



Vlaanderen
is landbouw & visserij



ILVO Mededeling 226

maart 2017

**BRONGERICHTE
EROSIEBESTRIJDINGSTECHNIEKEN
BIJ GROENTEN EN MAÏS**

**PROEFVELDRESULTATEN VAN
HET GOMEROS-PROJECT IN 2016**

ILVO

Instituut voor landbouw-,
Visserij- en Voedingsonderzoek

www.ilvo.vlaanderen.be

Brongerichte erosiebestrijdingstechnieken bij groenten en maïs

Proefveldresultaten van het Gomerros-project in 2016

ILVO MEDEDELING 226

maart 2017

ISSN 1784-3197

Wettelijk Depot: D/2017/10.970/226

Auteurs

Thijs Vanden Nest ¹

Tomas Van De Sande ³

Dorien Horemans ²

Maarten De Boever ²

Greet Ruyschaert ¹

¹ ILVO - ² PCG - ³ Inagro

Partners



Met steun van



Vlaanderen
is ondernemen



BOERENBOND
trouw aan land- en tuinbouw



Samenvatting.....	6
Inleiding.....	10
1 Korrelmaïs Maarkedal: strip-till, niet-kerende bodembewerking en zaai evenwijdig met hoogtelijnen 12	
1.1 Doelstelling van de veldproef.....	12
1.2 Beschrijving perceel.....	12
1.2.1 Situering landbouwbedrijf.....	12
1.2.2 Bodemkenmerken en bodemverdichting op 30 maart 2016.....	13
1.3 Beschrijving veldproef.....	17
1.3.1 Opbouw en logboek.....	17
1.3.2 Beschrijving van de behandelingen.....	20
1.3.3 Bemesting en zaai.....	26
1.4 Bodembedekking en bodemruwheid (9 mei 2016).....	27
1.4.1 Bodembedekking.....	27
1.4.2 Bodemruwheid.....	29
1.5 Gewasopkomst, bodemtemperatuur en onkruidtellingen.....	30
1.5.1 Gewasopkomst (24 mei 2016).....	30
1.5.2 Bodemtemperatuur (24 mei 2016).....	33
1.5.3 Onkruidtellingen (24 mei 2016).....	33
1.6 Erosie.....	35
1.6.1 Beschrijving van de toestand op 1 en op 16 juni 2016.....	35
1.6.2 Erosiesimulaties op 28-29 juni 2016.....	37
1.7 Opbrengstbepaling.....	46
1.8 Bodemtoestand op 12 oktober 2016.....	47
1.9 Conclusies.....	47
2 Korrelmaïs Bierbeek: strip-till en niet-kerende bodembewerking.....	50
2.1 Doelstelling van de veldproef.....	50
2.2 Beschrijving perceel.....	50
2.2.1 Situering landbouwbedrijf.....	50
2.2.2 Bodemkenmerken en bodemverdichting op 2 maart 2016.....	51
2.3 Beschrijving veldproef.....	54
2.3.1 Opbouw en logboek.....	54
2.3.2 Beschrijving van de behandelingen.....	57
2.3.3 Bemesting, zaai en herbicidebehandeling.....	60
2.4 Bodembedekking en bodemruwheid (23 mei 2016).....	62

2.4.1	Bodembedekking.....	62
2.4.2	Bodemruwheid	63
2.4.3	Bodemtemperatuur.....	65
2.5	Gewas in jeugdfase.....	66
2.5.1	Gewasopkomst (16 juni 2016).....	66
2.5.2	Toestand van het gewas op 24 juni 2016.....	67
2.6	Erosie.....	69
2.6.1	Beschrijving van de toestand op 16 juni 2016.....	69
2.6.2	Opmeting van geulerosie op 24 juni 2016.....	70
2.6.3	Erosiesimulaties op 7-8 juli 2016.....	73
2.7	Opbrengstbepaling.....	77
2.8	Bodestoestand op 11 oktober 2016.....	79
2.9	Conclusies.....	79
3	Kuilmaïs Scheldewindeke: strip-till-techniek.....	82
3.1	Doelstelling van de veldproef	82
3.2	Beschrijving van het perceel	82
3.3	Beschrijving veldproef.....	85
3.3.1	Opbouw en logboek.....	85
3.3.2	Beschrijving van de behandelingen.....	89
3.3.3	Bemesting en zaai.....	93
3.4	Gewasopkomst, bodemtemperatuur en onkruidtellingen.....	95
3.4.1	Gewasopkomst (31 mei 2016).....	95
3.4.2	Bodemtemperatuur (31 mei 2016).....	95
3.4.3	Onkruidtellingen (31 mei 2016).....	96
3.5	Indringingsweerstand op 30 juni 2016.....	98
3.6	Teeltverloop en opbrengstbepaling.....	100
3.7	Conclusies.....	105
4	Kuilmaïs Vollezele: zaai met graanzaaicombinatie en niet-kerende bodembewerking.....	107
4.1	Doelstelling van de veldproef	107
4.2	Beschrijving perceel.....	107
4.2.1	Situering landbouwbedrijf.....	107
4.2.2	Bodemkenmerken en bodemverdichting op 12 april 2016.....	108
4.3	Beschrijving veldproef.....	111
4.3.1	Opbouw en logboek.....	111
4.3.2	Beschrijving van de behandelingen.....	113

4.4	Bodembedekking en bodemruwheid (18 mei 2016)	116
4.4.1	Bodembedekking	116
4.4.2	Bodemruwheid	117
4.5	Gewasopkomst	119
4.6	Erosie	120
4.6.1	Beschrijving van de toestand op 18 mei, 1 juni en 21 juni 2016	120
4.6.2	Opmeting van geulerosie op 21-22 juni 2016	123
4.7	Opbrengstbepaling	125
4.8	Conclusies	126
5	Ruggenteelt prei Kimmel: drempels en tandbewerkingen tussen de ruggen	128
5.1	Doelstelling	128
5.2	Proefopzet	128
5.2.1	Proefaanleg	128
5.2.2	Aangelegde behandelingen	129
5.2.3	Proefplan	131
5.3	Weersomstandigheden tijdens de proef	132
5.4	Teeltverloop	133
5.5	Bodemkarakteristieken	133
5.6	Waarnemingen bij de proefaanleg	133
5.6.1	Plaatsen van een vaste tand voor de Barbutte	133
5.6.2	Nauwkeurige afleg van de drempeltjes	134
5.6.3	Tijdstip van proefaanleg	136
5.7	Effect van de tandbewerking en drempelmachine op de tussenrug	136
5.7.1	Bodemruwheid in de tussenrug (referentie, triltand, vaste tand en Dyker)	136
5.7.2	Drempelhoogte in de tussenrug (Barbutte en Dyker)	138
5.7.3	Indringingsweerstand in de tussenrug (alle behandelingen)	138
5.8	Waarnemingen bij oogst van de prei	141
5.9	Erosie in 2016: Resultaten van opvangbakken	142
5.10	Visuele beoordeling tussenrug op 10 augustus en 14 november 2016	144
5.11	Erosiesimulaties op 10 en 12 augustus 2016: Effect van hevige neerslag	147
5.11.1	Run-off	152
5.11.2	Erosie en sedimentconcentratie	153
5.11.3	Besluit erosiesimulaties	155
5.12	Conclusie	155
6	Ruggenteelt witloofwortelen Merchtem: drempels en tandbewerking tussen de ruggen	157

6.1	Doelstelling van de veldproef	157
6.2	Beschrijving perceel.....	157
6.2.1	Situering landbouwbedrijf.....	157
6.2.2	Beschrijving van het proefperceel.....	158
6.3	Beschrijving veldproef.....	161
6.3.1	Opbouw en logboek.....	161
6.3.2	Beschrijving van de behandelingen.....	163
6.4	Erosie.....	167
6.4.1	Beschrijving van de toestand op 1 juni, 6 juni en 12 juli 2016	167
6.4.2	Opvolging van de erosie (8 juni tot 14 september).....	171
6.5	Oogst van de witloofwortelen	172
6.6	Conclusies.....	173
7	Erwt Zottegem: niet-kerende bodembewerking en verruwing van het zaaibed.....	174
7.1	Inleiding.....	174
7.2	Beschrijving proefveld erwten (PCG).....	174
7.2.1	Proefaanleg.....	174
7.3	Gewasontwikkeling, -opbrengst en -kwaliteit (PCG).....	179
7.3.1	Beoordelingsmethode.....	179
7.3.2	Materiaal en methode.....	179
7.3.3	Statistische methode.....	181
7.4	Resultaten (PCG).....	182
7.5	Bespreking (PCG).....	183
7.6	Besluit gewassenmerken (PCG).....	185
7.7	Bodembedekking en bodemruwheid net na zaai (4 mei 2016) (ILVO).....	185
7.7.1	Bodembedekking.....	185
7.7.2	Bodemruwheid	187
7.7.3	Besluit observaties bodemoppervlak.....	188
7.8	Erosie (ILVO).....	189
7.8.1	Visuele beoordeling van verslemping en erosie op 1 en 15 juni 2016	189
7.8.2	Erosiesimulaties op 19-20 mei 2016.....	191
8	Zaai-uit Oudenaarde: niet-kerende bodembewerking en verruwing van het zaaibed	198
8.1	Inleiding.....	198
8.2	Beschrijving proefveld ui (PCG).....	199
8.2.1	Proefaanleg.....	199
8.3	Gewasontwikkeling, -opbrengst en -kwaliteit (PCG).....	205

8.3.1	Beoordelingsmethode.....	205
8.3.2	Materiaal en methode.....	205
8.3.3	Statistische methode.....	208
8.4	Resultaten (PCG).....	208
8.5	Bespreking (PCG).....	211
8.6	Besluit gewaskenmerken (PCG).....	216
8.7	Bodembedekking en bodemruwheid net na zaai (5 mei 2016) (ILVO).....	217
8.7.1	Bodembedekking.....	217
8.7.2	Bodemruwheid.....	219
8.7.3	Besluit observaties bodemoppervlak.....	224
8.8	Erosiesimulaties op 9-10 juni 2016 (ILVO).....	224
8.8.1	Bodembedekking en bodemruwheid.....	225
8.8.2	Run-off.....	227
8.8.3	Sedimentconcentratie en concentratie.....	229
8.8.4	Besluit erosiesimulaties.....	231
9	Broccoli Heuvelland: niet-kerende bodembewerking, strip-till en tijdstip vernietiging gras..	232
9.1	Doelstelling van de veldproef.....	232
9.2	Proefopzet.....	232
9.3	Weersomstandigheden.....	234
9.4	Proefaanleg en teeltverloop.....	235
9.5	Beschrijving perceel.....	236
9.6	Bevindingen en waargenomen knelpunten tijdens de proefaanleg.....	237
9.6.1	Strip till.....	237
9.6.2	Frezen na dents michel.....	240
9.6.3	Rotoreggen na dents michel.....	241
9.6.4	Ploegen.....	241
9.7	Bevindingen en waargenomen knelpunten tijdens de teelt en bij de oogst.....	242
9.7.1	Strip-till.....	242
9.7.2	Frezen/ rotoreggen na dents michel.....	243
9.7.3	Ploegen.....	244
9.8	Opbrengstbepaling.....	245
9.9	Besluit.....	246
10	Dankwoord.....	247

Samenvatting

In het eerste jaar van de proefveldwerking van het GOMEROS-project, werd aandacht besteed aan niet-kerende bodembewerking in erwten, zaai-ui en broccoli, strip-till in maïs, volleveldszaai van maïs en diepe tandbewerking en drempels in ruggenteelten winterprei en witloof. In totaal werden 9 proefvelden aangelegd en opgevolgd op vlak van teelttechniek, gewasontwikkeling, gewasopbrengst en erosiereductie. Het GomerOS-project focust op brongerichte erosiereducerende teelttechnieken in de nieuwe randvoorwaarden erosie. Deze zijn gericht op het vertragen van de kracht van inslaand en afstromend water en een betere infiltratie. Een steeds terugkomende teelttechniek, is niet-kerende bodembewerking. Niet-kerende bodembewerking houdt, in tegenstelling tot ploegen, gewasresten van een voorgaande teelt/groenbedekker aan het oppervlak waardoor de kracht van inslaand en afstromend water gebroken wordt. Strip-till is hiervan een extreem voorbeeld. De bodem wordt enkel bewerkt in strookjes. Op de bodem tussen de stroken blijven gewasresten onaangeroerd. Door een andere instelling van machines of het gebruik van een andere machine voor zaaibedbereiding dan een rotoreg of frees, kan het bodemoppervlak ruwer gelegd worden. Een ruwer bodemoppervlak verslemt minder snel en vertraagt afstromend water. Door het aanleggen van drempeltjes in ruggenteelten, kan regenwater gebufferd worden en is er minder afstroming. In heel wat groenteteelten op ruggen zijn drempeltjes om één of meerdere redenen geen evidentie. Door een diepe tandbewerking tussen de ruggen, wordt de bovengrond tussen de ruggen gedecompecteerd en ruwer gelegd waardoor regenwater beter infiltreert en minder snel afstroomt. Ten slotte kan men ook de afstroming van regenwater langs preferentiële wegen voorkomen door zaai of plantpatronen te doorbreken. De volleveldszaai van maïs is daar een voorbeeld van. Uitgaande van deze strategieën werden de verschillende veldproeven aangelegd gespreid over de heuvelachtige streken in Vlaanderen, met als doel de erosiereductie te onderzoeken en in kaart te brengen welke de gevolgen zijn voor teelttechniek, gewasopbrengst en gewaskwaliteit en in welke mate knelpunten kunnen opgelost worden.

CASE 1: Strip-till en niet-kerende bodembewerking (NKB) in maïs

In Bierbeek (Brabantse leemstreek) werd een veldproef met korrelmaïs aangelegd door ILVO op een (rood) leemperceel dat reeds enkele jaren niet-kerend wordt bewerkt (hoofdstuk 2). Aangezien de voorvrucht eveneens korrelmaïs was, is dit geen ideale uitgangssituatie. De grote hoeveelheid korrelmaïsstro van het voorgaande seizoen was echter interessant om erosie te reduceren. In deze proef werd NKB (Agrisem Cultiplow) vergeleken met klassiek ploegen en strip-till (Kuhn Striger en Carré Inro) bij verschillende dieptes. Na het inwerken van het stro met een schijveneg in de winter, de bodembewerking(en) en zaai was slechts 6% van het bodemoppervlak bij NKB en 8,5% bij strip-till bedekt. Door de intense regen van juni, ontstonden duidelijk erosiegeulen in de geploegde objecten en was de bodem in de bewerkte stroken van de strip-till objecten volledig toegevoerd en verslemt. In zowel de strip-till als NKB werd evenwel visueel geen erosie vastgesteld. Uit metingen met de erosiesimulator blijkt dat door NKB en/of strip-till toe te passen, erosie met 90% werd gereduceerd. Doorheen het seizoen was er duidelijk N-gebrek en slakkenschade bij de maïsplanten in strip-till. Dit resulteerde in een opbrengstderving van 20-25%. Bij observatie van de bouwvoor bleek duidelijk dat de maïswortels niet in de tussenruimte tussen de bewerkte stroken konden dringen. De laatste bodembewerking waar de bouwvoor werd losgemaakt voor aanleg van de strip-till dateerde van een jaar voordien en de bodem was vermoedelijk veel te hard.

In de veldproef met korrelmaïs aangelegd door ILVO in Maarkedal (Vlaamse Ardennen), was de uitgangssituatie heel anders (hoofdstuk 1). Dit perceel wordt normaal geploegd. De voorvrucht was wintertarwe met gele mosterd+Japanse haver als groenbedekker. Voor inzaai van de groenbedekker werd de bodem diep los gemaakt (25-30 cm) met een vaste tand decompactator. Het gaat om een (rood)

leemperceel. Twee varianten van NKB werden uitgevoerd (Kuhn DC met 4 tanden en Carré Micheltanden met 6 tanden) en vergeleken met klassiek ploegen en strip-till (Carré Inro) bij meerdere dieptes. De basisbemesting bestond uit 35 m /ha runderdrijfmest, welke bij de strip-till onmiddellijk in de bewerkte strook werd geïnjecteerd. Gedurende het hele seizoen werd een normale ontwikkeling van het gewas geobserveerd in alle objecten. Er was ook geen verschil in korrelopbrengst waar te nemen. De maïswortels waren hier wel in staat om te wortelen in de niet-bewerkte tussenstroken bij de strip-till. De diepte van de strip-tillbewerking had geen invloed op de opbrengst. In tegenstelling tot het perceel in Bierbeek werd hier slechts éénmalig NKB toegepast. En hoewel slechts 5% van het bodemoppervlak bedekt was, werd met de erosiesimulator een erosiereductie van 90% opgetekend. Bij strip-till was 25 tot 30% van het bodemoppervlak bedekt, maar erosiereductie was met 80% toch kleiner dan bij NKB.

Op basis van de resultaten van 2016 kan voorzichtig gesteld worden dat strip-till geen sterker erosiereducerend effect heeft dan niet-kerende bodembewerking. Uit de proefvelden blijkt dat met strip-till een even hoge opbrengst kan gehaald worden als bij ploegen of niet-kerende bodembewerking. De bodem dient echter in goede conditie te zijn en er moet voldaan worden aan een aantal teelttechnische aspecten. Het proefveld in Scheldewindeke (hoofdstuk 3) gaf heel duidelijk de meerwaarde van drijfmestinjectie in de bewerkte strook aan. Strip-till combineren met drijfmestinjectie brengt een aantal praktische knelpunten mee. Deze worden in het rapport besproken.

CASE 2. Vermijden van stroomroutes in de rij: een andere zaatechniek voor maïs?

Bij gebruik van de klassieke maïsplanter, vormen de maïszaalijnen een preferentiële weg waarlangs het water hellingafwaarts kan stromen. In een veldproef op een (paars) leemperceel met kuilmaïs in het Pajottenland (hoofdstuk 4), werden langs iedere zaalijn erosiegeulen van 10 cm en dieper over de volledige lengte van het perceel vastgesteld. Door vollevelds maïs te zaaien, werd het rijenpatroon doorbroken en ontstonden slechts ondiepe erosiegeultjes van maximaal enkele meters lengte. Via het opmeten van de erosiegeulen werd vastgesteld dat de erosie met >60% werd verlaagd door vollevelds te zaaien. Het effect van niet-kerende bodembewerking was echter nog groter. Door met de klassieke maïsplanter of vollevelds te zaaien na niet-kerende bodembewerking werd de erosie met 90 tot 95% verlaagd ten opzichte van ploegen gecombineerd met de klassieke maïsplanter.

Het vollevelds zaaien werd uitgevoerd met een gewone zaaicombinatie (rotoreg + mechanische zaaimachine) voor granen. Hoewel het zaaien suboptimaal gebeurde: slechte verdeling van de planten, te ondiepe zaadzetting en geen goede aandrukking van het zaad, werd er in 2016 toch geen opbrengstverschil gemeten ten opzichte van het klassieke zaaien. Vermoedelijk had dit bij een (te) droog voorjaar wel opkomstproblemen gegeven. Het vollevelds zaaien is een beloftevolle techniek om erosie in maïs te reduceren. De mechanisatie van het zaaien dient echter verder geoptimaliseerd te worden.

CASE 3. Diepe tandbewerking in ruggenteelten: een alternatief voor drempeltjes?

In een aantal ruggenteelten zoals prei en witloof is het gebruik van drempelmachines voor aardappelen moeilijk omdat de ruggen vierkant zijn i.p.v. V-vormig. Bovendien is de rijafstand soms anders dan bij aardappelen, en moet voor deze teelten soms geschoffeld worden, iets dat vrijwel onmogelijk is als er drempeltjes werden aangelegd. Een tandbewerking (15 cm diep) tussen de ruggen kan dan een alternatief zijn: door de harde laag tussen de ruggen te doorbreken en de grond ruwer te leggen, kan water beter infiltreren.

Inagro testte het gebruik van een vaste tand (15 cm diep) en triltanden (10 cm diep) en de drempelmachines Grimme Dyker en Barbutte op een (rood) zandleemperceel met winterprei in Heuveland (hoofdstuk 5). De erosie werd opgevolgd via het opvangen van sediment in de periode half augustus-half november. Tijdens

het aangieten van de prei wordt 50% van de tussenruggen bereiden. De tractorbanden drukken hierbij de tussenrug aan, zodat de infiltratie sterk vermindert. Ondanks het relatief droge najaar werd in de referentie 34,9 ton/ha sediment opgevangen in de bereiden tussenruggen en 1,1 ton/ha in de niet-bereiden tussenruggen bij een hellingslengte van 30m. Door het aanleggen van drempeltjes of het uitvoeren van een tandbewerking, werd de erosie in de bereiden tussenruggen met 98% verlaagd en werd in de niet-bereiden tussenruggen geen erosie meer vastgesteld. De onkruidbestrijding is wel een aandachtspunt. Deze gebeurt best ná de tandbewerking om kieming van nieuw bovengebrachte zaden te vermijden.

Via het gebruik van een erosiesimulator testte ILVO in welke mate de tandbewerking of drempeltjes extreme neerslag kunnen bufferen. Bij het simuleren van een regenbui van 25 mm op 10 minuten werd vastgesteld dat regenwater oppervlakkig afstroomt vanaf 2 mm regen in de niet behandelde referentie. ±12 mm regen kon gebufferd worden door het gebruik van de Dyker, triltand of vaste tand en 25 mm regenwater kon opgevangen worden bij de Barbutte.

In Merchtem werd een beperkte proef op een (rood) leemperceel met witloofwortelen op ruggen opgevolgd door ILVO (hoofdstuk 6). Vlak na de zaai werd een tandbewerking uitgevoerd (15 cm). Doordat de omstandigheden nat waren en de tand voorzien van een zeer smalle beitel, werd de bodem op veel plaatsen slecht opgewerkt en was de behandeling niet doeltreffend. Dezelfde tand werd ook gemonteerd op de schoffelmachine, zodat de diepe tandbewerking samen met het schoffelen opnieuw werd uitgevoerd. Hier werd de bodem wel goed opgewerkt en werd bij het schoffelen geen hinder ondervonden.

Het resultaat van de diepe tandbewerking is dus zeker positief wat erosiebestrijding betreft. De uitvoering dient echter in voldoende droge omstandigheden te gebeuren. De tandbewerking heeft immers enkel zin, indien de bodem voldoende wordt opgewerkt.

CASE 4. Aanpassen van de zaaibedvoorbereiding en niet-kerende bodembewerking: verhoogde bodemruwheid en bodembedekking bij erwt en ui

PCG legde veldproeven aan met erwten te Zottegem (hoofdstuk 7) en zaai-ui te Oudenaarde (hoofdstuk 8). Bij beide proeven werd het effect van ploegen vergeleken met niet-kerende bodembewerking en werd geëxperimenteerd met de zaaibedbereiding. Voor zaaibedbereiding werden de rotoreg aan 540tpm en 1000tpm met een diepe of ondiepe instelling, de schijveneg en een tandencombinatie ingezet, allemaal met als doel het zaaibed ruwer te leggen.

De erwten werden gezaaid kort na het nemen van een snede en vernietigen van raaigras. Het gras laat veel gewasresten achter die erosie kunnen voorkomen, maar die vormen ook een sterke hinderpaal voor kwalitatieve zaai van de erwten. Het water trok sterk de bodem in (goede drainage) zodat met de erosiesimulator nauwelijks erosie kon opgewekt worden in het perceel. In de geploegde behandeling bleek dat de sedimentconcentratie in het oppervlakkig afstromende water wel meer dan dubbel zo hoog was dan waar niet-kerend werd gewerkt.

Zaai-ui volgde op gele mosterd, maar bij de zaai was er praktisch geen bodembedekking meer. Het zaaibed werd ruwer gelegd in vergelijking met de referentie (ploegen + rotoreg 1000tpm diep ingesteld), zowel na niet-kerende bodembewerking als na ploegen. Uit de erosiesimulaties, bleek dat er in de referentie de grootste kans op erosie was. De ruwheid van het zaaibed had meer effect op erosie dan ploegen versus niet-kerende bodembewerking. Het erosiebeperkend effect van het ruwe zaaibed was echter variabel. Bovendien had het wel een duidelijk negatief effect op de gewasopkomst. De opkomst in de referentie was 99%, maar slechts 63% bij niet-kerende bodembewerking + schijveneg en 85% bij ploegen + schijveneg. Het zaaibed van ui moet voldoende fijn zijn en de rotoreg op de zaaimachine diep genoeg ingesteld worden om een goede opkomst te verzekeren.

Op basis van de erwtenproef kan geen besluit getrokken worden naar erosiereductie toe. Het nemen van de snede gras was echter een groot probleem voor de zaai bij niet-kerende bodembewerking. De keuze voor een andere groenbedekker zoals facelia of gele mosterd, of het voldoende vroeg afdoden van de graszode is noodzakelijk. Dit betekent echter het verlies van een snede of het herwerken van de vruchtwisseling. Een ruwer zaai bed in zaaiui, had een sterk negatief effect op de gewasopkomst en opbrengst, met een variabel effect qua erosiereductie.

Inleiding

Met de invoering van de nieuwe randvoorwaarden erosie, wordt aan de landbouwers met erosiegevoelige paarse en rode percelen een uitgebreid maatregelenpakket opgelegd. Een aantal teelt- en bodembewerkingstechnieken uit dit pakket staan echter nog in hun kinderschoenen of de praktische uitvoerbaarheid ervan wordt sterk in vraag gesteld. Met GOMEROS spitsen ILVO, INAGRO en PCG zich toe op brongerichte erosiebestrijding in de teelten van maïs en groenten. Dit is gericht op het vertragen van de kracht van inslaand en afstromend water en een betere infiltratie. De doelstelling is om uit te testen welke teelttechnieken erosie effectief aan de bron kunnen bestrijden én tegelijk gewasopbrengst en -kwaliteit kunnen behouden. Hiervoor worden in 2016, 2017, 2018 en 2019 veldproeven met groenten en maïs aangelegd gespreid over de heuvelachtige streken in Vlaanderen. In dit rapport vindt u de resultaten van de veldproeven aangelegd in 2016. Aandacht ging uit naar optimalisatie van strip-till en alternatieve zaaimethodes in maïs, een diepe tandbewerking en drempels in ruggenteelten van prei en witloof en niet-kerende bodembewerking in vlakveldse groenten.

2016 was een jaar dat gekenmerkt werd door een moeilijk voorjaar, waarin weinig drogende periodes waren in april en mei, zodat de inzaai en het planten van heel wat gewassen moeilijk was en regelmatig in te natte omstandigheden gebeurde. Het late voorjaar, vanaf eind mei en de gehele maand juni, was gekenmerkt door een periode van aanhoudende en zware neerslag. In de maand juni viel maar liefst 250 tot 300% van de hoeveelheid neerslag van het 30-jarig gemiddelde. In de veldproeven werd de gewasontwikkeling en gewasopbrengst nauwgezet opgevolgd. Het erosiebestrijdend effect werd ingeschat door waarnemingen en regenvalsimulaties, waarvoor de simulatoren van de Katholieke Universiteit Leuven en Universiteit Gent werden gebruikt. Met deze erosiesimulatoren werden regenbuien op het veld nagebootst en afstromend water en sediment werden opgevangen. Daarnaast werden ook sedimentbakken ingegraven op de percelen met ruggenteelten en werd op de percelen waar erosiegeulen zichtbaar waren, een erosiekartering uitgevoerd.

ILVO legde veldproeven aan met korrelmaïs in Maarkedal (Vlaamse Ardennen) en Bierbeek (Brabantse leemstreek) waarbij strip-till als mogelijke erosiereducerende teelttechniek werd vergeleken met niet-kerende bodembewerking en conventioneel ploegen (hoofdstuk 1 en 2). Omdat strip-till de proefveldfase nog niet ontgroeid is, werd extra aandacht besteed aan de teelttechniek. Er werd geëxperimenteerd met verschillende bewerkingsdieptes in beide veldproeven en met directe drijfmestinjectie in Maarkedal. Een extra veldproef met kuilmaïs werd aangelegd in Scheldewindeke (hoofdstuk 3), specifiek om de teelttechniek (bewerkingsdieptes en bemestingsstrategie) te onderzoeken. Het ILVO volgde ook een veldproef met volleveldszaai van maïs als erosiereducerende techniek op in Vollezele (Pajottenland) (hoofdstuk 4).

Inagro testte het gebruik van een diepe tandbewerking tussen de ruggen van winterprei uit als erosiereducerende maatregel in Kemmel (Heuvelland) (hoofdstuk 5). Een vaste tand tot 15 cm werkdiepte en triltanden tot 10 cm, werden vergeleken met de drempelmachines Barbutte en Dyker. In het proefveld werd de erosie in tussenruggen opgevolgd door het permanent opvangen van water en sediment in ingegraven sedimentbakken. Hierbij werd een onderscheid gemaakt tussen tussenruggen die al dan niet waren bereden bij aangieten. Het effect van extreem intense regenval werd opgemeten met de erosiesimulator. Het ILVO volgde daarnaast ook nog een veld met ruggenteelt witloof op te Merchtem (hoofdstuk 6), waarbij een vaste tandbewerking werd vergeleken met de Dyker.

Veldproeven met erwt (Zottegem) (hoofdstuk 7) en zaai-ui (Mater, Vlaamse Ardennen) (hoofdstuk 8) werden aangelegd door PCG. Er werden meerdere zaaibedbereidingen uitgetest zowel na ploegen als na een diepe niet-kerende bodembewerking om te onderzoeken in welke mate meer bodembedekking door gewasresten

en een ruwer zaaibed kunnen helpen in het voorkomen van erosie en wat de teelttechnische gevolgen hiervan zijn.

Wat de vlakveldse teelt van groenten betreft legde Inagro een proefveld broccoli aan te Wijtschate (Heuvelland) (hoofdstuk 9), waarbij ploegen, niet-kerende bodembewerking en strip-till werden vergeleken en dit na een vroege of late vernietiging van gras als voorgaande groenbedekker. Door zeer zware neerslag tijdens de aanleg van de proef, is deze proef grotendeels mislukt, maar ze wordt voor de volledigheid hier toch gerapporteerd.

Het rapport is zo opgevat dat iedere veldproef in een afzonderlijk hoofdstuk wordt gerapporteerd en afzonderlijk gelezen kan worden. Per hoofdstuk staan de namen van de onderzoekers die betrokken waren in deze proeven. Bij verdere vragen omtrent een proefveld, kan u deze personen of onderzoeksinstellingen dan ook contacteren.

De voornaamste conclusies zijn opgenomen in de samenvatting van dit rapport.

1 Korrelmaïs Maarkedal: strip-till, niet-kerende bodembewerking en zaai evenwijdig met hoogtelijnen

Thijs Vanden Nest en Greet Ruyschaert (ILVO)

1.1 Doelstelling van de veldproef

Dit proefveld met korrelmaïs werd aangelegd om de bodemerosie in de technieken van strip-till en niet-kerende bodembewerking te vergelijken met ploegen. Op de geploegde behandeling werd ook uitgetest wat het effect is van loodrecht op of evenwijdig met de helling te zaaien. Daarnaast werd ook aandacht gegeven aan de strip-till teelttechniek, gecombineerd met drijfmestinjectie. Bij aanvang van de veldproef werden een aantal onderzoeksvragen vooropgesteld:

1. In welke mate wordt bodemerosie beperkt door strip-till toe te passen?
2. Is het zaaien evenwijdig met de hoogtelijnen zinvol om erosie te beperken?
3. Wat is de ideale bewerkingsdiepte bij strip-till voor korrelmaïs?
4. Wat zijn de technische knelpunten bij een combinatie van drijfmestinjectie en strip-till?
5. Zijn er verschillen in bodemtemperatuur, gewasopkomst en onkruiddruk tussen de teelttechnieken?
6. Is er een opbrengstderving te verwachten bij strip-till? Aan wat is deze te wijten en is deze overbrugbaar?

Op basis van de onderzoeksresultaten, beschreven in dit rapport, wordt bij de conclusies een antwoord geformuleerd voor iedere onderzoeksvraag.

1.2 Beschrijving perceel

1.2.1 Situering landbouwbedrijf

De hoofdzetel van het landbouwbedrijf, waar deze veldproef werd aangelegd, is gelegen te Horebeke. Het gros van de percelen zijn leempercelen in en rondom Horebeke. De veldproef zelf was gelegen te Maarkedal. Het landbouwbedrijf is in hoofdzaak een melkveebedrijf met een uitgebreide akkerbouwtak. Tot de teelten behoren kuilmaïs, korrelmaïs, gras, grasklaver, wintertarwe, wintergerst, spelt, voederbiet en aardappelen voor bewaring. In het verleden werden ook erwten en soms andere groenten voor industrie geteeld, maar deze teelten werden verlaten door vogelschade en afhankelijkheid van de industriële verwerker. Het areaal bevat meerdere hoog (rood) en zeer hoog (paars) erosiegevoelige percelen. De paarse percelen worden in permanent of tijdelijk grasland gehouden. Een aantal van de rode percelen worden gebruikt als akkerbouwpercelen.

Door het uitgebreide areaal en vruchtwisseling, kunnen teelten met een late oogst of veel berijding door zware machines (bieten, korrelmaïs en aardappelen) voldoende afgewisseld worden met wintergranen. Na de oogst van wintergranen wordt de bodem in goede omstandigheden losgemaakt met een diepwoeler van het type Kuhn cultisol DC 301 (zie verder) gecombineerd met een zaai combinatie voor de zaai van een mengeling van Japanse haver, gele mosterd en zonnebloem. De ervaring van de landbouwer leert dat de zonnebloem bij zaai na wintergerst tot bloei komt en de bodem goed losgemaakt wordt. Bij zaai na wintertarwe hangt de ontwikkeling van de zonnebloem af van het najaar. In seizoenen met een zachte winter is de Japanse haver soms niet dood gevoren. Het stro van wintergraan dat niet nodig is voor de melkveetak van het bedrijf wordt gehakseld om zo meer organische stof in de grond te brengen.

1.2.2 Bodemkenmerken en bodemverdichting op 30 maart 2016

Regio: Vlaamse Ardennen

Bodemtextuur: Leem

Bodemkaart: Aba1 (droge leembodem met textuur B horizont)

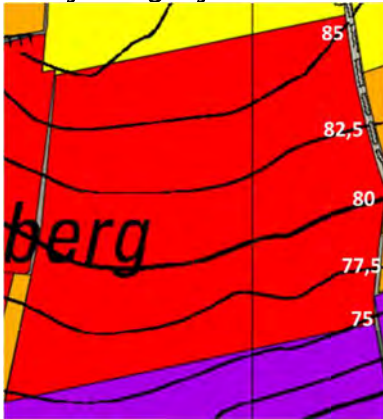
Erosieklasse: Rood

Voorvrucht: Wintertarwe

Groenbemester/vanggewas: Gele mosterd, Japanse haver en zonnebloem (laatste kwam niet tot ontwikkeling)

Helling perceel: 5,1-8,2%

Kaartje hoogtelijnen:



Het perceel waar de veldproef werd uitgevoerd heeft een leemtextuur en is gecatalogeerd als hoog erosiegevoelig perceel (rood). Op dit perceel werd in 2015 wintertarwe geteeld. Na de oogst in augustus 2015 werd de bodem diep bewerkt (± 30 cm) met de diepwoeler Kuhn cultisol DC 301 (zie verder) in combinatie met een zaai-combinatie. Hierbij werd onmiddellijk een vanggewas mengsel (EAG mengsel) gezaaid van Japanse haver, zonnebloem en gele mosterd. De zonnebloem ontwikkelde weinig tot niet en was op 25 januari niet aanwezig (Figuur 1). Op dit moment was de Japanse haver en gele mosterd nog niet doodgevroren. De ontwikkeling van deze 2 vanggewassen was zeer goed met een zware massa aan groenbemester als gevolg. Door de koudeperiode in februari, werd de gele mosterd grotendeels afgedood, maar de Japanse haver niet, mogelijk doordat deze laatste goed beschermd was tegen koude door het plantenmateriaal van de gele mosterd.



Figuur 1: Overzicht van het perceel (links) en detail van gele mosterd en Japanse haver (rechts) die niet doodgevroren waren op 25 januari 2016.

De veldproef werd onderverdeeld in 9 behandelingsstroken van variabele breedte en loodrecht daarop 5 blokken, nl. A, B, C, D en E (zie verder). Voor de aanvang van de veldproef werden bodemstaalnames genomen ter bepaling van de chemische bodemtoestand en werd de indringingsweerstand bepaald. Voor deze stalen en metingen werd het proefvlak verdeeld in 9 verschillende vlakken. In deze vlakken liggen meerdere blokken van meerdere behandelingsstroken (verdeling, zie Tabel 1). Per vlak werden 10 steken in kruisverband genomen tot 30 cm diepte voor de chemische bodemtoestand, en 10 steken tot 60 cm voor minerale N-bepaling. De indringingsweerstand werd op 10 posities per vlak in kruisverband bepaald.

In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de chemische bodemtoestand op 30 maart 2016. Het koolstofgehalte bevindt zich net onder en de bodemzuurtegraad binnen de streefzone. Afhankelijk van de positie in het veld bevindt het P-gehalte zich in de streefzone of daar net boven. K en Mg bevinden zich overal boven de streefzone en het Ca-gehalte bevindt zich in de streefzone. Het Na-gehalte ligt lager dan de streefzone.

Bij de bepaling van de indringingsweerstand van de 9 verschillende vlakken werd op 10 plaatsen in ieder vlak, de indringingsweerstand tot 80 cm diep bepaald. Voor deze 9 vlakken werd ook het gravimetrisch vochtgehalte tot 60 cm diep bepaald (één steek per blok). Het viel hierbij op dat alle penetrogrammen en het gravimetrisch vochtgehalte voor alle 9 vlakken quasi samen vielen, daarom werd in Figuur 2 de gemiddelde indringingsweerstand en het gemiddeld gravimetrisch vochtgehalte van alle metingen samen weergegeven.

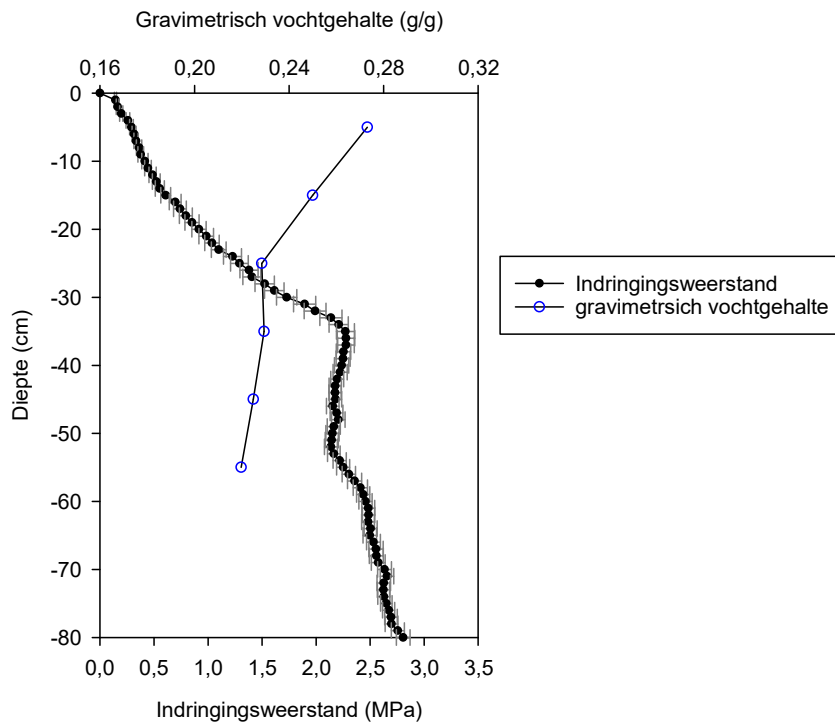
Tabel 1: Overzicht van de hoeveelheid minerale N in het bodemprofiel (0-60 cm) en de algemene chemische bodemtoestand voor de bouwvoor (0-30 cm). P, K, Mg, Ca en Na werden gemeten in een ammoniumlactaat-extract. De streefwaarden voor leemgrond werden overgenomen van Maes et al. 2012¹.

Behandelin g	Blok	Minerale N- voorraad kg N/ha	C %	pH-KCl	Ntot %	C/N	mg/100g				
							P	K	Mg	Ca	Na
S23, S16, S21 en S21v	A en B	33	1,1	6,6	0,11	10	15	26	20	196	<1,9
	C	29	1,0	6,9	0,10	10	19	32	23	225	<1,9
	D en E	28	0,9	6,8	0,09	10	17	32	23	204	<1,9
NK1, NK2 en P	A en B	29	1,0	6,7	0,10	10	13	25	21	200	<1,9
	C	37	1,1	6,9	0,10	10	20	31	24	234	<1,9
	D en E	39	1,1	6,8	0,10	11	18	29	22	217	<1,9
LZ	A en B	33	1,1	6,8	0,11	10	14	25	19	211	2,3
	C	37	1,1	7,0	0,11	10	22	32	22	230	<1,9
	D en E	31	1,0	6,7	0,10	11	15	29	23	206	<1,9
Streefzone		-	1,2-1,6	6,7-7,3	-	-	12-18	14-20	9-14	160- 350	3,1-6,0

Uit het penetrogram blijkt dat de indringingsweerstand geleidelijk aan toeneemt tot 30 cm diepte (ploegdiepte). Op dit punt ligt de indringingsweerstand tussen 2,0 en 2,5 MPa. Een verdichte laag op ploegdiepte of ploegzool komt niet voor. Tot 50 cm diepte is er geen verdere toename in de indringingsweerstand. Van 50 tot 80 cm neemt de indringingsweerstand verder geleidelijk aan toe tot iets minder dan 3,0 MPa. Er wordt aangenomen dat wortels moeilijk doorheen een laag kunnen breken als de indringingsweerstand >3MPa bedraagt. Hier blijft de indringingsweerstand over de gehele diepte van het profiel beneden deze grens, de wortelgroei van de gewassen zou dus niet gehinderd mogen zijn. Het gravimetrisch vochtgehalte neemt sterk af in de bouwvoor met toenemende diepte. Beneden de 20 cm diepte blijft het vochtgehalte constant.

Op basis van deze metingen kan worden besloten dat de chemische bodemvoedingstoestand in goede conditie is en dat alle nutriënten (op Na na) in voldoende mate aanwezig zijn. De bodemzuurtegraad bevindt zich in of kort bij het pH-optimaal gebied, zodoende dat de nutriënten ook optimaal ter beschikking komen van de plant. Doorheen heel het bodemprofiel tot 80 cm diepte, bleef de indringingsweerstand <3 MPa. Er werden geen verdichte lagen vastgesteld.

¹ Maes S., Elsen, A., Tits, M., Boon, W., Deckers, S., Bries, J., Vogels, N., Vandendriessche, H, 2012, Wegwijs in de bodemvruchtbaarheid van de Belgische akkerbouw- en weilandpercelen (2008-2011), Bodemkundige Dienst van België

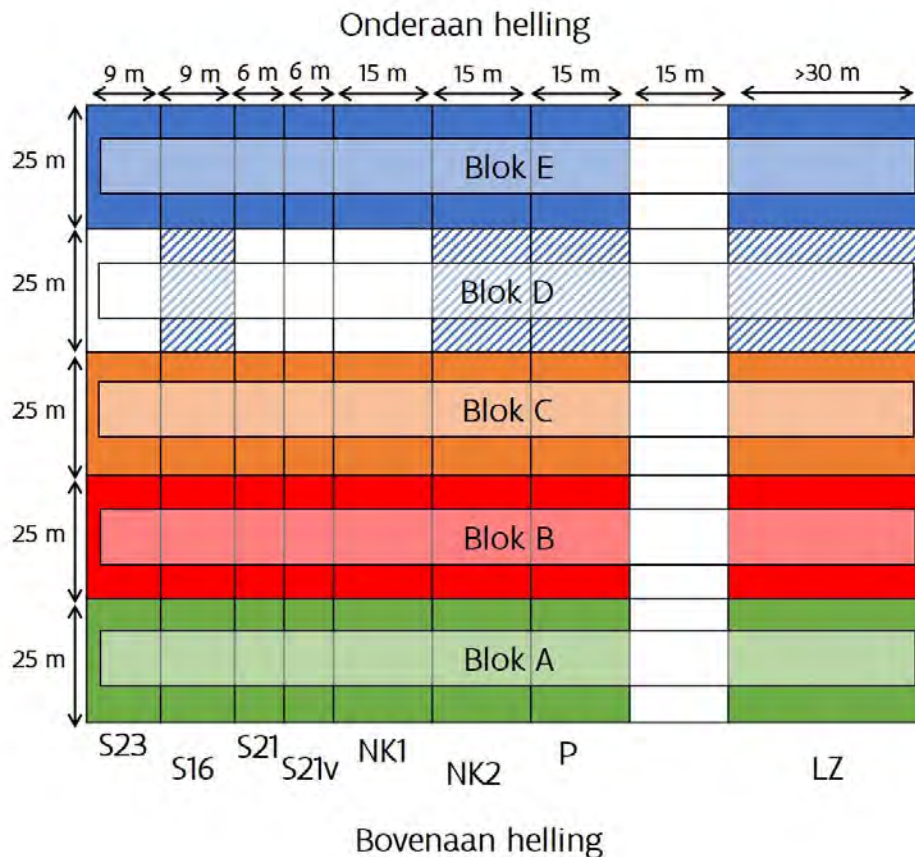


Figuur 2: De gemiddelde indringingsweerstand en gravimetrisch vochtgehalte (\pm standaardfout) van alle metingen over de 9 proefveldvlakken samen. De indringingsweerstand werd gemeten met een penetrologger (10 steken in kruisverband per vlak) tot 80 cm diepte. Het gravimetrisch vochtgehalte werd per laag van 10 cm bepaald.

1.3 Beschrijving veldproef

1.3.1 Opbouw en logboek

De veldproef werd aangelegd in stroken. Dwars op de stroken werden voor de waarnemingen 5 blokken gedefinieerd (A, B, C, D en E). De erosiesimulaties werden uitgevoerd in blok D (gearceerd) (Figuur 3).



Figuur 3: Proefplan van de veldproef korrelmaïs te Maarkedal, 2016. De proef bestaat uit 9 stroken van variabele breedte. De lettercode geeft de verschillende behandelingen per strook aan (zie paragraaf 1.3.2). De blanco strook zonder lettercode behoort niet tot de proef en fungeerde als akkerwende voor strook LZ. In de gearceerde veldjes werden erosiesimulaties uitgevoerd op 28 en 29 juni 2016.

In Tabel 2 wordt het logboek van de activiteiten in deze veldproef weergegeven. De behandelingen worden verder in de tekst toegelicht onder punt 3.2. Op het tijdstip dat de hoofdbodembewerkingen werden uitgevoerd (6 mei), werd het gravimetrisch vochtgehalte van het bodemprofiel bepaald in de stroken van de strip-tillbehandelingen (Figuur 4). Ten opzichte van 30 maart (Figuur 2) daalde het vochtgehalte in de bouwvoor (0-30 cm) duidelijk. Het vochtgehalte op 6 mei schommelde over de het profiel van 0-40 cm bijna niet en was quasi gelijk aan het vochtgehalte beneden de 30 cm op 30 maart.

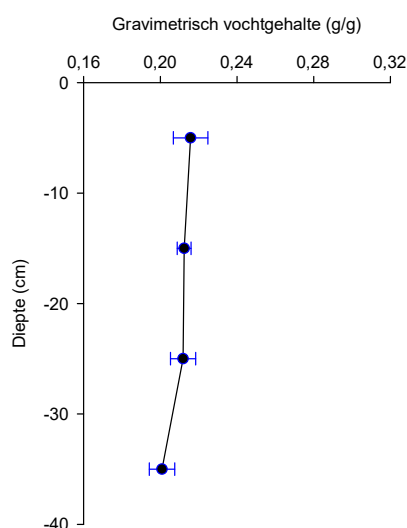
Tabel 2: Overzicht van de activiteiten op de veldproef per datum.

Datum	Behandeling	Activiteit
26 februari	Alle	Doodspuiten groenbemester (4 l/ha Glyphosaathoudend totaalherbicide)
23 maart	NK1, NK2, P en LZ	bodembewerking met schijveneg om groenbemester oppervlakkig in te werken en bodemoppervlak de kans te geven om op te drogen
4 april	S23 S16, S21 en S21v	Groenbemester tegen bodemoppervlak aanduwen met roller-crimper Groenbemester klepelen
30 april	Alle	Oppervlakkige bespuiting met Urean vloeibare kunstmest (50 kg N/ha)
6 mei	S23 S16 S21 S21v	Bodembewerking met strip-tillmachine (23 cm diepte) met drijfmestinjectie* Bodembewerking met strip-tillmachine (16 cm diepte) met drijfmestinjectie* Bodembewerking met strip-tillmachine (21 cm diepte) met drijfmestinjectie* Bodembewerking met strip-tillmachine (21 cm diepte) met vleugels gemonteerd op de strip-tillmachine en met drijfmestinjectie*
	NK1	Drijfmest* uitrijden met sleepslangen net boven bodemoppervlak Bodembewerking met Kuhn cultisol DC 301 (30 cm diepte) in combinatie met rotoreg met kooirol (8-10 cm diepte)
	NK2	Drijfmest* uitrijden met sleepslangen net boven bodemoppervlak Bodembewerking met Carré Neolab-eco met 6 Micheltanden (30 cm diepte) in combinatie met rotoreg met kooirol (8-10 cm diepte)
	P en LZ	Drijfmest* uitrijden met sleepslangen net boven bodemoppervlak Bodembewerking met klassieke ploeg (30 cm diepte) loodrecht op hoogtelijnen
7 mei	P en LZ	Zaaibed klaar leggen met rotoreg en kooirol (8 cm diepte, loodrecht op de hoogtelijnen)
7 mei	S23, S16, S21, S21v, NK1, NK2 en P	Zaaien loodrecht op de hoogtelijnen (ras: Pioneer P7631, zaaidichtheid: 105 000 zaden/ha, diepte 6 cm) Rijbemesting bij zaaien: 200 kg/ha 20-7-0(-5)(-7)+0,05 B (40 kg N/ha, 14 kg P ₂ O ₅ /ha, 10 kg MgO/ha en 14 kg SO ₃ /ha)
8 mei	LZ	Zaaien evenwijdig met de hoogtelijnen
10 mei	Alle	Waarnemingen van bodembedekking en bodemruwheid
24 mei	Alle	Opkomsttelling, onkruidtelling en waarneming van bodemtemperatuur
27 mei	Alle	Onkruidbestrijding: 2 l/ha Promess, 0,75 l/ha Lumica 100, 0,75 l/ha Itineris
28-29 juni	S16, NK2, P en LZ	Erosiesimulaties
12 oktober	Alle	Opbrengstbepaling

*De drijfmest die gebruikt werd is runderdrijfmest afkomstig van het landbouwbedrijf van de proefveldhouder. In alle behandelingen werd een dosis toegediend van 35 m³/ha (82 kg werkzame N/ha, 51 kg P₂O₅/ha en 175 kg K₂O/ha) met een debietmeter op het drijfmestvat. De samenstelling van deze drijfmest is terug te vinden in Tabel 3.

Tabel 3: Samenstelling van de runderdrijfmest die in de veldproef werd gebruikt.

Parameter	Eenheid	Resultaat
Droge stof	%/vers	7,8
Organische koolstof	%/vers	3,03
N-totaal	kg N/ton vers	3,9
NH ₄ ⁺ -N	kg N/ton vers	2,2
Werkzame N	kg N/ton vers	2,3
Fosfor	kg P ₂ O ₅ /ton vers	1,46
Kalium	kg K ₂ O/ton vers	5,0
Magnesium	kg MgO/ton vers	1,1
Calcium	kg CaO/ton vers	1,89
Natrium	kg Na ₂ O/ton vers	0,84



Figuur 4: Gemiddeld gravimetrisch vochtgehalte (\pm standaardfout) in de bodem op het moment van de hoofdbodembewerking in de stroken voorzien voor de strip-tillbehandelingen (6 mei).

In Tabel 4 wordt een overzicht gegeven van de normale gemiddelde temperatuur (periode 1981-2010) en de normale totale neerslag (1981-2010), en de afwijking die vastgesteld werd in 2016 per maand in de regio Maarkedal. Deze cijfers werden gebaseerd op de maandelijkse verslaggeving van het KMI. Op het proefveld zelf werd geen weerstation geplaatst. Ondanks de aanhoudende regen en de natte omstandigheden van het voorjaar 2016, was het perceel voldoende opgedroogd om op 6 en 7 mei de veldproef aan te leggen. Na aanleg van de veldproef, viel er opnieuw veel neerslag. In mei was de gemiddelde neerslag hoger en in juni zelfs meer dan dubbel zo hoog dan normaal. Ondanks de hoge hoeveelheden neerslag, heeft de maïs op dit perceel weinig hinder ondervonden tijdens de jeugdgroei. Er waren verder ook geen tekenen van nutriëntentekorten. September werd gekenmerkt door een droge, warme periode. Hierdoor verliep de afrijping van de maïs plots heel snel en kon reeds half september op vele plaatsen kuilmaïs worden gehakseld en startte half oktober ook de oogst van korrelmaïs. De korrelmaïs op dit perceel was rijp rond half oktober.

Tabel 4: Overzicht van de gemiddelde maandelijkse temperatuur en neerslag in de periode 1981-2010 in de regio van het proefveld en de maandelijkse afwijking hiervan in 2016 in de maanden van aanleg tot oogst van de veldproef (bron: KMI).

Maand	Gemiddelde temperatuur		Gemiddelde neerslag	
	Jaar 2016 (°C)	Afwijking (°C) t.o.v. 1981-2010	Jaar 2016 (mm)	Afwijking (%) t.o.v. 1981-2010
April	8,0-8,5	-1,0	40-50	80-90
Mei	14,0-14,5	1,0	90-100	120-140
Juni	16,5-17,0	0,5	140-160	200-250
Juli	18,5-19,0	0,5	40-60	40-60
Augustus	19,0-19,5	1,0	50-60	70-80
September	17,5-18,0	3,0	15-20	25-30
Oktober	9,5-10,0	-1,5	50-60	70-80

1.3.2 Beschrijving van de behandelingen

1.3.2.1 S23, S16, S21, S21v: strip-till met Carré INRO machine en drijfmestinjectie

Het voorkomen van erosie aan de bron bij het éénmalig toepassen van niet-kerende bodembewerking of strip-till, steunt voor een groot stuk op de aanwezigheid van gewasresten aan het bodemoppervlak die de kracht van inslaande regendruppels verkleinen en de run-off afremmen. Gezien de sterke ontwikkeling van het vanggewas (zie eerder), was een grote hoeveelheid gewasresten aanwezig. Ondanks dat de massa doodgespoten was, bleef deze echter rechtstaan (0,5-1 m) (Figuur 5). De gewasresten werden daarom best tegen de grond gedrukt en/of verkleind. De gewasresten zouden immers kunnen leiden tot een stroping van de machines en mogelijk zou de onkruidbestrijding van de maïs ook slechter zijn, omdat onkruiden worden afgeschermd van de herbiciden door de veel hogere gewasresten. Om maximaal gebruik te maken van de gewasresten ter voorkoming van erosie, werd in behandeling S23 de roller-crimper ingezet (Figuur 5). Deze machine walst de gewasresten plat, zonder dat ze echt verkleind worden. Er wordt dus als het ware een tapijt aan gewasresten aangedrukt. In de behandelingen S16, S21 en S21v werd een gewone klepelmaaier ingezet om de gewasresten te verkleinen. Dit maakt dat de gewasresten hier als stukjes verspreid liggen over het bodemoppervlak. Het platwalsen en klepelmaaien gebeurde op 4 april. Toen een maand later, de proef werd aangelegd was nog enig verschil merkbaar in bedekking van het bodemoppervlak (Figuur 5). Na passage van de machines bij aanleg en opkomst van de maïs was nauwelijks nog een verschil merkbaar tussen het platwalsen of klepelmaaien van de gewasresten. Daarom werd ook geen verdere aandacht besteed aan een onderscheid tussen beide bij de bespreking van de erosie en de erosiesimulaties.



Figuur 5: Gewasresten van de groenbemester voor verkleinen op 30 maart (boven links), de roller-crimper (boven rechts), gewasresten een maand na platswalsen met roller-crimper (links onder), gewasresten een maand na klepelen (rechts onder).

Er werden in totaal 4 behandelingen met strip-till aangelegd, nl. S23 (strip-till op 23 cm diepte), S16 (strip-till op 16 cm diepte), S21 (strip-till op 21 cm diepte) en S21v (strip-till op 21 cm diepte met vleugeltjes gemonteerd op de vaste tand). Voor de aanleg van de strip-tillobjecten werd gebruik gemaakt van een Carré INRO strip-tillmachine met 4 rijen voorzien van een snijkop voor drijfmestinjectie. De drijfmest wordt hierbij achteraan de vaste tand van de strip-tillmachine geïnjecteerd. Dit op ongeveer 8-10 cm ondieper dan de tandbewerking. De strip-tillmachine werd aan een dubbelas drijfmestvat gehangen (Dezwaef, 16 000 l). Dit geheel werd getrokken door een John Deere tractor van het type 6170R met turbo (± 190 pk) (Figuur 6). Deze setting bracht een aantal knelpunten naar boven die vooraf werden verwacht:

- De chauffeur ziet de strip-tillmachine nagenoeg niet. Bij een 6-rijige of 8-rijige machine zal de chauffeur wel een beter zicht hebben op de machine via de spiegels voor het manoeuvreren, maar het grote probleem is dat de chauffeur onvoldoende zicht heeft op de werking van de machine. Hoewel de machine vooraf werd getest op het perceel net buiten de veldproef en de instellingen werden aangepast, was aanpassen van de instellingen in de veldproef zelf (breedte zijplaten, positie rol) toch nog noodzakelijk voor een goede werking.
- Bij de aanleg van de proef dient GPS gebruikt te worden. Als de GPS autosturing, bijstuurt aan de start van een werkgang, betekent dit dus dat het drijfmestvat niet perfect recht achter de tractor hangt. De bewerkte stroken liggen hier dus niet op de beoogde plaats. In deze veldproef werd dit gecorrigeerd door de chauffeur. Deze plaatste de tractor voor de beoogde GPS lijn en reed vervolgens achteruit om het vat in rechte lijn met de tractor te plaatsen. Hierdoor moet de kopakker

uiteeraard breed zijn (25 m) en wordt deze bovendien nog eens extra bereiden. Dit is echter een probleem eigen aan de combinatie drijfmestvat-tractor. Dit pleit om in de praktijk een zelfrijdend drijfmestvat te gebruiken.

- Op het deel van het perceel waar de strip-tillbehandelingen werden aangelegd, schommelde de helling tussen 5,6 en 8,1%. De combinatie van een volle drijfmesttank en een bodembewerking met strip-tillmachine van 21 cm diepte of meer op de steilste helling (8,1%), was bergop onmogelijk. De tractor kon geen 3 km/u rijden. Bij deze lage snelheid zou de strip-tillmachine slecht werken en kan geen garantie gegeven worden voor een juiste debietregeling. Ook dit geeft aan dat in de praktijk een zelfrijdend drijfmestvat dient gebruikt te worden. Voor de proef werd steeds 6 tot 7 km/u gereden. Wanneer een strook bergop niet lukte, werd enkel hellingafwaarts gereden.



Figuur 6: Zicht op drijfmestvat en striptillmachine (bovenaan), De pas bewerkte stroken in behandeling S21v (onderaan links), een strook waar plekjes drijfmest aan de oppervlakte komen in behandeling S16 (onderaan rechts).

In totaal werden 4 behandelingen aangelegd met strip-till+ drijfmestinjectie, nl. S23 (23 cm diep), S16 (16 cm diep), S21 (21 cm diep) en S21v (21 cm diep met een tand voorzien in vleugels). De strip-tillmachine werkte goed en de stroken werden mooi opgewerkt en aangedrukt. Bij S16, was de bewerking op 16 cm diepte maar net diep genoeg om de 35 m³/ha mooi in de strook te werken. Soms kwam in deze behandeling al wel eens wat drijfmest aan de oppervlakte van de strook te liggen (Figuur 6). Bij alle andere dieptes vormde dit geen probleem. Ondanks voldoende verkruimelde grond in de bewerkte stroken, waren ook regelmatig grove kluiten aanwezig. Door het drogende weer (warm en winderig), was gevaar dat deze kluiten gingen uitdrogen en hard worden. De aanleg van de strip-tillbehandelingen gebeurde op 6 mei op de middag, de zaai werd voorzien voor 7 mei late namiddag, maar werd vervroegd naar 7 mei 's ochtends. Bij zaai bleek

inderdaad dat dit best niet langer werd uitgesteld. De zaai op zich verliep goed. Grovere kluiten vormden dankzij de schijfkouters geen probleem (Figuur 7).



Figuur 7: Zaai in een kluitige strip-tillstroken.

Het was duidelijk dat strip-tillbewerking en zaai best snel na elkaar gebeurden en dat deze dus in praktijkomstandigheden ook best op elkaar afgestemd worden. Dit geeft een bijkomend organisatorisch knelpunt. Meestal wordt de drijfmest voor kuil- of korrelmaïs al uitgereden enkele dagen of weken op voorhand, op een moment dat de landbouwer of loonwerker de tijd heeft om de kelder leeg te maken. In de conventionele situatie wacht men best na ploegen ook niet te lang met het klaarleggen van het zaaibed voor maïs, aangezien de dikwijls drogende omstandigheden rond de periode van zaai de geploegde bodem te sterk uitdrogen wat goede zaaibedbereiding daardoor moeilijk maakt. Bij een goede zaaibedbereiding heeft men na de zaaibedbereiding ook nog wat respijt voor de zaai. Bij strip-till in deze omstandigheden, ziet het er naar uit dat de zaai best enkele uren later al volgt. Dit maakt dat er een logistiek vraagstuk dient opgelost te worden. Drijfmest moet snel genoeg aangevoerd kunnen worden, en de zaai en strip-tillbewerking moeten volledig op elkaar afgestemd worden. Anderzijds heb je bij strip-till ook een stuk minder bewerkingen dan bij het gangbare systeem waarbij na het uitvoeren van drijfmest het ploegen en zaaiklaar leggen veel tijd in beslag nemen.

1.3.2.2 NK1: niet-kerende bodembewerking met Kuhn cultisol DC301 gecombineerd met rotoreg + kooirol

In deze behandeling werden de gewasresten verkleind en de bodem oppervlakkig bewerkt met een schijveneg in maart (zie eerder). De bedoeling hiervan was dat de bodem langzaamaan kon uitdrogen. Door de aanhoudende regen bleef het bodemoppervlak nat en plastisch, maar in aanloop naar de aanleg van de proef, droogde het bodemoppervlak mooi uit. Na het spreiden van de drijfmest met sleepslangen, werd de bodem in één werkgang bewerkt. De diepwoeler Kuhn cultisol DC301 werd ingesteld op ongeveer 30 cm diepte en gevolgd voor zaaibedbereiding met een Amazone rotoreg met kooirol die ongeveer 10 cm diep werkte (Figuur 8). De Kuhn cultisol DC301 heeft 4 tanden over een breedte van 3 m en deze staan gelijk verdeeld. De tand zelf bestaat uit een beitel en een vlakke plaat van 45 cm breedte. De tanden heffen de volledige bouwvoor op, waardoor deze ook breekt. Daarna bezakt de bodem en gaat deze de rotoreg in. De bodem lag voldoende fijn voor zaai na deze bewerking. Het bodemoppervlak was bezaaid met kleine

stukjes van de groenbemester (Figuur 8). De landbouwer gebruikt de Kuhn cultisol DC301 voor het inzaaien van groenbemesters na wintergraan. Hij koos bewust voor deze machine en niet voor een machine met micheltanden, omdat de bodem bij het opheffen mooi kan openbreken, en niet tussen de tanden geperst wordt. Wat soms aangebracht wordt als nadeel van deze machine, is dat de vlakke platen in nattere omstandigheden voor versmering in de diepte zorgen.



Figuur 8: Bodembewerking in de behandeling NK1 (links boven), detail van de tand van de Kuhn cultisol DC301 (rechts boven) en detail van het bodemoppervlak na bewerking (onder).

De bodembewerking gebeurde loodrecht op de hoogtelijnen. Dit bleek achteraf zeer belangrijk te zijn naar erosie toe. Door deze richting van bewerken, drukte de kooirol drempels in de grond evenwijdig aan de hoogtelijnen. Bij de erosiesimulaties bleek dat deze een positieve invloed hadden op het voorkomen van erosie (zie verder). Tot op de datum van oogsten waren deze visueel zichtbaar.

1.3.2.3 NK2: niet-kerende bodembewerking met Carré Neolab eco (micheltanden) gecombineerd met rotoleg + kooirol

Deze behandeling was nagenoeg identiek aan behandeling NK1. De Kuhn cultisol DC301 werd vervangen door de Carré neolab-eco met 6 micheltanden op 13 m brede balk. In het midden is tussen de 2 middelste tanden een grotere uitsparing gelaten (± 70 cm). De 3 tanden link en rechts staan ongeveer 35 cm uit elkaar. De bewerkingsdiepte van de micheltanden was ongeveer 30 cm. De rotoleg werd op dezelfde wijze ingesteld

als bij NK1. Deze behandeling werd toegevoegd om te vergelijken of de rechte vaste tand met plaat of een micheltand verschillen in bewerking of eindresultaat.



Figuur 9: Aanzicht op de Carré neolab-ECO met 6 micheltanden, gecombineerd met rotoreg met kooirol.

Tijdens de bewerking was het inderdaad zo dat de micheltanden de bouwvoor opheffen in zijn geheel, zonder dat de bodem echt opscheurt links en rechts van de tanden. Daar is immers geen plaats voor omdat de grond tussen de tanden moet. Bij de machine van Kuhn met rechte tanden kan de grond wel opscheuren links en rechts achter de tand. Of dit werkelijk een belangrijk verschil is, is maar de vraag. Doordat de micheltanden enkel een smalle beitel door de diepte trekken, kan in te natte omstandigheden in de diepte minder schade worden gedaan dan bij een vaste tand met brede plaat die op dat moment sterke versmering kan veroorzaken. Het perceel was in goede bewerkingsomstandigheden op het moment van de bodembewerking, en versmering werd dan ook niet verwacht.

De bodembewerking gebeurde loodrecht op de hoogtelijnen. Net als bij NK1 bleek dit achteraf zeer belangrijk te zijn naar erosie toe (drempeltjes gevormd door de kooirol). Na bewerking was het bodemoppervlak ook bezaaid met stukjes van gewasresten. Visueel was aan het bodemoppervlak na de bodembewerking geen onderscheid zichtbaar tussen NK1 en NK2.

1.3.2.4 P en LZ: ploegen met zaaien loodrecht op de hoogtelijnen en ploegen met zaaien evenwijdig aan de hoogtelijnen

Net zoals bij NK1 en NK2 werden gewasresten verkleind en werd de bodem oppervlakkig bewerkt met een schijveneg in maart (zie eerder) en werd de drijfmest uitgespreid met sleepslangen. Daarna werd de bodem geploegd tot 30 cm diepte loodrecht op de hoogtelijnen (6 mei). Bij het ploegen werd de bodem mooi omgekeerd en werden geen gecompacteerd brokken aarde vastgesteld. De grond viel mooi uit elkaar. Daarna werd het zaaibed klaar gelegd in 1 werkgang met rotoreg met kooirol. Hierbij werd de bodem bewerkt loodrecht op de hoogtelijnen (7 mei). Er waren duidelijk minder kluiten aanwezig dan bij NK1 en NK2 aan het bodemoppervlak. Het zaaibed lag ook fijner klaar gelegd. Op 7 mei werd behandeling P gezaaid, loodrecht op de hoogtelijnen. Op 8 mei werd behandeling LZ gezaaid door een loonwerker evenwijdig aan de hoogtelijnen. De behandeling LZ kreeg dezelfde bemesting als alle andere behandelingen, maar LZ werd niet verder opgevolgd naar teelttechniek en gewasopbrengst. Deze behandeling werd wel verder beschreven voor erosie en er werden ook erosiesimulaties uitgevoerd (zie verder).



Figuur 10: De ploegbewerking en pas omgeploegde bodem (links) en de geploegde bodem na zaaibedbereiding met rotoeg met kooirol (rechts).

1.3.3 Bemesting en zaai

Normaal wendt de landbouwer runderdrijfmest aan voor ploegen in het voorjaar, aangevuld met bemesting in de rij en eventueel ook vloeibare mest of kunstmest volledvelds, naargelang de N-behoefte en de N-inhoud van de drijfmest. Zowel binnen de techniek van de niet-kerende bodembewerking als de strip-tilltechniek kon de bemestingsstrategie van het bedrijf gewoon doorgezet worden. In Tabel 5 wordt de bemestingsberekening gegeven voor NPK voor de volledig veldproef.

Tabel 5: Overzicht van de bemesting van de veldproef.

Meststof	N-totaal	N werkzaam	P-totaal	K-totaal
	kg N/ha	kg N/ha	kg P ₂ O ₅ /ha	kg K ₂ O/ha
Minerale N-voorraad (0-60 cm) voorjaar ⁽¹⁾	33	33	-	-
Runderdrijfmest ⁽²⁾	137	82	51	175
Vloeibare kunstmest	50	50	0	0
Rijbemesting ⁽³⁾ 20-7-0(-5)(-7)+0,05 B	40	40	14	0
Efficiëntie van de N-rijbemesting ⁽³⁾		50		
Totaal		215	65	175
N-behoefte⁽⁴⁾		210	PK-export⁽⁴⁾ 75	47
Balans		+5	-10	+128
Bemestingsnorm niet-zandgrond P-klasse II		150	80	-
Overschrijding norm⁽⁵⁾		32	-15	

(1) Dit is de hoeveelheid die rechtstreeks gemeten werd in het bodemprofiel. De vrijstelling door de gewasresten van de groenbemester werden niet in rekening gebracht, omdat deze op het moment van staalname reeds 6 weken was doodgespoten en 1 week was ingewerkt. Er werd dus verondersteld dat de N reeds grotendeels werd vrijgegeven.

(2) werkingscoëfficiënt = 60%

(3) Er wordt aangenomen dat de efficiëntie van rijbemesting 1,25 keer hoger is.

(4) volgens van Dijk, W. en van Geel, W. (2010). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw en vollegrondsgroenetengewassen. WageningenUR, Praktijkonderzoek Plant en omgeving B.V. (Nederland).

(5) N-overschrijding= 82+50+40-150, P₂O₅-overschrijding=65-80

De N-bemesting werd berekend op basis van de publicatie "van Dijk, W. en van Geel, W. (2010). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw en vollegrondsgroenetengewassen. WageningenUR, Praktijkonderzoek

Plant en omgeving B.V. (Nederland). "Bij de kunstmestgift in de rij werd een fout vastgesteld. De dosis was met 200 kg/ha een stuk hoger dan de beoogde dosis. Omdat op dit moment reeds 2 behandelingen waren gezaaid, werd deze dosis aangehouden voor de aanleg van de volledige proef. Op deze wijze werd voldaan aan de N-behoefte, maar werd de bemestingsnorm overschreden. In Tabel 5 wordt ook een verwijzing gegeven naar de PK-export en -balans. Gezien P in de streefzone en K boven de streefzone ligt, kan de strategie aangehouden worden om PK te bemesten overeenkomstig de PK-export. Er werd iets minder P bemest dan werd geëxporteerd. De K-gift lag een stuk hoger dan de K-export. De behoefte aan PK is echter groter dan de export, doordat de restplant (deel dat niet wordt geoogst) ook nood heeft aan P, maar vooral ook K. De totale opname PK ligt rond de 80 tot 100 kg P₂O₅/ha en 270 kg K₂O/ha.

De zaai werd uitgevoerd met een 4-rijige Kuhn zaaimachine met schijfkouters, aangepast voor proefvelden en met een tractor, uitgerust met een trimble GPS systeem. Aangezien dit een andere GPS systeem is dan datgene op de tractor die de strip-tillbewerking uitvoerde, betekende dit dat de AB-lijn opnieuw moest uitgezet worden met deze GPS op de bewerkte stroken. Dit werkte goed voor het perceel. Enkel bij de start en einde van een GPS-lijn zat soms eens verschil op zaailijn en de bewerkte strook van de strip-tillmachine. Zodoende werd soms bij de eerste 10 m en de laatste 10 m de maïs echt in de rand van de bewerkte strook gezaaid i.p.v. in het midden. Vermoedelijk is dit de lengte die de tractor met vat nodig had om het vat in rechte lijn achter de tractor te krijgen op een GPS-lijn.

