit te voeren, zodat de bodem naar verwachting niet te nat of te droog zal zijn. Deze metingen in de uien zullen plaatsvinden bij WUR Open Teelten en 1 praktijkbedrijf (zie tabel 2.2). Bij het proefbedrijf zal weer onderscheid worden gemaakt tussen de

grondbewerkingsvormen ST en MT-W, maar zal MT vervangen zijn door SP (shallow ploughing). De vorm MT is hier namelijk gewijzigd naar 'geoptimaliseerd ondiep ploegen', dat wil zeggen; 15 cm diep

ploegen voor fijnzadige gewassen zoals uien en peen en gereduceerde grondbewerking met woelen bij de overige teelten. Bij het praktijkbedrijf wordt in het najaar één keer in de 3 jaar tussen de 15 en 18 cm diep geploegd. De overige jaren wordt niet geploegd, in verband met 2-jarige gras/klaver.

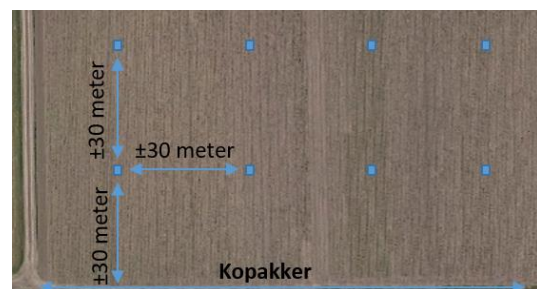


Figuur 2.4: Indeling binnen teeltbed

Tabel 2.2: Locaties metingen indringingsweerstand

Bedrijf	Gewas	Biologisch/Gangbaar	Grondbewerking
BASIS (WUR Open Teelten)	Zaai-uien	Gangbaar	Ploegen, geoptimaliseerd ondiep ploegen & gereduceerd met woelen
Reedijk	Zaai-uien	Biologisch	Ondiep ploegen (15-18 cm)

De metingen zullen met de penetrologger wederom elke 15 cm binnen het teeltbed (zie figuur 2.1). Voor deze deelvraag geldt hetzelfde doel als bij deelvraag 1; het in kaart brengen van de indringingsweerstand over de volledige breedte van een teeltbed tot een diepte van 80 cm. Voor deze metingen zal wederom de plank gebruikt worden, welke goed is voor 2 herhalingen. De plank zal 8 keer per object neergelegd worden, zodat 16 herhalingen uitgevoerd worden per praktijkbedrijf of grondbewerkingsvorm. Wanneer tijdens de meting ongewone weerstand wordt ondervonden, zal de meting herhaald worden. De herhalingen worden op minimaal 30 en minimaal 60 meter van de kopakker uitgevoerd (zie figuur 2.5). Hierbij wordt tevens in overleg met het praktijk- en proefbedrijf afgestemd waar de metingen het best uitgevoerd kunnen worden en de meetwaarden representatief zijn voor het perceel. Bedden welke het beste vermeden kunnen worden zijn bijvoorbeeld oogstpaden voor bloemkool en plekken waar een machine heeft vastgestaan.



Figuur 2.5: Plek van meten indringingsweerstand

De gemeten waarden worden vervolgens met Microsoft Excel omgezet naar een geschikte manier om passende figuren (contourdraadmodellen) van te maken. Vervolgens worden de figuren van het proef- en het praktijkbedrijf beoordeeld. Aan de hand van de figuren zal de potentiële bewortelingsdiepte vergeleken worden tussen Rij 1, Rij 2, Rij 3 en Rij 4, waar ook hier 1,5 mPa indringingsweerstand als grens beschouwd wordt. Het verschil tussen deze resultaten zal vervolgens getoetst worden door middel van een gepaarde T-toets met 95% nauwkeurigheid (Zijden, Kruk, & Zevenhoven, 2011).

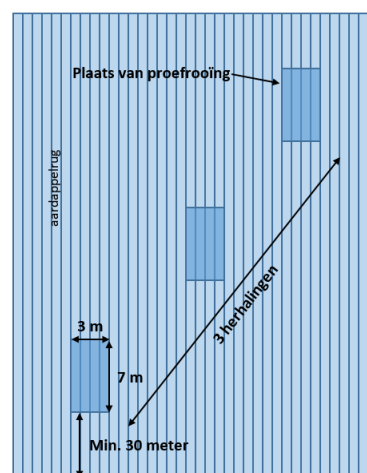
2.3 Opbrengst binnen teeltbed aardappels

Naast indringingsweerstand zal ook het effect van vaste rijpaden op de plantaardige opbrengst onderzocht worden, in dit geval bij aardappels. Deze opbrengst zal onderverdeeld worden in totale opbrengst, dat wil zeggen alle aardappelen die zijn gerooid (dus ook groen en rot), en marktbaar opbrengst. Voor de marktbaar opbrengst zal gekeken worden naar de gezonde aardappelen in de maat 28 mm en groter. Hierbij zullen dus rot, groen, misvormd en aardappels met een groeischeur uit het monster weggenomen worden. Voor deze sortering zullen eerst de proefrooïngen plaatsvinden en wel op dezelfde bedrijven en percelen als waar de penetrometingen hebben plaatsgevonden.



Figuur 2.6: Proefrooien

De proefrooïngen zullen plaatsvinden wanneer de aardappels nagenoeg afgestorven zijn en binnen een week geoogst zullen worden. In overleg met mr. Van Balen en mevr. Haagsma is besloten per bedrijf 3 herhalingen te zullen rooien van 7 meter per rug, oftewel 21 strekkende meter per rug. Deze herhalingen bevinden zich op verschillende afstanden van de kopakker, welke representatief zijn voor het gehele perceel. (zie figuur 2.7). Bij de praktijkbedrijven met



Figuur 2.7: Plaats van proefrooïngen

aardappels zijn 4 ruggen of objecten aanwezig per herhaling. De objecten worden gerooid, de opbrengst van elk object per herhaling in een aparte netzak gedaan en ten slotte gelabeld (zie figuur 2.6). De gelabelde monsters worden in de bewaring gezet en droog geblazen tot alle monsters verzameld zijn. Voor het sorteren wordt bij WUR Open Teelten eerst het brutogewicht van de monsters bepaald. Vervolgens worden de aardappelmonsters gesorteerd in de groepen uit tabel 2.3 (Bergmans, 2016). Na het sorteren van een monster worden de groepen apart gewogen en ingevoerd in een Excel-bestand. Van deze resultaten worden passende figuren (kolomdiagrammen) gemaakt en vervolgens statistisch getoetst. Voor dit laatste wordt wederom IBM SPSS gebruikt, waarbij een gepaarde T-toets zal worden uitgevoerd met een betrouwbaarheid van 95% (E., et al., 2017).

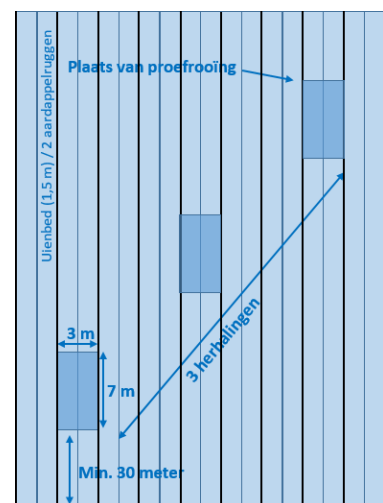
Tabel 2.3 Groepen voor het sorteren

Aardappels
Gezond 0-28 mm
Gezond 28-35 mm
Gezond 35-45 mm
Gezond 45-50 mm
Gezond 50-55 mm
Gezond 55< mm
Groeischeur
Misvormd
Groen
Rot

2.4 Opbrengst binnen teeltbed uien

Ook voor de uien zal de plantaardige opbrengst bepaald te worden. In deze deelvraag zal bekeken worden wat de invloed is van de vaste rijpaden op de opbrengst van zaai-uien. Deze opbrengst zal onderverdeeld worden in totale opbrengst, dat wil zeggen alle uien die zijn geroid, en marktbaar opbrengst. Voor de marktbaar opbrengst zal gekeken worden naar de gezonde uien in de maat 40 mm en groter. Hierbij zullen uien met scheurkont, rot en diknekken uit het monster weggenomen worden. Voor deze sortering zullen eerst de proefrooïngen plaatsvinden en wel op hetzelfde praktijkbedrijf als waar de penetrometingen hebben plaatsgevonden. Op het proefbedrijf zijn de uien gangbaar geteeld en zal ten tijde van de oogst afgewogen worden of er tijd beschikbaar is voor proefrooïngen. Bij gangbare teelt wordt in mindere mate of helemaal geen gebruik gemaakt van mechanische onkruidbestrijding. Hierdoor worden de rijpaden minder intensief gebruikt dan in biologische teelten, waardoor de verwachting is dat hier geen of minder invloed zal worden ondervonden van de rijpaden.

De proefrooïngen zullen plaatsvinden wanneer de uien nagenoeg afgestorven zijn en daarbij binnen een week geoogst zullen worden. Ook hier is in overleg met mr. Van Balen en mevr. Haagsma besloten per bedrijf 3 herhalingen te zullen rooien van 7 meter per rij, oftewel 21 strekkende meter totaal. Deze herhalingen bevinden zich op verschillende afstanden van de kopakker, welke representatief zijn voor het gehele perceel. (zie figuur 2.8). Bij het praktijkbedrijf met uien zijn 8 rijen of objecten aanwezig per herhaling. De objecten worden geroid, de opbrengst van elk object per herhaling in een aparte netzak gedaan en ten slotte gelabeld (zie figuur 2.9). De gelabelde monsters worden in de bewaring gezet en droog geblazen tot alle monsters verzameld zijn. Voor het sorteren wordt bij WUR Open Teelten eerst het



Figuur 2.8: Plaats van proefrooïngen

Tabel 2.4: Groepen voor het sorteren

Zaai-uien
Gezond 0-40 mm
Gezond 40-60 mm
Gezond 60-80 mm
Gezond 80< mm
Scheurkont
Diknekken
Rot

brutogewicht van de monsters bepaald.

Vervolgens worden de uienmonsters gesorteerd in de groepen uit tabel 2.4. Na het sorteren van een monster worden de groepen apart gewogen en ingevoerd in een Excel-bestand. Van deze resultaten worden passende figuren (kolomdiagrammen) gemaakt en vervolgens statistisch getoetst. Voor dit laatste wordt wederom IBM SPSS gebruikt, waarbij een gepaarde T-toets zal worden uitgevoerd met een betrouwbaarheid van 95% (Enciso, Wiedenfeld, Jifon, & Nelson, 2009). Rij 4 zal hierbij als basis dienen, waarna rij 1, 2 en 3 hiermee vergeleken zullen worden.



Figuur 2.9: Proefrooien uien

3. Resultaten

In dit hoofdstuk worden naar aanleiding van de uitgevoerde metingen de resultaten van vaste rijpaden op de indringingsweerstand en opbrengst in uien en aardappelen besproken.

3.1 Indringingsweerstand binnen teeltbed aardappels

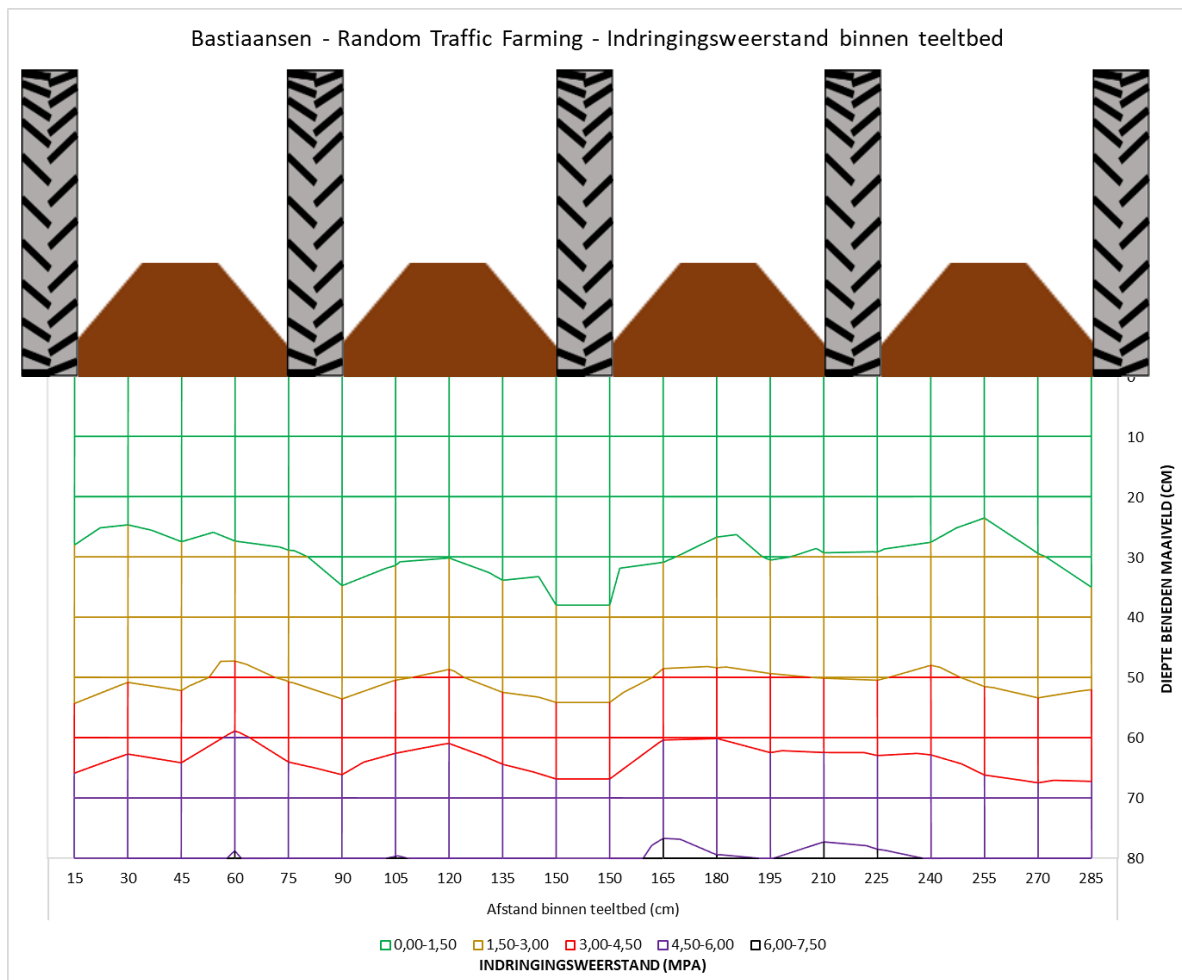
In deze deelvraag is gekeken of er een significant verschil in indringingsweerstand is terug te vinden tussen de binnenste en buitenste rug bij de aardappelteelt. Hiervoor is bij 5 bedrijven de indringingsweerstand over het teeltbed gemeten, waarvan 1 bedrijf geen vaste rijpaden hanteert (RTF) en daarmee het controle-object is. De verzamelde gegevens zijn vervolgens verwerkt in een contourdraadmodel, waar het verloop van de indringingsweerstand is weergegeven. De breedte is hierbij opgesplitst in 4 breedtes van 75 cm – elke aardappelrug is 75 cm breed – en per rug is de gemiddelde bewortelingsdiepte bepaald. Deze diepte komt overeen met de diepte waarop de 1,5 mPa indringingsweerstand wordt overschreden. Het verschil tussen de bewortelingsdieptes van 'Binnen' en 'Buiten' zijn vervolgens vergeleken en statistisch geanalyseerd. De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in tabel 3.1. Een negatief verschil in bewortelingsdiepte duidt op meer bewortelingsdiepte onder Binnen ten opzichte van Buiten; een positief verschil op meer bewortelingsdiepte onder Buiten. In de komende paragrafen zal per bedrijf naar deze tabel verwezen worden.

Tabel 3.1: Statistische analyse bewortelingsdiepte aardappelruggen

		Gemiddeld verschil bewortelingsdiepte (cm)	Significantie
Bakker	Buiten-Binnen	0,5625	0,188
SPNA	Buiten-Binnen	-0,5625	0,56
Van Hootegem	Buiten-Binnen	-2,875	0
BASIS ST	Buiten-Binnen	-4,75	0,007
BASIS MT-W	Buiten-Binnen	-5,25	0,026
BASIS MT	Buiten-Binnen	-5	0,005

3.1.1 Controle-object – Bastiaansen (RTF) – consumptie-aardappels

In figuur 3.1 is het verloop van de indringingsweerstand zichtbaar. In dit object heeft door de voorgaande bewerkingen tussen elke rug berijding plaatsgevonden; dit is aangegeven met de banden. Langs de rechter verticale as is de diepte afleesbaar en de horizontale as geeft de afstand binnen het teeltbed aan. De metingen hebben plaatsgevonden op het moment dat de aardappels gepoot en aangeaard waren.

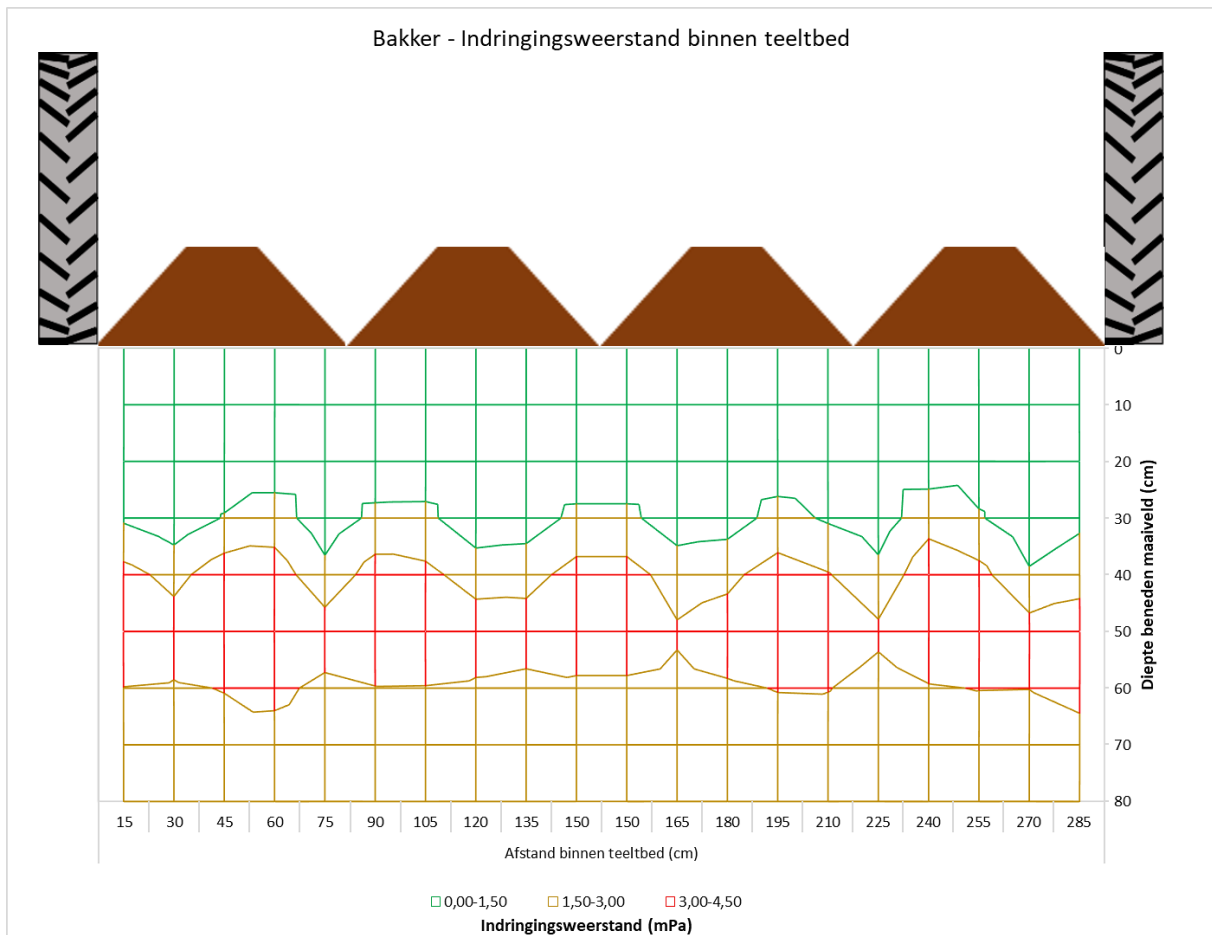


Figuur 3.1: Verloop indringingsweerstand Bastiaansen (RTF)

In figuur 3.1 is te zien dat de verschillende grenslijnen een nagenoeg zelfde verloop hebben, waarbij 1,5-3 mPa en 3-4,5 mPa het sterkst op elkaar lijken. Verder wordt onderin het bodemprofiel op sommige plaatsen uiteindelijk een indringingsweerstand gemeten van tussen de 6-7,5 mPa. De rijsporen kunnen niet nadrukkelijk uit het figuur gehaald worden; de indringingsweerstand onder de banden lijkt zelfs lager te zijn dan in de stukken daartussen. Verder is te zien dat de bewortelingsdiepte varieert van 24 cm tot ongeveer 38 cm. Het verloop hiervan is redelijk vlak, aangezien de gemiddelde bewortelingsdiepte Binnen ongeveer 30 cm is en dit bij Buiten ongeveer 28 cm bedraagt.

3.1.2 Bakker – pootaardappels

Bij Bakker wordt gebruik gemaakt van vaste rijpaden op 3,2 meter spoorbreedte. De penetrometingen zijn uitgevoerd op het moment dat de aardappels al gepoot zijn en de ruggen al zijn aange freesd. In figuur 3.2 is het verloop van de indringingsweerstand te zien. Langs de rechter verticale as is de diepte afleesbaar en de horizontale as geeft de afstand binnen het teeltbed aan. De banden geven aan waar de vaste rijpaden liggen.



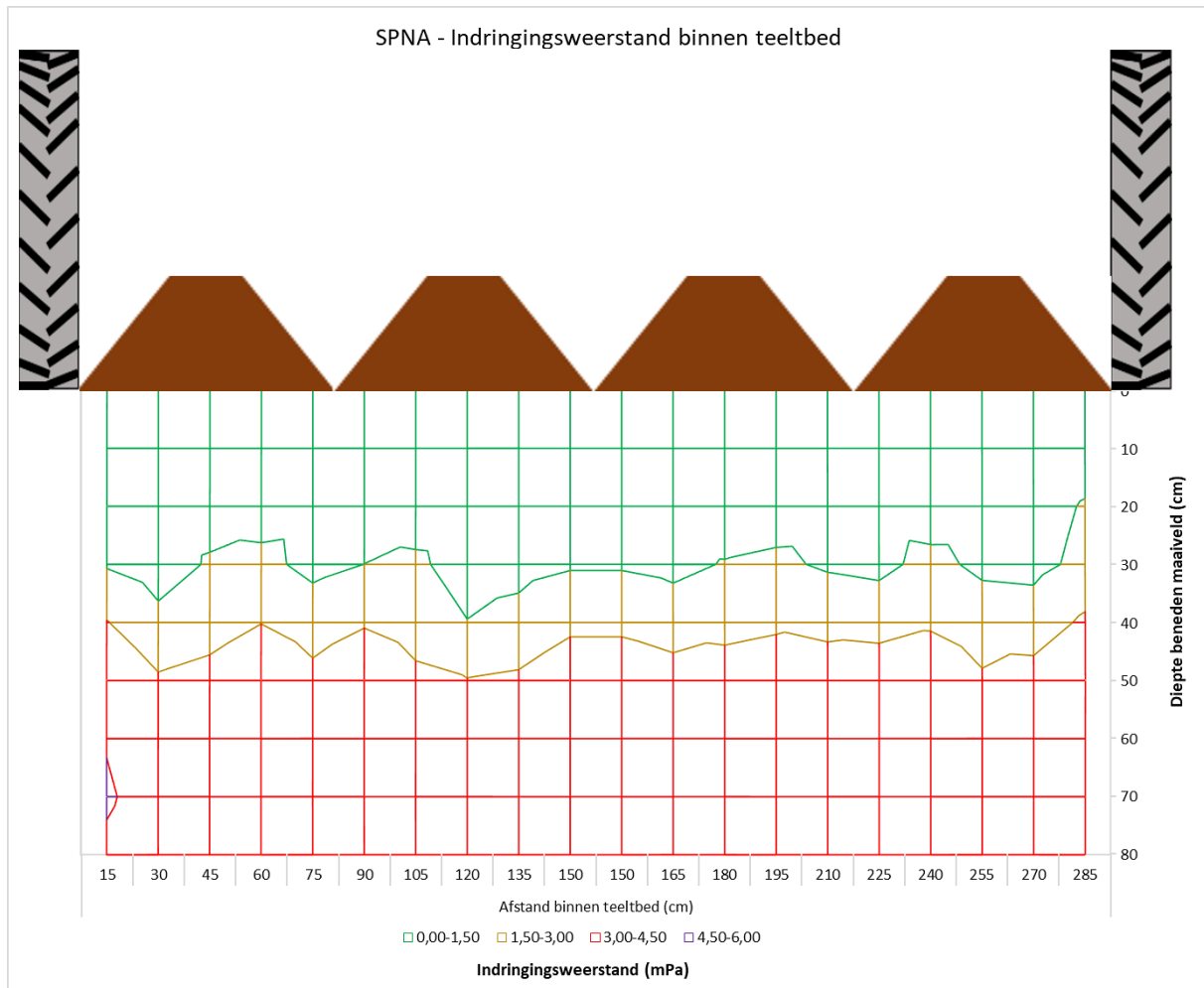
Figuur 3.2: Verloop indringingsweerstand Bakker

In figuur 3.2 is het verloop van de indringingsweerstand zichtbaar, waarbij direct opvalt dat er 6 dalen zichtbaar zijn, oftewel 6 plekken in het bodemprofiel waar de indringingsweerstand lager is. Dit is duidelijk terug te zien tot 40 à 50 cm diepte, maar ditzelfde beeld lijkt ook weer te spiegelen op 60 cm diepte. Deze dalen maken dat de indringingsweerstand in de bodem aanzienlijk fluctueert. Verder valt op dat ditmaal de indringingsweerstand in dit geval niet hoger komt te liggen dan 3-4,5 mPa, maar deze weerstand wel al op ongeveer 40 cm wordt gemeten. Daarnaast valt het op dat de andere grenzen van indringingsweerstand ook telkens op een redelijk gelijke diepte zijn gemeten. Verder overschrijdt de indringingsweerstand al snel de grens van 3 mPa, aangezien deze op ruim 40 cm diepte al wordt bereikt. Deze laag is vervolgens 17 tot 20 cm dik, waarna de indringingsweerstand weer lijkt te dalen tot 1,5-3 mPa.

Aan de hand van figuur 3.2 en tabel 3.1 (pagina 20 – zie volledige statistische analyse in bijlage 2.1) is tevens een minimaal verschil in potentiële bewortelingsdiepte zichtbaar, namelijk 0,5625 cm tussen Buiten en Binnen. Dit verschil tussen Binnen en Buiten is echter niet significant, aangezien het betrouwbaarheidsinterval 81,2% is; $p < 95\%$.

3.1.3 SPNA – pootaardappels

Wat betreft trekkers en machines werkt SPNA voor een groot deel samen met Bakker. Hier wordt dus tevens gebruik gemaakt van 3,2 meter spoorbreedte. De penetrometingen zijn uitgevoerd op het moment dat de aardappels nog gepoot moesten worden, maar de ruggen al voorgefreesd waren. In figuur 3.3 is het verloop van de indringingsweerstand te zien. Langs de rechter verticale as is de diepte afleesbaar en de horizontale as geeft de afstand binnen het teeltbed aan. De banden geven aan waar de vaste rijpaden liggen.

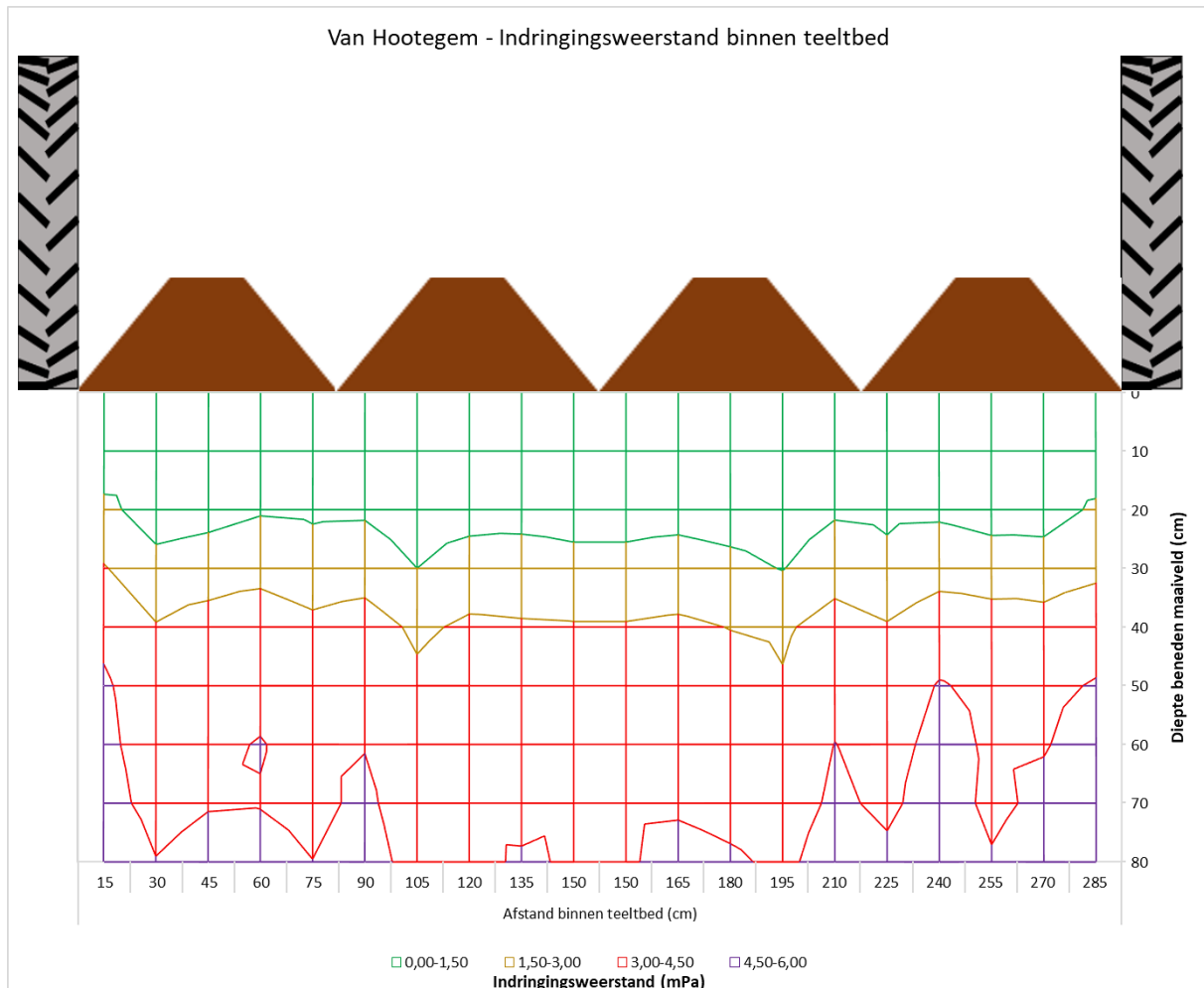


Figuur 3.3: Verloop indringingsweerstand SPNA

In bovenstaand figuur is het verloop van de indringingsweerstand te zien, waarbij opvalt dat links in het figuur de indringingsweerstand het hoogst is gemeten, namelijk 4,5-6 mPa. Rechts in het figuur wordt de laag 0-1,5 mPa sterk dunner ten opzichte van de rest van deze laag. Bij de laag 1,5-3 mPa is tevens zichtbaar dat de grens van 3 mPa al ondiep gepasseerd wordt en deze laag dus ook niet zeer dik is (ongeveer 12 cm). Daarbij valt verder op dat de grens van 3 mPa langs de rijpaden iets omhoog loopt, al is dit beeld niet consequent. In tegenstelling tot Bakker is bij SPNA in de laag onder 1,5-3 mPa vanaf 42-45 cm diepte vervolgens wel consequent een hogere indringingsweerstand gemeten. Verder is aan de hand van figuur 3.3 en tabel 3.1 (pagina 20 – zie volledige statistische analyse in bijlage 2.2) te zien dat het verschil in bewortelingsdiepte ook hier minimaal is, namelijk 0,5625 cm tussen Buiten en Binnen. Dit verschil tussen Binnen en Buiten is echter niet significant, aangezien het betrouwbaarheidsinterval 44% is; $p < 95\%$.

3.1.4 Van Hootegem – consumptie-aardappels

Van Hootegem heeft het bedrijf gelegen in het zuiden van het land, namelijk in Kruiningen. Hier maakt hij evenals Bakker en SPNA gebruik van 3,2 meter spoorbreedte. Ten tijde van de metingen waren de aardappels al gepoot en aangeaard, aangezien dit in 1 bewerking is gedaan. In figuur 3.4 is het verloop van de indringingsweerstand te zien. Langs de rechter verticale as is de diepte afleesbaar en de horizontale as geeft de afstand binnen het teeltbed aan. De banden geven aan waar de vaste rijpaden liggen.



Figuur 3.4: Verloop indringingsweerstand Van Hootegem

In het figuur lijkt direct een verschil in bewortelingsdiepte zichtbaar, aangezien het verloop van alle indringingsweerstand hoger beginnen langs de zijkanten van het figuur. Daarnaast lijkt onder het midden van elke rug de bewortelingsdiepte tevens iets hoger te zijn, al is dit lastig in te schatten. Verder zijn, net als bij Bakker, 2 vergelijkbare dalen te zien op dezelfde afstand van het midden van het teeltbed. Deze dalen zijn in ieder geval zichtbaar tot en met 1,5-3 mPa of 40-50 cm diepte. Uiteindelijk is een indringingsweerstand van 4,5-6 mPa gemeten, welke het ondiepst te vinden lijkt onder Buiten.

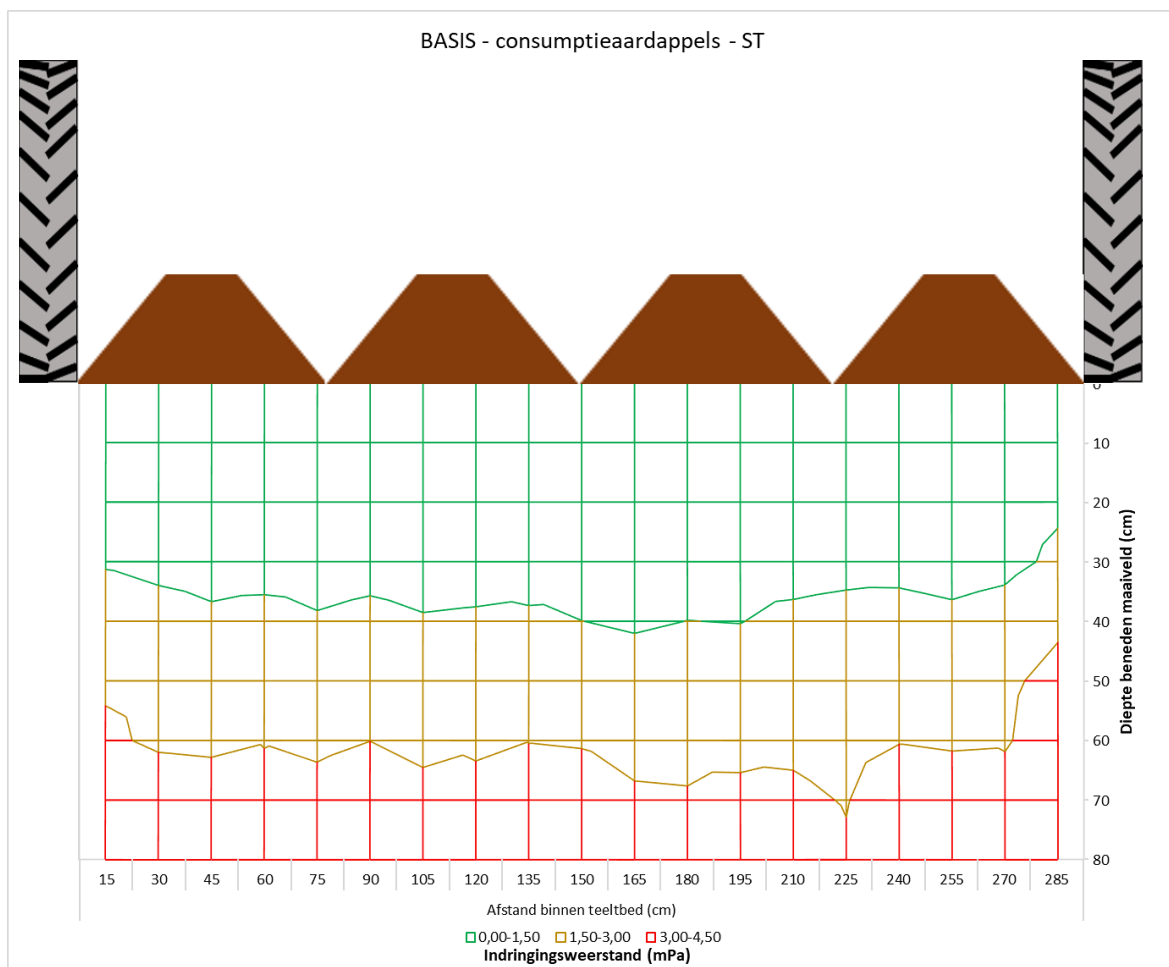
Aan de hand van figuur 3.4 en tabel 3.1 (pagina 20 – zie volledige statistische analyse in bijlage 2.3) te zien dat de bewortelingsdiepte onder Binnen 2,875 cm meer bedraagt dan Buiten. Dit verschil is significant, aangezien het betrouwbaarheidsinterval 100% is; $p > 95\%$.

3.1.5 BASIS – consumptie-aardappels

BASIS is de naam van een onderzoek binnen WUR Open Teelten, waarbij 3 verschillende hoofdgrondbewerkingen vergeleken worden. Hierbij wordt in alle objecten gebruik gemaakt van vaste rijpaden op 3,15 meter spoorbreedte. Ten tijde van de metingen waren de aardappels gepoot. In deze paragraaf zullen de resultaten van de penetrometingen getoond worden per grondbewerkingsvorm, te beginnen met ST.

ST

In figuur 3.5 is het verloop van de indringingsweerstand zichtbaar bij de combinatie 23 cm diep ploegen in het najaar en vaste rijpaden. Langs de rechter verticale as is de diepte afleesbaar en de horizontale as geeft de afstand binnen het teeltbed aan.