1.4 Bodembedkking en bodemruwheid (9 mei 2016)

1.4.1 Bodembedkking

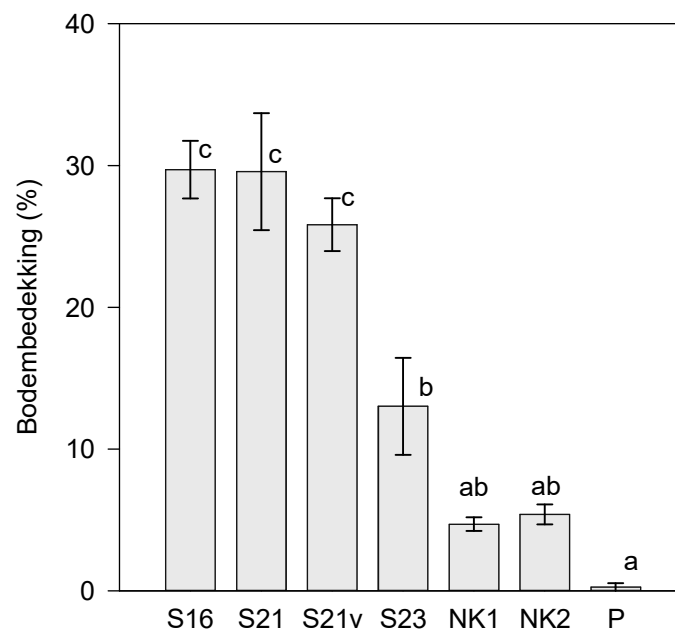
Erosie kan beperkt worden door het bodemoppervlak voldoende te bedekken met gewasresten die de kracht van inslaand en afstromend water temperen. Indien het bodembedkkingspercentage verhoogt is dit dus positief ter voorkoming van erosie.

Een dag na de zaai van de korrelmaïs werd de bodembedkking bepaald. Hiervoor werd een foto van 1 m op 1 m genomen van het bodemoppervlak, met behulp van een kader. Op dit kader werden zowel in horizontale als verticale richting om de 5 cm lijnen getrokken. Er werd geteld hoeveel snijpunten tussen een horizontale en verticale lijn samen vallen met een stukje gewasrest of onkruid. Door dit procentueel uit te drukken kan een bedekkingsgraad van het bodemoppervlak worden berekend. In Figuur 11 wordt van 3 behandelingen een voorbeeldfoto gegeven. De bodembedkking werd éénmaal bepaald in de blokken A, B, C en D per behandeling (4 herhalingen).



Figuur 11: Enkele voorbeelden van de bodembedekking op 9 mei 2016. Links een object van behandeling S16 (28% bedekking), in het midden object van behandeling NK1 (4% bedekking) en rechts een object van behandeling P (0% bedekking). Het kader in de foto is 1x1m groot.

In Figuur 12 wordt het percentage bodembedekking weergegeven van de verschillende behandelingen. In de geploegde behandeling (P) werden alle gewasresten weggewerkt en was dus zoals verwacht de bodembedekking met gewasresten quasi 0%. In de behandelingen S16, S21 en S21v was 25 tot 30% van het bodemoppervlak bedekt met gewasresten van de groenbedekker. Het is opvallend dat in de strip-tillbehandeling S23, de bodembedekking significant lager lag dan in S21 en S21v. Op de diepte van bewerken na, zat er immers nagenoeg geen verschil tussen deze behandelingen. In alle 3 de behandelingen werd de groenbedekker geklepeld en werd de strip-tillbehandeling in 1 werkgang uitgevoerd. Voor deze vaststelling is geen verklaring.



Figuur 12: Gemiddelde bodembedekking (\pm standaardfout) voor alle behandelingen op 9 mei 2016 (n=4). Verschillende letters wijzen op significante verschillen ($p < 0,05$)

Beide behandelingen met niet-kerende bodembewerking (NK1 en NK2) bevinden zich met $\pm 5\%$ bodembedekking tussen ploegen en strip-till in. Ondanks het behoud van de gewasresten aan het

bodemoppervlak, is de bodembedekking na het inwerken van de groenbedekker met schijveneg en zaaibedbereiding met rotoreg, beperkt.

1.4.2 Bodemruwheid

Naast gewasresten aan het bodemoppervlak kan erosie ook verlaagd worden door het bodemoppervlak ruwer te leggen. Bij een ruwer bodemoppervlak, zorgen de kluiten ervoor dat minder snel verslemping optreedt en regenwater bij volgende buien gewoon oppervlakkig afstroomt. De microkuiltjes in het bodemoppervlak treden ook op als minuscule opvang van afstromend water en sediment en de kluiten breken de kracht van het afstromend water.

De ruwheid van het bodemoppervlak is visueel goed in te schatten, maar een score is niet altijd objectief. Daarom werd hier gebruik gemaakt van een pinmeter (Figuur 13; KU Leuven: Langhans et al., 2011¹) en beeldverwerking met het programma ImageJ om de parameters 'random roughness' en 'turtuosity' op te meten. De random roughness is uitgedrukt in mm en geeft aan in welke mate de posities op het bodemoppervlak verticaal van een perfect rechte lijn (gemiddeld) afwijken. De turtuosity heeft geen eenheid en geeft de afstand aan tussen een punt A en een punt B aan het bodemoppervlak indien men het (micro)reliëf van het bodemoppervlak zou volgen, in plaats van in 1 rechte lijn van punt A naar punt B te gaan. Bij een turtuosity van bv. 1,4 en een afstand van 1 m tussen punt A en punt B, zal men 1,4 m moeten afleggen indien het bodemoppervlak wordt gevolgd. Wanneer het bodemoppervlak perfect vlak is, liggen alle zwarte punten op 1 lijn en is er geen ruwheid. De random roughness is dan 0 mm en de turtuosity is gelijk aan 1. Hoe hoger beide waarden, hoe ruwer het oppervlak.

De pinmeter bestaat uit een bord met staafjes die we laten zakken tot het bodemoppervlak. Bovenaan het staafje is een zwart plastic hoesje bevestigd. Door een foto te nemen van de positie van deze zwarte punten op een witte achtergrond en de nodige beeldcorrecties uit te voeren, kan via ImageJ een berekening gemaakt worden van de individuele positie van ieder zwart punt en dus ieder punt op het bodemoppervlak ten opzichte van elkaar. Op basis van deze posities worden random roughness en turtuosity uitgerekend.

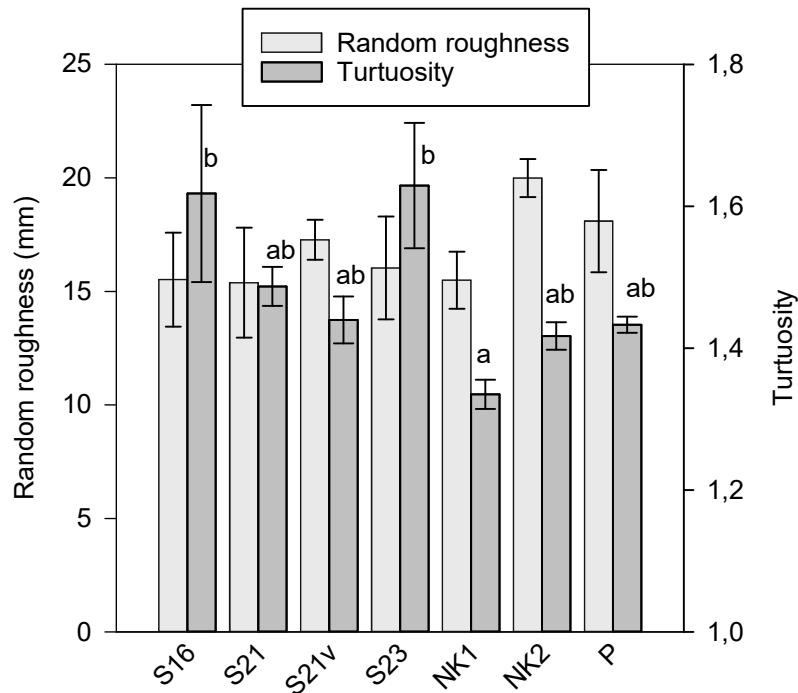


Figuur 13: Zicht op de pinmeter in behandeling NK1, blok C.

In Figuur 14 wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde random roughness en turtuosity van het bodemoppervlak per behandeling. De bodemruwheidsmeting werd éénmaal uitgevoerd in de blokken A, B

¹ Langhans, C., Govers, G., Diels, J., Leys, A., Clymans, W., Van den Putte, A., Valckx, J., 2011. Experimental rainfall-runoff data: Reconsidering the concept of infiltration capacity. *Journal of Hydrology* 399: 255-262

en C per behandeling (3 herhalingen). Er werden geen verschillen significante verschillen in random roughness gevonden. Er was een significant verschil in turtuosity tussen behandeling NK1 enerzijds en behandelingen S21 en S23 anderzijds. De verschillen waren voor deze parameter echter ook beperkt. Er is dus weinig of geen, verschil in bodemruwheid tussen de behandelingen.



Figuur 14: Gemiddelde random roughness (\pm standaardfout) en gemiddelde turtuosity (\pm standaardfout) na zaai op 9 mei van de 7 behandelingen ($n=3$). Er waren geen significante verschillen in random roughness. De significante verschillen in turtuosity worden aangegeven met een verschillende letter (Tukey HSD, $p < 0,05$).

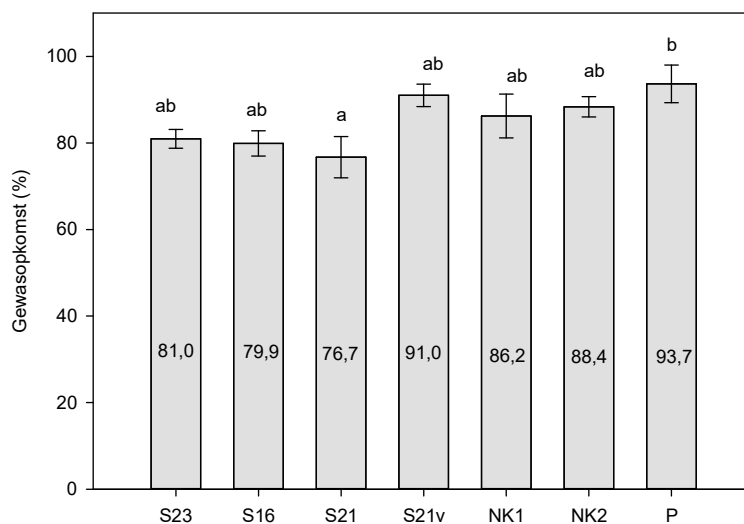
Bij deze resultaten dient een belangrijke kanttekening te worden gemaakt. Meermaals wordt in het rapport aangehaald dat in de behandelingen P, NK1 en NK2 kleine drempels/kuiltjes worden gevormd met de kooirol van de rotoeg bij zaaibedbereiding. Deze drempeltjes hebben een invloed op het erosieverloop. Doordat deze drempeltjes evenwijdig met de hoogtelijnen liggen en dat de pinmeter ook evenwijdig aan de hoogtelijnen wordt gebruikt, wordt het reliëf van deze drempels niet in rekening gebracht. Doordat de meting van bodemruwheid, een inschatting wil geven van het micro-reliëf (dus nog kleinere schaal dan de drempeltjes), hoeft dit ook geen probleem te zijn.

1.5 Gewasopkomst, bodemtemperatuur en onkruidtellingen

1.5.1 Gewasopkomst (24 mei 2016)

Voor de opkomstbepaling werd het aantal planten geteld over een afstand van 2 m van 3 rijen maïs van een verschillende zaaikouter. Deze tellingen werden uitgevoerd voor alle behandelingen, behalve LZ en dit in 4 blokken van de proef. De maïs bevond zich op dit moment in het 2^e-3^e bladstadium. De gemiddelde opkomst schommelde tussen 76,7% en 93,7% en was dus laag (Figuur 15). Behandeling P leidde tot de hoogste gewasopkomst, gevolgd door NK1, NK2 en S21v. De strip-tillbehandelingen S23, S16 en S21 hadden

de laagste opkomst. Enkel P en S21 zijn significant verschillend van elkaar. Er lijkt geen verband te zijn tussen de gewasopkomst en de diepte van bewerking in de strip-tillbehandelingen.



Figuur 15: De gemiddelde gewasopkomst (\pm standaardfout) per behandeling op 24 mei 2016. Het gewas bevond zich in het 2^e-3^e bladstadium. Behandelingen met een verschillende letter zijn significant verschillend (Tukey HSD, $p < 0,05$).

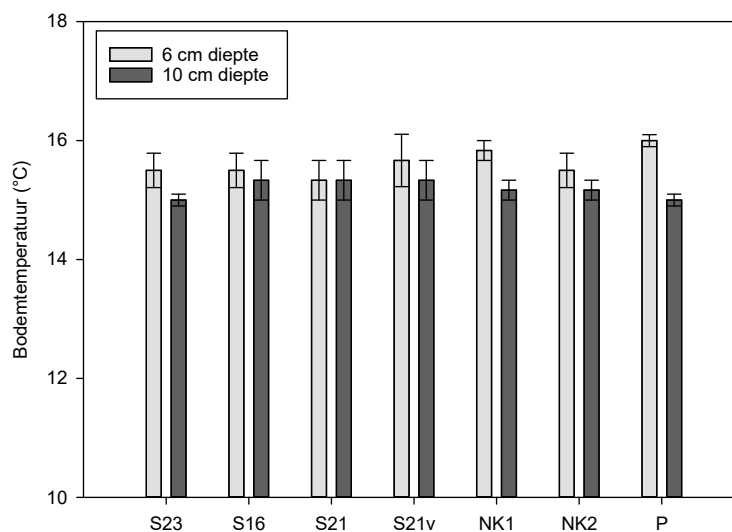
De lagere opkomst in de strip-tillbehandelingen S23, S16 en S21v was niet te wijten aan homogeen verdeeld uitvallende planten. Het is eerder pleksgewijs dat er een aantal plaatsen in de zaailijnen waren, waar 4-5 plantjes ontbraken. Het is dus duidelijk dat vooral de plaatselijke conditie van de bewerkte strook zal uitgemaakt hebben in hoeverre de maïsplant kon kiemen. Mogelijk vielen op deze plekken de maïszaden te diep of waren ze onvoldoende bedekt met grond, waardoor ze initieel niet kiemden. Dit is zichtbaar in de onderste 3 foto's van Figuur 16. Enkele weken later, wanneer de maïs in het 5^e tot 8^e bladstadium was, werden op deze plekken, hier en daar nog maïsplanten opgemerkt die in het 3^e bladstadium waren. Dit geeft aan dat dus een deel van de niet-gekiemde maïszaden, later is gekiemd. Hier zijn geen tellingen van beschikbaar.



Figuur 16: Overzicht over de maïs in 2^e-3^e bladstadium (24 mei) voor behandeling P (bovenaan), behandeling NK2 (midden) en S21 (onderste 3 foto's).

1.5.2 Bodemtemperatuur (24 mei 2016)

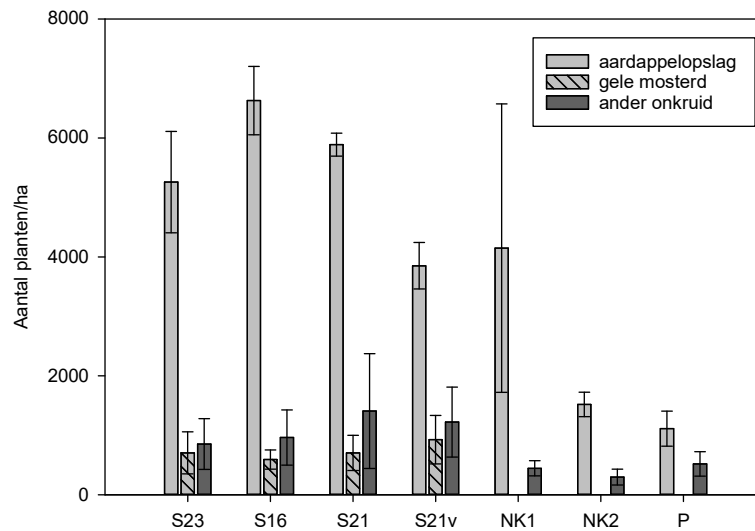
Dikwijls wordt aangehaald dat door de bodembewerking te wijzigen, de bodem langer koud blijft of net sneller gaat opwarmen. Door het ploegen wordt bijvoorbeeld veel lucht in de grond gebracht en kan de temperatuur sneller toenemen, wat een positief effect heeft op de kieming en jeugdgroei van het gewas. Om dit summier in kaart te brengen werd de temperatuur op zaaidiepte (6 cm) en iets dieper (10 cm) opgemeten op 24 mei 2016 (omgevingstemperatuur 15°C) in de zaailijn op 2 posities per blok, in 3 blokken. Op dit moment stond de maïs in 2^e-3^e bladstadium. Uit deze metingen blijkt dat er geen significante verschillen op te merken waren tussen de behandelingen, en dit op beide dieptes.



Figuur 17: De gemiddelde bodemtemperatuur (\pm standaardfout, $n=6$) gemeten in de zaailijn van de maïs op zaaidiepte (6 cm) en onder zaaidiepte (10 cm) per behandeling op 23 mei 2016. Het gewas was op dit moment in 2^e-3^e bladstadium. De buitentemperatuur bedroeg 15°C. Er werden geen significante verschillen tussen de behandelingen vastgesteld ($p>0,05$).

1.5.3 Onkruidtellingen (24 mei 2016)

Op 24 mei viel op dat in de strip-tillbehandelingen vrij veel aardappelopslag voorkwam. Daarom werd een onkruidtelling uitgevoerd in alle behandelingen van de blokken B, C en D. Voor ieder veldje werd het aantal onkruiden geteld in 2 keer 2 tussenstroken (tussen 2 maïsrijen) over de volledige lengte van een blok. Per veldje werd dus het onkruid in 75 m geteld. Ondanks dat de voorvrucht wintertarwe was, was aardappel prominent als opslagplant aanwezig in het volledige proefveld. Ondanks dat de gele mosterd gedeeltelijk doorvroor en daarna ook werd doodgespoten, werden toch nog gele mosterdplanten geobserveerd. Daarnaast waren ook nog kiemplantjes aanwezig van o.a. melganzevoet, distels, zwarte nachtschade en grassen. Het aantal aardappelopslagplanten, gele mosterdplanten en alle andere onkruidplanten werden gescheiden van elkaar geteld (Figuur 18).



Figuur 18: Onkruidtellingen (gemiddelde en standaardfout) op 24 mei in blokken B, C en D van alle behandelingen.

In Figuur 18 is te zien dat aardappelopslag voornamelijk voorkomt in de strip-tillbehandelingen en in veel mindere mate in NK2 en P. Voor NK1 is dit gezien de grote variatie tussen blokken moeilijk interpreteerbaar. De aardappelplanten waren veel kleiner in de behandelingen NK1, NK2 en P. Dit is op zich niet verwonderlijk aangezien de kiemende aardappelplanten in de niet-bewerkte tussenstroken bij strip-till ongemoeid werden gelaten, terwijl bij NK1, NK2 en P de werking van de rotoeg deze plantjes gedeeltelijk zal vernietigd hebben. Gele mosterd kwam duidelijk nog voor in de strip-tillbehandelingen, maar werd volledig afgedood door de bodembewerking in de behandelingen NK1, NK2 en P. Andere onkruiden kwamen in alle behandelingen voor, maar de aanwezigheid is toch duidelijk iets groter in de strip-tillbehandelingen.



Figuur 19: Opslag van gele mosterd (links) en aardappel (rechts) in de strip-tillbehandelingen.

Door de toepassing van herbiciden op 27 mei werden alle onkruiden en de opslag van gele mosterd en aardappelen goed bestreden.

1.6 Erosie

1.6.1 Beschrijving van de toestand op 1 en op 16 juni 2016

Op 1 en op 16 juni werden visuele beoordelingen van de erosie onderaan het proefperceel gemaakt. In Figuur 20 wordt een overzicht gegeven van foto's genomen onderaan het perceel van behandelingen P, NK2 en S16. De foto's links werden genomen op 1 juni, de foto's rechts op 16 juni. Bij de geploegde behandeling (P) was duidelijk erosie ontstaan in de bandensporen van het zaaien en de herbicidebehandeling. Onderaan het perceel was in ieder bandenspoor een geul te vinden en was er duidelijk sediment aanwezig. Er was visueel geen erosie vast te stellen buiten de bandensporen in behandeling P. Op de laagste posities tussen de drempels van de kooirol van de zaaibedbereiding had duidelijk water gestaan en was de bodem verslemt. Vermoedelijk hebben deze beperkte drempels dus erosie voorkomen buiten de bandensporen. Dit geeft meteen ook aan waarom geen erosie werd vastgesteld in behandeling LZ (Figuur 21). De bandensporen zijn in behandeling LZ evenwijdig aan de hoogtelijnen. In de bandensporen zelf had dus geen water afgestroomd en ontstond dus geen erosie. Aangezien de drempeltjes van de kooirol volgens dezelfde oriëntering lagen dan bij P (zie eerder), vormden ze net als bij behandeling P een obstakel voor afstromend water en erosie. Ook hier had duidelijk water gestaan en was de bodem verslemt tussen de drempeltjes.

In de behandeling NK2 werd geen erosie vastgesteld. Zelfs in de bandensporen werden visueel geen tekenen van erosie opgemerkt. Overal waren nog duidelijk gewasresten aanwezig en dit heeft vermoedelijk de erosie kunnen voorkomen. Tussen NK1 en NK2 werden geen visuele verschillen opgemerkt.

Bij de strip-tillbehandelingen werden buiten de bandensporen of in de zaailijnen geen tekenen van erosie vastgesteld. In de bandensporen lag dit echter anders. In alle strip-tillbehandelingen, kon in de bandensporen onderaan het perceel duidelijk worden vastgesteld dat water oppervlakkig was afgestroomd en blijven staan onderaan het perceel (Figuur 20). Erosiegeulen of sediment onderaan het perceel werden evenwel nergens vastgesteld. Dit geeft aan dat een deel van de neerslag duidelijk niet voldoende snel in de bodem kon dringen en oppervlakkig is afgestroomd. Dat een deel van de neerslag niet in de bodem kon dringen is vermoedelijk vooral te wijten aan de sterk aangedrukte bodem in het bandenspoor. De bandensporen van het drijfmestvat en de tractor bij de zaai liggen op dezelfde positie en werden niet meer losgemaakt. Ondanks deze duidelijke run-off, werden geen bodempartikels meegesleurd. Dit kan te wijten zijn aan de gewasresten van de groenbemester aan het bodemoppervlak, maar ook aan het feit dat de bodempartikels aan het bodemoppervlak sterk zijn aangeduwd bij het berijden en dus niet kunnen losgemaakt worden door het afstromende water.



Figuur 20: Overzicht van de behandelingen P (boven), NK2 (midden) en S23 (onder). De foto's links werden op 1 juni 2016 genomen, de foto's rechts werden op 16 juni 2016 genomen. Op beide tijdstippen werden de foto's onderaan het perceel genomen.



Figuur 21: zicht op behandeling LZ op 1 juni 2016 onderaan het perceel.

1.6.2 Erosiesimulaties op 28-29 juni 2016

Om het effect van de behandelingen op run-off en erosie objectief te testen, werden op 28 en 29 juni 2016 erosiesimulaties uitgevoerd met de simulator van KU Leuven (Figuur 22; Leys et al., 2007¹; sproeikop Lechler 460 788). Er werden in totaal 10 simulaties uitgevoerd. Alle simulaties werden uitgevoerd in blok D. Er werden 3 simulaties uitgevoerd in behandeling P, 2 simulaties in behandeling NK2, 2 simulaties in behandeling LZ en 3 simulaties in behandeling S16. De helling in de erosieveldjes schommelde tussen 5,6-8,1% voor S16, 7,2-8,2% voor P, 5,4-6,7% voor NK2 en 5,1-8,2% voor LZ. Het percentage organische koolstof in de toplaag (0-5 cm) bedroeg gemiddeld 1,08%. De posities van de erosieveldjes werden zo gekozen dat een veldje voor beregening in een zone lag, waar geen tractorsporen aanwezig waren. Bij 1 van de 3 metingen in de behandeling S16, werd per vergissing toch een meting in een bandenspoor verricht. Deze laatste meting wordt hier toch gerapporteerd, omdat ze de sterke verschillen aangeeft tussen in en buiten een bandenspoor. Voor iedere simulatie werd een erosieveldje van 0,8 m breed afgebakend. De veldjes omvatten in de breedte 2 maïsrijen. De opvanggoot waar run-off en sediment werden in opgevangen, werden in de behandelingen P, NK2 en S16 zo gepositioneerd dat zich een maïsrij links en een maïsrij rechts in het veldje bevinden. Het midden van de goot is dus de ruimte tussen 2 maïsrijen. In behandeling LZ, waren ook 2 maïsrijen aanwezig, maar bevond 1 van de 2 maïsrijen zich vlak voor de opvanggoot, zodat het verschil tussen de positionering van de zaailijnen in P en LZ kon worden opgemeten. In de behandeling LZ, dient de maïsrij de run-off en erosiestroom immers te verbreken. Omdat de maïsplanten reeds te groot waren om het effect van de bodembewerking op de erosie te kunnen bepalen, werden de maïsplanten tot gelijk met het bodemoppervlak afgeknipt. Tijdens de erosiesimulaties werd gedurende 60 minuten beregend aan een gemiddelde intensiteit van 36 l/m².h. Hier zat een afwijking op van 1,7 l/h.m. Deze beregening gebeurde met regenwater (leidingwater of putwater bevat dikwijls teveel kalk die het bodemoppervlak stabiliseert). Tijdens het beregenen werd de run-off opgevolgd door het tijdstip te noteren wanneer telkens 100 ml van het erosieveldje afstroomde. Vanaf het punt waarbij meer dan 1000 ml afstroomde, werd het tijdstip genoteerd telkens 500 ml afstroomde. In de opvangbak werden na de simulatie en na intensief roeren 3 deelstalen genomen voor de bepaling van de sedimentconcentratie in het labo. Hierdoor kan de cumulatieve hoeveelheid erosie worden bepaald. Zowel run-off als cumulatieve erosie worden uitgezet tegen hoeveelheid

¹ Leys, A., Govers, G., Gillijns, K., Poesen, J. 2007. Conservation tillage on loamy soils: explaining the variability in interrill runoff and erosion reduction. *European Journal of Soil Science* 58: 1425-1436

neerslag (zie verder), omdat op deze wijze rekening wordt gehouden met de lichte schommelingen in neerslagintensiteit tussen de simulaties onderling.



Figuur 22: Zicht op de regenvalsimulator van KULeuven

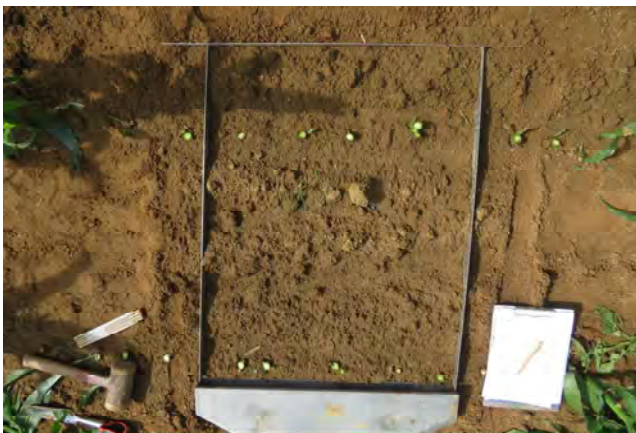
Bij iedere simulatie werd vooraf en na de simulatie een bodemvochtstaal genomen. Gezien de invloed van de simulatie slechts effect had op de bovenste 10 cm van het bodemprofiel, worden de resultaten hier niet vermeld. In Tabel 6 wordt het gravimetrisch en volumetrisch vochtgehalte en de bulkdensiteit van de toplaag (0-5 cm) van het bodemprofiel, voor en na de simulatie weergegeven. Voor deze bepalingen werd gebruik gemaakt van kopecky ringen. Voor de simulatie werd 1 kopeckyring genomen en na de simulatie 3 kopeckyringen. De cijfers in de tabel geven de gemiddelde vochtgehaltenes en bulkdichtheden per situatie. De toplaag is voor de erosiesimulatie in de behandeling LZ duidelijk droger dan bij de andere behandelingen. Vermoedelijk is dit niet gerelateerd aan de bodembewerking, aangezien het vochtgehalte in behandeling P (zelfde bodembewerking als LZ) niet verschilt van deze van S16 en NK2. De verschillen tussen LZ en de andere behandelingen zijn na de erosiesimulaties kleiner. De bulkdensiteit ligt het laagste in NK2.

Tabel 6: Overzicht van het gemiddelde gravimetrisch en volumetrisch vochtgehalte en de bulkdensiteit (\pm standaarddeviatie) van de toplaag (0-5 cm) van het bodemprofiel, voor en na de simulaties voor de herhalingen samen (S16 band, werd gemeten in het bandenspoor).

	Gravimetrisch vochtgehalte (g/g)		Volumetrisch vochtgehalte (g/cm)		Bulkdichtheid (kg/dm)	
	voor	na	voor	na	voor	na
P	0,25 \pm 0,01	0,27 \pm 0,01	0,32 \pm 0,01	0,34 \pm 0,01	1,29 \pm 0,03	1,26 \pm 0,04
NK2	0,24 \pm 0,01	0,28 \pm 0,01	0,29 \pm 0,02	0,34 \pm 0,01	1,19 \pm 0,01	1,20 \pm 0,01
S16	0,26 \pm 0,01	0,29 \pm 0,01	0,33 \pm 0,03	0,37 \pm 0,01	1,28 \pm 0,05	1,27 \pm 0,07
S16 band	0,25 \pm 0,01	0,30 \pm 0,01	0,31 \pm 0,01	0,39 \pm 0,01	1,24 \pm 0,01	1,27 \pm 0,01
LZ	0,21 \pm 0,01	0,27 \pm 0,01	0,26 \pm 0,01	0,33 \pm 0,02	1,24 \pm 0,01	1,21 \pm 0,05

Voor en na de erosiesimulatie waren enkele duidelijke visuele verschillen waar te nemen in de erosieveldjes (Figuur 23). Op Figuur 23 links worden de erosieveldjes voor de erosiesimulatie weergegeven, rechts een beeld aan het einde van de erosiesimulatie. De drempeltjes die gedrukt werden door de kooirol van de

rotoeg bij aanleg van de veldproef, waren nog duidelijk aanwezig in behandelingen P, LZ en NK2 op het moment van de erosiesimulaties. Vooral in de behandelingen P en LZ was dit van belang. Tijdens de beregening trok het water niet snel in de grond en bleef het aan de oppervlakte staan. Na 30 minuten beregening, was 20% of meer van het oppervlak bedekt door plassen. De drempeltjes van de kooirol hielden het water tussen de zaailijnen in zowel P als LZ tegen. In beide behandelingen was de zaaibedbereiding immers in dezelfde richting (zie eerder). Bij ploegen ontstond de runoff voornamelijk uit de zaailijnen en overstromden de drempels van de kooirol niet. Bij zaaien evenwijdig aan de hoogtelijnen ontstond de runoff doordat de drempeltjes van de kooirol uiteindelijk gingen overstromen en aan de zaailijn het dichtst bij de goot.





Figuur 23: Overzichtsfoto van de erosieveldjes voor (links) en na de simulaties (rechts): behandeling P in bovenste rij, behandeling LZ in de 2^e rij, behandeling NK2 in 3^e rij, behandeling S16 in 4^e rij en behandeling S16 in een bandenspoor in de onderste rij.

In NK2 trok het water wel de grond in. Behalve een natter bodemoppervlak, waren voor en na de erosiesimulaties weinig verschillen te merken. In S16 buiten het bandenspoor werden tijdens de erosiesimulaties wel plassen gevormd en dit voornamelijk in de zaailijnen (niet in de tussenstrook). Vanuit de plassen ontstond er soms runoff in de zaailijnen. De zaailijnen lijken bij strip-till dus gevoeliger voor runoff en erosie dan bij NK2. In S16 in het bandenspoor kwam het bodemoppervlak van de tussenstrook (die verzonken was) voor een groot stuk onder water en trok het water helemaal niet in de bodem. Het gros van de neerslag spoelde dan ook gewoon oppervlakkig af. Dit gebeurde dus in contrast met de andere simulaties in strip-till voornamelijk via de tussenstrook en in mindere mate via de zaailijnen.

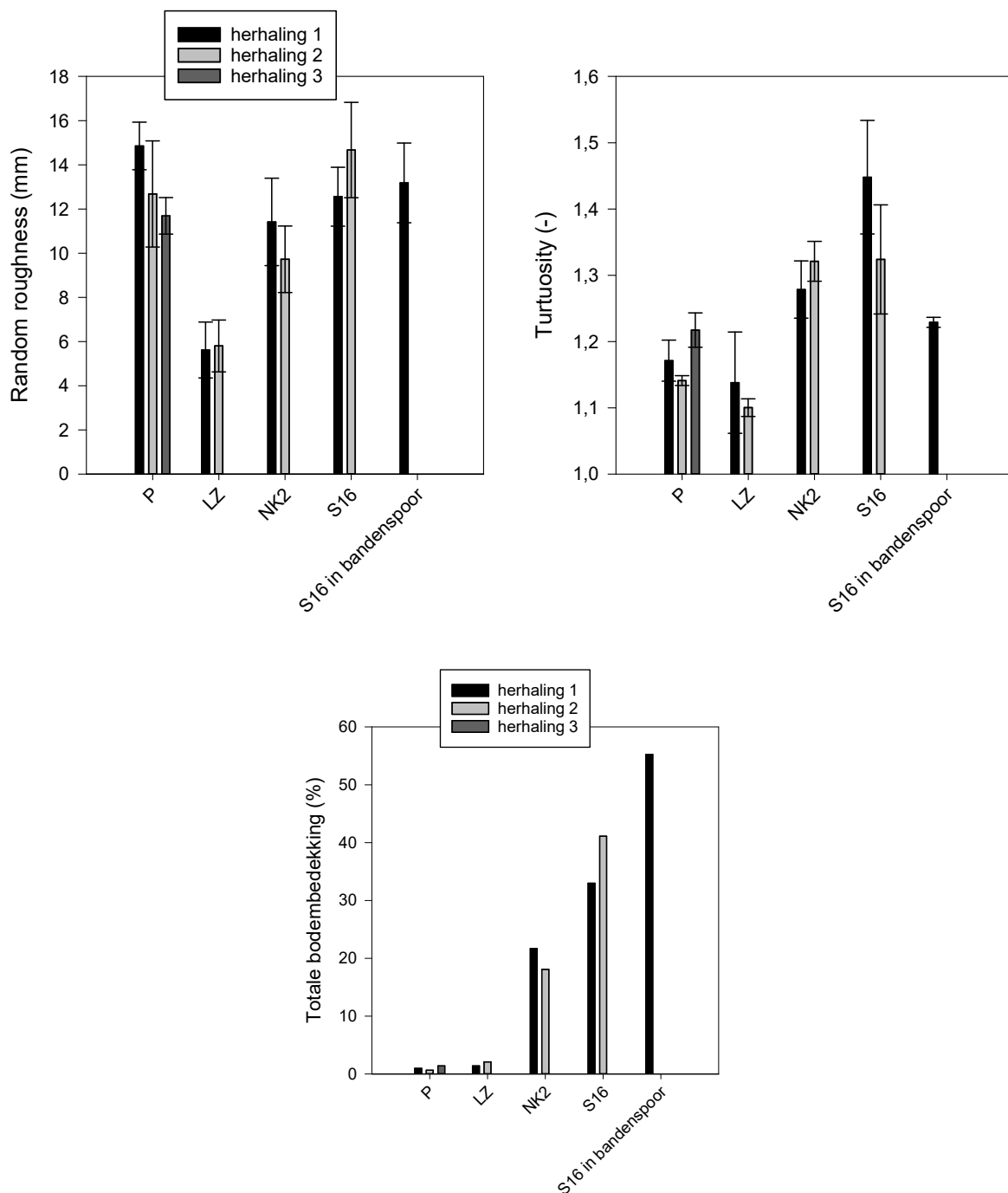
De resultaten van run-off en erosie worden individueel per meting weergegeven in Figuur 25 en Figuur 27. Voor berekening van de run-offcoëfficiënt (% van de neerslag dat oppervlakkig afspoelt) als de totale sedimentproductie, werd de run-off en cumulatieve hoeveelheid sediment bij 30 l/m neerslag genomen, omdat er onderling tussen de erosiesimulaties lichte verschillen in neerslag waren.

1.6.2.1 Bodemruwheid en bodembedekking net voor de erosiesimulaties

De bodembedekking en bodemruwheid (pinmeter KU Leuven, Langhans et al., 2011¹) werd vlak voor de erosiesimulaties opnieuw opgemeten in het veldje waar de erosiesimulatie werd uitgevoerd. Voor de bodemruwheid werden 3 herhalingen gemeten evenwijdig aan de hoogtelijnen (Figuur 24). De random roughness evenwijdig met de hoogtelijnen van behandeling LZ is een heel stuk lager dan de andere

¹ Langhans, C., Govers, G., Diels, J., Leys, A., Clymans, W., Van den Putte, A., Valckx, J., 2011. Experimental rainfall-runoff data: Reconsidering the concept of infiltration capacity. *Journal of Hydrology* 399: 255-262

behandelingen. Dit is omdat de zaaijnen en drempeltjes gedrukt door de kooirol quasi evenwijdig liggen aan de hoogtelijnen.

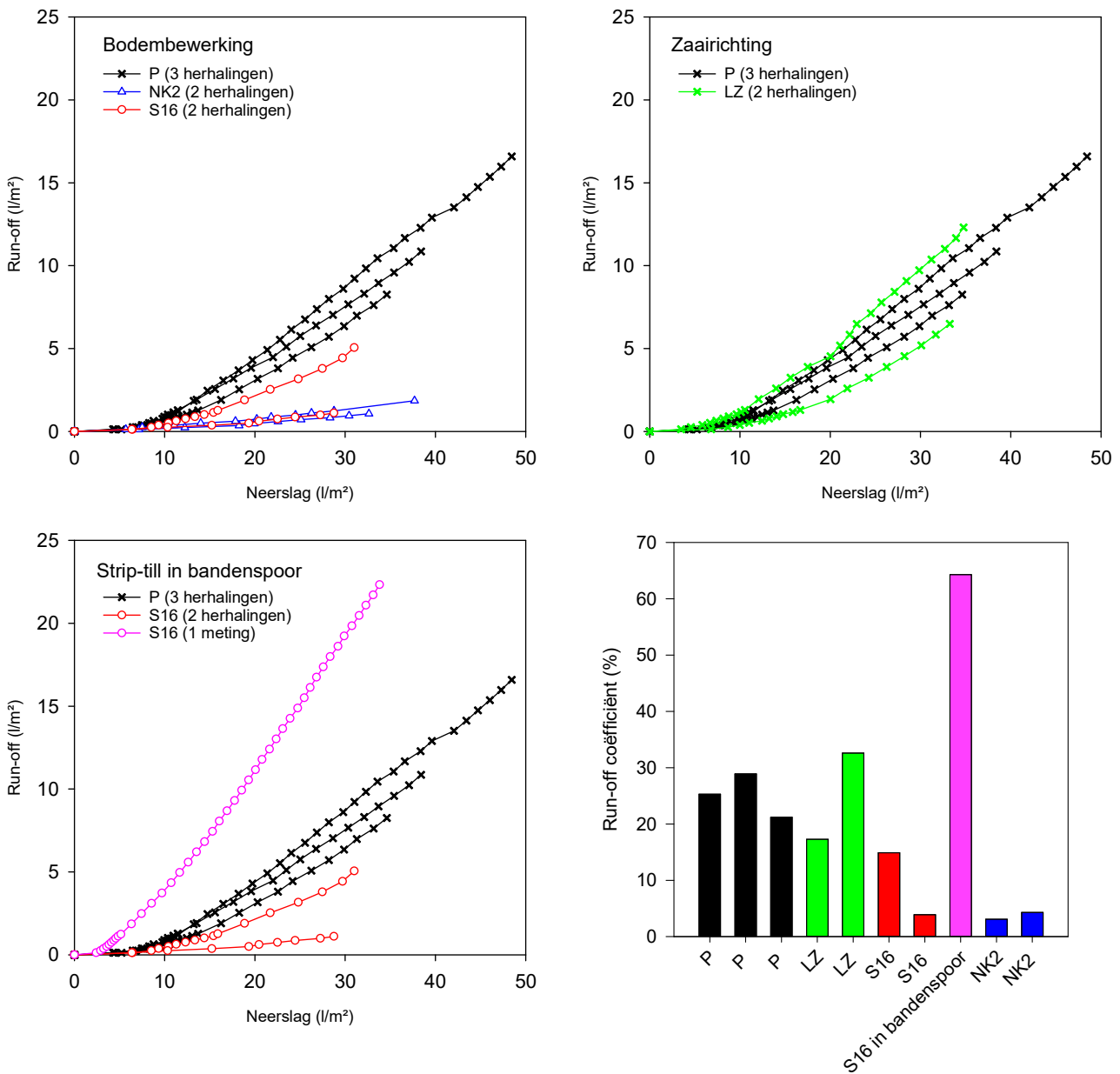


Figuur 24: Random roughness, turtuosity en bodembedekking net voor de erosiesimulaties plaatsvonden in de plot waarop de simulatie werd uitgevoerd. Alle parameters worden per simulatie gerapporteerd.

1.6.2.2 Run-off (Figuur 25)

Wat visueel vastgesteld werd, blijkt ook uit de resultaten van de run-off. In geploegde bodem van behandeling P, stroomde tussen de 20 en 30% van de neerslag oppervlakkig af. Bij de niet-kerende bodembewerking in NK2, was dit nauwelijks 5%. Strip-till (S16) buiten het bandenspoor bevindt zich daar tussenin. Één van de herhalingen resulteert in een run-off vergelijkbaar met de run-off in NK2. De andere herhaling bevindt zich tussen deze van de geploegde behandeling P en behandeling NK2 in. De run-off in een bandenspoor in de strip-tillbehandeling is echter enorm hoog, 60 tot 70% van de neerslag stroomt oppervlakkig af. Het is echter moeilijk om de run-off in een bandenspoor van de strip-tillbehandeling te gaan vergelijken met de run-off buiten een bandenspoor in de geploegde referentiebehandeling P. Hiermee dient rekening gehouden te worden in toekomstige metingen. In de metingen te Bierbeek 2016 werd hier rekening mee gehouden door alle metingen te ontdebelen in een meting in en buiten het bandenspoor.

Bij de visuele beschrijving van erosie in juni 2016 (zie eerder), bleek duidelijk dat er ondanks dezelfde bodembewerking in behandelingen P en LZ, geen run-off en erosie was in LZ, maar wel in P. De vastgestelde erosie in behandeling P, was echter steeds in bandensporen. Buiten de bandensporen was op enige verslemping na geen erosie visueel op te merken in juni 2016. Door de andere oriëntatie (evenwijdig aan de hoogtelijnen) van de bandensporen in LZ, wordt deze erosie voorkomen. Bandensporen werden echter niet meegenomen in de erosiesimulaties. Wel verwachtten we nog steeds een geringere runoff bij LZ omdat ook de zaailijnen hier evenwijdig met de hoogtelijnen lopen en de run-off bij P voornamelijk vanuit de zaailijn (loodrecht op de hoogtelijnen) ontstond tijdens de erosiesimulaties. Dit effect kwam echter niet duidelijk naar voor uit de erosiesimulaties. Dit komt wellicht door de geringe plotgrootte en de bijgevolg belangrijke randeffecten. Ten eerste ontstond er runoff aan de zaailijn dichtst bij de goot terwijl deze runoff in een veldsituatie zou worden tegengehouden door de drempel van de kooirol hellingafwaarts. Ten tweede werden de drempels van de kooirol onderbroken door de inoxplaatjes van de erosieplot waardoor het water minder weg kon. Hierdoor vulde de ruimte tussen de drempels zich gemakkelijker waardoor die kon overstromen. In één van de herhalingen was er ook een helling in de andere richting (3%). Het water tussen de drempels stroomde hierlangs af waardoor de drempels aan de stroomafwaartse kant sneller overstroomden. We kunnen besluiten dat de runoff bij de behandeling LZ door de erosiesimulaties wellicht wordt overschat.

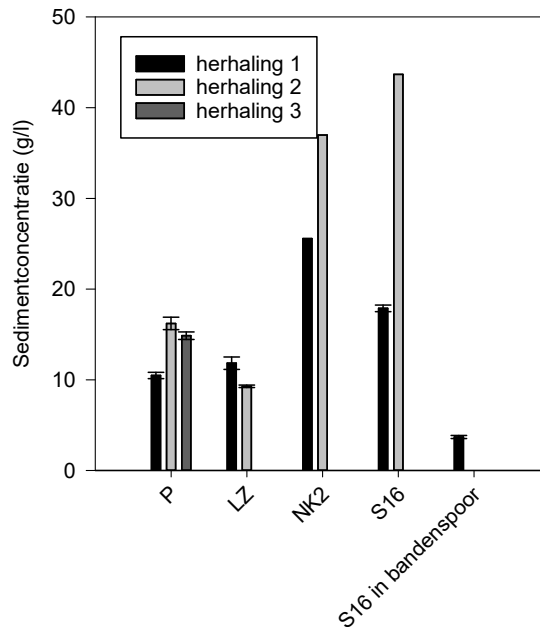


Figuur 25: Verloop van de run-off in functie van de neerslag voor de 3 bodembewerkingstechnieken ploegen, niet-kerende bodembewerking en strip-till (boven links), voor ploegen en daaropvolgend 2 zaairichtingen (boven rechts) en voor de strip-till in en buiten een bandenspoor (onder links) en de totale hoeveelheid run-off uitgedrukt in percentage t.o.v. de totale neerslag tijdens de erosiesimulaties na 30 mm neerslag op 60 min (onder rechts).

1.6.2.3 Sedimentconcentratie (Figuur 26)

In Figuur 26 wordt de sedimentconcentratie van alle simulaties weergegeven. De sedimentconcentratie bij de 2 geploegde behandelingen (P en LZ) ligt lager dan bij de behandelingen NK2 en S16. Dit wijst er op dat de hogere erosie in P en LZ, vooral te wijten was aan een veel grotere run-off dan in NK2 en S16. Dit is nog sterker het geval bij S16 in het bandenspoor. Het regenwater van de erosiesimulatie dringt praktisch niet in de bodem en spoelt voor >60% oppervlakkig af (zie eerder). Het run-offwater heeft hierbij geen hoge

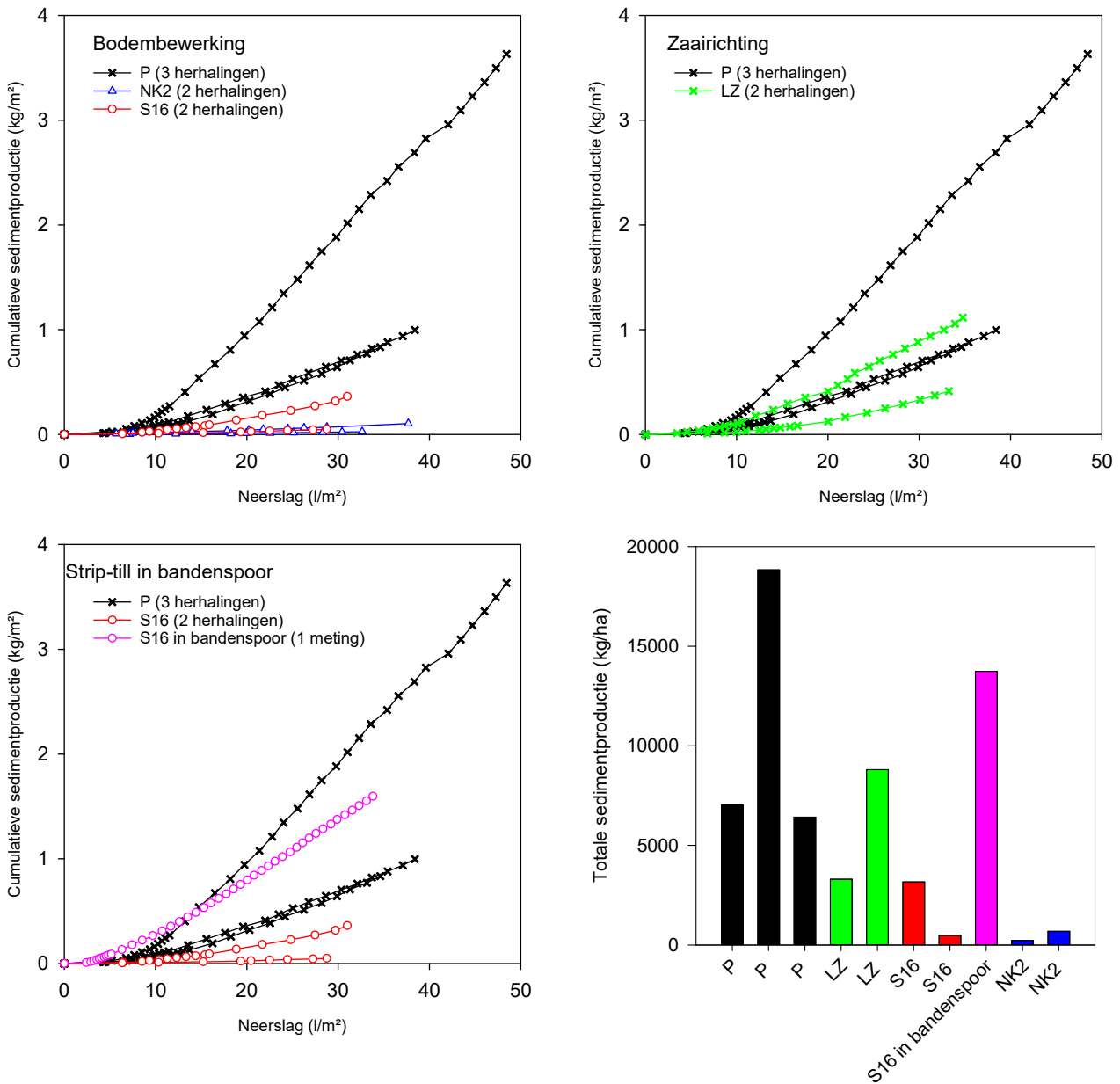
sedimentconcentratie, maar doordat er zoveel water afspoelt, is de uiteindelijke erosie toch hoger dan bij S16 en NK2.



Figuur 26: Overzicht van de gemiddelde sedimentconcentratie in het run-offwater per behandeling en per herhaling.

1.6.2.4 Erosie (Figuur 27)

De resultaten van de cumulatieve sedimentproductie liggen in lijn met de run-off. Ploegen (behandeling P) leidt tot de hoogste hoeveelheid sediment. Merk op dat bij een van de herhalingen in P de totale hoeveelheid sedimentproductie meer dan dubbel zo hoog lag dan in de andere 2 herhalingen, ook al was er nauwelijks verschil in run-off tussen deze herhalingen (zie eerder). Bij niet-kerende bodembewerking was de hoeveelheid sedimentproductie zeer laag (<500 kg/ha). Strip-till (S16) resulteerde in een cumulatieve erosieproductie tussen deze van niet-kerende bodembewerking en ploegen in. Een herhaling leidde tot een hoeveelheid erosie vergelijkbaar met niet-kerende bodembewerking, een andere herhaling leidde tot een hoeveelheid erosie tussen deze van ploegen en niet-kerende bodembewerking in. De hoeveelheid erosie in strip-till is dus sterk afhankelijk van de positie in het veld. De erosiesimulatie die uitgevoerd werd in een bandenspoor van S16 geeft heel duidelijk aan dat ondanks de grote hoeveelheid gewasresten, de erosie in dezelfde grootteorde ligt dan bij ploegen buiten het bandenspoor. Het is echter moeilijk om de erosie in een bandenspoor van de strip-tillbehandeling te gaan vergelijken met de run-off buiten een bandenspoor in de geploegde referentiebehandeling P. Hiermee dient rekening gehouden te worden in toekomstige metingen. In de metingen te Bierbeek 2016 werd hier rekening mee gehouden door alle metingen te ontubbelen in een meting in en buiten het bandenspoor.



Figuur 27: Verloop van de cumulatieve erosie in functie van de neerslag voor de 3 bodembewerkingstechnieken ploegen, niet-kerende bodembewerking en strip-till (boven links), voor de ploegen en daaropvolgend 2 zaairichtingen (boven rechts) en voor de strip-till in en buiten een bandenspoor (onder links) en de totale hoeveelheid sedimentproductie na 30 mm neerslag op 60 min (onder rechts).

Net zoals bij runoff waren er geen duidelijke verschillen tussen P en LZ, maar zoals hierboven beschreven vermoeden we dat de runoff en erosie bij LZ door de erosiesimulaties werd overschat.

1.7 Opbrengstbepaling

Op 12 oktober 2016 werd de opbrengst bepaald van de veldproef. Er werd een opbrengstbepaling verricht in de blokken A, B, C en E. Hiervoor werden in de veldjes van S23, S16, S21 en S21v, 2 rijen over een afstand van 5 m handmatig geoogst door de kolven af te breken. Het ging steeds om de 6^e en 7^e maïsrij van ieder veldje. Dit om randeffecten te voorkomen en eventueel verschil in het afleggen van meststoffen in de rij door de zaaimachine. De 2^e en 3^e rij van elke zaaimachine worden immers gelijk gezaaid in dezelfde werkgang, maar bemest uit een andere kunstmestbak op de zaaimachine. Omdat de veldjes NK1, NK2 en P een grotere oppervlakte hadden werden hier 4 rijen over een afstand van 5 m handmatig geoogst door de kolven af te breken. In deze behandelingen ging het steeds om de 6^e, 7^e, 14^e en 15^e maïsrij van ieder veldje. In behandeling LZ werd geen opbrengstbepaling uitgevoerd. De maïskolven werden stationair gedorst in een Wintersteiger proefvelddorser. Het vochtgehalte werd bepaald door 1 kg maïskorrels 72 uur te drogen in een droogstoof bij 70°C.

Tabel 7: Overzicht van de gemiddelde gewasopbrengst (± standaardfout) per behandeling op 12 oktober 2016. De behandelingen die significant verschillend zijn van elkaar (Tukey HSD, p<0.05) zijn aangeduid met een verschillende letter.

Behandeling	Korrelopbrengst kg/ha	Vochtgehalte %	DS-korrelopbrengst kg DS/ha	korrel/kolf g DS/kolf	Relatieve DS-opbrengst %
P	14 900 a (±89)	29,4 a (±0,2)	10 515 a (±85)	101 a (±1)	Referentie (=100)
NK1	14 958 a (±148)	29,8 ab (±0,1)	10 497 a (±90)	98 a (±1)	99,8
NK2	15 133 a (±68)	30,1 ab (±0,1)	10 572 a (±52)	102 a (±1)	100,5
S23	15 567 a (±375)	29,9 ab (±0,5)	10 922 a (±325)	99 a (±2)	103,9
S16	15 700 a (±210)	31,2 b (±0,3)	10 810 a (±192)	94 a (±2)	102,8
S21	15 200 a (±283)	30,6 ab (±0,4)	10 541 a (±176)	94 a (±1)	100,2
S21v	14 700 a (±185)	30,1 ab (±0,2)	10 276 a (±144)	95 a (±4)	97,7

Het vochtgehalte van de maïskorrels lag kort bij 30%. Het vochtgehalte lag iets lager in de geploegde behandeling dan in de andere behandelingen, maar was enkel significant lager in vergelijking met strip-tillbehandeling S16. Bij de oogstbepaling was visueel zichtbaar dat de maïsplanten droger waren in behandeling P, dan in de andere behandelingen (Tabel 7).

Zowel in de verse als DS-opbrengst werden geen significante verschillen vastgesteld. De DS-opbrengsten lagen heel kort op elkaar en de variatie tussen de blokken was relatief klein. In dit perceel had de behandeling dus duidelijk geen effect op de opbrengst. We vermoeden dat dit te wijten is aan enerzijds de goede condities van het perceel (geen verdichte lagen, chemische bodemvruchtbaarheid goed en een ruime vruchtafwisseling) en anderzijds het feit dat na het voorgaande gewas de bodem in droge omstandigheden werd los gemaakt en dat de groenbemester goed kon ontwikkelen.

1.8 Bodemtoestand op 12 oktober 2016

Bij de opbrengstbepaling werd de bodem in de bouwvoor summier beoordeeld door het graven van een profielput in de behandelingen S21, NK2 en P in blok A tot 30 cm diepte (bouwvoor). Op dit moment was er gedurende een lange periode geen neerslag meer gevallen. Hierdoor was de grond uitgedroogd en relatief hard.

- **Behandeling S21**
De gewasresten van de groenbemester waren grotendeels afgebroken, maar waren toch nog steeds aanwezig op het bodemoppervlak. In het profiel werd duidelijk activiteit van regenwormen vastgesteld (wormengangen en enkele bouwvoorwormen). De bodem in de bewerkte strook verkrumelde mooi, de bodem in de niet bewerkte tussenstroken was echter vrij hard en de grond was scherpblokkig. Ondanks dit laatste, waren duidelijk maïswortels aanwezig in de gehele bouwvoor. De maïswortels konden dus uit de bewerkte strook uitgroeien.
- **Behandeling NK2**
Op het bodemoppervlak waren nog steeds wat gewasresten van de groenbemester terug te vinden, maar dit was minimaal. Net zoals bij strip-till werden wormengangen en enkele bouwvoorwormen teruggevonden. Bij het graven van de profielput viel op dat de grond soms los lag en goed verkrumelde en dan weer hard en scherpblokkige kluiten vertoonde, naargelang diepte en positie in lengte en breedte. Er leek geen verband te zijn met de positie ten opzichte van de maïs. Vermoedelijk is dit nog het effect van de plaats waar de tanden door de grond werden getrokken en waar niet. De volledige bouwvoor was doorworteld.
- **Behandeling P**
De bodem is over het volledige proefiel goed verkrumelbaar. Er werden geen scherpblokkige kluiten opgemerkt. Bouwvoorwormen werden niet teruggevonden. Enkele pakketjes gewasresten van de groenbemester, die nog niet geheel verteerd waren, werden op 20-30 cm diepte teruggevonden. De gehele bouwvoor was goed doorworteld net zoals bij de niet-kerende bodembewerking en de strip-till.

Het is duidelijk dat de bodem nog altijd de sporen draagt van de bodembewerking die in het voorjaar werd uitgevoerd. De doorworteling van de bouwvoor was echter goed in alle behandelingen, waardoor het gewas in alle behandelingen aan voldoende nutriënten kon en een normale groei en ontwikkeling kende. De vraag dient gesteld te worden of de harde niet-bewerkte tussenstrook bij strip-till een probleem vormt voor de wortelgroei. In dit perceel duidelijk niet, maar de structuur van het perceel was dan ook goed. In percelen met een slechtere structuur kan dit mogelijk anders uitdraaien. De meeste niet-bewerkte tussenstroken worden aangereiden met een zwaar drijfmestvat, zonder dat de grond daar nog losgemaakt wordt. Binnen het onderzoek, wordt de éénmalige toepassing van strip-till onderzocht en niet de jaar na jaar toepassing van strip-till, waarbij een hardere bouwvoor mogelijk kan gecompenseerd worden door meer wormengangen waarlangs de maïswortels kunnen groeien.

1.9 Conclusies

Bij aanvang van dit proefveld werden een aantal onderzoeksvragen naar voor geschoven. Op basis van de hierboven beschreven resultaten, wordt getracht een beknopt antwoord te formuleren op deze vragen.

1. In welke mate wordt bodemerosie beperkt door strip-till toe te passen?

Op basis van de erosiesimulaties en de waarnemingen in het veld, blijkt dat de run-off bij strip-till **buiten de bandensporen**, ofwel tussen deze ploegen en niet-kerende bodembewerking in liggen ofwel gelijkaardig zijn aan deze van niet-kerende bodembewerking. De erosie, vastgesteld in de erosiesimulaties volgt dit stramien. Op basis van deze veldproef concluderen we dat het toepassen van strip-till tot een lagere erosie leidt dan ploegen, maar niet beter scoort dan niet-kerende bodembewerking.

Wegens de compactie in de tussenstrook liggen de run-off en erosie **in de bandensporen** veel hoger dan buiten de bandensporen, en zijn vergelijkbaar met deze van buiten de bandensporen bij ploegen. Aangezien geen erosiesimulaties werden verricht in de bandensporen van de geploegde behandeling, kan op basis van deze veldproef echter geen conclusie worden getrokken voor strip-till.

2. Is het zaaien evenwijdig met hoogtelijnen zinvol om erosie te beperken?

De meeste erosie vindt plaats in de bandensporen. Door het oriënteren van de zaailijnen, evenwijdig aan de hoogtelijnen komen de bandensporen ook evenwijdig met de hoogtelijnen te liggen en stroomt geen water meer langs de bandensporen af. Op deze manier is er duidelijk een erosie beperkend effect in de bandensporen. De bandensporen werden echter niet opgenomen in de erosiesimulaties. Een erosiebeperkend effect verwachtten we echter nog steeds in de zaailijnen wanneer deze evenwijdig met de hoogtelijnen zijn aangelegd. Uit de erosiesimulaties bleek immers dat de meeste runoff bij de gewone geploegde behandeling langs die zaailijnen ontstond. Op basis van de erosiesimulaties konden we echter geen effect van de zaairichting op runoff en erosie vaststellen. We vermoeden dat de runoff en erosie bij de zaai evenwijdig met de hoogtelijnen werd overschat omwille van diverse redenen opgelijst in paragraaf 6.2.1.

3. Wat is de ideale bewerkingsdiepte bij strip-till voor korrelmaïs?

Er werden geen groeiverschillen of opbrengstverschillen vastgesteld tussen de behandelingen S16, S21, S21v en S23 waarbij de bodem in strip-till respectievelijk werd bewerkt tot 16, 21, 21 (met extra vleugels aan de tand) en 23 cm diepte. De maïswortels groeiden goed weg uit de bewerkte strook en doorwortelden de volledige bouwvoor. Dit geeft aan dat in een bodem onder goede condities, de werkdiepte (16-23 cm) weinig invloed heeft op de groei van het gewas. Wat wel kan opgemerkt worden, is dat beter dieper dan 16 cm wordt gewerkt, zodat de drijfmest die geïnjecteerd wordt in de bewerkte strook voldoende wordt ingewerkt en niet gedeeltelijk boven aan het oppervlak ligt of in de omgeving van het maïszaad.

4. Wat zijn de technische knelpunten bij een combinatie van drijfmestinjectie en strip-till?

Een aantal knelpunten werden reeds voor aanleg van de proef geopperd en werden ook bevestigd bij de aanleg van deze veldproef: trekkracht, logistiek, bodembewerking met grote GPS-gestuurde machines en de afstemming van zaai en bodembewerking. Het is duidelijk dat in de praktijk enkel voldoende trekkracht zal bereikt worden op hellende percelen indien gewerkt wordt met een zelfrijdend drijfmestvat. Een getrokken of zelfrijdend drijfmestvat is groot en log. Toch dient bij het uitvoeren van de drijfmest de bewerkte strook onmiddellijk op de juiste plaats te liggen voor zaai. Dit vraagt niet alleen een andere manier van denken voor de chauffeur, er moet ook met GPS gewerkt worden en de akkerwende moet breder. Dit kan een probleem vormen voor de vele kleine percelen met onregelmatige vormen in Vlaanderen. De logistiek van drijfmestvervoer naar het veld en het zaaitijdstip vormen zodoende nog een grotere uitdaging. Mestinjectie kan niet lang vooraf, maar dient vlak voor zaai te gebeuren. De zaai dient op een weloverwogen tijdstip te gebeuren na de strip-tillbewerking. Te lang wachten leidt begin mei tot uitgedroogde grote kluiten die een

probleem kunnen vormen bij de zaai. Verfijnen van het zaaibed met een extra bewerking is niet mogelijk. Bodembewerking + mestinjectie en zaai moeten op elkaar afgestemd worden, wat betekent dat de logistiek van drijfmestvervoer van kelder naar veld en eventueel overtanken moeten gelijke tred kunnen houden met de zaai.

5. Zijn er verschillen in bodemtemperatuur, gewasopkomst en onkruiddruk tussen de teelttechnieken?

Er zijn geen verschillen in bodemtemperatuur vastgesteld.

De gewasopkomst was initieel iets lager bij 3 van de 4 strip-tillobjecten. Regelmatig werden hier pleksgewijs ontbrekende maïsplanten vastgesteld, vermoedelijk door het te diep vallen van de zaden, of het onvoldoende bedekken van de zaden met fijne grond. Een aantal van deze zaden kiemden uiteindelijk toch nog.

Ondanks het doodspuiten en vernietigen van de groenbedekker, werden in de strip-tillbehandelingen nog opslagplanten van gele mosterd vastgesteld. Overal werden ook opslagplanten van aardappel vastgesteld, maar deze kwamen in grotere getalen voor in de strip-tillbehandelingen en bij één van de twee types niet-kerende bodembewerking, dan bij ploegen. Van de andere onkruiden werden er iets meer vastgesteld bij strip-till, dan in de andere behandelingen. De onkruiddruk was dus zeker hoger bij de strip-tillbehandeling dan bij de andere behandelingen. Al het onkruid kon bij de herbicidebehandeling wel volledig worden afgedood in alle behandelingen.

6. Is er een opbrengstderving te verwachten bij strip-till? Aan wat is deze te wijten en is deze overbrugbaar?

Op basis van de resultaten in dit proefveld, verwachten we geen opbrengstderving bij de techniek van strip-till. Het slagen van de strip-till techniek steunt hierbij op de goede bodemomstandigheden. Enerzijds werden geen verdichte lagen vastgesteld, was er een goede chemische bodemvruchtbaarheid en een ruime vruchtafwisseling. Anderzijds werd de bodem na oogst van het voorgaande gewas in droge omstandigheden los gemaakt en kon de groenbemester goed ontwikkelen. De omstandigheden waren dan ook positief om met een beperkte bodembewerking, een goede opbrengst te halen.

2 Korrelmaïs Bierbeek: strip-till en niet-kerende bodembewerking

Thijs Vanden Nest en Greet Ruysschaert (ILVO), Nick Ryken en Ann Verdoodt (UGent)

2.1 Doelstelling van de veldproef

Dit proefveld werd aangelegd om de bodemerosie in de technieken van strip-till, niet-kerende bodembewerking en ploegen met elkaar te vergelijken. Daarnaast werd ook aandacht gegeven aan de strip-till teelttechniek in de teelt van korrelmaïs. Bij aanvang van de veldproef werden een aantal onderzoeksvragen vooropgesteld:

1. In welke mate wordt bodemerosie beperkt door strip-till toe te passen?
2. Wat is de ideale bewerkingsdiepte bij strip-till voor korrelmaïs?
3. Is er een teelttechnisch voordeel bij een dubbele strip-tillbewerking (enkele weken voor zaai en vlak voor zaai)?
4. Zijn er verschillen in bodemtemperatuur, gewasopkomst en gewasgroei tussen de teelttechnieken?
5. Is er een opbrengstderving te verwachten bij strip-till? Aan wat is deze te wijten en is deze overbrugbaar?

Op basis van de onderzoeksresultaten, beschreven in dit rapport, wordt bij de conclusies een antwoord geformuleerd voor iedere onderzoeksvraag.

2.2 Beschrijving perceel

2.2.1 Situering landbouwbedrijf

De hoofdzetel van het landbouwbedrijf waar deze veldproef werd aangelegd, is gelegen te Bierbeek. Het gros van de percelen zijn leempercelen in dezelfde geografische streek in en rondom Bierbeek (zowel Vlaams als Waals gewest). Het landbouwbedrijf is gespecialiseerd in de aardappelteelt (industriële aardappelen voor lange bewaring), maar heeft daarnaast ook nog heel wat akkerbouwteelten (wintertarwe, korrelmaïs, suikerbiet) en in beperkte mate erwten en bonen voor industriële verwerking. Sinds 8 jaar worden alle gewassen niet-kerend geteeld. De hoofdbewerking gebeurt hierbij met een Agrisem cultiplot (zie verder). De ploeg wordt uitzonderlijk nog gebruikt bij een veronkruid perceel of bij de teelt van bonen na erwten om ziektes te vermijden. Binnen het bedrijf wordt dikwijls digestaat, papierslib en kippenmest als meststof/bodemverbeteraar aangewend. Als vanggewas/groenbemester wordt dikwijls geopteerd voor gele mosterd. Op andere bedrijven wordt in het kader van EAG, dikwijls gele mosterd gemengd met japanse haver of bladrammenas, maar de landbouwer hier zaait in voorvrucht voor aardappelen steeds gele mosterd in als reïncultuur. De landbouwer vermijdt liefst grasachtigen in de groenbedekkers en had reeds veel negatieve ervaringen met bladrammenas. Wanneer deze laatste overleeft, verdikt de wortel in het voorjaar en geeft dit problemen met opstopping bij het frezen voor net voor het planten de aardappelen.

Binnen de bedrijfsvoering wordt jaarlijks een relatief groot areaal in seizoenspacht bewerkt, uitsluitend voor de teelt van aardappelen. De eigen percelen worden in 2 groepen verdeeld. Op de grote percelen worden suikerbiet, erwt, korrelmaïs of aardappelen geteeld, met in de mate van het mogelijke wintertarwe als tussengewas tussen deze teelten. De volgorde van de teelten staat hierbij niet vast. Op de kleinere en moeilijk bereikbare of slechtere percelen worden geen erwten of aardappelen geteeld en komt korrelmaïs regelmatig in de rotatie voor. Het perceel waar de proef werd aangelegd behoort tot deze laatste percelen.

2.2.2 Bodemkenmerken en bodemverdichting op 2 maart 2016

Regio: Bierbeek

Bodemtextuur: Leem

Bodemkaart: Aba (droge leembodem met textuur B horizont) en Lba1 (droge zandleembodem met textuur B horizont)

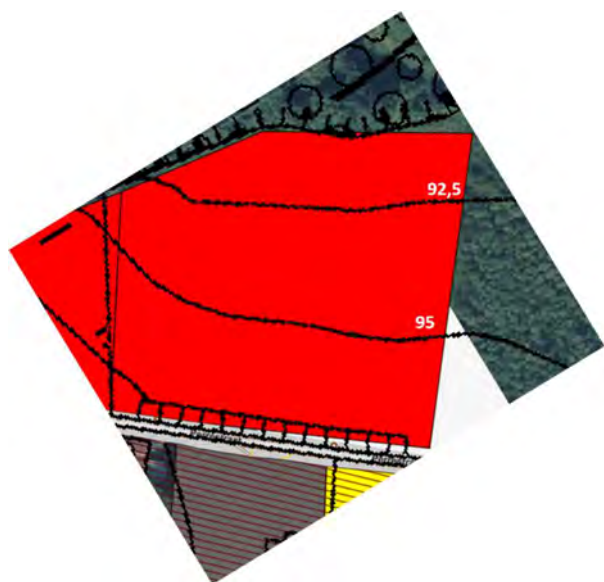
Erosieklasse: Rood

Voorvrucht: Korrelmaïs

Groenbemester/vanggewas: Geen

Helling perceel: 8,3-11,1%

Kaartje hoogtelijnen:



Het perceel waar de veldproef werd uitgevoerd heeft een leemtextuur en is gecatalogeerd als hoog erosiegevoelig perceel (rood). De hellingspercentages staan opgetekend in het proefplan. Op dit perceel werd in 2015 korrelmaïs geteeld. Na de oogst werd de bodem onmiddellijk 2x ondiep bewerkt met een schijveneg. Dit zorgde voor een goede verdeling van het korrelmaïsstro in de bovenste bodemlaag. Gedurende de winter was reeds een groot deel van de gewasresten afgebroken (Figuur 28).



Figuur 28: Toestand van het perceel op 21 januari 2016.

Het perceel werd voor de bodemstaalname en de meting van de indringingsweerstand onderverdeeld in 3 blokken, nl. Aa, Ba en Bb. Na aanleg van de veldproef werd beslist een 4^e blok (Ab) toe te voegen aan de veldproef (zie verder). Hier werden echter geen bodemstalen vooraf genomen.

In Tabel 8 wordt een overzicht gegeven van de chemische bodemtoestand op 2 maart 2016. Omdat het perceel reeds 8 jaar niet-kerend werd bewerkt, werd de bouwvoor in 2 lagen (0-10 en 10-30 cm) onderverdeeld. Uit deze metingen blijkt duidelijk de gelaagdheid van het bodemprofiel. Het koolstofgehalte en de bodemzuurtegraad bevinden zich in de laag 0-10 cm in de streefzone, en liggen lager dan de streefzone in de laag 10-30 cm. De bodemvoorraad aan P, K, Mg en Ca ligt in beide lagen van de bouwvoor in de streefzone of hoger dan de streefzone. K ligt in de bovenste 10 cm zelfs zeer sterk boven de streefzone. Het Na-gehalte ligt lager dan de streefzone.

Tabel 8: Overzicht van de algemene chemische bodemtoestand per blok voor de lagen 0-10 cm en 10-30cm. P, K, Mg, Ca en Na werden gemeten in een ammoniumlactaat-extract. De streefwaarden voor leemgrond werden overgenomen van Maes et al., 2012¹.

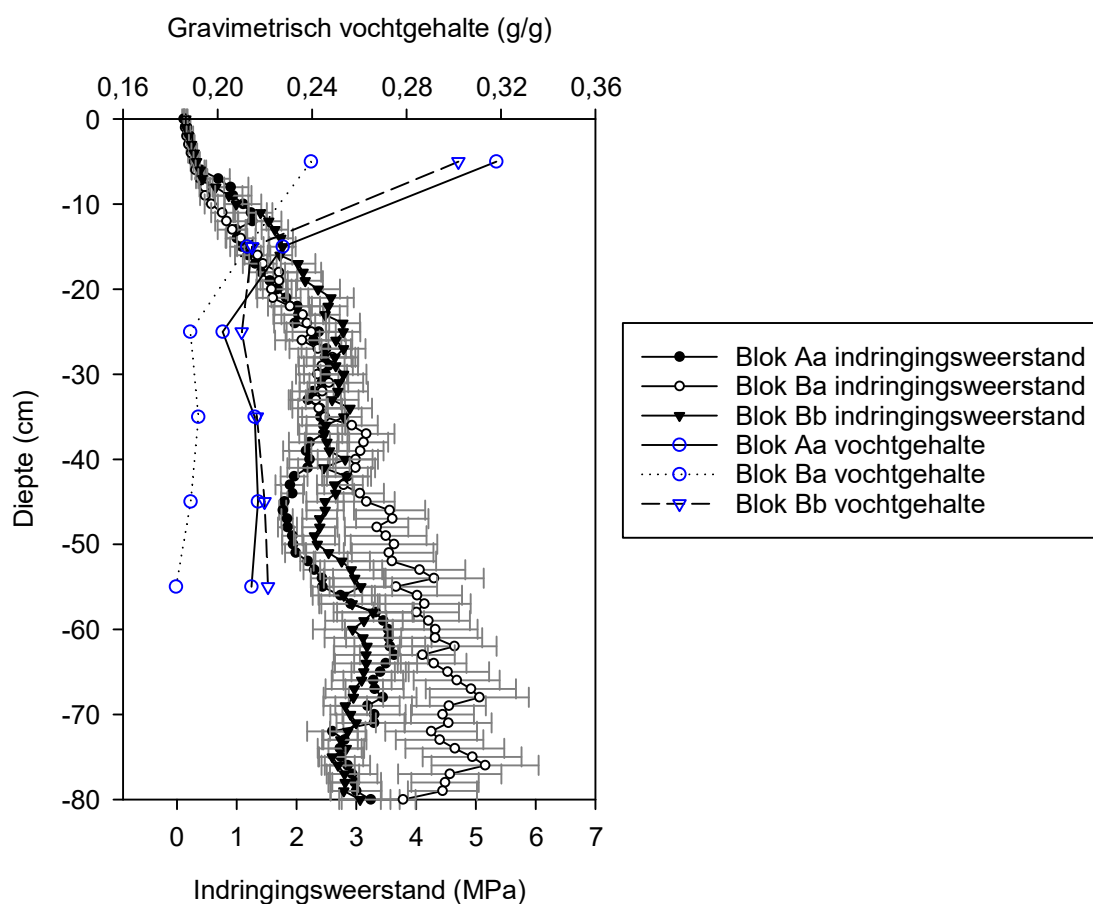
Blok	Minerale N-voorraad (0-60 cm) kg N/ha	Laag cm	C %	pH-KCl	Ntot %	C/N	mg/100g				
							P	K	Mg	Ca	Na
Aa	27	0-10	1,3	7,2	0,12	11	27	40	19	395	< 1,9
		10-30	0,8	6,9	0,08	11	15	22	15	243	2,3
Ba	34	0-10	1,2	7,1	0,11	11	27	38	14	254	< 1,9
		10-30	0,7	6,2	0,07	10	16	24	11	154	2,0
Bb	30	0-10	1,5	7,2	0,12	12	28	40	15	294	< 1,9
		10-30	0,9	6,2	0,08	11	21	26	11	158	2,2
Streefzone		0-23	1,2-1,6	6,7-7,3	-	-	12-18	14-20	9-14	160-350	3,1-6,0

In Figuur 29 wordt de indringingsweerstand per blok weergegeven evenals het gravimetrische bodemvochtgehalte op hetzelfde moment (2 maart 2016). Uit het penetrogram blijkt dat op ongeveer 5 cm diepte de bodemweerstand licht toenam. Dit was ook handmatig te voelen door de staalnemer tijdens de

¹ Maes, S., Elsen, A., Tits, M., Boon, W., Deckers, S., Bries, J., Vogels, N., Vandendriessche, H., 2012, Wegwijs in de bodemvruchtbaarheid van de Belgische akkerbouw- en weilandpercelen (2008-2011), Bodemkundige Dienst van België.

metingen. Vermoedelijk is dit ook de werkdiepte van de schijveneg in het najaar van 2015 geweest. De vochtmetingen geven ook aan dat de bovenste laag van het profiel duidelijk vochtiger was. Mogelijk wordt regenwater meer opgehouden in dit bovenste laagje.

Een klassieke ploegzool werd hier niet meer teruggevonden. Dit werd ook niet verwacht, aangezien de landbouwer reeds 8 jaar niet-kerend de bodem bewerkte tot een diepte net onder de ploegzool. Andere verdichte lagen werden niet opgemerkt. Vanaf 20 cm diepte (tot 80 cm) lag de indringingsweerstand van de blokken Aa en Bb rond de 3 MPa. Voor blok Ba nam de indringingsweerstand vanaf 40 cm diepte verder toe tot 4 tot 5 MPa. Er wordt aangenomen dat wortels moeilijk doorheen een laag kunnen breken als de indringingsweerstand >3MPa bedraagt. Dit geeft aan dat vrij ondiep in het profiel, de bodemweerstand kort ligt tegen de maximaal toelaatbare grens. In de praktijk wordt toch regelmatig gezien dat ook in een laag met indringingsweerstand >3MPa goed beworteld kan worden. Bovendien wordt de indringingsweerstand verticaal gemeten, terwijl wortels ook naar scheuren, wormengangen en andere openingen in het profiel kunnen groeien. Hoewel er geen echte verdichte lagen voorkomen, ligt het bodemprofiel dus vrij hard en neemt de indringingsweerstand best niet verder toe.



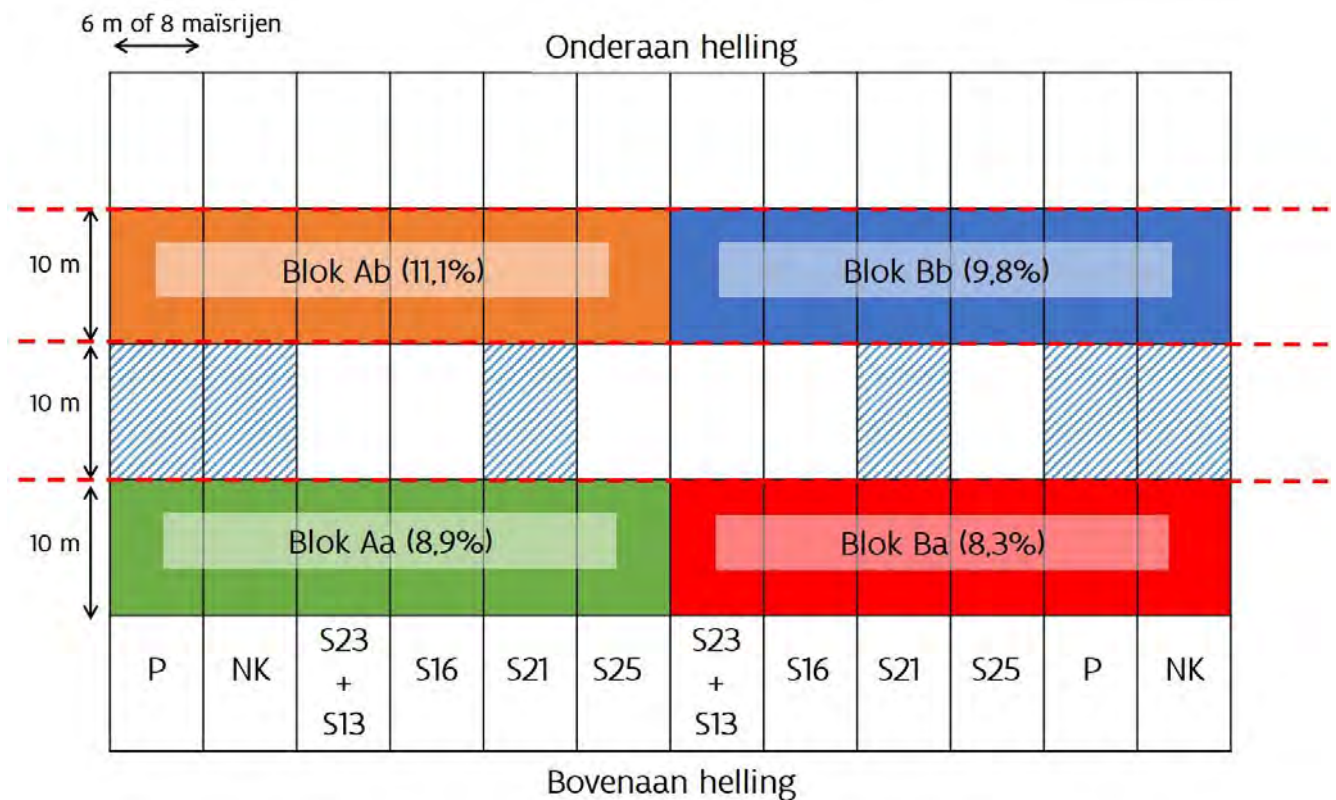
Figuur 29: Indringingsweerstand en gravimetrisch vochtgehalte in de blokken Aa, Ba en Bb van de veldproef. De indringingsweerstand werd gemeten met een penetrolgger (10 steken in kruisverband per blok) tot 80 cm diepte. De grafiek geeft de gemiddelde indringingsweerstand (\pm standaardfout) aan per cm diepte. Het vochtgehalte werd per blok en per laag van 10 cm bepaald.

Op basis van deze metingen wordt gesteld dat de chemische bodemvoedingstoestand in goede conditie is en dat alle nutriënten (op Na na) in voldoende mate aanwezig zijn. De bodemzuurtegraad bevindt zich in of kort bij het pH-optimaal gebied, zodoende dat de nutriënten ook optimaal ter beschikking komen van de plant. Er werden dan wel geen verdichte lagen vastgesteld, vanaf 20 cm diepte lag de indringingsweerstand kort tegen of boven de grens van 3 MPa.

2.3 Beschrijving veldproef

2.3.1 Opbouw en logboek

De veldproef werd aangelegd in stroken. Dwars op de stroken werden voor de waarnemingen 4 blokken gedefinieerd (Aa, Ab, Ba en Bb) voor de opbrengstbepaling en de tussentijdse waarnemingen. De veldjes waar erosiesimulaties werden uitgevoerd zijn gearceerd en bevinden zich tussen de blokken van de andere waarnemingen in (Figuur 30).



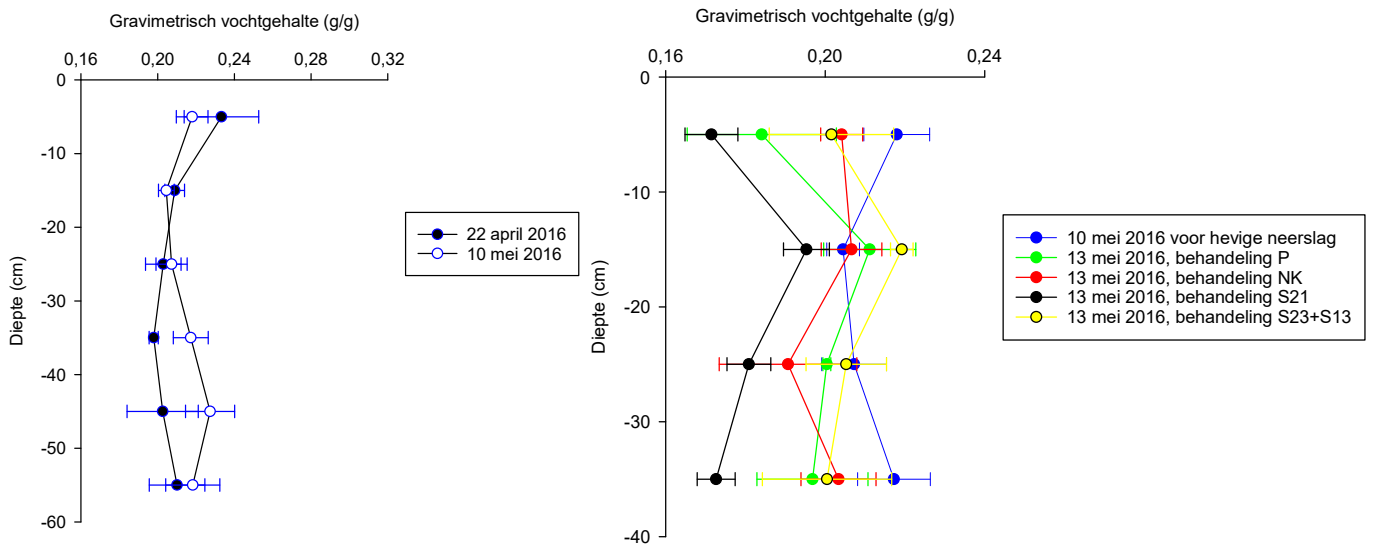
Figuur 30: Proefplan van de veldproef korrelmaïs te Bierbeek, 2016. De proef bestaat uit 12 stroken van 6m. De lettercode geeft de verschillende behandelingen per strook aan. De blokken verwijzen naar de blokken die werden gekozen voor opbrengstbepaling. Het cijfer tussen haakjes bij de bloknaam, geeft het gemiddelde hellingspercentage aan. In de gearceerde veldjes werd een erosiesimulatie uitgevoerd op 7 en 8 juli 2016. De veldjes met erosiesimulaties tussen Blok Aa en Blok Ab, worden ingedeeld bij 'blok A'. De veldjes met erosiesimulaties tussen Blok Ba en Blok Bb, worden ingedeeld bij 'blok B'. De rode stippellijnen geven aan waar de geulen op 24 juni 2016 werden opgemeten.

In Tabel 9 wordt het logboek van de activiteiten in deze veldproef weergegeven. De behandelingen worden verder in de tekst toegelicht onder punt 2.3.2. Op het tijdstip van de eerste bodembewerking in de behandeling S23+S13 (22 april), de hoofdbodembewerkingen in de behandelingen P en NK (10 mei,- nog voor

de hevige neerslag die dag) en de strip-till bewerkingen (13 mei) werd het gravimetrisch vochtgehalte van het bodemprofiel bepaald (Figuur 31). Het gravimetrisch vochtgehalte was op 22 april en 10 mei weinig verschillend van elkaar. Beneden de 25 cm, was dit ook weinig verschillend van het vochtgehalte bepaald op 2 maart (Figuur 29). Over de volledige diepte van het profiel was ook weinig of geen verschil in vochtgehalte waar te nemen (Figuur 31).

Tabel 9: Overzicht van de activiteiten op de veldproef per datum

Datum	Behandeling	Activiteit
22 april	S23+S13	Bodembewerking met strip-tillmachine (23 cm diepte, 6,5 km/u)
10 mei	NK P	Bodembewerking met Agrisem (30-35 cm diepte, 7,5 km/u) Ploegen (30 cm)
13 mei	S23+S13 S16 S21 S25	Bodembewerking met strip-tillmachine (13 cm diepte, 8 km/u) Bodembewerking met strip-tillmachine (16 cm diepte, 7,5 km/u) Bodembewerking met strip-tillmachine (21 cm diepte, 6-7,5 km/u) Bodembewerking met strip-tillmachine (25 cm diepte, 6 km/u)
	Alle	Bemesting met pneumatische strooier: 500 kg/ha 27-0-0 (135 kg N/ha)
	NK en P	Zaaibed klaar leggen met rotoreg (1 passage, 8 cm diepte)
	Alle	Zaaien (ras: LG30.215, zaaidichtheid: 105 000 zaden/ha, diepte 6 cm) Rijbemesting bij zaaien: 200 kg/ha 13-6-26(-2)(-2) (26 kg N/ha, 12 kg P ₂ O ₅ /ha, 52 kg K ₂ O/ha, 4 kg MgO/ha en 4 kg SO ₃ /ha)
22 mei	Alle	Onkruidbestrijding: 1,75 l/ha Andes, 2 l/ha Laudis, 0,35 l/ha Samson 600D
23 mei	Alle	Waarnemingen van bodembedekking, bodemruwheid en bodemtemperatuur
2 juni	Alle	Bestrijding kamille: 20 g Peak/ha
16 juni	Alle	Telling van de gewasopkomst
24 juni	Alle	Opmeting van de geulerosie
7-8 juli	P, NK en S21	Erosiesimulaties
11 oktober	Alle	Opbrengstbepaling



Figuur 31: Gemiddeld gravimetrisch vochtgehalte (\pm standaardfout, $n=3$) in de bodem op het moment dat de hoofdbodembewerkingen werden uitgevoerd. Links: op 22 april en 10 mei voor de hevige neerslag; Rechts: op 10 mei voor de hevige neerslag en op 13 mei.

Na de hoofdbewerking in behandelingen P en NK op 10 mei viel een bui van $\pm 15 \text{ l/m}^2$ op ± 30 min. Hierdoor diende de zaaibedbereiding in P en NK en de bodembewerking in de strip-tillbehandelingen uitgesteld te worden tot 13 mei. Op 13 mei kan het verschil in vochtgehalte tussen S21, NK en P (Figuur 31) als volgt verklaard worden. Bij S21 lag de bodem op 10 mei nog hard en is het regenwater er wellicht voor een stuk afgespoeld. Bij NK en P was het wel in de bodem getrokken, met een hoger vochtgehalte op 13 mei tot gevolg. Bij ploegen ging dit waarschijnlijk sneller en droogde bodem sneller op dan bij NK, waardoor het vochtgehalte in eerste 5-10 cm bij P lager lag dan bij NK. Hoewel de bodem wellicht nog te nat was voor een optimale bewerking en zaaibedbereiding was uitstel niet mogelijk gezien opnieuw regen werd voorspeld en de late zaaidatum. Op 13 mei werd de bouwvoor eveneens aan de hand van een kuil bekeken. Op de plaatsen waar de strip-tillbehandelingen zouden komen, was de bodem vrij vochtig, maar niet plastisch. Sommige kluiten waren vrij vast en verkruiden moeilijk. Soms was een kluit al eens blauwig van binnen, rond onverteerde resten. Bij het graven van de kuil werd ook duidelijk regenwormactiviteit (veel juveniele regenwormen) vastgesteld.

In Tabel 10 wordt een overzicht gegeven van de normale gemiddelde temperatuur (periode 1981-2010) en de normale totale neerslag (1981-2010), en de afwijking die vastgesteld werd in 2016 per maand in de regio Bierbeek. Deze cijfers werden gebaseerd om de maandelijkse verslaggeving van het KMI. Op het proefveld zelf werd geen weerstation geplaatst. Ondanks de aanhoudende regen en de natte omstandigheden van het voorjaar 2016, waardoor meermaals uitstel van de aanleg van de proef noodzakelijk was, blijkt uit Tabel 10, dat de neerslag in april en mei weinig afweek van de normale gemiddelde neerslag. De maand juni was erg nat, met een hoeveelheid neerslag die dubbel zo hoog lag dan normaal. Dit had een belangrijk negatief effect op de jeugdgroei van de maïs. Door de aanhoudende vele regen was de bodem verzadigd en was de wortelontwikkeling slecht of verstikten zelfs wortels. Waarschijnlijk werden hierdoor de nutriënten in de bodem slecht benut. De maïs kende aan het begin van de zomer een achterstand in ontwikkeling. September was dan een droge, warme periode. Hierdoor verliep de afrijping van de maïs plots heel snel en kon reeds

half september op vele plaatsen kuilmaïs worden gehakseld en startte half oktober ook de oogst van korrelmaïs.

Tabel 10: Overzicht van de gemiddelde maandelijkse temperatuur en neerslag in de periode 1981-2010 in de regio van het proefveld en de maandelijkse afwijking hiervan in 2016 in de maanden van aanleg tot oogst van de veldproef (bron: KMI).

Maand	Gemiddelde temperatuur		Gemiddelde neerslag	
	Jaar 2016 (°C)	Afwijking (°C) t.o.v. 1981-2010	Jaar 2016 (mm)	Afwijking (%) t.o.v. 1981-2010
April	8,5-9,0	-0,5	40-50	90-100
Mei	15,0-15,5	1,5	50-60	80-100
Juni	17,0-17,5	1,0	140-160	200-250
Juli	19,0-19,5	1,0	20-40	40-60
Augustus	18,5-18,0	0,5	30-40	60-70
September	18,0-18,5	3,5	5-10	10-15
Oktober	10,0-10,5	-1,0	30-40	40-50

2.3.2 Beschrijving van de behandelingen

2.3.2.1 P: ploegen

In deze behandeling werd de bodem met de klassieke ploeg op 30 cm diepte geploegd. Het viel hierbij op dat de omgeploegde bodem in grove en stijve kluiten uit elkaar viel. De structuur en de bewerkbaarheid van de bodem was dus zeker niet optimaal. Bovendien was de bovengeploegde bodem relatief nat. Bij het ploegen werden op verschillende plaatsen regenwormen, pendelaars (*Lumbricus terrestris*) waargenomen in de ploegvoor. Dit is bijna zeker het positief gevolg van de 8 jaar niet-kerende bodembewerking.

Enkele minuten na ploegen viel een regenbui van 15 l/m op ±30 min. Hierdoor was de pas geploegde bodem zo nat, dat uitstel van meerdere dagen voor zaaibedbereiding noodzakelijk was.



*Figuur 32: De pas omgeploegde bodem (links) en de aanwezigheid van *Lumbricus terrestris* (rechts).*

2.3.2.2 NK: Niet-kerende bodembewerking met Agrisem-cultiplow

Op dezelfde dag als de behandeling met ploegen (Tabel 9), werd de niet-kerende bodembewerking uitgevoerd met een Agrisem-cultiplow (Figuur 33). Deze machine bestaat uit 4 tanden, een buizenrol en 1 rij schijven. De tanden bestaan uit een vlakke plaat die asymmetrisch bevestigd en voorzien zijn van een beitel. Ook deze beitel is asymmetrisch bevestigd. De plaat is verder ook onder 2 hoeken licht gedraaid (zie foto). De diepe tanden werken tot 30-35 cm diepte en heffen de bouwvoor in zijn geheel op en breken de grond

op zonder dat deze wordt gemengd of dat verse grond naar de oppervlakte wordt gebracht. De buizenrol bepaald de diepte en drukt de grond aan. De rij schijven staan zo gepositioneerd dat de gewasresten aan het bodemoppervlak gemengd worden met de grond (max 5 cm diepte).

Bij de bodembewerking viel op, hoe makkelijk de machine kon getrokken worden. Zowel hellingopwaarts als hellingafwaarts werd een snelheid van 7,5 km/u aangehouden, maar de snelheid kon hellingafwaarts wel doorgedreven worden tot 10 km/u. De landbouwer gaf aan dat de machine veel trekkracht vraagt op geploegde percelen (opheffen ploegzool), maar dat de machine heel licht trekt op percelen die reeds meerdere jaren met deze machine worden bewerkt.



Figuur 33: De opbouw van de Agrisem-cultiplow (links boven), detail van de rij schijven (rechts boven) en zicht op het bovenoppervlak na passage van de machine (onderaan).

Deze bodembewerking was ook reeds uitgevoerd, toen de regenbui van 15 l/m² op ± 30min viel.

Het zaaibed werd klaar gelegd met een Amazone rotoreg met zware rubberen rol. Deze rol drukt riebels in de bodem, evenwijdig aan de rijrichting. Gezien loodrecht op de hoogtelijnen wordt gewerkt, geeft dit microreliëf wel een preferentiële pathway waarlangs water oppervlakkig kan afstromen. Het zaaibed was voldoende fijn en goed aangedrukt. Bij deze behandeling kwam in tegenstelling tot bij P (ploegen) nog wel wat gewasresten voor, maar dit was beperkt en bovendien waren deze door de rotoreg fijn gemalen tot relatief kleine stukjes (Figuur 34, zie ook 2.4.1).



Figuur 34: Bodemoppervlak na zaaibed klaar leggen en zaaien bij P (links) en na zaaibed klaarleggen bij NKG (rechts).

2.3.2.3 S23+S13: strip-till in 2 passages (23 cm en 13 cm diepte)

Bij de strip-tillbewerking wordt slechts een strook in 1 enkele passage bewerkt. Dit betekent dat hoofdbewerking en zaaibedbereiding in eenzelfde beweging gebeurt. De grond dient onmiddellijk fijn genoeg te liggen en de bodem in de bewerkte strook krijgt niet de kans om wat op te drogen tussen bodembewerkingen door. Om hieraan tegemoet te komen, werd een behandeling aangelegd met 2 strip-tillbewerkingen. Een eerste strip-tillbewerking op 23 cm diepte, werd uitgevoerd op ongeveer 3 weken voor de zaai. Deze bewerking wordt beschouwd als de hoofdbewerking. De strookjes liggen zo opgewerkt en kunnen gedeeltelijk drogen. 3 weken na uitvoeren van deze bewerking was nog nauwelijks een verschil aan het bodemoppervlak te merken tussen de bewerkte stroken en de tussenstroken (Figuur 35). Er kon enkel opgemerkt worden dat er geen gewasresten meer in de bewerkte strook lagen. Op 13 mei was over het gehele perceel een sterke ontwikkeling van kamille waar te nemen. In de bewerkte stroken van S23+S13 werd geen kamille waargenomen.



Figuur 35: Bodemoppervlak van de veldproef op 13 mei 2016. Links op de foto werd op 22 april 2016 een strip-tillbewerking op 23 cm diepte uitgevoerd. De zwarte lijnen geven 4 bewerkte stroken aan. Rechts op de foto het bodemoppervlak waar nog geen enkele bewerking werd uitgevoerd en een strip-tillbehandeling zou uitgevoerd worden.

Net voor de zaai, werd een tweede ondiepe strip-tillbewerking uitgevoerd op 13 cm diepte (hierbij waren vleugeltjes op de vaste tand gemonteerd). Deze bodembewerking werd dus uitgevoerd na de regenbui van 15 l/m² op 10 mei. De gewasruimers werden ingeklapt zodat geen grond uit de stroken werd geworpen. Deze tweede bewerking zorgde ervoor dat de bodem in de strook opnieuw werd opgewerkt en dat de kluiten in het zaaibed beter verkruiden. De tweede strip-tillbewerking werd uitgevoerd met dezelfde

tractor met John Deere GPS-autosturing als de eerste bodembewerking (John Deere 6105R). Het bewerken van dezelfde strook gaf geen problemen. Vermoedelijk ook omdat de tanden van de strip-tillmachine hun weg naar de eerder bewerkte stroken zoeken.

2.3.2.4 S16, S21, S25: strip-till (op 16 cm, 21 cm en 25 cm diepte)

Het was vooraf niet geweten wat de invloed van de bewerkingsdiepte bij strip-till zou zijn op de ontwikkeling en groei van de maïs. Daarom werd dezelfde strip-tillbewerking uitgevoerd bij meerdere dieptes, nl. 16, 21 en 25 cm (hierbij waren vleugeltjes op de vaste tand gemonteerd). Deze bodembewerking werd uitgevoerd net voor de zaai en dus na de regenbui van 15 l/m² op 10 mei. Hoewel de machine eerst werd getest in de buitenproef en instellingen werden aangepast naargelang de bewerkingsdiepte, was de kwaliteit van de bewerkte strook variabel. Bij alle strip-tillbehandelingen werd duidelijk dat op verschillende plaatsen in de stroken nog te dikke kluiten lagen voor een goed zaaibed. Deze kluiten waren soms ook nog nat en kneedbaar. Dit gaf aan dat de omstandigheden eigenlijk nog iets te nat waren door de regenval van 10 mei. Gezien de late zaai, en de voorspelde regen, kon de zaai echter niet meer worden uitgesteld.

De strip-tillbewerkingen werden uitgevoerd met een John Deere 6105R tractor (125pk) met John Deere GPS autosturing. Deze tractor werd gebruikt omwille van organisatorische redenen, maar had zeker geen overmaat aan vermogen in de behandelingen met diepe bewerkingen S21 en S25.



Figuur 36: Bodembewerking met de strip-tillmachine (links) en de bewerkte stroken van behandeling S25 (rechts)

2.3.3 Bemesting, zaai en herbicidebehandeling

Normaal wendt de landbouwer kippenmest of digestaat aan als basisbemesting voor korrelmaïs, aangevuld met kunstmest. Gezien de mestwetgeving de inwerking van deze producten oplegt, waren kippenmest en/of digestaat geen optie. De bodem in de strip-tillbehandelingen mag immers niet bewerkt worden. Gezien de strip-till in Bierbeek –in tegenstelling tot de andere proefvelden- niet werd uitgevoerd in combinatie met drijfmestinjectie, diende de bemesting volledig mineraal te gebeuren. De maximale gift in de rij werd vooropgesteld met een 13-6-26(-2)(-2) formule. Daarenboven werd met een pneumatische strooier nog 27-0-0(-4) toegediend, waarbij de bovengrens van de N-bemestingsnorm (MAP V) in niet-zandgrond werd vooropgesteld. P en K bemesting werden niet breedwerpig toegediend, aangezien de bodem zeer sterk voorzien was in deze nutriënten in de bouwvoor (Tabel 11).

Tabel 11: Overzicht van de bemesting van de veldproef.

Meststof	N-totaal	N	P-totaal	K-totaal
	kg N/ha	werkzaam kg N/ha	kg P ₂ O ₅ /ha	kg K ₂ O/ha
Minerale N-voorraad (0-60 cm) voorjaar ⁽¹⁾	30	30	-	-
Kunstmest 27-0-0(-4)	135	135	0	0
Rijbemesting 13-6-26(-2)(-2)	40	40	12	52
Efficiëntie van de N-rijbemesting ⁽²⁾		50		
Totaal		215	12	52
N-behoefte ⁽³⁾		210	PK-export ⁽³⁾	75
Balans		+5	-63	+5
Bemestingsnorm niet-zandgrond P-klasse III		150	70	-
Overschrijding norm⁽⁴⁾		25	-58	

(1) Dit is de hoeveelheid die rechtstreeks gemeten werd in het bodemprofiel.

(2) Er wordt aangenomen dat de efficiëntie van rijbemesting 1,25 keer hoger is.

(3) volgens van Dijk, W. en van Geel, W. (2010). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw en vollegrondsgroenetengewassen. WageningenUR, Praktijkonderzoek Plant en omgeving B.V. (Nederland).

(4) = 135+40-150

De N-bemesting werd berekend op basis van de publicatie “van Dijk, W. en van Geel, W. (2010). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw en vollegrondsgroenetengewassen. WageningenUR, Praktijkonderzoek Plant en omgeving B.V. (Nederland).” Op deze wijze werd voldaan aan de N-behoefte, maar werd de bemestingsnorm overschreden. In Tabel 11 wordt ook een verwijzing gegeven naar de PK-export en -balans. Gezien P en K boven de streefzone ligt, kan de strategie aangehouden worden van PK te bemesten overeenkomstig de PK-export. De behoefte aan PK is echter groter doordat de restplant (deel dat niet wordt geoogst) ook nood heeft aan P, maar vooral ook K. De totale opname PK ligt rond de 80 tot 100 kg P₂O₅/ha en 270 kg K₂O/ha.

De zaai werd uitgevoerd met een 4-rijige Kuhn zaaimachine met schijfkouters, aangepast voor proefvelden en met een tractor, uitgerust met een Trimble GPS systeem. Aangezien dit een andere GPS systeem is dan op de tractor die de strip-tilbewerking uitvoerde, betekende dit dat de AB-lijn opnieuw moest uitgezet worden met deze GPS op de bewerkte stroken. Dit werkte goed voor een deel van het perceel. In sommige hoeken van het perceel, was de afwijking van het Trimble GPS systeem echter veel te groot (mogelijk door hoge bomen in de buurt van dat deel van het perceel). Hier diende de chauffeur zelf te sturen, wat onverwacht goed verliep. Er werden geen problemen met de zaaimachine vastgesteld bij de zaai van de strip-tilbehandelingen. Gezien de onderbouw en zaai-elementen dezelfde zijn als bij een klassieke maïszaaimachine met schijfkouters, worden voor andere zaaimachines ook geen problemen verwacht.

Vanaf eind april, was er een sterke ontwikkeling van kamille over het gehele perceel. Door het ploegen of de niet-kerende bodembewerking, gevolgd door zaaibedbereiding werd komaf gemaakt met dit onkruid. In de strip-tilbehandelingen was dit echter niet mogelijk. De korrelmaïs werd voor opkomst behandeld tegen onkruiden op 22 mei. Deze behandeling maakte echter geen komaf met de kamille. Een 2^e behandeling op 2 juni met het product ‘Peak’ was noodzakelijk. Dit product had een 100% werking tegen de kamille.

2.4 Bodembedekking en bodemruwheid (23 mei 2016)

2.4.1 Bodembedekking

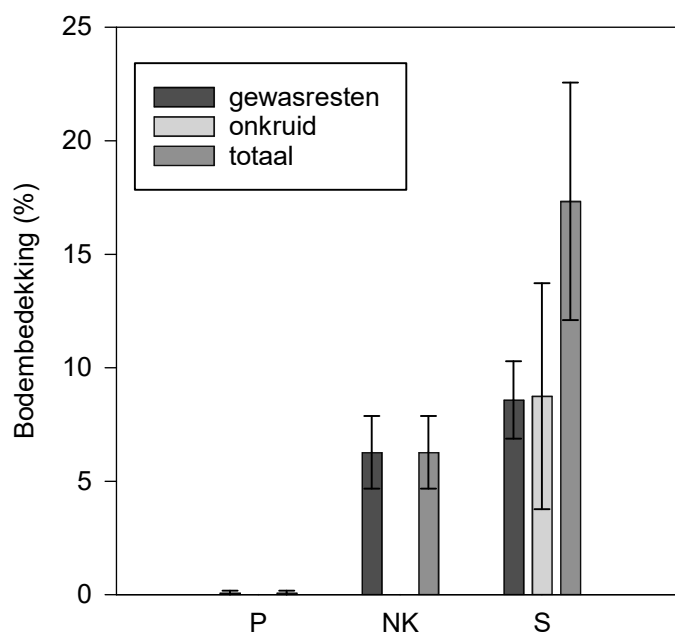
Erosie kan voorkomen worden door het bodemoppervlak voldoende te bedekken met gewasresten die bodemdeeltjes ophouden en de kracht van inslaand en afstromend water temperen. Indien het bodembedekkingspercentage verhoogt is dit dus positief ter voorkoming van erosie.

Na de zaai en voor de opkomst van de korrelmaïs werd de bodembedekking bepaald in de blokken Aa, Ba en Bb. Hierbij werd een foto van 1 m op 1 m genomen van het bodemoppervlak, met behulp van een kader. Op dit kader werden zowel in horizontale als verticale richting om de 5 cm lijnen getrokken. Er werd geteld hoeveel snijpunten tussen een horizontale en verticale lijn samen vallen met een stukje gewasrest of onkruid. Door dit procentueel uit te drukken kan een bedekkingsgraad van het bodemoppervlak worden berekend. Er werd een waarneming gedaan in alle veldjes, maar omdat de behandelingen met strip-till weinig verschillen vertoonden, werden deze van S23+S13, S16, S21 en S25 samen genomen als 'S'. In Figuur 37 wordt van de 3 groepen van behandelingen een voorbeeldfoto gegeven.



Figuur 37: Enkele voorbeelden van de bodembedekking op 23 mei 2016. Links een object van behandeling P (0% bedekking), in het midden object van behandeling NK (5% bedekking) en rechts een object van behandeling S23+S13 (23% bedekking). Het kader in de foto is 1x1m groot.

In Figuur 38 wordt het percentage bodembedekking weergegeven van de verschillende behandelingen. In de geploegde behandeling (P) werden alle gewasresten weggewerkt en was de bodembedekking met gewasresten, dus zoals verwacht, quasi 0%. In de behandeling met niet-kerende bodembewerking (NK) bleven de gewasresten van de korrelmaïs van het seizoen 2015 dan wel bovenaan liggen, het grootste deel werd reeds afgebroken gedurende de winter en het vroege voorjaar. Tijdens de zaaibedbereiding werden de gewasresten verder sterk verkleind. In de behandeling NK was de gemiddelde bodembedekking iets meer dan 5%. In de behandelingen met strip-till (S) bleven de gewasresten onaangeroerd in de tussenrijen liggen. Het bedekkingspercentage bedroeg hier bijna 20%. Het moet echter opgemerkt worden dat 10% van de bodembedekking te wijten was aan kamille die in de tussenrijen groeide. Uiteraard is dit een probleemkruid dat dient vermeden te worden.



Figuur 38: Gemiddelde bodembedekking (\pm standaardfout; $n=3$) voor de geploegde objecten (P) en de objecten met niet-kerende bodembewerking (NK) en strip-till (S).

2.4.2 Bodemruwheid

Naast gewasresten aan het bodemoppervlak kan erosie ook verlaagd worden door het bodemoppervlak ruwer te leggen. Bij een ruwer bodemoppervlak, zorgen de kluiten ervoor dat minder snel verslemping optreedt en regenwater bij volgende buien gewoon oppervlakkig afstroomt. De microkuiltjes in het bodemoppervlak treden ook op als minuscule opvang van afstromend water en sediment en de kluiten breken de kracht van het afstromend water.

De ruwheid van het bodemoppervlak is visueel goed in te schatten, maar een score is niet altijd objectief. Daarom werd hier gebruik gemaakt van een pinmeter (Figuur 39, KU Leuven; Langhals et al., 2011¹¹) en beeldverwerking met het programma ImageJ om de parameters 'random roughness' en 'turtuosity' op te meten. De random roughness is uitgedrukt in mm en geeft aan in welke mate de posities op het bodemoppervlak verticaal van een perfect rechte lijn (gemiddeld) afwijken. De turtuosity heeft geen eenheid en geeft de afstand aan tussen een punt A en een punt B aan het bodemoppervlak indien men het (micro)reliëf van het bodemoppervlak zou volgen, in plaats van in 1 rechte lijn van punt A naar punt B te gaan. Bij een turtuosity van bv. 1,4 en een afstand van 1 m tussen punt A en punt B, zal men 1,4 m moeten afleggen indien het bodemoppervlak wordt gevolgd. Wanneer het bodemoppervlak perfect vlak is, liggen alle zwarte punten op 1 lijn en is er geen ruwheid. De random roughness is dan 0 mm en de turtuosity is gelijk aan 1. Hoe hoger beide waarden, hoe ruwer het oppervlak.

De pinmeter bestaat uit een bord met staafjes die we laten zakken tot het bodemoppervlak. Bovenaan het staafje is een zwart plastic hoesje bevestigd. Door een foto te nemen van de positie van deze zwarte punten op een witte achtergrond en de nodige beeldcorrecties uit te voeren, kan via ImageJ een berekening

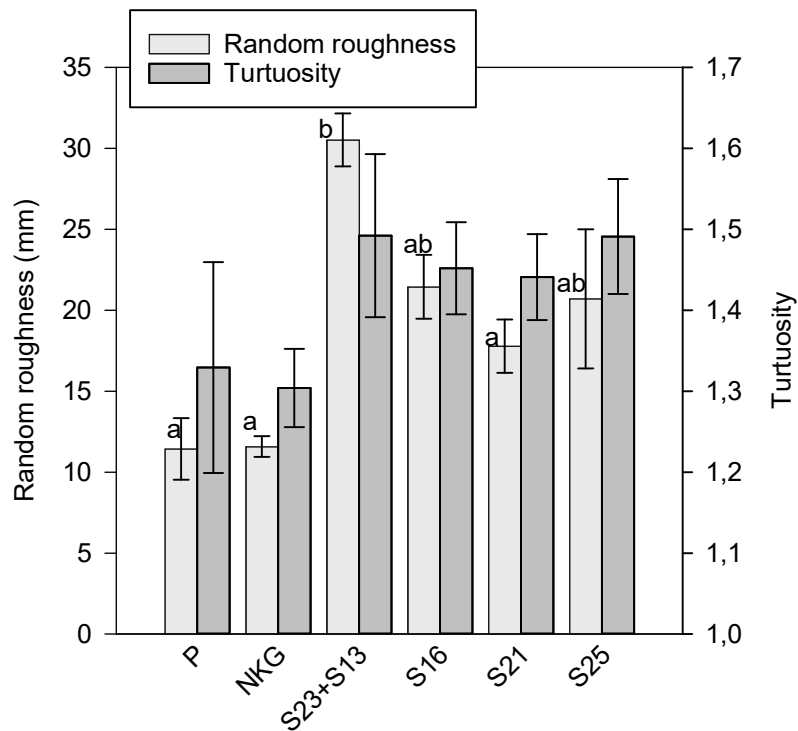
¹¹ Langhans, C., Govers, G., Diels, J., Leys, A., Clymans, W., Van den Putte, A., Valckx, J., 2011. Experimental rainfall-runoff data: Reconsidering the concept of infiltration capacity. *Journal of Hydrology* 399: 255-262

gemaakt worden van de individuele positie van ieder zwart punt en dus ieder punt op het bodemoppervlak ten opzichte van elkaar. Op basis van deze posities worden random roughness en turtuosity uitgerekend.



Figuur 39: Zicht op de pinmeter in behandeling S21, blok Aa.

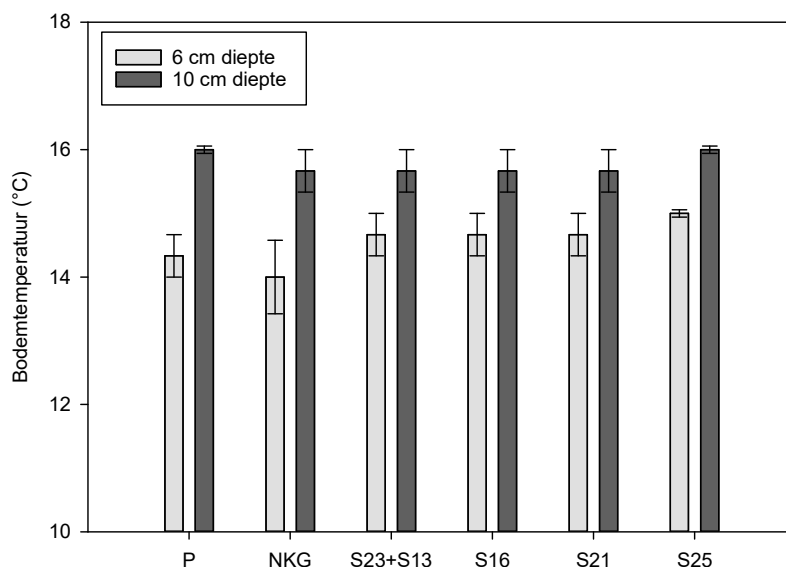
In Figuur 40 wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde *random roughness* en *turtuosity* van het bodemoppervlak per behandeling. Beide parameters werden gemeten in de blokken Aa, Ba en Bb (met 2 herhalingen per behandeling en per blok). Er werden geen significante verschillen in *turtuosity* vastgesteld, maar het is wel duidelijk dat de *turtuosity* hoger is voor alle strip-tillbehandelingen dan voor de behandelingen P en NK. Voor *random roughness* was geen verschil te merken tussen behandelingen P en NK. De zaaibedbereiding met rotoeg en rol, zorgden voor een vlak en verkleind zaaibed. Voor de behandelingen met strip-till was *random roughness* duidelijk hoger dan bij P en NK, maar enkel strip-tillbehandeling S23+S13 was significant verschillend van P en NK. Doordat in S23+S13 de bodem in de stroken 2 keer werd bewerkt, was de strook soms iets lager gelegen dan de tussenstrook links en rechts. Dit kan zijn effect op de metingen hebben gehad. In de strip-tillbehandelingen werd in de tussenstrook sinds het najaar 2015 geen bewerking meer uitgevoerd. De ruwheid van het bodemoppervlak toen is dus voor een stuk bewaard in de tussenstroken.



Figuur 40: Gemiddelde random roughness (\pm standaardfout; $n=6$) en gemiddelde turtuosity (\pm standaardfout) na zaai op 23 mei van de 6 behandelingen. De significante verschillen in random roughness worden aangegeven met een verschillende letter (Tukey HSD, $p < 0,05$). Er waren geen significante verschillen in turtuosity.

2.4.3 Bodemtemperatuur

Dikwijls wordt aangehaald dat door de bodembewerking te wijzigen, de bodem langer koud blijft of net sneller gaat opwarmen. Door het ploegen wordt bijvoorbeeld veel lucht in de grond gebracht en kan de temperatuur sneller toenemen, wat een positief effect heeft op de kieming en jeugdgroei van het gewas. Om dit summier in kaart te brengen werd de temperatuur op zaaidiepte (6 cm) en iets dieper (10 cm) opgemeten op 23 mei 2016 (omgevingstemperatuur 11°C) in de zaailijn op 2 posities per blok, in de blokken Aa, Ba en Bb. Op dit moment kwam de maïs net nog niet boven. Uit deze metingen blijkt dat er geen significante verschillen op te merken waren tussen de behandelingen, en dit op beide dieptes.

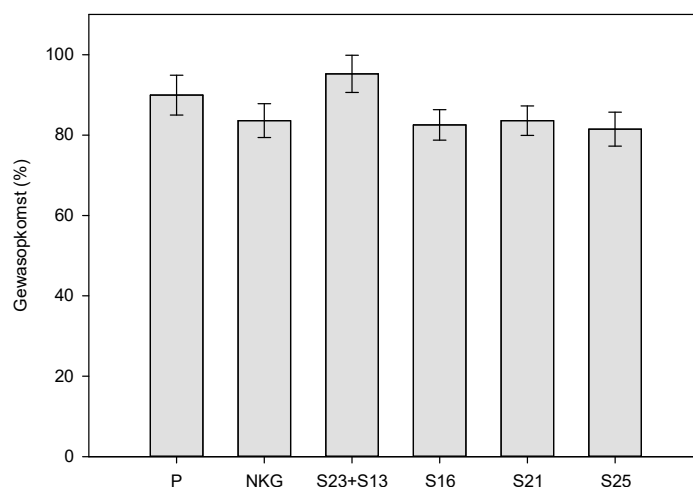


Figuur 41: De gemiddelde bodemtemperatuur (\pm standaardfout; $n=6$) gemeten in de zaailijn van de maïs op zaaidiepte (6 cm) en onder zaaidiepte (10 cm) per behandeling op 23 mei 2016. Het gewas kwam op dit moment net nog niet boven. De buitentemperatuur bedroeg 11°C. Er werden geen significante verschillen tussen de behandelingen vastgesteld.

2.5 Gewas in jeugdfase

2.5.1 Gewasopkomst (16 juni 2016)

Voor de opkomstbepaling werd het aantal planten geteld over een afstand van 2 m van 2 rijen maïs van een verschillende zaai-kouter. Deze tellingen werden uitgevoerd voor alle behandelingen, en dit in de blokken Aa, Ba en Bb van de proef. De gemiddelde opkomst schommelde tussen de 81% en de 95% en was dus relatief laag (Figuur 42). Er werden geen significante verschillen vastgesteld tussen de behandelingen, maar er kan wel aangegeven worden dat de hoogste opkomst werd bereikt bij behandeling S23+S13 (95%), gevolgd door behandeling P (90%). De andere behandelingen schommelden tussen 81 en 84% opkomst.



Figuur 42: De gemiddelde gewasopkomst (\pm standaardfout, $n=6$) per behandeling op 16 juni 2016.. Het gewas bevond zich in het 5^e tot 6^e bladstadium. Er werden geen significante verschillen tussen de behandelingen vastgesteld.

2.5.2 Toestand van het gewas op 24 juni 2016

Op 24 juni 2016 werd visueel duidelijk waargenomen dat de maïsplanten een relatief slechte ontwikkeling kenden, vermoedelijk het gevolg van de overmatige hoeveelheid neerslag in de maand juni (zie eerder). De gewasstand was echter ook beïnvloed door de behandelingen. Daarom werd op deze datum een score gegeven aan de gewasstand. Elk veldje (behandeling x blok = 4 herhalingen) kreeg tweemaal een score. Éénmaal beoordeeld van onderaan de plot en éénmaal beoordeeld van bovenaan de plot. Een score van 1-4 werd vooraf gedefinieerd (Tabel 12).

De gewasstand was duidelijk het beste in de geploegde behandeling (P), gevolgd door de niet-kerende (NK) en alle strip-tillbehandelingen. In de behandelingen P en NK, werd geen slakkenschade vastgesteld. De stand van het gewas bij P en NK was gelijkaardig, maar de planten vertoonden een lichter groene kleur bij NK dan bij P. Bij de behandelingen met strip-till waren wel wat verschillen in slakkenschade onderling, maar de planten in de strip-tillbehandelingen waren allen duidelijk kleiner, met een kleiner blad dan de planten in de behandelingen P en NK.

Tabel 12: Gemiddelde score (\pm standaardfout, $n=8$) van de gewasstand op 24 juni 2016. Behandelingen aangeduid met rode letters zijn significant verschillend van elkaar (Kruskal-Wallis test, $p<0.05$). De beschrijving van de scores staat onderaan de tabel.

Behandeling	Score
P	3,50 ($\pm 0,29$)
NKG	3,00 ($\pm 0,01$)
S23+S13	1,88 ($\pm 0,13$)
S16	1,75 ($\pm 0,48$)
S21	2,13 ($\pm 0,32$)
S25	1,50 ($\pm 0,21$)

Score	Beschrijving
1	Abnormaal kleine maïsplanten of maïsplanten met een abnormaal dunne stengel. Lichtgroene bladkleur. Gewasschade (slakken).
2	Abnormaal kleine maïsplanten of maïsplanten met een abnormaal dunne stengel. Lichtgroene bladkleur. Geen gewasschade.
3	Normaal gevormde maïsplanten. Lichtgroene bladkleur. Geen gewasschade.
4	Normaal gevormde maïsplanten. Diepgroene bladkleur. Geen gewasschade.



Figuur 43: Foto's van de gewasstand op 24 juni 2016. Behandeling P (links), behandeling NK (midden), behandeling S21 (rechtsboven) en een detailfoto van slakenschade in S21 (onderaan rechts).

2.6 Erosie

2.6.1 Beschrijving van de toestand op 16 juni 2016

Op 16 juni werd als gevolg van de grote hoeveelheden neerslag, de eerste erosie vastgesteld. In de **bandensporen** van het zaaien en de herbicidenbehandeling, kon duidelijk run-off vastgesteld worden in alle behandelingen. In de behandelingen met strip-till (S) en niet-kerende bodembewerking (NK), stroomde enkel water oppervlakkig af. In de geploegde behandeling (P) vond ook erosie plaats. Soms was dit in het veldje zelf slechts beperkt zichtbaar, maar soms waren al geulen in de bandensporen gevormd. Onderaan de helling van de geploegde behandeling was er duidelijk sediment afgezet. Er dient wel opgemerkt te worden dat de maïsplanter die gebruikt wordt, niet voorzien is van sporenwissers. Doordat de compactie niet (gedeeltelijk) wordt opgeheven ontstaat hier dus mogelijk sneller erosie.

Buiten de bandensporen, was de bodem door de vele neerslag zowel in behandeling P als behandeling NK grotendeels dichtgeslagen. Bij het zaaiklaar leggen werd een rotoreg gebruikt met een rubber rol die de grond sterk aandrukte en ribbels vormde evenwijdig aan de rijrichting en daarmee dus ook loodrecht op de hoogtelijnen. Ondanks de ongunstige richting van de rol voor run-off en erosie en dat de grond duidelijk meer verslemt was tussen deze ribbels dan bovenop de ribbels, werd buiten de bandensporen geen erosie vastgesteld onderaan de behandelingen P en NK. Ook in de behandelingen met strip-till werd geen erosie vastgesteld. De bodem was ook minder dichtgeslagen dan bij behandeling P en NK. Waarschijnlijk het gevolg van het ruwere bodemoppervlak en de aanwezigheid van meer gewasresten (zie eerder).



Figuur 44: Overzicht van de behandelingen P (boven links), NK (boven rechts) en één van de strip-tillbehandelingen (onderaan) op 16 juni 2016, foto's van onderaan de helling.

2.6.2 Opmeting van geulerosie op 24 juni 2016

Door aanhoudende regen in de maand juni, ontstonden op verschillende plekken in het proefveld erosiegeulen. Deze geulen werden opgemeten op 24 juni 2016. De erosiegeulen werden volgens volgend protocol opgemeten. Loodrecht op de behandelingen werden op 3 plaatsen landdraad gespannen. Deze 3 plaatsen staan aangeduid met rode stippellijn in Figuur 30. Op de plaatsen waar de landdraad een erosiegeul kruiste, werd de diepte, breedte en lengte van de geul opgemeten. Voor iedere behandeling, werd per blok zo het volume grond ingeschat dat in de geulen weg erodeerde. Het volume werd per behandeling en per blok samengeteld en op basis van de oppervlakte van het veldje en een vaste arbitrair gekozen bulkdensiteit (1,4 kg/dm³) omgerekend naar een hoeveelheid geulerosie in kilogram per oppervlakte-eenheid. In Tabel 13 wordt deze erosie weergegeven, evenals het aantal geulen dat werd gedetecteerd per veldje.

Tabel 13: Overzicht van de hoeveelheid weggeërodeerde bodem via geulerosie op 24 juni 2016 per opgemeten strook. De hoeveelheid erosie wordt berekend door het volume grond dat uit de geul werd verplaatst te vermenigvuldigen met een vooropgestelde bulkdensiteit van 1,4 kg/dm³. De totale hoeveelheid sediment van 1 strook werd samengeteld en omgezet naar kilogram per oppervlakte-eenheid. In de tabel wordt ook het aantal gedetecteerde geulen aangegeven. Geulen in een bandenspoor bevinden zich in het bandenspoor van de tractor die de zaaibewerking uitvoerde, geulen langsheen de maïsrij ontstaan door stemflow en volgen de maïsrij helling afwaarts, andere geulen bevinden zich op plaatsen die geen contact maken met bandensporen of maïsrijen.

	Blok A						Blok B					
	P	NK	S23+S13	S16	S21	S25	S23+S13	S16	S21	S25	P	NK
Geulerosie (kg/m ²)	5,33	0,02	0	0,14	0	0	0,30	0	0	0	1,66	0,50
Geulen in bandenspoor (aantal/veldje)	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2
Geulen in maïsrij (aantal/veldje)	4	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0
Andere geulen (aantal/veldje)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

De meeste erosiegeulen ontstonden zoals verwacht in de bandensporen van de tractor die gebruikt werd om de maïs te zaaien. Aangezien er in iedere strook precies 4 bandensporen lagen, was het aantal bandensporen gelijk verdeeld over de behandelingen. Ook in de bandensporen van de tractor die gebruikt werd voor de 2 herbicidebehandelingen ontstonden soms erosiegeulen. Deze laatste bandensporen waren echter niet gelijk verdeeld over de behandelingen. Omdat de geulerosie in deze bandensporen van de herbicidenbehandeling niet vergeleken kan worden tussen de behandelingen, werd deze erosie niet in rekening gebracht bij de berekening van de totale geulerosie per behandeling en per blok. Wanneer een bandenspoor van het zaaien samenviel met een bandenspoor van de herbicidenbehandeling, werd dit wel in opgenomen in de meting van de geulerosie.

Zowel in blok A, als in blok B, vond de meeste geulerosie plaats in de geploegde behandeling P (Tabel 13). Het is opvallend dat de geulerosie voor behandeling P in blok A, >3x hoger ligt dan in blok B. In de meeste strip-tillbehandelingen vond geen geulerosie plaats. In blok A-S16 en blok B-S23+S13 was toch een beperkte hoeveelheid geulerosie, die vergelijkbaar was met de erosie in de NK-behandelingen. Zowel in de behandelingen P als NK ontstaat de erosie meestal in een bandenspoor. Al zijn er in blok A, in behandeling P ook buiten de bandensporen geulen gevormd (zie Figuur 45). In de strip-tillbehandelingen ontstaat de geulerosie daarentegen meestal in de maïsrij. Door de hardere grond in de tussenrijen bij de strip-tillbehandelingen op het moment van zaaien, liggen de bandensporen bijna niet dieper dan de omgevende bodem in tegenstelling tot bij P en NK. Het water kan zich dus hier minder verzamelen dan bij de P en NK. Bovendien zijn de tussenstroken bij de strip-tillbehandelingen meer bedekt met gewasresten.



Figuur 45: Zicht op de erosiegeulen bij behandeling P (bovenaan), blootliggende maïswortels in behandeling P (onderaan links) en blootliggende maïswortels in behandeling S23+S13 (onderaan rechts).

Naast de typische geulerosie werd op meerdere plaatsen ook heel lokale erosie vastgesteld in de maïsrij die niet kon opgemeten worden. De bodemdeeltjes spoelden heel lokaal weg, om vervolgens enkele tientallen centimeters helling afwaarts te sedimenteren in dezelfde maïsrij. Op de plaatsen waar de bodemdeeltjes wegspoelden kwamen dikwijls ook maïswortels bloot te liggen. Dit werd vastgesteld in zowel de geploegde behandelingen P als in een aantal van de behandelingen met strip-till, maar niet de in de behandelingen

NK. Het minder voorkomen van erosie in de zaailijnen van NK kan wellicht verklaard worden door het meer voorkomen van gewasresten in deze zaailijnen, in tegenstelling tot ploegen en de strip-tillbehandelingen.

2.6.3 Erosiesimulaties op 7-8 juli 2016

Om het effect van de behandelingen op run-off en erosie objectief te testen, werden op 7 en 8 juli 2016 erosiesimulaties uitgevoerd met de simulator van UGent (Vermang, 2012¹; Figuur 46). Er werden in totaal 6 simulaties uitgevoerd: behandelingen P, NK en S21 zowel in blok A als in blok B. In Figuur 30 is aangeduid waar de simulaties in het proefveld precies plaatsvonden. Voor iedere simulatie werd een erosieplot van 10 m (5 m langsheen de helling en 2 m breed) afgebakend. De plots omvatten in de breedte 3 maïsrijen, waarbij de middelste maïsrij zich in het midden van de plot bevond. Om het effect van een bandenspoor te kunnen onderscheiden bij deze erosiesimulaties, werden de plots in 2 gelijke subplots verdeeld, waarbij de middelste maïsrij steeds werd ingedeeld in de subplot zonder bandenspoor. De run-off en erosie werden van beide subplots gescheiden van elkaar opgevangen. Omdat de maïsplanten reeds te groot waren om het effect van de bodembewerking op de erosie te kunnen bepalen, werden de maïsplanten tot gelijk met het bodemoppervlak afgeknipt. Tijdens de erosiesimulaties werd gedurende 20 minuten beregend aan een gemiddelde intensiteit van 157 l/m².h. Deze beregening gebeurde met regenwater (leidingwater of putwater bevat dikwijls teveel kalk die het bodemoppervlak stabiliseert). Tijdens het beregenen werd de run-off per tijdseenheid opgetekend. Door telkens ook een staal te nemen voor sedimentconcentratie, kon ook de cumulatieve hoeveelheid erosie worden bepaald. Zowel run-off als cumulatieve erosie werden uitgezet tegen hoeveelheid neerslag (zie verder), omdat op deze wijze rekening wordt gehouden met de lichte schommelingen in neerslagintensiteit tussen de simulaties onderling.



Figuur 46: Zicht op de erosiesimulator van UGent.

Bij iedere simulatie werd vooraf en na de simulatie een bodemvochtstaal genomen. Gezien de invloed van de simulatie slechts effect had op de bovenste 10 cm van het bodemprofiel, worden de resultaten hier niet vermeld. In Tabel 11 wordt het gravimetrisch en volumetrisch vochtgehalte en de bulkdichtheid van de top laag (0-5 cm) van het bodemprofiel, voor en na de simulatie weergegeven voor de blokken A en B samen. Voor deze bepalingen werd gebruik gemaakt van Kopecky ringen. De top laag is voor de erosiesimulatie in de behandeling P duidelijk droger dan bij NK en S21. Tijdens de simulaties is de toename in vochtgehalte

¹ Vermang, J. (2012). Erosion processes and physical quality of loamy soils as affected by reduced tillage. Ghent University. Faculty of Bioscience Engineering, Ghent, Belgium.

voor de 3 behandelingen gelijk. De bulkdensiteit voor de simulatie is nagenoeg gelijk tussen de behandelingen. Tijdens de erosiesimulatie is er een lichte toename van de bulkdensiteit in behandeling P, maar dit verschil is klein in vergelijking met de fout die op de meting zit.

Het organisch koolstofgehalte (OC) van de toplaag (0-5cm) was vrij heterogeen over het perceel. In blok A was dat voor NK en strip-till een stuk hoger dan voor blok B. Gezien dit perceel al een 8-tal jaar niet-kerend wordt bewerkt is er gelaagdheid ontstaan van het OC-gehalte (zie ook Tabel 8). Door het ploegen kwam de koolstofarmere onderlaag van de bouwvoor aan het oppervlak te liggen (Tabel 14).

Tabel 14: Overzicht van het gemiddelde gravimetrisch en volumetrisch vochtgehalte, de bulkdensiteit (\pm standaardfout) en organisch koolstofgehalte (OC) van de toplaag (0-5 cm) van de bodem. De eerste drie parameters zijn opgemeten voor en na de simulatie voor de blokken A en B samen.

	Gravimetrisch vochtgehalte (g/g)		Volumetrisch vochtgehalte (g/cm ³)		Bulkdichtheid (kg/dm ³)		%OC (0-5cm)	
	voor	na	voor	na	voor	na	Blok A	Blok B
P	0,18 \pm 0,01	0,24 \pm 0,01	0,24 \pm 0,01	0,33 \pm 0,01	1,34 \pm 0,06	1,39 \pm 0,03	0,87	1,04
NK	0,21 \pm 0,02	0,28 \pm 0,02	0,28 \pm 0,01	0,37 \pm 0,01	1,36 \pm 0,09	1,33 \pm 0,05	1,70	0,94
S21	0,20 \pm 0,02	0,28 \pm 0,02	0,27 \pm 0,01	0,37 \pm 0,01	1,34 \pm 0,08	1,33 \pm 0,03	1,74	1,3

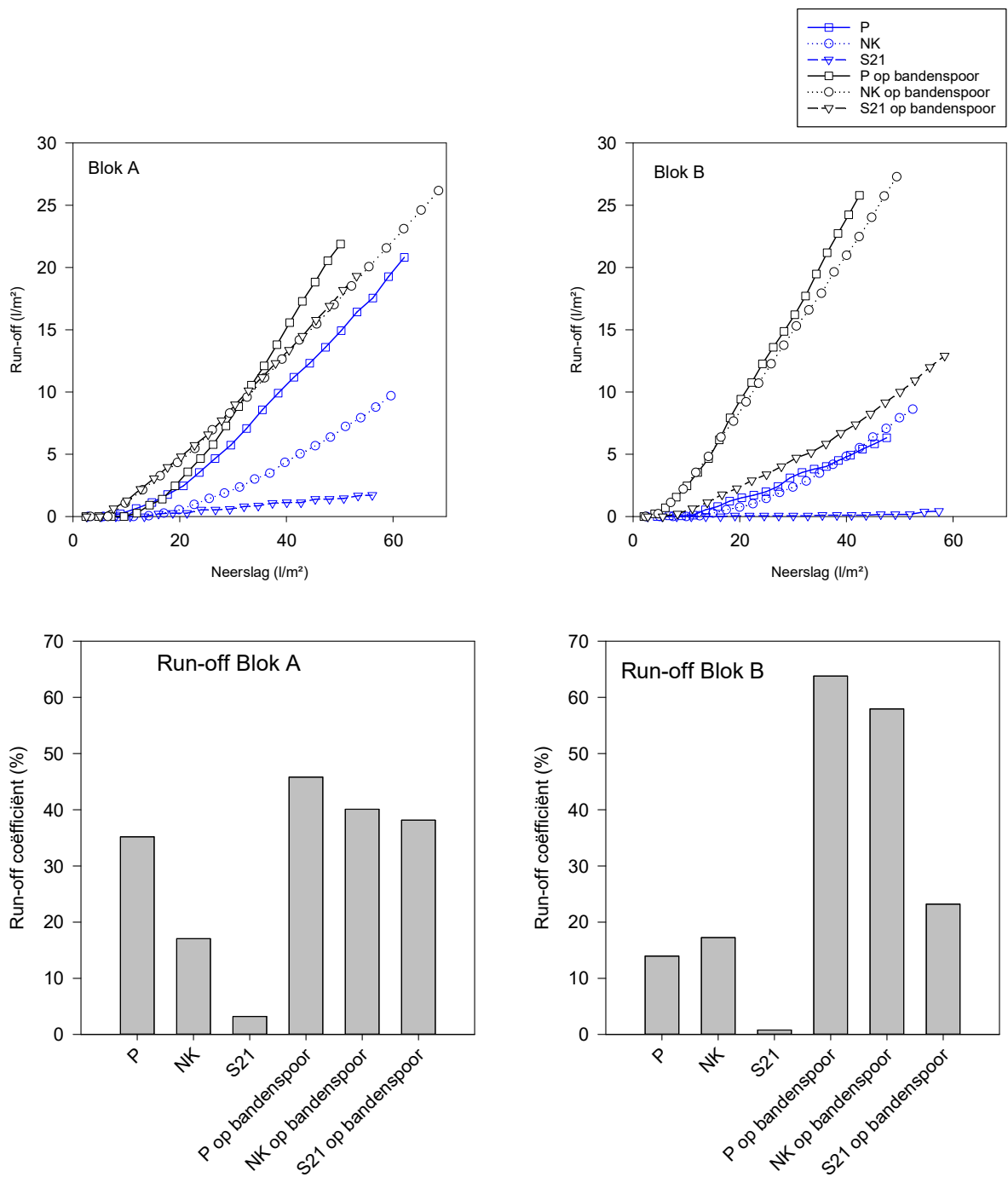
De resultaten van run-off en erosie worden per meting weergegeven in Figuur 47 en Figuur 48.

2.6.3.1 Run-off

In blok A ligt het verloop van de run-off voor P, NK en S21 in het bandenspoor kort bij elkaar. Iets minder dan 40% van de neerslag spoelt in deze omstandigheden oppervlakkig af. De run-off coëfficiënt is een heel stuk lager in NK (<20%) en S21 (<5%) buiten de bandensporen, maar niet bij ploegen.

In blok B is een sterk onderscheid merkbaar tussen de run-off in P en NK, die praktisch samenvallen, en de veel lagere run-off in S21. Dit is zowel het geval in de bandensporen als buiten de bandensporen. Zoals verwacht is de run-off in de bandensporen veel hoger dan buiten de bandensporen. De onderlinge verhouding tussen de behandelingen, blijft zowel in als buiten de bandensporen dezelfde.

De run-off **buiten het bandenspoor** is dus steeds het laagste bij strip-till. Afhankelijk van de positie in het veld ligt de run-off **buiten het bandenspoor** bij ploegen en bij niet-kerende bodembewerking ofwel op hetzelfde niveau, ofwel ligt deze van niet-kerende bodembewerking tussen deze van ploegen en strip-till in. **In het bandenspoor** is geen verschil in run-off tussen ploegen en niet-kerende bodembewerking. Afhankelijk van de positie in het veld, kan de run-off **in het bandenspoor** wel een stuk lager liggen in de strip-tillbehandeling dan in de geploegde behandeling of de behandeling met niet-kerende bodembewerking.

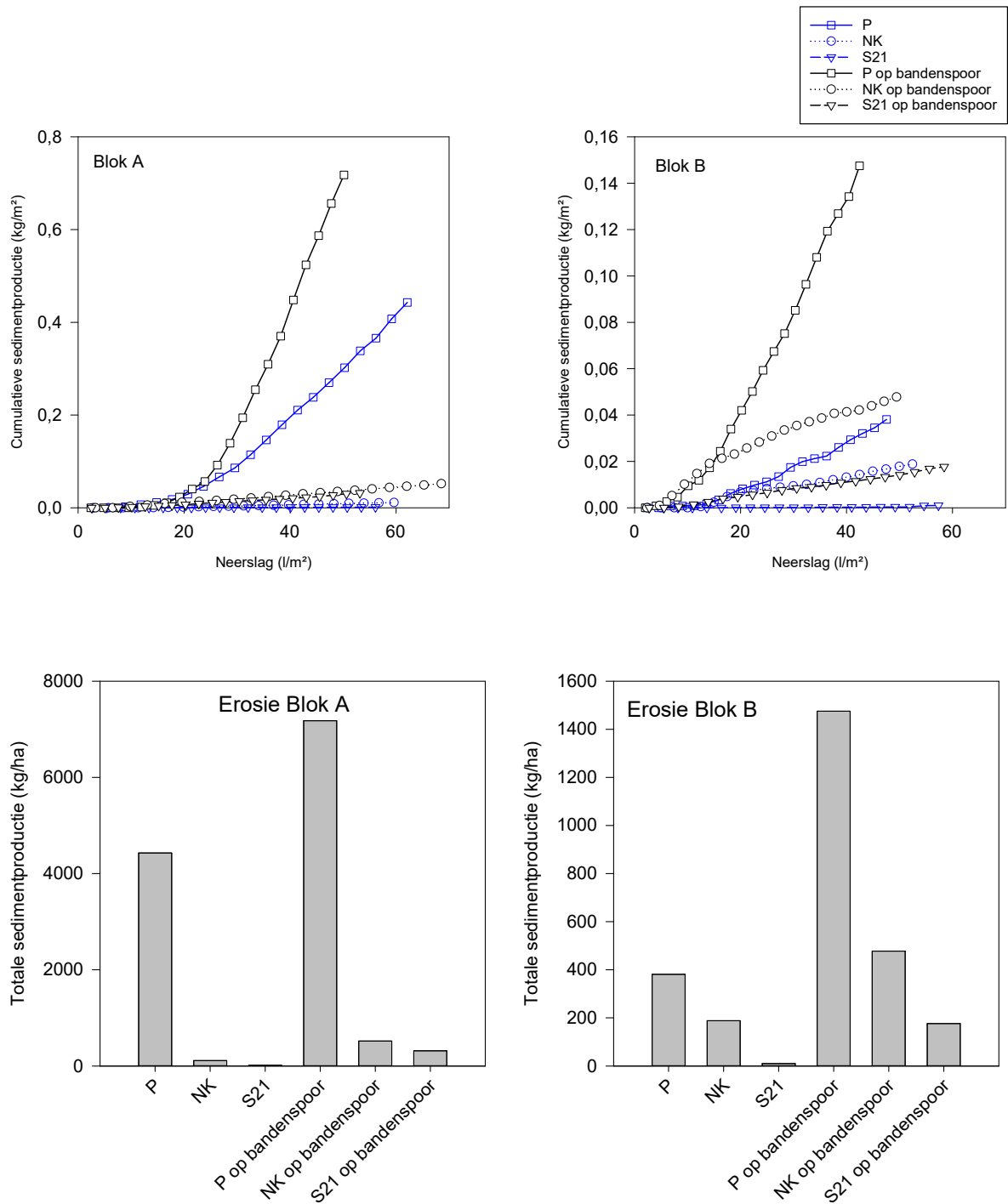


Figuur 47: Verloop van de run-off in functie van de neerslag (boven) en de totale hoeveelheid run-off uitgedrukt in percentage t.o.v. de totale neerslag tijdens de erosiesimulaties (onder).