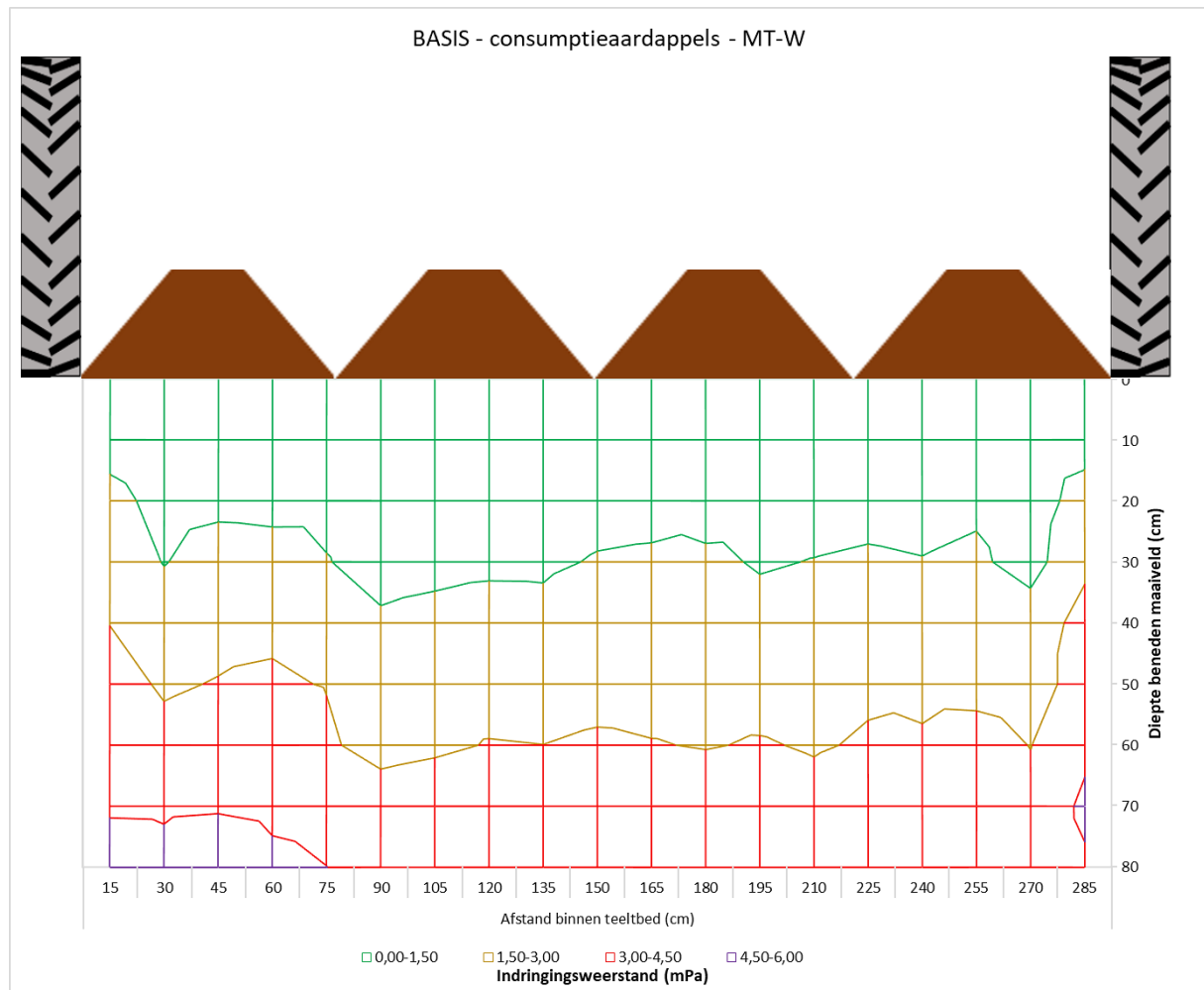


Figuur 3.5: Verloop indringingsweerstand BASIS aardappels ST

Bij ST valt gelijk op dat het verloop van 0-1,5 mPa indringingsweerstand niet sterk fluctueert, maar in een geleidelijke kom lijkt te lopen. De grens van 1,5 mPa bevindt zich hierbij tussen de 25 tot 40 cm diepte. Dit beeld is tevens terug te zien bewortelingsdiepte, aangezien deze onder Buiten gemiddeld 4,75 cm minder bedraagt. Bij de scheiding van 1,5-3 mPa nemen de fluctuaties al iets toe, maar is dezelfde kom terug te vinden. Bij deze metingen is uiteindelijk een indringingsweerstand bereikt van 3-4,5 mPa, waarbij dit het ondiepst langs de rijpaden is gemeten. In tabel 3.1 (pagina 20 – zie volledige statistische analyse in bijlage 2.4.1) is te zien dat het verschil tussen Buiten en Binnen significant is, aangezien het betrouwbaarheidsinterval is 99,3% is; $p > 95\%$.

MT-W

In figuur 3.6 is het verloop van de indringingsweerstand zichtbaar bij de combinatie van vaste rijpaden met gereduceerde grondbewerking inclusief woelen na de oogst. Langs de rechter verticale as is de diepte afleesbaar en de horizontale as geeft de afstand binnen het teeltbed aan.



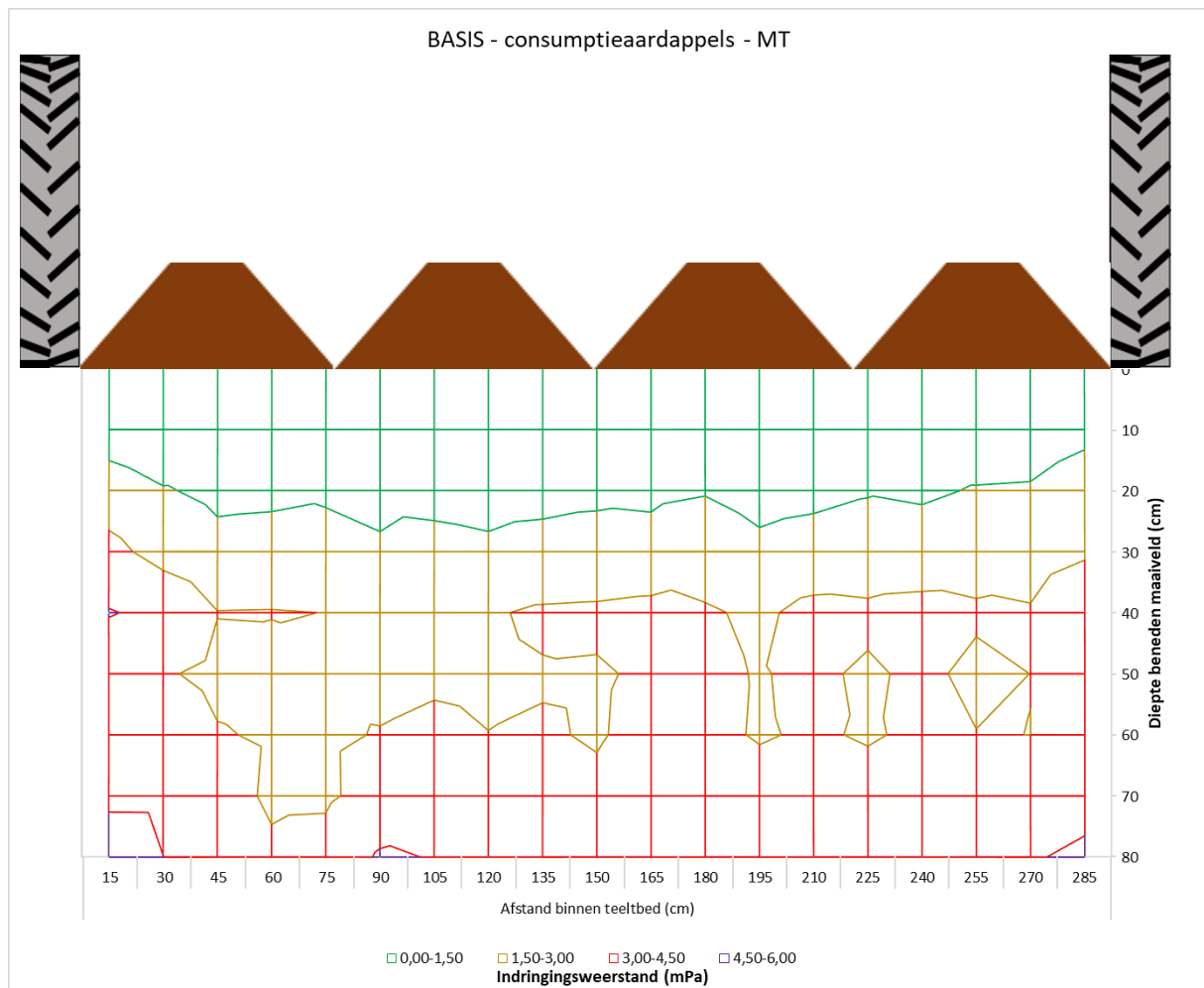
Figuur 3.6: Verloop indringingsweerstand BASIS aardappels MT-W

Bij MT-W lijkt de indringingsweerstand sterker te fluctueren, al komt hier ook het beeld van een kom naar boven. Bij 30 cm en 270 cm binnen het teeltbed neemt de indringingsweerstand een kort moment af, maar stijgt deze weer bij 15 cm en 285 cm binnen het teeltbed. Deze fluctuaties lijken in alle grenslijnen voor te komen, maar zijn het eerst zichtbaar in de grens van 1,5 mPa. Dit is tevens terug te zien in de gemiddelde bewortelingsdiepte/rug, aangezien deze onder Binnen 5,25 cm meer bedraagt. Ten slotte is een maximale indringingsweerstand gemeten van 4,5 tot 6 mPa, welke aan de buitenkanten van het teeltbed zijn terug te vinden.

In tabel 3.1 (pagina 20 – zie volledige statistische analyse in bijlage 2.4.2) is de statistische analyse zichtbaar van het verschil in potentiële bewortelingsdiepte. Bij de combinatie van vaste rijpaden met deze grondbewerkingsvorm is dit verschil tussen Buiten en Binnen significant, aangezien het betrouwbaarheidsinterval 97,4% is; $p > 95\%$.

MT

In figuur 3.7 is het verloop van de indringingsweerstand zichtbaar bij de combinatie van vaste rijpaden met gereduceerde grondbewerking inclusief woelen na de oogst. Langs de rechter verticale as is de diepte afleesbaar en de horizontale as geeft de afstand binnen het teeltbed aan.



Figuur 3.7: Verloop indringingsweerstand BASIS aardappels MT

MT toont, evenals ST, een geleidelijke grens van 1,5 mPa, welke van ongeveer 14 tot 27 cm loopt. De grens van 3 mPa loopt vervolgens sterk fluctuerend, waarbij meerdere malen 1,5-3 mPa wordt afgewisseld met 3-4,5 mPa. Onderin het bodemprofiel is uiteindelijk ook een weerstand van ongeveer 4,5-6 mPa gemeten. Aan de hand van figuur 3.7 en tabel 3.1 (pagina 20 – zie volledige statistische analyse in bijlage 2.4.3) is tevens een verschil in bewortelingsdiepte terug te vinden, aangezien deze diepte onder Binnen namelijk 5 meer bedraagt.

Bij de combinatie van vaste rijpaden met gereduceerde grondbewerking zonder woelbewerking is het verschil tussen Binnen en Buiten significant, gezien het betrouwbaarheidsinterval van 99,5%; $p > 95\%$.

3.2 Indringingsweerstand binnen teeltbed zaai-uien

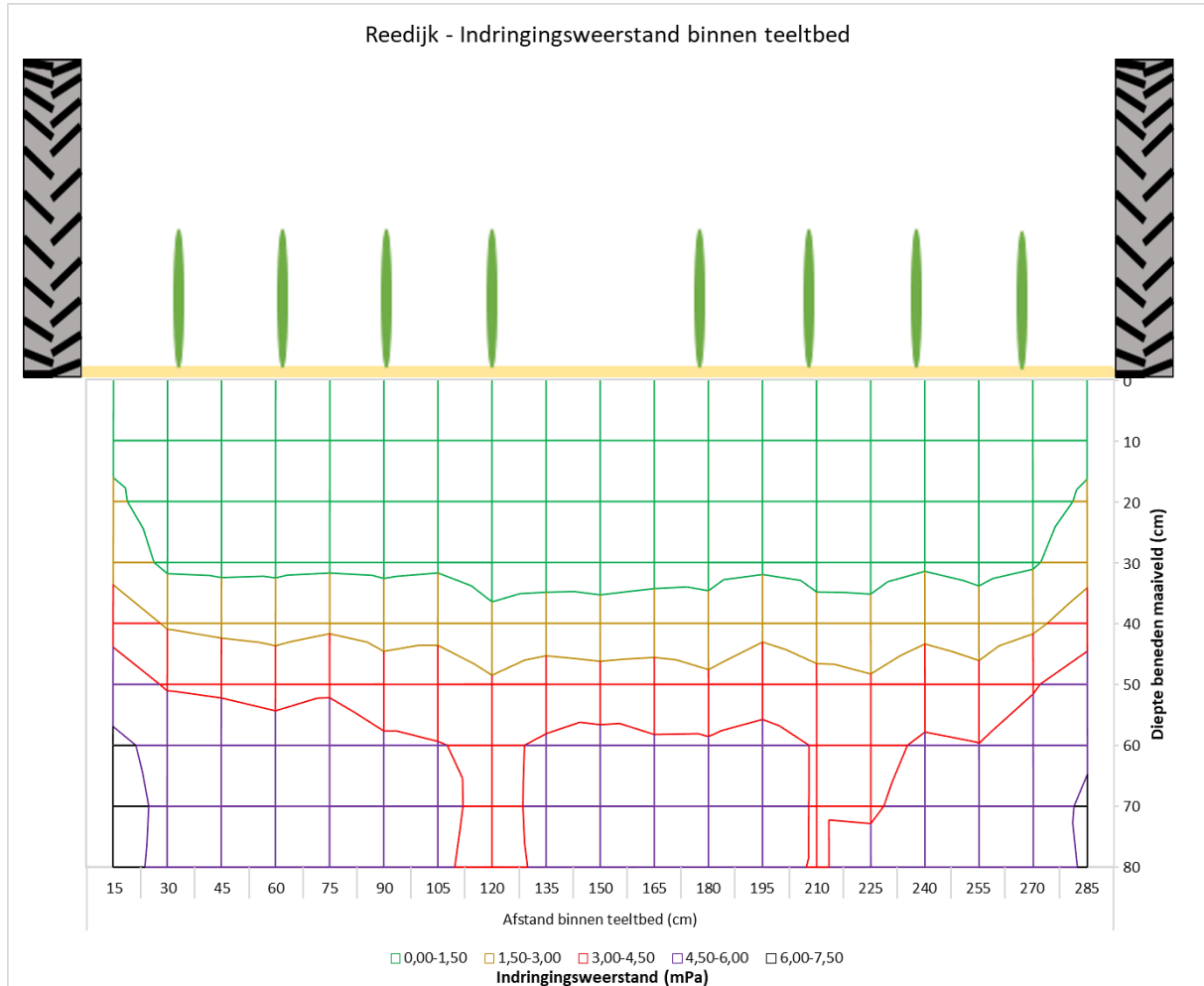
In deze deelvraag zal gekeken worden of er een significant verschil in bewortelingsdiepte is terug te vinden tussen 4 rijtjes zaai-uien. Hiervoor is bij 2 bedrijven de indringingsweerstand over het teeltbed gemeten, namelijk gangbare zaai-uien bij WUR Open Teelten en biologische zaai-uien bij Reedijk. De verzamelde gegevens zijn vervolgens verwerkt in een contourdraadmodel, waar de gemiddelde indringingsweerstand per rij is weergegeven. De breedte is hierbij opgesplitst in 8 breedtes van gemiddeld 37,5 cm – elke uienrij is gemiddeld 37,5 cm breed – en per rij is vervolgens de bewortelingsdiepte bepaald. Deze diepte komt overeen met de diepte waarop de 1,5 mPa indringingsweerstand wordt overschreden. De verschillen tussen de bewortelingsdieptes van 'Rij 1', 'Rij 2', 'Rij 3' en 'Rij 4' zijn vervolgens vergeleken en statistisch geanalyseerd. De resultaten zijn weergegeven in tabel 3.2. Een positief verschil in bewortelingsdiepte duidt op meer bewortelingsdiepte onder Rij 4 ten opzichte van Rij 1, 2 of 3; een negatief verschil op minder bewortelingsdiepte. In de komende paragrafen zal per bedrijf en grondbewerkingsvorm naar deze tabel verwezen worden.

Tabel 3.2: Statistische analyse bewortelingsdiepte uienrijtjes

		Gemiddeld verschil bewortelingsdiepte (cm)	Significantie
Reedijk	Rij 4 - 1	7,875	0
	Rij 4 - 2	2,5625	0,003
	Rij 4 - 3	2,625	0
BASIS ST	Rij 4 - 1	0,625	0,815
	Rij 4 - 2	0,125	0,937
	Rij 4 - 3	-2,625	0,283
BASIS MT-W	Rij 4 - 1	2,875	0,087
	Rij 4 - 2	-0,875	0,657
	Rij 4 - 3	-2	0,197
BASIS MT	Rij 4 - 1	2,25	0,512
	Rij 4 - 2	2,625	0,433
	Rij 4 - 3	-3,75	0,176

3.2.1 Reedijk – zaai-uien

Reedijk heeft het bedrijf gelegen nabij 's Gravendeel en is het enige praktijkbedrijf welke voor de gemeten teelt een kerende bewerking uitvoert. Hier wordt, net als bij de andere praktijkbedrijven, gebruik gemaakt van 3,2 meter spoorbreedte. Ten tijde van de metingen stonden de uien net boven. In figuur 3.8 is het verloop van de indringingsweerstand te zien. Langs de rechter verticale as is de diepte afleesbaar en de horizontale as geeft de afstand binnen het teeltbed aan. De banden geven aan waar de vaste rijpaden liggen.



Figuur 3.8: Verloop indringingsweerstand Reedijk

In figuur 3.8 valt op dat de grenslijnen van 0-1,5 en 1,5-3 mPa in een geleidelijke kom lopen binnen het teeltbed. Dit lijkt ook het geval bij 3-4,5, al loopt deze bij 120 en 210 cm binnen het teeltbed dieper in het bodemprofiel door. Wat tevens opvalt, is dat vlak naast de rijpaden de hoogste indringingsweerstand is gemeten van namelijk 6-7,5 mPa. Wat betreft de grens van 1,5 mPa loopt deze relatief vlak tussen 30 en 270 cm, maar komt deze grens buiten deze meetpunten zeker 15 cm ondieper te liggen.