2.6.3.2 Erosie

Er zitten duidelijk schommelingen in erosie tussen blok A en blok B en tussen erosie in en buiten het bandenspoor. Het is echter opvallend dat in alle omstandigheden de volgorde van de behandelingen steeds

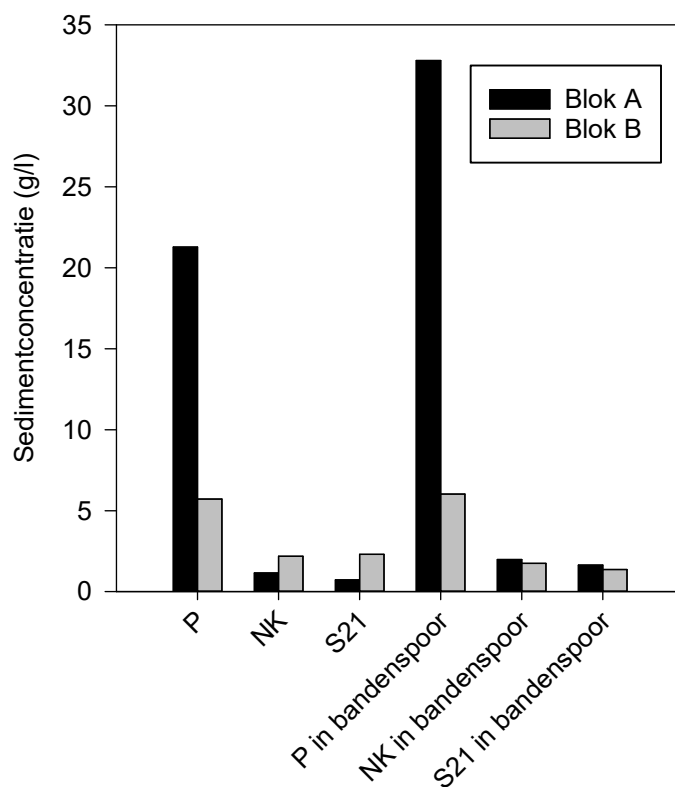
bewaard blijft: P>NK>S21. Door niet-kerende bodembewerking toe te passen wordt de erosie minstens gehalveerd ten opzichte van ploegen. Door strip-till te gaan toepassen neemt de cumulatieve erosie verder af dan bij niet-kerende bodembewerking. Het bijkomstig erosieverlagend effect van strip-till ten opzichte van niet-kerende bodembewerking is echter beperkt.



Figuur 48: Verloop van de erosie in functie van de neerslag (boven) en de totale hoeveelheid erosie geproduceerd tijdens de erosiesimulatie (onder).

2.6.3.3 Sedimentconcentratie (Figuur 49)

In Figuur 49 wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde sedimentconcentratie van het run-offwater. Hier is opnieuw duidelijk te zien dat er een invloed is van de positie in het veld (blok A versus blok B). Dit is vooral het geval voor behandeling P. In zowel blok A als blok B is te zien dat de sedimentconcentratie voor de behandelingen NK en S21 bijna samenvallen en steeds minder dan de helft zijn van de sedimentconcentratie in behandeling P. Dit is zowel het geval in de bandensporen als daarbuiten. De belading van het run-offwater met sediment is dus weinig verschillend tussen behandeling NK en S21. Dit betekent dat de totale hoeveelheid erosie hier wordt bepaald door de hoeveelheid water die oppervlakkig afstroomt.



Figuur 49: Overzicht van de gemiddelde sedimentconcentratie in het run-off water per behandeling, per blok en met een onderscheid tussen in en buiten het bandenspoor.

2.7 Opbrengstbepaling

Op 11 oktober 2016 werd de opbrengst bepaald van de veldproef. Hiervoor werden per veldje (behandeling x blok = 4 herhalingen), 2 rijen over een afstand van 5 m handmatig geoogst door de kolven af te breken. Het ging steeds om de 2^e en 3^e maïsrij van ieder veldje. Dit om randeffecten te voorkomen en eventueel verschil in het afleggen van meststoffen in de rij door de zaaimachine. De 2^e en 3^e rij worden immers gelijk gezaaid in dezelfde werkgang, maar bemest uit een andere kunstmestbak op de zaaimachine. De maïskolven werden stationair gedorst in een Wintersteiger proefvelddorser. Het vochtgehalte werd bepaald door 1 kg maïskorrels 72 uur te drogen in een droogstoof bij 70°C.

Tabel 15: Overzicht van de gemiddelde gewasopbrengst (\pm standaardfout; $n=4$) per behandeling op 11 oktober 2016. De behandelingen die significant verschillend zijn van elkaar (Tukey HSD, $p<0.05$) zijn aangeduid met een verschillende letter.

Behandeling	Korrelopbrengst kg/ha	Vochtgehalte %	DS-korrelopbrengst kg DS/ha	korrel/kolf g DS/kolf	Relatieve DS-opbrengst %
P	12 920 a (± 978)	28,7 a ($\pm 2,0$)	9 248 a (± 872)	99 ab (± 5)	Referentie (=100)
NKG	11 893 ab (± 868)	30,3 a ($\pm 1,1$)	8 270 ab (± 522)	95 ab (± 2)	89,4
S23+S13	10 887 ab (± 428)	30,1 a ($\pm 0,7$)	7 598 ab (± 234)	86 b (± 1)	82,2
S16	9 420 b (± 575)	29,3 a ($\pm 1,1$)	6 668 b (± 444)	82 b (± 3)	72,1
S21	10 027 b (± 402)	28,7 a ($\pm 0,6$)	7 149 b (± 296)	93 ab (± 3)	77,3
S25	10 147 ab (± 987)	27,7 a ($\pm 0,8$)	7 323 ab (± 663)	107 a (± 11)	79,2

Het vochtgehalte van de maïskorrels lag kort bij 30%. Aangezien er geen significante verschillen waren in vochtgehalte tussen de behandelingen, bleven de onderlinge verschillen in verse korrelopbrengst bewaard bij de omgerekende DS-opbrengst (Tabel 15).

De geploegde behandeling P, leidde tot de hoogste DS-opbrengst, gevolgd door de behandeling met niet-kerende bodembewerking (NK) die >10% lager lag (Tabel 15). Op basis van de gewasstand op 24 juni (zie eerder), kon dit verwacht worden, doch op het moment van de opbrengstbepaling was het verschil in gewasstand tussen behandelingen P en NK, niet meer visueel merkbaar.

In de behandelingen met strip-till, stond de maïs bij opbrengstbepaling nog steeds een heel stuk kleiner dan de maïs in de behandelingen P en NK; soms kleiner dan 1,75 m. De korrelopbrengst per kolf was echter slechts in beperkte mate lager dan deze in de behandelingen P en NK, zodat er naar totale DS-korrelopbrengst nog een beperkte compensatie was in de strip-tillbehandelingen. De behandeling S25 springt hier uit, door een korrelopbrengst per kolf die groter is dan bij alle andere behandelingen.

Alle behandelingen met strip-tillbodembewerking (S23+S13, S16, S21, S25) doen het duidelijk een heel stuk slechter in de DS-korrelopbrengst. De opbrengst varieert tussen 72 en 82% van de referentie. Gezien de beperkte winstmarge in korrelmaïs, een ontoelaatbare opbrengstderving. Op basis van de resultaten kan men aannemen dat de opbrengst in strip-till stijgt met toenemende bewerkingsdiepte $S16 < S21 < S25$. Een tweede bodembewerking met 3 weken tussen, zorgde ook voor een bijkomende opbrengststijging in het strip-tillsysteem. Op basis van de vaststellingen in de profielputten op datum van oogst (zie verder), is er het vermoeden dat de opbrengst in strip-till verbeterde door een diepere bewerking omdat het bewortelbare volume hierdoor toenam. De ruimte tussen de bewerkte stroken was immers zo goed als niet beworteld.

Ondanks het feit dat dit perceel reeds 8 jaar niet-kerend werd bewerkt en dat er positieve kenmerken op de bodemkwaliteit waren vast te stellen voor aanvang van de proef, was de opbrengst door het niet-kerend bewerken verder te zetten of strip-till te initiëren, duidelijk lager dan bij ploegen. Het ziet er naar uit dat de grond te hard lag en daardoor slecht beworteld werd. De grond was vermoedelijk zo hard als gevolg van het telen van ook korrelmaïs in het voorgaande seizoen. De grond kon dus in het voorgaande seizoen niet losgemaakt worden na de oogst van de korrelmaïs noch door een (diepe) bodembewerking, noch door

het telen van een groenbemester. De niet-kerende bodembewerking en de positieve effecten ervan op bv. aanwezigheid van regenwormen, was onvoldoende om te compenseren voor de harde bodem. De overmatige neerslag van juni 2016 heeft dit effect vermoedelijk nog versterkt.

2.8 Bodemtoestand op 11 oktober 2016

Bij de opbrengstbepaling werd de bodem in de bouwvoor summier beoordeeld door het graven van een kuil in de behandelingen P, NK en S21 in blok Ba tot 30 cm diepte (bouwvoor). Op dat moment was er gedurende een lange periode geen neerslag meer gevallen. Hierdoor was de grond uitgedroogd en hard.

- **Behandeling P**
De bodem is relatief hard over de volledige diepte, maar op 20 cm diepte bevindt zich een zeer harde laag. Er wordt geen activiteit van regenwormen vastgesteld. Maïswortels zitten verspreid over de volledige diepte van de bouwvoor en de volledige breedte tussen de maïsrijen.
- **Behandeling NK**
De bodem is relatief hard over de volledige diepte, maar op 10 cm diepte bevindt zich een zeer harde laag. Er wordt geen activiteit van regenwormen vastgesteld. Maïswortels zitten verspreid over de volledige diepte van de bouwvoor en de volledige breedte tussen de maïsrijen.
- **Behandeling S21**
De bodem in de bewerkte strook is goed verkruielbaar en veel minder hard dan bij P en NK. De bewerkte strook is ook goed doorworteld. De tussenstrook die niet bewerkt werd, is echter zeer hard en praktisch ondoordringbaar. Er werden ook praktisch geen wortels waargenomen buiten de bewerkte strook. Nergens werd regenwormactiviteit vastgesteld.

Ondanks dat in het voorjaar bij aanleg van de proef, duidelijk regenwormactiviteit was en regenwormen van het type pendelaars werden opgemerkt, was op 11 oktober nergens regenwormactiviteit op te merken. Dit kan een gevolg zijn van de lange droge periode. In zulke periodes zijn de regenwormen minder actief of zijn wel eitjes aanwezig, maar minder juveniele of volwassen exemplaren. Doordat de grond in de strip-tillbehandelingen niet werd losgemaakt (noch in het voorjaar 2016, noch in het najaar 2015) en geen groenbemester werd geteeld, bleef de grond heel het seizoen hard en zelfs ondoordringbaar voor maïswortels in de niet-bewerkte tussenrijen. Dit geeft aan dat de bodem vooraf voldoende losgemaakt dient te worden, om strip-till een slaagkans te geven. De maïs groeide beter wanneer de bodem dieper werd bewerkt. Enerzijds kan maïs misschien beter ontwikkelen indien de bodem dieper wordt losgemaakt, anderzijds heeft de maïsplant gewoon ook een groter volume verkruielde en bewortelbare grond ter beschikking bij een diepere bewerking.

2.9 Conclusies

Bij aanvang van deze veldproef werden een aantal onderzoeksvragen naar voor geschoven. Op basis van de hierboven beschreven resultaten, wordt getracht een beknopt antwoord te formuleren op deze vragen.

1. In welke mate wordt bodemerosie beperkt door strip-till toe te passen?

Zowel op basis van de waarnemingen ter plaatse, de opmeting van de geulerosie en de erosiesimulaties, blijkt duidelijk dat het toepassen van strip-till leidt tot een verlaging van de erosie en deze verlaging is verder doorgedreven dan bij niet-kerende bodembewerking, in vergelijking met ploegen. Dit is vermoedelijk het effect van een grotere bodemruwheid en een grotere aanwezigheid van gewasresten aan het

bodemoppervlak in vergelijking met niet-kerende bodembewerking. Het groter erosiebestrijdend effect bij strip-till ten opzichte van NKB, was vooral het gevolg van een lager runoff bij strip-till, aangezien de sedimentconcentratie voor beide behandelingen gelijkaardig was. Er dient echter opgemerkt te worden dat deze extra daling in erosie bij de strip-till ten opzichte van niet-kerende bodembewerking vrij beperkt is. We moeten hierbij de kanttekening maken dat de niet-kerende bodembewerking op het proefperceel reeds een achttal jaar wordt toegepast. Hierdoor is het aannemelijk dat het erosiebestrijdend effect van NK groter is dan op een ander perceel omdat herhaalde NK leidt tot een concentratie van koolstof aan het oppervlak en bijgevolg een grotere aggregaatstabiliteit.

2. Wat is de ideale bewerkingsdiepte bij strip-till voor korrelmaïs?

Op basis van de opbrengstresultaten zou men kunnen besluiten dat men voor maïs in strip-till best zo diep mogelijk werkt. Dieper werken, leidde tot hogere korrelopbrengsten. Het is echter zo dat de maïswortels in de strip-tillbehandeling op dit proefperceel maar zeer moeilijk in de niet bewerkte stroken kon doordringen. Door dieper te werken, komt een groter bewortelbaar bodemvolume (en dus meer nutriënten) ter beschikking van de maïsplant. Mogelijk is de hogere korrelopbrengst bij diepere bewerking louter hieraan te wijten. Naar proeven in de toekomst toe, raden we aan om telkens 2 bewerkingsdieptes te testen, namelijk op 25-30 cm en iets ondieper (20 cm).

3. Is er een teelttechnisch voordeel bij een dubbele strip-tillbewerking (enkele weken voor zaai en vlak voor zaai)?

Het tweemaal bewerken van de bodem met de strip-tillmachine (22 april op 23 cm en 13 mei 13 cm) leidde inderdaad tot de hoogste korrelopbrengst. Mogelijk kon de bodem beter bezakken na de eerste bewerking en fungeerde de tweede bewerking als een soort zaaibedbereiding, waarbij de grond beter verkruid en aangedrukt werd.

4. Zijn er verschillen in bodemtemperatuur, gewasopkomst en gewasgroei tussen de teelttechnieken?

Er zijn geen noemenswaardige verschillen in bodemtemperatuur en gewasopkomst. Het is wel duidelijk dat de jeugdgroei heel wat slechter verliep in de strip-tillbehandelingen dan in de behandelingen met ploegen of niet-kerende bodembewerking. Bij strip-till waren de plantjes geler van kleur, kleiner en was er slakkenschade.

5. Is er een opbrengstderving te verwachten bij strip-till? Aan wat is deze te wijten en is deze overbrugbaar?

Op basis van deze resultaten is zeker een opbrengstderving te verwachten. De strip-tillbehandeling met de hoogste opbrengst, had een opbrengstderving van bijna 20% ten opzichte van ploegen. Dit is wellicht te wijten aan combinatie van factoren. Een eerste factor was de slechte beworteling van de niet bewerkte stroken. Ondanks het feit dat de bodem reeds 8 jaar niet-kerend wordt bewerkt (meer wormengangen), lijkt het alsof de grond gewoonweg te hard was. In die zin moet het telen van korrelmaïs na korrelmaïs worden

vermeden. Bij korrelmaïs na korrelmaïs, kan de bodem in het voorgaande seizoen niet meer losgemaakt worden (te nat en te laat) en kan ook geen groenbemester meer geteeld worden die de structuur in het bodemprofiel bewaart. Het losmaken van de bodem in het najaar lijkt dus een belangrijke factor voor het slagen van strip-till. Een tweede factor is het feit dat op dit proefperceel enkel meststof is toegediend in de rij tijdens het zaaien, maar geen organische mest tijdens de strip-tillbewerking zoals in Maarkedal. In vergelijking met de proef in Maarkedal is dus een kleiner aandeel voedingsstoffen in de bewerkte strook geplaatst. Een groter aandeel voedingsstoffen in de bewerkte strook plaatsen zou de opbrengstrisico's in striptill wellicht kunnen beperken. Een derde factor voor opbrengstderving in de strip-till was de slakkenschade.

3 Kuilmaïs Scheldewindeke: strip-till-techniek

Thijs Vanden Nest, Greet Ruysschaert (ILVO)

3.1 Doelstelling van de veldproef

Dit proefveld werd aangelegd als een extra veldproef binnen het GOMEROS-project om meer inzicht te krijgen in de techniek van strip-till in maïs. Het perceel dat gebruikt werd, is geen erosiegevoelig perceel en werd dan ook niet opgevolgd naar erosie toe, maar louter naar het teelttechnische aspect. Bij aanvang van de veldproef werden een aantal onderzoeksvragen vooropgesteld:

1. Is er een opbrengstderving te verwachten bij strip-till? Aan wat is deze te wijten en hoe verhoudt de opbrengst zich tot de situatie bij ploegen en niet-kerende bodembewerking?
2. Wat is de meerwaarde van drijfmestinjectie bij strip-till, in vergelijking met drijfmest vollevelds in combinatie met strip-till?
3. Is er een ideale bewerkingsdiepte voor maïs in strip-till?

Op basis van de onderzoeksresultaten, beschreven in dit rapport, wordt bij de conclusies een antwoord geformuleerd voor iedere onderzoeksvraag.

3.2 Beschrijving van het perceel

Regio: Vlaamse zandstreek-Oosterzele

Bodemtextuur: Zandleem

Bodemkaart: qLca (matig droge zandleembodem met textuur B horizont)

Erosieklasse: Lichtgroen

Voorvrucht: Bewaaraardappelen

Groenbemester/vanggewas: Rogge

Het perceel waar de veldproef werd uitgevoerd is vlak en heeft een zandleemtextuur. Het perceel is sinds 2 jaar in beheer bij ILVO en kende voorheen een enge vruchtafwisseling met vooral korrel- en kuil-maïs. In de bouwvoor van het perceel zijn regelmatig stenen (geen moedermateriaal) op te merken. In 2015 werden bewaaraardappelen geteeld op dit perceel, gevolgd door rogge als groenbedekker. De rogge werd ingezaaid met een combinatie van 6 micheltanden op 1 balk + rotoreg + zaaimachine. De opkomst van de rogge was normaal. Op 19 april bedroeg de verse biomassa van de rogge 12 325 kg/ha met een DS-gehalte van 20,6% (2524 kg DS/ha). Op dit moment schoot de rogge door (Figuur 50).



Figuur 50: Zicht op het perceel op 19 april 2016.

De veldproef werd onderverdeeld in 4 blokken, nl. A, B, C en D (zie verder). Voor de aanvang van de veldproef werden bodemstalen genomen ter bepaling van de chemische bodemtoestand (Tabel 16) en werd de indringingsweerstand bepaald (Figuur 51).

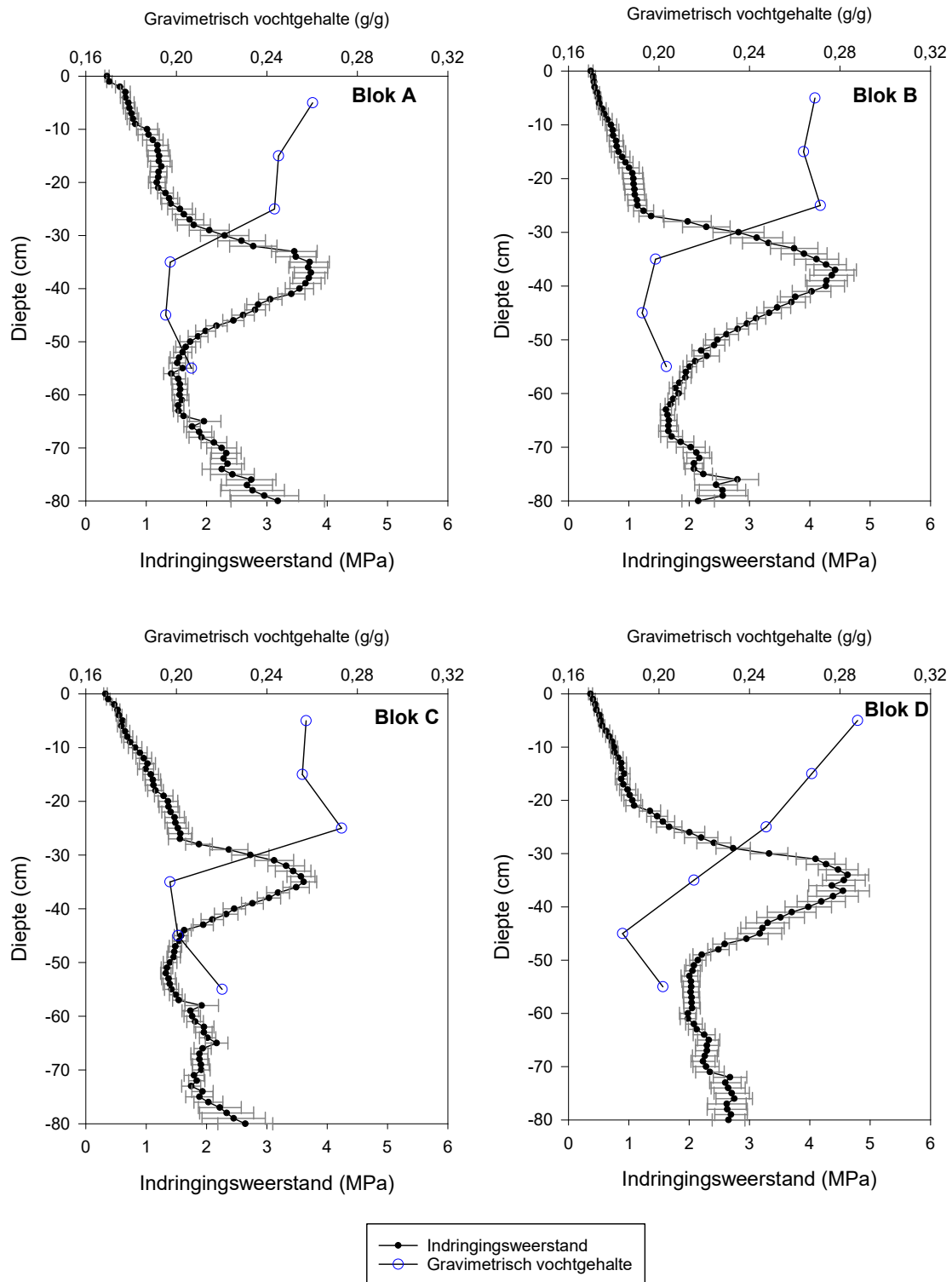
In Tabel 16 wordt een overzicht gegeven van de chemische bodemtoestand op 25 februari 2016. Het koolstofgehalte bevindt zich binnen de streefzone, maar de bodem is duidelijk te zuur en heeft nood aan bekalking. Het P- en K-gehalte liggen boven de streefzone; deze voedingselementen zijn dus in voldoende mate aanwezig in de bouwvoor. Het Mg-gehalte ligt binnen de streefzone. Het Ca-gehalte flirt met de ondergrens van de streefzone en wordt best aangebracht via een bekalking. Het Na-gehalte ligt lager dan de streefzone.

Tabel 16: Overzicht van de hoeveelheid minerale N in het bodemprofiel 0-60 cm en de algemene chemische bodemtoestand voor de bouwvoor (0-30 cm). P, K, Mg, Ca en Na werden gemeten in een ammoniumlactaat-extract. De streefwaarden voor zandleemgrond werden overgenomen van Maes et al., 2012¹.

Blok	Minerale N-voorraad kg N/ha	C %	pH-KCl	N _{tot} %	C/N	mg/100g				
						P	K	Mg	Ca	Na
A	12	1,3	5,4	0,12	11	32	25	14	97	<1,9
B	10	1,4	5,4	0,12	11	33	25	13	93	<1,9
C	14	1,4	5,5	0,13	11	32	26	14	111	2,2
D	10	1,4	5,5	0,13	11	32	24	14	106	<1,9
Streefzone		1,2-1,6	6,2-6,6	-	-	12-18	14-20	9-14	100-240	3,1-6,0

Per blok werd op 20 plaatsen, de indringingsweerstand tot 80 cm diep bepaald. In Figuur 51 wordt de gemiddelde indringingsweerstand (\pm standaardfout) per blok afgebeeld. Voor de 4 blokken werd ook het gravimetrisch vochtgehalte tot 60 cm diep bepaald (Figuur 51).

¹ Maes, S., Elsen, A., Tits, M., Boon, W., Deckers, S., Bries, J., Vogels, N., Vandendriessche, H, 2012, Wegwijs in de bodemvruchtbaarheid van de Belgische akkerbouw- en weilandpercelen (2008-2011), Bodemkundige Dienst van België



Figuur 51: De gemiddelde indringingsweerstand (\pm standaardfout) en gravimetrisch vochtgehalte van alle metingen per blok. De indringingsweerstand werd gemeten met een penetrologger (20 steken in kruisverband per blok) tot 80 cm diepte. Het gravimetrisch vochtgehalte werd per laag van 10 cm tot 60 cm diepte bepaald.

Uit het penetrogram blijkt dat op een diepte van 30 tot 50 cm een sterke ploegzool aanwezig is. De indringingsweerstand ligt voor blokken A en C maximaal rond 4 MPa en voor blokken B en D zelfs bijna op 5 MPa. Deze ploegzool kan dus een duidelijk probleem zijn voor de wortelgroei van de gewassen. Bovendien

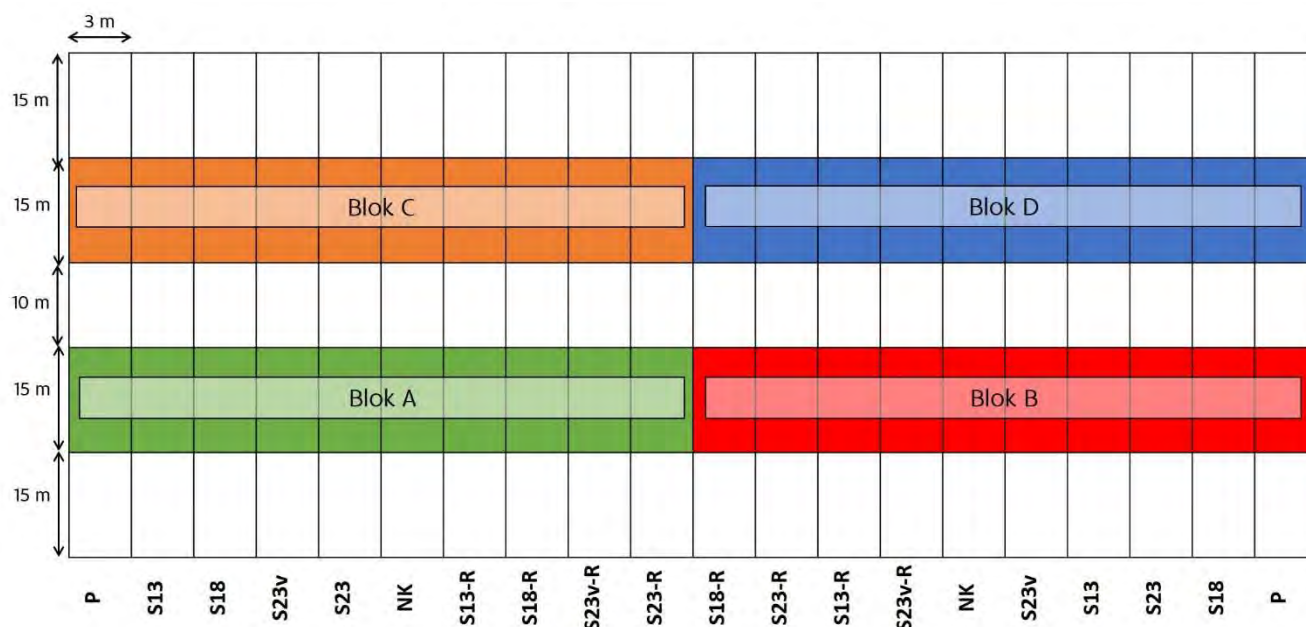
zit de ploegzool dieper dan 35 cm, zodat deze enkel kan opgeheven worden met een diepwoeler. De toestellen die voorzien werden in deze veldproef, werken niet tot deze diepte. Het idee dat de ploegzool hier mogelijk een probleem vormt, wordt versterkt door het feit dat het vochtgehalte scherp afneemt tussen 25 cm en 35 cm diepte. Het vochtgehalte is in de bouwvoor sterk hoger dan onder de ploegzool. Mogelijk kan het neerslagwater uit de winter niet voldoende naar de diepte dringen door de verdichting van de ploegzool.

Op basis van deze metingen wordt gesteld dat het humusgehalte en de voedingstoestand van de bodem goed zijn. De bodem is echter te zuur en bevat een lage hoeveelheid Ca. Bekalking is gewenst, maar dit werd niet meer voor de start van de veldproef uitgevoerd. Bovendien is een sterk gecompacteerd laag, onder de vorm van een ploegzool in het perceel aanwezig.

3.3 Beschrijving veldproef

3.3.1 Opbouw en logboek

De veldproef werd aangelegd in stroken met twee herhalingen. De waarnemingen gebeurden echter in 4 herhalingen (zie blokken A, B, C en D in Figuur 52), met name 2 per strook.



Figuur 52: Proefplan van de veldproef kuilmaïs te Scheldewindeke 2016. De proef bestaat uit 20 stroken van 3 m breedte. De lettercode geeft de verschillende behandelingen per strook aan (zie 3.3.2).

In Tabel 17 wordt het logboek van de activiteiten in deze veldproef weergegeven. De behandelingen worden verder in de tekst toegelicht onder punt 3.3.2. Op het tijdstip dat de hoofdbodembewerkingen werden uitgevoerd (9 mei), diende het gravimetrisch vochtgehalte van het bodemprofiel bepaald te worden. Dit is echter per vergissing niet gebeurd, waardoor geen gegevens van het vochtgehalte bij de bodembewerking beschikbaar zijn.

Tabel 17: Overzicht van de activiteiten op de veldproef per datum.

Datum	Behandeling	Activiteit
25 februari	Alle	Bodemstaalname en bepaling van de indringingsweerstand
19 april	Alle	Bepaling bovengrondse biomassa groenbemester
	P, NK, S13, S18, S23 en S23v	Toediening runderdrijfmest* met sleepslangen onder de groenbemester
	P en NK	Drijfmest en groenbemester inwerken met vaste tandcultivator + pinrol (±10 cm diepte) (2 werkgangen)
20 april	S13, S18, S23, S23v, S13-R, S18-R, S23-R en S23v-R	Rogge doodspuiten (4 l/ha Glyphosaat)
2 mei	S13, S18, S23, S23v, S13-R, S18-R, S23-R en S23v-R	Rogge klepelen
9 mei	P NK	Ploegen (30-35 cm diepte) + zaaibed klaarleggen met rotoreg + kooirol Niet-kerende bodembewerking met actisol (30 cm diepte) + zaaibed klaarleggen met rotoreg + kooirol
	S13-R	Bodembewerking met strip-tillmachine (13 cm diepte, 7 km/h) met drijfmestinjectie*
	S18-R	Bodembewerking met strip-tillmachine (18 cm diepte, 6 km/h) met drijfmestinjectie*
	S23-R	Bodembewerking met strip-tillmachine (23 cm diepte, 5 km/h) met drijfmestinjectie*
	S23v-R	Bodembewerking met strip-tillmachine (23 cm diepte, 5 km/h) met vleugels gemonteerd op de strip-tillmachine en met drijfmestinjectie*
	S13-R S18-R S23-R S23v-R	Bodembewerking met strip-tillmachine (13 cm diepte, 6,5 km/h) Bodembewerking met strip-tillmachine (18 cm diepte, 6,5 km/h) Bodembewerking met strip-tillmachine (23 cm diepte, 6,5 km/h) Bodembewerking met strip-tillmachine (23 cm diepte, 6,5 km/h) met vleugels gemonteerd op de strip-tillmachine en met drijfmestinjectie
9 mei	Alle	Zaaien (ras: LG30.222, zaaidichtheid: 105 000 zaden/ha, diepte 6 cm) rijbemesting bij zaaien: 200 kg/ha 16-6-23(-2)(-5) (32 kg N/ha, 12 kg P ₂ O ₅ /ha, 46 kg K ₂ O/ha, 4 kg MgO/ha en 10 kg SO ₃ /ha)
11 mei	Alle	Kunstmestbemesting met pneumatische kunstmeststrooier: 200 kg/ha 27-0-0(-4) (54 kg N/ha en 8 kg MgO/ha)
31 mei	Alle	Opkomsttelling, onkruidtelling en waarneming van bodemtemperatuur
3 juni	Alle	Onkruidbestrijding: 1 l/ha Frontier elite, 0,5 l/ha Samson 600D, 1,5 l/ha Callisto en 0,4 l/ha Kart
30 juni	Alle	Bepaling van de indringingsweerstand
19 september	Alle	Opbrengstbepaling

*De drijfmest die gebruikt werd is runderdrijfmest afkomstig van het ILVO-landbouwbedrijf. In alle behandelingen werd een dosis toegediend van 35 m³/ha (82 kg werkzame N/ha, 51 kg P₂O₅/ha en 175 kg K₂O/ha) met een debietmeter op het drijfmestvat. De samenstelling van deze drijfmest is terug te vinden in Tabel 18.

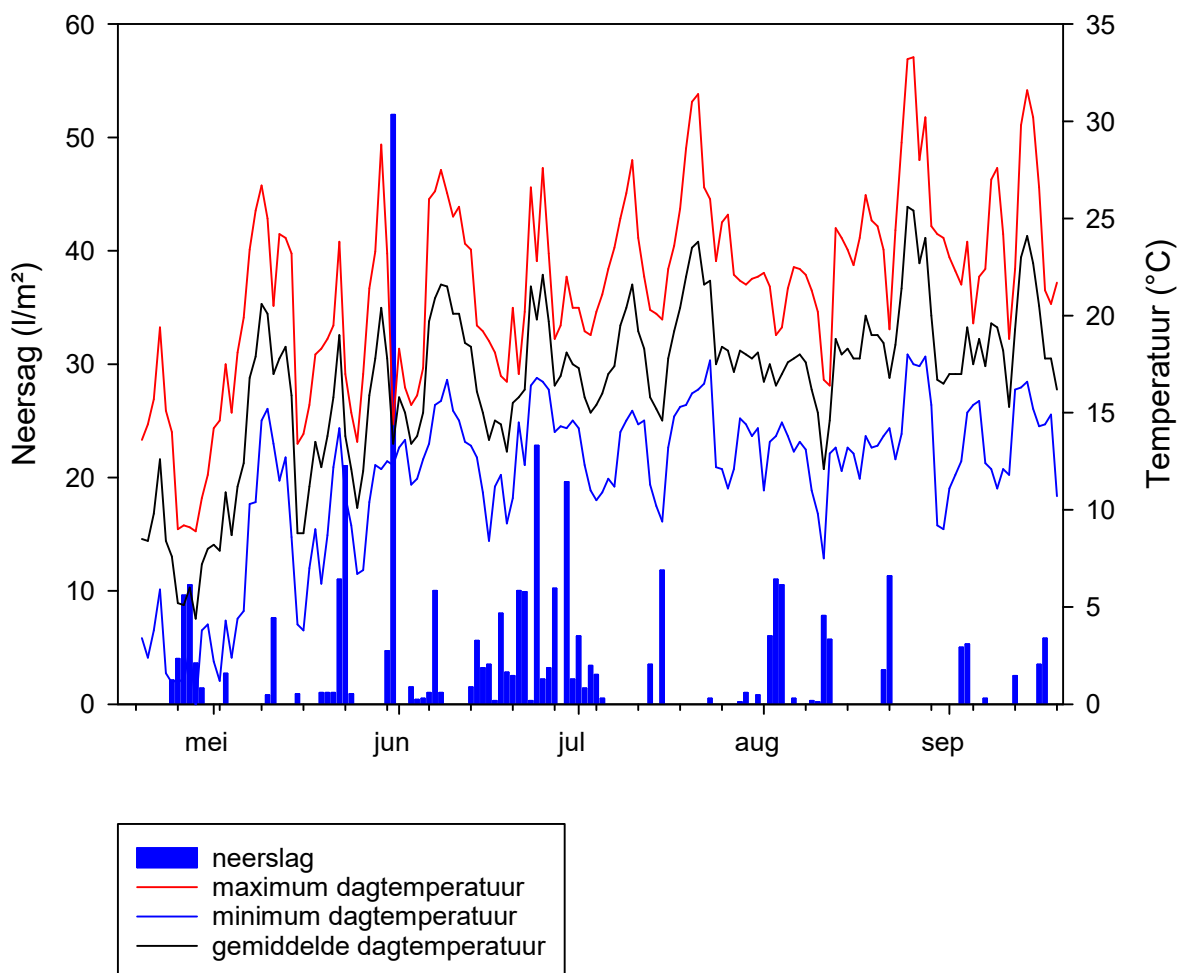
Tabel 18: Samenstelling van de runderdrijfmest die in de veldproef werd gebruikt. Voor beide uitrijdata werd een mengstaal van het vat, tijdens het uitrijden genomen.

Parameter	Eenheid	Resultaat 19 april	Resultaat 9 mei
Droge stof	%/vers	9,2	9,2
Organische koolstof	%/vers	3,26	3,29
N-totaal	kg N/ton vers	3,5	3,4
NH ₄ ⁺ -N	kg N/ton vers	1,8	1,7
Werkzame N	kg N/ton vers	2,1	2,0
Fosfor	kg P ₂ O ₅ /ton vers	1,22	1,21
Kalium	kg K ₂ O/ton vers	4,1	3,8
Magnesium	kg MgO/ton vers	4,3	4,2
Calcium	kg CaO/ton vers	7,3	7,2
Natrium	kg Na ₂ O/ton vers	0,88	0,84

In Tabel 19 wordt een overzicht gegeven van de normale gemiddelde temperatuur (periode 1981-2010) en de normale totale neerslag (1981-2010), en de afwijking die vastgesteld werd in 2016 per maand in de regio Oosterzele. Deze cijfers werden gebaseerd op de maandelijkse verslaggeving van het KMI. In Figuur 53 wordt een overzicht gegeven van de dagelijkse neerslag, maximale, minimale en gemiddelde dagtemperatuur in de periode van aanleg tot oogst van de proef. Deze gegevens werden gelogd in het KMI-weerstation op de ILVO-site te Merelbeke op 4,2 km in vogelvlucht van het proefperceel. De maanden april en mei kenden een neerslag die een stuk hoger lager dan wat normaal is. Daardoor werd de proef niet in optimale omstandigheden aangelegd. Op 19 april was de bodem droog genoeg om de behandelingen met volleldsbemesting te gaan berijden en bemesten. De bodembewerkingen en zaai op 9 mei gebeurden naar visuele beoordeling in iets te natte omstandigheden, maar werden omwille van aangekondigde regen, niet verder uitgesteld. Na zaai bleef de maand mei natter dan normaal. Ook juni was erg nat, met een neerslaghoeveelheid die zelfs 200 tot 250% was van de normale neerslag. Op meerdere dagen in juni werden plassen water aan het bodemoppervlak vastgesteld, die 24u of langer nodig hadden om in de grond te trekken. De jeugdgroei verliep wat vertraagd en in de loop van de zomer werd duidelijk N-gebrek vastgesteld (kortere stengels en gelere planten) bij alle behandelingen met strip-till. Het N-gebrek in de behandelingen met rijbemesting van runderdrijfmest was kleiner dan in de behandelingen met een volleldstoepassing van runderdrijfmest. Door de erg droge en warme septembermaand, verliep de afrijping en toename in DS-gehalte veel sneller dan normaal. Tijdens de eerste week van september werd er een toename van >4% DS vastgesteld. Er kon reeds op 19 september geoogst worden.

Tabel 19: Overzicht van de gemiddelde maandelijkse temperatuur en neerslag in de periode 1981-2010 in de regio van het proefveld en de maandelijkse afwijking hiervan in 2016 in de maanden van aanleg tot oogst van de veldproef (bron: KMI).

Maand	Gemiddelde temperatuur		Gemiddelde neerslag	
	Jaar 2016 (°C)	Afwijking (°C) t.o.v. 1981-2010	Jaar 2016 (mm)	Afwijking (%) t.o.v. 1981-2010
April	8,5-9,0	-0,5	50-60	120-130
Mei	14,5-15,0	1,0	110-120	160-180
Juni	16,5-17,0	0,5	140-160	200-250
Juli	18,5-19,0	0,5	20-40	40-60
Augustus	18,5-19,0	0,5	40-50	80-90
September	17,0-18,5	2,5	20-25	30-40



Figuur 53: Verloop van de dagtemperatuur en neerslag van aanleg (19 april 2016) tot oogst (19 september 2016) van de veldproef. Deze waarden werden gemeten in het KMI-weerstation gelegen op het ILVO op 4,2 km in vogelvlucht van het proefveld.

3.3.2 Beschrijving van de behandelingen

3.3.2.1 P en NK: ploegen en niet-kerende bodembewerking met Actisol

In deze behandeling werd op 19 april 35 m³/ha runderdrijfmest uitgereden, vollevelds met sleepslangen in de rogge groenbemester. Dezelfde dag nog werd de drijfmest en de rogge ingewerkt door 2 werkgangen met dezelfde vaste tandcultivator met prinrol (werkdiepte ongeveer 10 cm) (Figuur 54). Op 9 mei werd in behandeling P, de bodem geploegd en werd in behandeling NK de bodem niet-kerend bewerkt met een toestel van het type Actisol met 9 tanden (op 3 m werkbreedte) met smalle beetel en een kooirol als aandrukrol (Figuur 55). Beide machines werden afgesteld voor een werkdiepte van 30 cm. Bij ploegen lag dit uiteindelijk iets dieper (32-34 cm). De zaaibedbereiding werd uitgevoerd met een rotoleg met kooirol.



Figuur 54: Uitrijden drijfmest in de rogge groenbemester (links boven), het bemeste bodemoppervlak tussen de rogge (rechts boven) en de cultivator die werd gebruikt om de groenbemester in te werken (onderaan).



Figuur 55: Zicht op de Actisolmachine. (links) en zicht op de behandeling NK na zaaibedbereiding, net voor zaai op 9 mei 2016 (rechts).

3.3.2.2 S13, S18, S23 en S23v: runderdrijfmest vollevelds, gevolgd door strip-till

Ook in deze behandelingen werd vollevelds 35 m³/ha runderdrijfmest uitgespreid in de rogge groenbemester op 19 april. Gezien de mestwetgeving voorschrijft dat de mest ofwel moet ingewerkt, ofwel geïnjecteerd ofwel onder een dekvrucht dient gebracht te worden, was het de bedoeling om reeds eind maart of begin april de rogge te gaan bemesten en deze eind april dood te spuiten. Het nieuwe drijfmestvat van ILVO was echter niet tijdig ter beschikking en de weersomstandigheden waren eind maart bovendien te slecht, waardoor de bemesting werd uitgesteld en de rogge al 1 dag na bemesten werd doodgespoten met glyphosaat. Op 2 mei werd de rogge geklepeld (Figuur 56). De bodembewerking werd uitgevoerd op 9 mei met de INRO strip-tillmachine van Carré in de behandelingen S13, S18, S23 en S23v, respectievelijk tot een diepte van 13, 18, 23 en 23 cm diepte. Bij behandeling S23v werden vleugeltjes gemonteerd op te beetel van de vaste tand van de strip-tillmachine.



Figuur 56: Zicht op de behandelingen waar strip-till zal aangelegd worden op 2 mei 2016 (links) en op 9 mei 2016, net voor de strip-tillbodembewerking (rechts).

Zoals eerder aangegeven, waren de omstandigheden waarschijnlijk nog net te nat om de bodembewerking in goede omstandigheden uit te voeren, maar was verder uitstel van de werkzaamheden te riskant. Bij de behandelingen P en NK werden geen problemen opgemerkt bij de bodembewerkingen. Dit was echter wel het geval bij de behandelingen met de strip-tillmachine. Op sommige plekken, los van de behandelingen, werkte de strip-tillmachine slecht en werd weinig of geen grond opgewerkt. Er werd in tegendeel zelfs vastgesteld dat de vaste tand gewoon een gleuf door de bodem trok. Soms was een strook perfect bewerkt over enkele tientallen meters met zelfs een mooi verkrumeld zaaibed, maar werd verderop in de bewerkte strook slechts een gleuf getrokken (Figuur 57). Vermoedelijk was dit het gecombineerde effect van de structuur die rogge nalaat in de bouwvoor (vele fijne wortels die de bodem samen houden en moeilijk laten verkrumelen) en de nog vochtige plekken aanwezig in het proefperceel.



Figuur 57: Zicht op een bewerkte strook in een van de strip-tillbehandelingen. Links: een goed opgewerkte en verkrumelde strook, rechts: enkele meters verderop een slecht opgewerkte strook.

3.3.2.3 S13-R, S18-R, S23-R en S23v-R: strip-till en drijfmestinjectie gecombineerd in 1 werkgang

In deze behandelingen werd de rogge doodgespoten op 20 april en geklepeld op 2 mei. Op 9 mei werd de runderdrijfmest geïnjecteerd direct in de bewerkte strook met de strip-tillmachine. Er werd een dosis toegediend van 35 m³/ha. De verschillende behandelingen S13-R, S18-R, S23-R en S23v-R werden respectievelijk bewerkt tot een diepte van 13, 18, 23 en 23 cm. Waarbij voor behandeling S23v-R, vleugeltjes op de beitels van de vaste tand van de strip-tillmachine werden gemonteerd (Figuur 58). De mest werd in elke behandeling 8 tot 10 cm ondieper dan de werkdiepte geïnjecteerd. Bij deze bewerking werd een werksnelheid gehaald van 7 km/u bij behandeling S13-R, maar waarschijnlijk kon dit nog iets sneller. Bij de diepere bewerkingen diende de snelheid verlaagd te worden. In behandelingen S23-R en S23v-R kon slechts een snelheid van 5 km/u gehaald worden, wat eigenlijk te laag is. Net als bij de behandelingen S13, S18, S23 en S23v werd vastgesteld dat de stroken soms goed werden opgewerkt en een verkrumelde structuur en zaaibed werd bekomen en dat soms enkele meters verder gewoon een gleuf door de bodem werd getrokken.



Figuur 58: Zicht op het drijfmestvat met strip-tillmachine INRO van constructeur Carré (boven). Detailzicht op de vleugels die voor behandelingen S23v en S23v-R op de vaste tand van de strip-tillmachine werden gemonteerd (midden links). Detailzicht op goed bewerkte stroken in de strip-tillbehandelingen net voor zaai (midden rechts). Twee posities in de strip-tillbehandelingen waar de bodem zeer slecht werd opgewerkt en gleuven door de bodem werden getrokken (onderaan).

3.3.3 Bemesting en zaai

Normaal wordt voor kuilmaïs op deze percelen 35 tot 50 m³ runderdrijfmest vollelds toegediend (naargelang samenstelling van de drijfmest) en samen met de groenbemester ingewerkt met de vastetand cultivator, enkele dagen voor ploegen. Daarnaast wordt een rijbemesting gegeven tijdens de zaai. Omdat in de veldproef, de drijfmest en de rijbemesting samen, nog te weinig N aanbrachten, werd vollelds nog N-kunstmest toegediend met de pneumatische strooier. Om het effect van niet of wel inwerken van deze kunstmest tussen de behandelingen te verkleinen, werd deze extra kunstmest toegediend op 11 mei na de zaai van de maïs, zonder in te werken. In Tabel 20 wordt de bemestingsberekening gegeven voor NPK voor de volledig veldproef.

Tabel 20: Overzicht van de bemesting van de veldproef.

Meststof	N-totaal		P-totaal	K-totaal
	kg N/ha	N werkzaam kg N/ha		
Minerale N-voorraad (0-60 cm) voorjaar ⁽¹⁾	11	11	-	-
Mineralisatie groenbemester ^{(2),(3)}	-	40		
Runderdrijfmest ⁽⁴⁾	123	74	43	144
N-kunstmest 27-0-0(-4)	54	54	0	0
Rijbemesting 13-6-23(-2)(-5)	26	26	12	46
Efficiëntie N-rijbemesting ⁽⁵⁾		33		
Totaal		212	55	190
N-behoefte ⁽²⁾		210	PK-export ⁽²⁾	246
Balans		+2	-20	-56
Bemestingsnorm niet-zandgrond P-klasse III		150	70	-
Overschrijding norm⁽⁶⁾		4	-15	

(1) Dit is de hoeveelheid die rechtstreeks gemeten werd in het bodemprofiel, nog voor de groenbemester werd vernietigd.

(2) volgens van Dijk, W. en van Geel, W. (2010). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw en vollegrondsgroenetengewassen. WageningenUR, Praktijkonderzoek Plant en omgeving B.V. (Nederland).

(3) N-mineralisatie uit groenbemester is gebaseerd op een goed ontwikkelde grasachtige, ondergewerkt voor half maart voor een gewas dat N opneemt tot 1 augustus. In de veldproef werd de groenbemester pas later vernietigd en bovendien werd deze in de strip-tillbehandelingen niet ingewerkt.

(4) werkingscoëfficiënt = 60%, er werd **GEEN** rekening mee gehouden dat de rijbemesting een werking heeft die 1,25 keer hoger ligt dan volleldsbemesting. Sommige behandelingen kregen **rijbemesting** uit runderdrijfmest, andere niet.

(5) er werd **WEL** rekening mee gehouden dat de rijbemesting een werking heeft die 1,25 keer hoger ligt dan volleldsbemesting. Alle behandelingen kregen rijbemesting tijdens de zaai.

(6) N-overschrijding= 74+54+26-150 = 4 en P₂O₅-overschrijding= 55-70 = -15

De N-bemesting werd berekend op basis van de publicatie "van Dijk, W. en van Geel, W. (2010). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw en vollegrondsgroenetengewassen. WageningenUR, Praktijkonderzoek Plant en omgeving B.V. (Nederland)." In Tabel 20 wordt een verwijzing gegeven naar de PK-export en -balans. Gezien P en K boven de streefzone liggen, kan de strategie aangehouden worden om PK te bemesten overeenkomstig de PK-export (of iets lager). De PK-export is volgens de balans een stukje hoger dan de bemesting (Tabel 20).

De zaai werd uitgevoerd met een 4-rijige Kuhn zaaimachine met schijfkouters, aangepast voor proefvelden en met een tractor, uitgerust met een Trimble GPS systeem. Aangezien dit een andere GPS systeem is dan datgene op de tractor die de strip-tillbewerking uitvoerde, betekende dit dat de AB-lijn opnieuw moest uitgezet worden met deze GPS op de bewerkte stroken. Dit werkte goed voor het perceel. Enkel bij de start en het einde van een GPS-lijn zat soms eens verschil op de zaailijn en de bewerkte strook van de strip-

tillmachine. Zodoende werd bij de eerste 10 m en de laatste 10 m de maïs soms in de rand van de bewerkte strook gezaaid i.p.v. in het midden. Vermoedelijk is dit de lengte die de tractor met vat nodig had om het vat in rechte lijn achter de tractor te krijgen op een GPS-lijn. Het zaad werd gepositioneerd op 6 cm diepte. Op de plaatsen waar de bodem in de bewerkte stroken van de strip-tillbehandelingen slecht werd opgewerkt, viel het zaad gewoon in de gemaakte gleuf en was de kwaliteit van zaaiwerk uitermate slecht. In goed opgewerkte stroken was de kwaliteit van het zaaiwerk wel goed (Figuur 59).

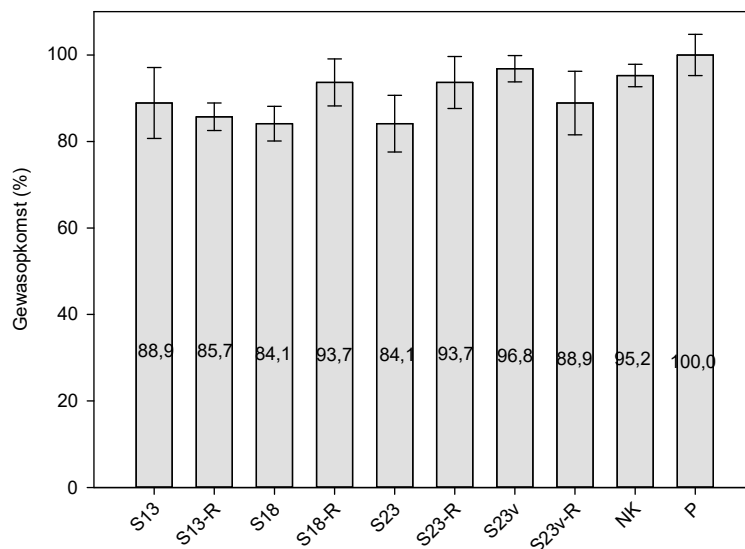


Figuur 59: Zicht op de tractor met zaaimachine (boven links). Slechte depositie van het zaad op plaatsen in de strip-tillbehandelingen waar de bodem in de stroken onvoldoende werd opgewerkt (boven rechts) en goed gelukte zaai in een aantal stroken van strip-tillbehandelingen (onderaan).

3.4 Gewasopkomst, bodemtemperatuur en onkruidtellingen

3.4.1 Gewasopkomst (31 mei 2016)

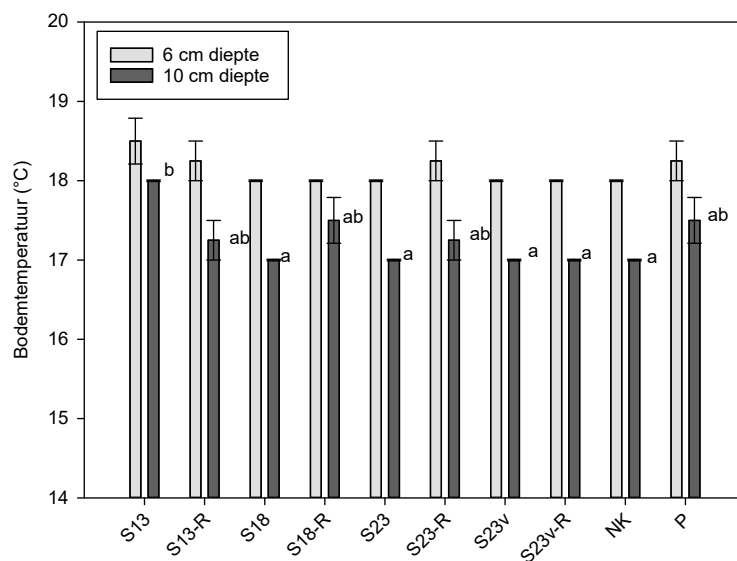
Voor de opkomstbepaling werd het aantal planten geteld over een afstand van 2 m van 1 van de 2 maïsrijen in het midden van een veldje. Zodoende zijn de 4 blokken opgenomen in de telling. Er werden geen significante verschillen in opkomst tussen de behandelingen vastgesteld (Figuur 60). Het is echter wel zo dat de opkomst in alle strip-tillbehandelingen en behandeling NK (84,7 tot 96,8% opkomst) lager liggen dan deze bij ploegen (100,0% opkomst). Het slechtere zaaibed op sommige plaatsen bij de strip-tillbehandelingen waar de bodem slecht werd opgewerkt zorgde voor minder goede kiemomstandigheden en is dus vermoedelijk de oorzaak van iets lagere opkomst. Door de vele regenval werden de slechter geplaatste zaden waarschijnlijk wel omgeven met voldoende fijne grond en droogden kiemen niet uit, zodat de daling in opkomst beperkt bleef.



Figuur 60: De gemiddelde gewasopkomst (\pm standaardfout; $n=4$) per behandeling op 31 mei 2016.. Het gewas bevond zich in het 4^e bladstadium. Er werden geen significante verschillen in opkomst vastgesteld ($p>0,05$).

3.4.2 Bodemtemperatuur (31 mei 2016)

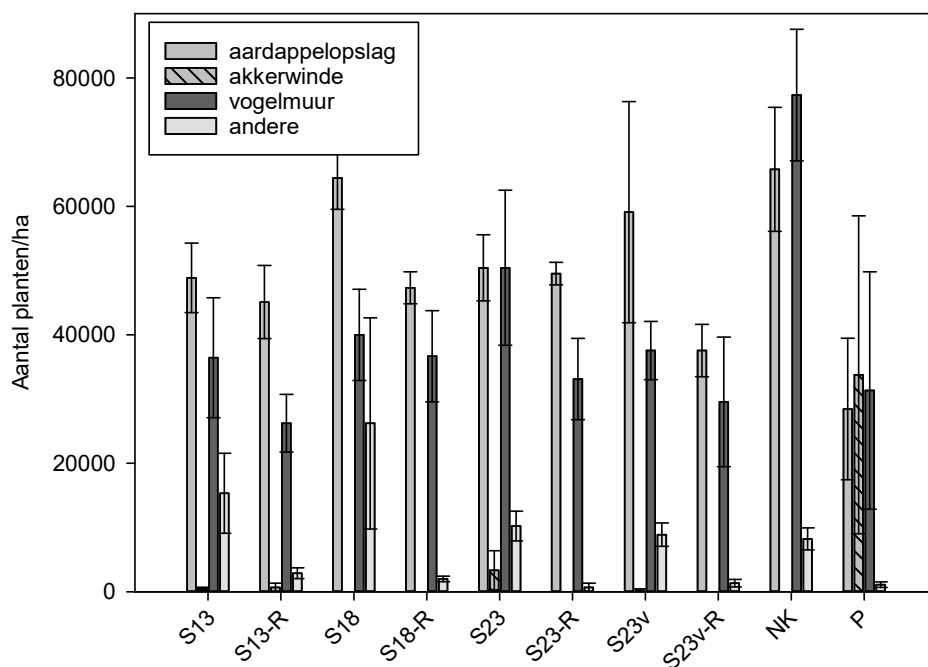
Dikwijls wordt aangehaald dat door de bodembewerking te wijzigen, de bodem langer koud blijft of net sneller gaat opwarmen. Door het ploegen wordt bijvoorbeeld veel lucht in de grond gebracht en kan de temperatuur sneller toenemen, wat een positief effect heeft op de kieming en jeugdgroei van het gewas. Om dit summier in kaart te brengen werd de temperatuur op zaaïdiepte (6 cm) en iets dieper (10 cm) opgemeten op 31 mei 2016 (omgevingstemperatuur 17°C) in de zaailijn op 1 positie per veldje in alle 4 de blokken. Op dit moment stond de maïs in 4^e bladstadium. Uit deze metingen blijkt dat er geen significante verschillen op te merken waren tussen de behandelingen op 6 cm diepte. Er werd een significant hogere temperatuur vastgesteld op 10 cm diepte in behandeling S13, in vergelijking met de behandelingen S18, S23, S23v, S23v-R en NK. Er is niet onmiddellijk een verklaring, maar het zou in een toekomstig proefveld interessant zijn om de bodemtemperatuur continu in de tijd op te volgen via temperatuurloggers, omdat deze gegevens slechts een puntmeting in de tijd zijn.



Figuur 61: De gemiddelde bodemtemperatuur per behandeling (\pm standaardfout; $n=4$) gemeten in de zaailijn van de maïs op zaaidiepte (6 cm) en onder zaaidiepte (10 cm) op 31 mei 2016. Het gewas was op dit moment in 4^e bladstadium. De buitentemperatuur bedroeg 17°C. Er werden geen significante verschillen tussen de behandelingen vastgesteld op 6 cm diepte. De significante verschillen (Tukey HSD, $p < 0,05$) tussen de behandelingen op 10 cm diepte worden aangegeven met letters.

3.4.3 Onkruidtellingen (31 mei 2016)

Op 31 mei viel op dat in alle behandelingen vrij veel onkruid voorkwam. Daarom werd een onkruidtelling uitgevoerd in alle veldjes van alle 4 de blokken. Voor ieder veldje werd het aantal onkruiden geteld in 1 tussenstrook tussen de 2 middelste maïszaailijnen van het veldje over een afstand van 15 m (11,25 m²/veldje). De voorvrucht was aardappelen en door de zachte winter was aardappelopslag prominent aanwezig. Daarnaast kwam over het gehele proefveld vrij veel vogelmuur voor en op een beperkt deel van het veld ook akkerwinde. Andere aanwezige onkruiden waren boterbloem, raaigras, melganzevoet, hanenpoot, kamille, melkdistel en wikke. Ondanks de glyfosaatbespuiting, was veel onkruid in de strip-tillbehandelingen niet bestreden, omdat het gewoon later opkwam in het seizoen, dan de bespuiting. Alle onkruidplantjes werden geteld, wat maakt dat dit geen inschatting is van de oppervlakte die ze beslaan. Door de aanwezigheid van akkerwinde werd geopteerd om het herbicide KART als extra middel in de herbicidecocktail in te zetten bij de onkruidbestrijding van de maïs. De herbicidewerking was goed, toch werd een beperkt aantal aardappelplanten niet afgedood en was er later op het seizoen (juli) opnieuw opkomst van akkerwinde. Deze was wel te beperkt om nog invloed op de opbrengst te kunnen hebben.



Figuur 62: Onkruidtellingen (gemiddelde en standaardfout; n=4) op 31 mei 2016.

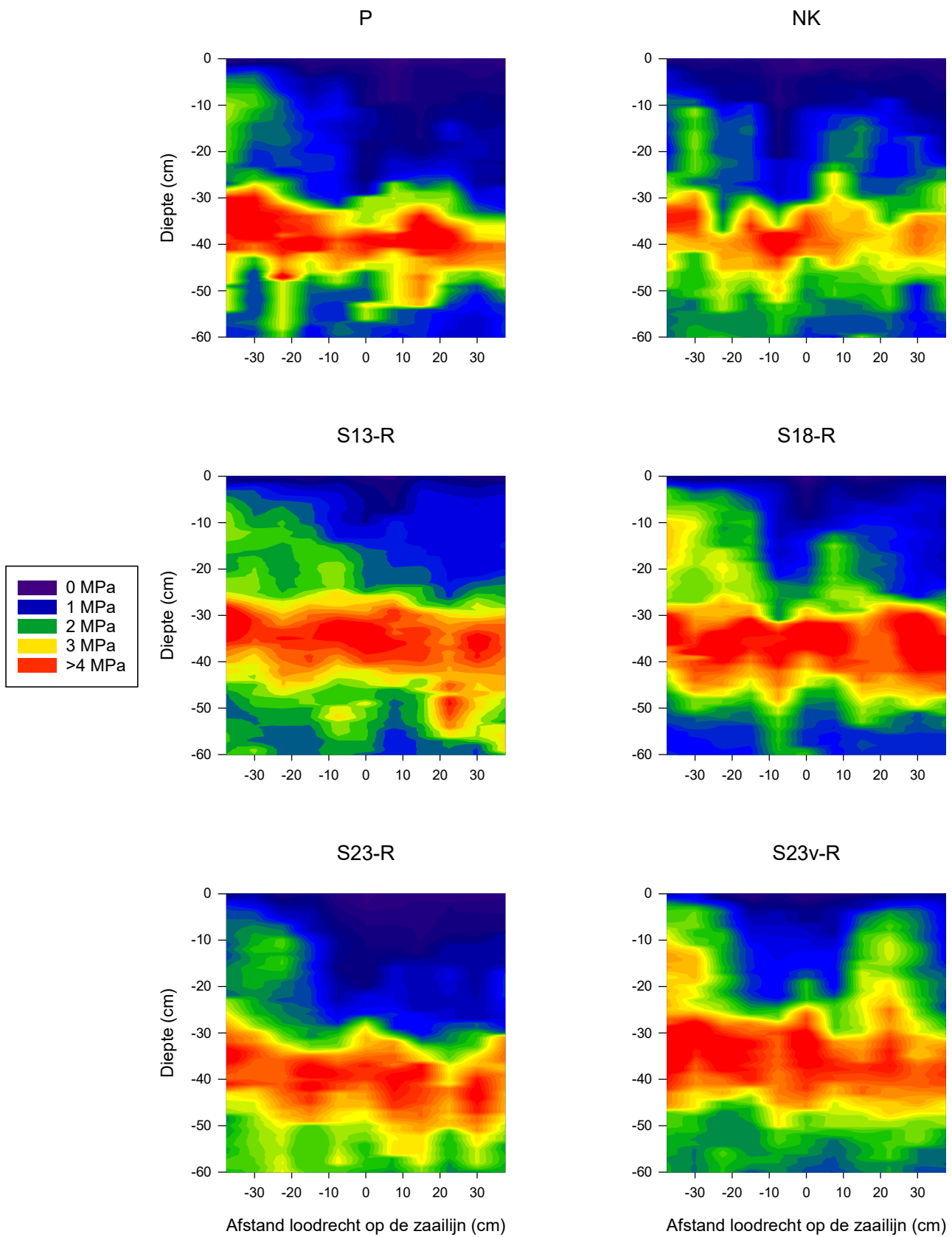
In Figuur 62 wordt het resultaat van deze onkruidtellingen weergegeven. Het is duidelijk dat er in dit perceel een enorme aardappelopslag aanwezig was. Er werden echter heel wat minder aardappelplanten geteld in de geploegde behandeling (P). Ook vogelmuur was overal sterk aanwezig in alle behandelingen. In de geploegde behandeling (P) was de aanwezigheid van vogelmuur gelijkaardig of iets lager dan bij de striptillbehandelingen; in de niet-kerend bewerkte behandeling (NK) dubbel zo hoog als in behandeling P. Akkerwinde kwam praktisch niet voor in het perceel, behalve dan in behandeling P. Het is echter zo dat enkel akkerwinde werd vastgesteld in de blokken B en D van de geploegde behandeling. Gezien de geploegde behandeling in blok B en D aan de rand van de proef lag en dat in de strook tussen de proef en de rand van het perceel ook veel akkerwinde voorkwam, nemen we aan dat dit geen effect was van de behandeling, maar eerder een effect van de positie in het perceel. Andere onkruiden waren wel aanwezig zoals eerder aangehaald, maar dit slechts in beperkte mate.



Figuur 63: Zicht op behandeling S18 in blok A op 31 mei (links) en 17 juni (rechts).

3.5 Indringingsweerstand op 30 juni 2016

Voor aanleg van de proef was reeds duidelijk dat een sterk gecompacteerd laag onder de vorm van een ploegzool aanwezig was, die mogelijk een negatieve invloed zou hebben op de gewasgroei. Daarenboven werd de bodem bij aanleg van de strip-tillbehandelingen op veel plaatsen niet goed opgewerkt. Dit laatste was gedeeltelijk het gevolg van een te vochtige bouwvoor –maar uitstel van aanleg was niet meer mogelijk– en de bodemfysische condities die werden nagelaten door de rogge groenbemester. Rogge laat immers dikwijls een ‘stijve’ bodemstructuur achter in het voorjaar. Dit is visueel goed merkbaar indien rogge als groenbemester wordt ingeplogd. Daarenboven werd een deel van de tussenstroken bereiden met het zware drijfmestvat bij de strip-tillbehandelingen, zonder dat de compactie werd opgeheven. Ondanks dat hieraan werd tegemoet gekomen door met lagedrukbanden op het drijfmestvat te werken (800/60R32, druk: 1,5 bar), was de bouwvoor dus mogelijk gedeeltelijk gecompacteerd. Daarom werden op 30 juni 2016 penetrometingen uitgevoerd om de indringingsweerstand te bepalen tot 60 cm diepte. Hierbij werd de indringingsweerstand bepaald op de positie van de maïszaailijn (positie op x-as = 0), en op 7,5 cm, 15 cm, 22,5 cm, 30 cm en 37,5 cm links en rechts van de maïszaailijn. De indringingsweerstand werd bepaald in de blokken A en D en steeds op een maïszaailijn in het midden van de behandeling, zodat links het wielspoor van het drijfmestvat en de tractor bij zaai meegenomen werd en rechts een tussenstrook die niet werd bereiden. Het resultaat wordt onder de vorm van penetrogrammen in Figuur 64 weergegeven. Iedere positie in het penetrogram wordt berekend op basis van de omliggende gemeten waarden. Deze waarden zijn de gemiddelden die werden opgemeten in Blok A en D.



Figuur 64: Penetrogrammen berekend op basis van de bepaling van de indringingsweerstand opgemeten op 30 juni 2016.

Bij alle behandelingen is zeer duidelijk de ploegzool op 30 tot 45 cm diepte aanwezig. Deze gecompacteerde is echter laag dikker in de strip-tillbehandelingen. Door het ploegen of de bodembewerking met de Actisol werd een gedeelte van de ploegzool opgewerkt.. In alle behandelingen is ook goed de compactie van de wielsporen te zien, links van de maïszaailijn ($x < 0$). In behandeling S23v-R wordt ook rechts van de maïszaailijn een verhoogde indringingsweerstand waargenomen. Hier is echter geen verklaring voor. Mogelijk valt deze positie voor een van de blokken samen met een wielspoor van het klepelen.

In behandeling P heeft de ploegbewerking, de bouwvoor volledig losgemaakt. Dit is minder het geval in behandeling NK, waar de Actisol werd gebruikt. Hier is nog gedeeltelijk te zien waar de tanden passeerden tijdens de bewerking. In de behandelingen S13-R en S23-R is heel goed te merken hoe diep en breed de bodem in de stroken werd bewerkt (overgang donkerblauwe naar blauwe kleur). Ook in behandelingen S18-R en S23v-R waar een overgang is van blauwe naar groene kleur, is dit te merken. In S23v-R is de strook duidelijk breder bewerkt; een gevolg van de vleugeltjes die werden gemonteerd op de vaste tand van de strip-tillmachine (zie eerder). Al is er in de bewerkte strook voor deze behandeling wel bijna geen donkerblauwe zone op te merken. De bodem ligt dus iets vaster.

De penetrogrammen van de strip-tillbehandelingen geven aan dat de tussenstroken relatief hard zijn en dat de ploegzool die er historisch was, een groter probleem is dan onder ploegen of niet-kerende bodembewerking. Dit creëert bij de strip-tillbehandelingen dus een mogelijk obstakel voor de wortelgroei van de maïsplanten. Het is zo dat een verhoogde indringingsweerstand (hardere bodem) kan gecompenseerd worden door een hoger gehalte aan poriën of wormengangen. Op een aantal plaatsen werd een ondiepe profielput gegraven op 30 juni. Hieruit bleek dat in de onbewerkte stroken van de strip-till behandelingen, de bodem echt samengedrukt was en weinig poriën bevatte. Regenwormactiviteit was niet op te merken. Verder viel het op dat de wortels van de maïsplanten weinig of niet uit de bewerkte strook geraakten om door te groeien.

3.6 Teeltverloop en opbrengstbepaling

In Figuur 65 wordt met enkele foto's een overzicht gegeven van het verloop van de teelt. Op 31 mei waren weinig of geen verschillen in de kiemplantjes op te merken. De vele regenval had het bodemoppervlak echter al voor een groot stuk verslemt in de behandelingen P en NK en in de bewerkte stroken van de strip-tillbehandelingen. Op 17 juni was nog steeds geen verschil in gewasgroei te merken tussen de maïsplantjes van de verschillende behandelingen. Door de aanhoudende regen was de bodem volledig verzadigd. Bij elke bui bleven op verschillende plaatsen in het perceel, onafhankelijk van de behandelingen, plassen water staan. Na regenbuien trok dit water het snelste weg bij NK en iets trager bij P. In de strip-tillbehandelingen, sijpelde het water op de wielsporen niet in de grond. Op 17 juni was het onkruid vernietigd door de herbiciden.