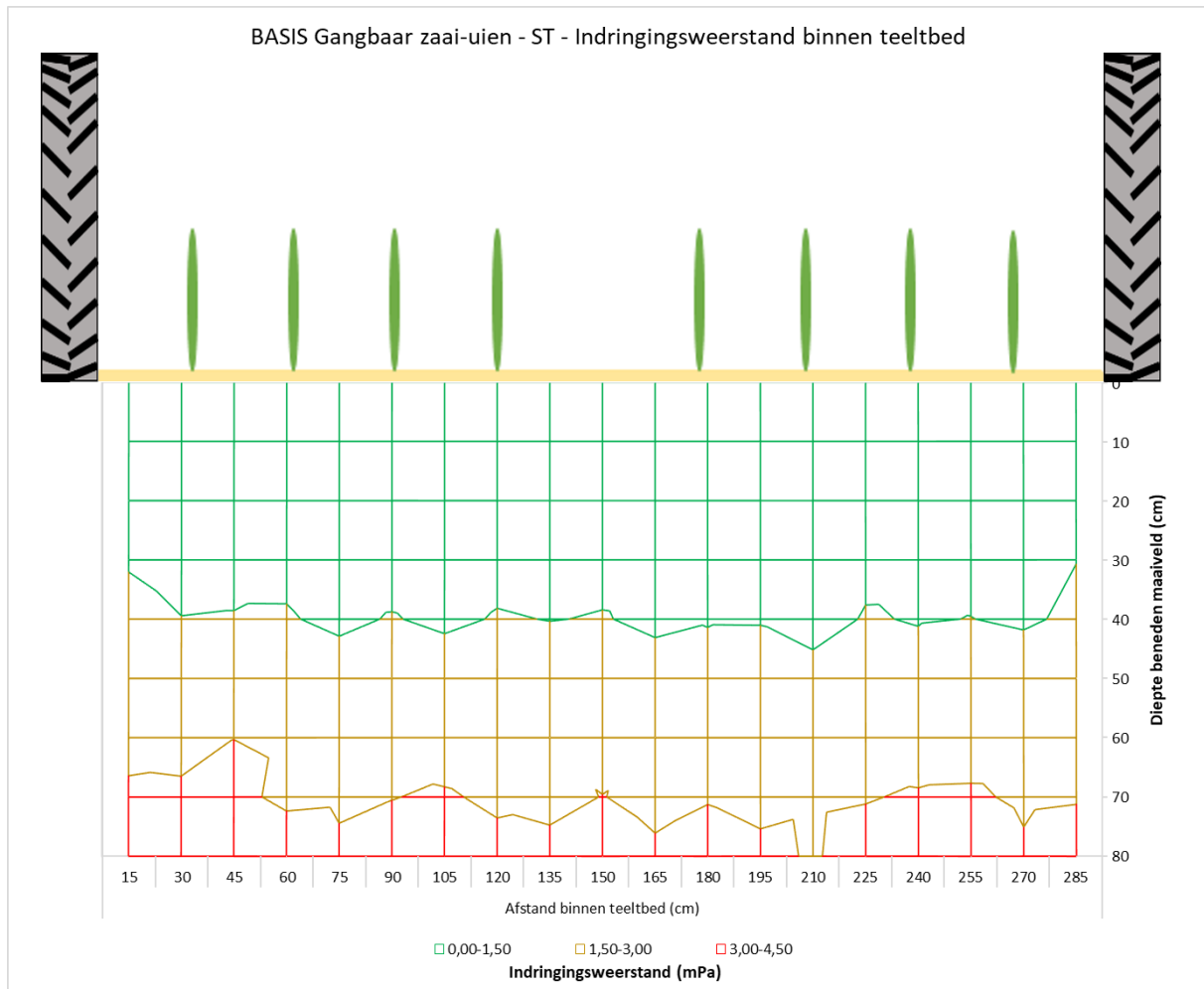
Onder rijtje 4 lijkt de potentiële bewortelingsdiepte ongeveer 35 cm, waarna deze stijgt naar ongeveer 32 cm bij rijtje 2 en 3 en deze vlak langs de rijpaden ongeveer 28 cm is. In tabel 3.2 (pagina 28 – zie volledige statistische analyse in bijlage 2.5) is een verschil zichtbaar tussen rij 4 en 1 van 7,88 cm, 2,56 cm tussen rij 4 en 2 en 2,63 cm tussen rij 4 en 3. Bij rij 4 en 1 bedraagt het betrouwbaarheidsinterval 100%, bij 4 en 2 99,7% en bij rij 4 en 3 tevens 100%, waardoor in alle drie de gevallen sprake is van een significant verschil in bewortelingsdiepte; $p > 95\%$.

3.2.2 BASIS – zaai-uien

Bij deze metingen zal dezelfde aanpak genomen worden als bij de aardappels. Ten tijde van de metingen stonden de uien net boven. In deze paragraaf zullen de resultaten van de penetrometingen getoond worden per grondbewerkingsvorm, te beginnen met ST.

ST

In figuur 3.9 is het verloop van de indringingsweerstand zichtbaar bij de combinatie 23 cm diep ploegen in het najaar en vaste rijpaden. Langs de rechter verticale as is de diepte afleesbaar en de horizontale as geeft de afstand binnen het teeltbed aan.



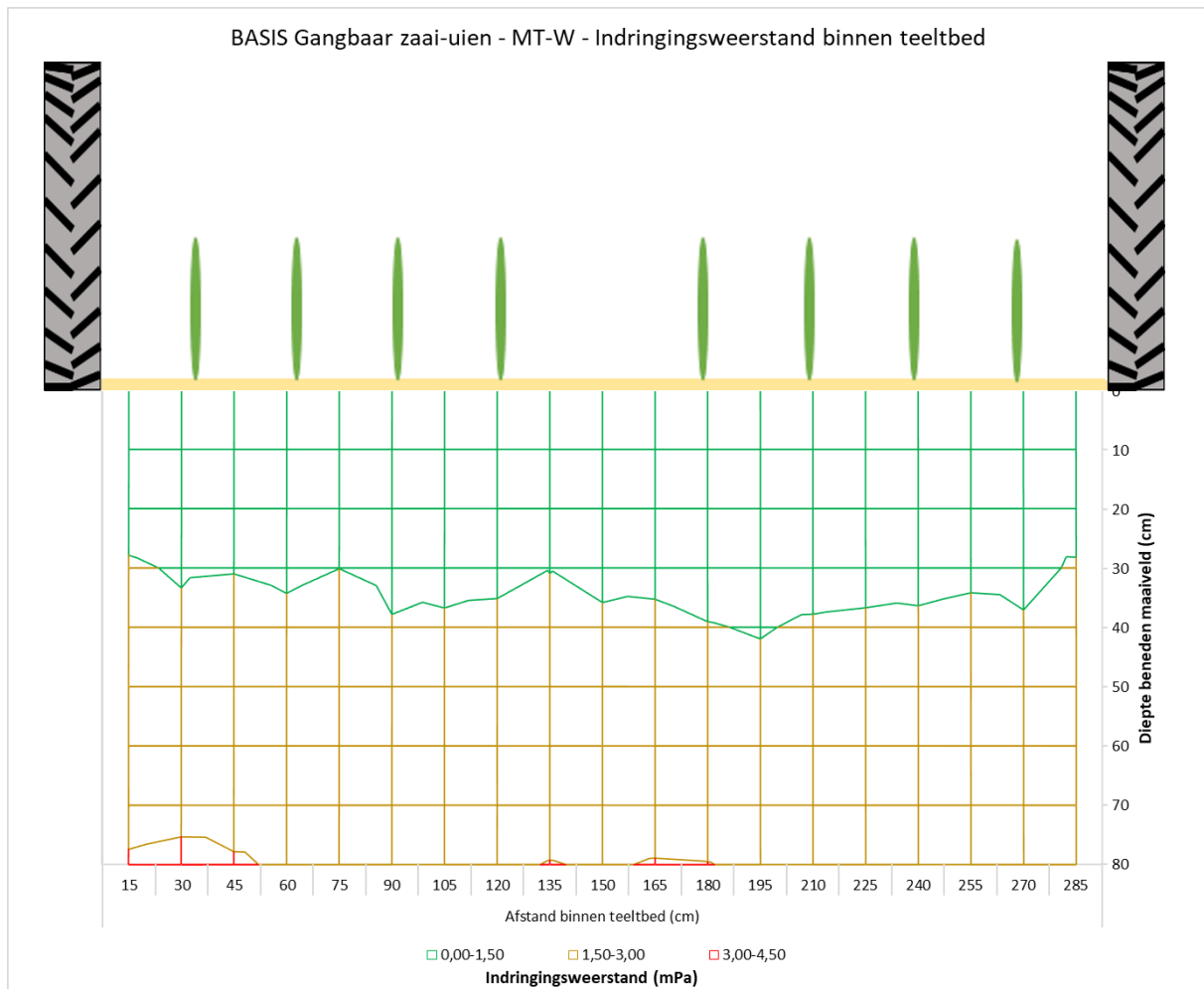
Figuur 3.9: Verloop indringingsweerstand BASIS zaai-uien ST

Bij ST is te zien dat de grenslijnen redelijk fluctueren, maar gemiddeld ook redelijk vlak lopen. Vlakbij de rijpaden loopt de grenslijn 1,5 mPa echter ongeveer 10 cm ondieper, waardoor deze globaal tussen de 30 en 41 cm loopt. Met rij 4 als basis, is de gemiddelde bewortelingsdiepte 0,63 cm minder van rij 1, 0,13 cm minder van rij 2 en 2,63 cm meer van rij 3. De grenslijn 1,5-3 mPa loopt vervolgens een stuk dieper, namelijk rond de 70 cm diepte. Hieronder is rond 80 cm diepte voornamelijk 3-4,5 mPa weerstand gemeten.

Met behulp van tabel 3.2 (pagina 28 – zie volledige statistische analyse in bijlage 2.6.1) is te zien dat de gevonden verschillen in potentiële bewortelingsdieptes geen van allen significant zijn, gezien de betrouwbaarheidsintervallen van 18,5%, 6,3% en 71,7%; <95%.

MT-W

In figuur 3.10 is het verloop van de indringingsweerstand zichtbaar bij de combinatie van vaste rijpaden met gereduceerde grondbewerking inclusief woelen na de oogst. Langs de rechter verticale as is de diepte afleesbaar en de horizontale as geeft de afstand binnen het teeltbed aan.

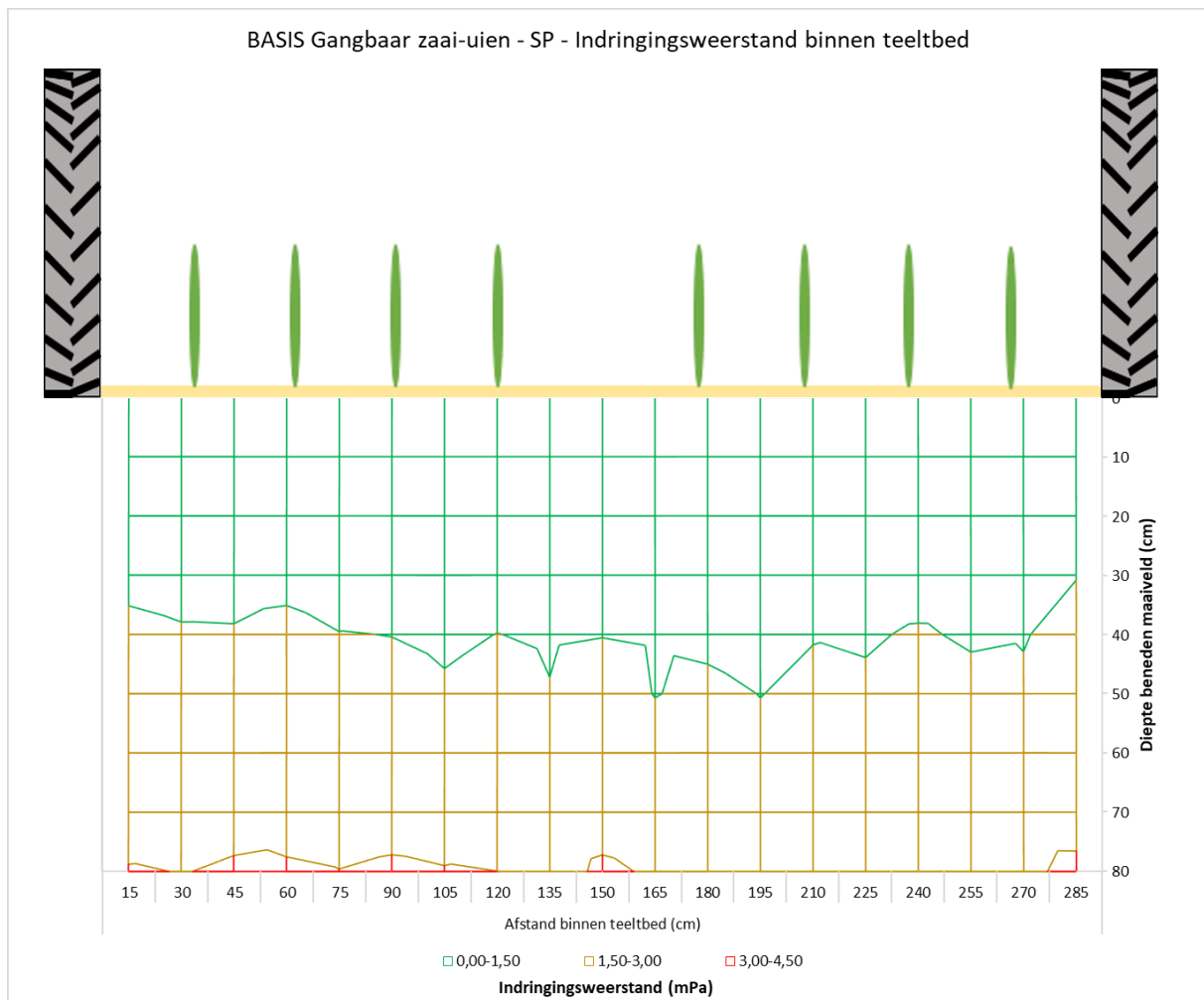


Figuur 3.10: Verloop indringingsweerstand BASIS zaai-uien MT-W

MT-W laat net als ST een geleidelijke kom zien van de grenslijn 0-1,5 mPa, welke varieert van 28 tot ruim 40 cm diepte. Vervolgens is de weerstand tot ongeveer 80 cm 1,5-3 mPa, wat de indringingsweerstand zeer laag maakt in dit bodemprofiel. In beperkte mate wordt namelijk 3-4,5 mPa bereikt. Echter zit hier, ondanks een gelijkmatig verloop van de 1,5 mPa grens, nog iets verschil in bewortelingsdiepte. Aan de hand van tabel 3.2 (pagina 28 – zie volledige statistische analyse in bijlage 2.6.2) en met rij 4 als uitgangspunt is de gemiddelde bewortelingsdiepte van rij 1 2,88 cm minder, van rij 2 0,88 cm meer en van rij 3 2 cm minder. Ook bij MT-W is echter geen sprake van significante verschillen, aangezien de betrouwbaarheidsintervallen 91,3%, 34,3% en 80,3% zijn; $p < 95\%$.

SP

In figuur 3.11 is het verloop van de indringingsweerstand zichtbaar bij de combinatie van vaste rijpaden met geoptimaliseerd ondiep ploegen. Langs de rechter verticale as is de diepte afleesbaar en de horizontale as geeft de afstand binnen het teeltbed aan.



Figuur 3.11: Verloop indringingsweerstand BASIS zaai-uien SP

In figuur 3.11 is het verloop van de indringingsweerstand voor SP weergegeven. Deze grondbewerkingsvorm laat sterke fluctuaties zien, maar daarnaast ook een kom in de grenslijn 1,5 mPa. Deze weerstand is terug te vinden tot een diepte tussen de 30 en 50 cm beneden maaiveld, waarbij de potentiële bewortelingsdiepte van rij 1 en 2 ongeveer 39 cm bedraagt. Rij 3 en 4 kunnen daarentegen tot ongeveer 43 cm wortelen. Met rij 4 als uitgangspunt is dit tevens terug te zien in tabel 3.2 (pagina 28 – zie volledige statistische analyse in bijlage 2.6.3; 2,25 cm minder bewortelingsdiepte voor rij 1, 2,63 cm minder voor rij 2 en 3,75 cm meer voor rij 3. Vervolgens is 1,5-3 mPa ook tot diep in de bodem gemeten, aangezien slechts in ongeveer de helft van de metingen op 80 cm diepte 3-4,5 mPa is te zien.

Ook bij de combinatie vaste rijpaden met ondiep geoptimaliseerd ploegen zijn de genoemde verschillen niet significant, gezien de betrouwbaarheidsintervallen van 48,8%, 56,7% en 82,4%; $p < 95\%$.

3.3 Opbrengst binnen teeltbed aardappels

In deze deelvraag zal gekeken worden of er een significant verschil in aardappelopbrengst is terug te vinden tussen de binnenste en buitenste ruggen. Hiervoor zijn bij 4 van de 5 bedrijven uit paragraaf 3.1 proefrooïngen verricht en de partijtjes gesorteerd. De verzamelde gegevens zijn vervolgens verwerkt in kolomdiagrammen, met in het 1^e diagram de Totaal- (gewicht na het sorteren) en de Netto-opbrengst (>28 mm gewicht) en in het 2^e diagram de opbrengsten per maat van gezonde aardappels per rug. Deze gewichten zijn tevens statistisch geanalyseerd en verwerkt in tabel 3.3. Een negatief verschil in opbrengst duidt op meer opbrengst onder Binnen dan Buiten en bij een positief verschil geldt dit andersom. In de komende paragrafen zal per bedrijf en grondbewerkingsvorm naar deze tabel verwezen worden.

Tabel 3.3: Statistische analyse aardappelopbrengsten

			Gemiddeld verschil opbrengst (kg/7 m rug)	Significantie
Bakker	Buiten - Binnen	Totaal	0,91	0,005
		Netto	0,45	0,04
SPNA	Buiten - Binnen	Totaal	-0,12	0,892
		Netto	0,43	0,664
Van Hootegem	Buiten - Binnen	Totaal	-2,09	0,001
		Netto	-1,97	0,001
BASIS ST	Buiten - Binnen	Totaal	-5,85	0
		Netto	-5,42	0
BASIS MT-W	Buiten - Binnen	Totaal	0,05	0,925
		Netto	0,10	0,865
BASIS MT	Buiten - Binnen	Totaal	0,03	0,962
		Netto	0,02	0,978

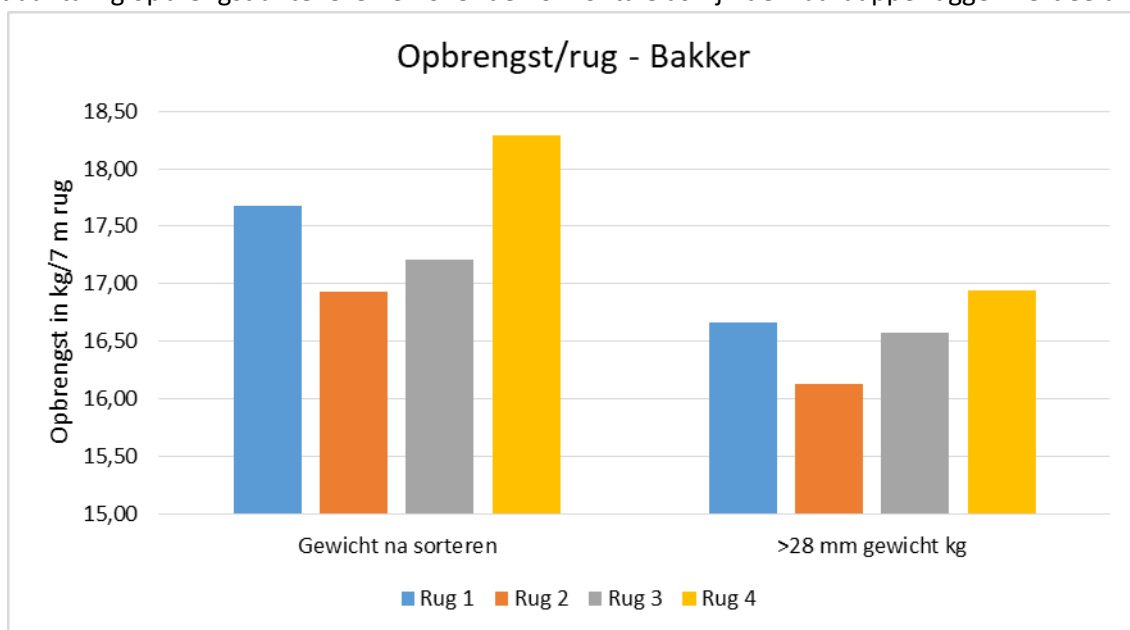
3.3.1 Bakker – pootaardappels

De proefrooïngen zijn uitgevoerd op hetzelfde perceel als waar de penetrometingen zijn uitgevoerd. Op het moment van rooien was het loof volledig afgestorven (zie figuur 3.12).