P

NK

S23v-R

31 mei 2016

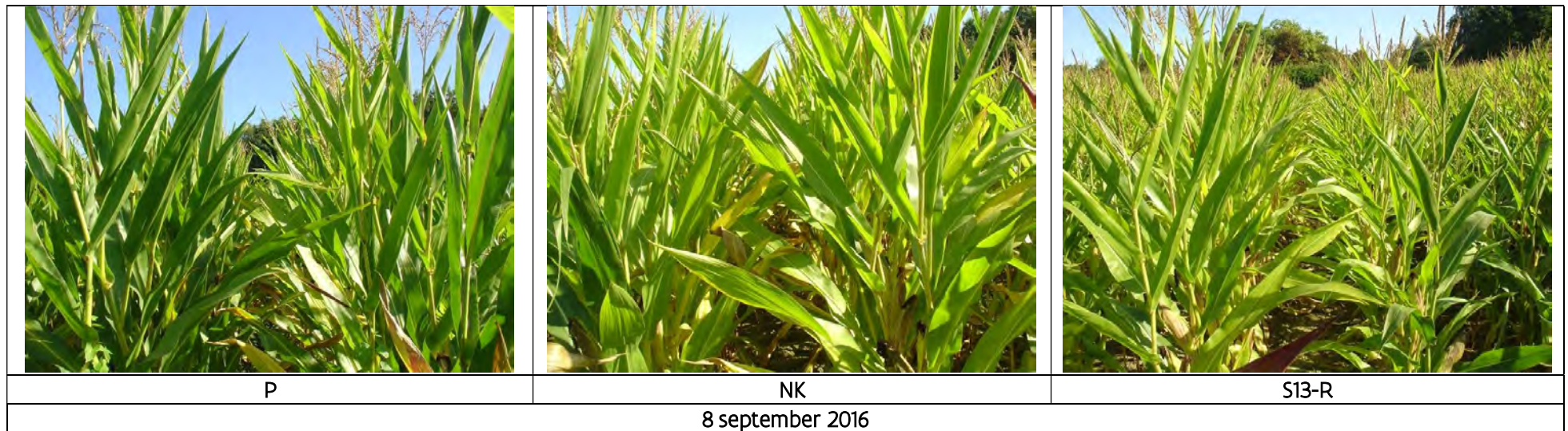


P

Detail waterplassen tussen S23 en NK

S23v

17 juni 2016



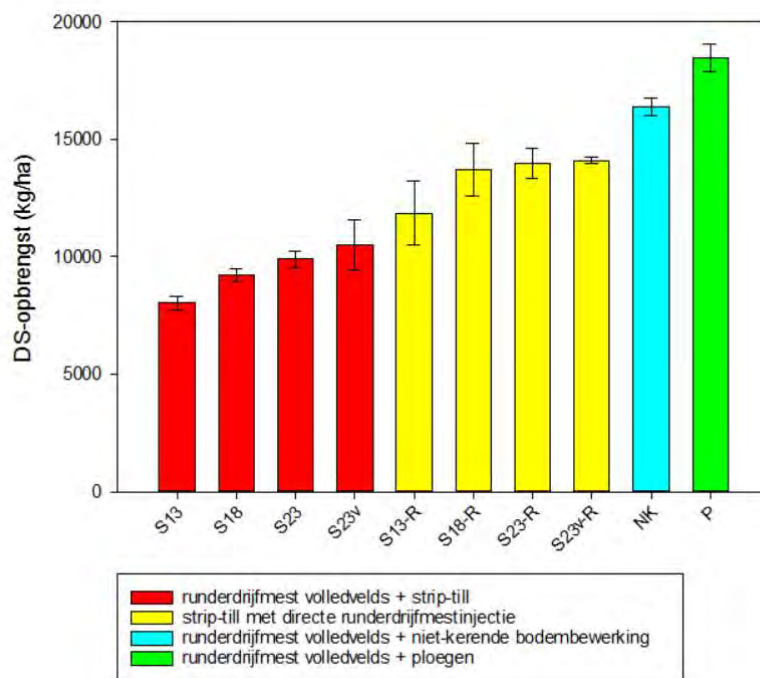
Figuur 65: Foto's van de maïsplanten voor enkele behandelingen op 31 mei, 17 juni en 8 september 2016.

Vanaf de 2^e helft van juni, was een duidelijke groeiachterstand merkbaar bij de maïsplanten in alle strip-tillbehandelingen in vergelijking met ploegen. Dit was visueel merkbaar onder de vorm van kortere stengels en gelere bladeren. Het onderscheid tussen behandelingen P en NK bleef klein op dit moment. Kort voor de oogst, op 8 september werden de verschillen tussen de behandelingen uitvergroot. De lengte van de stengels in behandelingen P en NK was gelijk, maar het gewas stond duidelijk geler in behandeling NK. Alle strip-tillbehandelingen hadden kortere stengels en een gelere kleur. Binnen de strip-tillbehandelingen stonden de behandelingen S13, S18, S23, S23v en S13-R veel slechter (stengelhoogte 1,75 m ongeveer) dan S18-R, S23-R en S23v-R. Dit zijn duidelijk tekenen van N-gebrek en dit had zijn effect op de gewasopbrengst (zie verder).

Op 19 september 2016 werd de opbrengst bepaald van de veldproef. De opbrengstbepaling werd verricht met een proefveldhakselaar met automatische staalname en weging. In iedere veldje werden de 2 middelste maïsplanten geoogst over de volledige afstand van het veldje (15 m, zie proefplan). Dit om randeffecten te voorkomen en eventuele verschillen in het afleggen van meststoffen in de rij door de zaaimachine. De 2^e en 3^e rij worden immers gelijk gezaaid in dezelfde werkgang, maar bemest uit een andere kunstmestbak op de zaaimachine. Het DS-gehalte werd bepaald door een staal van 1 kg gehakselde maïs 72 uur te drogen in een droogstoof bij 70°C. In Tabel 21 en Figuur 66 worden de gewasopbrengst weergegeven per behandeling.

Tabel 21: Overzicht van de gemiddelde gewasopbrengst (\pm standaardfout; n=4) per behandeling op 19 september 2016. De behandelingen die significant verschillend zijn van elkaar (Tukey HSD, $p < 0,05$) zijn aangeduid met een verschillende letter.

Behandeling	DS-opbrengst kg/ha		DS-gehalte %		Relatieve DS-opbrengst %
S13	8 029 (± 283)	a	38,4 ($\pm 0,7$)	ab	43,5
S13-R	11 868 ($\pm 1 348$)	bc	40,1 ($\pm 0,7$)	abc	64,3
S18	9 214 (± 256)	ab	38,2 ($\pm 0,9$)	ab	49,9
S18-R	13 711 ($\pm 1 115$)	cd	40,6 ($\pm 0,4$)	bc	74,3
S23	9 913 (± 344)	ab	37,6 ($\pm 0,3$)	a	53,7
S23-R	13 991 (± 655)	cd	40,5 ($\pm 0,3$)	abc	75,8
S23v	10 501 ($\pm 1 053$)	abc	38,6 ($\pm 0,7$)	ab	56,9
S23v-R	14 110 (± 119)	cd	39,4 ($\pm 0,3$)	bc	76,4
NK	16 404 (± 383)	de	41,4 ($\pm 0,4$)	c	88,8
P	18 463 (± 597)	e	41,9 ($\pm 0,3$)	c	Referentie (=100)



Figuur 66: De gemiddelde DS-opbrengst (\pm standaardfout; $n=4$) van de gehakselde kuilmaïs per behandeling op 19 september 2016. De kleurcodes geven de verschillende types bemesting en bodembewerking aan.

Het DS-gehalte van de gehakselde maïs lag in de buurt van 40%. Dit is in principe reeds voorbij het optimale oogstvenster (35%DS). Ondanks de vervroeging van de oogst, was de afrijping van de maïs dermate snel door het droge, warme weer van de septembermaand, dat dus nog iets te laat werd geoogst.

Ondanks de slechtere condities van het perceel en het zeer slechte maïseseizoen werd toch nog een DS-opbrengst van 18 463 kg DS/ha gehaald in de geploegde behandeling P. Wat visueel merkbaar was aan het gewas, werd ook bevestigd in de opbrengst. Alle andere behandelingen hadden een sterk lagere opbrengst. Enkel behandeling NK kwam in de buurt van de opbrengst van behandeling P, maar ook in NK werd een opbrengstderiving van >10% vastgesteld.

In Figuur 66 is ook goed te zien dat de DS-opbrengst toeneemt, naarmate de bewerkingsdiepte van de strip-tillmachine toeneemt. Ook door de injectie van de drijfmest in de rij is een heel duidelijke toename in opbrengst waar te nemen. Op de factoren "drijfmestinjectie in de rij" en "bewerkingsdiepte" werd een two-way ANOVA uitgevoerd. Deze factoren waren significant, de interactieterm niet. Het resultaat van deze statistiek wordt weergegeven in Tabel 22. Hieruit blijkt dat de rijbemesting voor significante toename (gemiddeld 30% meeropbrengst) in opbrengst zorgt. Ondanks de toename in opbrengst bij toenemende diepte van bewerking zijn enkel de behandelingen met een bewerkingsdiepte van 13 cm en de behandelingen met een bewerkingsdiepte van 23 cm met de gemonteerde vleugels, significant verschillend van elkaar.

Tabel 22: Effect van de bewerkingsdiepte en rijbemesting in de strip-tillbehandelingen. De waarden die worden weergegeven zijn de gemiddelde DS-opbrengst (\pm standaardfout; $n=4$). De behandelingen die significant verschillend zijn van elkaar (Tukey HSD, $p<0,05$) zijn aangeduid met een verschillende letter. De factor rijbemesting \times bewerkingsdiepte was niet significant.

Drijfmestinjectie in de rij	DS-opbrengst kg/ha
Nee (S13, S18, S23 en S23v)	9 414 a (± 354)
Ja (S13-R, S18-R, S23-R en S23v-R)	13 420 b (± 480)

Bewerkingsdiepte	DS-opbrengst kg/ha
13 cm (S13 en S13-R)	9 948 a (± 966)
18 cm (S18 en S18-R)	11 463 ab ($\pm 1 001$)
23 cm (S23 en S23-R)	11 952 ab (± 843)
23 cm + vleugels (S23v en S23v-R)	12 306 b (± 840)

Enige voorzichtigheid dient in acht genomen te worden met betrekking tot deze resultaten:

- In alle strip-tillbehandelingen is de opbrengst laag. Het effect van de rijbemesting kan vergroten of verkleinen, indien de condities van het perceel beter zouden zijn en de opbrengst korter bij de geploegde behandeling aanleunt.
- De resultaten laten uitschijnen dat de opbrengstderving kan ingeperkt worden bij strip-till, bij diepere bewerkingen. Visuele beoordeling gaf aan dat de maïswortels op dit perceel weinig of niet wortelden in de niet bewerkte tussenstroken, maar grotendeels in de bewerkte strook bleven. Bovendien geven de penetrogrammen van 30 juni duidelijk meer compactie aan bij de strip-tillbehandelingen. Mogelijk is de opbrengststijging door dieper te bewerken te wijten het effect van een groter bewortelbaar volume in de bewerkte strook.

3.7 Conclusies

Bij aanvang van dit proefveld werden een aantal onderzoeksvragen naar voor geschoven. Op basis van de hierboven beschreven resultaten, wordt getracht een beknopt antwoord te formuleren op deze vragen.

1. Is er een opbrengstderving te verwachten bij strip-till? Aan wat is deze te wijten en hoe verhoudt de opbrengst zich tot de situatie bij ploegen en niet-kerende bodembewerking?

Er is zeer duidelijk een opbrengstderving mogelijk bij het toepassen van strip-till. Er werd een opbrengstderving vastgesteld die schommelde tussen 24 en 56% DS-opbrengst in verhouding tot de geploegde behandeling. Ook de behandeling met niet-kerende bodembewerking kende een opbrengstderving van 11% DS-opbrengst in vergelijking met de geploegde behandeling. Deze opbrengstderving is vermoedelijk aan meerdere zaken te

wijten. In het perceel is een zware ploegzool aanwezig. De ploegzool werd gedeeltelijk weggewerkt in P en NK, maar helemaal niet in de strip-tillbehandelingen. De bodembewerking werd in alle behandelingen in iets te natte omstandigheden uitgevoerd, bovendien laat winterrogge een vrij stugge grond na. Hierdoor werkte de bodem soms zeer slecht op in de bewerkte stroken van de strip-tillbehandelingen en werden geen goede condities gecreëerd. Bij de niet-kerende bodembewerking was dit aan het bodemoppervlak geen groot probleem, maar werd de bodem in de diepte misschien te weinig "gebroken", maar eerder versneden. Bij de geploegde behandeling, kwam dit probleem niet voor. Bij het graven van een ondiepe profielput werd duidelijk dat de bodem tussen de bewerkte stroken van de strip-tillbehandelingen erg "vast" lag, weinig poriën bevatte en niet beworteld werd. We kunnen besluiten dat een goede fysische bodemconditie voor de start van de strip-tillbehandelingen, een voldoende droge grond bij bewerken en keuze van de groenbedekker belangrijke factoren zijn om strip-till te laten slagen. Bovendien moet ook aandacht besteed worden aan het verlagen van de bodemdruk tijdens drijfmestinjectie en zaai.

2. Wat is de meerwaarde van drijfmestinjectie bij strip-till, in vergelijking met drijfmest vollevelds in combinatie met strip-till?

Er werd een significante meeropbrengst aan drogestof vastgesteld van gemiddeld 30%. Dit bewijst dat er een enorme meerwaarde is van het toepassen van de drijfmestinjectie in de rij bij strip-till. Er dient wel opgemerkt te worden dat dit effect kleiner kan zijn in situaties waarbij het maïsgewas beter de volledige bouwvoor kan doorwortelen en/of waarbij de opbrengstderving bij strip-till beperkter is.

3. Is er een ideale bewerkingsdiepte voor maïs in strip-till?

Op basis van dit proefveld kan geen éénduidige conclusie getrokken worden hierover. De DS-opbrengst neemt ogenschijnlijk toe met de bewerkingsdiepte. Door dieper te bewerken neemt het bewortelbaar volume toe. Het is onduidelijk of we dit effect ook hadden gezien als de onbewerkte stroken doorwortelbaar waren geweest.

4 Kuilmaïs Vollezele: zaai met graanzaaicombinatie en niet-kerende bodembewerking

Thijs Vanden Nest, Greet Ruyschaert (ILVO)

4.1 Doelstelling van de veldproef

Dit proefveld werd aangelegd op vraag van de landbouwer om de zaai van maïs met een zaaicombinatie (rotoreg + mechanische graanzaaimachine) te testen als strategie om erosie te beperken. In de veldproef die hiervoor werd uitgevoerd werd de klassieke rijenzaai van maïs vergeleken met zaai door zaaicombinatie in zowel ploegen als niet-kerende bodembewerking. Bij aanvang van de veldproef werden volgende onderzoeksvragen vooropgesteld:

1. In welke mate wordt bodemerosie beperkt door de zaaicombinatie –al dan niet in combinatie met een éénmalige niet-kerende bodembewerking- te gebruiken in plaats van de klassieke maïszaaimachine?
2. Wat zijn de teelttechnische knelpunten van de zaai met de zaaicombinatie?
3. Zijn er verschillen in gewasopkomst en gewasgroei tussen de teelttechnieken?
4. Is er opbrengstderving te verwachten bij gebruik van de zaaicombinatie, al dan niet in combinatie met een éénmalige niet-kerende bodembewerking?

Op basis van de onderzoeksresultaten, beschreven in dit rapport, wordt bij de conclusies een antwoord geformuleerd voor iedere onderzoeksvraag.

4.2 Beschrijving perceel

4.2.1 Situering landbouwbedrijf

De hoofdzetel van het landbouwbedrijf waar deze veldproef werd aangelegd, is gelegen te Herne. De meeste percelen van dit bedrijf bevinden zich in Herne en Galmaarden en hebben een leemtextuur. Het landbouwbedrijf is een vleesveebedrijf. De teelten zijn permanent grasland, tijdelijk grasland, kuilmaïs, wintertarwe en op een beperkte oppervlakte voederbiet en spelt. Het vleesvee wordt gehouden in potstallen. Zodoende beschikt het bedrijf over veel stalmest.

De percelen die niet onder graslandbeheer zijn worden in hoofdzaak afwisselend beteeld met kuilmaïs en wintertarwe. Na de oogst van wintertarwe en het inhalen van het stro wordt een beperkte hoeveelheid stalmest ingewerkt bij ontstoppelen en een groenbemester (gele mosterd) ingezaaid. In het voorjaar wordt opnieuw stalmest ingewerkt. Na ploegen in het voorjaar, wordt klaar gelegd met de rotoreg en kuilmaïs met de klassieke pneumatische maïszaaimachine gezaaid. Na oogst van de kuilmaïs, wordt geploegd en wintertarwe gezaaid met een klassieke mechanische graanzaaimachine.

In het bedrijf werd reeds een aantal jaar geëxperimenteerd met (ondiepe) niet-kerende bodembewerking in kuilmaïs (meerdere jaren na elkaar) op een oude weide. Hiervoor werd een cultivator van het type Lemken Smaragd (zie verder) gebruikt. Daarnaast was ook al geëxperimenteerd met de zaai van maïs met de zaaicombinatie.

4.2.2 Bodemkenmerken en bodemverdichting op 12 april 2016

Regio: Vollezele

Bodemtextuur: Leem

Bodemkaart:

Blok A: Abp (droge leembodem zonder profiel)

Blok B, C en D: AbB (droge leembodem met textuur B of structuur B horizont)

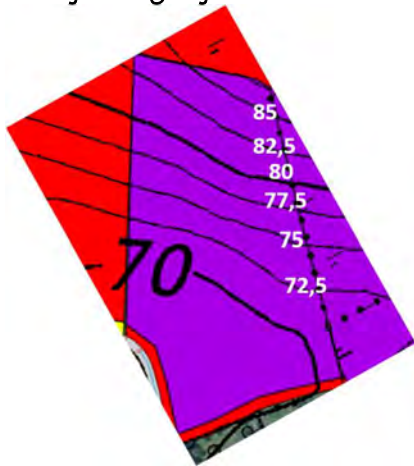
Erosieklasse: Paars

Voorvrucht: Wintertarwe

Groenbemester/vanggewas: Gele mosterd

Helling perceel: 12,1-18,7% (blokken C en D)

Kaartje hoogtelijnen:



Het perceel oogt aan als een oude weide gezien de ligging en randen, maar wordt al minstens 30 jaar als akkerland bewerkt. Sinds de landbouwer dit in gebruik heeft (20 jaar) werd er voornamelijk kuilmaïs en wintergranen geteeld. De basisbemesting was steeds runderstalmest. Het feit dat veel wintergraan in de vruchtwisseling zit en jaarlijks stalmest wordt aangebracht, komt ten goede van het gehalte aan bodemorganische stof. Dit perceel wordt normaal steeds geploegd (loodrecht op de hoogtelijnen). De landbouwer geeft ook aan dat bij afrijping van de gewassen zeer goed merkbaar is dat op de helling (blokken C en D, zie verder en Figuur 69), de gewassen sneller afrijpen en drogen, dan onderaan het perceel (blok A). Dit is het gevolg van de vochtverdeling over het perceel. Onderaan de perceelsrand bevindt zich ook een beek.

De gele mosterd die als vanggewas in 2015 werd ingezaaid, was goed ontwikkeld en vroom ook dood tijdens de winter. Begin april werd de bodem bemest met stalmest, dat werd ondergewerkt met een vaste tandcultivator (Lemken Smaragd). Figuur 67 geeft een beeld van het bodemoppervlak op 12 april. Op dit moment werden bodemstalen genomen van de bouwvoor (0-30 cm) en werd de indringingsweerstand tot 80 cm diep bepaald.



Figuur 67: Zicht op het perceel op 16 februari 2016 (boven) en toestand van het bodemoppervlak 12 april 2016.

In Tabel 23 wordt een overzicht gegeven van de chemische bodemtoestand op 12 april 2016. Het koolstofgehalte ligt in de streefzone en in blokken A en B (Figuur 69) zelfs kort tegen de bovengrens van de streefzone. De bodemzuurtegraad bevindt zich net in of net onder de streefzone. Dit geeft aan dat de bodem in goede conditie is en dat de bodem in zekere mate gewapend is tegen erosie. De bodemvoorraad aan P en Ca ligt in de streefzone en de bodem bevindt zich daarmee in fosfaatklasse II. Het K- en Mg-gehalte bevindt zich sterk boven de streefzone. Het Na-gehalte ligt lager dan de streefzone.

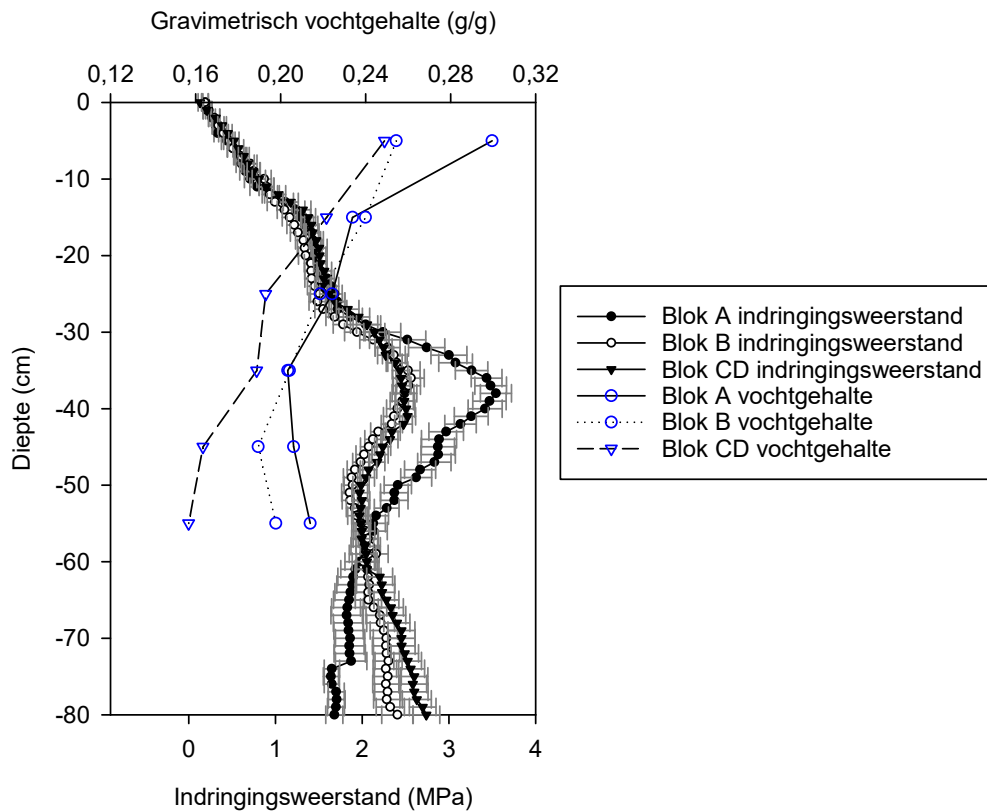
Tabel 23: Overzicht van de algemene chemische bodemtoestand per blok voor de lagen 0-30cm. P, K, Mg, Ca en Na werden gemeten in een ammoniumlactaat-extract. De streefwaarden voor leemgrond werden overgenomen van Maes et al., 2012¹.

Blok	Laag cm	C %	pH-KCl	N _{tot} %	C/N	mg/100g				
						P	K	Mg	Ca	Na
A	0-30	1,5	6,4	0,12	12	17	32	26	195	2,0
B	0-30	1,5	6,5	0,13	12	15	29	27	232	2,4
CD	0-30	1,2	6,8	0,10	11	11	26	32	337	2,6
Streefzone	0-23	1,2-1,6	6,7-7,3	-	-	12-18	14-20	9-14	160-350	3,1-6,0

In Figuur 68 wordt de indringingsweerstand per blok weergegeven evenals het gravimetrisch bodemvochtgehalte op hetzelfde moment (12 april 2016). Het gravimetrisch vochtgehalte was over de volledige diepte van het perceel op de helling (blok CD) lager dan in blok A en B. In de bovenste 10 cm was het gravimetrisch vochtgehalte in blok A hoger dan in blok B. Dit was zoals verwacht.

Uit het penetrogram blijkt dat de indringingsweerstand geleidelijk aan toeneemt tot 1,5-2,0 MPa op 25-30 cm diepte. Tussen 30 en 45 cm diepte is er een ploegzool aanwezig. Voor de blokken B, C en D is deze vrij beperkt (tot ongeveer 2,5 MPa), voor blok A is deze iets groter (tot 3,5 MPa). Gezien het perceel steeds natter is onderaan (blok A), dan op de helling (B, C en D), is deze ploegzool in blok A mogelijk iets sterker aanwezig omdat er steeds geploegd wordt in nattere omstandigheden dan op de helling. Beneden de 40 cm, zit de indringingsweerstand steeds onder 3,0 MPa. Daarom wordt aangenomen dat er geen verdichte lagen zijn die de groei gaan beperken.

¹ Maes, S., Elsen, A., Tits, M., Boon, W., Deckers, S., Bries, J., Vogels, N., Vandendriessche, H, 2012, Wegwijs in de bodemvruchtbaarheid van de Belgische akkerbouw- en weilandpercelen (2008-2011), Bodemkundige Dienst van België.

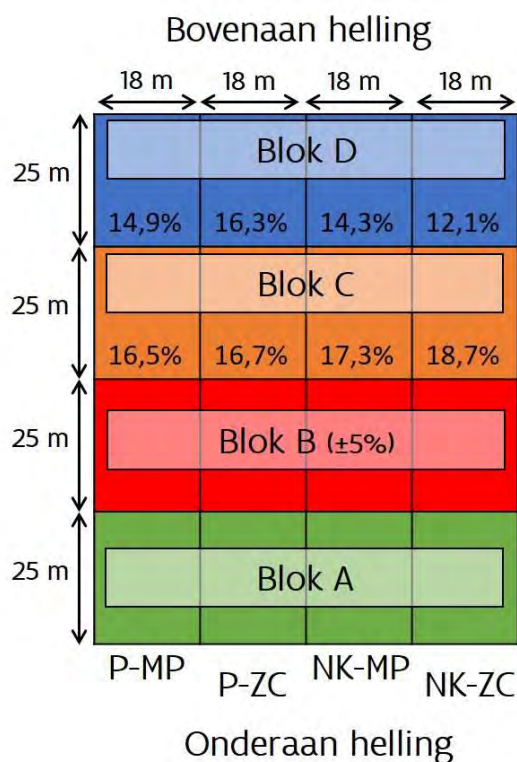


Figuur 68: Indringingsweerstand en gravimetrisch vochtgehalte in de blokken A, B en CD van de veldproef. De indringingsweerstand werd gemeten met een penetrolgger (32 steken in kruisverband per blok) tot 80 cm diepte. De grafiek geeft de gemiddelde indringingsweerstand (\pm standaardfout) aan per cm diepte. Het vochtgehalte werd per blok en per laag van 10 cm bepaald.

4.3 Beschrijving veldproef

4.3.1 Opbouw en logboek

De veldproef werd aangelegd als een strokenproef met 4 pseudoherhalingen (Blokken A, B, C en D) (Figuur 69). De opbrengstbepaling en de tussentijdse waarnemingen gebeurden in de 4 blokken. De veldjes waar geulerosie werd opgemeten, beperken zich tot de blokken met de steilste helling (C en D).



Figuur 69: Proefplan van de veldproef kuilmaïs te Vollezele, 2016. De proef bestaat uit 4 stroken van 18 m breed. De lettercode geeft de verschillende behandelingen per strook aan (zie 4.3.2). De blokken verwijzen naar de blokken die werden gekozen voor opbrengstbepaling. De cijfers geven het gemiddelde hellingspercentage aan. Blok A was bijna volledig vlak. Voor de bodemanalyse en indringingsweerstand voor aanleg van de proef werden blok C en D samen genomen.

In Tabel 24 wordt het logboek van de activiteiten in deze veldproef weergegeven. De behandelingen worden verder in de tekst toegelicht onder punt 3.2. De herbiciden en datum van onkruidbestrijding zijn niet vermeld in de tabel.

In Tabel 25 wordt een overzicht gegeven van de normale gemiddelde temperatuur (periode 1981-2010) en de normale totale neerslag (1981-2010), en de afwijking die vastgesteld werd in 2016 per maand in de regio Vollezele. Deze cijfers werden gebaseerd op de maandelijkse verslaggeving van het KMI. Op het proefveld zelf werd geen weerstation geplaatst. Uit Tabel 25 blijkt dat de neerslag in april en mei weinig afweek van de normale gemiddelde neerslag. De maand juni was erg nat, met een hoeveelheid neerslag die dubbel zo hoog lag dan normaal. Dit had echter weinig negatief effect op de jeugdgroei van de maïs op dit perceel. September werd gekenmerkt door een droge, warme periode. Hierdoor verliep de afrijping van de maïs plots heel snel en kon reeds in de 2^e helft van september de kuilmaïs worden gehakseld.

Tabel 24: Overzicht van de activiteiten op de veldproef per datum

Datum	Behandeling	Activiteit
1 ^e week april	Alle	Uitspreiden runderstalmest (± 30 ton/ha) Inwerken (bevroren) gele mosterdresten en stalmest met Lemken Smaragd (± 15 cm)
7 mei	P-MP en P-ZC NK-MP en NK-ZC	Ploegen (30 cm) Niet-kerende bodembewerking met Lemken Smaragd (15-25 cm)
8 mei	Alle	Kunstmest breedwerpig strooien (500 kg/ha 12-4-20) 60 kg N/ha, 20 kg P ₂ O ₅ /ha, 100 kg K ₂ O/ha
	P-MP en NK-MP	Zaaibed klaar leggen met rotoreg (1 passage 1000tpm) + zaaien met klassieke maïsplanter (zaaidichtheid 100 000 zaden/ha, tussenrijafstand 75 cm, zaaidiepte 5-6 cm)
	P-ZC en NK-ZC	Zaaibed klaarleggen en zaaien in 1 werkgang (rotoreg 1000tpm, zaaidichtheid 100 000 zaden/ha, tussenrijafstand 15 cm, zaaidiepte 3-4 cm)
18 mei	Alle	Waarnemingen van bodembedekking en bodemruwheid
1 juni	Alle	Telling van de gewasopkomst
21-22 juni	Alle	Opmeting van de geulerosie
26 september	Alle	Opbrengstbepaling

Tabel 25: Overzicht van de gemiddelde maandelijkse temperatuur en neerslag in de periode 1981-2010 in de regio van het proefveld en de maandelijkse afwijking hiervan in 2016 in de maanden van aanleg tot oogst van de veldproef (bron: KMI).

Maand	Gemiddelde temperatuur		Gemiddelde neerslag	
	Jaar 2016 (°C)	Afwijking (°C) t.o.v. 1981-2010	Jaar 2016 (mm)	Afwijking (%) t.o.v. 1981-2010
April	8,5-9,0	-1,0	60-70	110-120
Mei	14,0-14,5	2,0	90-100	140-160
Juni	16,5-17,0	1,5	120-140	150-200
Juli	18,5-19,0	1,5	20-40	20-40
Augustus	18,0-18,5	1,0	40-50	60-70
September	18,0-18,5	3,5	5-10	10-15

4.3.2 Beschrijving van de behandelingen

In alle behandelingen werden dezelfde hoeveelheid meststoffen toegediend, dezelfde onkruidbestrijding toegepast en hetzelfde ras gezaaid aan een bij benadering zelfde zaaidichtheid van 100 000 zaden/ha. In alle behandelingen was weinig onkruid aanwezig en was de onkruidbestrijding totaal.

4.3.2.1 P-MP: ploegen en zaaien met klassieke maïsplanter

Deze behandeling werd opgezet als referentiebehandeling en is wat de landbouwer ook normaal doet op dit perceel. De bodem werd met de klassieke ploeg op 30 cm diepte geploegd. Het zaaibed werd bereid met een rotoreg met kooirol in 1 passage aan een toerental van 1000tpm. De maïs werd gezaaid met een 6-rijige

machine in een aparte werkgang en hier werd geen rijbemesting toegepast. Na controle bleek de zaaidiepte op ongeveer 5 tot 6 cm te liggen.

4.3.2.2 P-ZC: Ploegen en zaaien met een zaai combinatie rotoreg-mechanische zaaimachine voor granen

In deze behandeling werd de bodem geploegd net als in behandeling P-MP. Het zaaibed werd klaar gelegd in 1 werkgang samen met het zaaien met een mechanische zaaimachine zoals dat ook voor winter- en zomergranen zou gebeuren (Figuur 70). Hierbij werd dezelfde rotoreg met kooirol (1000tpm) gebruikt als in behandeling P-MP. Er werd vooraf een afdraaioproef gedaan met de mechanische zaaimachine, maar deze kon niet preciezer worden afgesteld dan 100 000 tot 104 000 zaden/ha. De zaaidichtheid per hectare zat goed, maar lokaal waren duidelijk verschillen te zien in plaatsing van het zaad. Soms waren er volledig open plekken, soms werden 2 zaadjes op elkaar afgelegd. Dit was goed te merken bij de opkomststelling (zie verder). De zaaidiepte bedroeg na controle 3 tot 4 cm. Sporadisch was een maïszaadje op te merken dat niet goed gedekt was met aarde, maar dit was zeer beperkt (Figuur 71).



Figuur 70: De opbouw van de van een zaai combinatie zoals deze ook werd ingezet in de proef.



Figuur 71: Slecht bedekt zaadje, waar de maïs werd gezaaid met de zaai combinatie.

De landbouwer gebruikte reeds in het verleden de zaai-combinatie om maïs te zaaien. Dit lukte goed, gaf geen zichtbare opbrengstderving en de oogst met rijonafhankelijk maïsschoot op de hakselaar gaf geen problemen. Wat echter wel een knelpunt is, is de onkruidbestrijding indien deze zonder GPS gebeurt. Bij winter- of zomergranen is de zaaidichtheid voldoende hoog om heel duidelijk de zaalijnen te zien. Zodoende kunnen deze gebruikt worden om de rijrichting bij bespuiting te oriënteren. Bij het gebruik van de zaai-combinatie in maïs wordt het plantenaantal per zaailijn zodanig klein dat de zaalijnen visueel slecht of zelfs helemaal niet te zien zijn. Op deze wijze is de chauffeur zijn oriëntatie kwijt.

4.3.2.3 NK-MP: niet-kerende bodembewerking en zaaien met klassieke maïsplanter

In deze behandeling werd de hoofdbodembewerking niet-kerend uitgevoerd. De landbouwer in kwestie is niet in het bezit van een diepgronder of ander aangepast toestel voor niet-kerende bodembewerking. Aangezien hij reeds goed resultaten haalde in het verleden met ondiepe niet-kerende bodembewerking, voerde hij de bodembewerking uit met de Lemken Smaragd die hij ook voor het inwerken van de stalmest en gele mosterd gebruikte. De vaste tandcultivator heeft 7 tanden op 2 rijen (werkbreedte 3 m) gevolgd door 8 schijven die de grove kluiten aarde verdelen en verkleinen en een kooirol die de opgewerkte aarde terug aandrukt (Figuur 72). De machine werd ingezet op een diepte van 15 tot 25 cm diepte. Deze machine is echter ontwikkeld voor stoppelbewerkingen en dus voor relatief ondiepe bodembewerking (10 cm). Bovendien wordt de bodem over de bewerkingsdiepte volledig door elkaar gemengd. Dit is dus geen ideale situatie voor niet-kerende bodembewerking. Best wordt iets dieper gewerkt (tot ploegdiepte) en wordt de bodem niet door elkaar gemengd.



Figuur 72: Lemken Smaragd, gelijkaardig aan het toestel dat door de landbouwer werd gebruikt voor niet-kerende bodembewerking.

Het zaaien werd met dezelfde zaaimachine uitgevoerd als in behandeling P-MP.

4.3.2.4 NK-ZC: niet kerende bodembewerking en zaaien met een zaai-combinatie rotoreg-mechanische zaaimachine voor granen

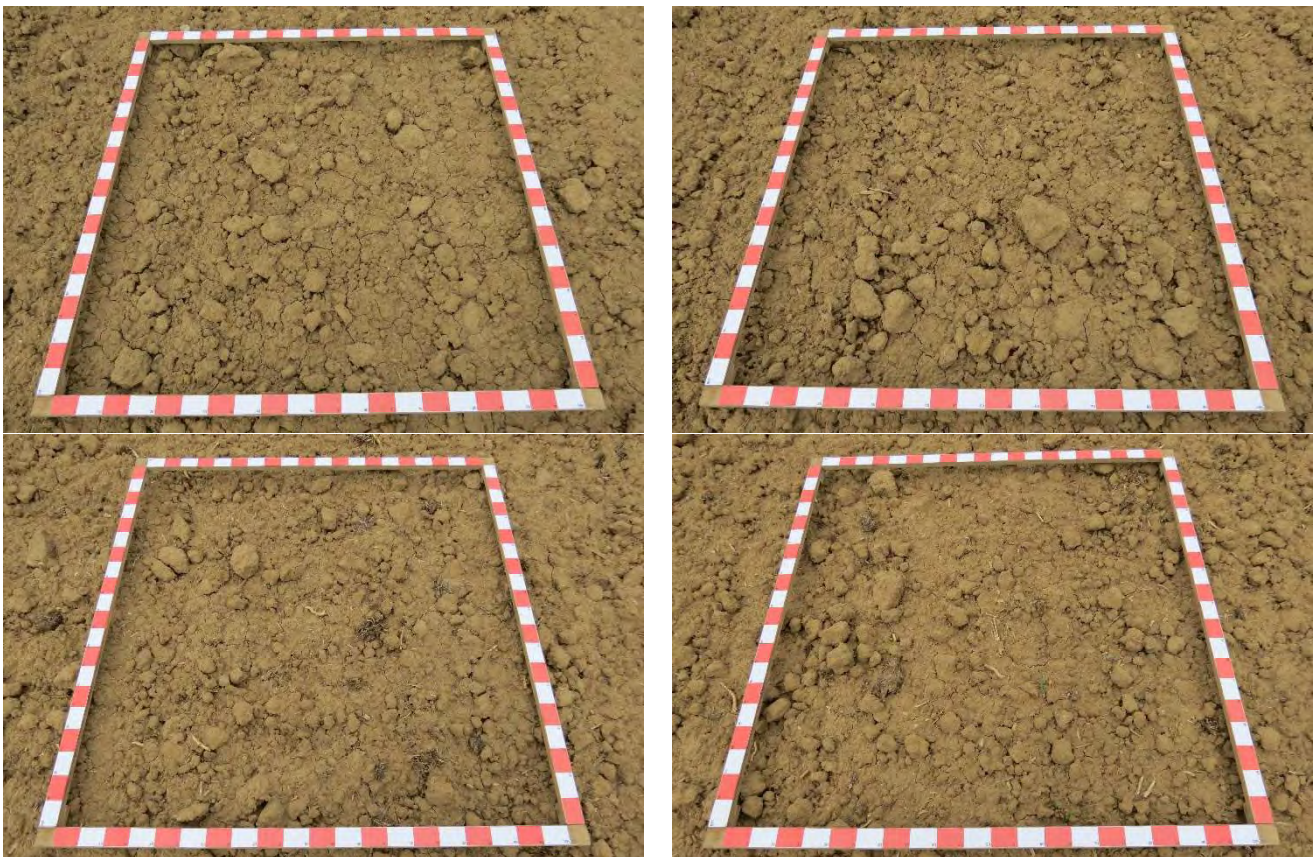
Bij deze behandeling werd de niet-kerende bodembewerking uitgevoerd zoals bij behandeling NK-MP en werd gezaaid zoals in behandeling P-ZC.

4.4 Bodembedekking en bodemruwheid (18 mei 2016)

4.4.1 Bodembedekking

Erosie kan voorkomen worden door het bodemoppervlak voldoende te bedekken met gewasresten die bodemdeeltjes ophouden en de kracht van inslaand en afstromend water temperen. Indien het bodembedekkingspercentage verhoogt is dit dus positief ter voorkoming van erosie.

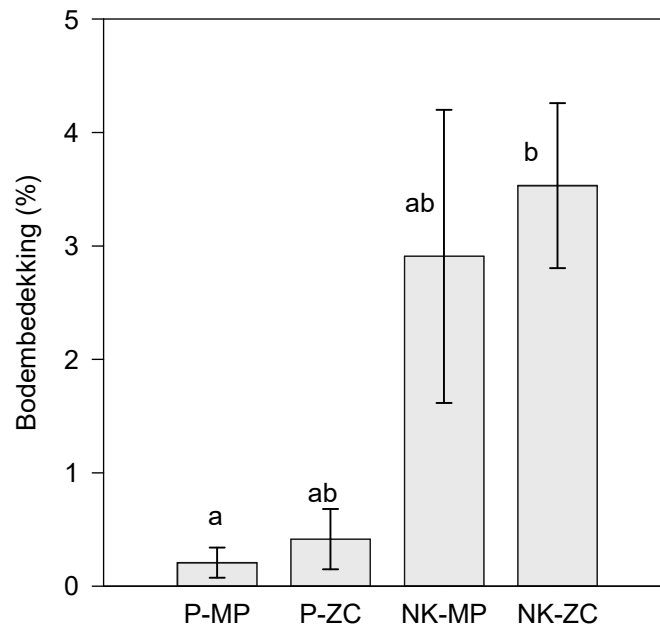
Na de zaai en voor de opkomst van de kuilmais werd de bodembedekking bepaald in 4 herhalingen volgens de blokken. Hierbij werd een foto van 1 m op 1 m genomen van het bodemoppervlak, met behulp van een kader. Op dit kader werden zowel in horizontale als verticale richting om de 5 cm lijnen getrokken. Er werd geteld hoeveel snijpunten tussen een horizontale en verticale lijn samen vallen met een stukje gewasrest of onkruid. Door dit procentueel uit te drukken kan een bedekkingsgraad van het bodemoppervlak worden berekend. Er werd een waarneming gedaan in alle veldjes. In Figuur 73 wordt van de 4 behandelingen een voorbeeldfoto uit blok C gegeven.



Figuur 73: Enkele voorbeelden van de bodembedekking op 18 mei 2016. Bovenaan links een object van behandeling P-MP (0,3% bedekking), bovenaan rechts een object van behandeling P-ZC (1,1% bedekking), Onderaan links een object van behandeling NK-MP (3,6% bedekking) en onderaan rechts een object van behandeling NK-ZC (2,8% bedekking). Alle foto's komen uit blok C. Het kader in de foto meet 1 m op 1 m.

In Figuur 74 wordt de bodembedekking weergegeven in percentage van de verschillende behandelingen. In geen enkele behandeling werden onkruiden geobserveerd. Het bodembedekkingspercentage is dus enkel te wijten aan de hoeveelheid gewasresten aan het bodemoppervlak. De bodembedekking is zoals verwacht hoger in de behandelingen met niet-kerende bodembewerking (NK-MP en NK-ZC), dan in de behandelingen met ploegen (P-MP en P-ZC). De bodembedekking is echter zeer laag in alle behandelingen (<5%). Ondanks de goed

ontwikkelde groenbemester en het aanbrengen van stalmest, blijven na zaai in de niet-kerende behandelingen maar weinig resten aan het bodemoppervlak over.



Figuur 74: Gemiddelde bodembedekking (\pm standaardafwijking; $n=4$) voor de 4 behandelingen na zaai op 18 mei. De significante verschillen worden aangegeven met een verschillende letter (Tukey HSD, $p<0,05$).

4.4.2 Bodemruwheid

Naast gewasresten aan het bodemoppervlak kan erosie ook verlaagd worden door het bodemoppervlak ruwer te leggen. Bij een ruwer bodemoppervlak, zorgen de kluiten ervoor dat minder snel verslemping optreedt en regenwater bij volgende buien gewoon oppervlakkig afstroomt. De microkuiltjes in het bodemoppervlak treden ook op als minuscule opvang van afstromend water en sediment en de kluiten breken de kracht van het afstromend water.

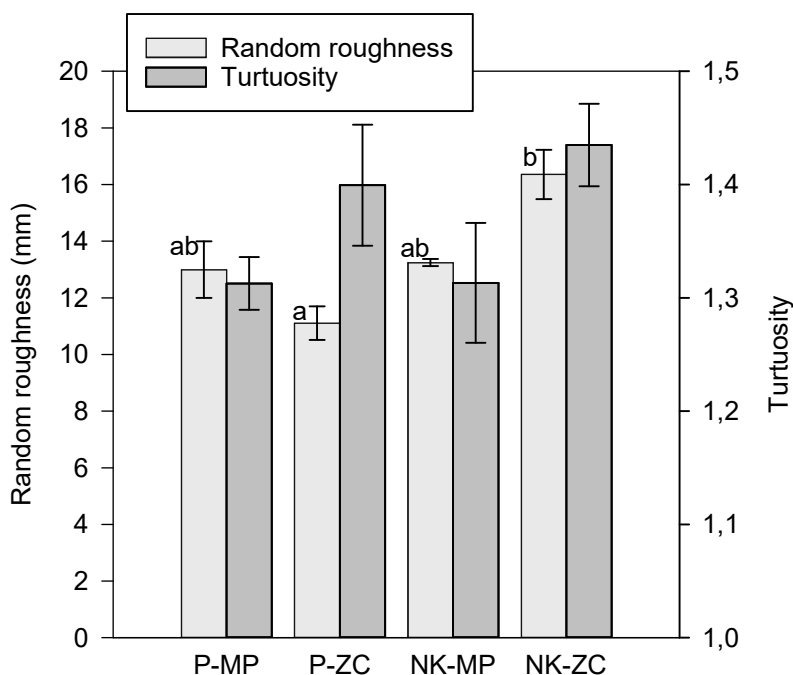
De ruwheid van het bodemoppervlak is visueel goed in te schatten, maar een score is niet altijd objectief. Daarom werd hier gebruik gemaakt van een pinmeter (Figuur 75; KU Leuven; Langhans et al., 2011¹) en beeldverwerking met het programma ImageJ om de parameters 'random roughness' en 'turtuosity' op te meten. De *random roughness* is uitgedrukt in mm en geeft aan in welke mate de posities op het bodemoppervlak verticaal van een perfect rechte lijn (gemiddeld) afwijken. De *turtuosity* heeft geen eenheid en geeft de afstand aan tussen een punt A en een punt B aan het bodemoppervlak indien men het (micro)reliëf van het bodemoppervlak zou volgen, in plaats van in 1 rechte lijn van punt A naar punt B te gaan. Bij een *turtuosity* van bv. 1,4 en een afstand van 1 m tussen punt A en punt B, zal men 1,4 m moeten afleggen indien het bodemoppervlak wordt gevolgd. Wanneer het bodemoppervlak perfect vlak is, liggen alle zwarte punten op 1 lijn en is er geen ruwheid. De *random roughness* is dan 0 mm en de *turtuosity* is gelijk aan 1. Hoe hoger beide waarden, hoe ruwer het oppervlak.

¹ Langhans, C., Govers, G., Diels, J., Leys, A., Clymans, W., Van den Putte, A., Valckx, J., 2011. Experimental rainfall-runoff data: Reconsidering the concept of infiltration capacity. *Journal of Hydrology* 399: 255-262

De pinmeter bestaat uit een bord met staafjes die we laten zakken tot het bodemoppervlak. Bovenaan het staafje is een zwart plastic hoesje bevestigd. Door een foto te nemen van de positie van deze zwarte punten op een witte achtergrond en de nodige beeldcorrecties uit te voeren, kan via ImageJ een berekening gemaakt worden van de individuele positie van ieder zwart punt en dus ieder punt op het bodemoppervlak ten opzichte van elkaar. Op basis van deze posities worden *random roughness* en *turtuosity* uitgerekend.



Figuur 75: Zicht op de pinmeter in behandeling NK-ZC, blok A.



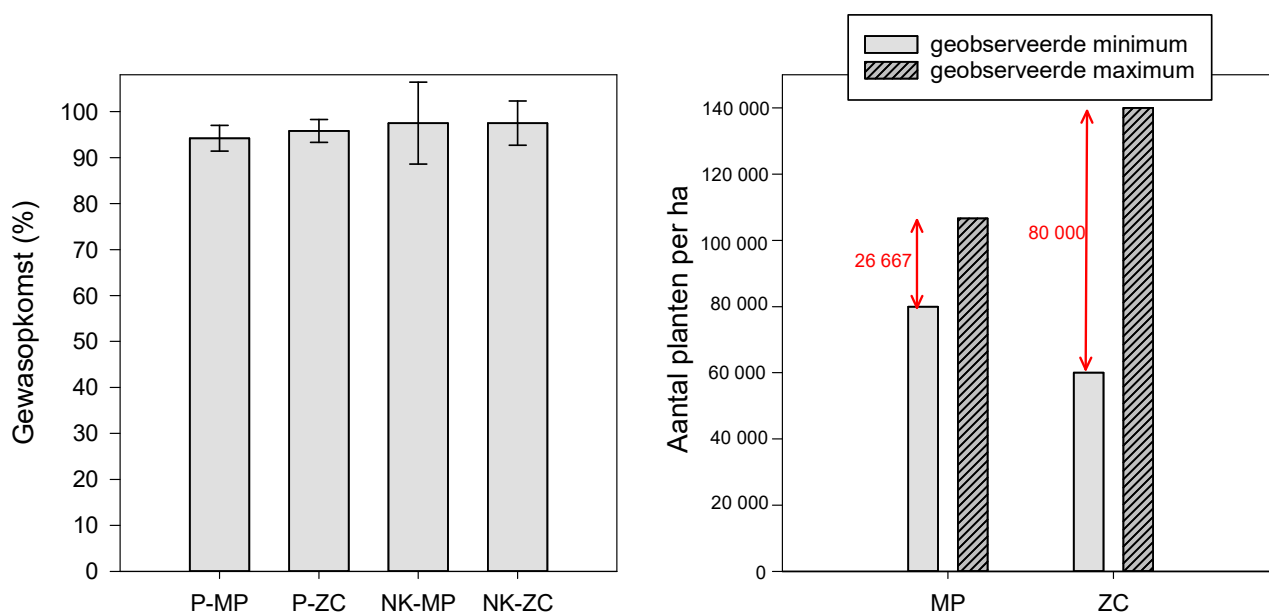
Figuur 76: Gemiddelde *random roughness* (\pm standaardfout; $n=3$) en gemiddelde *turtuosity* (\pm standaardfout; $n=3$) na zaai op 18 mei van de 4 behandelingen. De significante verschillen in *random roughness* worden aangegeven met een verschillende letter (Tukey HSD, $p < 0,05$). Er waren geen significante verschillen in *turtuosity*.

In Figuur 76 wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde *random roughness* en *turtuosity* van het bodemoppervlak per behandeling. De verschillen in bodemruwheid waren beperkt. Er werden geen verschillen vastgesteld in *turtuosity*. Ondanks dat de verschillen in *random roughness* niet zo groot waren, waren er toch significante verschillen tussen behandeling P-ZC en NK-ZC. Gezien in beide gevallen de zaaibedbereiding en

zaaitechniek identiek waren, lijkt dit te wijzen op een effect van de hoofd bodembewerking (ploegen versus niet-kerend). Doch tussen behandeling P-MP en NK-MP, waar ook enkel de hoofdbodembewerking verschilde van elkaar, werden geen verschillen in *random roughness* vastgesteld.

4.5 Gewasopkomst

Voor de opkomstbepaling in de behandelingen P-MP en NK-MP werd het aantal planten geteld over een afstand van 2 m van 2 rijen maïs van een verschillende zaaikouter. Voor de opkomstbepaling in de behandelingen P-ZC en NK-ZC werd 3 maal een telling uitgevoerd van het aantal planten in 1 m². Deze tellingen werden uitgevoerd in alle blokken van de proef. De gemiddelde opkomst schommelde afhankelijk van de behandeling tussen de 94% en de 98% (Figuur 77). Er werden geen significante verschillen vastgesteld tussen de behandelingen.



Figuur 77: De gemiddelde gewasopkomst (\pm standaardfout) per behandeling op 1 juni 2016 (links). De laagste en hoogste plantendichtheid die werden geobserveerd in behandelingen met de klassieke maïsplanter (MP) en de zaaicombinatie (ZC) (rechts). Het gewas bevond zich in het 4^e tot 6^e bladstadium. Er werden geen significante verschillen in gemiddelde opkomst tussen de behandelingen vastgesteld.

In Figuur 77 (rechts) wordt weergegeven hoeveel planten er werden geteld bij de observatie van het laagste en hoogste plantenaantal. Voor de behandelingen P-MP en NK-MP zit hier een verschil op van 26 667 planten/ha, maar voor de behandelingen P-ZC en NK-ZC zit hier een verschil op van 80 000 planten/ha. Deze grote verschillen zijn niet het gevolg van de gewasopkomst op zich, maar van de verdeling van de zaden over het perceel. Doordat slechts 100 000 zaden/ha moeten gezaaid worden, was de verdeling met de mechanische zaaimachine in behandelingen P-ZC en NK-ZC zeer slecht. Op sommige plekken werden te weinig zaden neergelegd en op andere te veel. Hoewel het aantal zaden/ha dus wel gemiddeld 100 000-104 000 zaden/ha is volgens de afdraaiproef, is de verdeling ervan slecht. Visueel waren op sommige plekken open ruimtes te zien en op andere plekken 2 tot 3 maïsplanten op dezelfde plaats gezaaid (Figuur 78).

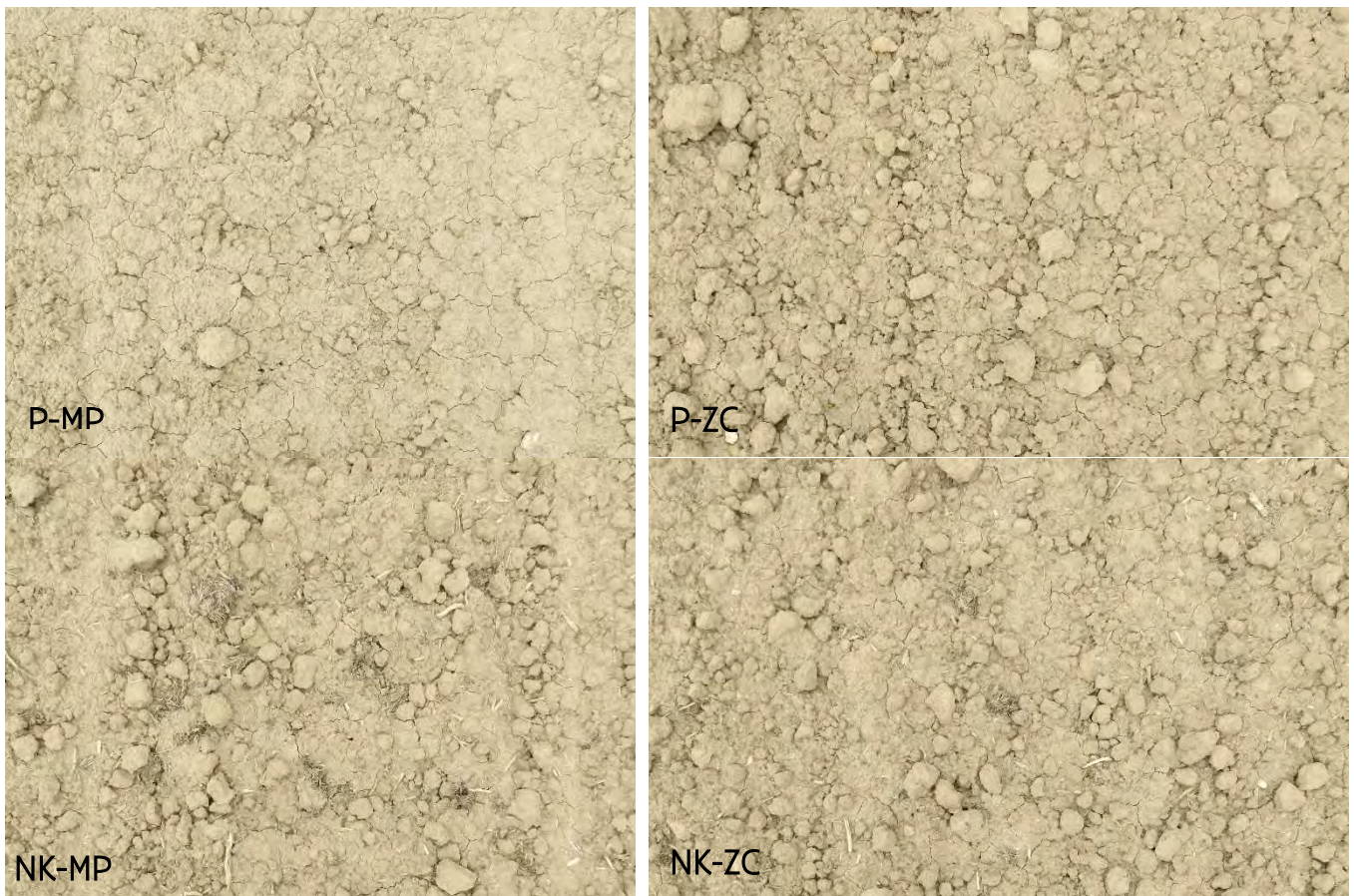


Figuur 78: Voorbeeld van de variatie in verdeling van de maïsplanten in behandeling NK-ZC.

4.6 Erosie

4.6.1 Beschrijving van de toestand op 18 mei, 1 juni en 21 juni 2016

Enkele dagen na de zaai was er een hevige onweersbui in de regio Vollezele (geen gegevens van neerslag beschikbaar), hierdoor was het bodemoppervlak tussen de grove kluiten toegeslagen. Het bodemoppervlak droogde in de dagen daarna uit. Er werd hierdoor een korst van ongeveer 1 cm dik gevormd, dat ook vele 'cracks' (scheurtjes) vertoonde (observatie **18 mei**, maïs kwam nog niet op). Er was hierin geen onderscheid te merken tussen de behandelingen. In de behandelingen P-MP en NK-MP was nog zichtbaar dat de kooirol van de rotoleg voor een reliëf zorgde, maar dit was zo beperkt dat dit vermoedelijk helemaal geen invloed meer zou hebben op run-off zoals dat wel het geval was in het proefveld van Maarkedal 2016. Er werden op 18 mei ook geen tekenen van erosie vastgesteld (Figuur 79).



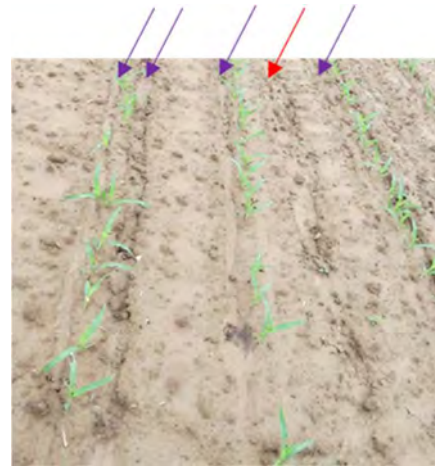
Figuur 79: Overzicht op het bodemoppervlak in Blok C voor alle behandelingen op 18 mei 2016.

Door de grote neerslaghoeveelheden (60 tot 70 l/m²) van 29-30-31 mei en **1 juni** (maïs in 4^e bladstadium) trad er sterke verslemping op. Op de grove kluiten na, was het volledige bodemoppervlak toegevoeid. Op dit moment werd erosie duidelijk vastgesteld (Figuur 80):

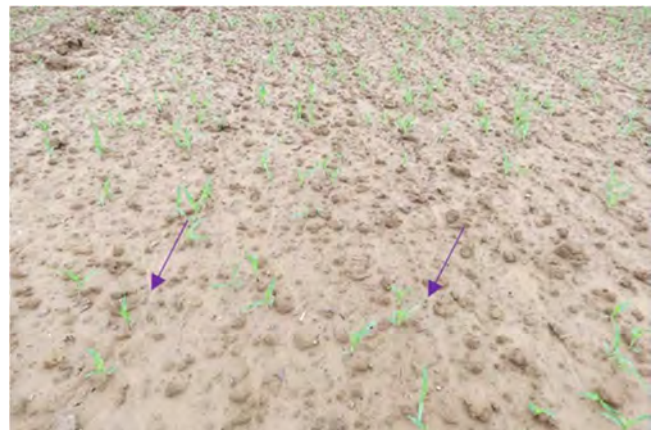
- **P-MP**
In alle bandensporen (rode pijlen) van bij de zaai was duidelijk erosie opgetreden en was onderaan sediment verzameld. Buiten de bandensporen was op ongeveer 5 cm van alle maïszaailijnen een erosiegeul (paarse peilen) zichtbaar. Op het steilste stuk waren er ook ondergrondse erosiegeulen aanwezig.
- **P-ZC**
Waar de bandensporen werden weggewist met de rotoeg, lag de grond wat fijner en was meer verslemping merkbaar. Er werden erosiegeulen (paarse peilen) gevormd, maar deze waren zeer ondiep (1-2 mm). De geulen gingen ook niet door tot onderaan het perceel. Het sediment werd dus meestal even verder hellingafwaarts weer afgezet.
- **NK-MP**
Net als in behandeling P-MP had duidelijk erosie plaats gevonden in de bandensporen (rode pijlen). Dit was vooral goed zichtbaar aan het sediment dat onderaan de bandensporen was verzameld. Op exact dezelfde positie naast de maïszaailijnen als bij behandeling P-MP, was de grond volledig toegevoeid (zwarte peilen). Ondanks tekenen van run-off waren hier geen erosiegeulen.

- **NK-ZC**

Net zoals bij behandeling P-ZC, lag de grond wat fijner waar de rotoeg de bandensporen had uitgewist en was wat meer verslemping merkbaar. Er werden geen erosiegeulen vastgesteld.



P-MP



P-ZC



NK-MP



NK-ZC

Figuur 80: Overzicht op de veldproef voor alle behandelingen op 1 juni 2016. Links een foto helling afwaarts van de behandeling, rechts een detailfoto.

Door de hogere neerslag dan normaal in de maand juni (zie eerder), bleef de erosie doorgaan zodat de erosiegeulen verder uitdiepten. Op 21 en 22 juni werden de geulen opgemeten. Ondanks de sterke verslemping van het bodemoppervlak, de erosie en de hoge hoeveelheden neerslag, ondervond de maïs weinig hinder in groei en was de gewasontwikkeling tijdens de jeugdgroei goed (Figuur 81).



Figuur 81: Zicht op behandeling P-MP links en P-ZC rechts op 21 juni 2016.

4.6.2 Opmeting van geulerosie op 21-22 juni 2016

Door aanhoudende regen in de maand juni, ontstonden op verschillende plekken in het proefveld erosiegeulen. In behandeling P-MP ontstonden zelfs enkele ondergrondse erosiegeulen. Deze geulen werd opgemeten op 21 en 22 juni 2016. De erosiegeulen werden volgens volgend protocol opgemeten. Loodrecht op de behandelingen werd op 4 plaatsen landdraad gespannen (3 plaatsen in blok D en 1 plaats in blok C). Op de plaatsen waar de landdraad een erosiegeul kruiste, werd de diepte, breedte en lengte van de geul opgemeten. Voor iedere behandeling werd zo het volume grond ingeschat dat in de geulen wegerodeerde. Het volume werd per behandeling samen geteld en op basis van de oppervlakte van het veldje en een vaste arbitrair gekozen bulkdensiteit ($1,4 \text{ kg/dm}^3$) omgerekend naar een hoeveelheid geulerosie in kilogram per ha. In Tabel 26 wordt deze erosie weergegeven, evenals het aantal geulen dat werd gedetecteerd per veldje.

Tabel 26: Overzicht van de hoeveelheid weggerodeerde bodem via geulerosie op 21-22 juni 2016 per behandeling. De hoeveelheid erosie is het volume grond dat uit de geul werd verplaatst vermenigvuldigd met een vooropgestelde bulkdensiteit van 1,4 kg/dm³. In de tabel wordt ook het aantal gedetecteerde geulen aangegeven.

	P-MP	P-ZC	NK-MP	NK-ZC
Geulerosie (kg/ha)	47 160	13 650	2 293	2 769
Geulen (aantal/behandeling)	16	25	4	5

Wat visueel werd vastgesteld op 1 juni en 21 juni, wordt bevestigd met de cijfers van de geulerosie. De combinatie ploegen en zaaien met de klassieke maïszaaimachine (P-MP) leidt tot de hoogste erosie. Erosiegeulen ontstaan in deze behandeling op enkele centimeters parallel met de maïszaailijn en in de bandensporen (Figuur 82). Door de zaai combinatie te gaan gebruiken na ploegen (P-ZC), worden wel meer geulen gevormd, maar ze zijn een heel pak kleiner. Hoewel de zaailijnen door het beperkt aantal maïsplanten per ha, visueel niet zichtbaar zijn wanneer de zaai combinatie wordt gebruikt, volgen een aantal erosiegeulen toch duidelijk de planten die helling afwaarts op de zelfde (zaai)lijn liggen (Figuur 82). De geulen zijn echter korter dan bij P-MP; de meegespoelde grond sedimenteert meestal weer even verder hellingafwaarts. Door de zaai combinatie in te zetten, wordt de geulerosie bij ploegen herleid tot minder dan 1/3 (Tabel 26).



Figuur 82: Zicht op de erosiegeulen bij behandeling P-MP (links) en bij behandeling P-ZC (rechts).

Ondanks dat in dit perceel slechts éénmalig een niet-kerende bodembewerking werd uitgevoerd, de bodembedekking met gewasresten zeer beperkt was en de verschillen in bodemruwheid tussen de behandelingen eerder klein was (zie eerder), was de hoeveelheid geulerosie in de behandelingen NK-MP en NK-ZC beperkt tot slechts $\pm 5\%$ van de geulerosie in P-MP. Onderling was er weinig verschil tussen de geulerosie in NK-MP en NK-ZC. Hier dient wel een belangrijke kanttekening bij gemaakt te worden. Bij NK-MP was er duidelijk sediment zichtbaar in de bandensporen onderaan de helling. Aangezien er weinig geulen werden opgemeten is dat vermoedelijk vooral afkomstig van 'sheeterosie'. We vermoeden dat de hoeveelheid erosie bij NK-MP dus wordt onderschat.

4.7 Opbrengstbepaling

Op 26 september 2016 werd de opbrengst bepaald van de veldproef. Hiervoor werden per veldje (behandeling x blok = 4 herhalingen), 2 rijen over een afstand van 5 m in de behandelingen P-MP en NK-MP en 8 m² in de behandelingen P-ZC en NK-ZC, handmatig geoogst door de maïsplanten af te kappen. Na weging van de verse opbrengst werden 8 maïsplanten gehakseld. Het vochtgehalte werd bepaald door 1 kg substraat 72 uur te drogen in een droogstoof bij 70°C.

Tabel 27: Overzicht van de gemiddelde gewasopbrengst (\pm standaardfout) per behandeling op 26 september 2016. De behandelingen die significant verschillend zijn van elkaar (Tukey HSD, $p < 0.05$) zijn aangeduid met een verschillende letter.

Behandeling	Verse opbrengst kg/ha	DS-gehalte %	DS-opbrengst kg DS/ha	Relatieve DS-opbrengst %
P-MP	53 275 ^a (± 896)	39,1 ^a ($\pm 1,9$)	20 830 ^a (± 993)	Referentie (=100)
P-ZC	54 823 ^a ($\pm 1 341$)	37,5 ^a ($\pm 2,3$)	20 461 ^a (± 864)	98,2
NK-MP	51 109 ^a ($\pm 1 006$)	39,7 ^a ($\pm 1,7$)	20 241 ^a (± 529)	97,2
NK-ZC	54 610 ^a ($\pm 3 063$)	40,7 ^a ($\pm 1,4$)	22 205 ^a ($\pm 1 353$)	106,6

Door de droge en warme septembermaand was het DS-gehalte bij oogst reeds een stuk hoger dan het streefdoel voor het oogstvenster (30 tot 35% DS). In het perceel was ook visueel goed te merken dat de blokken C en D op de steilste helling, het droogste waren. In de blokken A en B, lag het DS-gehalte gemiddeld op 36% en 38%, en in de blokken C en D op 41% en 44%. Tussen de behandelingen waren onderling geen verschillen in DS-gehalte (Tabel 27).

In alle behandelingen lag de DS-opbrengst gemiddeld boven de 20 ton/ha, wat een behoorlijke opbrengst is, gezien het slechte groeiseizoen van 2016. Vooral de natte junimaand leidde in veel percelen tot een groeiachterstand in de maïs. Dit was niet het geval in dit perceel. Zowel in verse opbrengst als DS-opbrengst werden geen significante verschillen vastgesteld. Ook voor de factor bodembewerking (ploegen versus niet-kerend) en de factor zaaiwijze (klassieke maïsplanter versus zaai-combinatie) afzonderlijk werden geen significante verschillen vastgesteld. Dit geeft aan dat de individuele maïsplanten in de behandelingen P-ZC en NK-ZC de onregelmatige verdeling over het perceel kunnen compenseren. Hier dient echter een kanttekening bij gemaakt te worden. In behandelingen P-ZC en NK-ZC, worden de zaden door de zaaimachine ondieper geplaatst (in deze proef 3-4 cm) dan bij een klassieke maïsplanter (in deze proef 6 cm). Bovendien worden de zaden bedekt met losse grond, in tegenstelling tot de klassieke planter, waar de zaden worden aangedrukt. Dit maakt dat de kiemende zaden en kiemplantjes gevoeliger zijn voor droogte. In 2016 viel er in de periode na

zaai echter zoveel neerslag (zie eerder), dat de maïs hier geen enkele hinder van ondervond. In een seizoen met een periode van droogte na de zaai zou dit anders kunnen uitdraaien.

4.8 Conclusies

Bij aanvang van dit proefveld werden een aantal onderzoeksvragen naar voor geschoven. Op basis van de hierboven beschreven resultaten, wordt getracht een beknopt antwoord te formuleren op deze vragen.

1. In welke mate wordt bodemerosie beperkt door de zaaicombinatie –al dan niet in combinatie met een éénmalige niet-kerende bodembewerking- te gebruiken in plaats van de klassieke maïszaaimachine?

Door het inzetten van de zaaicombinatie i.p.v. de klassieke maïsplanter, werd de geulerosie bij klassiek ploegen met meer dan 2/3 verminderd. Er zijn weliswaar meer geultjes maar die zijn kleiner en korter omdat de meeste geulen even verder terug sedimenteren. Het lijkt er dus op dat veel sediment de onderkant van het perceel niet bereikt. Door niet-kerend te gaan werken in combinatie met de klassieke maïsplanter, kon de geulerosie met 95% worden verminderd. We moeten wel de kanttekening maken dat alleen geulerosie werd opgemeten. Onderaan de bandensporen bij de niet-kerende behandeling in combinatie met de klassieke maïsplanter konden we wel sediment waarnemen, dat vermoedelijk afkomstig was van 'sheeterosie'.

2. Wat zijn de teelttechnische knelpunten van de zaai met de zaaicombinatie?

De belangrijkste teelttechnische knelpunten van de zaaicombinatie zijn: de moeilijkheid van het afstellen van de zaaimachine, de heterogene verdeling van de zaden over het veld en de bedekking van de zaden (eventueel zaaidiepte). Deze knelpunten zijn echter weinig of niet te verhelpen wanneer men een zaaicombinatie gebruikt. Mogelijk is de plaatsing en aandrukking van de zaden een probleem. Bij een zaaicombinatie worden de zaden ondieper geplaatst en niet aangedrukt in de bodem, zoals bij de klassieke maïsplanter. Dit kan problemen geven bij droogte net na zaai. Door de natte omstandigheden van 2016, kan daar echter geen uitspraak over gedaan worden.

3. Zijn er verschillen in gewasopkomst en gewasgroei tussen de teelttechnieken?

Er werden op geen enkel tijdstip verschillen in gewasgroei tussen de behandelingen opgemerkt. De gewasopkomst was niet significant verschillend tussen de behandelingen. Het was echter wel zo dat de verdeling van de zaden vrij heterogeen was bij het gebruik van de zaaicombinatie.

4. Is er opbrengstderving te verwachten bij gebruik van de zaaicombinatie, al dan niet in combinatie met een éénmalige niet-kerende bodembewerking?

De gewasopbrengst was over het algemeen zeer goed voor kuilmaïs en zeker in het seizoen van 2016, dat gekenmerkt was door achterstal in groei tijdens de jeugdfase in maïs. Er werden tussen de behandelingen geen verschillen in opbrengst geobserveerd. Alle vier de combinaties zijn dus inzetbaar als teelttechnische werkwijze.

Hoewel gevreesd werd voor een opbrengstderving in de behandelingen met niet-kerende bodembewerking, doordat een machine werd ingezet die ondieper werkt en sterk mengt, werd dit niet vastgesteld. Hierbij moet wel worden vermeld dat de bodem in goede conditie was en er geen problematische verdichting was gedetecteerd.

De heterogene verdeling van de maïsplanten over het perceel in de behandelingen waar de zaai combinatie werd ingezet, werd volledig opgevangen door de groei van de planten. Op de plaatsen waar de zaaidichtheid ijler was, groeiden de maïsplanten forser.