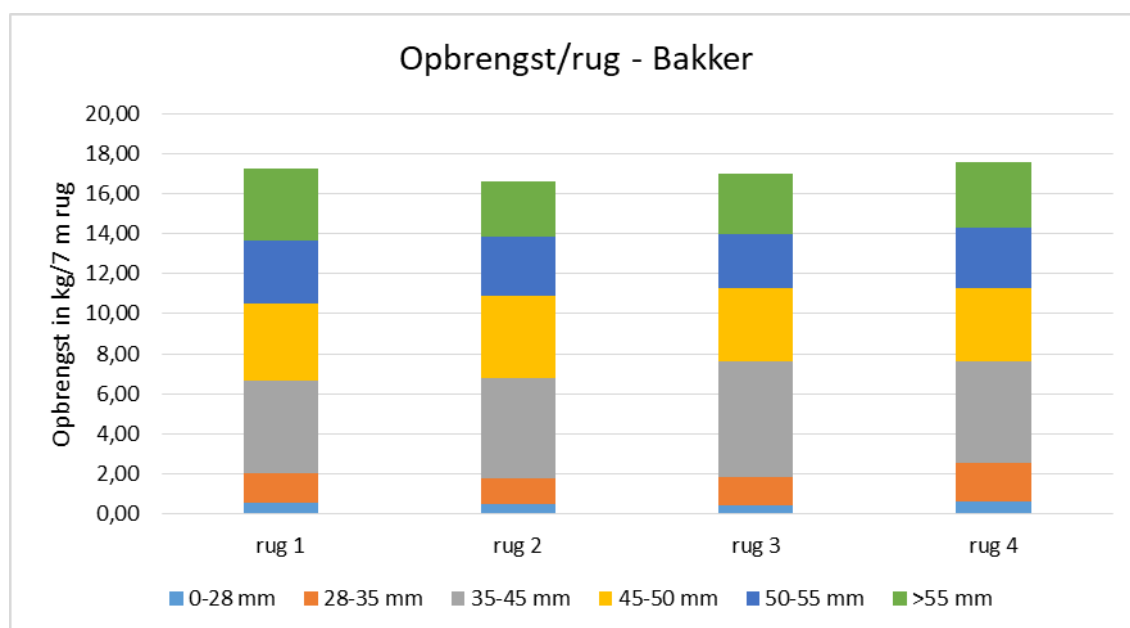


Figuur 3.12: Proefrooien Bakker

In figuur 3.13 en 3.14 zijn de resultaten van de proefrooingen terug te vinden. Langs de verticale as is het aantal kg opbrengst af te lezen en over de horizontale as zijn de 4 aardappelruggen verdeeld.



Figuur 3.13: Opbrengst/rug Bakker



Figuur 3.14: Opbrengst/rug/maat Bakker

In figuur 3.13 en 3.14 zijn de opbrengsten per rug zichtbaar, waarin deze redelijk gelijk lijken. In de maat boven 55 mm lijkt deze zelfs iets hoger te zijn in de buitenste 2 ruggen, al is dit verschil slechts minimaal. Ondanks dit minimale verschil is in tabel 3.3 (pagina 33 – zie volledige statistische analyse in bijlage 2.1) te zien dat de opbrengst onder de buitenste ruggen significant hoger ligt, namelijk 0,91 kg bij Totaal en 0,49 kg bij Netto van 7 m rug. Dit komt neer op 1.631 kg/ha Totaal en 798 kg/ha Netto met betrouwbaarheidsintervallen van 99,5% en 96%; $p > 95\%$.

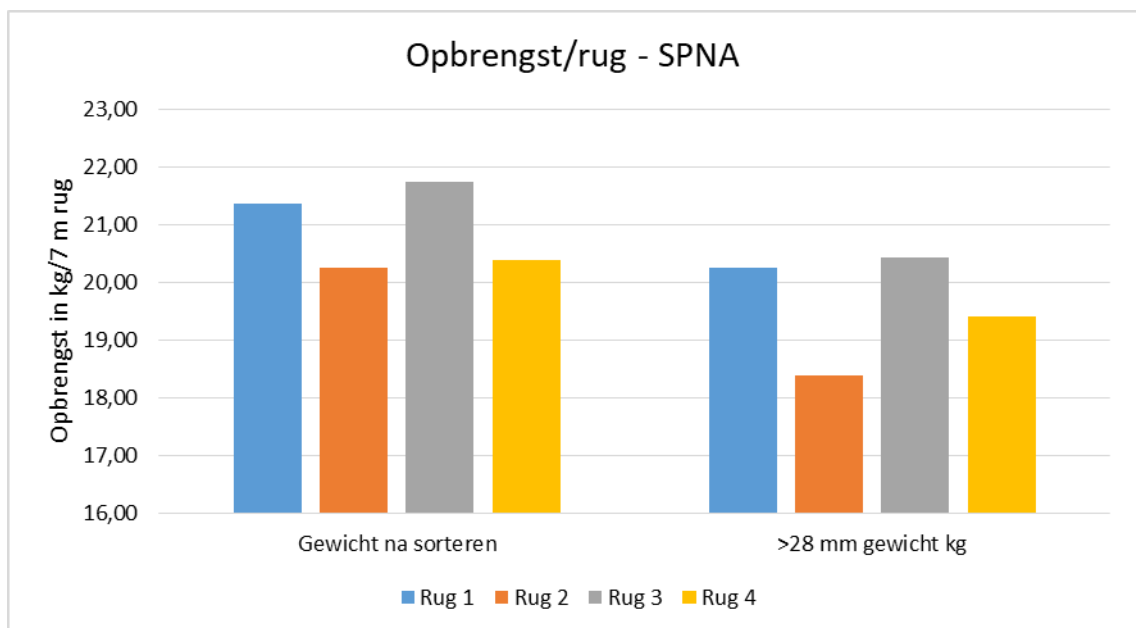
3.3.2 SPNA – pootaardappels

De proefrooïngen bij SPNA zijn uitgevoerd op het moment dat de aardappels grotendeels waren afgestorven. Hier en daar vond echter hergroei plaats, waardoor een aantal aardappelen nog vastzaten aan de plant (zie figuur 3.15).

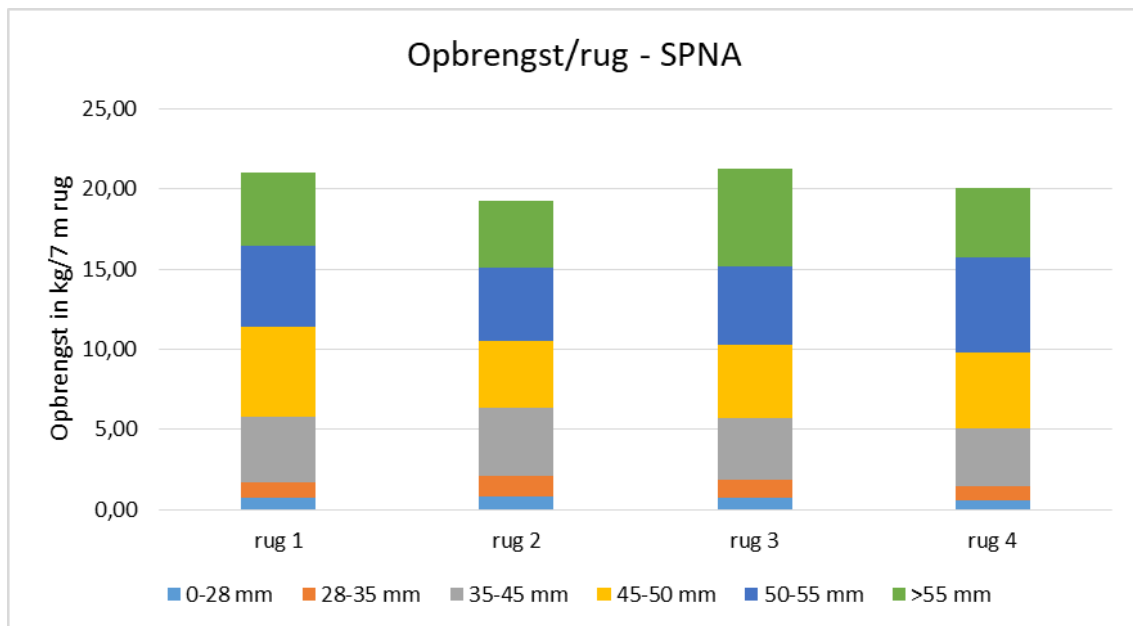


Figuur 3.15: Proefrooien SPNA

Desondanks waren de aardappelen gemakkelijk uit de grond te krijgen en zijn de resultaten terug te vinden in figuur 3.16 en 3.17. Ook hier is de opbrengst langs de verticale as weergegeven en zijn de ruggen langs de horizontale as zichtbaar.



Figuur 3.16: Opbrengst/rug SPNA



Figuur 3.17: Opbrengst/rug/maat SPNA

Bij SPNA is geen duidelijk patroon terug te zien in de opbrengst tussen Binnen en Buiten. De meeste variatie zit hierbij in de maat 50-55 mm en groter dan 55 mm, al is hier geen duidelijk verschil te herleiden tussen Binnen en Buiten. In tabel 3.3 (pagina 33 – zie volledige statistische analyse in bijlage 2.2) is dit tevens zichtbaar, aangezien er geen significant verschil is tussen Binnen en Buiten in Totaal en Netto. De betrouwbaarheidsintervallen voor deze zijn namelijk 10,8% en 33,6%; $p < 95\%$.

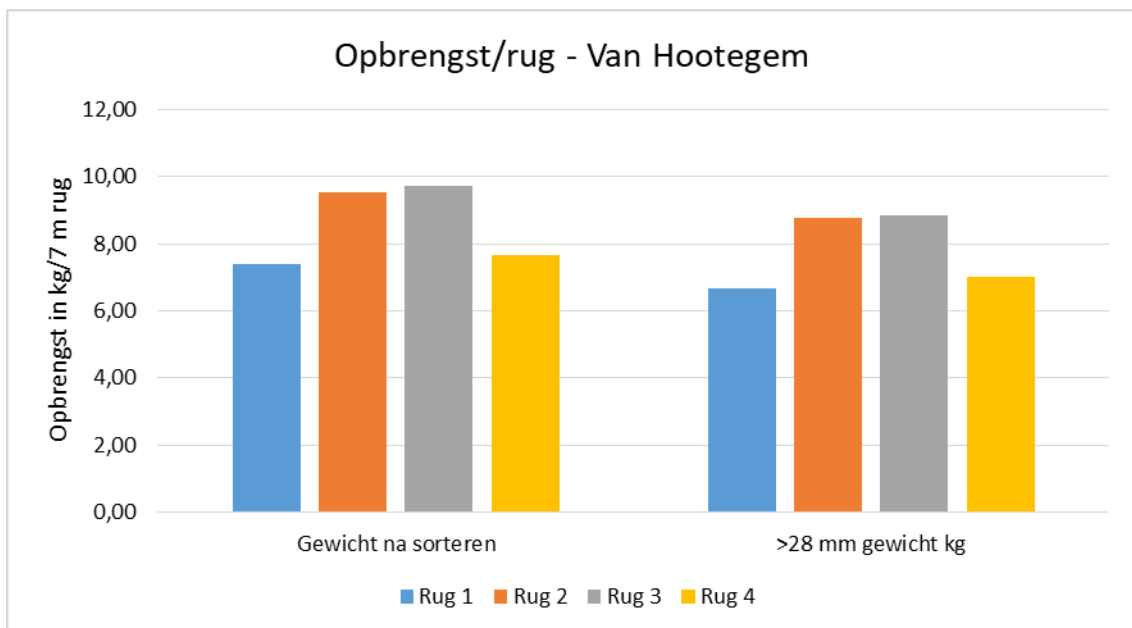
3.3.3 Van Hootegem – consumptie-aardappels

Bij Van Hootegem vonden de proefrooïngen plaats op het moment dat het aardappelgewas volledig was afgestorven (zie figuur 3.18).

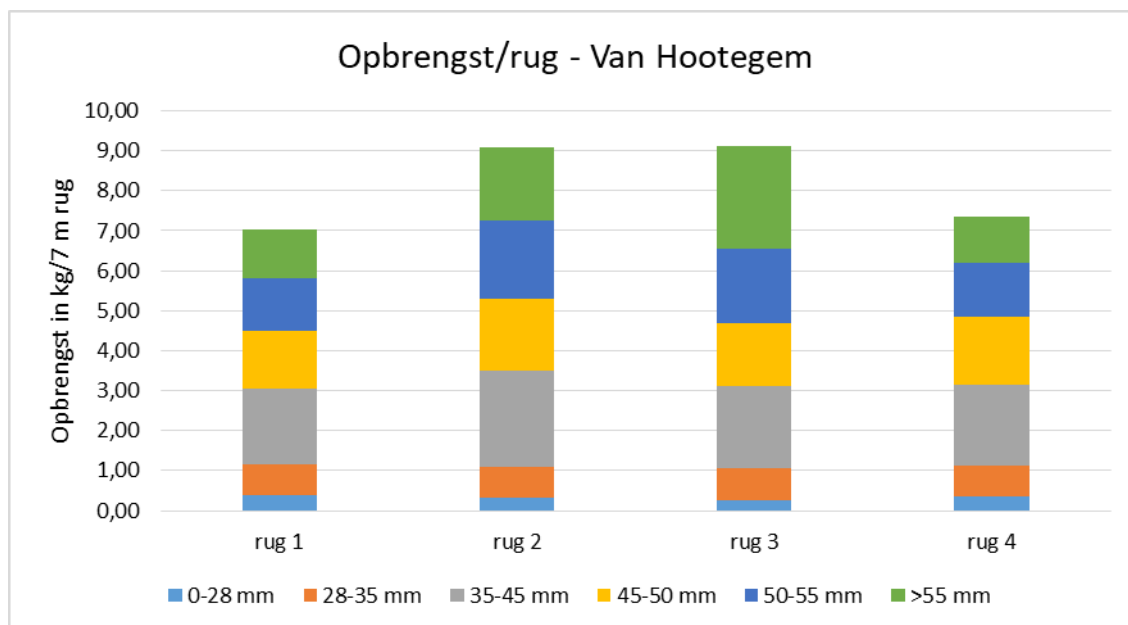


Figuur 3.18: Proefrooïen Van Hootegem

Naar aanleiding van het sorteren zijn de resultaten weergegeven in figuur 3.19 en 3.20 en is daaronder de statistische analyse uitgewerkt.



Figuur 3.19: Opbrengst/rug Van Hootegem



Figuur 3.20: Opbrengst/rug/maat Van Hootegem

In de figuren is een duidelijk verschil zichtbaar tussen Binnen en Buiten, waarbij dit verschil voornamelijk in de maten 35-45 mm, 50-55 mm en >55 mm zit. In tabel 3.3 (pagina 33 – zie volledige statistische analyse in bijlage 2.3) is te zien dat het gemiddelde verschil tussen Binnen en Buiten Totaal 2,09 kg/7 m rug bedraagt en Netto 1,97 kg. Deze verschillen zijn significant, gezien de betrouwbaarheidsintervallen van 99,9% voor Totaal en Netto; $p > 95\%$. Per hectare is dit 3.732 kg/ha Totaal en 3.524 kg/ha Netto verschil.

3.3.4 BASIS – consumptie-aardappels



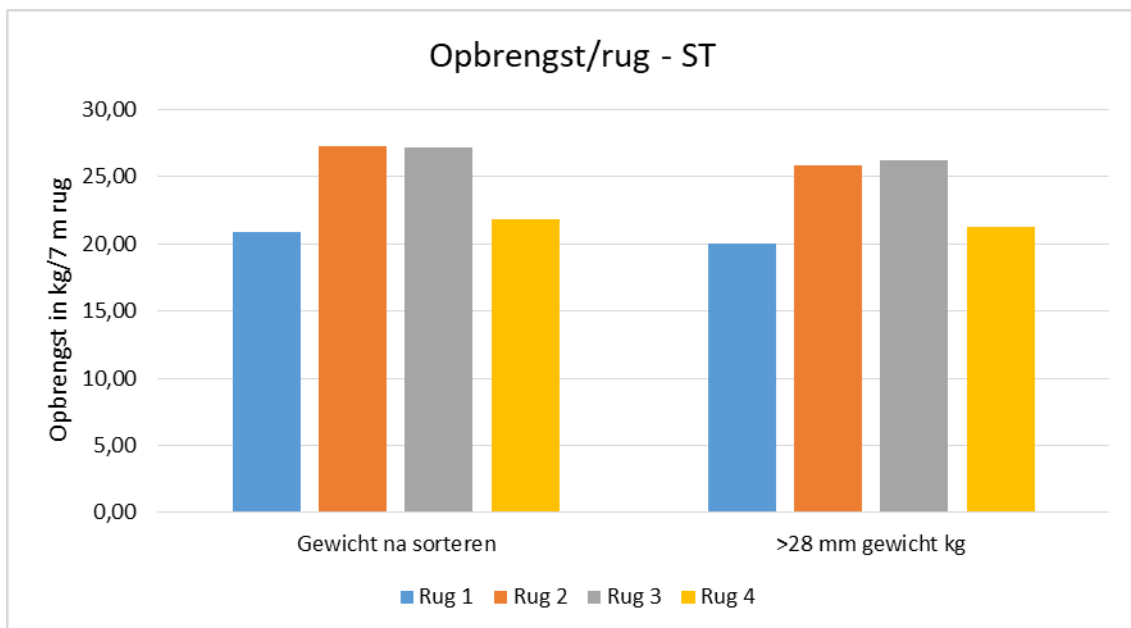
Figuur 3.21: Proefrooien BASIS ST

De proefrooïngen bij project BASIS zijn na de praktijkbedrijven uitgevoerd, waarbij het loof nagenoeg afgestorven was en een enkele plant hergroei toonde (zie figuur 3.21). De ruggen waren vochtig, waardoor de aardappels mooi glad en strak uit de grond kwamen. Bovendien viel gelijk op dat de opbrengst hoog lag ten opzichte van de andere monsterpercelen.

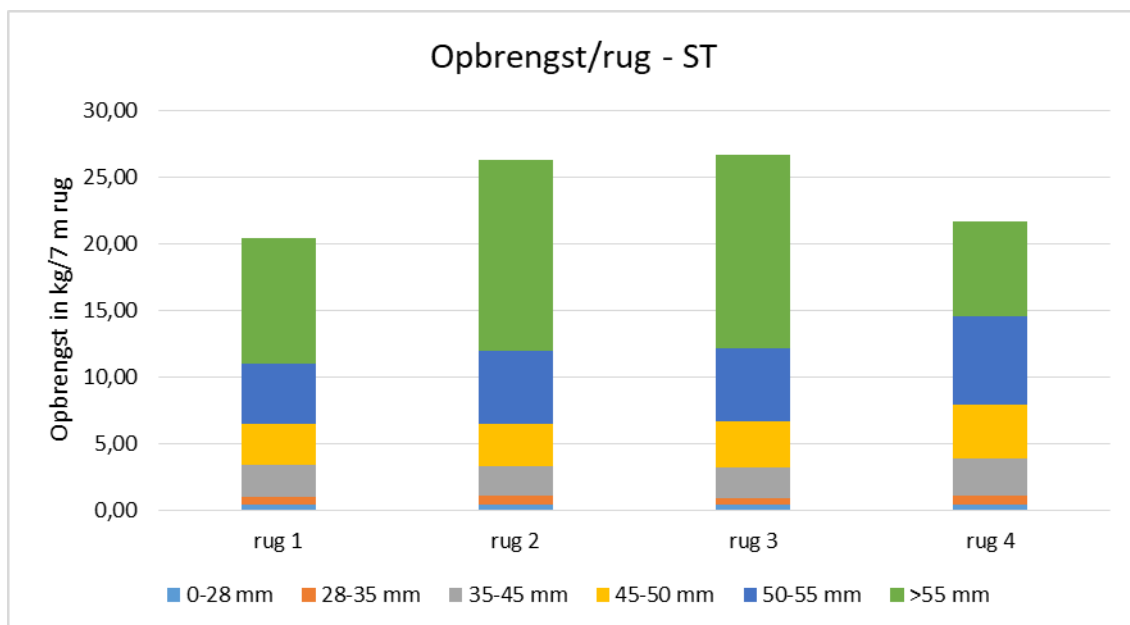
De resultaten van de proefrooïngen zijn onderverdeeld in de 3 grondbewerkingsvormen, welke worden uitgevoerd op BASIS. Per grondbewerkingsvorm zullen eerst tevens de opbrengstresultaten getoond worden, waarna de statistische analyse hiervan volgt.

ST

Tijdens de proefrooïngen viel op dat de grond bovenin de rug goed droog was, maar deze onderin de rug natter en taaier werd. Hoofdzakelijk bij het rooien van Buiten voelde de ondergrond natter en taaier aan en bevonden sommige aardappels zich in deze taaie laag. Bij Binnen werd dit minder tot niet ervaren. Naar aanleiding van het proefrooien en sorteren zijn de resultaten weergegeven in figuur 3.22 en 3.23.



Figuur 3.22: Opbrengst/rug BASIS ST

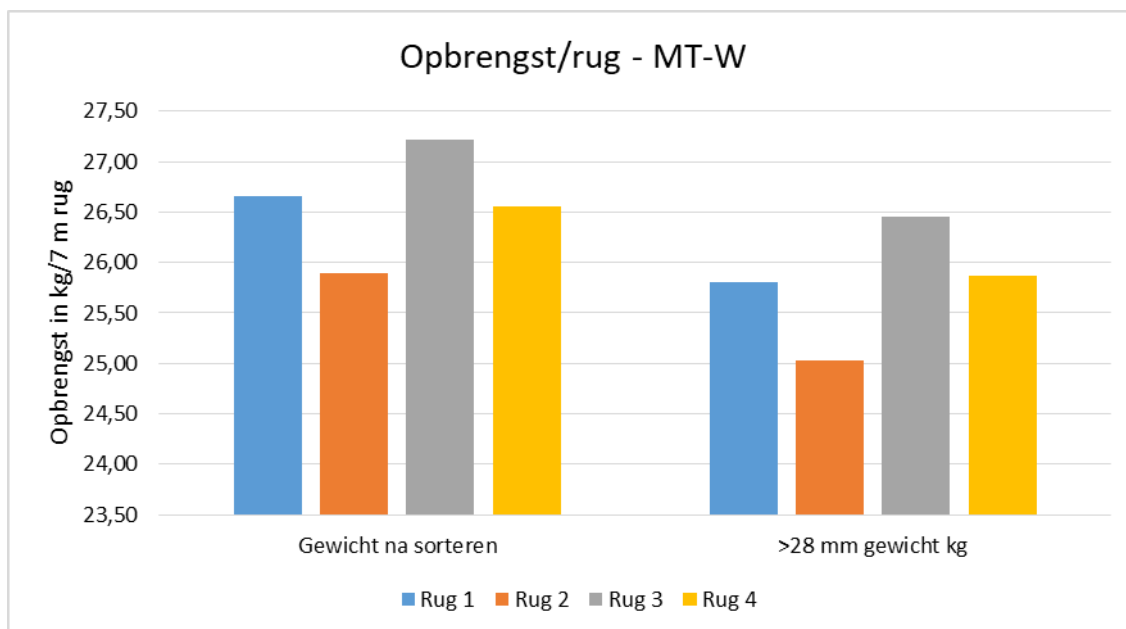


Figuur 3.23: Opbrengst/rug/maat BASIS ST

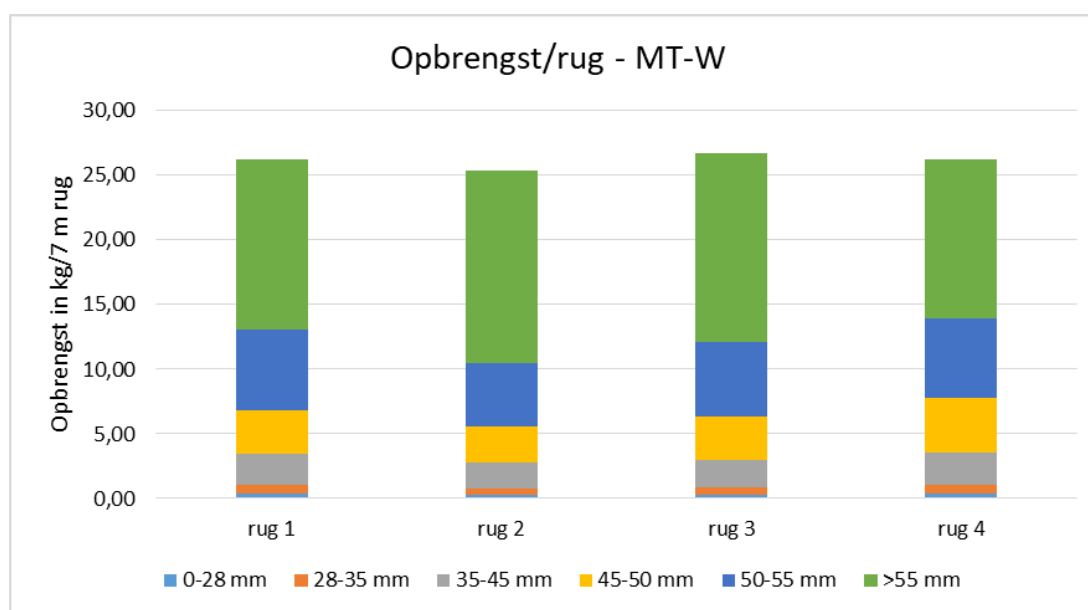
In de figuren is een fors opbrengstverschil zichtbaar tussen Binnen en Buiten, wat voornamelijk terug is te zien in het aantal kg aardappels groter dan 55 mm. De opbrengst onder Binnen bedraagt namelijk 5,85 kg/7 m rug Totaal en 5,42 kg/7 m rug Netto. Omgerekend zorgt dit voor een opbrengstverschil van 10.610 kg/ha bij Totaal en 9.679 kg/ha bij Netto; in beide gevallen een hogere opbrengst onder Binnen ten opzichte van Buiten. In tabel 3.3 (pagina 33 – zie volledige statistische analyse in bijlage 2.4.1) is te zien dat deze verschillen significant zijn, gezien het betrouwbaarheidsinterval van 100% voor beide opbrengsten; $p > 95\%$.

MT-W

Tijdens het proefrooien van MT-W werd geen tot een nauwelijks aanwezige taaie laag geconstateerd onder Buiten. De aardappels leken hierboven op te zijn gegroeid, waardoor deze gemakkelijk te rooien waren. Bovendien was er merkbaar veel organische stof in de rug aanwezig ten opzichte van ST. Naar aanleiding van het proefrooien en sorteren zijn de resultaten weergegeven in figuur 3.24 en 3.25.



Figuur 3.24: Opbrengst/rug BASIS MT-W

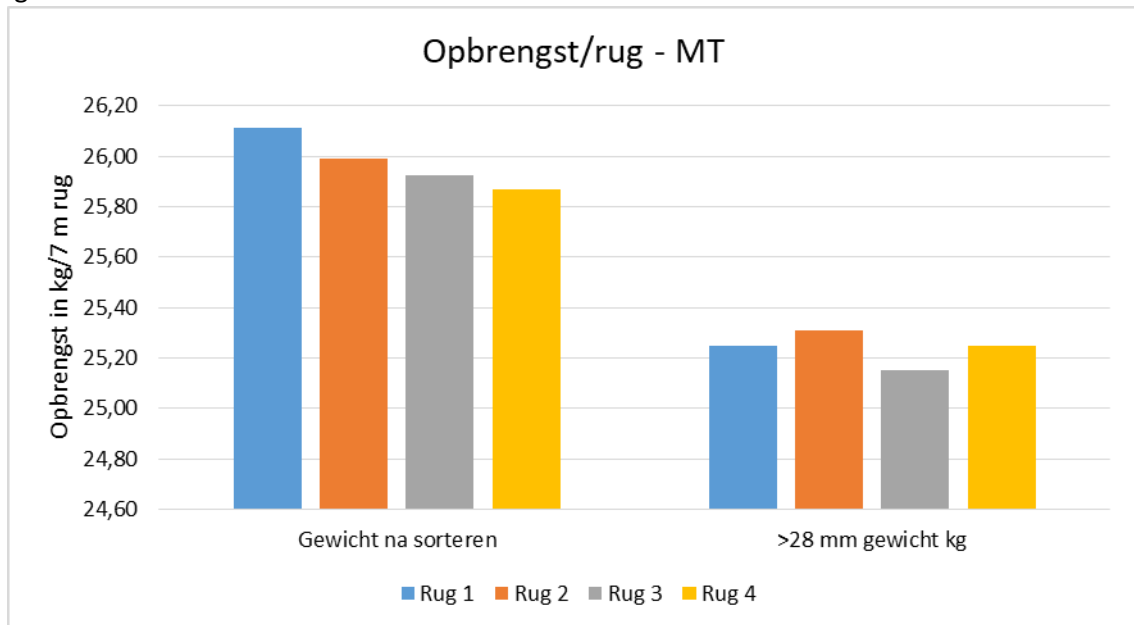


Figuur 3.25: Opbrengst/rug/maat BASIS MT-W

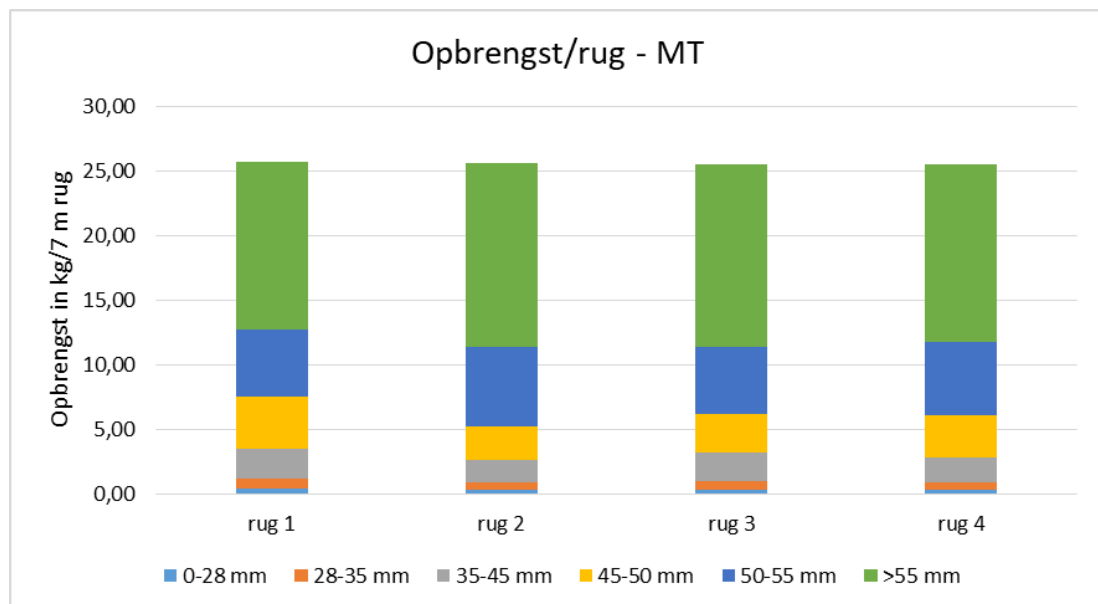
In de figuren is een egaal beeld van de opbrengsten zichtbaar, waarbij geen hogere opbrengst onder Binnen lijkt te zijn; in de maat 28-55 mm lijken de buitenste ruggen zelfs meer kilo's te geven. In tabel 3.3 (pagina 33 – zie volledige statistische analyse in bijlage 2.4.2) is deze kleine meeropbrengst van Buiten tevens terug te zien, maar leidt dit niet tot een significant verschil. Bij MT-W is dus geen significant opbrengstverschil aanwezig tussen Buiten en Binnen, gezien het betrouwbaarheidsinterval van 7,5% voor Totaal en 13,5% voor Netto; $p < 95\%$.

MT

Bij MT werd, net als bij MT-W, niet of nauwelijks moeite ondervonden van de taaie laag. Een andere overeenkomst met MT-W was de hoeveelheid organisch materiaal in de rug, wat flink meer leek dan ST. Daarnaast leken de 4 ruggen onderling behoorlijk gelijk in samenstelling, vochtgehalte en opbrengstvolume. Naar aanleiding van het proefrooien en sorteren zijn de resultaten weergegeven in figuur 3.26 en 3.27.



Figuur 3.26: Opbrengst/rug BASIS MT



Figuur 3.27: Opbrengst/rug/maat BASIS MT

In figuur 3.26 en 3.27 zijn een nagenoeg gelijke opbrengst te zien in totale opbrengst en opbrengst per maat. Rug 1 geeft als enige lichtelijk meer kilo's in de maat 35-50 mm, maar in tabel 3.3 (pagina 33 – zie volledige statistische analyse in bijlage 2.4.3) is zichtbaar dat dit niet tot een significant verschil van Totaal en Netto tussen Binnen en Buiten leidt. De betrouwbaarheidsintervallen hierbij zijn 3,8% voor Totaal en 2,2% voor Netto; $p < 95\%$.

3.4 Opbrengst binnen teeltbed zaai-uien

Voor dit deel is bij 1 praktijkbedrijf de opbrengst over het teeltbed gemeten, namelijk bij Reedijk. Hierbij zijn de proefveldjes gerooid en de partijtjes gesorteerd. De verzamelde gegevens zijn verwerkt in 2 kolomdiagrammen, waarbij het eerste diagram het 'gewicht na het sorteren' en het '>40 mm gewicht' laten zien. De opbrengsten zijn onderverdeeld in 'Rij 1' (= vlak naast het rijpad), 'Rij 2', 'Rij 3' en 'Rij 4' (= midden van het teeltbed), maar in de diagram weergegeven over 8 rijtjes. Het gewicht na het sorteren en >40 mm gewicht zijn per rij statistisch geanalyseerd en verwerkt in tabel 3.4. 'Gewicht na sorteren' is hier geïnterpreteerd als 'Totaal' en '>40 mm gewicht' als 'Netto'. In de 2^e kolomdiagram staat vervolgens per rij de opbrengst aan gezonde uien en de opbrengst per maat uien weergegeven.

Tabel 3.4: Statistische analyse uienopbrengsten

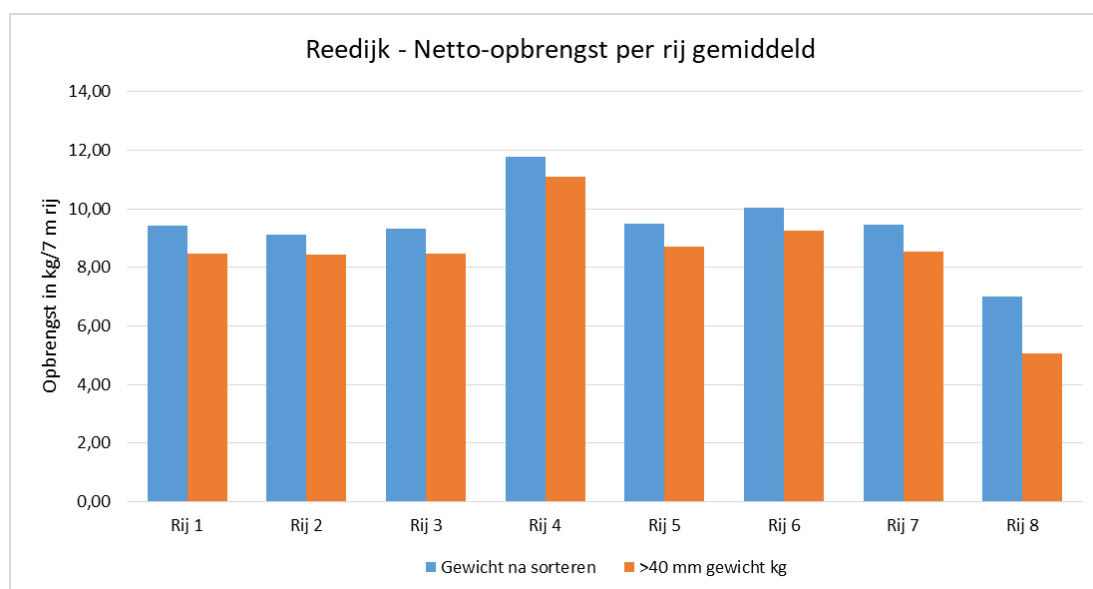
			Gemiddeld verschil opbrengst (kg/7 m rij)	Significantie
Reedijk	Rij 4 - 1	Totaal	2,4333	0,007
		Netto	3,16333	0,002
	Rij 4 - 2	Totaal	1,35667	0,268
		Netto	1,43	0,237
	Rij 4 - 3	Totaal	0,94	0,482
		Netto	1,07333	0,429

De proefrooïngen zijn uitgevoerd op hetzelfde perceel als waar de penetrometingen zijn uitgevoerd. Bij elke herhaling is geprobeerd een plek te vinden, waar de rijtjes zo min mogelijk gaten bevatten. In dit geval was het loof volledig afgestorven en de grond vochtig, wat het proefrooien gemakkelijk maakte (zie figuur 3.28).

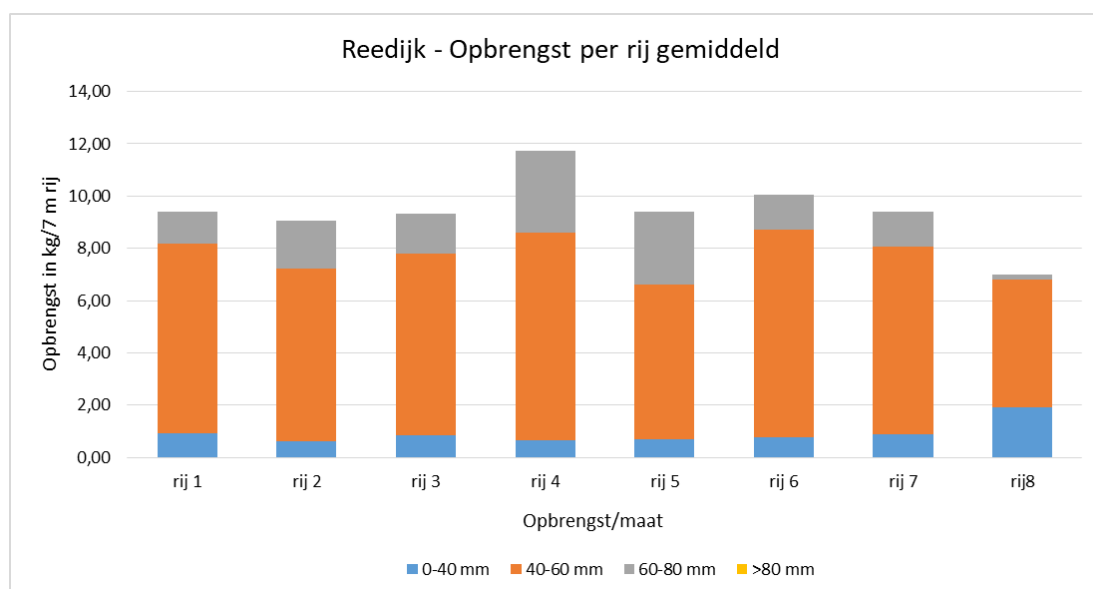


Figuur 3.28: Proefrooien Reedijk

In figuur 3.29 en 3.30 is het resultaat van de proefrooïngen terug te vinden. Langs de verticale as is het aantal kg opbrengst af te lezen en over de horizontale as zijn de 8 uienrijtjes verdeeld.