5 Ruggenteelt prei Kimmel: drempels en tandbewerkingen tussen de ruggen

Tomas Van De Sande (Inagro), Thijs Vanden Nest, Greet Ruysschaert (ILVO)

5.1 Doelstelling

Op een erosiegevoelig perceel (rood ingekleurd) waar prei op ruggen geteeld wordt, wordt nagegaan welke bewerkingen uitgevoerd kunnen worden om de erosiegevoeligheid van de strook grond tussen de ruggen (verder in het rapport 'tussenrug' genaamd) zoveel mogelijk te beperken.

5.2 Proefopzet

5.2.1 Proefaanleg

De prei werd aangeplant eind juli 2016. Enkele weken na aanplant, op 05/08/2016 werden de verschillende behandelingen aangelegd. Dit gebeurde in droge omstandigheden. Voor aanleg van de verschillende behandelingen werden bodemstalen genomen ter bepaling van het bodemvochtgehalte in de bodem. Het proefveld werd hiervoor opgedeeld in 3 delen met een lengte van een ongeveer 80 m en een breedte van ongeveer 20 m. Elk subplot werd bemonsterd door met een gutsboor met diameter van 2 cm een staal te nemen tot op een diepte van 60 cm en die bodemkolom dan op te delen in stukken van 10 cm die apart geanalyseerd werden. Voor elk staal werden 15 steken uitgevoerd.



Figuur 83 : Opdeling van het proefveld in subplots voor de bepaling van het bodemvochtgehalte.

De metingen tijdens de proef (regenvalsimulaties en sedimentmetingen) werden voornamelijk uitgevoerd in subplots 1 (neerslagsimulaties) en 2 (sedimentmetingen).

Tabel 28 : Bodemvochtgehalte (%) gemeten per subplot en per bodemlaag van 10 cm.

	Bovenaan (1)	Midden (2)	Onderaan (3)
10	18,01	20,81	20,75
20	20,03	22,11	23,39
30	19,21	19,22	24,05
40	19,52	21,24	24,20
50	19,92	21,62	29,54
60	19,29	21,10	30,81

Op 10/08/2016 werden neerslagsimulaties uitgevoerd. Door neerslag na deze simulaties en neerslag op 11 augustus, werd het vervolg van de erosiesimulaties pas uitgevoerd op 12/08/2016 (zie verder). Op 10/08/2016 viel in totaal 8 mm neerslag. Op 11/08/2016 werd in totaal 5 mm neerslag geregistreerd op het proefveld.

5.2.2 Aangelegde behandelingen

Vier machines om de tussenrug te verruwen werden vergeleken met een referentie waar geen drempels of tandbewerking werd uitgevoerd. Een overzicht van de machines wordt hieronder gegeven:

5.2.2.1 Vaste tand

Een vaste tand met smalle beitel werd op een diepte van 10 – 15 cm tussen de ruggen door getrokken. De droge omstandigheden bij proefaanleg gaven een verbrokkeling van de bodem met veel grove kluiten.



Figuur 84: Vaste tand getrokken door de tussenrijen.

5.2.2.2 Dyker

De Dyker van Grimme is een gedraaid stervormig wiel. De opeenvolgende inslagen van de punten van het wiel (schoepen) maken onregelmatige kuiltjes in de bodem van de tussenrug. Voor het wiel is een triltand gemonteerd die de bodem opentrekt tot een diepte van ongeveer 10 cm. In droge omstandigheden geeft dat een verbrokkeld oppervlak met veel fijne kluiten.



Figuur 85: Dyker, een triltand maakt de aarde los terwijl een gedraaid wiel putten en bulten maakt.

5.2.2.3 Triltand

Een bewerking met 2 of 3 (in de wielsporen) opeenvolgende triltanden tot een diepte van 5 – 10 cm laat een verbrokkeld oppervlak met veel fijne kluiten achter.



Figuur 86 : 3 opeenvolgende triltanden maken de bodem los tussen de rijen.

5.2.2.4 Barbutte (zonder tand)

Een metalen plaat die iets smaller is dan de tussenrug (26 cm) wordt over de bodem van de tussenrug geslept en neemt losse aarde mee. Periodiek wordt de plaat opgehoften en ontstaat een drempeltje. De afstand tussen de drempeltjes wordt bepaald door een loopwiel waarop een rubberen dop bevestigd is. Elke keer dat deze dop de draagstructuur van de metalen plaat raakt wordt de plaat opgehoften en ontstaat een drempeltje. De omtrek van het loopwiel bepaalt dus de afstand tussen de drempeltjes. Omdat het loopwiel soms iets dieper of minder diep in de bodem van de tussenrug zinkt kan de afstand tussen de drempeltjes soms licht variëren (nooit meer dan 5 cm). De gemiddelde afstand tussen 2 drempeltjes is 1,55 m.



Figuur 87 : Passage met de Barbutte zonder gebruik van een vaste tand die eerst de bodem losmaakt.

5.2.2.5 Barbutte (met tand)

De werking van de Barbutte gaat als volgt : een brede tand maakt de bovenste bodemlaag los. Deze wordt op hoopjes geslept door een metalen plaat. Een loopwiel heft deze plaat om de anderhalve meter op. De instelling van de diepte van de tand bepaald de hoeveelheid losse aarde en het formaat van de drempeltjes.



Figuur 88 : Werking van de Barbutte en drempeltjes gevormd met een tand.

De instelling van de machine, en het feit dat bij het leggen van de drempeltjes niet altijd bewerkt wordt in tussenrijen tussen ruggen die in eenzelfde werkgang gelegd werden, kan ertoe leiden dat de drempeltjes niet altijd helemaal in het midden van de tussenrug aangelegd worden. Een goede afstelling van de machine en indien mogelijk werken met GPS bij trekken van de ruggen en het aanleggen van drempeltjes zou een homogene aanleg van drempeltjes ten goede komen.

5.2.3 Proefplan

Straat – bovenaan veld Preiperceel 2016 -Kemmel

Barbutte met tand		Barbutte zonder tand		Triltand				Referentie			Dycker			Vaste tand													
28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
SD	AG	SD	AG	AG	AG	AG	AG	AG	AG	AG	AG	AG	AG	SS	AG	SS	AG	AG	AG	AG	AG	AG	AG	AG	AG	AG	AG
BS											BS								BS			BS			BS		
	BbS										BbS								BbS			BbS			BbS		

1->28: nummers tussenrij (TS), eerste tussenrij heeft prei staan aan elke kant

AG: wielspoor aangieten na planten

SS: spuitspoor

SD: Spoor – 'drempel'machine

BS: ingegraven bak in spoor (SD)

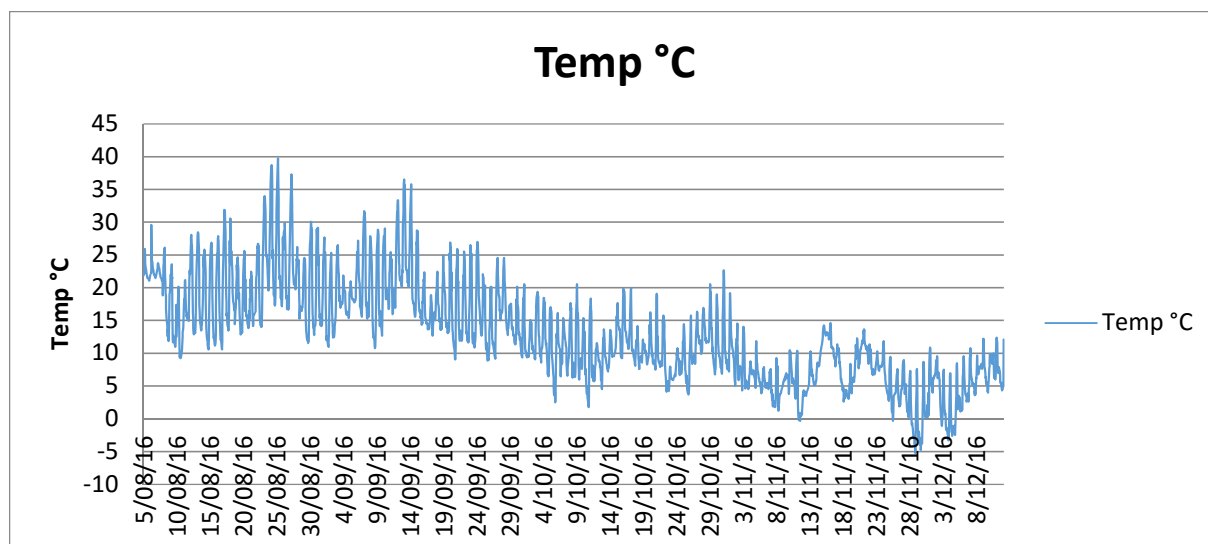
BbS: ingegraven bak buiten een spoor SD

Figuur 89 : Overzicht van het aangelegde proefplan. In elk object werden 2 meetbakken ingegraven voor de bepaling van het afgespoelde water en sediment; 1 bak in een bereiden tussenrug (wielspoor van de aangiettractor en eventueel drempelmachine) en 1 bak in een niet-bereiden tussenrug. 30 m helling opwaarts van elke bak werd de tussenrug afgezet. (bij de Barbutte met tand werd niet gereden in het spoor van de aangiettractor, elk van de bakken werd dus ingegraven in een wielspoor: 1 bak in het spoor van de aangiettractor, een andere in het spoor van de drempelmachine).

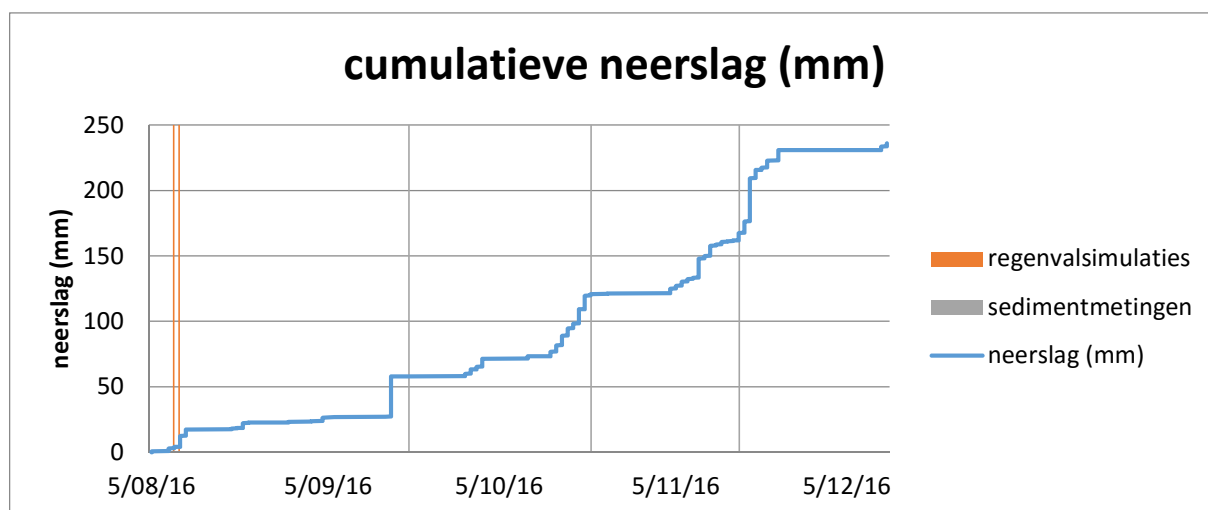
Na planten werd de prei nog aangegoten. Hierbij werden per werkgang 4 rijen aangegoten. De helft van het perceel wordt na planten dus nog eens bereiden door de wielen van de tractor. Bij aanleg van de proef was het bij elke bewerking de bedoeling dat de wielen van de tractor in deze aangietsporen reden. Bij alle

bewerkingen behalve bij de Barbutte gecombineerd met een ganzevoetvormige tand was dit ook het geval. Bij de laatste passage van de Barbutte, gecombineerd met een vaste tand, werd gereden tussen de sporen van de aangiettractor zodat elke tussenrug éénmaal bereiden werd; ofwel door de aangiettractor, ofwel door de tractor uitgerust met de Barbutte. Voor zowel het aangieten als de passage met de Barbutte (en de andere machines) werd dezelfde tractor gebruikt. Beide passages veroorzaakten dus ongeveer dezelfde druk op de tussenrug (het aangietvat is (vol) wellicht iets zwaarder dan de Barbutte en de andere machines). Beide passages werden uitgevoerd in droge omstandigheden.

5.3 Weersomstandigheden tijdens de proef



Figuur 90 : Gemeten temperatuur op uurbasis tijdens het verloop van de proef.



Figuur 91 : Cumulatieve neerslag tijdens de proef + aanduiding van de data waarop neerslagsimulaties en metingen van afgestroomd sediment uitgevoerd werden.

De proefperiode werd gekenmerkt door relatief droge omstandigheden bij aanvang van de teelt, gevolgd door temperaturen die vanaf de laatste week van september enkele graden onder het meerjarig gemiddelde lagen. Dit gaf een trage gewasontwikkeling en een late oogst. De droge omstandigheden bij aanvang van de teelt gaven ook aanleiding tot een hoge druk van trips. De neerslag viel gradueel, buien van meer dan 20-25 mm ineens kwamen tijdens het teeltseizoen niet voor. De proefaanleg zelf gebeurde op 5/08/2016 in droge omstandigheden. Er werd gepland in de laatste week van juli 2016, een tweetal weken voor de proefaanleg.

5.4 Teeltverloop

Staalname bouwvooranalyse:	29/06/2016
Bepaling indringingsweerstand perceel	16/06/2016
Planten :	laatste week juli 2016
Proefaanleg :	5/08/2016
Regenvalsimulaties (ILVO):	9/08/2016 – 10/08/2016
Bepaling indringingsweerstand tussenruggen:	14/08/2016
Staalname sediment :	19/09/2016
Staalname sediment :	21/10/2016
Staalname sediment (ILVO):	14/11/2016

5.5 Bodemkarakteristieken

Chemische analyse van de bouwvoor (0-30 cm) uitgevoerd door laboratorium Inagro (staalname 29/06/2016).

pH	Textuur	Organische koolstof	Calcium	Magnesium	Natrium	Kalium	Fosfor	Zwavel
BM_1_101 droge grond: pH KCl	PBM_120 grond: textuurbepaling	BM_1_130 grond: totaal org. koolstof	PBM_121 grond: Ca, Mg, Na, P, K (ERD)	PBM_121 grond: Ca, Mg, Na, P, K (ERD)	PBM_121 grond: Ca, Mg, Na, P, K (ERD)	PBM_121 grond: Ca, Mg, Na, P, K (ERD)	PBM_121 grond: Ca, Mg, Na, P, K (ERD)	PBM_121 grond: Ca, Mg, Na, P, K (ERD)
		% C op droge grond	mg/100g droge grond	mg/100g droge grond	mg/100g droge grond	mg/100g droge grond	mg/100g droge grond	mg/100g droge grond
6,21	Zandleem	0,86	172,88	12,31	2,04	15,18	22,55	1,97

Het koolstofgehalte van het perceel is als laag te beschouwen, de pH van het perceel ligt aan de hoge kant (maar niet extreem). verder liggen alle parameters binnen de gewenste streefzone voor een perceel met een zandlemige textuur.

5.6 Waarnemingen bij de proefaanleg

5.6.1 Plaatsen van een vaste tand voor de Barbutte

Met de Barbutte werd 2 x een werkgang uitgevoerd. De eerste maal zonder tand voor het element. Hieruit bleek dat de redelijk hard aangedrukte bodem – zowel in de wielsporen van de aangiettractor als tussen de wielsporen van de aangiettractor – onvoldoende meegeslept werd, met te kleine drempeltjes tot gevolg. Door een brede ganzevoetvormige tand te monteren voor elk element van de Barbutte werd voldoende aarde losgemaakt om grotere drempeltjes te maken die de volledige breedte van de tussenrug te overspannen. De diepte waarop de tand gemonteerd wordt bepaald hoeveel aarde losgemaakt wordt en hoe groot de drempeltjes dus zullen zijn. In deze proef werd de tand tot op een diepte van ongeveer 1 cm onder het bodemoppervlak gemonteerd. Hierbij moet vermeld worden dat een ganzevoetvormige tand wel aarde

losmaakt maar dat de dieptewerking zeer beperkt is. De door de tractor dichtgereden bodemlaag wordt dus niet terug opengebroken. Er worden grotere drempeltjes aangelegd, maar de infiltratiecapaciteit van de bodem tussen de drempeltjes neemt niet noemenswaardig toe. Bij een te diepe instelling van de tand, wordt teveel aarde losgemaakt en meegesleept door de Barbutte, waardoor de drempels even hoog als de ruggen worden en zelfs schade aan de ruggen kunnen toebrengen.

5.6.2 Nauwkeurige afleg van de drempeltjes

Bij de praktische aanleg van de proef werden weinig problemen waargenomen. De gebruikte machines zijn vrij eenvoudig en vereisen ook weinig afstelling. De diepte waarop triltanden en vaste tanden ingezet worden bepalen wellicht ook mee de erosiebestrijdende werking ervan. Dit werd in deze proef niet onderzocht.

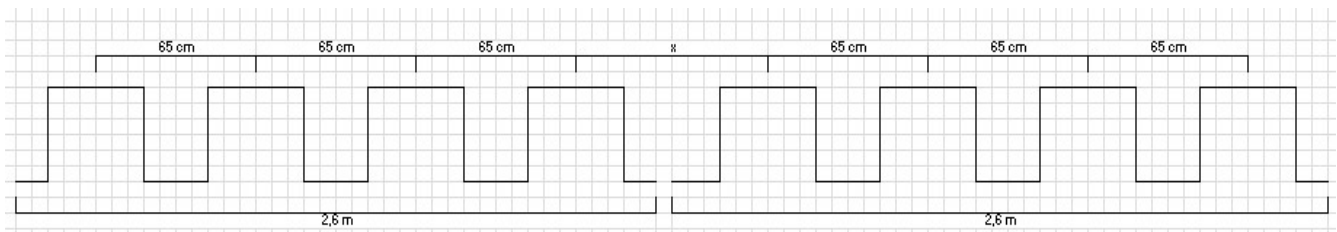
Bij gebruik van de Barbutte moeten de elementen midden in de tussenrug lopen opdat de drempeltjes ook in het midden van de tussenrug gelegd zouden worden. Afleggen van de drempeltjes tegen één van beide preiruggen heeft wellicht een grote impact op de erosiebestrijdende werking van de drempeltjes.



Figuur 92: Schets drempel Barbutte. Links: in spoor drempelmachine, Rechts: buitenspoor drempelmachine, maar in spoor aangiettractor. In het spoor van de drempelmachine lag de drempel scheef waardoor er minder water tegengehouden werd.

De breedte van de drempelmachine ten opzichte van de breedte van de machine die de preiruggen trekt veroorzaakt een potentieel probleem.

De totale breedte van een Barbutte drempelmachine met 5 elementen bedraagt bij een rugafstand van 65 cm 2,86 m. De ruggen worden getrokken op een machinebreedte van 2,6 m. De afstand tussen ruggen aangelegd door 2 opeenvolgende passages van de machine kan enkele centimeters afwijken van de rugafstand van 65 cm. De optelsom van deze kleine afwijking bij opeenvolgende passages van de machine kan ertoe leiden dat het vijfde element van de Barbutte niet meer midden in de tussenrug loopt en de ruggen zelf beschadigt. Om dit probleem te verhelpen moet bij passage met de Barbutte 1 van de 2 buitenste elementen opgeheven worden (of gewerkt worden met een Barbutte van 4 elementen). Indien de ruggen getrokken worden met behulp van GPS stelt dit probleem zich niet en kunnen de drempeltjes getrokken worden met alle 5 de elementen (of meer elementen ineens) wat zich vertaalt in een tijds winst.



Figuur 93: Schematische voorstelling van de afwijkende rugafstand tussen passage van 2 opeenvolgende machines.

Bij het uitvoeren van de neerslagsimulaties werd de breedte van elke tussenrug gemeten. Daaruit blijkt dat de rugafstand inderdaad variabel is. Tussenruggen breder dan 33 cm zijn enkel terug te vinden in tussenrugnummers die een veelvoud zijn van 4.

Tabel 29 : Opgemeten tussenrugafstanden bij uitvoering van de neerslagsimulaties.

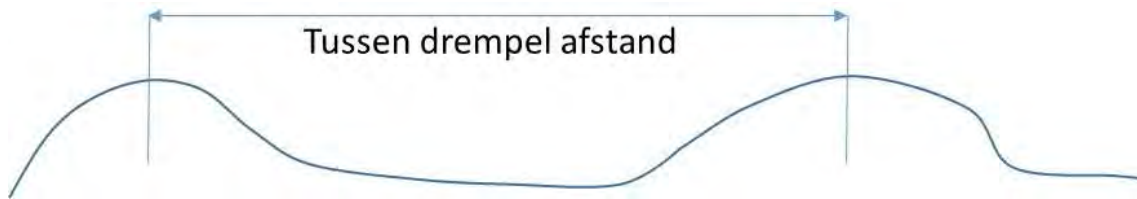
Tussenrug afstand (cm) op de plaats regenval simulaties				
	Herhaling1 (cm)	TR-nummer herh 1	Herhaling2 (cm)	TR-nummer herh 2
Vaste tand	33	2	33	2
Dyker	33	6	40	8
Referentie	33	10	33	10
Triltand	33	18	38	20
Barbutte met tand	33	27	33	27

De bepaling van de erosie via het ingraven van sedimentbakken (zie verder) in de behandeling met de Barbutte + tand werden uitgevoerd in een tussenrug met wielspoor. In het spoor van de aangiettractor werd de drempel goed afgelegd. Hier werden geen sedimentverliezen waargenomen. In het spoor van de drempelmachine werden de drempels scheef afgelegd. Hier werd een beperkte runoff gemeten. Dit bevestigt dus de stelling dat de afleg van de drempeltjes een groot effect heeft op het erosiebestrijdend effect. Figuur 94 toont beide tussenruggen na een natte periode. In tussenrij 28 braken de drempels (gedeeltelijk) door aan de linkerszijde van de tussenrug, waar de drempeltjes het minst stevig waren.



Figuur 94 : Foto's van de drempeltjes in tussenrij 28 (L), waar de drempeltjes tegen de rechter rug aangeworpen werden. En de drempeltjes in tussenrij 27 (R) waar ze mooi in het midden van de tussenrug aangelegd werden. Foto's werden genomen op 20/10, na een relatief natte periode.

Bij proefaanleg werd ook de afstand tussen de drempeltjes gemeten en werd geconstateerd dat deze licht variabel is. Dit kan te maken hebben met de keuze van het middelpunt van de drempel bij het opmeten, maar wellicht heeft dit te zien met de werking van de machine. Opeenvolgend werden volgende afstanden opgemeten : 1.59 m, 1.57 m, 1.56 m.



Figuur 95: Schematische voorstelling van de meting van de afstand tussen 2 opeenvolgende drempeltjes.

Het element dat de drempeltjes vormt wordt periodiek opgeheven door een gekarteld wiel dat meeloopt op de bodem. Op 1 punt op het wiel is een rubberen tap gemonteerd die de drempelmaker omhoogduwt bij passage. Afhankelijk van de weerstand van de bodem zakt dat wiel soms iets dieper of iets minder diep weg. Dit heeft een beperkte invloed op de lengte van de lijn die het contact tussen wiel en bodem beschrijft.

5.6.3 Tijdstip van proefaanleg

Idealiter worden drempeltjes of verruwingen aangelegd onmiddellijk na planten, een combinatie van tanden of drempelmachines met het aangieten van de prei in dezelfde werkgang is zeker mogelijk. Hierbij speelt wel hetzelfde probleem dat hierboven reeds vermeld werd. Aangieten gebeurt op 4 ruggen ineens, de aanleg van drempeltjes of passage van tanden gebeurt in de tussenrijen. In deze situatie worden best 4 tussenrijen per passage bewerkt om geen overlap van bewerkingen te krijgen.

De late proefaanleg (omwille van praktische redenen) had als nadeel dat een tweede maal behandeld moest worden met bodemherbiciden. De behandelde grond werd door de passage opgewerkt waardoor opnieuw gespoten moest worden tegen kiemend onkruid. Indien onmiddellijk bij aangieten ook een erosiebestrijdende bewerking uitgevoerd wordt kan dit vermeden worden.

5.7 Effect van de tandbewerking en drempelmachine op de tussenrug

De tandbewerkingen en drempeltjes in de tussenruggen kunnen de run-off en erosie beperken door regenwater te bufferen en te laten infiltreren naar de diepte. Bij een tandbewerking is de werking voor een groot deel bepaald door het microreliëf van het bodemoppervlak. Daarom werd de bodemruwheid ingeschat op basis van de parameters 'random roughness' en 'turtuosity', met behulp van de pinmeter. Deze metingen werden uitgevoerd in de referentie en de behandelingen met triltand en vaste tand. In de behandelingen met de Barbutte en Dyker wordt de buffercapaciteit vooral bepaald door de hoogte van de drempels. Dezelfde pinmeter werd daarom ook ingezet ter bepaling van de drempelhoogte. Omdat het effect van de vorm van drempels met de Dyker beperkter was, werd voor de Dyker zowel de drempelhoogte als bodemruwheid opgemeten.

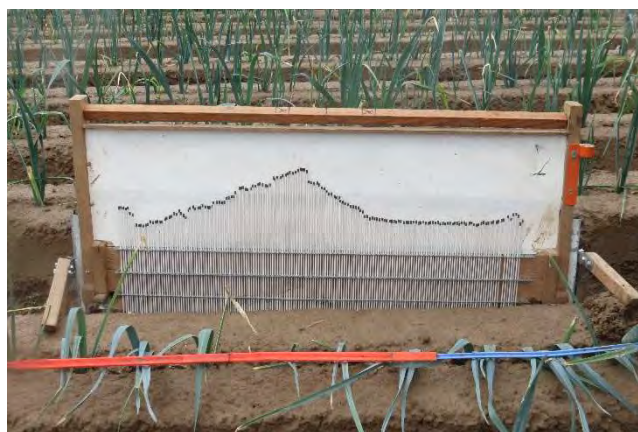
Om een idee te geven in welke mate er verschillen waren in indringingsweerstand tussen de verschillende behandelingen, werden penetrometingen verricht. Deze geven aan in welke mate de bodem in de tussenrug is verdicht en/of werd losgemaakt door een tandbewerking of een drempelmachine. In een meer losgemaakte bodem verwachten we dat het water beter zal kunnen infiltreren en draineren naar de diepte toe.

5.7.1 Bodemruwheid in de tussenrug (referentie, triltand, vaste tand en Dyker)

De bodemruwheid wordt ingeschat op basis van de 'random roughness' en 'turtuosity'. De 'random roughness' is uitgedrukt in mm en geeft aan in welke mate de posities op het bodemoppervlak verticaal van een perfect rechte lijn (gemiddeld) afwijken. De 'turtuosity' heeft geen eenheid en geeft de afstand aan tussen aan tussen een punt A en een punt B aan het bodemoppervlak indien men het (micro)reliëf van het bodemoppervlak zou

volgen, in plaats van in 1 rechte lijn van punt A naar punt B te gaan. Bij een 'turtuosity' van bv. 1,4 en een afstand van 1 m tussen punt A en punt B, zal men 1,4 m moeten afleggen indien het bodemoppervlak wordt gevolgd. Wanneer het bodemoppervlak perfect vlak is, liggen alle punten op 1 lijn en is er geen ruwheid. De 'random roughness' is dan 0 mm en de 'turtuosity' is gelijk aan 1. Hoe hoger beide waarden, hoe ruwer het oppervlak.

De pinmeter gebruikt voor het meten van 'random roughness' en 'turtuosity' bestaat uit een bord met staafjes die we laten zakken tot het bodemoppervlak (KU Leuven, Langhans et al., 2011¹; Figuur 96). Bovenaan het staafje is een zwart plastic hoesje bevestigd. Door een foto te nemen van de positie van deze zwarte punten op een witte achtergrond en de nodige beeldcorrecties uit te voeren, kan via ImageJ een berekening gemaakt worden van de individuele positie van ieder zwart punt en dus ieder punt op het bodemoppervlak ten opzichte van elkaar. Op basis van deze posities worden 'random roughness' en 'turtuosity' uitgerekend.

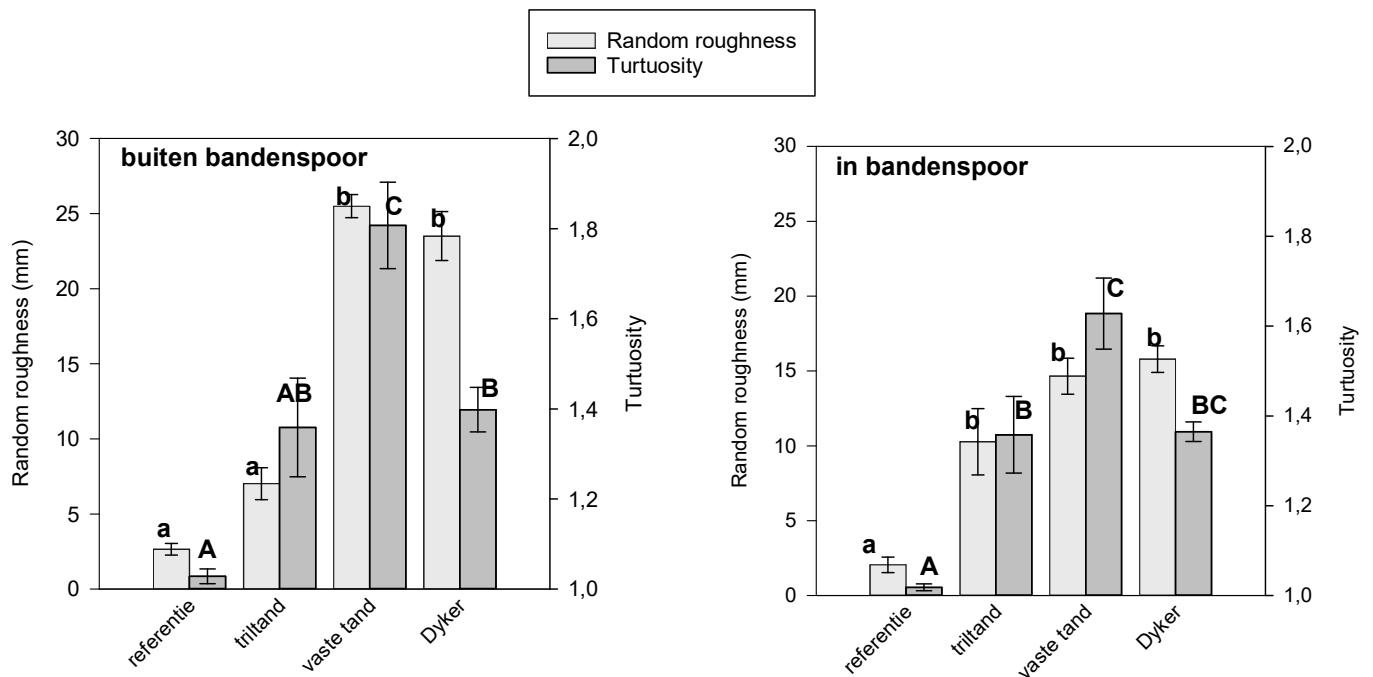


Figuur 96: Zicht op de pinmeter, bij de Barbuttebehandeling.

In Figuur 97 is weergegeven dat de 'turtuosity' ,zoals verwacht, het laagste is bij de referentie. De vaste tandbewerking leidt tot de hoogste 'turtuosity'. Dit is zowel het geval in een tussenrug bereiden met de tractor als in de andere tussenruggen. De 'random roughness' is het hoogste voor de vaste tand en de Dyker en het laagste voor de referentie.

De bewerking met de triltand leidt dus zoals verwacht tot een hogere bodemruwheid als de referentie, maar het bodemoppervlak is nog een stuk ruwer na de vaste tandbewerking. De Dyker sluit ofwel meer bij de vaste tand ofwel meer bij de triltand aan, afhankelijk van de parameter.

¹ Langhans, C., Govers, G., Diels, J., Leys, A., Clymans, W., Van den Putte, A., Valckx, J., 2011. Experimental rainfall-runoff data: Reconsidering the concept of infiltration capacity. *Journal of Hydrology* 399: 255-262



Figuur 97: Gemiddelde bodemruwheid (\pm standaardfout, $n=3$) uitgedrukt in 'Random roughness' en 'turtuosity' voor de referentie en de behandelingen triltand, vaste tand, en Dyker buiten een bandenspoor (links) en in een bandenspoor van de tractor (rechts). Kleine letters geven significante verschillen (Tukey HSD, $p < 0,05$). in 'random rouhgness' aan en de hoofdletters de verschillen in 'turtuosity.'

5.7.2 Drempelhoogte in de tussenrug (Barbutte en Dyker)

Dezelfde pinmeter en het beeldverwerkingsprogramma ImagemJ werden ook gebruikt om de drempelhoogte te berekenen bij de behandelingen met de Barbutte en de Dyker.

Tabel 30: Gemiddelde drempelhoogte (mm) (\pm standaardfout, $n=3$) voor de behandelingen met de Barbutte en Dyker.

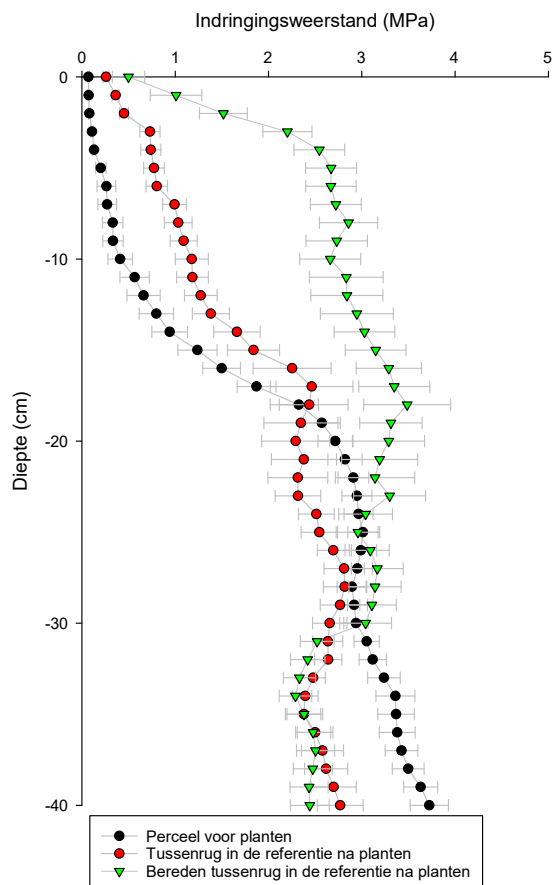
Dyker		Barbutte	
Niet bereiden tussenrug	72 \pm 10	Bereiden aangiettractor	84 \pm 5
Bereiden tussenrug	47 \pm 4	Bereiden drempelmachine	77 \pm 3

De Barbutte bouwt hogere drempels op dan de Dyker (Tabel 30). De gemiddelde drempelhoogte was bij de Dyker lager in een bereiden bandenspoor.

5.7.3 Indringingsweerstand in de tussenrug (alle behandelingen)

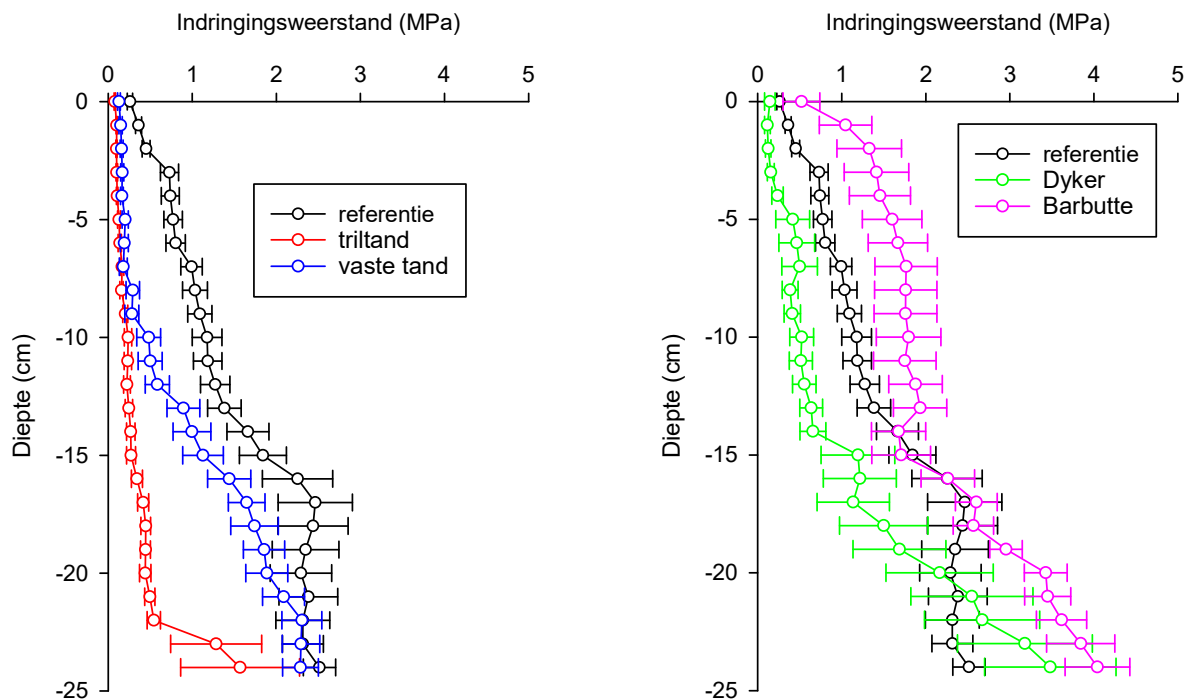
Voor het trekken van de ruggen en het aanplanten van de prei, werd de indringingsweerstand van het bodemprofiel bepaald (Figuur 98). Dit werd gemeten door het perceel in 4 blokken te delen en 10 metingen per blok te verrichten op 16 juli 2016. Hieruit blijkt dat de indringingsweerstand toeneemt tot 3 MPa vanaf 20 cm diepte. Vanaf deze diepte tot verder in het profiel schommelt de indringingsweerstand tussen 3 en 4 MPa. Na het aanleggen van de behandelingen werd op 12 augustus opnieuw de indringingsweerstand bepaald, door 10 metingen in 1 niet bereiden en 1 bereiden tussenrug te verrichten. Het trekken van de ruggen en aanplanten,

had de bodem aangedrukt. Dit is te zien in een stijging in de indringingsweerstand in bovenste 20 cm van het profiel in de tussenruggen. Deze toename is beperkt indien de tussenrug niet werd bereiden. In de tussenruggen die werden bereiden bij aangieten is deze toename zoals verwacht veel hoger. In deze laatste tussenruggen werd reeds een indringingsweerstand van bijna 3 MPa gemeten vanaf 4 cm diepte (Figuur 98).



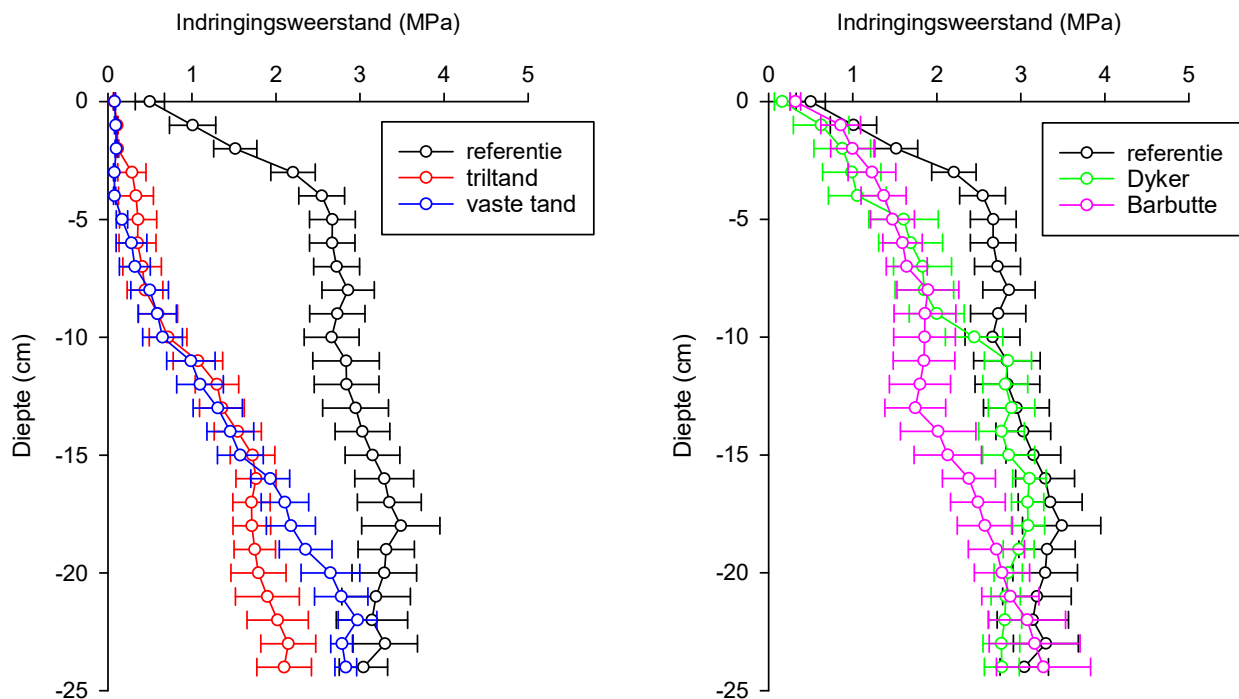
Figuur 98: Penetrogram van de gemiddelde indringingsweerstand (\pm standaardfout), gemeten voor het trekken van de ruggen en planten op 16 juli 2016 en in de tussenrug van de referentie na planten en aangieten op 12 augustus 2016.

Door het uitvoeren van de tandbewerking met de triltand of de vaste tand, werd de bodem in de bovenste 10-12 cm duidelijk losser gemaakt (Figuur 99). In de behandeling met de triltand was de indringingsweerstand echter veel lager dan in de referentie tot 22 cm diepte. Aangezien de triltand maximum tot een diepte van 10 tot 15 cm werd ingesteld, is dit een anomalie of toeval. Het gebruik van de Dyker en de Barbutte zorgde respectievelijk voor een lichte daling en een lichte stijging in indringingsweerstand in de bovenste 15 cm in vergelijking met de referentie. Bij de Barbutte kan dit verklaard worden door het feit dat de tussenrug was bereiden door de aangiettractor, wat in de andere behandelingen niet het geval was. Zowel op de Dyker als op de Barbutte staan tanden gemonteerd, maar deze van de Barbutte staan slechts op een diepte van 1 cm ingesteld en maken de bodem dus niet echt los.



*Figuur 99: Penetrogram van de indringingsweerstand (\pm standaardfout) in de tussenruggen van de verschillende behandelingen, die **NIET** werden bereiden (behalve bij de Barbutte waar de tussenrug wel werd bereiden door de aangiettractor), op 12 augustus 2016. Het penetrogram voor de referentie is voor beide grafieken identiek.*

In de situatie waarbij de tussenrug werd bereiden, is het effect van de triltand en vaste tandbewerking zoals verwacht groter (Figuur 100). Beide tandbewerkingen maken de grond losser, zodat de indringingsweerstand verlaagt en regenwater makkelijker naar de diepte kan sijpelen. Het is echter opvallend dat de indringingsweerstand ook verlaagd wordt ten opzichte van de referentie in de laag 15-20 cm, terwijl in geen van beide behandelingen tot deze diepte wordt bewerkt. Bij het inzetten van de Dyker of de Barbutte, wordt de indringingsweerstand wel iets verlaagd ten opzichte van de referentie, maar het effect is veel beperkter. Merk op dat bij de referentie de tussenrug werd bereiden door de aangiettractor, bij Dyker, de vaste tand en de triltand, door de aangiettractor en de drempelmachine en bij de Barbutte door de drempelmachine.



Figuur 100: Penetrogram van de indringingsweerstand (\pm standaardfout) in de tussenruggen van de verschillende behandelingen, die werden bereiden, op 12 augustus 2016.. Het penetrogram voor de referentie is voor beide grafieken identiek.

5.8 Waarnemingen bij oogst van de prei

Op 12/12/2016 werd gepolst naar de mening en bevindingen van de proefveldhouder. Hij voorzag geen nadelige gevolgen veroorzaakt door het aanleggen van verruwingen. Op dat ogenblik was de strook waar een behandeling met een vaste tand uitgevoerd werd reeds geroid. Er werd geen diepere insporing van de trekker waargenomen. Het najaar van 2016 was wel relatief droog.

De teler ervoer bij het rooien van de prei ook geen problemen met de aanwezige drempeltjes in de tussenrug. Bij het rooien van de prei hangt de klemband rechts van de tractorwielen. De klemband rooit daarbij de prei in de ruggen. De drempeltjes blijven dus gedeeltelijk liggen bij rooien van de prei. De strook met de drempeltjes werd geoogst in januari, ondertussen in relatief natte omstandigheden. De trekker passeerde vlot over de drempeltjes zonder problemen te veroorzaken.

De proefveldhouder sprak bovendien nog over 2 andere effecten die veroorzaakt zouden kunnen zijn door het aanleggen van de proef. Ten eerste had hij de indruk dat de groei van de prei gestimuleerd werd. Door de bewerkingen werd volgens hem zuurstof in de grond gebracht wat wortelgroei en mineralisatie stimuleerde. Dit werd in de proef niet onderzocht. In theorie zou ook de beschikbaarheid van bodemvocht beter verdeeld moeten zijn over het perceel.

Een tweede opmerking – deels in strijd met de eerste opmerking van de teler – ging over het opnieuw gebruiken van herbiciden op de reeds ontwikkelde prei. Door de aanleg van de drempeltjes, enkele weken na planten van de prei was nog een extra gewasbescherming nodig. Deze werd uitgevoerd op 1/09/2016. De toegediende middelen zijn:

- Lentagram: 0.5 L/ha
- Stomp: 2.25 L/ha
- Frontier Elite: 2 L/ha

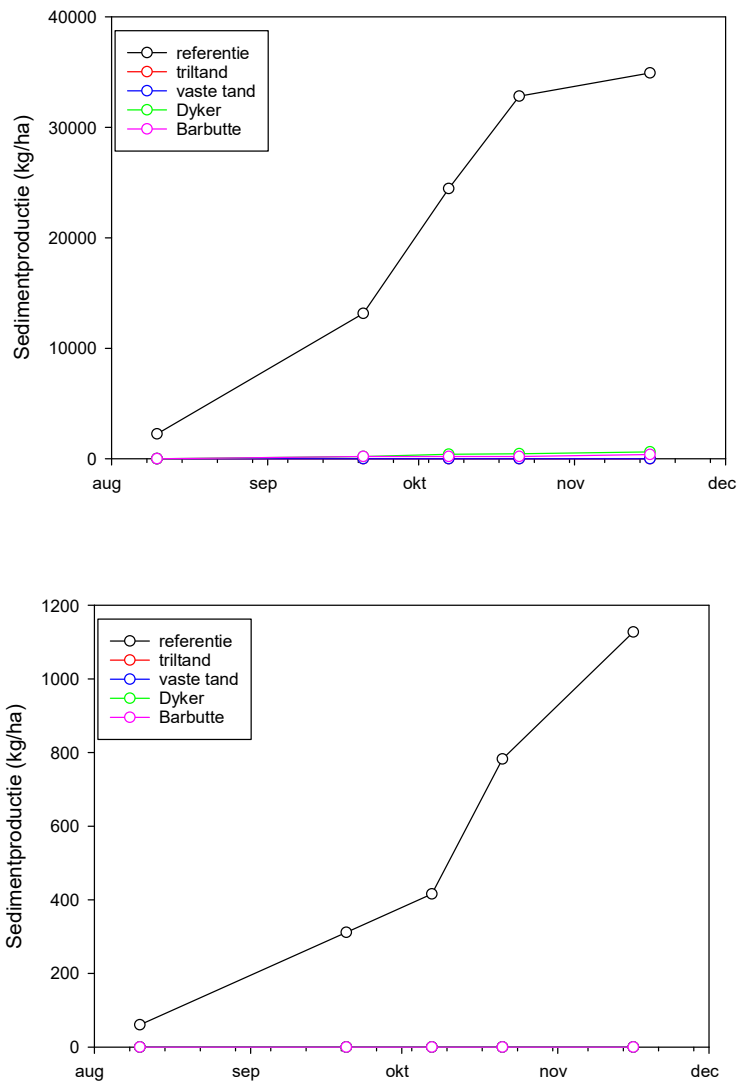
Dit werd toegediend op prei die al redelijk volgroeid was. Volgens de teler kan dit een verklaring zijn van de tegenvallende groei in september en oktober. In die periode lagen de temperaturen wel enkele graden lager dan het meerjarig gemiddeld en kampte men overall met een tegenvallende groei van de prei.

5.9 Erosie in 2016: Resultaten van opvangbakken

De meest voor de hand liggende wijze om erosie op te volgen, is het ingraven van sedimentbakken die van een wel afgesloten veldje alle run-off en erosie opvangen gedurende het hele seizoen. Voor deze proef, werd dit ook op deze wijze uitgevoerd. Er werd in iedere behandeling een bak ingegraven in een tussenrug die niet werd bereiden en een tussenrug die wel werd bereiden door de tractor bij aangieten (Figuur 101). Bij de triltand, vaste tand en Dyker volgde de trekker bij het aanleggen van de behandelingen hetzelfde spoor als bij aangieten. Bij de Barbutte was dit niet het geval zodat de tussenrug die niet werd bereiden bij aangieten wel werd bereiden bij het trekken van de drempels. Iedere bak werd zo geplaatst dat het run-offwater en het sediment van 30 lopende meter tussenrug werd opgevangen. De bakken werden op regelmatige tijdstippen gecontroleerd. De hoeveelheid afgestroomd sediment werd bepaald door het volume water op elk tijdstip te meten en door telkens 2 1-l stalen te nemen en uit te dampen voor de sedimentconcentratie. De bakken werden geplaatst op 9 augustus 2016, kort na aanleggen van de drempels en tandbewerkingen en werden terug uitgegraven op 14 november 2016, enkele dagen voor de oogst. Zoals eerder aangegeven, was de maand september erg droog. Verder werden ook geen uitzonderlijke regenbuien opgetekend en was de neerslagintensiteit dus vrij beperkt bij iedere bui. De resultaten hieronder geven dus voornamelijk een beeld van de sedimentproductie bij 'normale' regenbuien. Voor extreme regenbuien wordt verwezen naar de resultaten van de erosiesimulaties (zie verder).



Figuur 101: Zicht op een sedimentbak.



Figuur 102: Cumulatieve sedimentproductie in de verschillende behandelingen, gemeten in de periode 9 augustus – 14 november 2016 voor tussenvuilen die werden bereiden (boven) en voor tussenvuilen die niet werden bereiden (onder). Bij de Barbutte was de tussenvuilen ofwel bereiden door de drempelmachine (boven) of door de aangiettractor (onder).

In de referentie, waarbij de tussenvuilen werd bereiden was de sedimentproductie vrij gelijk verspreid over de gehele meetperiode (Figuur 102) en werd uiteindelijk bijna 35 ton/ha sediment opgevangen (Tabel 31). Dit was in de eerste plaats vooral het gevolg van de verdichting van de bodem door het aanrijden met de tractor bij aangieten. In de referentie waarbij op de tussenvuilen niet werd gereden, was de sedimentproductie met 1127 kg/ha heel wat lager. In de tussenvuilen die niet werden bereiden, konden alle behandelingen run-off en erosie tegen gaan. In deze situatie werd nooit run-off of erosie vastgesteld over de meetperiode.

Tabel 31: Overzicht op de totale hoeveelheid sediment die werd opgevangen in de sedimentbakken in de periode van 9 augustus tot 14 november 2016. Merk op dat bij de Barbutte de tussenrug in de linkerkolom werd bereiden door de drempelmachine en in de rechterkolom door de aangiettractor.

	Cumulatieve sedimentproductie (kg/ha)	
	Bereiden tussenrug	Niet bereiden tussenrug
referentie	34 926	1 127
triltand	0	0
vaste tand	0	0
Dyker	618	0
Barbutte	384	0

In de tussenruggen die wel werden bereiden, werkten de tandbewerkingen onverwacht beter dan de drempeltjes. Bij de tandbewerkingen werden ook in de bereiden tussenruggen geen run-off of erosie vastgesteld. Bij de Dyker en de Barbutte werd op ieder tijdstip in de meetperiode wel vastgesteld dat er run-offwater in de sedimentbakken stond, maar de sedimentconcentratie was steeds laag. De erosie bleef hier dus ook beperkt. Vermoedelijk zijn deze vaststellingen het gevolg van een combinatie van factoren. De regenbuien en de regenintensiteit waren steeds beperkt. Het water had bij de triltand en vaste tandbewerking dus vermoedelijk de tijd om naar de diepte te dringen. Bij hogere regenintensiteit had in deze behandelingen mogelijk wel run-off kunnen ontstaan. Bij de Dyker en Barbutte was de bovenste bodemlaag harder (zie eerder) dan bij de tandbewerkingen. Het water drong daardoor trager in de grond en moest dus meer gebufferd worden achter de drempels. Zoals eerder aangegeven waren deze drempels hoger voor de Barbutte, waardoor de buffercapaciteit hier hoger was. Bij de Barbutte, in de tussenruggen bereiden door de drempelmachine, lagen de meeste drempels echter niet symmetrisch tussen de ruggen. Hierdoor waren de drempels aan één zijde lager zodat de buffercapaciteit kleiner was en ze gemakkelijker konden overstromen.

5.10 Visuele beoordeling tussenrug op 10 augustus en 14 november 2016

Kort na de aanleg van de veldproef, volgde op 10 augustus een beperkte regenbui (<8 mm). De visuele beoordeling aan het einde van deze bui gaf een goed beeld van de run-off in de verschillende behandelingen en wordt hieronder aan de hand van foto's besproken (Figuur 103). Bij het uitgraven van de sedimentbakken op 14 november werd deze beoordeling herhaald.

Referentie:

Op 10 augustus was bij de regenbui in de bandensporen onmiddellijk run-off zichtbaar. Zelfs bij deze beperkte regenbui werd op sommige plaatsen reeds een klein geultje gevormd, waarlangs het water hellingafwaarts stroomde. Op 14 november was de situatie weinig veranderd, maar waren de geultjes overal iets dieper. De geultjes werden voornamelijk gevormd in bandensporen. Bij de andere tussenruggen, was ook duidelijk te zien dat water oppervlakkig had gestroomd, maar een echte geul werd niet gevormd.

Triltand:

Het bodemoppervlak was mooi opgewerkt, maar lag relatief fijn. Het regenwater van 10 augustus trok onmiddellijk de bodem in en er bleven nergens plasjes staan. Op 14 november was de bodem voor een groot stuk dichtgeslemt. Op meerdere plaatsen hadden duidelijk plasjes gestaan, maar run-off kwam nooit tot ontwikkeling.

Vaste tand:

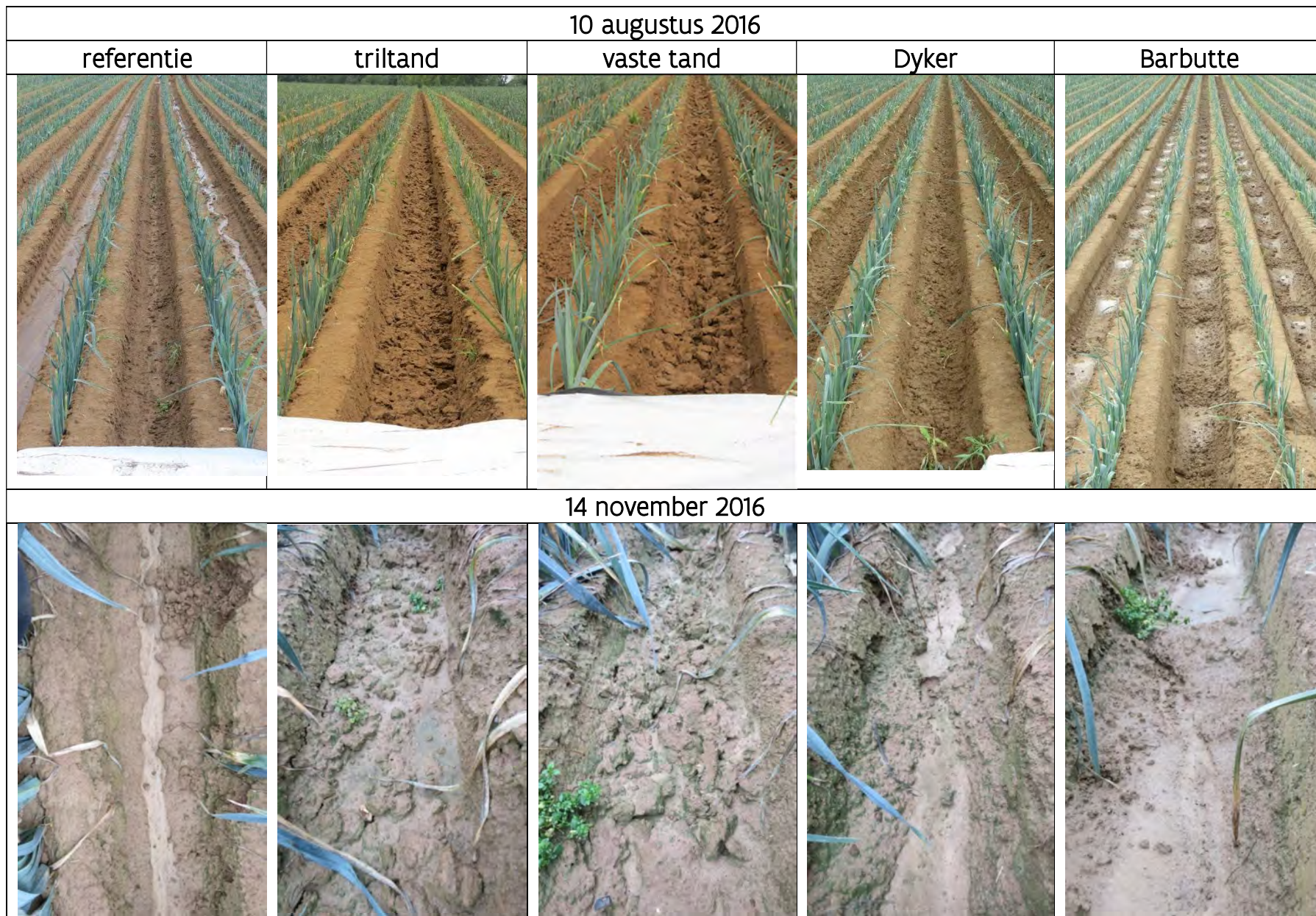
Ook bij deze behandeling trok, net als bij de triltand, het regenwater in augustus onmiddellijk de bodem in, en was het bodemoppervlak sterk verslemt in november. De bodemruwheid was in augustus duidelijk een stuk hoger bij de vaste tand dan bij de triltand. De kluiten waren vooral groter. Ook in november was dit verschil nog steeds zichtbaar.

Dyker:

In augustus was het verschil tussen de behandeling met de triltand en de Dyker minimaal. De drempels gelegd door de Dyker waren slechts zichtbaar vanop korte afstand. In augustus trok het water ook hier onmiddellijk de bodem in. In november daarentegen was duidelijk te zien dat in ieder putje dat door de Dyker werd geslagen, water had gestaan en sediment was verzameld. Er werden door de Dyker dan wel putjes geslagen van enkele centimeter diep (zie eerder), deze zijn langwerpige uitgetrokken, zodat het gebufferde water zich op 1 punt concentreert en daar doorbreekt. In november was duidelijk zichtbaar dat run-offwater van de ene naar de andere drempel kon vloeien.

Barbutte:

Tijdens de regenbui in augustus verzamelde het water zich voor iedere drempel en werd het tegengehouden. Het water trok echter slechts langzaam de bodem in. Ook in november was duidelijk te zien dat run-offwater steeds werd tegengehouden door de drempel en daar was blijven staan om langzaam de bodem in te trekken. Hoewel de drempels nog steeds aanwezig waren in november, oefenden ze minder goed hun functie uit omdat ze op verschillende plaatsen waren doorgebroken. Dit kwam overeen met de plaatsen waar de drempel niet mooi in het center van de tussenrug lag. Hier kon het water sneller doorbreken omdat de drempel op dit punt lager is.



Figuur 103: Overzicht op de tussenruggen in de verschillende behandelingen op 10 augustus en 14 november 2016. De foto's op 14 november werden genomen in tussenruggen die werden bereiden bij aangieten (referentie), door de drempelmachine (Barbutte) en bij aangieten en drempelmachine (overige behandelingen)

5.11 Erosiesimulaties op 10 en 12 augustus 2016: Effect van hevige neerslag

Het aanleggen van drempeltjes of een tandbewerking in de tussenruggen worden uitgevoerd om run-off en erosie te voorkomen. Bij extreme regenval, zijn deze maatregelen soms ook onvoldoende. Om de effectiviteit van de drempeltjes en tandbewerkingen bij hevige neerslag te onderzoeken werd gebruik gemaakt van erosiesimulaties, uitgevoerd met de simulator van KU Leuven (Leys et al., 2007¹; sproeikop Lechler 461 008). Voor alle behandelingen werden 2 erosiesimulaties uitgevoerd (10 simulaties in totaal) op 2 verschillende dagen (dag 1 = 10 augustus, dag 2 = 12 augustus). Alle erosiesimulaties werden uitgevoerd op een tussenrug die niet werd bereiden, behalve bij de Barbutte waar de tussenrug werd bereiden bij aangieten. Er werd telkens 1 lopende meter tussenrug beregend. Aangezien de prei geplant werd op 65 cm, werd dus een oppervlakte van 6500 cm² beregend (Figuur 104). Omdat de ruggen niet op GPS werden getrokken, week de rugafstand soms wel enkele centimeters af. Bij de berekening van de beregende oppervlakte, werd dit meegenomen in de berekeningen. Deze oppervlakte is zeer beperkt, maar biedt de mogelijkheid om te bepalen wanneer drempeltjes doorbreken of wanneer het regenwater oppervlakkig begint af te stromen. De erosieveldjes werden bovenaan de helling afgesloten met een inox plaat, zodat geen instromend water van bovenaf werd opgevangen. Onderaan werden de erosieveldjes eveneens met een inoxplaat afgesloten. Deze plaat is voorzien van een opening voor het opvangen van de run-off en het sediment. De opening werd steeds zo geplaatst dat deze zich op het diepste punt van de tussenrug bevond. Bij de drempels werd de inoxplaat net voorbij de drempel geplaatst. Dit betekent dat er bij de start onmiddellijk water wordt opgevangen van de ruimte tussen het hoogste punt van de drempel en de plaat. In werkelijkheid zou dit water worden opgevangen door de volgende drempel hellingafwaarts. Daarom kunnen we op basis van de resultaten enkel een uitspraak doen over de hoeveelheid water die kan gebufferd worden voor de drempels doorbreken. Dit is te zien als een buigpunt op de grafieken met runoff (zie verder).

De erosiesimulaties werden uitgevoerd op een deel van het perceel dat een helling had tussen de 4,4 en 6,0%, op de eerste simulatie bij de behandeling van de Barbutte na. Hier werd een helling van 7,6% opgemeten. Het organisch koolstofgehalte van de toplaag van de tussenruggen bedroeg gemiddeld 1,03%. Tijdens de erosiesimulaties werd exact 10 minuten beregend aan een gemiddelde intensiteit van 151 l/m².h. Deze berekeningen gebeurden met regenwater aangezien leidingwater of putwater dikwijls teveel kalk bevat die het bodemoppervlak zou stabiliseren. Tijdens het beregenen werd de run-off per tijdseenheid opgetekend. Door stalen te nemen voor sedimentbepaling, kon achteraf in het labo ook de cumulatieve hoeveelheid erosie worden bepaald.

Voor elke simulatie werd in de nabijheid van de plot een bodemvochtstaal genomen. In Tabel 32 wordt het gravimetrisch en volumetrisch vochtgehalte en de bulkdensiteit van de toplaag (0-5 cm) van het bodemprofiel gegeven voor alle simulaties. Voor deze bepalingen werd gebruik gemaakt van kopecky ringen. Er werd weinig verschil vastgesteld in gravimetrisch vochtgehalte, maar wel in volumetrisch vochtgehalte, omdat er een verschil is in de bulkdensiteit van de toplaag. Bij de triltand en de Dyker (de schoepen van de Dyker worden vooraf gegaan door een triltand), werd de bodem ondiep opgewerkt en wat fijner gelegd. Hier werd de laagste bulkdensiteit opgemeten. De bulkdensiteit bij de referentie en bij de behandeling met vaste tand is hoger dan de bulkdensiteit bij de triltand en Dyker. Dit is verwacht, omdat bij de referentie, de bodem niet werd losgemaakt en bij de vaste tand, het bodemoppervlak minder fijn werd gemaakt. De ruwere kluiten blijven dus compact. Bij de Barbutte werd op dag 1 de hoogste bulkdensiteit gemeten, wat

¹ Leys, A., Govers, G., Gillijns, K., Poesen, J. 2007. Conservation tillage on loamy soils: explaining the variability in interrill runoff and erosion reduction. *European Journal of Soil Science* 58: 1425-1436

niet onlogisch is, aangezien de tand slechts 1 cm diep werkt en de bodem dus niet losmaakt. Op dag 2 werd een veel lagere bulkdensiteit gemeten. Dit kan niet onmiddellijk verklaard worden.



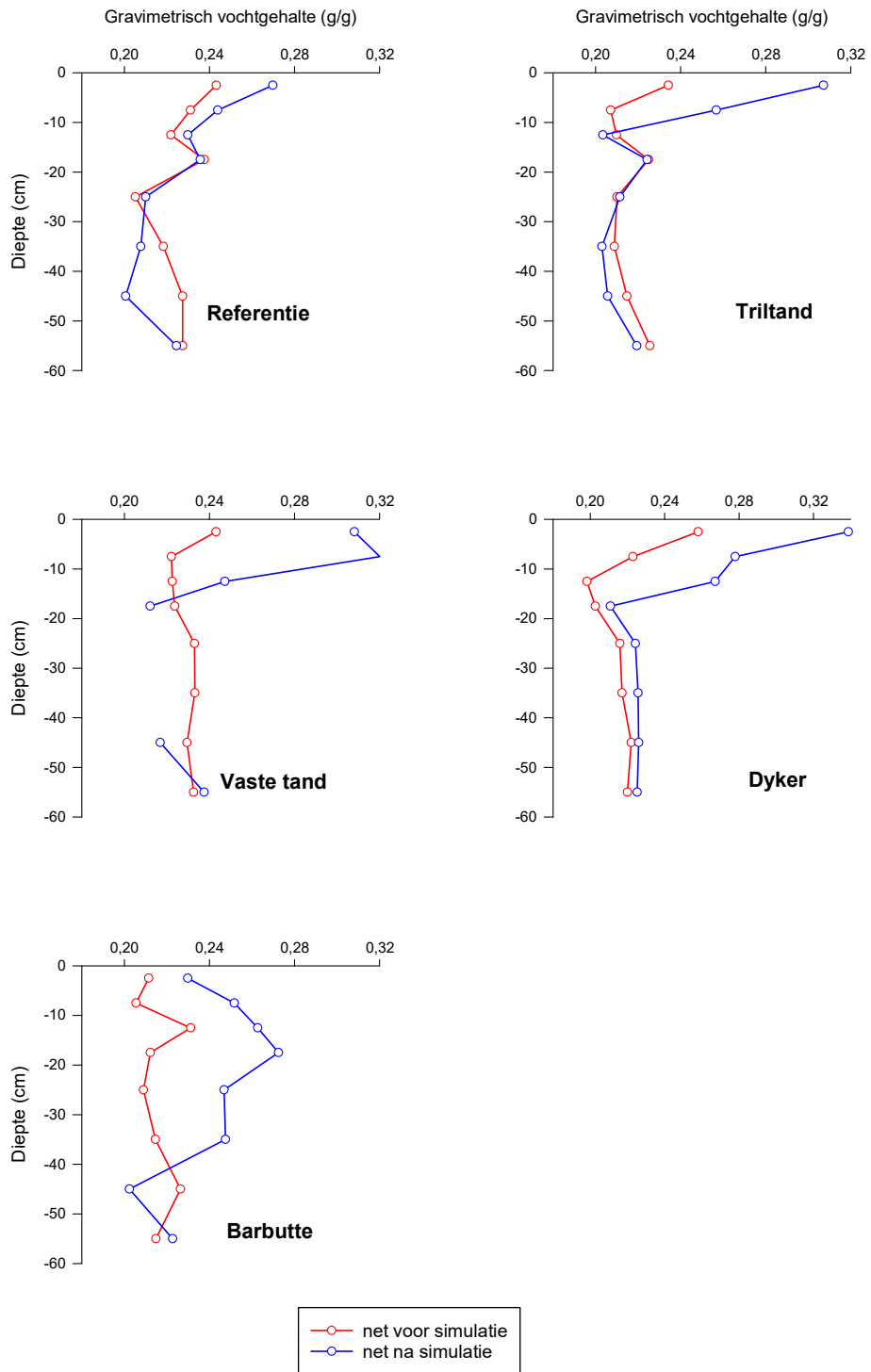
Figuur 104: Zicht op een regenvalsimulatie.

Tabel 32: Overzicht van het gravimetrisch en volumetrisch vochtgehalte en de bulkdensiteit van de toplaag (0-5 cm) van het bodemprofiel, voor alle simulaties.

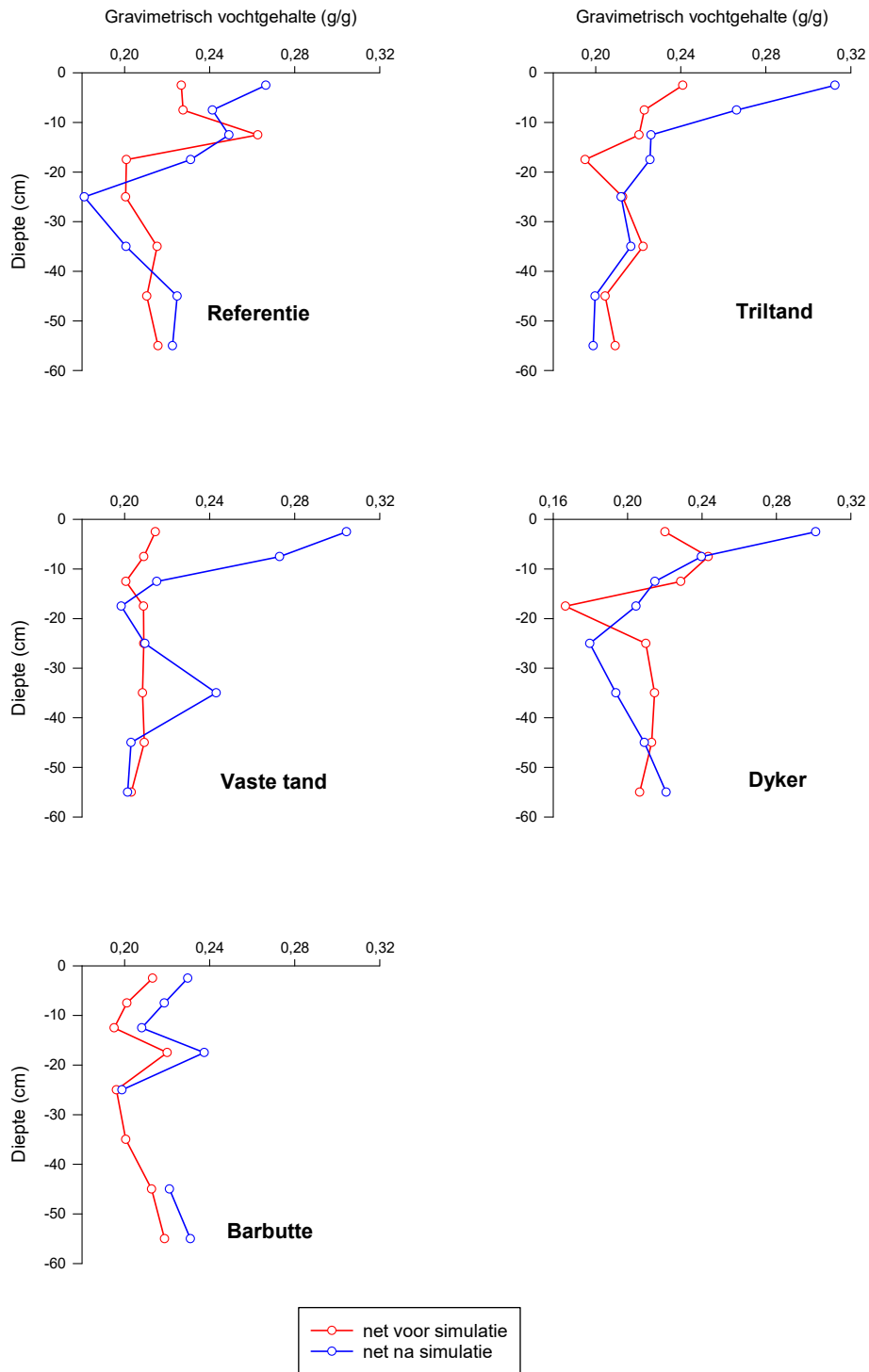
	Gravimetrisch vochtgehalte (g/g)	Volumetrisch vochtgehalte (g/cm ³)	Bulkdensiteit (kg/dm ³)
Referentie	0,25	0,34	1,35
	0,23	0,33	1,45
Triltand	0,22	0,26	1,15
	0,23	0,25	1,07
Vaste Tand	0,23	0,28	1,23
	0,21	0,31	1,49
Dyker	0,24	0,29	1,18
	0,22	0,23	1,04
Barbutte	0,22	0,34	1,52
	0,23	0,25	1,10

Net voor en net na de erosiesimulaties werd ook een dieptestaal tot 60 cm genomen ter bepaling van het vochtgehalte in het profiel. Deze worden in Figuur 105 en Figuur 106 per behandeling weergegeven. Het is belangrijk aan te halen dat het op 11 augustus 2016, regende. Er was dus neerslag tussen de 2 dagen van erosiesimulaties in. Dit is niet te merken aan de vochtgehalten met de kopecky ringen (Tabel 32), wat aangeeft dat het regenwater voor aanvang van de simulaties op dag 2, reeds de dieper de bodem was ingetrokken.

Voor de referentie, triltand, vaste tand en Dyker sijpelde het water tijdens de simulatie duidelijk door tot een diepte van ongeveer 10-15 cm op dag 1. Bij de Barbutte lijkt het alsof het water bij de simulatie op dag 1 tot ploegdiepte in het profiel kon dringen. Op dag 2, na de neerslag van 11 augustus 2016, trok het water van tijdens de simulaties nog steeds tot 10-15 cm diepte bij de vaste tand en de triltand. Voor de Dyker en de referentie, was dit op dag 2, maximum 10 cm. Bij de referentie en de Barbutte op dag 2 is ook te zien dat de toename in vochtgehalte in het profiel 0-15 cm veel kleiner is dan bij de andere behandelingen. Dit kan er op wijzen dat er in totaal minder regen in het bodemoppervlak infiltreert.



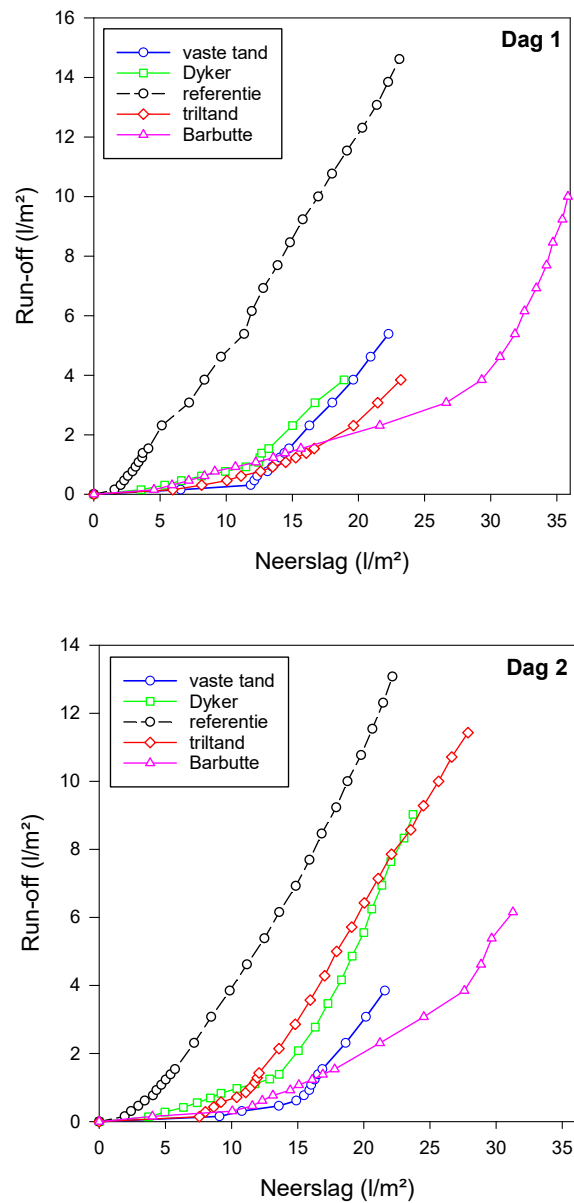
Figuur 105: Gravimetrisch vochtgehalte van het bodemprofiel net voor de simulaties en net na de simulaties voor alle behandelingen op 10 augustus 2016.



Figuur 106: Gravimetrisch vochtgehalte van het bodemprofiel net voor de simulaties en net na de simulaties voor alle behandelingen op 12 augustus 2016.

5.11.1 Run-off

Omdat de neerslagintensiteit schommelde tussen de simulaties, waren er verschillen in de totale hoeveelheid neerslag die per oppervlakte-eenheid op de bodem terecht kwam (Figuur 107).



Figuur 107: Verloop van de run-off in functie van de neerslag voor dag 1 (boven) en dag 2 (onder).

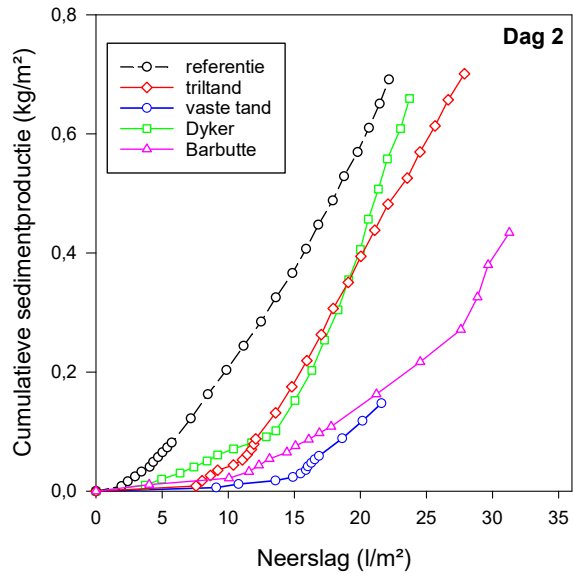
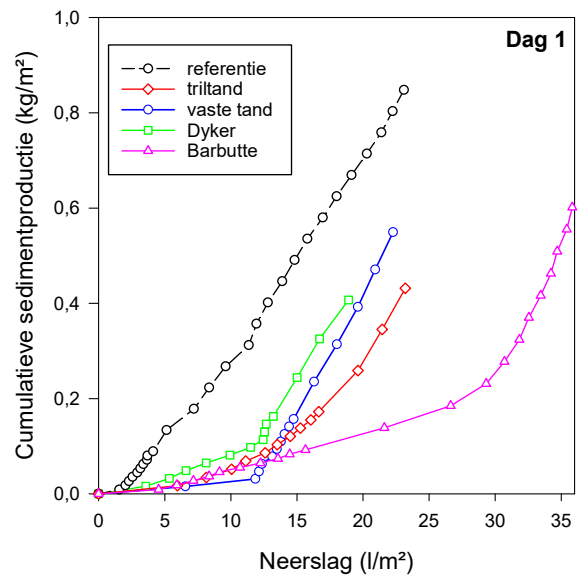
Uit Figuur 107 blijkt dat zowel op dag 1 als dag 2, vanaf een neerslag van 2-3 mm er reeds oppervlakkig water begon af te stromen in de referentie. De run-off kwam dus zeer snel op gang. In de referentie spoelde uiteindelijk bijna 60% van het regenwater oppervlakkig af (runoffcoëfficiënt). De vaste tand, triltand en Dyker hebben een gelijkaardig effect. Initieel werd afstromend water opgehouden, maar zodra 10 tot 15 mm neerslag op 5 minuten viel, kwam de run-off op gang. De drempels aangelegd met de Dyker scoorden dus niet beter dan de triltand of vaste tand.

De drempels van de Barbutte konden 25-30mm water ophouden (buigpunt op de grafiek). De beperkte run-off vanaf de start was afkomstig van de ruimte tussen het hoogste punt van de drempel en de opvanggoot. Dit water zou in praktijk door de drempel hellingafwaarts worden opgevangen, vandaar dat deze initiële runoff geen betekenis heeft en alleen het buigpunt (= punt waarbij de drempel doorbreekt) van tel is. De hoeveelheid neerslag gevallen op het moment van dit buigpunt is de buffercapaciteit van de drempel bij die neerslagintensiteit. Dit betekent dat de drempels van de Barbutte een bui van 25-30 mm op 8-9 minuten aankunnen.

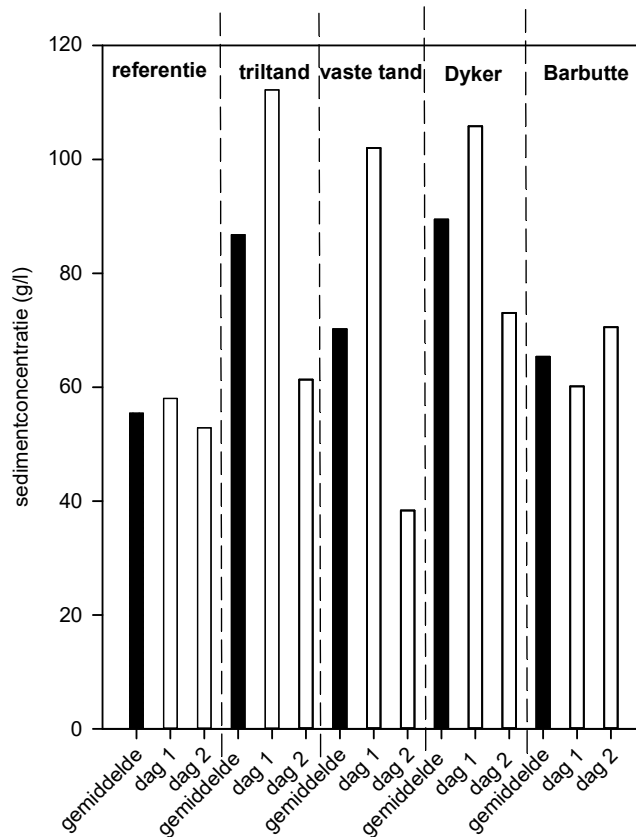
5.11.2 Erosie en sedimentconcentratie

Uit Figuur 108 blijkt dat de cumulatieve sedimentproductie vrij gelijkaardig is aan de run-off.

In Figuur 109 worden de sedimentconcentraties weergegeven voor de verschillende simulaties. Hierin kan opgemerkt worden dat de sedimentconcentraties in het afstromende water het hoogste waren bij de Dyker en de triltand, en het laagste bij de referentie. Het is zo dat door gebruik van de triltand (meer dan 1 tand per tussenrug), de grond fijner werd gelegd dan in de andere objecten. Wanneer dus water afstroomt is er meer kans dat er fijne aarde wordt meegesleurd. Aangezien bij de Dyker er ook een triltand vooraf gaat, speelt dit hier ook mee. Bij de referentie is de sedimentconcentratie lager, omdat de bodem niet is losgemaakt. Het hardere oppervlak zorgt ervoor dat minder fijne aarde kan meegesleurd worden. Omdat er echter veel meer run-off is dan in alle andere objecten, wordt desondanks veel meer erosie vastgesteld (zie eerder).



Figuur 108: Verloop van de cumulatieve sedimentproductie in functie van de neerslag voor dag 1 (boven) en dag 2 (onderaan).



Figuur 109: Overzicht van de gemiddelde sedimentconcentratie in het run-off water per simulatie.

5.11.3 Besluit erosiesimulaties

De erosiesimulaties geven aan dat bij extreme regenval, op een al vrij natte bodem, de Dyker, de triltand- en vaste tand bewerking ongeveer 10 tot 15 mm regen op 5 minuten kunnen opvangen. De Dyker die nochtans drempels aanlegt, scoort hierin dus niet beter dan de triltand of vaste tand. De Barbutte scoort duidelijk beter en kan een regenbui van 25 tot 30 mm in 9 minuten doorstaan.

5.12 Conclusie

Vooral in de rijsporen van de aangiettractor werd in de referentie een sterke erosie waargenomen. Om erosie te vermijden is elke bewerking die deze tussenruggen opwerkt een hele verbetering. Bij gebruik van een triltand of een vaste tand die de bodem tot op een relatief grote diepte (10 – 15 cm) openbreekt werd geen runoff opgevangen in de sedimentbakken. De diepere bewerking had een positieve impact op de infiltratiecapaciteit van de bodem in de tussenrug. De Barbutte en de Dyker veroorzaakten ook geen erosie, behalve in de tussenrug die werd bereiden door de drempelmachine (Barbutte) of door de aangiettractor en drempelmachine (Dyker). Dit kan verklaard worden doordat deze machines de bodem in de tussenrug in mindere mate opwerkten waardoor de infiltratiecapaciteit beperkter bleef. Een tweede reden was dat bij de Barbutte de drempels, in tussenruggen bereiden door de drempelmachine, niet symmetrisch in de tussenrug werden afgelegd, waardoor er gemakkelijker water langs kon stromen. De goede afleg van de drempeltjes is hier dus cruciaal voor een goede erosiebestrijdende werking.

Een neerslagsimulatie waarbij een zeer sterke neerslag gesimuleerd werd gaf bovendien nog een tweede belangrijke bevinding. Bij alle bewerkingen werd een omslagpunt waargenomen. Vanaf deze hoeveelheid neerslag nam de runoff en dus de erosie zeer sterk toe. Bij intensieve neerslag op een korte tijdsspanne is een goed gevormd drempeltje de beste erosiebestrijdende maatregel, maar eenmaal de drempeltjes doorbreken heb je hier ook een sterke runoff en erosie.

De beste manier om erosie te bestrijden in ruggenteelten is wellicht de combinatie van een tandbewerking die de bodem opwerkt en de infiltratiecapaciteit doet toenemen, met een goed gevormd drempeltje dat beginnende runoff kan tegenhouden. Dit wordt nog onderzocht

6 Ruggenteelt witloofwortelen Merchtem: drempels en tandbewerking tussen de ruggen

Thijs Vanden Nest, Greet Ruyschaert (ILVO)

6.1 Doelstelling van de veldproef

Bij de ruggenteelten kan een drempelmachine worden ingezet om erosiedrempeltjes te maken tussen de ruggen, die afstromend water bufferen en zo erosie voorkomen. In de teelt van witloofwortelen, vormen deze drempeltjes een teeltechnisch probleem. Omdat ruggen trekken, zaaien en schoffelen op verschillende tijdstippen gebeuren, dienen drempeltjes na iedere bewerking opnieuw aangelegd te worden. Bovendien kunnen de drempeltjes ook problemen vormen bij iedere nieuwe bewerking (schokken van de tractor) en mogelijk ook bij oogst. De diepte van ontbladeren is erg belangrijk en wordt bepaald door een voeler of steunwiel, die mogelijk hinder ondervindt van de oneffenheden in het terrein. Een alternatief voor drempeltjes kan een vaste tand bewerking zijn. Mogelijk kan door een vaste tand bewerking de verdichte laag in de tussenrij worden gebroken, zodat water beter naar de diepte kan sijpelen. Bovendien zou een vaste tand minder storend reliëf geven. Dit uit zich in 2 onderzoeksvragen:

1. In welke mate wordt bodemerosie beperkt door het uitvoeren van een diepe tandbewerking en het aanleggen van drempels (dycker) tussen de ruggen (direct na zaai en bij schoffelen)?
2. Wat zijn teeltechnische knelpunten en wat zijn mogelijke oplossingen?

Op basis van de onderzoeksresultaten, beschreven in dit rapport, wordt bij de conclusies een antwoord geformuleerd voor beide onderzoeksvragen.

6.2 Beschrijving perceel

6.2.1 Situering landbouwbedrijf

De hoofdzetel van het landbouwbedrijf waar deze veldproef werd aangelegd, is gelegen te Merchtem. De percelen van dit bedrijf bevinden zich ook in en rondom Merchtem. Merchtem behoort tot de zandleemstreek. De meeste percelen hebben dan ook een zandleemtextuur, maar sommige (zoals het proefperceel) percelen hebben een leemtextuur. De hoofdtak van het bedrijf is de teelt van (baby)witloof op hydrocultuur. Voor de wortelproductie wordt jaarlijks ongeveer 40 tot 60 ha witloof op ruggen uitgezaaid (2 rijen per rug en ruggen op 75 cm). De teelt van witloofwortelen gebeurt gedeeltelijk op eigen percelen, gedeeltelijk op percelen in seizoenpacht. Dit is voornamelijk om een ruime vruchtafwisseling te realiseren. Witloofwortelen worden best slechts om de 5 à 7 jaar op dezelfde plek geteeld. Een aantal van de eigen percelen of percelen in seizoenpacht zijn groot naar Vlaamse maatstaven (>10 ha en >20 ha). Een aantal van deze grote percelen zijn op de erosiegevoeligheidskaart rood ingekleurd. Seizoenpacht op percelen met een zeer hoge erosiegevoeligheid (paars) worden vermeden. Naast de witlooftak, heeft het bedrijf ook een akkerbouwtak, met o.a. de gewassen wintergerst, wintertarwe, korrelmaïs en aardappelen. De hoofdbodembewerking wordt in hoofdzaak met de ploeg uitgevoerd, maar er werden reeds enkele positieve resultaten bereikt in experimenten met niet-kerende bodembewerking, ook in de ruggenteelt van witloofwortelen.

6.2.2 Beschrijving van het proefperceel

Regio: Merchtem

Bodemtextuur: Leem

Bodemkaart: Aba1 (droge leembodem met textuur B horizont)

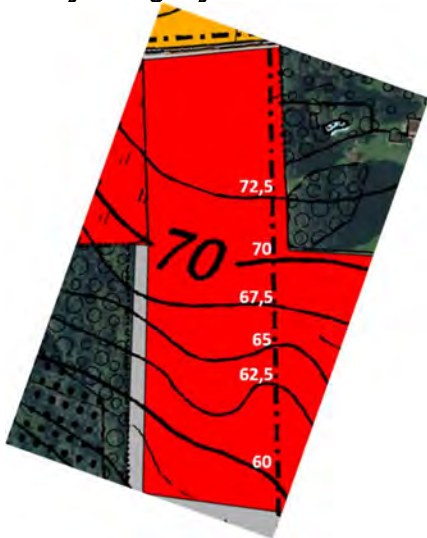
Erosieklasse: Rood

Voorvrucht: Korrelmaïs

Groenbemester/vanggewas: Geen

Helling perceel: 3,6-9,7%

Kaartje hoogtelijnen:



De veldproef werd volledig aangelegd door de landbouwer zelf en werd op vraag van de landbouwer opgevolgd naar erosie toe. Het teelttechnisch verloop van de witloofteelt werd –op het aanleggen van drempels of een diepe tandbewerking na- nergens aangepast.

Het perceel waar de veldproef werd aangelegd beslaat een oppervlakte van >20ha. Een homogeen stuk van dit perceel werd uitgekozen om de veldproef uit te voeren. Hoewel het perceel in de zandleemstreek gelegen is, heeft het perceel volgens de bodemkaart een leemtextuur. Het perceel werd in 2016 in seizoenpacht bewerkt door de proefveldhouder. De voorvrucht was korrelmaïs en het korrelmaïsstro werd vermoedelijk oppervlakkig ingewerkt in het najaar van 2015 met een vaste tand cultivator (Figuur 110). De landbouwer tracht steeds de witloofpercelen te ploegen tijdens de winter of in het vroege voorjaar, zodat de bodem een lange periode heeft waarin de bodem kan bezakken, voor de ruggen worden gefreesd. Half januari 2016 was een korte periode van vrieskou en was het bodemoppervlak bevroren. Hier werd gebruik van gemaakt om het proefvlak te ploegen (Figuur 110). Uiteindelijk bleken de ploegomstandigheden toch iets te nat, omdat de bodem onvoldoende in de diepte was bevroren. Slechts het bodemoppervlak was bevroren. De rest van het perceel werd dan ook 1^e helft maart geploegd.



Figuur 110: Een beeld van het bodemoppervlak, bedekt met korrelmaïsstro van het voorgaande seizoen (links) en de pas geploegde bodem van het proefvlak op 19 januari 2016 (rechts).

Op 22 maart werden bodemstalen genomen van de bouwvoor (0-30 cm) en werd de indringingsweerstand tot 80 cm diep gemeten. Dit gebeurde in de blokken A, B en C, zoals gedefinieerd in het proefplan (zie verder). Figuur 111 geeft een beeld van het geploegde bodemoppervlak op 22 maart. Het bodemoppervlak lag erg ruw, omwille van de grote kluiten aarde die bij het ploegen werden gevormd. Het bodemoppervlak was volledig verslemt en vertoonde door het drogende weer rond half maart, duidelijk cracks. Hoewel er duidelijk in alle grote en kleine kuiltjes in het bodemoppervlak water had gestaan, werden weinig of geen sporen van afstromend water of geultjes vastgesteld. Het bodemoppervlak was hard. Op sommige plekken waren duidelijk kiezelsteentjes aanwezig aan het bodemoppervlak.

In Tabel 33 wordt een overzicht van de chemische bodemvruchtbaarheid van het proefvlak, per blok gegeven. Het koolstofgehalte van de bouwvoor is erg laag en de bodemzuurtegraad ligt onder de streefzone. De bodem is hierdoor gevoelig aan structuurbederf en erosie. Het P-gehalte ligt beneden de streefzone en in fosfaatklasse I volgens de mestwetgeving. Het K- en Mg-gehalte liggen binnen de streefzone en het Ca-gehalte ligt onder de streefzone. De chemische bodemvruchtbaarheid van dit (deel)perceel is dus niet optimaal en acties dienen ondernomen te worden om de vruchtbaarheid te verbeteren.

Gezien het lage koolstofgehalte wordt best actie ondernomen door het inpassen van meer groenbedekkers en bodemverbeterende middelen zoals stalmest en compost. Gezien het lage fosfaatgehalte, laat de wetgeving ook een hogere compost- en stalmestgift toe. Gezien het perceel heel regelmatig in seizoenpacht wordt gegeven, is er vermoedelijk weinig aandacht voor de bodemkwaliteit. Ook de witloofteler is seizoenpachter en kan op 1 teeltseizoen weinig actie ondernemen.



Figuur 111: Zicht op het geploegde bodemoppervlak op 22 maart 2016.

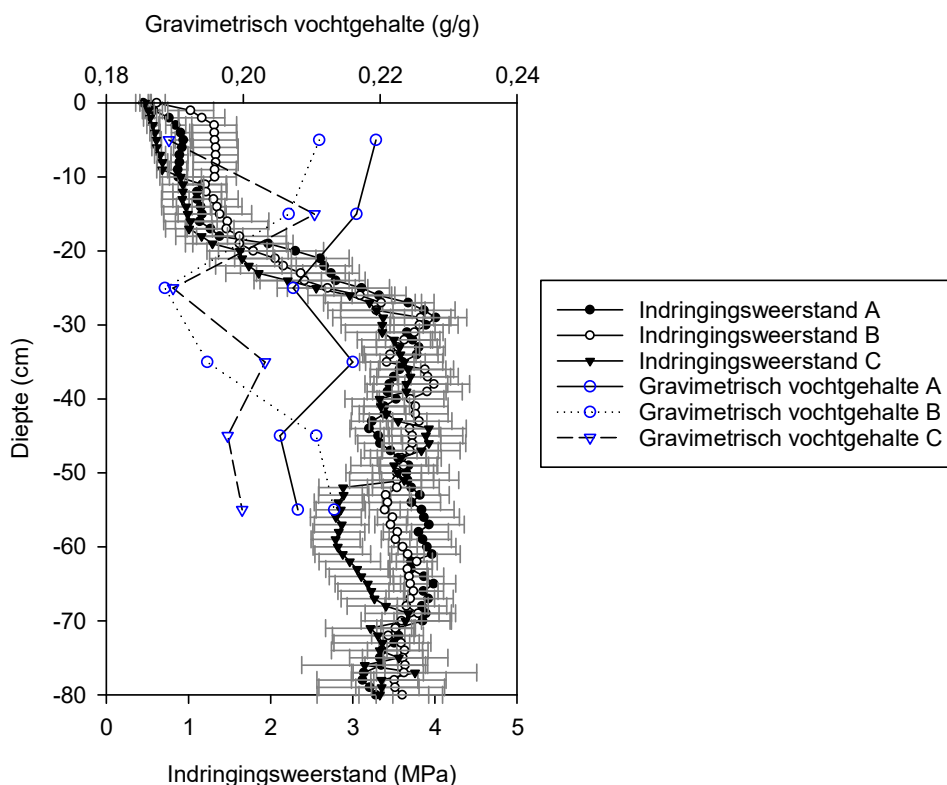
Tabel 33: Overzicht van de algemene chemische bodemtoestand per blok voor 0-30 cm op 22 maart 2016. P, K, Mg, Ca en Na werden gemeten in een ammoniumlactaat-extract. De streefwaarden voor leemgrond werden overgenomen van Maes et al., 2012¹.

Blok	Minerale N-voorraad (0-60 cm) kg N/ha	Laag cm	C %	pH-KCl	N _{tot} %	C/N	mg/100g				
							P	K	Mg	Ca	Na
A	13	0-30	0,8	6,2	0,07	11	11	19	14	134	< 1,9
B	14	0-30	0,7	6,1	0,07	11	10	23	15	146	< 1,9
B	14	0-30	0,8	6,5	0,07	10	10	14	14	181	< 1,9
Streefzone		0-23	1,2-1,6	6,7-7,3	-	-	12-18	14-20	9-14	160-350	3,1-6,0

Figuur 112 geeft de indringingsweerstand van het bodemprofiel weer. Door het ploegen zijn geen verdichte lagen terug te vinden in de eerste 20 cm van het profiel. In de laag van 20 tot 30 cm neemt de indringingsweerstand sterk toe tot 3 à 4 MPa. Hoewel er op ploegdiepte (30 cm) geen duidelijke ploegzool aanwezig is, is deze toename vermoedelijk wel het gevolg van ploegen. Beneden de 30 cm blijft de indringingsweerstand schommelen tussen de 3 en 4 MPa. Deze indringingsweerstand komt overeen met de (theoretische) maximumgrens aan wat plantenwortels ongeveer kunnen bewortelen. Het valt op dat in blok

¹ Maes, S., Elsen, A., Tits, M., Boon, W., Deckers, S., Bries, J., Vogels, N., Vandendriessche, H., 2012, Wegwijs in de bodemvruchtbaarheid van de Belgische akkerbouw- en weilandpercelen (2008-2011), Bodemkundige Dienst van België.

A en B (bovenaan en in het midden van de helling in het proefvlak) het vochtgehalte in de bovenste 10 cm hoger is dan in blok C (onderaan de helling in het proefvlak).

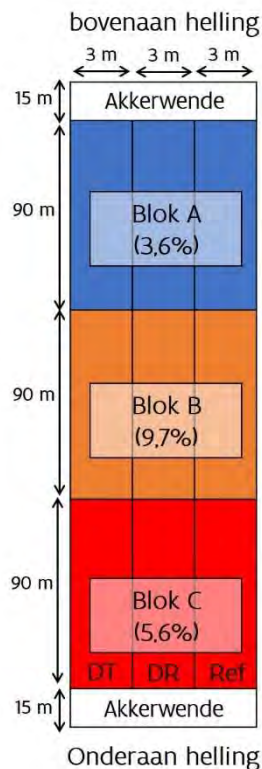


Figuur 112: Indringingsweerstand en gravimetrisch vochtgehalte in de blokken A, B en C van de veldproef op 22 maart 2016. De indringingsweerstand werd gemeten met een penetrologger (10 steken in kruisverband per blok) tot 80 cm diepte. De grafiek geeft de gemiddelde indringingsweerstand (\pm standaardfout) aan per cm diepte. Het vochtgehalte werd per blok en per laag van 10 cm bepaald.

6.3 Beschrijving veldproef

6.3.1 Opbouw en logboek

Zoals eerder aangegeven werd een homogeen klein deel van het perceel als proefvlak gebruikt, namelijk 9 m breed en 295 m lang langsheen de helling van dit deel van het perceel (Figuur 113). De akkerwendes bovenaan en onderaan werden buiten beschouwing gelaten. Het perceel werd in de breedte verdeeld in 3 stroken met een verschillende behandeling (DT, DR en Ref). Langsheen de helling werden 3 blokken gedefinieerd voor de bodemstaalnames vooraf (zie eerder) en voor de bepaling van de hellingspercentages. De hellingspercentages staan tussen haakjes aangeduid in Figuur 113. Onderaan de helling werden 4 zware mortelbakken ingegraven om het afspoelende sediment tussen 2 ruggen over de volledige lengte van de helling op te vangen. Voor alle behandelingen werd 1 mortelbak ingegraven op een positie waar geen bandenspoor van de tractor (zaai of aanleggen drempels) aanwezig was. Er werd ten slotte ook een mortelbak ingegraven bij de diepe tandbewerking op een positie tussen 2 ruggen waar wel een bandenspoor lag van de tractor bij de diepe tandbewerking. Voor deze laatste bak verwijzen we naar 'DTB'.



Figuur 113: Proefplan van de veldproef ruggenteelt witloofwortelen te Merchtem, 2016. De proef bestaat uit 3 stroken van 3m. De lettercode geeft de verschillende behandelingen per strook aan (zie ook 6.3.2). De blokken verwijzen naar de blokken die werden gekozen voor bodemstaalname en opmeten van de indringingsweerstand. Het cijfer tussen haakjes bij de bloknaam is het gemiddelde hellingspercentage.

In Tabel 34 wordt het logboek van de belangrijkste activiteiten in deze veldproef weergegeven. Bemesting en het gebruik van fytoproducten was gelijk voor alle behandelingen en worden niet in het logboek opgenomen.

Tabel 34: Overzicht van de activiteiten op de veldproef per datum

Datum	Activiteit
18 januari	Winterploegen
1 ^e week mei	Witloofruggen frezen
25 mei	Witloof zaaien
28 mei	DT: diepe tandbewerking DR: drempels aanleggen met Dycker (+voorstaande triltanden)
8 juni	Begin opvolging erosie
12 juli	DT: schoffelen met diepe tandbewerking DR: schoffelen gevolgd door drempels aanleggen met Dycker Ref: schoffelen
14 september	Einde opvolging erosie
12 november	Rooien witloofwortelen

In Tabel 35 wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde en normale gemiddelde maandelijkse temperatuur (periode 1981-2015) en de maandelijkse en normale maandelijkse neerslag (1981-2015) te Ukkel op 14 km afstand in vogelvlucht van het proefperceel. De gegevens geven een weerslag van de

weersomstandigheden in de periode waarin via de mortelbakken, de erosie werd opgevolgd. De maand juni was gekenmerkt door abnormaal hoge hoeveelheden neerslag. De neerslag was in deze maand meer dan dubbel zo hoog als normaal. Deze periode bleek de belangrijkste om de behandelingen te kunnen vergelijken op vlak van erosie. Witloof is ook nog erg klein in de maand juni. De maanden juli en augustus waren zowel qua temperatuur als neerslag vergelijkbaar met het normale gemiddelde. September was gekenmerkt door een droge warme periode met lagere hoeveelheden neerslag en hogere temperaturen dan normaal.

Tabel 35: Overzicht van de gemiddelde maandelijkse temperatuur en neerslag in de periode 1981-2010 in de regio van het proefveld en de maandelijkse afwijking hiervan in 2016 in de maanden van de opvolging van de erosie (bron: KMI).

Maand	Gemiddelde temperatuur		maandelijkse neerslag	
	Jaar 2016 (°C)	normaal 1981-2015 (°C)	Jaar 2016 (mm)	normaal 1981-2015 (mm)
Juni	16	16	175	72
Juli	18,5	18,5	55	74
Augustus	18	18	54	79
September	17,5	15	18	69

6.3.2 Beschrijving van de behandelingen

Bij de ruggenteelt van witloof worden eerst ruggen gefreesd, vervolgens wordt witloof op de ruggen gezaaid en ten slotte wordt een of meerdere keren geschoffeld. De tijdstippen waarop deze werkzaamheden worden uitgevoerd en het aantal weken dat verloopt tussen deze 3 acties is afhankelijk van de weersomstandigheden. Gewoonlijk worden ruggen gefreesd in de periode half april-half mei, wordt gezaaid in de 2^e helft van mei en geschoffeld in de 1^e helft van juli. De oorspronkelijke bedoeling was om de diepe tandbewerking en het aanleggen van drempels uit te voeren op 3 tijdstippen: na het trekken van de ruggen, na de zaai en na het schoffelen. Gezien het natte voorjaar werd het trekken van de ruggen uitgesteld en was de periode tussen het trekken van de ruggen en de zaai kort. Er werden dan ook geen drempels aangelegd of diepe tandbewerking uitgevoerd tussen het trekken van de ruggen en het zaaien van het witloof. Er was ook voorzien om een 2^e drempelmachine van het type Barbutte van een naburige landbouwer te testen in de proef, maar dit kon door omstandigheden niet uitgevoerd worden.

6.3.2.1 Ref: referentiebehandeling

In de referentiebehandeling werd de teelt van het witloof uitgevoerd volgens de gangbare methode. Na het trekken van de ruggen en zaai van het witloof worden enkel nog bespuitingen met fytoproducten uitgevoerd en eventueel meststoffen toegediend, maar de bodem wordt ongemoeid gelaten tot het moment van schoffelen. Het bodemoppervlak in de tussenruimte waar zich bandensporen van de tractor bevinden, is vrij hard. Gezien de ruggen per 4 getrokken worden en de zaai eveneens per 4 ruggen gebeurt, zijn de helft van de tussenruggen bereiden. De landbouwer in voert standaard 1 schoffelbeurt in juli uit. Dit gebeurt met een machine bestaande uit een steunwiel gevolgd door 2 schijven die de rug links en rechts afschrappen (± 1 cm diep) en 1 of 2 vlakke messen die het horizontale stuk in de tussenrug schoffelen (± 1 cm diep) (zie Figuur 114). De werking van de schoffelmachine gebeurt het beste bij een hoge snelheid (10-12-14 km/u). De messen snijden/schrappen hierbij het bovenste deel van het bodemoppervlak af, dat door de hoge snelheid volledig verkruimeld en zeer fijn wordt. Rubberen matten link en rechts van de ruggen zorgen ervoor dat alle opgeworpen aarde in de tussenrug terecht komt en niet op de witloofplantjes. Door een passage van

de schoffelmachine, wordt er dus veel fijne aarde op de harde ondergrond gelegd tussen de ruggen. Volgens de ervaring van de landbouwer is dit hét moment dat er het meeste erosie kan ontstaan. Vooral bij hevige regen in de eerste dagen na de schoffelbeurt spoelt de fijne aarde weg. Bij voldoende uitdrogen en beperkte neerslag, kan de aarde voldoende bezakken en is dit probleem minder groot.



Figuur 114: Opbouw van de schoffelmachine.

6.3.2.2 DT: diepe tandbewerking

De landbouwer laste zelf een vaste tand, bestaande uit een zware stalen rechte lat, met onderaan een zwaar betonijzer als beitel (Figuur 115). Deze tand werd eerst gemonteerd op de zaaimachine, maar het frame is daar niet voor voorzien. Bovendien liepen de tanden in de bandensporen al snel scheef. Daarom werd besloten om de tandbewerking onafhankelijk van het zaaien uit te voeren, 3 dagen na de zaai. Hiervoor werd de schoffelmachine gebruikt en werden alle schoffelelementen van het frame weggenomen. Er werd dus enkel gewerkt met het steunwiel en de vaste tand. De vaste tand werd op ongeveer 15 cm diepte tussen de ruggen door de bodem getrokken. De landbouwer paste deze bewerking buiten de proef ook toe in al zijn witloofpercelen. Hierbij werden de sproeisporen bewust niet bewerkt, omdat men vreesde voor inzakken en vastrijden van de tractor met het spuittoestel. Tussen de zaai en het uitvoeren van de diepe tandbewerking viel ± 10 l/m neerslag en was de bodem opnieuw vochtig. Hoewel de vaste tand de bodem goed kon opwerken tussen de ruggen die niet werden bereiden, werd de bodem in de tractorsporen slecht opgewerkt en werden er op sommige plaatsen gewoon gleuven getrokken. Het harde bodemoppervlak is hiermee gebroken zodat water naar de diepte kan, maar er ontstaat zo ook een geul langs waar makkelijk water kan verzamelen en helling afwaarts kan stromen. Bij een ander perceel van dezelfde witloofteler werden de zelfde stappen uitgevoerd, maar gebeurde de tandbewerking nog voor de regenval. Hier werd de bodem achter de bandensporen wel goed opgewerkt.



Figuur 115: Vaste tand voor diepe tandbewerking na zaai en bij schoffelen: detail van de tand (links) en de vaste tand zoals gemonteerd voor schoffelen (rechts).

Bij het schoffelen werd de schoffelmachine voorzien van een vaste tand achteraan de schoffelmachine (Figuur 115). Het gaat om dezelfde tand als na de zaai. Door deze extra tand diende de rijnsnelheid van de tractor duidelijk verlaagd te worden (meer trekkracht nodig), maar dit gaf geen verdere technische problemen. Tijdens het schoffelen was het bodemoppervlak nat en de ondergrond droog. Door de droge ondergrond, werd de bodem goed opgewerkt en werden geen gleuven gevormd. Op de meeste plekken lag bovenaan veel losse grond. Op sommige plekken waren meer kluiten aanwezig. Op de meeste plekken lag de opgewerkte bodem mooi horizontaal in de tussenrug, maar soms lag de opgewerkte grond iets dieper op de plaats waar de tand passeerde en iets hoger tegen de flanken van de ruggen. De opgewerkte bodem vormt een beetje een V-doorsnede in de tussenrug (Figuur 116).

Na evaluatie van deze werkwijze werden volgende punten naar voor gebracht:

- Het is beter de diepe tandbewerking enkele dagen na de zaai uit te voeren. Het zaaien op zich is een precisiewerk, waarbij problemen met deze extra tand best vermeden worden. Bovendien zaait men dikwijls net voor of net na regenval, omdat witloof erg ondiep wordt gezaaid in periode van (normaal) drogend weer. Dit beetje neerslag is nodig voor de kieming. Dit maakt dat de bodem best even opdroogt voordat de tandbewerking gebeurt. Als de bodem opgedroogd is, zal de bodem beter opgewerkt worden en is er minder kans dat er gleuven worden getrokken.
- De smalle beitel is waarschijnlijk voor verbetering vatbaar. Door de beitel te vervangen door een smalle ganzenvoet, wordt de bodem vermoedelijk iets beter opgewerkt en zal er minder kans zijn dat gleuven worden getrokken.



Figuur 116: Zicht op de tussenruimte tussen de witloofruggen, net voor het schoffelen (boven) en net na het schoffelen (onder). Op de foto rechts onderaan is te zien dat de opgewerkte bodem soms volledig vlak ligt (tussenrug rechts op de foto), maar soms ook meer verspreid wordt volgens een V-vorm (tussenrug links op de foto).

6.3.2.3 DR: drempels aangelegd met Dycker

Na de zaai van de witloofwortelen werd een Grimme 'Dycker' (van het grote type) van een naburige landbouwer ingezet om drempeltjes te vormen in de tussenruggen. De Grimme Dycker bestaat uit een balk waarop triltanden gemonteerd staan die de grond losmaken, zodoende dat de schoepen van de Dycker meer effect hebben. Door het draaien van de schoepen, wordt de aarde opgeworpen en worden putjes gemaakt in de tussenrij, die afstromend water kunnen bufferen. Figuur 117 toont een foto van een Grimme Dycker zoals deze gemonteerd wordt op een aardappelplantmachine. Bij de veldproef werd dezelfde opbouw gebruikt, maar dan gemonteerd op een balk.



Figuur 117: Zicht op de triltand en schoepen van de Grimme Dycker zoals gemonteerd op een aardappelplantmachine. Dezelfde opbouw werd op een balk gemonteerd en ingezet in de veldproef.

De chauffeur gebruikt deze machine normaal in aardappelen en gaf aan dat er bij de veldproef iets trager diende gewerkt te worden en dat er ook minder aarde werd opgeworpen omdat het bodemoppervlak relatief harder lag dan bij aardappelen.

Ook deze behandeling werd geschoffeld, maar dan zonder een diepe tandbewerking. Hoewel de drempels bijna onherkenbaar waren geworden en de bodem gewoon een onregelmatig reliëf vertoonde, was het schoffelen moeilijk. De rijnsnelheid diende gehalveerd te worden en de tractor schokte sterk. Na de schoffelbeurt werd de Dycker opnieuw ingezet om drempeltjes te vormen.





6.4 Erosie


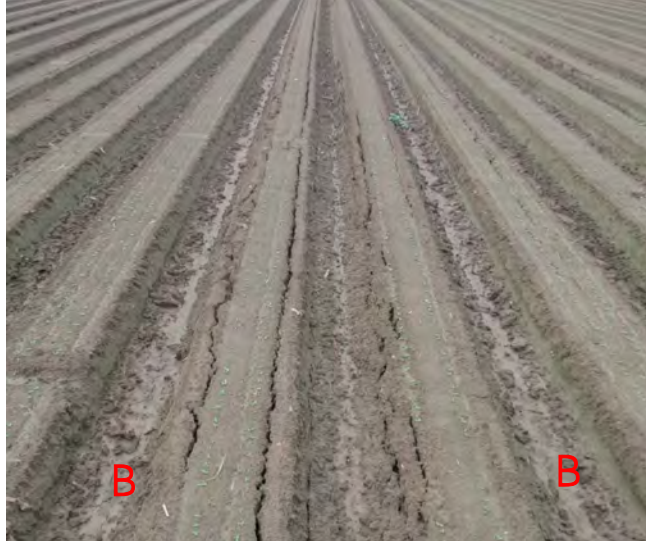




6.4.1 Beschrijving van de toestand op 1 juni, 6 juni en 12 juli 2016

De erosie werd naast het opvangen van sediment in de mortelbakken ook visueel opgevolgd vanaf het moment dat de drempels waren aangelegd en de diepe tandbewerking uitgevoerd na de zaai op 28 mei. Op de volgende pagina's worden foto's weergegeven van de behandelingen Ref, DT en DR van de tijdstippen 1 juni, 6 juni en 12 juli voor schoffelen. De rode letter 'B' in de foto's geeft telkens aan waar er een bandenspoor van de tractor was van bij zaai (Ref) of de tractor bij de diepe tandbewerking (DT) en Dycker drempelmachine (DR). Nog voor de mortelbakken konden ingegraven worden op 8 juni zorgden grote hoeveelheden neerslag (90 mm tussen 28 mei en 8 juni) voor de eerste duidelijke tekenen van erosie.

Op **1 juni** was in Ref reeds goed merkbaar dat oppervlakkig water afstroomde in de bandensporen. Buiten de bandensporen waren er nog geen tekenen van run-off. Zoals eerder aangegeven was in DT met de diepe tandbewerking op sommige plekken in de bandensporen gewoon een gleuf getrokken i.p.v. de bodem op te werken. Waar dit het geval was, kwam de gleuf vol water te staan en was er duidelijk run-off. Op de plekken waar de bodem wel goed werd opgewerkt en geen 'gleuven' aanwezig waren, bleef het water wel ter plaatse en sijpelde het water naar de ondergrond. Dit werd geïllustreerd met de 2 foto's op 1 juni in behandeling DT. Buiten het proefvlak paste de landbouwer ook overal de diepe tandbewerking op het perceel toe. Bij het naderbij bekijken van het effecten van de diepe tandbewerking aldaar, bleek dat er plekgewijs grote verschillen waren. Op sommige plaatsen werden over de volledige lengte van de helling gleuven getrokken en stroomde run-offwater langs deze gleuven de helling af (hiervan zijn filmpjes beschikbaar). Op andere plekken was de bodem over de volledige lengte van de helling goed opgewerkt en waren geen gleuven te merken (film materiaal beschikbaar). Hier was geen run-off. Het is dus duidelijk dat de werking van de diepe tandbewerking staat of valt met de wijze waarop de bodem wordt opgewerkt, wat op zich afhankelijk is van het bodemvochtgehalte op het moment van bewerken en het type vaste tand. In DR bleef het water in de putjes geslagen met de Dycker, staan en sijpelde het water naar de ondergrond.

Op **6 juni** was in Ref in de bandensporen reeds veel run-off geweest, zodoende waren de kammen van de bandensporen in de bodem reeds weggespoeld. Buiten de bandensporen was de bodem grotendeels verslemt en waren er ook tekenen van run-off. In DT was op de plaatsen waar gleuven werden vastgesteld, de gleuf volledig gevuld met sediment. Op de plaatsen waar de bodem goed werd opgewerkt, waren geen tekenen van run-off. In DR bleef het water nog steeds staan in de putjes en sijpelde goed naar de ondergrond door.

Behandeling Ref 1 juni 2016	Behandeling DT 1 juni 2016	Behandeling DR 1 juni 2016
		
	<p data-bbox="831 794 1357 874">Diepe tandbewerking andere positie 1 juni 2016</p> 	

Behandeling Ref 6 juni 2016	Behandeling DT 6 juni 2016	Behandeling DR 6 juni 2016
		
Behandeling Ref (buiten bandenspoor) 12 juli 2016	Behandeling DT (buiten bandenspoor) 12 juli 2016	Behandeling DR (buiten bandenspoor) 12 juli 2016
		

Op **12 juli** was het bodemoppervlak tussen de ruggen in Ref volledig verslemt en hard. Bij regen kon het water niet in de grond dringen en spoelt het oppervlakkig af. Op de plekken in de behandeling DT waar eerder gleuven werden vastgesteld, was dit eveneens het geval. Waar in behandeling DT de bodem goed was opgewerkt, was de bodem veel minder verslemt en was het bodemoppervlak niet hard. Regenwater kon dus op deze plekken wel in de grond dringen. In behandeling DR, waren de putjes gedeeltelijk verdwenen, maar het reliëf bleef duidelijk aanwezig en het bodemoppervlak liet eveneens het insijpelen van water toe.

6.4.2 Opvolging van de erosie (8 juni tot 14 september)

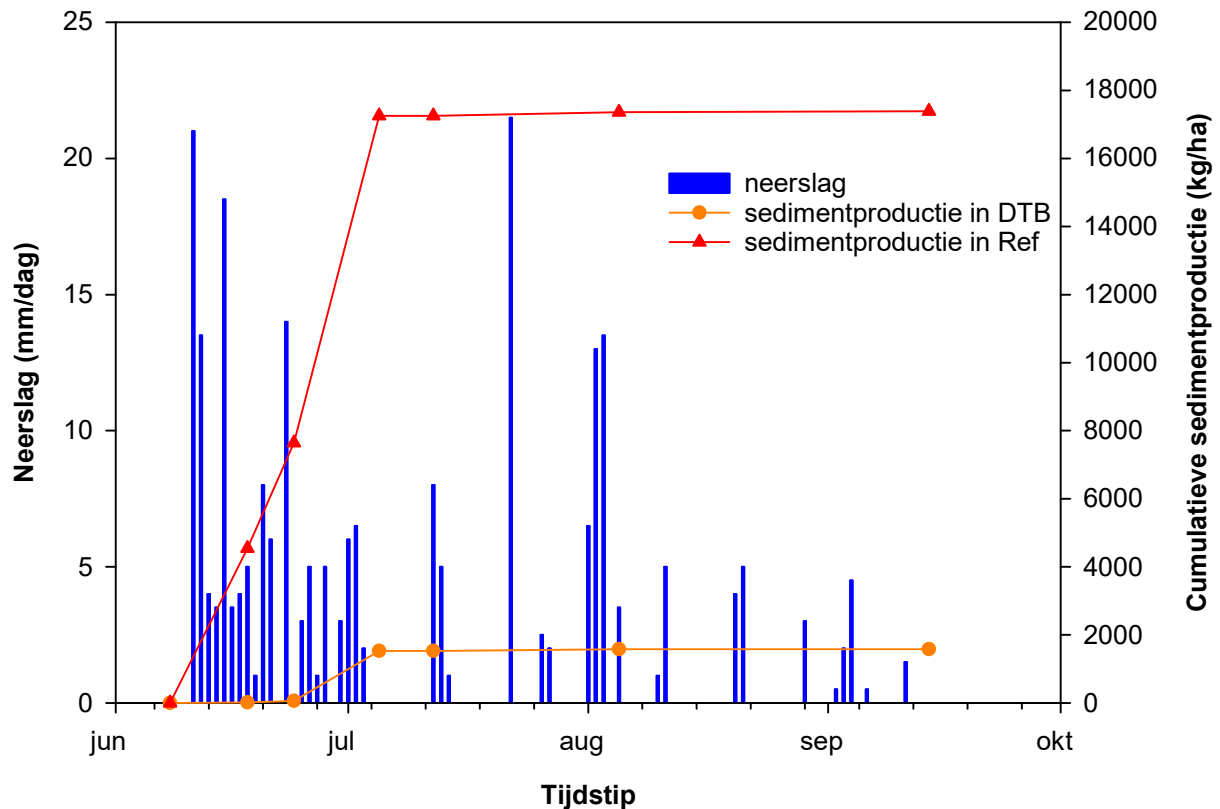
Op 8 juni konden mortelbakken worden ingegraven onderaan het perceel bij de behandelingen Ref, DT en DR. Deze bakken werden steeds ingegraven onderaan de tussenruimte tussen 2 ruggen die NIET werd bereiden tijdens het zaaien (Ref), bij de diepe tandbewerking (DT) of aanleggen van de drempels (DR). Een extra bak werd ingegraven onderaan een de tussenruimte tussen 2 ruggen in behandeling DT die wel werd bereiden. Voor deze laatste bak verwijzen we naar 'DTB'.

Opmerking:

In behandeling DT, onderaan het proefvlak was de bodem goed opgewerkt en waren geen gleuven zichtbaar van de diepe tandbewerking. Mogelijk is run-off van de hoger gelegen posities, waar wel soms gleuven voor kwamen, opgehouden voor het de bakken kon bereiken.

In Figuur 118 wordt een overzicht gegeven van de vaststelling van de hoeveelheid sediment die werd opgevangen onderaan de helling per behandeling. In deze grafiek staat ook de dagelijkse hoeveelheid neerslag. De bakken voor DT en DR staan niet vermeld in de grafiek omdat hier over de volledige periode, geen sediment werd opgevangen. In de grafiek staat enkel de hoeveelheid sediment en niet de hoeveelheid run-off, omdat deze laatste niet kon worden bepaald door een overstroming van de bak in Ref op 5 juli.

In de behandeling Ref werd gedurende de maand juni en de eerste week van juli, bijna een constante hoeveelheid sediment opgevangen. Omgerekend naar hectarebasis werd meer dan 17 ton/ha sediment opgevangen in behandeling Ref. na het schoffelen was de hoeveelheid opgevangen sediment zeer beperkt. De aanhoudende regen van juni bepaalde dus de hoeveelheid erosie. In DTB werd in de eerste helft van juni geen sediment opgevangen, maar vanaf de 2^e helft van juni, kwam toch sedimentproductie op gang.



Figuur 118: Overzicht van de sedimentproductie en de hoeveelheid neerslag per dag in de periode dat de erosie werd opgevangen in bakken (8 juni-14 september). De behandelingen DT en DR worden niet vermeld in de grafiek, omdat op geen enkel tijdstip run-offwater of sediment in de bakken werd teruggevonden.

6.5 Oogst van de witloofwortelen

Bij aanvang van de proef was er vrees dat de drempels in de tussenruggen voor problemen konden zorgen bij oogst. Bij de oogst van witloofwortelen is de diepte van het ontbladeren heel erg belangrijk. Te diep ontbladeren zorgt voor 100% opbrengstderving en te ondiep ontbladeren zorgt dat veel bladmateriaal mee in de trekbakken terecht komt die voor vervuiling, ziekte of rotting in de trekbakken kunnen zorgen. De diepte van afsnijden van de bladeren wordt bepaald met een voeler of steunwiel die beïnvloed wordt door het reliëf van het bodemoppervlak. Er werd vooral gevreesd voor drempels gevormd met een drempelmachine van het type barbutte, omdat de drempels hier relatief hoog zijn. Er werd in de veldproef door omstandigheden geen behandeling met een barbutte aangelegd. In behandeling DR, waar de Grimme Dycker werd gebruikt, was heel duidelijk bij de oogst geen invloed van de drempels op de oogst en ontbladeringshoogte van de oogstmachine (Dewulf Kwatro). Ook waar de diepe tandbewerking werd uitgevoerd was geen invloed te merken op de kwaliteit van oogsten. De scoring van de kwaliteit van ontbladeren werd daarom niet uitgevoerd.

6.6 Conclusies

Bij aanvang van de proef werden 2 onderzoeksvragen vooropgesteld:

1. In welke mate wordt bodemerosie beperkt door het uitvoeren van een diepe tandbewerking en het aanleggen van drempels (Dycker) tussen de ruggen (direct na zaai en bij schoffelen)?

De Dycker is duidelijk de beste optie naar het voorkomen van erosie toe. Op geen enkel moment was erosie merkbaar. De werking van de vaste tand is variabel. Er zijn mogelijkheden, maar de techniek dient geoptimaliseerd te worden. Wanneer de tand de bodem voldoende kan opwerken, wordt run-off en erosie vermeden en sijpelt het water naar de diepte. Doordat echter met een smalle tand wordt gewerkt, wordt in te natte omstandigheden gewoon een gleuf getrokken die een preferentiële weg biedt aan het run-offwater en dus erosie kan in de hand werken. Hier is voornamelijk risico voor in de bandensporen van de tractor. Door de tandbewerking is droge omstandigheden uit te voeren en een bredere beitel te gebruiken, wordt de bodem beter opgewerkt en wordt dit probleem vermoedelijk verholpen. Dit moet verder bekeken worden.

2. Wat zijn teelttechnische knelpunten en wat zijn mogelijke oplossingen?

Naar erosie toe is de Dycker, de beste optie. In tegenstelling tot de verwachting verliep de oogst zonder problemen. Een probleem blijft echter het schoffelen. Het schoffelen verloopt moeizaam en te traag. Een mogelijke oplossing is een extra werktuig op de frontheff van de tractor met ondiepe ganzenvoeten die het reliëf gladstrijken voor de wielen van de tractor. Dit vraagt echter extra investering + mogelijk zorgt dit voor een slechte werking van de schoffelmachine, vooral in omstandigheden van veel onkruid.

De vaste tand wordt best niet geïnstalleerd bij de zaaimachine, maar gebeurt beter in een aparte werkgang. Een combinatie van de diepe tand met de schoffelmachine vraagt iets meer trekkracht, waardoor de snelheid verlaagt, maar (teelt)technisch is dit geen probleem. De tand wordt best aangepast (iets verbreed) om een betere opwerking te krijgen van de bodem.

7 Erwt Zottegem: niet-kerende bodembewerking en verruwing van het zaaibed

Dorien Horemans, Maarten De Boever (PCG), Thijs Vanden Nest, Greet Ruyschaert (ILVO)

7.1 Inleiding

De randvoorwaarden erosie laat toe om éénmalig niet kerend te werken in alle teelten als erosie maatregel. In deze proef, aangelegd door PCG, wordt onderzocht wat de best mogelijke technieken zijn om dit toe te passen in erwten (*Pisum*).

Voor de zaai van zomergewassen zoals erwten ligt de bodem er braak bij. In het begin van de teelt is de bodembedekking ook miniem. Door een groenbemester niet kerend onder te werken kan deze het afstromend water in deze kritieke periode tegen houden. De gewasresten kunnen echter voor problemen zorgen bij inzaai. De zaaibedbereiding is van belang om dit te optimaliseren naar erosie en gewaskwaliteit. De opkomst, erosieweerbaarheid, ziektedruk, onkruiddruk, opbrengst en kwaliteit werden beoordeeld in deze proef.

Er werd een proefveld aangelegd op een rood perceel (helling gemiddeld 5,4%) in Zottegem met leembodem met zeer goede natuurlijke drainage. Als voorgeschiedenis werd het perceel altijd geploegd. Het stabiele koolstofpercentage bedraagt 1% en de pH van het perceel is 5,7.

Er werden 7 verschillende behandelingen vergeleken. De standaard ploegen werd vergeleken met diepgronden met "Dents Michel" als methode van niet-kerende bodembewerking.

Verschillende methoden zaaibedbereiding werden toegepast om verschillen in ruwheid van het zaaibed te bekomen. Hierbij werd het effect van grotere kluiten op erosie(reductie) onderzocht alsook de gevolgen van de (minder fijne) zaaibedbereiding op de opkomst.

Verschillende zaaibedbereidingen waren met de rotoeg en met de schijveneg. De instellingen van de rotoeg werden aangepast. Er werd getest of een rotoeg die traag wordt ingesteld (540 tpm aan de aftakas) een positief effect heeft naar erosie toe in vergelijking met een normaal ingestelde rotoeg (1000 tpm aan de aftakas). Er werd één object ingezaaid zonder zaaibedbereiding. In alle proefobjecten werd de rotoeg van de zaaimachine van ARDO zo hoog mogelijk (ondiep) ingesteld om verschillen tussen de zaaibedbereidingen te behouden. In het referentieobject van de teler werd de rotoeg van de zaaimachine diep ingesteld.

7.2 Beschrijving proefveld erwten (PCG)

7.2.1 Proefaanleg

Bij de zaaibedbereiding was de voorteelt van het gras nog in kluiten aanwezig op het perceel en was het ook nog groen.

Proefveld / infrastructuur	Leembodem, rood perceel, %C: 1%, pH: 5,7
Gemeente	Zottegem
Voorgaande teelt	Tijdelijk grasland
Ras (+zaadhuis)	Reliance (Seminis)
Teeltsysteem	Vlakkevelds
Helling	5,4%

7.2.1.1 **Objecten**

Object	diepe grondbewerking	Zaibedbereiding + instellingen zaaimachine
--------	----------------------	--

1	Ploegen	Rotoreg normaal + rotoreg zaaimachine ondiep
2	Ploegen	Rotoreg traag + rotoreg zaaimachine ondiep
3	Diepwoeler (Dents Michel)	Geen zaibedbereiding + rotoreg zaaimachine ondiep
4	Diepwoeler (Dents Michel)	Rotoreg traag + rotoreg zaaimachine ondiep
5	Diepwoeler (Dents Michel)	Rotoreg normaal + rotoreg zaaimachine ondiep
6	Diepwoeler (Dents Michel)	Schijveneg + rotoreg zaaimachine ondiep
7	Ploegen	Referentieobject teler: Rotoreg normaal + rotoreg zaaimachine diep

Rotoreg normaal: Aftakas 1000 tpm

Rotoreg traag: Aftakas 540 tpm

7.2.1.2 **Proefdesign**

Type proefdesign:	Stroken met pseudoherhalingen
Aantal parallellen:	4 (3 herhalingen met vergelijkbare hellingsgraad werden beoordeeld, nl. herhalingen 1, 2 en 3)
Aantal objecten:	7
Lengte plot (m)	17
Breedte plot (m):	6

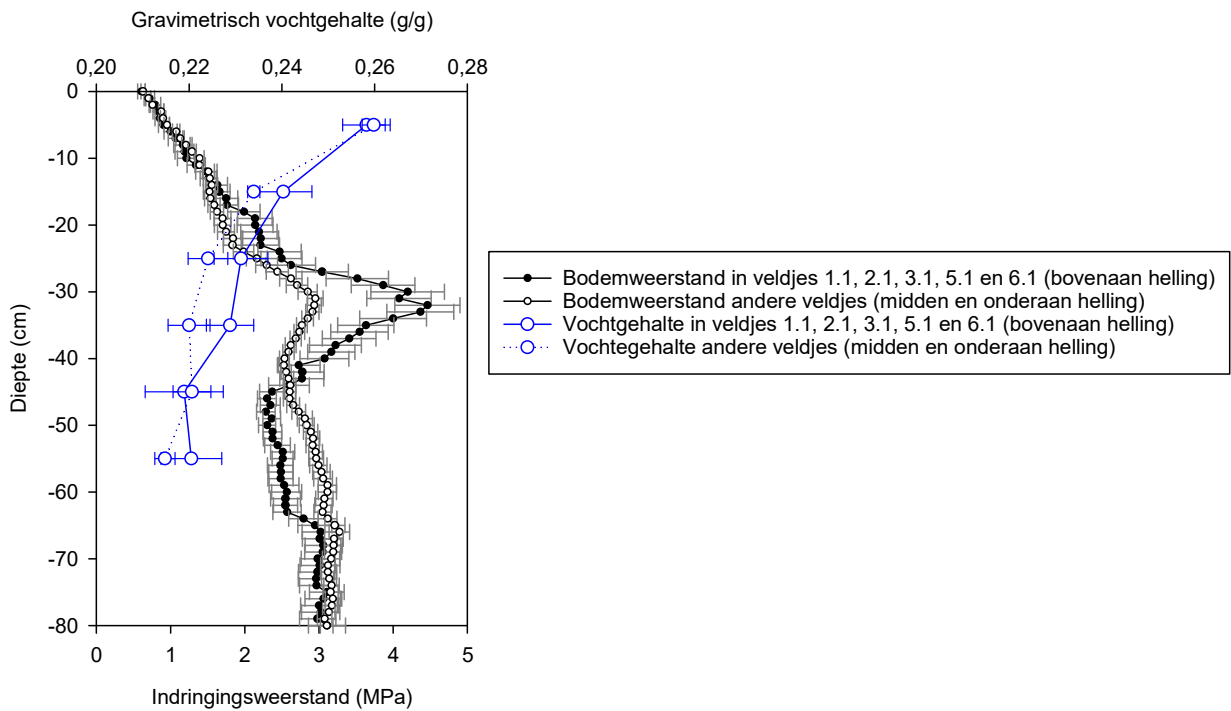
Proefplan

	strook 1 6m	strook 2 6m	2x 6m		strook 3 6m	strook 4 6m	strook 5 6m	strook 6 6m	6m		strook 7 6m
herh.1	1.1	2.1		suitspoor 4	3.1	4.1	5.1	6.1		suitspoor 5	7.1
herh.2	1.2	2.2			3.2	4.2	5.2	6.2			7.2
herh.3	1.3	2.3			3.3	4.3	5.3	6.3			7.3
herh.4	1.4	2.4			3.4	4.4	5.4	6.4			7.4

Draaiboek uitgevoerd in proef:

Datum uitvoering	Handeling	Bemerking
1/04/2016	Bewerking	Kleine snede gras
5/4/2016	Beoordeling	Metingen met penetrologger en bepaling gravimetrisch bodemvochtgehalte
12/04/2016	Bewerking	Proefperceel uitrijden met GPS + diepe grondbewerking
15/04/2016	Bemesting	15 ton/ha runderstalmest
29/04/2016	Bewerking	Vernietiging gras met glyfosaat en freezen
2/05/2016	Staalname	Gravimetrisch bodemvochtgehalte 0-40 cm (elke 10 cm). %C, nitraat- en ammonium-N bepaling 0-30 cm en 30-60 cm. pH bepaling voor bovenste 30 cm
4/05/2016	Bewerking	Zaaibedbereiding
4/05/2016	Zaai	Zaaimachine Turbosem (werkbreedte 3,6 m) bij objecten en Horsch (werkbreedte 3 m) bij referentieobject. Rotoreg zaaimachine enkel bij referentieobject teler diep ingesteld
18/05/2016	Beoordeling	Opkomst (%) + foto van 0,5 m in combinatie met gewasbescherming
27/05/2016	Beoordeling	% opgekomen planten per plot, foto van 1 m per plot, gewasontwikkeling, gewasstand, onkruidtellingen (bij duidelijke verschillen), ziektedruk, plagen, erosiesymptomen
3/06/2016	Beoordeling	% opgekomen planten per plot, foto van 1 m per plot, gewasontwikkeling, gewasstand, onkruidtellingen (bij duidelijke verschillen), ziektedruk, plagen, erosiesymptomen
14/06/2016	Bemesting	Microtop (5 kg/ha) + ureum (10 kg/ha)
15/06/2016	Beoordeling	% opgekomen planten per plot (3 herhalingen per object), foto van 1 m per plot, gewasontwikkeling, gewasstand, onkruidtellingen (bij duidelijke verschillen), ziektedruk, plagen, erosiesymptomen
15/06/2016	Staalname	per plot staal voor stikstof 0-90 cm, slechts 1 herhaling genomen, te harde grond
15/07/2016	Beoordeling	Algemene toestand gewas: groei, uniformiteit, kleur, ziekte. Ook bodemtoestand: ruwheid
15/07/2016	Oogst	3 m geoogst per object en per herhaling
15/07/2016	Beoordeling	Beoordeling: kwaliteit, opbrengst totaal en peulen, ziekte: per plot 3 m oogsten.

Resultaten penetrologger bij start op 5 april 2016 (uitgevoerd door ILVO)



Gravimetrisch vochtgehalte op 2 mei 2016

Datum	Object	Diepte (cm)	Vochtgehalte (%)
2/05/2016	1	0-10	22
2/05/2016	1	10-20	22
2/05/2016	1	20-30	22
2/05/2016	1	30-40	20
2/05/2016	2	0-10	24
2/05/2016	2	10-20	22
2/05/2016	2	20-30	21
2/05/2016	2	30-40	20
2/05/2016	3	0-10	23
2/05/2016	3	10-20	21
2/05/2016	3	20-30	21
2/05/2016	3	30-40	19
2/05/2016	4	0-10	23
2/05/2016	4	10-20	22
2/05/2016	4	20-30	22
2/05/2016	4	30-40	21

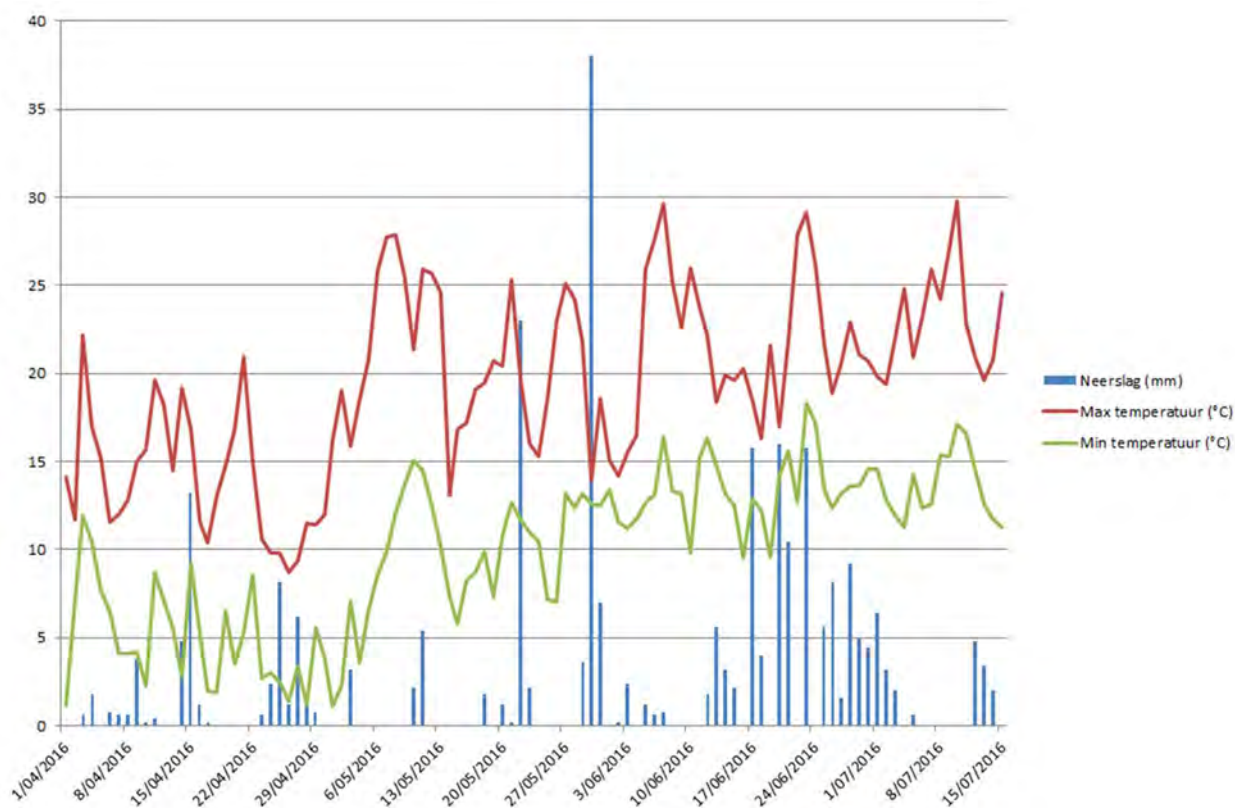
Bodemchemische toestand op 2 mei 2016

Datum	Object	Diepte (cm)	NO ₃ ⁻ -N (kg/ha)	NH ₄ ⁺ -N (kg/ha)	%C	pH _{KCl}
2/05/2016	1	0-30	9	7	0.99	5.9
2/05/2016	1	30-60	6	6		
2/05/2016	2	0-30	7	7	1.00	5.8
2/05/2016	2	30-60	5	4		
2/05/2016	3	0-30	6	6	0.93	5.7
2/05/2016	3	30-60	4	5		
2/05/2016	4	0-30	5	8	0.96	5.6
2/05/2016	4	30-60	4	5		

Resultaten bodemanalyse na oogst op 15 juli 2016

Datum	Object	Diepte (cm)	NO ₃ ⁻ -N (kg/ha)	NH ₄ ⁺ -N (kg/ha)
15/07/2016	1	0-30	11.3	4.5
15/07/2016	1	30-60	13.9	< 4
15/07/2016	1	60-90	11.5	4.7
15/07/2016	2	0-30	10.7	< 4
15/07/2016	2	30-60	14.1	< 4
15/07/2016	2	60-90	11.3	< 4
15/07/2016	3	0-30	10.1	4.0
15/07/2016	3	30-60	17.5	4.4
15/07/2016	3	60-90	10.3	5.0
15/07/2016	4	0-30	17.8	4.3
15/07/2016	4	30-60	19.4	< 4
15/07/2016	4	60-90	15.9	4.1
15/07/2016	5	0-30	11.7	4.3
15/07/2016	5	30-60	14.7	4.1
15/07/2016	5	60-90	9.7	4.1
15/07/2016	6	0-30	17.2	< 4
15/07/2016	6	30-60	18.2	< 4
15/07/2016	6	60-90	13.3	< 4

Klimatologische omstandigheden: tussen 1 april en 15 juli 2016



7.3 Gewasontwikkeling, -opbrengst en -kwaliteit (PCG)

7.3.1 Beoordelingsmethode

Opkomst: Per plot werd een schatting gemaakt van het percentage opgekomen planten. Ook het percentage veldbedekking werd ingeschat. Ter ondersteuning van de visuele beoordeling werden foto's genomen van 1 m van alle plots.

Afwijkingen gewas: Ziekte druk en plagen werden enkel beoordeeld indien er verschillen werden opgemerkt tussen de plots. Afwijkingen zoals verkleuring, verdroging, slechte stand en vraat werden genoteerd bij de beoordeling.

Oogst: Per object werd voor elk van de drie herhalingen (met vergelijkbare helling) 3 x 1 m geoogst. De verse en droge stof opbrengst van zowel de oogstresten als de erwten (inclusief peulen) werden bepaald.

7.3.2 Materiaal en methode

De proef werd aangelegd in vier herhalingen op een proefveld in Zottegem. Er werden zeven behandelingen (objecten) getest. Omwille van de natte omstandigheden werd het gras op het perceel pas vlak voor de start van de proef vernietigd en ingewerkt. De proefaanleg met GPS en de diepe grondbewerking met Dents Michel (6 gebogen tanden op V-vormig frame) vond plaats op 12 april 2016. Deze diepe grondbewerking werd uitgevoerd tot op 40 cm om de ploegzool te breken.