Figuur 3.29: Totaal- en Netto-opbrengst/rij Reedijk



Figuur 3.30: Opbrengst/maat/rij Reedijk

In de figuren 3.29 en 3.30 zijn de opbrengsten per rij zichtbaar, waarbij tevens de opbrengst is verdeeld in maatsortering. Zowel de Totaal- als Netto-opbrengst lijkt sterk te fluctueren, waarbij beiden een redelijke samenhang hebben. Rij 8 laat echter een flink mindere opbrengst zien in zowel Totaal als Netto, waarbij tevens het verschil tussen deze groter lijkt dan bij de andere rijtjes. Daarnaast valt op dat de opbrengst per rij sterk wisselt in de maat 40-80 mm. Het aantal kg 0-40 mm is daarentegen behoorlijk gelijk over de rijtjes, waarbij rij 8 als enige iets hoger ligt in deze maat. Uit de statistische analyse van tabel 3.4 (zie volledige statistische analyse in bijlage 2.5) blijkt echter degelijk verschil zichtbaar tussen rij 1 en 4, aangezien rij 1 een significant lagere Totaal en Netto opbrengst heeft dan rij 4. Het gemiddelde verschil hiertussen bedraagt bij Totaal 2,43 kg/7 m rij (8.690 kg/ha) en Netto 3,16 kg/7 m rij (6.025 kg/ha) met betrouwbaarheidsintervallen van 99,3% en 99,8%; $p > 95\%$. Rij 2 (betrouwbaarheidsintervallen 73,2% en 76,3%) en 3 (betrouwbaarheidsintervallen 51,8% en 57,1%) verschilden niet significant in opbrengst ten opzichte van rij 4; $p < 95\%$.

4. Discussie

Eerst is de indringingsweerstand binnen een teeltbed aardappels gemeten en op basis hiervan de potentiële bewortelingsdiepte bepaald. Allereerst viel bij het controle-object op dat tussen de ruggen een lagere indringingsweerstand is gemeten dan onder de ruggen. De verwachting is echter dat dit andersom zou zijn, aangezien tussen de ruggen gereden is en hier logischerwijs meer verdichting zou hebben plaatsgevonden. Mogelijk was het vochtgehalte tussen de ruggen hoger, aangezien dit het laagste punt is en de regen hier gemakkelijker naartoe spoelt. Verder kwam uit de metingen voort dat de bewortelingsdiepte in project BASIS en bij Van Hootegem langs de rijpaden minder is dan midden in het teeltbed. De verschillen zijn echter klein tot middel, aangezien deze tussen de 2,8 en 5,3 cm bedragen. Bovendien gaat deze dieptevergelijking uit van de 1,5 mPa-lijn, terwijl de meeste planten weliswaar langzamer, maar wel dieper kunnen wortelen op het moment dat de indringingsweerstand meer dan 1,5 mPa is. Bij Bakker en SPNA was deze mindere bewortelingsdiepte echter niet het geval en was bij Bakker zelfs bijna sprake van meer bewortelingsdiepte langs de rijpaden, al zou dit verschil minimaal zijn geweest. De oorzaak van deze verschillen is lastig te benoemen, aangezien geen eenzijdig verband met grondbewerking is te trekken. Op project BASIS is namelijk in alle grondbewerkingsvormen minder bewortelingsdiepte gevonden langs de rijpaden. Bij SPNA, Bakker en Van Hootegem is bij slechts 1 van de 3 bedrijven een verschil in bewortelingsdiepte bepaald tussen de binnenste en buitenste aardappelruggen, terwijl deze bedrijven allen vaste rijpaden combineren met gereduceerde grondbewerking. Factoren welke mogelijk wel van invloed zijn, zijn de bodemvochttoestand en wiellasten tijdens berijding, manier van oogsten van de voorvrucht, breedte van de vaste rijpaden en het aantal passages over de rijpaden. In dit geval is alleen een inschatting te maken van de vochttoestand van de grond en de manier van oogsten het voorgaande jaar. Bij Van Hootegem is namelijk in maart en april 2018 ongeveer 40 mm meer regen gevallen dan bij Bakker en SPNA (KNMI, 2018). Bovendien zijn het voorgaande jaar bij Van Hootegem rode bieten geteeld en deze niet geoogst van de vaste paden. Bij SPNA en Bakker zijn de teeltbedden het voorgaande jaar onbereden gebleven, waardoor deze waarschijnlijk meer vocht hebben kunnen bergen en in het voorjaar minder gevoelig waren voor de bodemverdichting vanuit de vaste rijpaden. De afstand tussen 2 rijpaden, 3,15 of 3,2 meter, varieert tevens tussen de praktijk- en proefbedrijven, maar is lastig in verband te brengen met een effect op het onbereden teeltbed. Ditzelfde geldt voor de mate van verdichting in het rijpad en het effect hiervan op de onbereden teeltbedden. Onder de onderzochte bedrijven was geen inzicht van de wiellasten, vochttoestand en draagkracht van de bodem op de momenten dat de rijpaden gebruikt werden voor bewerkingen. Dit is tevens van toepassing op de andere deelvragen. Naast de bewortelingsdiepte viel tevens het bijzondere verloop van de indringingsweerstand bij Bakker op, waarbij 6 dalen zichtbaar waren. Deze zijn waarschijnlijk gevormd met het groenbemester zaaien in het voorgaande najaar, waarbij gebruik is gemaakt van een 6-potige bouwvoorlichter.

Vervolgens is de indringingsweerstand binnen een teeltbed uien gemeten, waarmee tevens de potentiële bewortelingsdiepte is bepaald. Hieruit kwam voort dat onder de biologische uien van Reedijk een significant verschil in bewortelingsdiepte is terug te vinden van rij 1, 2 en 3 ten opzichte van rij 4. Dit varieert van ongeveer 2,6 cm minder onder rij 2 en 3 tot bijna 7,9 cm onder rij 4. Bij BASIS waren gangbare uien gezaaid en is echter in geen geval een significant verschil in bewortelingsdiepte gevonden. Het feit dat bij Reedijk wel een significant verschil is gevonden en bij BASIS niet, is wellicht te verklaren door het aantal bewerkingen dat heeft plaatsgevonden bij de biologische uien. De paden waren al een keer vaker gebruikt bij Reedijk, wat hier heeft bijgedragen aan het aanwezige verschil. Daarnaast heeft ook Reedijk al in februari, maart en april te maken gehad met flinke regenval, wat de vochttoestand van de bodem tijdens land klaarleggen, uien zaaien en onkruid afbranden wezenlijk anders kan hebben gemaakt dan de omstandigheden op project BASIS.

Naast het vochtgehalte tijdens de bewerkingen zijn tevens geen gegevens bekend over het vochtgehalte tijdens de penetrometingen, waardoor onduidelijk is in hoeverre deze verschillen binnen het teeltbed. Het vochtgehalte kan echter de penetrometingen beïnvloeden, waardoor het verstandig is in het vervolg tijdens de penetrometingen het vochtgehalte per 10 cm bodemlaag te meten. Aan de hand hiervan kan de betrouwbaarheid van de gegevens bepaald worden.

Na de indringingsweerstand is de opbrengst per rug aardappels gemeten. Hieruit kwam voort dat alleen bij Van Hootegem, BASIS ST en Bakker significante verschillen zijn gevonden tussen Binnen en Buiten. Hierbij lag de Totaalopbrengst onder Buiten bij Van Hootegem en BASIS ST gemiddeld 3.732 kg en 10.610 kg/ha lager, terwijl bij Bakker deze opbrengst 1.631 kg/ha hoger was onder Buiten. Bij de overige grondbewerkingsvormen en SPNA is geen verschil in opbrengst gemeten. De vaste rijpaden lijken bij Van Hootegem en BASIS ST dus invloed te hebben op de opbrengst, wat overeenkomt met de verwachtingen, aangezien eerder onderzoek een lagere opbrengst liet zien in de buitenste ruggen aardappels en de bewortelingsdiepte langs de rijpaden minder is. Het opbrengstverschil bij Bakker is daarom tegen de verwachting in, gezien de hogere kg-opbrengst in de buitenste rijen ten opzichte van het midden van het teeltbed. De indringingsweerstand lag hier weliswaar gelijk over de breedte van het teeltbed, maar een hogere opbrengst langs de rijpaden was onverwacht. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn de grotere hoeveelheid zonlicht en bewortelbare grond voor de ruggen langs de rijpaden. De rijpaden bij Bakker zijn namelijk 20 cm breed, waardoor de kanruggen bruto 85 cm breed zijn en 10 cm extra licht op kunnen vangen. Daarnaast is niet bekend welke bewerkingen gedurende het groeiseizoen zijn uitgevoerd door Bakker en of de afstelling tijdens die bewerkingen gelijk was per rug. Overigens geldt deze onwetendheid van bewerkingen ook voor de andere praktijk- en proefbedrijven. In vervolgonderzoek zouden deze factoren meegenomen moeten worden om hier het effect van te kunnen beschrijven of deze uit te sluiten. Verder viel op bij deze opbrengstmetingen dat bij BASIS in alle 3 de grondbewerkingsvormen verschillen zijn gemeten in bewortelingsdieptes tussen Binnen en Buiten, waarbij deze diepte onder Buiten consequent minder is. Ondanks deze verschillen is alleen bij ST een lagere opbrengst onder Buiten gevonden van ongeveer 21%. Bij MT-W en MT bleef de opbrengst nagenoeg gelijk, waardoor de vraag kwam waar dit verschil door veroorzaakt is. De vruchtwisseling, bemesting en gewasverzorging zijn immers gelijk, waardoor deze factoren geen invloed hebben op de gewasopbrengst. Een mogelijke verklaring is dat door de jaarlijkse ploegbewerking bij ST de draagkracht van de rijpaden wordt afgebroken, waardoor bij iedere bewerking de rijpaden een stukje meer verdichten. Op het moment dat de aardappel gepoot is en wortels begint te maken, groeien deze wellicht naar de rijpaden, aangezien deze grond nog los genoeg is door het ploegen. Tijdens het seizoen worden de rijpaden echter meer verdicht, doordat de draagkracht nog niet zeer hoog is. Allicht sterven hierdoor de wortels af welke zich in de verdichte grond bevinden en wordt een flink lager deel van het wortelgestel benut of kost het de plant meer energie om voldoende wortels te maken dan de planten midden in het teeltbed. Bij gereduceerde grondbewerking is de verwachting dat de rijpaden gedurende het seizoen verdicht blijven en dit ook de situatie in het voorjaar is. Deze hebben direct draagkracht bij de werkzaamheden, waardoor deze niet of nauwelijks verder verdichten. Zodra de aardappel gepoot is en wortels begint te vormen, merkt deze gelijk weerstand van het rijpad, waardoor deze een andere weg naar beneden zoekt. Gedurende het seizoen komen deze wortels niet beknelde te zitten, maar worden deze beter benut dan bij ploegen als grondbewerking. In het groeiseizoen een profielkuil graven of ringmonsters met een wortelboor steken in het groeiseizoen bij de verschillende grondbewerkingsvormen kan dit uitwijzen.

Als laatste is de opbrengst per rij uien gemeten bij Reedijk. Hieruit blijkt een significant verschil in opbrengst tussen rij 1 en 4, waarbij rij 1 Totaal en Netto ongeveer 23% en 32% minder opbrengst gaf dan rij 4. Rij 2 en 3 verschiden niet significant, maar hier lijkt een sterk effect van de rijpaden

gemeten op de rijtjes langs de rijpaden. Deze resultaten komen overeen met de verwachtingen, aangezien in eerder onderzoek met prei deze invloed van vaste rijpaden ook naar voren leek te komen en Reedijk zelf ook verschil in gewasstand heeft opgemerkt in de uien. Ook hier is de combinatie van vaste rijpaden en ploegen de mogelijke verklaring, aangezien op deze manier in het voorjaar de rijpaden nog geen draagkracht hebben en de uien gaan wortelen in grond welke verdicht zal worden gedurende het groeiseizoen. Hierdoor leveren tevens de uien mogelijk opbrengst in. In rij 2 en 3 is tevens een lagere gemiddelde opbrengst te zien dan in rij 4, maar is deze niet significant. Tijdens de proefrooïngen viel tevens op dat regelmatig 10 centimeter van een uienrij miste. Bij het uitmeten van de plekken voor het proefrooien is hier zo goed als mogelijk rekening mee gehouden. Het is echter beter om meer oppervlakte per herhaling op te rooien, waardoor de herhalingen representatiever zijn voor het perceel. Daarnaast zijn meer bedrijven om metingen bij uit te voeren tevens een streven, aangezien de opbrengst nu alleen bij Reedijk gemeten is, maar moet hiervoor wel tijd beschikbaar zijn. Omwille van de beschikbare tijd zijn namelijk geen proefrooïngen verricht bij de uien op BASIS. In het vervolg is het daarom verstandiger het onderzoek op 1 gewas te richten in plaats van 2.

5. Conclusie en aanbevelingen

De Nederlandse landbouw verkeert in een tendens van hoger wordende wiellasten, groeiend tekort van personeel, noodzaak van genoeg voedsel en een groter belang van goede bodemkwaliteit. Hierin kunnen vaste rijpaden een sleutelrol vervullen, maar evengoed is nog veel onbekend over dit systeem voor toepassing in de Nederlandse landbouw. In eerdere onderzoeken is al gebruik gemaakt van vaste rijpaden en leken de vaste rijpaden een effect te hebben op de gewasstand en -opbrengst in de kantrijen langs de paden. De 'waarom' achter dit effect was echter nog niet bekend, maar is van groot belang om het vaste rijpaden-systeem beter te begrijpen. Het doel van dit onderzoek is dan ook om te onderzoeken wat de invloed van vaste rijpaden is op onbereden teeltbedden op lichte klei- en zavelgrond.

5.1 Conclusie

Voor het beantwoorden van de hoofdvraag is eerst gekeken wat de invloed van vaste rijpaden op de indringingsweerstand is binnen een teeltbed aardappels. Hierbij kwamen wisselende resultaten naar voren. Bij WUR Open Teelten werd bij alle grondbewerkingsvormen een verhoogde indringingsweerstand aangetroffen onder de buitenste ruggen, wat resulteert in minder bewortelingsdiepte. In de praktijk resulteren rijpaden echter in zowel meer als gelijk als minder bewortelingsdiepte, waardoor geen eenzijdig antwoord te geven is.

Vervolgens is gekeken naar de invloed van vaste rijpaden op de indringingsweerstand binnen een teeltbed uien en ook hier zijn de effecten wisselend. Op het praktijkbedrijf werd een verhoogde indringingsweerstand gemeten langs de rijpaden, waardoor de bewortelingsdiepte voor de rijtjes langs de rijpaden dan ook minder was. Bij de uien op WUR Open Teelten is dit verschil echter bij geen van de grondbewerkingsvormen zichtbaar. Hier is dus geen effect van de rijpaden op de indringingsweerstand zichtbaar, waardoor ook hier dus geen eenzijdig antwoord op is.

Naast indringingsweerstand is tevens gekeken wat het effect van vaste rijpaden is op de plantaardige opbrengst van aardappelen binnen het teeltbed. Dit effect is wisselend, aangezien op project BASIS alleen bij ploegen als grondbewerking een negatief effect van de rijpaden is gemeten, terwijl de opbrengst bij gereduceerde grondbewerking zo goed als gelijk bleef over de 4 aardappelruggen. Bij de praktijkbedrijven waren de resultaten tevens wisselend, aangezien geen opbrengstverschil werd gevonden bij SPNA en Bakker, maar de buitenste ruggen bij Van Hootegem wel lager in opbrengst waren. Vaste rijpaden hebben niet in alle gevallen invloed op de plantaardige opbrengst van aardappelen. Het effect van vaste rijpaden op de plantaardige opbrengst binnen een teeltbed uien is ten slotte alleen bij Reedijk gemeten. Hier lag de opbrengst van de rij langs de rijpaden flink lager, maar reikt dit effect niet verder dan de kantrij.

Met het antwoord op de deelvragen kan hiermee de hoofdvraag beantwoordt worden:

Wat is de invloed van vaste rijpaden op onbereden teeltbedden op lichte klei- en zavelgrond?

Vaste rijpaden hebben een wisselend effect op de onbereden teeltbedden. Bij aardappels en uien en ploegen als hoofdgrondbewerking is zowel een hogere indringingsweerstand als een lagere opbrengst van de kantrijen en –ruggen te verwachten. In combinatie met gereduceerde grondbewerking hebben rijpaden echter geen duidelijk effect op de indringingsweerstand van onbereden teeltbedden, aangezien deze zowel meer, gelijk als minder is onder de buitenste ten opzichte van de binnenste ruggen. De opbrengst blijft bij deze combinatie in de meeste gevallen gelijk, aangezien slechts bij 1 praktijkbedrijf een lagere opbrengst is gemeten van de buitenste ruggen. De hypothese klopt hiermee deels, aangezien niet in alle gevallen een verschil in indringingsweerstand en opbrengst is gemeten.

Aan de hand van dit onderzoek hebben gebruikers en geïnteresseerden van vaste rijpaden nu kennis van het verloop van de indringingsweerstand binnen het teeltbed. De opgedane kennis over de verschillen in aardappelopbrengst bij de grondbewerkingsvormen kan een hulpmiddel zijn voor telers om bij gebruik van vaste rijpaden rekening te houden met grondbewerking. Daarnaast is dit onderzoek van toegevoegde waarde in het begrijpen van de potentie van vaste rijpaden. In vervolgonderzoek kan naar factoren gekeken worden welke mogelijk de bodemkwaliteit binnen een teeltbed beïnvloeden, zoals wiellasten tijdens uitgevoerde bewerkingen, aantal passages over de rijpaden, bodemvochttoestand op het moment van berijding, breedte van de vaste rijpaden en manier waarop de voorvrucht geoogst wordt.

5.2 Aanbevelingen

Dit onderzoek heeft veel nieuw inzicht gegeven over het effect van rijpaden op onbereden teeltbedden, maar daarbij tevens nieuwe vragen aanbevoerd over onder andere beworteling en grondbewerking.

Dit rapport heeft aangetoond dat rijpaden wel degelijk voor een hogere indringingsweerstand langs de rijpaden kunnen zorgen, maar dat dit niet altijd tot een lagere opbrengst leidt. Hierbij leek een verband met grondbewerking aanwezig te zijn, wat tot een interessant onderzoek zou kunnen leiden. Dit kan verdere bruikbare informatie opleveren voor telers die vaste rijpaden (willen gaan) gebruiken en deze zo efficiënt mogelijk in willen zetten.

Een 2^e aanbeveling is om bij de penetrometingen in de 1^e plaats het bodemvochtgehalte op verschillende dieptes te meten. Mooier zou zijn om in plaats van een penetrologger ringmonsters te gebruiken. Door deze monsters over de breedte van het teeltbed te nemen, kan de bulkdichtheid en het aantal wortels op verschillende dieptes worden gemeten. Hiermee kan onderzocht worden of de wortels bij een combinatie van vaste rijpaden en gereduceerde grondbewerking anders groeien dan bij vaste rijpaden en ploegen en daardoor minder last hebben van de uitstraling van bodemverdichting uit de rijpaden.

Een 3^e aanbeveling is om bij de metingen in te gaan op 1 gewas en hier meer bedrijven en data van te verzamelen. In dit onderzoek waren voldoende aardappelpercelen, maar was slechts 1 uienperceel. Daarnaast is het belangrijk in het vervolg voldoende oppervlakte te rooien en zo de variatie binnen het teeltbed uit te vlakken.

De manier van oogsten, breedte van het rijpad, het aantal passages, de bodemvochttoestand en wiellasten op de momenten van berijding zijn naar verwachting factoren welke invloed hebben op onbereden teeltbedden. Een 4^e aanbeveling is om hier verder onderzoek naar te doen.

Bronvermelding

- Bac, C. W., Henten, E. J., Hemming, J., & Edan, Y. (2014). Harvesting robots for high-value crops: State-of-the-art Review and challenges ahead. *Journal of field robotics*, 888-911.
- Baio, F. H., Scarpin, I. M., Roque, C. G., & Neves, D. C. (2017). Soil resistance to penetration in cotton rows and interrows. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 433-439.
- Bergh, S. v. (2004). Agrarische en rurale ontwikkelingen tussen 1850-1990. In S. v. Bergh, *Verdeeld land* (pp. 25-35). Groningen/Wageningen: Nederlands Agronomisch Historisch Instituut.
- Bergmans, G. (2016). *Optimaliseren teelt in poot aardappelen door inzicht in het groeiproces*. Wijnaldum: Koelhuis Bergmans BV.
- Bernaerts, S. (2009, Oktober). *Vaste rijpaden bieden veel voordeel*. Opgehaald van bioKennis: <http://edepot.wur.nl/13936>
- Boom, N. v. (2019, april 17). *Eerste robottrekker actief in de polderklei*. Opgehaald van Boerenbusiness: <https://www.boerenbusiness.nl/akkerbouw/artikel/10882090/eerste-robottrekker-actief-in-de-polderklei>
- CBS Statline. (2019, februari 13). *Banen van werknemers; bedrijfsgrootte en economische activiteit*. Opgehaald van CBS Statline: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83583NED/table?ts=1555320000125>
- CBS Statline. (2019, februari 20). *Vacatures; SBI 2008; naar economische activiteit en bedrijfsgrootte*. Opgehaald van CBS Statline: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80472ned/table?ts=1555313776376>
- CLO. (2016, maart 23). *Jaarlijkse hoeveelheid neerslag in Nederland, 1910-2015*. Opgehaald van CLO: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl050806-jaarlijkse-hoeveelheid-neerslag-in-nederland>
- CLO. (2018, april 25). *Temperatuur in Nederland en mondiaal, 1906 - 2017*. Opgehaald van CLO: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0226-temperatuur-mondiaal-en-in-nederland>
- Couzy, F. R. (2018, januari 24). *Personeelstekort drukt groei in het bedrijfsleven*. Opgehaald van ABN AMRO: https://insights.abnamro.nl/2018/01/personeelstekort-drukt-groei-in-het-bedrijfsleven/?utm_source=nieuwsbrief&utm_medium=email&utm_term=24-01-2018&utm_content=Personeelstekort%20drukt%20groei%20in%20het%20bedrijfsleven&utm_campaign=Nieuwsbrieven2018-insta
- Delanote, L., France, P., & Decuyper, T. (2016). *Vaste rijpaden op breed spoor bewijzen meerwaarde in moeilijk seizoen 2016*. Rumbeke-Beitem: inagro.
- E., J., AV., B., M., H., T., E., Y., P., & A., S. (2017). Improving yield and mineral nutrient concentration of potato tubers through cover cropping. *Field crops research*, 45-51.
- Eijkelkamp. (2013). *Penetrologger - gebruiksaanwijzing*. Giesbeek: Eijkelkamp.
- Enciso, J., Wiedenfeld, B., Jifon, J., & Nelson, S. (2009). Onion yield and quality response to two irrigation scheduling strategies. *Scientia Horticulturae*, 301-305.
- Groeneveld, R., & Vermeulen, B. (2003). Onkruid met high-tech te lijf. *Ekoland*, 24-25.

- Hefner, M., Labouriau, R., Nørremark, M., & Kristensen, H. L. (2019). Controlled traffic farming increased crop yield, root growth, and nitrogen supply at two organic vegetable farms. *Soil and Tillage Research*, 117-130.
- Holm, L. V., Merckx, R., Orshoven, J. V., Diels, J., & Elsen, A. (2010). *Bodemverdichting op landbouwgrond*. Roermond: LLTB Roermond.
- Iaccarino, M. (2019). Water, Population Growth and Contagious Diseases. *Water*, 1-14.
- Jonkheer, E. (2010). Buiten de gebaande paden denken. *Akkerwijzer*, 30-35.
- Jonkheer, E. (2017). Rijpaden voor kwaliteitspootgoed. *Akkermagazine*, 10-13.
- KNMI. (2018, maart/april). *Neerslagkaart archief*. Opgehaald van Neerslagkaart: <https://neerslagkaart.nl/archief/?k=neerslag&d=20180402&dm=maand>
- Lamers, J., Perdok, U., Lumkes, L., & Klooster, J. (1986). *Controlled traffic farming systems in the Netherlands*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.
- Li, Y., Tullberg, J., & Freebairn, D. (2007). Wheel traffic and tillage effects on runoff and crop yield. *Soil and Tillage Research*, 282-292.
- Locher, W., & Bakker, H. d. (1987). *Bodemkunde van Nederland*. Den Bosch: Malmberg.
- Tullberg, J., L'Antille, D., Bluett, C., Eberhard, J., & Scheer, C. (2018). *Controlled traffic farming effects on soil emissions of nitrous oxide and methane*. Toowoomba & Brisbane: Soil & Tillage Research.
- Vermeulen, G., & Losada, J. M. (2009). Soil, crop and emission responses to seasonal-controlled traffic in organic vegetable farming on loam soil. *Soil and Tillage Research*, 126-134.
- Vermeulen, G., Verwijs, B., & Akker, J. v. (2013). *Vergelijking van de bodembelasting bij agrarisch veldwerk in 1980 en 2010*. Wageningen: PRI WUR.
- Weide, R. v., Bleeker, P., Achten, V., Lotz, L., Fogelberg, F., & Melander, B. (2008). Innovation in mechanical weed control in crop rows. *Weed Research*, 215-224.
- Wijk, K. v., Sukkel, W., & Gruppen, R. (2015). *Aardappel in een biodivers teeltsysteem; resultaten 2010-2014*. Wageningen: Wageningen UR.
- Zijden, A. v., Kruk, M., & Zevenhoven, M. (2011). *Effecten van onderwaterdrainage op indringingsweerstanden en bodemfauna veenbodems*. Landschapsbeheer Zuid-Holland.

Bijlages

Bijlage 1: Invullijst gebruikers vaste rijpaden

Informatie gebruikers vaste rijpaden

Van bouwplan tot bewerkingen; hoe doet u het?



Lucas Bastiaansen – 3020993@aeres.nl

Derk van Balen – derk.vanbalen@wur.nl

Bedrijfsinformatie gebruikers vaste rijpaden

Dit document is bedoeld als overzicht, zodat gemakkelijk over een jaar bekeken wordt welke bewerkingen worden uitgevoerd. Over het moment van de bewerkingen, en daarmee de vochttoestand van de grond, is weinig oordeel te vellen, al vergroot een vroeger zaaitijdstip en later oogsttijdstip wel de kans op verdichting. Echter heeft mechanisatie ook grote invloed op verdichting. In het rijpadensysteem is dat tevens van toepassing, aangezien de meeste werkzaamheden op smalle banden en vanaf de vaste rijsporen uitgevoerd worden en daarmee een zwak rijpad eenvoudig tot verdichting in het teeltbed kan leiden. Deze paden blijven vaak weliswaar onbeteeld, maar hebben zo nu en dan zichtbaar invloed op de onbereden teeltbedden.

Vul om te beginnen de geteelde gewassen in volgorde van gewasrotatie binnen uw bedrijf in tabel 1. Vul hierbij tevens in wat het aandeel van dit gewas binnen het bouwplan is (in hectare), de gebruikelijke zaai- en oogsttijdstip is en indien nodig opmerkingen. Door middel van dit overzicht, de penetrometingen en de opbrengstmetingen zal gekeken worden of er verbanden te leggen zijn tussen deze bevindingen.

Tabel 1: Bouwplan & zaai- en oogsttijdstip

Gewasrotatie	Aandeel (%) bouwplan	Zaaitijdstip (weeknr.)	Oogsttijdstip (weeknr.)	Opmerkingen

Tabel 2 gaat vervolgens dieper in op de details per bewerking die voor een bepaald gewas uitgevoerd worden. Hieronder worden de verschillende details uitgelegd:

Vul bij '**Gewas**' en '**Bewerking**' het betreffende gewas en de bewerking in. Noem vervolgens bij '**Werkbreedte**' de breedte van de machine. Bij rijpaden van bijvoorbeeld 3,15 meter kan een eg van 6,3 of 9,45 meter behoorlijk minder berijding per spoor leiden, terwijl de extra hoeveelheid gewicht van de machine niet terug te zien hoeft te zijn. Vervolgens is het kopje '**Trekker(gewicht)**' iets ingewikkelder, dan in het bijzonder de aslast van de voor- en achteras. Vul de last per as of het totaal gewicht in als deze bekend zijn of benoem anders het **trekkermerk** en **-type**.

Vul vervolgens informatie over de banden in onder de kop '**Bandenmerk/type/maat en -druk**'. Vul bij '**Bandenspanning**' de spanning in, die tijdens die bewerkingen aangehouden wordt. Naast de bandeninformatie zijn nog 2 dingen belangrijk, namelijk; de diepte van de bewerking en de vraag of de paden mee bewerkt worden. De diepte van de bewerking is relevant, aangezien de stevigheid van de paden hiermee beïnvloed kan worden. Deze stevigheid wordt namelijk zeker verminderd als de paden los gemaakt worden tijdens een bewerking, zoals bij conventioneel ploegen (18-30 cm).

Tabel 2: Invullijst – vaste rijpadensysteem

[illegible]

[illegible]

Bijlage 2: Statistische analyse bewortelingsdiepte en gewasopbrengst

Bijlage 2.1: Bakker – pootaardappels

Bewortelingsdiepte

Paired Samples Statistics									
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Buiten	31,3750	16	1,36015	,34004				
	Binnen	30,8125	16	2,00728	,50182				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Buiten - Binnen	,56250	1,63172	,40793	-,30698	1,43198	1,379	15	,188

Gewasopbrengst

Paired Samples Statistics									
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Buiten_Totaal	17,9867	6	,86798	,35435				
	Binnen_Totaal	17,0733	6	,85806	,35030				
Pair 2	Buiten_Netto	16,8033	6	1,17612	,48015				
	Binnen_Netto	16,3567	6	,86417	,35280				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Buiten_Totaal - Binnen_Totaal	,91333	,46487	,18978	,42548	1,40119	4,813	5	,005
Pair 2	Buiten_Netto - Binnen_Netto	,44667	,39652	,16188	,03055	,86279	2,759	5	,040

Bijlage 2.2: SPNA – pootaardappels

Bewortelingsdiepte

Paired Samples Statistics									
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Buiten	29,7500	16	1,73205	,43301				
	Binnen	30,3125	16	3,17739	,79435				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Buiten - Binnen	-,56250	3,77657	,94414	-2,57489	1,44989	-,596	15	,560

Gewasopbrengst

Paired Samples Statistics									
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Buiten_Totaal	20,8833	6	2,25241	,91954				
	Binnen_Totaal	21,0033	6	2,76256	1,12781				
Pair 2	Buiten_Netto	19,8367	6	2,08938	,85299				
	Binnen_Netto	19,4067	6	2,95466	1,20624				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Buiten_Totaal - Binnen_Totaal	-,12000	2,05493	,83892	-2,27651	2,03651	-,143	5	,892
Pair 2	Buiten_Netto - Binnen_Netto	,43000	2,28111	,93126	-1,96388	2,82388	,462	5	,664

Bijlage 2.3: Van Hootegem – consumptie-aardappels

Bewortelingsdiepte

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Buiten	21,5625	16	1,96532	,49133				
	Binnen	24,4375	16	1,99896	,49974				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Buiten - Binnen	-2,87500	2,57876	,64469	-4,24912	-1,50088	-4,460	15	,000

Gewasopbrengst

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Buiten_Totaal	7,5167	6	3,11678	1,27242				
	Binnen_Totaal	9,6067	6	3,23116	1,31912				
Pair 2	Buiten_Netto	6,8333	6	3,29600	1,34559				
	Binnen_Netto	8,8067	6	3,38462	1,38176				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Buiten_Totaal - Binnen_Totaal	-2,09000	,65675	,26812	-2,77922	-1,40078	-7,795	5	,001
Pair 2	Buiten_Netto - Binnen_Netto	-1,97333	,75606	,30866	-2,76677	-1,17990	-6,393	5	,001

Bijlage 2.4: BASIS – consumptie-aardappels

Bijlage 2.4.1: ST

Bewortelingsdiepte

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Buiten	34,3750	8	3,20435	1,13291				
	Binnen	39,1250	8	2,41646	,85435				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Buiten - Binnen	-4,75000	3,53553	1,25000	-7,70578	-1,79422	-3,800	7	,007

Gewasopbrengst

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Buiten_Totaal	21,3725	8	2,19839	,77725				
	Binnen_Totaal	27,2213	8	2,27718	,80511				
Pair 2	Buiten_Netto	20,6450	8	2,11913	,74923				
	Binnen_Netto	26,0650	8	2,09505	,74071				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Buiten_Totaal - Binnen_Totaal	-5,84875	2,62180	,92694	-8,04063	-3,65687	-6,310	7	,000
Pair 2	Buiten_Netto - Binnen_Netto	-5,42000	2,30537	,81507	-7,34734	-3,49266	-6,650	7	,000

Bijlage 2.4.2: MT-W

Bewortelingsdiepte

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Buiten	25,6250	8	3,62284	1,28087				
	Binnen	30,8750	8	3,97986	1,40709				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Buiten - Binnen	-5,25000	5,28475	1,86844	-9,66816	-,83184	-2,810	7	,026

Gewasopbrengst

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Buiten_Totaal	26,6050	8	2,18268	,77169				
	Binnen_Totaal	26,5575	8	2,71239	,95898				
Pair 2	Buiten_Netto	25,8375	8	2,00683	,70952				
	Binnen_Netto	25,7425	8	2,76082	,97610				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Buiten_Totaal - Binnen_Totaal	,04750	1,37575	,48640	-1,10265	1,19765	,098	7	,925
Pair 2	Buiten_Netto - Binnen_Netto	,09500	1,52288	,53842	-1,17816	1,36816	,176	7	,865

Bijlage 2.4.3: MT

Bewortelingsdiepte

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Buiten	19,5000	8	,92582	,32733				
	Binnen	24,5000	8	3,58569	1,26773				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Buiten - Binnen	-5,00000	3,54562	1,25357	-7,96421	-2,03579	-3,989	7	,005

Gewasopbrengst

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Buiten_Totaal	25,9900	8	1,59524	,56400				
	Binnen_Totaal	25,9575	8	1,49121	,52722				
Pair 2	Buiten_Netto	25,2500	8	1,43861	,50863				
	Binnen_Netto	25,2300	8	1,68265	,59491				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Buiten_Totaal - Binnen_Totaal	,03250	1,87906	,66435	-1,53843	1,60343	,049	7	,962
Pair 2	Buiten_Netto - Binnen_Netto	,02000	1,95284	,69043	-1,61262	1,65262	,029	7	,978

Bijlage 2.5: Reedijk – zaai-uien

Bewortelingsdiepte

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Rij4	35,5625	16	1,89627	,47407				
	Rij1	27,6875	16	3,09233	,77308				
Pair 2	Rij4	35,5625	16	1,89627	,47407				
	Rij2	33,0000	16	2,78089	,69522				
Pair 3	Rij4	35,5625	16	1,89627	,47407				
	Rij3	32,9375	16	1,91377	,47844				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Rij4 - Rij1	7,87500	3,15964	,78991	6,19135	9,55865	9,969	15	,000
Pair 2	Rij4 - Rij2	2,56250	2,85117	,71279	1,04322	4,08178	3,595	15	,003
Pair 3	Rij4 - Rij3	2,62500	2,02896	,50724	1,54385	3,70615	5,175	15	,000

Gewasopbrengst

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Totaal_rij_4	10,6300	6	2,62988	1,07364				
	Totaal_rij_1	8,1967	6	1,74050	,71056				
Pair 2	Totaal_rij_4	10,6300	6	2,62988	1,07364				
	Totaal_rij_2	9,2733	6	1,16383	,47513				
Pair 3	Totaal_rij_4	10,6300	6	2,62988	1,07364				
	Totaal_rij_3	9,6900	6	,77777	,31752				
Pair 4	Netto_rij_4	9,9500	6	2,60482	1,06341				
	Netto_rij_1	6,7867	6	2,32471	,94906				
Pair 5	Netto_rij_4	9,9500	6	2,60482	1,06341				
	Netto_rij_2	8,5200	6	1,27430	,52023				
Pair 6	Netto_rij_4	9,9500	6	2,60482	1,06341				
	Netto_rij_3	8,8767	6	,96128	,39244				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Totaal_rij_4 - Totaal_rij_1	2,43333	1,35963	,55507	1,00649	3,86017	4,384	5	,007
Pair 2	Totaal_rij_4 - Totaal_rij_2	1,35667	2,66432	1,08771	-1,43937	4,15270	1,247	5	,268
Pair 3	Totaal_rij_4 - Totaal_rij_3	,94000	3,03384	1,23856	-2,24382	4,12382	,759	5	,482
Pair 4	Netto_rij_4 - Netto_rij_1	3,16333	1,27162	,51914	1,82885	4,49782	6,093	5	,002
Pair 5	Netto_rij_4 - Netto_rij_2	1,43000	2,60915	1,06518	-1,30813	4,16813	1,342	5	,237
Pair 6	Netto_rij_4 - Netto_rij_3	1,07333	3,05653	1,24782	-2,13429	4,28096	,860	5	,429

Bijlage 2.6: BASIS – zaai-uien

Bijlage 2.6.1: ST

Bewortelingsdiepte

Paired Samples Statistics									
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Rij4	39,6250	8	7,40536	2,61819				
	Rij1	39,0000	8	6,09449	2,15473				
Pair 2	Rij4	39,6250	8	7,40536	2,61819				
	Rij2	39,5000	8	7,67184	2,71241				
Pair 3	Rij4	39,6250	8	7,40536	2,61819				
	Rij3	42,2500	8	4,06202	1,43614				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Rij4 - Rij1	,62500	7,26906	2,57000	-5,45209	6,70209	,243	7	,815
Pair 2	Rij4 - Rij2	,12500	4,32394	1,52874	-3,48990	3,73990	,082	7	,937
Pair 3	Rij4 - Rij3	-2,62500	6,39056	2,25940	-7,96764	2,71764	-1,162	7	,283

Bijlage 2.6.2: MT-W

Bewortelingsdiepte

Paired Samples Statistics									
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Rij4	35,3750	8	9,62048	3,40135				
	Rij1	32,5000	8	6,67618	2,36039				
Pair 2	Rij4	35,3750	8	9,62048	3,40135				
	Rij2	36,2500	8	7,44024	2,63052				
Pair 3	Rij4	35,3750	8	9,62048	3,40135				
	Rij3	37,3750	8	8,34844	2,95162				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Rij4 - Rij1	2,87500	4,08613	1,44466	-,54109	6,29109	1,990	7	,087
Pair 2	Rij4 - Rij2	-,87500	5,33017	1,88450	-5,33113	3,58113	-,464	7	,657
Pair 3	Rij4 - Rij3	-2,00000	3,96412	1,40153	-5,31409	1,31409	-1,427	7	,197

Bijlage 2.6.3: SP

Bewortelingsdiepte

Paired Samples Statistics									
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Rij4	41,3750	8	9,56090	3,38029				
	Rij1	39,1250	8	6,55608	2,31792				
Pair 2	Rij4	41,3750	8	9,56090	3,38029				
	Rij2	38,7500	8	4,55914	1,61190				
Pair 3	Rij4	41,3750	8	9,56090	3,38029				
	Rij3	45,1250	8	11,38216	4,02420				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Rij4 - Rij1	2,25000	9,22342	3,26097	-5,46097	9,96097	,690	7	,512
Pair 2	Rij4 - Rij2	2,62500	8,92729	3,15627	-4,83840	10,08840	,832	7	,433
Pair 3	Rij4 - Rij3	-3,75000	7,04577	2,49106	-9,64041	2,14041	-1,505	7	,176