Figuur 119: Dents Michel met 6 gebogen tanden op een V-vormig frame

De zaaibedbereidingen vonden plaats op 20 april 2016 vlak voor de zaai. De rotoeg die werd gebruikt voor de zaaibedbereiding was een Sicma 3000 welke normaal (1000 tpm) en traag (540 tpm) draaiend werd ingesteld. Als tweede methode van zaaibedbereiding werd een schijveneg gebruik. De schijveneg wordt vaker gebruikt bij niet-kerende percelen aangezien hiermee gewasresten doorgesneden kunnen worden. Op die manier is er minder kans op verstopping bij zaai.

Bij de zaai van de objecten werd een Turbosem machine met rotoeg gebruikt. Hierbij werd de rotoeg zo hoog mogelijk (ondiep) ingesteld zodat de verschillen tussen de zaaibedbereidingen behouden werden. De werkbreedte van de deze zaaimachine is 3,6 m. De rijafstand bedraagt 15 cm en per werkbreedte werden bijgevolg 24 rijen erwten gezaaid.



Figuur 120: Turbosem pneumatische zaaimachine met rotores

Bij de zaai van het referentieobject van de teler werd een Horsch machine met rotores gebruikt. De rotores werd hierbij op normale diepte ingesteld. De werkbreedte van de machine is 3 m. De rijafstand bedraagt 15 cm en per werkbreedte werden bijgevolg 20 rijen erwten gezaaid.



Figuur 121: Horsch pneumatische zaaimachine met rotores.

7.3.3 Statistische methode

Alle behandelingen met een score werden als gemiddelden verwerkt. Er werd statistiek toegepast waar % werden gebruikt. Afhankelijk van het type data werd een vierkantsworteltransformatie (Poisson verdeeld), Arcsin transformatie (grote variatie aan einde) of een logit transformatie uitgevoerd. Ingestelde alfa is 5%.

Indien een significante verschil werd gevonden, werd een post-hoc Tukey test uitgevoerd om te kijken tussen welke behandelingen de verschillen significant zijn.

7.4 Resultaten (PCG)

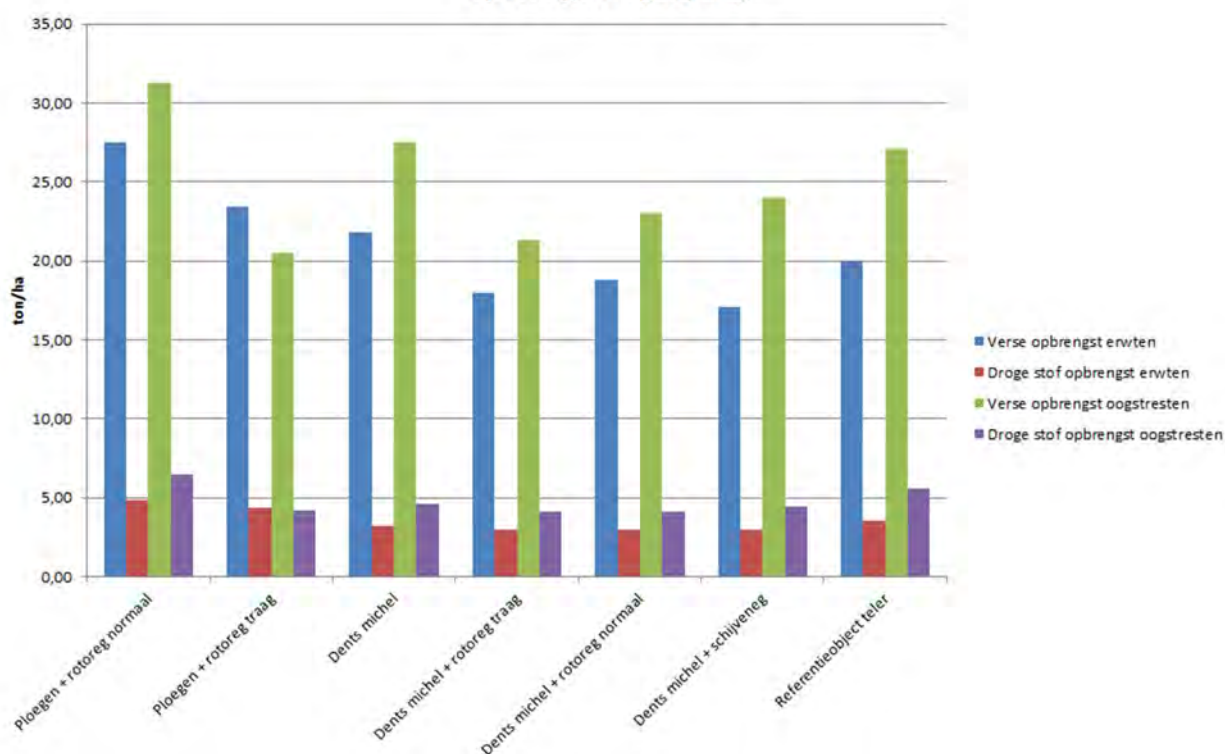
Object	% Opkomst		% Groei		% Opkomst		% Groei	
	27/05/2016				3/06/2016			
Ploegen + rotoereg normaal	96	b	99	b	89	b	97	b
Ploegen + rotoereg traag	98	b	100	b	92	b	98	b
Dents michel	35	a	88	a	36	a	57	a
Dents michel + rotoereg traag	40	a	86	a	42	a	53	a
Dents michel + rotoereg normaal	49	a	79	a	50	a	55	a
Dents michel + schijveneg	44	a	89	a	49	a	58	a
Referentieobject teler	98	b	100	b	97	b	100	b
p-waarde	<0,05		<0,05		<0,05		<0,05	

Object	% Veldbedekking		Erosie		Aardappelopslag	
	15/06/2016					
Ploegen + rotoereg normaal	95	b	8,5		9	
Ploegen + rotoereg traag	93	b	8,5		9	
Dents michel	50	a	8,5		6	
Dents michel + rotoereg traag	51	a	8,5		6	
Dents michel + rotoereg normaal	55	a	8,5		6	
Dents michel + schijveneg	68	b	8,5		6	
Referentieobject teler	99	b	8,5		9	
p-waarde	<0,05		-		-	
1=			Veel		Veel	
9=			Geen		Geen	

Object	Oogst erwten + peultjes (ton/ha)	
Ploegen + rotoereg normaal	27	b
Ploegen + rotoereg traag	20	ab
Dents michel	24	ab
Dents michel + rotoereg traag	18	a
Dents michel + rotoereg normaal	21	ab
Dents michel + schijveneg	17	ab
Referentieobject teler	19	ab
p-waarde	<0,05	

*Per object en per herhaling werd 3 x 1 m geoogst met de hand (erwten en peulen werden samen gewogen). Deze cijfers zijn een overschatting van de reële oogst.

Opbrengstvergelijking*



*Per object en per herhaling werd 3 x 1 m geogst met de hand (erwten en peulen werden samen gewogen). Deze cijfers zijn een overschatting van de reële oogst.

Object	DS Erwt en Peul %	Hoeveelheid DS erwten (ton/ha)	Oogstresten (ton/ha)	% DS (%)	DS oogstresten (ton/ha)
Ploegen + rotoreg normaal	18	4,9	31	0,21	6,5
Ploegen + rotoreg traag	18	3,7	21	0,21	4,2
Dents michel	15	3,6	28	0,17	4,6
Dents michel + rotoreg traag	17	3,0	21	0,20	4,2
Dents michel + rotoreg normaal	16	3,4	23	0,18	4,1
Dents michel + schijveneg	18	3,1	24	0,19	4,5
Referentieobject teler	18	3,4	27	0,20	5,6
p-waarde	Ns			Ns	

7.5 Bespreking (PCG)

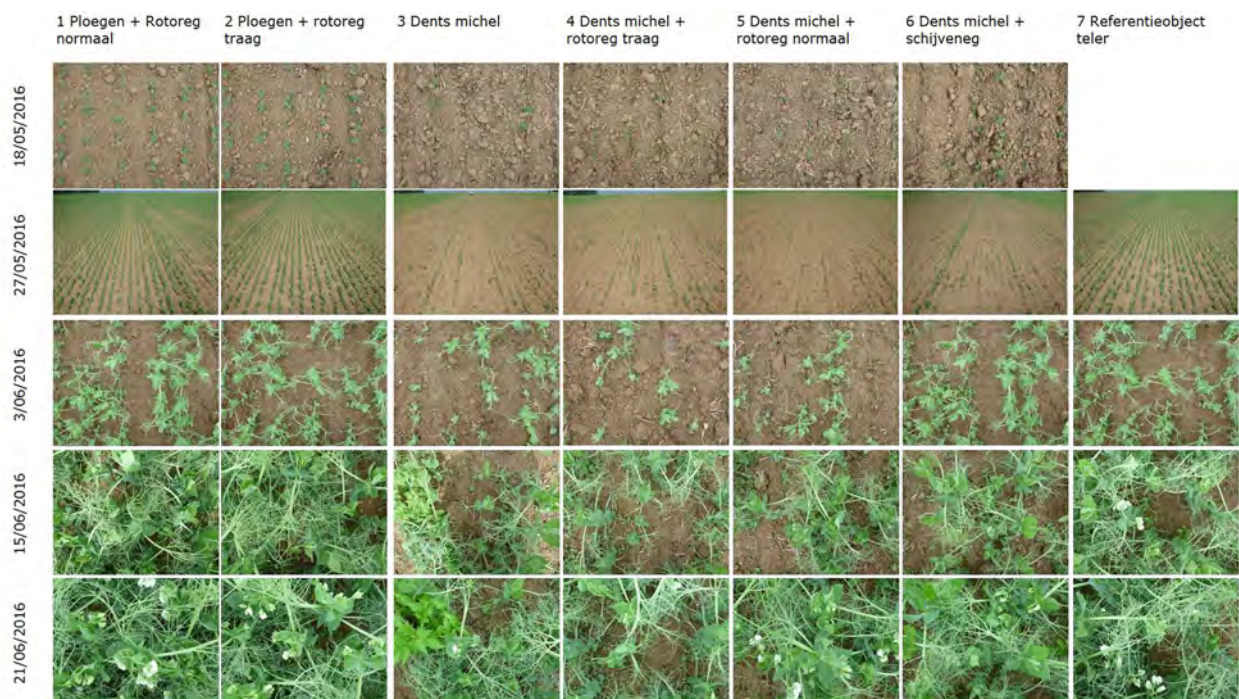
Metingen met de penetrologger werden uitgevoerd door ILVO op 5 april 2016 in 8 blokken, nl. t.h.v. stroken 1-2 en stroken 3-5 voor elk van de vier herhalingen (zie proefplan). Bovenaan het perceel (t.h.v. herhaling 1) werd een sterke ploegzool (>4MPa) vastgesteld tussen 25 en 35 cm diepte. Hier liep een rijweg door het

proefperceel. De proef werd lichtjes opgeschoven zodat er geen invloed van deze verdichtte laag in de proef kwam.

De zaai van de erwten vond plaats op 4 mei 2016. Op dit moment was het gras pas 5 dagen ervoor dood gesproeid met glyfosaat en nadien gefreesd. Begin april was er een kleine sneed.

De eerste opkomstbeoordelingen vonden plaats op 27 mei 2016 en op 3 juni 2016. De opkomst was significant beter in de geploegde objecten ($p < 0,05$). Tussen de zaaibedbereidingen onderling werd geen significant verschil vastgesteld. Bij de tweede beoordeling was het verschil in opkomst tussen de objecten kleiner, maar het verschil in groei tussen de geploegde en de niet-kerende objecten werd groter.

Uit de derde opkomstbeoordeling op 27 mei 2016 kwamen dezelfde resultaten. De zaaibedbereidingen met een rotoreg en een schijveneg hadden gemiddeld een iets betere opkomst dan wanneer er geen voorgaande zaaibedbereiding was geweest. Dit verschil was echter niet significant.



Op 15 juni 2016 werd er een visuele beoordeling naar erosiekenmerken toe uitgevoerd. Hierbij werd ook de veldbedekking beoordeeld. De initiële achterstand van de niet-kerende objecten is nog steeds duidelijk ($p < 0,05$). Bij het referentieobject, waar de rotoreg op de zaaimachine van ARDO diep werd ingesteld, was de veldbedekking het hoogst. Hierna volgden de geploegde objecten waar de rotoreg was gebruikt bij de zaaibedbereiding.

Bij de objecten gediepgrond met Dents Michel is er geen significant verschil tussen de zaaibedbereidingen. De objecten ingezaaid met schijveneg doen het gemiddeld beter (68% veldbedekking vs. 50-55 % voor de andere zaaibedbereidingen). De schijveneg is ontwikkeld om te zaaien in veel gewasresten zonder problemen dus dit ligt in de lijn van wat verwacht werd.

Op gebied van erosie was er visueel geen verschil te zien tussen de objecten, er was in de proef geen erosie zichtbaar. Aangezien de bodem minder bedekt was door een tragere opkomst was er een groter probleem met aardappelopslag in de niet-gekeerde objecten in vergelijking met de geploegde objecten.

Op 19 juli 2016 werd per object en per herhaling 3 keer 1 m met de hand geoogst. Zowel de volledige plant als de erwten (inclusief peulen) werden gewogen (verse opbrengst). Van de verse opbrengst werd een droogstaal gemaakt door te drogen bij 50 °C tot het gewicht maximaal schommelt met 0,1 g.

De oogst was in alle objecten een overschatting van een realistisch perceel. Omwille van de kleine geoogste oppervlaktes dienen deze cijfers enkel gebruikt te worden om objecten onderling te vergelijken.

2016 was een moeilijk jaar voor erwten en in deze proef en op het perceel was er veel variatie. Objecten die, op de instelling van de rotoeg van de zaaimachine na, gelijke behandeling hadden (object 1 en object 7) liggen 25% uit elkaar.

7.6 Besluit gewassenmerken (PCG)

In deze erwtenproef is het belang van een goede zaaibedbereiding duidelijk. Een moeilijk te vernietigen voortteelt zoals gras geeft te veel oogstresten in de bodem om een goede opkomst te verzekeren. Een zeer intensieve zaaibedbereiding met 2x een passage met de rotoeg is vereist om de opkomst te verzekeren. Deze intensieve bewerking werd niet getest in de niet-kerende objecten. In toekomstige proeven is het van belang dat de praktijksituatie zo dicht mogelijk benaderd zal worden in de proeven.

De tragere bedekking zorgt voor een bodem die langer onbedekt is wat naar erosie toe nadelig is.

Ondanks de grote verschillen in opkomst bij start wordt dit verschil kleiner in de loop van de teelt. Deels is dit te wijten aan de snelle ontwikkeling van erwten na opkomst. Verder is de variatie in de erwten in de proef zelfs binnen één object heel groot. De meest gelijkaardige behandelingen waar enkel de diepte van de rotoeg op de zaaimachine anders ingesteld was hadden een opbrengst die het verst uit elkaar lag. Het is van groot belang de eisen die de erwt bij zaai heeft te garanderen bij toekomstige proeven.

7.7 Bodembedekking en bodemruwheid net na zaai (4 mei 2016) (ILVO)

7.7.1 Bodembedekking

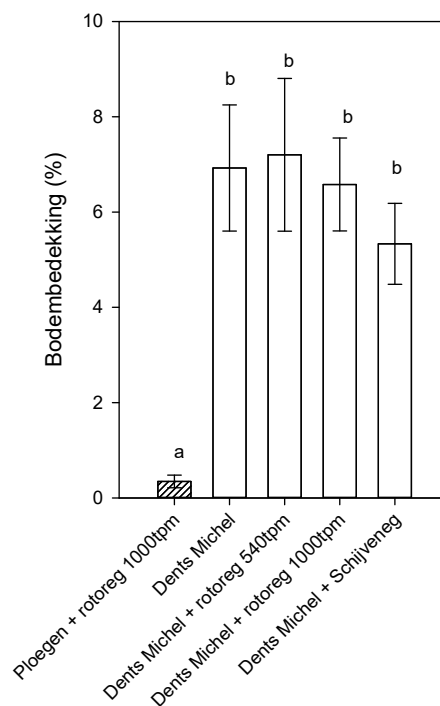
Erosie kan voorkomen worden door het bodemoppervlak voldoende te bedekken met gewasresten die de kracht van inslaand en afstromend water temperen zodat het water beter kan infiltreren. Indien het bodembedekkingspercentage verhoogt is dit dus positief ter voorkoming van erosie.

Direct na de zaai werd op 4 mei de bodembedekking bepaald, aan de hand van tellingen. Hierbij werd een foto van 1 m op 1 m genomen van het bodemoppervlak, aan de hand van een kader. Op dit kader werden zowel in horizontale als verticale richting lijnen getrokken om de 5 cm. Er werd geteld hoeveel snijpunten tussen een horizontale en verticale lijn samen vallen met een stukje gewasrest. Door dit procentueel uit te drukken kan een bedekkingsgraad van het bodemoppervlak worden berekend (Figuur 122). Er werd een waarneming gedaan in de objecten 1 (Ploegen + rotoeg 1000tpm), 3 (Dents Michel), 4 (Dents Michel + rotoeg 540tpm), 5 (Dents Michel + rotoeg 1000tpm) en 6 (Dents Michel + schijveneg). De observatie werd uitgevoerd in de 4 blokken.



Figuur 122: Enkele voorbeelden van de bodembedekking op 4 mei 2016. Links een foto van object 1 (Ploegen + rotoreg 1000tpm) met <math><0,5\%</math> bedekking, in het midden een foto van object 3 (Dents Michel) met 11% bedekking en rechts een foto van object 6 (Dents Michel + schijveneg) met 8% bedekking. Het kader in de foto's is 1 m x 1 m.

In Figuur 123 wordt het percentage bodembedekking van de verschillende behandelingen weergegeven. In de geploegde behandeling (object 1) werden alle gewasresten weggewerkt zodat de bodembedekking met gewasresten bijna 0% was. In alle niet-kerende behandelingen was de bodembedekking significant hoger en schommelde de bodembedekking tussen de 6 en 8%. Door het gebruik van de schijveneg voor de zaaibedbereiding, bleven iets minder gewasresten aan het bodemoppervlak. Maar de verschillen tussen de niet-kerende objecten gecreëerd door verschillen in zaaibedbereiding waren niet significant. Alle gewasresten die geobserveerd werden aan het bodemoppervlak waren versneden grasresten of volledige graspollen van de voorvrucht raaigras.



Figuur 123: Gemiddelde bodembedekking (\pm standaardfout, $n=4$) voor de objecten 1 (Ploegen + rotoreg 1000tpm), 3 (Dents Michel), 4 (Dents Michel + rotoreg 540tpm), 5 (Dents Michel + rotoreg 1000tpm) en 6 (Dents Michel + schijveneg). Behandelingen aangeduid met een verschillende letter zijn significant verschillend van elkaar (Tukey HSD, $p<0,05$).

7.7.2 Bodemruwheid

Naast door gewasresten aan het bodemoppervlak kan erosie ook verlaagd worden door het bodemoppervlak ruwer te leggen. Een ruwer bodemoppervlak verslempst minder snel en vertraagt afstromend water. De microkuiltjes in het bodemoppervlak treden ook op als minuscule opvang van afstromend water en sediment.

De ruwheid van het bodemoppervlak is visueel goed in te schatten, maar een score is niet altijd objectief. Daarom werd hier gebruik gemaakt van een pinmeter (Figuur 124; KU Leuven, Langhans et al., 2011¹⁴) en beeldverwerking met het programma ImageJ om de parameters 'random roughness' en 'turtuosity' op te meten. De random roughness is uitgedrukt in mm en geeft aan in welke mate de posities op het bodemoppervlak verticaal van een perfect rechte lijn (gemiddeld) afwijken. De turtuosity heeft geen eenheid en geeft de afstand aan tussen een punt A en een punt B aan het bodemoppervlak indien men het (micro)reliëf van het bodemoppervlak zou volgen, in plaats van in 1 rechte lijn van punt A naar punt B te gaan. Bij een turtuosity van bv. 1,4 en een afstand van 1 m tussen punt A en punt B, zal men 1,4 m moeten afleggen indien het bodemoppervlak wordt gevolgd. Wanneer het bodemoppervlak perfect vlak is, liggen alle zwarte punten op 1 lijn en is er geen ruwheid. De random roughness is dan 0 mm en de turtuosity is gelijk aan 1. Hoe hoger beide waarden, hoe ruwer het oppervlak.

De pinmeter bestaat uit een bord met staafjes die we laten zakken tot het bodemoppervlak. Bovenaan het staafje is een zwart plastic hoesje bevestigd. Door een foto te nemen van de positie van deze zwarte punten op een witte achtergrond en de nodige beeldcorrecties uit te voeren, kan via ImageJ een berekening gemaakt worden van de individuele positie van ieder zwart punt en dus ieder punt op het bodemoppervlak ten opzichte van elkaar. Op basis van deze posities worden 'random roughness' en 'turtuosity' uitgerekend.

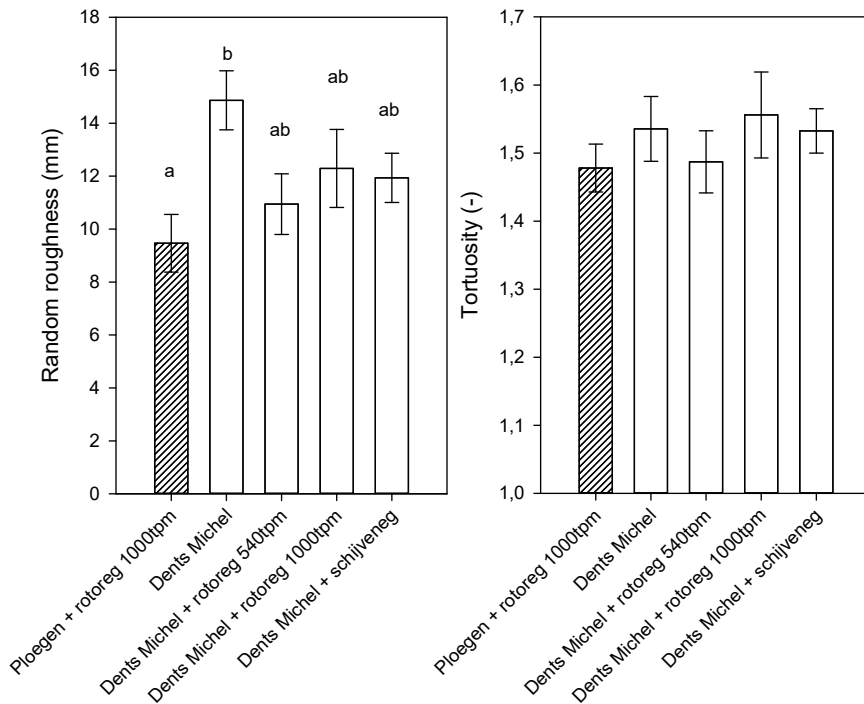


Figuur 124: Zicht op de pinmeter in object 3 (Dents Michel), blok 2.

In Figuur 125 wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde 'random roughness' en 'turtuosity' van het bodemoppervlak per behandeling. Er werden geen significante verschillen in turtuosity vastgesteld. Voor 'random roughness' was er een significant verschil tussen object 1 (Ploegen + rotoeg 1000tpm) en object 3 (Dents Michel). Bij de bodembewerking met de dents Michel, werd de bodem erg ruw gelegd, maar doordat in object 3 geen afzonderlijke zaaibedbereiding werd uitgevoerd, werden kluiten aan het bodemoppervlak

¹⁴ Langhans, C., Govers, G., Diels, J., Leys, A., Clymans, W., Van den Putte, A., Valckx, J., 2011. Experimental rainfall-runoff data: Reconsidering the concept of infiltration capacity. *Journal of Hydrology* 399: 255-262

enkel nog wat verkleind met de rotoegbewerking, die ondiep was afgesteld, bij de zaai van de erwten. Door de zaabedbereiding met een rotoeg bij 540 tpm of 1000tpm of met een schijveneg, werd het bodemoppervlak wel fijner gelegd, maar minder fijn dan in Ploegen + rotoeg 1000tpm.



Figuur 125: Gemiddelde 'random roughness' (\pm standaardfout, n=6) (links) en gemiddelde 'tortuosity' (\pm standaardfout) (rechts) na zaai op 4 mei voor de objecten 1 (Ploegen + rotoeg 1000tpm), 3 (Dents Michel), 4 (Dents Michel + rotoeg 540tpm), 5 (Dents Michel + rotoeg 1000tpm) en 6 (Dents Michel + schijveneg). Behandelingen aangeduid met een verschillende letter zijn significant verschillend van elkaar (Tukey HSD, $p < 0,05$). Er waren geen significante verschillen in tortuosity.

7.7.3 Besluit observaties bodemoppervlak

Ploegen leidde tot de laagste bodembedekking en bodemruwheid. Door de bodem niet-kerend te bewerken blijft een gedeelte van het bodemoppervlak bedekt met gewasresten en wordt het bodemoppervlak ruwer gelegd. Het onderlinge verschil in bodembedekking en bodemruwheid veroorzaakt door zaabedbereiding met schijveneg, rotoeg bij 540tpm of een rotoeg bij 1000tpm was gering. Niet-kerend bewerken zonder een zaabedbereiding leidde wel tot een hogere ruwheid van het bodemoppervlak. De aanwezigheid van de gewasresten en het ruwere zaabed in de objecten met niet-kerende bodembewerking hadden wel als sterk nadelig effect dat de plaatsing van de zaden niet optimaal was. De zaden werden soms onvoldoende bedekt of werden in gewasresten i.p.v. in bodem geplaatst (zie Figuur 126). Dit verklaart dan ook de sterk lagere opkomst van de erwten (zie eerder).



Figuur 126: Detailfoto van slecht geplaatste zaden in object 2 (Dents Michel).

7.8 Erosie (ILVO)

7.8.1 Visuele beoordeling van verslemping en erosie op 1 en 15 juni 2016

Ten gevolge van de grote hoeveelheden neerslag eind mei en gedurende de maand juni (zie eerder), werd op veel hellende percelen in heel Vlaanderen duidelijk run-off en erosie vastgesteld. Het proefveld werd daarom ook visueel beoordeeld op aanwezigheid van erosie.

Figuur 127 geeft een beeld van het bodemoppervlak van de objecten 1 (Ploegen + rotoreg 1000tpm) en 5 (Dents Michel + rotoreg 1000tpm) op 1 juni 2016. In alle objecten was duidelijk het effect van de grote hoeveelheden neerslag merkbaar. Er was duidelijk verslemping in alle objecten. De aanwezige kluiten (zowel kleine als grote) waren echter niet vernietigd door de regeninslag, zodat nergens vloeigrond of sediment werd vastgesteld. Er was dus visueel geen erosie merkbaar.



Figuur 127: Zicht op het bodemoppervlak van object 1 (Ploegen + rotoeg 1000tpm) (boven) en object 5 (Dents Michel + rotoeg 1000tpm) (onder) op 15 juni 2016.

Op 15 juni 2016 werden de objecten na meer hevige regen (zie eerder) opnieuw visueel beoordeeld door PCG. Dit werd gedaan door het geven van een score van 1 tot 9, waarbij 1 veel erosie is en 9 geen erosie. Alle objecten kregen een gemiddelde score van 8,5. Opnieuw was er dus visueel geen erosie op te merken.

7.8.2 Erosiesimulaties op 19-20 mei 2016

Om het effect van de behandelingen op run-off en erosie objectief te testen, werden op 19 en 20 mei 2016 erosiesimulaties uitgevoerd met de simulator van KU Leuven (Leys et al., 2007¹⁵; sproeikop Lechler 460 788). Er werden in totaal 6 simulaties uitgevoerd. Er werden 3 simulaties uitgevoerd in object 2 (Ploegen + rotoreg 540tpm) en 3 simulaties in object 4 (Dents Michel + rotoreg 540tpm). De helling in de erosieveldjes van zowel object 2 als object 5 was gemiddeld 5,4%. Het koolstofpercentage in de top laag (0-5 cm) was gemiddeld 1,16%. Voor iedere simulatie werd een erosieveldje van 0,8 m x 0,8 m afgebakend. De veldjes omvatten in de breedte 6 rijen erwten. Tijdens de erosiesimulaties werd ongeveer 60 minuten berekend aan een gemiddelde intensiteit van 46 l/m².h. Omdat de hoeveelheid run-off in alle simulaties beperkt was, werd in 2 simulaties 120 min berekend, ter controle of verdere berekening leidde tot meer erosie. Deze berekeningen gebeurden met regenwater omdat leidingwater of putwater dikwijls teveel kalk bevat die het bodemoppervlak stabiliseert. Tijdens het beregenen werd de run-off per tijdseenheid opgetekend. Door stalen te nemen voor sedimentbepaling, kan achteraf in het labo ook de cumulatieve hoeveelheid erosie worden bepaald. Zowel run-off als cumulatieve erosie worden uitgezet tegen hoeveelheid neerslag (zie verder).

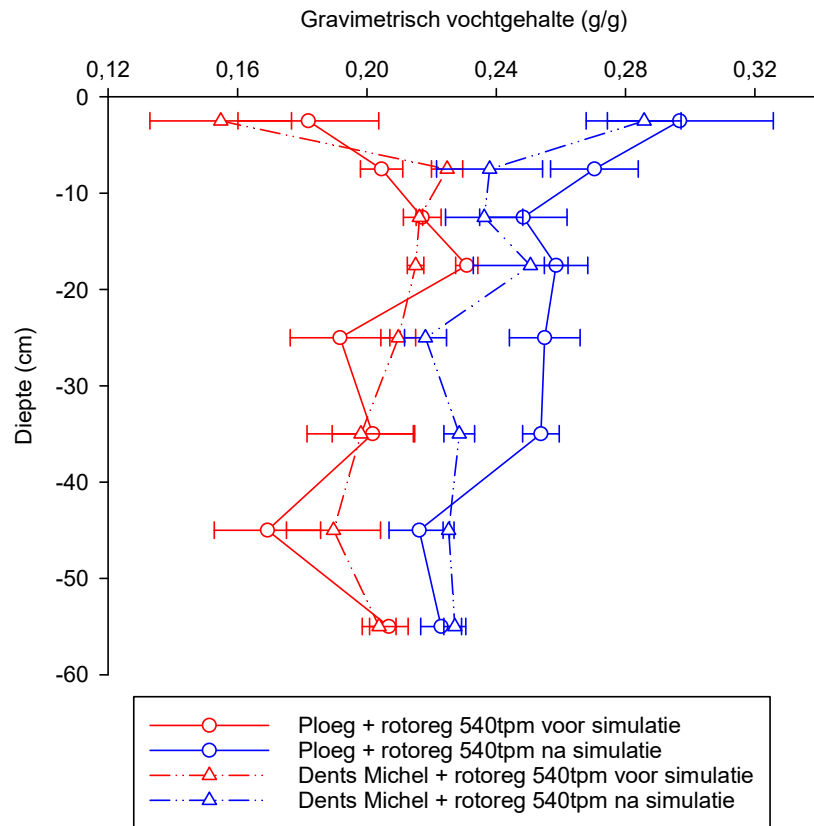
Voor en na elke simulatie werd een bodemvochtstaal genomen. In Tabel 36 wordt het gravimetrisch en volumetrisch vochtgehalte en de bulkdensiteit van de top laag (0-5 cm) van het bodemprofiel, voor en na de simulatie weergegeven voor de herhalingen samen. Voor deze bepalingen werd gebruik gemaakt van kopecky ringen. Op het moment van de regenvalsimulaties was de bodem kunnen opdrogen en was de periode van hevige en grote hoeveelheden neerslag (zie eerder) nog niet aangebroken. Net voor de regenvalsimulaties was de top laag van de geploegde bodem droger dan deze van de bodem bewerkt met de Dents Michel. Tijdens de regenvalsimulaties nam het vochtgehalte sterk toe in beide behandelingen en was het verschil in vochtgehalte tussen beide behandelingen nagenoeg verdwenen.

Tabel 36: Overzicht van het gemiddelde gravimetrisch en volumetrisch vochtgehalte en de bulkdensiteit (\pm standaardfout) van de top laag (0-5 cm) van het bodemprofiel, voor en na de simulatie voor alle herhalingen samen.

	Gravimetrisch vochtgehalte (g/g)		Volumetrisch vochtgehalte (g/cm)		Bulkdensiteit (kg/dm)	
	voor	na	voor	na	voor	na
Object 2 Ploegen + rotoreg 540tpm	0,12 \pm 0,01	0,32 \pm 0,01	0,15 \pm 0,01	0,38 \pm 0,01	1,19 \pm 0,02	1,09 \pm 0,01
Object 5 Dents Michel + rotoreg 540tpm	0,18 \pm 0,01	0,34 \pm 0,01	0,23 \pm 0,01	0,37 \pm 0,02	1,27 \pm 0,03	1,17 \pm 0,01

Naast de bepaling van het vochtgehalte in de top laag, werd ook het vochtgehalte tot een diepte van 60 cm bepaald (Figuur 128). Er is gezien de foutenmarges geen onderscheid in vochtgehalte te maken tussen beide objecten. Na de regenvalsimulaties was het vochtgehalte van beide objecten hoger. De stijging was het hoogst in de top laag (0-5 cm), maar ook in de diepere lagen was het vochtgehalte na berekening hoger, wat erop wijst dat het water tijdens de berekening goed kon infiltreren.

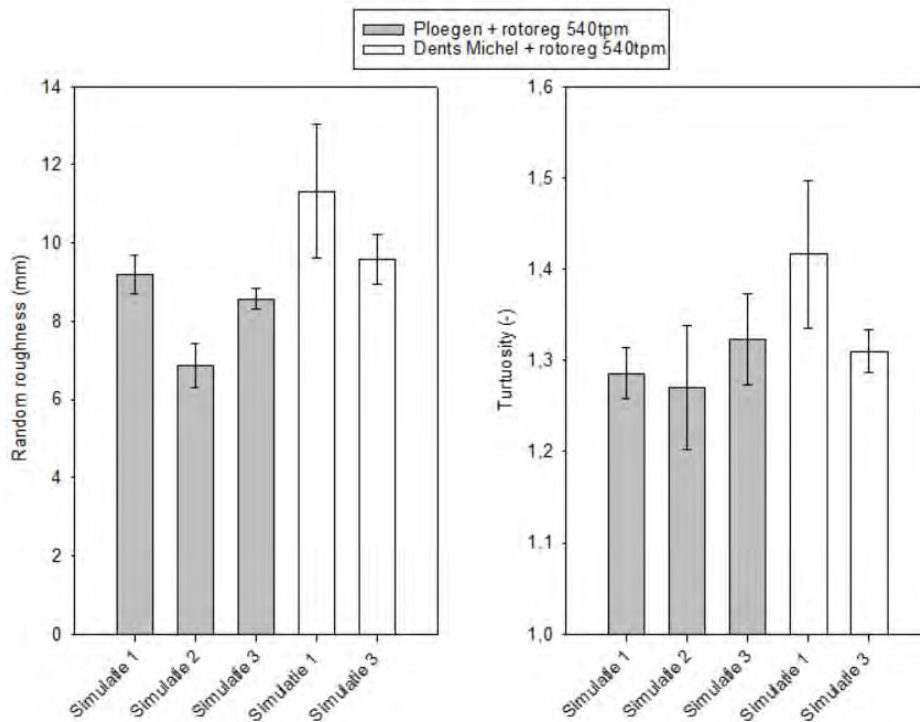
¹⁵ Leys, A., Govers, G., Gillijns, K., Poesen, J. 2007. Conservation tillage on loamy soils: explaining the variability in interrill runoff and erosion reduction. European Journal of Soil Science 58: 1425-1436



Figuur 128: Gemiddeld gravimetrisch vochtgehalte (\pm standaardfout) van de erosieveldjes doorheen het profiel tot 60 cm diepte net voor en net na de erosiesimulaties.

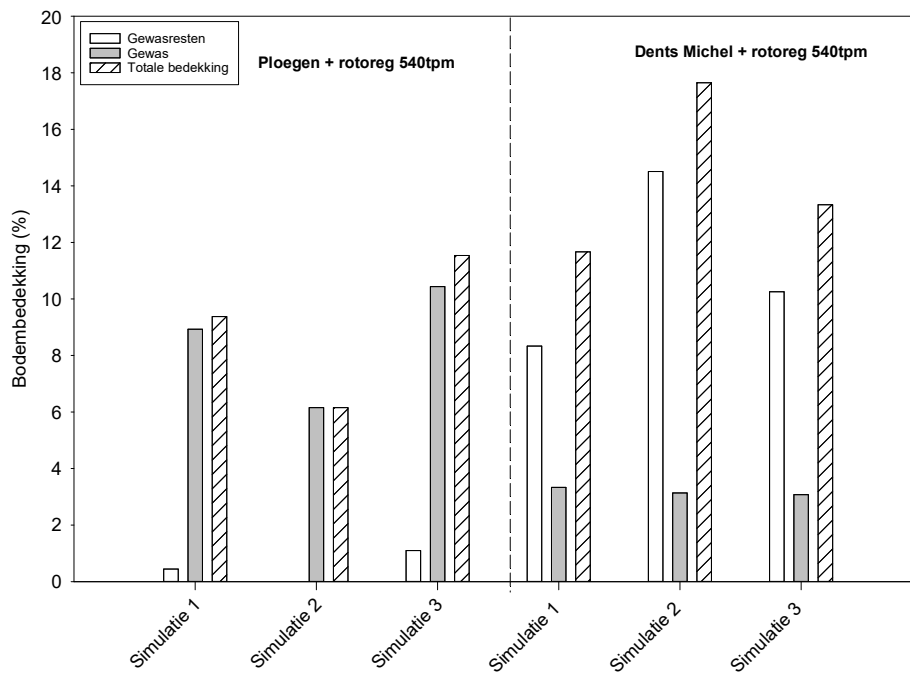
7.8.2.1 Bodembedekking en bodemruwheid

Vlak voor aanvang van de erosiesimulaties werd de bodemruwheid 3x opgemeten per erosieveldje en de bodembedekking van het erosieveldje bepaald. In Figuur 129 is een licht hogere ruwheid van het bodemoppervlak te merken in het object Dents Michel + rotoeg 540tpm, dan in het object Ploegen + rotoeg 540tpm. Dit verschil was echter niet significant.



Figuur 129: Gemiddelde 'random roughness' en 'turtuosity' (\pm standaardfout) van de erosieveldjes, vlak voor de erosiesimulatie. Van simulatie 2 in het object Dents Michel + rotoeg 540tpm zijn geen gegevens beschikbaar.

Vlak voor de erosiesimulaties werd ook de bodembedekking van het erosieveldje bepaald (Figuur 130). Hieruit bleek dat in het object Ploegen + rotoeg 540tpm praktisch geen gewasresten aan het bodemoppervlak aanwezig waren. Bij Dents Michel + rotoeg 540tpm was dit wel het geval (8 tot 15% bedekking). Bij het geploegde object was de bodembedekking door het gewas echter een stuk groter dan bij Dents Michel + 540tpm, waardoor het verschil in bodembedekking tussen Ploegen + rotoeg 540tpm en Dents Michel + 540tpm werd beperkt.

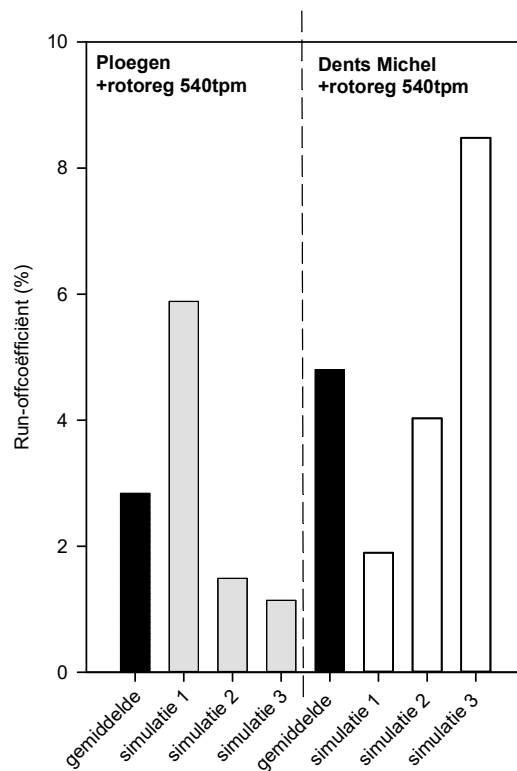
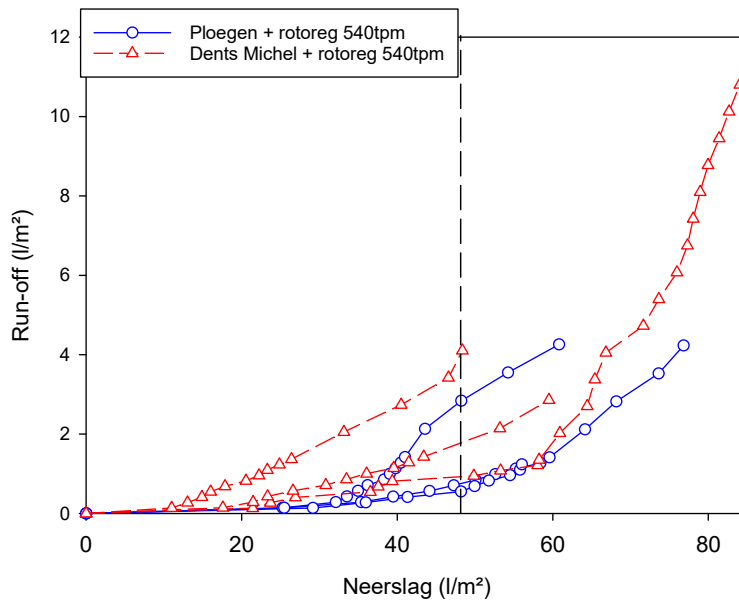


Figuur 130: het percentage bodembedekking van de erosieveldjes, vlak voor de erosiesimulatie. Links in de grafiek de erosieveldjes van het object Ploegen + rotoreg 540tpm en rechts het object Dents Michel + rotoreg 540tpm.

7.8.2.2 Run-off

Een regenvalsimulatie wordt normaal over een tijdspanne van 30 min tot 1 uur uitgevoerd. Aangezien in dit proefveld bijna geen run-off werd vastgesteld na 1 uur beregenen –dit komt overeen met gemiddeld 46 l/m - werden de erosiesimulatie verlengd. Twee simulaties werden zelfs pas na 2 h stopgezet en ook dan nog bleef de run-off heel beperkt. In alle simulaties van beide objecten viel op dat al het beregende water heel makkelijk en snel de bodem in trok. Indien er al plasjes werden gevormd aan het bodemoppervlak, waren deze enkele seconden na het stoppen van de beregening reeds de bodem in getrokken. Dat het water sterk naar de diepte trok in dit perceel werd reeds duidelijk door de dieptestalen voor vochtgehalte (zie eerder).

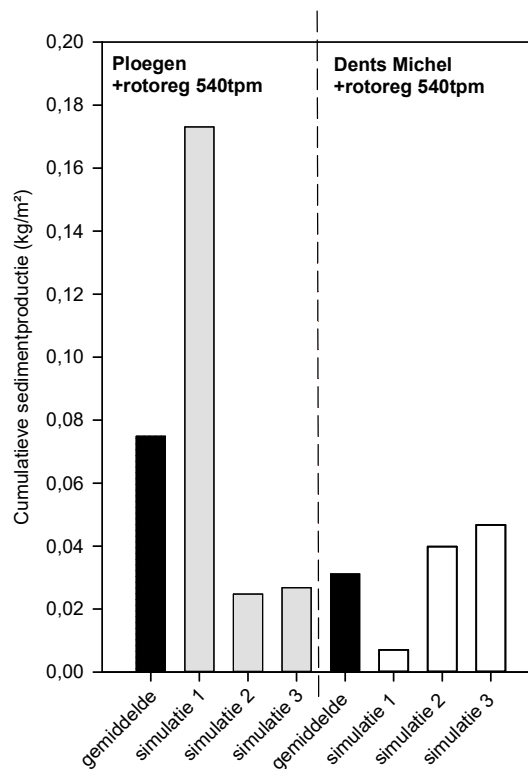
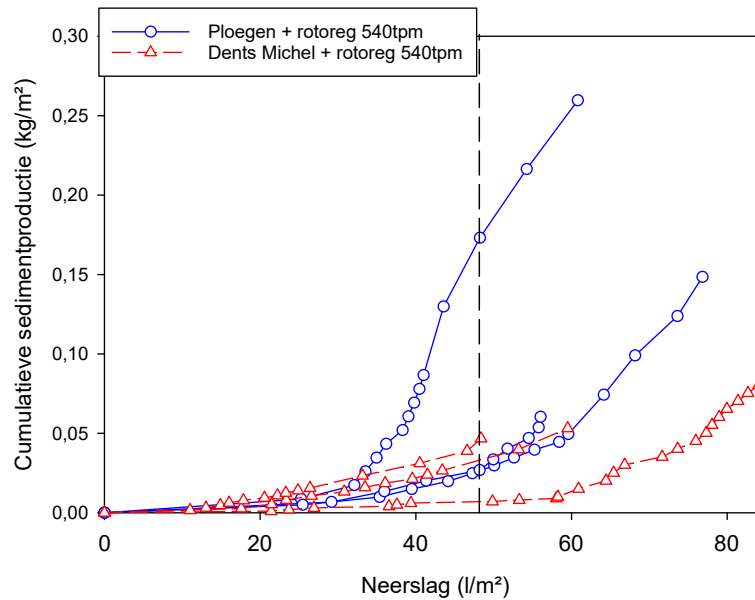
Omdat de verschillende simulaties niet even lang duurden en de neerslagintensiteit schommelde, kwam een verschillende totale hoeveelheid neerslag per oppervlakte-eenheid op de bodem terecht. Daarom werd de run-offcoëfficiënt berekend na een vastgestelde hoeveelheid gesimuleerde neerslag. We kiezen hier voor een berekening van 48 l/m (zie stippellijn op bovenste grafiek, Figuur 131), gezien dit de totale hoeveelheid neerslag is die terecht kwam op het erosieveldje van de simulatie die het minst werd beregend.



Figuur 131: Verloop van de run-off in functie van de neerslag (boven). De stippellijn geeft hier aan welk referentiepunt werd genomen om de run-offcoëfficiënt te berekenen (48 l/m²). De Run-offcoëfficiënt wordt per simulatie in de onderste grafiek weergegeven.

Uit Figuur 131 blijkt dat slechts 1 tot 6% van de regen oppervlakkig afstroomt bij de ploeg + rotoreg 540tpm en 2 tot 8% bij de Dents Michel + rotoreg 540tpm. De run-offcoëfficiënt was dus in alle gevallen laag, maar iets hoger waar niet-kerend was gewerkt.

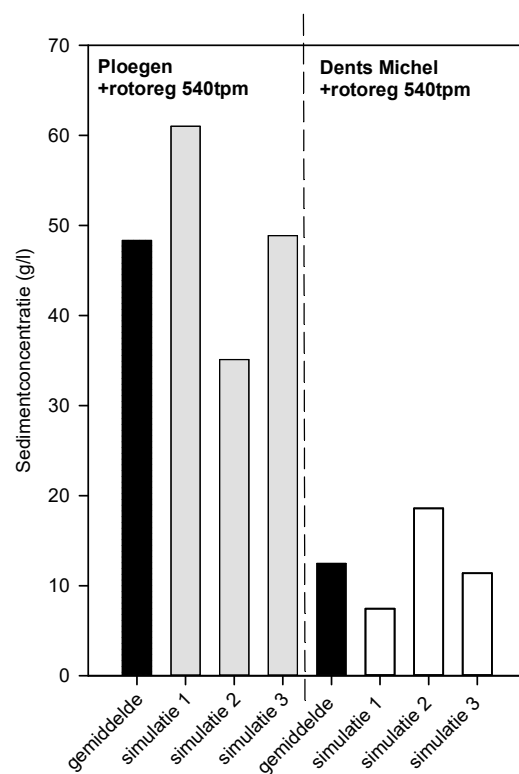
7.8.2.3 Erosie en sedimentconcentratie



Figuur 132: Verloop van de erosie in functie van de neerslag (boven). De stippellijn geeft hier aan welk referentiepunt werd genomen om de totale cumulatieve sedimentproductie te berekenen (48 l/m²). De cumulatieve sedimentproductie wordt per simulatie in de onderste grafiek weergegeven.

De sedimentconcentratie van het run-off water was bij alle simulaties 2 tot 4 keer hoger in de geploegde behandeling dan in de niet-kerende behandeling (Figuur 133). Net zoals bij bepaling van de run-offcoëfficiënt heeft het verschil in beregeningstijd ook een effect op de totale hoeveelheid cumulatieve sedimentproductie

die van het erosieveldje afkomt. Daarom werd ook hier de totale cumulatieve sedimentproductie berekend op basis van de erosie die werd opgemeten na 48 l/m beregening. Het valt in de onderste grafiek van Figuur 132 op dat de cumulatieve hoeveelheid erosie, in tegenstelling tot de run-off, gemiddeld hoger was bij Ploegen + rotoreg 540tpm dan bij de Dents Michel + 540tpm. Dit was vooral te wijten aan simulatie 1 bij Ploegen + rotoreg 540tpm die zowel een vrij hoge run-off coëfficiënt had als een hoge sedimentconcentratie. Dit was ook de simulatie die een neerslagintensiteit ontving die een stuk hoger was dan bij de andere simulaties (64l/m .h vs 37-46 l/m .h). In de andere 2 simulaties van het geploegde object werd weinig verschil geobserveerd met de simulaties in het object Dents Michel + 540tpm omdat de iets hogere run-of bij de niet-kerende behandeling werd gecompenseerd door de lagere sedimentconcentraties.



Figuur 133: Overzicht van de gemiddelde sedimentconcentratie in het run-off water per simulatie.

7.8.2.4 Besluit erosiesimulaties

Samengevat was de run-off en erosie veroorzaakt door de erosiesimulaties zeer beperkt in deze proef. Dit was het gevolg van de grote infiltratiecapaciteit van het perceel en het zeer snel doordringen van het regenwater naar de diepere lagen van bodemprofiel (zeker tot 60 cm diepte meetbaar). Er is desondanks een tendens dat er iets meer regenwater oppervlakkig afstroomde bij de niet-kerende bodembewerking met Dents Michel. Dit is echter beperkt. Het behandelingseffect op de sedimentconcentratie was echter wel duidelijk. 2 tot 4 keer zoveel sediment werd meegesleurd door het oppervlakkig afstromend water in het geploegde object dan in het niet-kerend bewerkte object. Door de iets hogere run-off maar lagere sedimentconcentratie bij de niet-kerende behandeling was de sedimentproductie bij de meeste simulaties gelijkaardig. Een uitzondering was de hogere sedimentproductie bij simulatie 1 van de geploegde behandeling. Dit was ook de behandeling die de hoogste neerslagintensiteit had ontvangen.

8 Zaa-ui Oudenaarde: niet-kerende bodembewerking en verruwing van het zaaibed

Dorien Horemans, Maarten De Boever (PCG), Thijs Vanden Nest, Greet Ruyschaert (ILVO)

8.1 Inleiding

De nieuwe erosiewetgeving laat toe om éénmalig niet kerend te werken in alle teelten als erosie maatregel. In deze proef wordt door PCG onderzocht wat de best mogelijke technieken zijn om dit toe te passen in uien (*Allium cepa*). Uien vereisen een zaaibed met fijne bodemlaag. Dit moet zijn verkruimeld onder droge omstandigheden om verslemping te voorkomen. Bij slechte kiemomstandigheden krijgen uien problemen in de ontwikkeling.

Door de trage groei en geringe bodembedekking is de uienteelt gevoelig voor erosie. Door een groenbemester niet kerend onder te werken zit er veel organisch materiaal bovenaan. Dit kan het afstromend water in deze kritieke periode vertragen. De gewasresten kunnen echter voor problemen zorgen bij inzaai. Verder is er de mogelijkheid om een ruwer zaaibed te creëren om ook hiermee kleine obstakels voor het water te voorzien op het perceel. Het is van belang uit te zoeken wat de optimale verhouding is van deze voorbereiding van het perceel met optimale effecten naar erosie en gewaskwaliteit. De opkomst, erosieweerbaarheid, ziektedruk, onkruiddruk, opbrengst en kwaliteit werden beoordeeld in deze proef.

Er werd een proefveld aangelegd op een rood perceel (helling tussen 12 en 14,5%) in Mater met leembodem. Als voorgeschiedenis werd het perceel geploegd en als groenbemester werd er gele mosterd ingezaaid in het najaar 2015.

Er werden 11 verschillende behandelingen vergeleken. De standaard ploegen werd vergeleken met diepgronden "Dents Michel" als methode voor niet-kerende bodembewerking. Verschillende methoden zaaibedbereiding werden toegepast om verschillen in ruwheid van het zaaibed te bekomen. Hierbij werd het effect van grotere kluiten op erosie(reductie) onderzocht alsook de gevolgen van de (minder fijne) zaaibedbereiding op de opkomst.

Verschillende zaaibedbereidingen die werden toegepast waren: met de rotoreg, met de schijveneg, met de "combi-PCG" met twee rijen triltanden en een rol en tenslotte met de Steketee. De instellingen van de rotoreg werden aangepast. Er werd getest of een rotoreg die traag wordt ingesteld (540 tpm aan de aftakas) zorgt voor verminderde erosie in vergelijking met een normaal ingestelde rotoreg (1000 tpm aan de aftakas).

In alle proefobjecten werd de rotoreg van de zaaimachine zo hoog mogelijk (ondiep) ingesteld om verschillen tussen de zaaibedbereidingen te behouden. In het referentieobject van de teler de rotoreg op de zaaimachine diep ingesteld wat dus zorgde voor een tweede werkgang (na zaaibedbereiding met normaal draaiende rotoreg) in dit object.

In het referentieobject van de teler werd er tenslotte mechanische onkruidbestrijding uitgevoerd. Hierdoor ligt de oppervlakte er ook ruwer bij en het effect hiervan op erosie zou zeker moeten meegenomen worden in toekomstige proeven.

8.2 Beschrijving proefveld ui (PCG)

8.2.1 Proefaanleg

Na het rooien van de aardappelen in 2015 werd er op het perceel gele mosterd als groenbemester ingezaaid. Deze was al sterk verkleind op het moment dat de zaaibedbereiding plaatsvond.



Figuur 134: Groenbedekker gele mosterd in maart 2016

Proefveld / infrastructuur

Gemeente

Voorgaande teelt

Ras (+zaadhuis)

Teeltsysteem

Helling

Leembodem, rood perceel

Mater (Oudenaarde)

Aardappelen (+ gele mosterd)

Reliance (Seminis)

Vlakkevelds

12-14,5%

8.2.1.1 Objecten

Object	Diepe grondbewerking	Zaaiklaarleggen
1	Ploegen	Rotoreg normaal
2	Ploegen	Rotoreg traag
3	Ploegen	Schijveneg
4	Ploegen	Combi triltand PCG
5	Ploegen	Steketee
6	Ploegen	Referentieobject teler: rotoreg normaal + rotoreg zaaimachine diep
11	Dents michel	Rotoreg normaal
12	Dents michel	Rotoreg traag
13	Dents michel	Schijveneg
14	Dents michel	Combi triltand PCG
15	Dents michel	Steketee

Rotoreg normaal: Aftakas 1000 tpm

Rotoreg traag: Aftakas 540 tpm

8.2.1.2 Proefdesign

Type proefdesign:

Stroken met pseudoherhalingen

Aantal herhalingen:

4 (3 herhalingen met vergelijkbare hellingsgraad werden beoordeeld, nl. herhalingen 1, 2 en 4)

Aantal objecten:

11

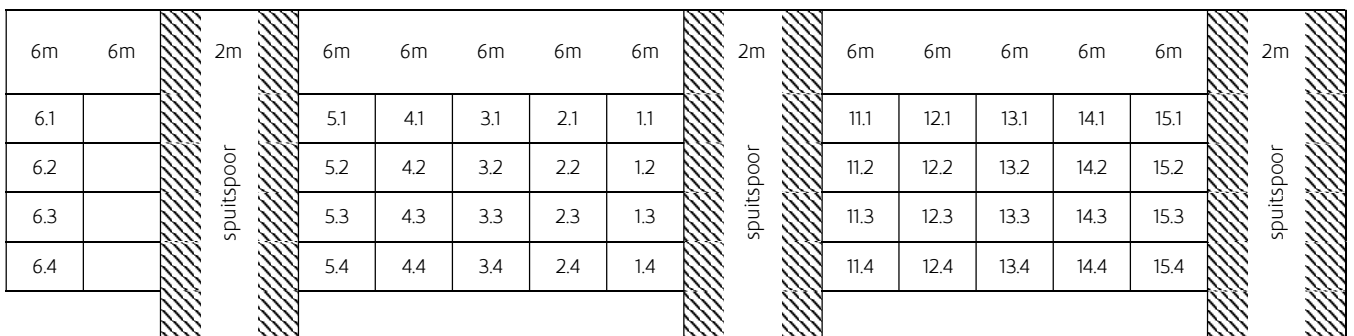
Lengte plot (m):

15

Breedte plot (m):

6 (2 x werkbreedte van 3,0 m)

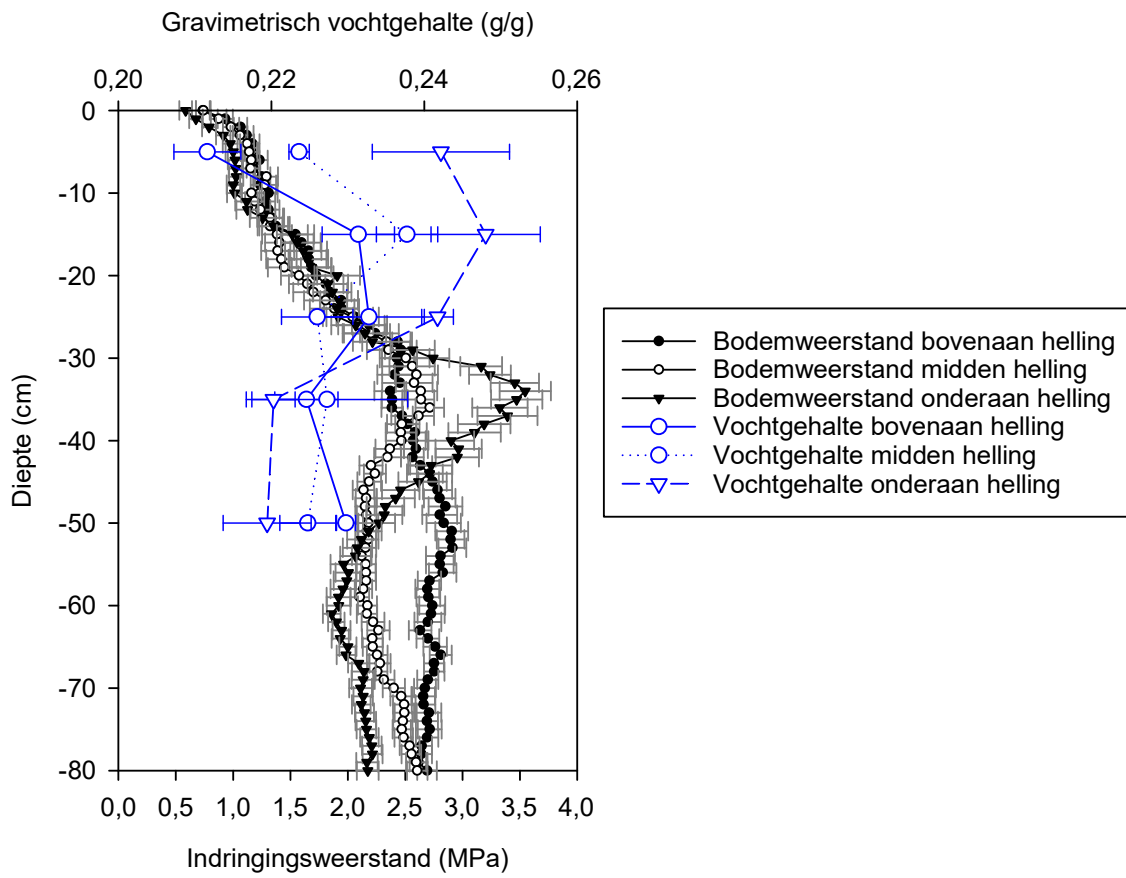
Proefplan:



Draaiboek uitgevoerd in proef:

Datum uitvoering	Handeling	Opmerking
maart 2016	Vernietiging	Klepelen gele mosterd
21/03/2016	Beoordeling	Metingen met penetrologger en bepaling gravimetrisch vochtgehalte
3/05/2016	Staalname	Vochtbepaling niet-kerende objecten
3/05/2016	Bemesting	Haspargit (5% N) 1500 kg/ha (=75 eenheden N)
4/05/2016	Zaai	Arthur (Sanac)
10/06/2016	Bewerking	Regenvalsimulatie door ILVO
26/05/2016	Beoordeling	Opgekomen planten per plot in herhalingen 1, 2 en 4 (%), gewasontwikkeling, gewasstand, ziektedruk, erosiesymptomen + foto's van 0,5m
2/06/2016	Beoordeling	Opgekomen planten per plot in herhalingen 1, 2 en 4 (%), erosiesymptomen: foto van 0,5 m
13/06/2016	Beoordeling	Opgekomen planten per plot in herhalingen 1, 2 en 4 (%), gewasontwikkeling, gewasstand, erosiebeoordeling (1-9) + foto van 0,5 m
17/06/2016	Staalname	Staalname NO ₃ ⁻ -N en NH ₄ ⁺ -N van 0-30 cm en 30-60 cm
21/06/2016	Beoordeling	Opgekomen planten per plot in herhalingen 1, 2 en 4 (%), gewasontwikkeling, gewasstand, onkruidtellingen (Aardappelopslag), erosiebeoordeling (1-9)+ foto van 0,5 m
24/06/2016	Bemesting	400 kg/ha ammoniumnitraat (= 108 eenheden N)
28/06/2016	Beoordeling	Opgekomen planten per plot in herhalingen 1, 2 en 4 (%), gewasontwikkeling, gewasstand, onkruidtellingen (bij duidelijke verschillen), ziektedruk, plagen, erosiesymptomen: foto van 0,5 m
17/06/2016	Staalname	Voor bijbemesting
19/06/2016	Analyse	Advies bij N-inhoud bodem
5/07/2016	Beoordeling	Algemene toestand gewas: groei, uniformiteit, kleur, ziekte verder beoordelen van de bodemtoestand: ruwheid
15/07/2016	Bewerking	Schoffelen in referentieobject teler
29/07/2016	Beoordeling	Algemene toestand gewas: groei, uniformiteit, kleur, ziekte (geen ziekte). Ook bodemtoestand: grofheid grondstructuur foto's 0,5 m
5/10/2016	Oogst	Tellen uien per plot in herhalingen 1, 2 en 4 voor 2 x 2 lopende meter in één enkele en één dubbele rij. Oogst van 8.4 m per plot: weging uien en nadien drogen
december 2016	Beoordeling	Sortering: Grootte en kwaliteit

Resultaten penetrologger bij start op 21 maart 2016 (uitgevoerd door ILVO)



Gravimetrisch vochtgehalte op 3 mei 2016

Datum	Object	Diepte (cm)	Vochtgehalte (%)
3/05/2016	1	10	20,24
3/05/2016	1	20	23,69
3/05/2016	1	30	23,61
3/05/2016	1	40	21,80
3/05/2016	2	10	21,94
3/05/2016	2	20	22,15
3/05/2016	2	30	22,91
3/05/2016	2	40	21,55
3/05/2016	3	10	20,10
3/05/2016	3	20	21,85
3/05/2016	3	30	22,07
3/05/2016	3	40	20,96
3/05/2016	4	10	19,97
3/05/2016	4	20	21,71
3/05/2016	4	30	22,18
3/05/2016	4	40	21,24

Resultaten bodemanalyse N-inhoud

Datum	Diepte (cm)	NO ₃ ⁻ -N (kg/ha)	NH ₄ ⁺ -N (kg/ha)
17/06/2016	30	62	< 4
17/06/2016	60	40	< 4

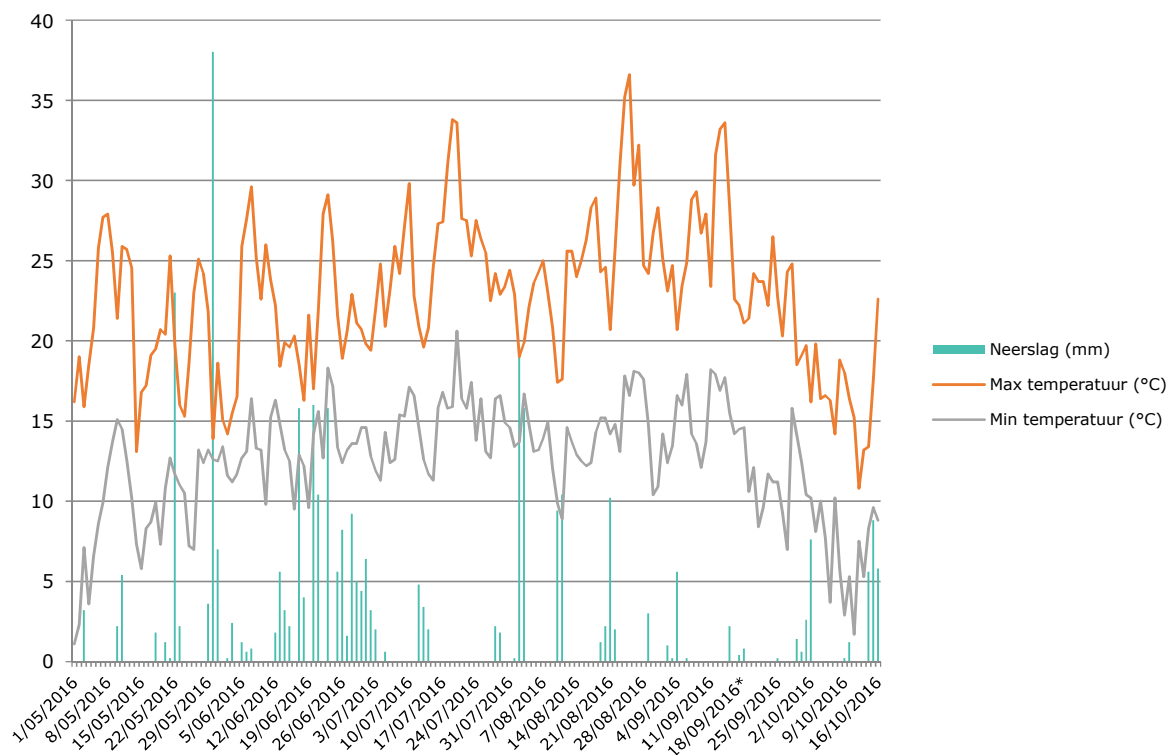
Uitgevoerde bemesting

Datum	kg/ha	Meststof	Samenstelling meststof (%)			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
3/05/2016	1500	Haqspargit	5	0	18	
24/06/2016	400	Ammoniumnitraat	27			

Algemene gewasbescherming

Datum	Product	Dosis per hectare		Actieve stof
10/05/2016	Stomp Aqua	1	l	pendimethalin
10/05/2016	Pyramin SC 520	0,5	l	chloridazon
17/05/2016	Aliacine	0,86	l	chloorprofam
17/05/2016	Pyramin SC 520	0,5	l	chloridazon
17/05/2016	Starane Forte	0,1	l	fluroxypyr
24/05/2016	Aliacine	0,65	l	chloorprofam
24/05/2016	Pyramin SC 520	0,27	l	chloridazon
4/06/2016	Xinca	0,3	l	bromoxynil
4/06/2015	Basagran SG	0,3	kg	bentazon
15/07/2016	Mechanische onkruidbestrijding			Schoffelen
26/07/2016	Basagran SG	0,1	kg	bentazon
26/07/2016	Valbon	1,6	kg	mancozeb
5/08/2016	Fubol Gold	2	kg	mancozeb
5/08/2016	Fandango	0,75	l	prothioconazool
5/08/2016	Perfekthion 400 EC	0,5	l	mancozeb
12/08/2016	Valbon	1,6	kg	mancozeb
12/08/2016	Perfekthion 400 EC	0,5	l	mancozeb
18/08/2016	Valbon	1,6	kg	mancozeb
18/08/2016	Fandango	0,5	l	prothioconazool
26/08/2016	Fubol Gold	2	kg	mancozeb
26/08/2016	Fandango	0,5	l	prothioconazool
3/09/2016	Valbon	1,6	kg	mancozeb
3/09/2016	Fandango	0,5	l	prothioconazool
7/09/2016	Fazor 60 SG	3,1	kg	maleinehydrazide
7/09/2016	Valbon	1,6	kg	mancozeb
7/09/2016	Trend 90	0,2	l	isodecyl-alcohol ethoxylaar
14/09/2016	Valbon	1,6	kg	mancozeb

Klimatologische omstandigheden 12 km van het proefveld in Kruishoutem: tussen 1 mei en 16 oktober 2016



8.3 Gewasontwikkeling, -opbrengst en -kwaliteit (PCG)

8.3.1 Beoordelingsmethode

Opkomst: Per plot werd een schatting gemaakt van het percentage opgekomen planten. Ook het percentage veldbedekking werd ingeschat. Ter ondersteuning van de visuele beoordeling werden er ook foto's genomen van 1 m van alle plots.

Afwijkingen gewas: Ziekte druk en plagen werden enkel beoordeeld indien er verschillen werden opgemerkt tussen de plots. Afwijkingen zoals verkleuring, verdroging, slechte stand en vraat werden genoteerd bij de beoordeling.

Erosie: Zichtbare erosiekenmerken in het perceel zoals geultjes en verslemping werden ook beoordeeld met een score van (1=veel tot 9=geen)

Tellen en oogst: Tellen uien per plot voor 2 x 2 lopende meter in één enkele en één dubbele rij. Bij oogst werd per object en per pseudoherhaling 8.4 m geoogst, gewogen en bewaard.

8.3.2 Materiaal en methode

De proef werd aangelegd met 11 objecten op een rood perceel. Per object werden 3 pseudoherhalingen met onderling vergelijkbare hellingsgraad beoordeeld.

De diepe grondbewerking (5 objecten) werd uitgevoerd met Dents Michel (6 gebogen tanden op een V-vormig frame) tot op 40 cm om de ploegzool te breken. De andere objecten werden geploegd.



Figuur 135: Dents Michel met 6 gebogen tanden op een V-vormig frame

Zaaibedbereiding

In zowel de geploegde als de niet-geploegde objecten werden dezelfde zaaibedbereidingen getest.

Voor de zaaibedbereiding met de rotoreg werden twee instellingen, nl. normaal (1000 tpm) en traag (540 tpm) draaiend gebruikt. De minder intensieve bewerking resulteert in het ruwer achterlaten van de bodem. De bedoeling hiervan is dat de kluiten een rem vormen voor het afstromend water op het perceel.

De tweede zaaibedbereiding werd uitgevoerd met een schijveneg. Bij zaaien in veel gewasresten kan dit een voordeel bieden i.v.m. verstopping. De groenbemester was in deze proef echter al verkleind zodat de gewasresten nergens problemen gaven bij de zaai.

In een ander deel van het perceel werd de combi-PCG gebruikt met twee rijen triltanden en een rol en laat een ruwer zaaibed na dan de rotoreg.

Tenslotte werd de Steketee getest. Deze kan ook gebruikt worden om met weinig bodemverstoring een zaaibedbereiding te voorzien.



Figuur 136: Combi PCG met 2 rijen triltanden en rol



Figuur 137: Schijveneg



Figuur 138: Steketee

Zaai

Bij de zaai werd een Kuhn zaaimachine met rotoleg gebruikt. De werkbreedte van de machine is 3 m. Hierin worden over 1,4 m 5 rijen gezaaid, met 2 enkele rijen (dikker gezaaid) aan de buitenkant en drie dubbele rijen (dunner gezaaid) in het midden. Dan is er 10 cm tussen en komen de volgende 5 rijen. Per plot (6 m breed) worden in totaal 20 rijen uien gezaaid.

De zaaimachine werd binnen de proef hoog (ondiep) ingesteld om de verschillen tussen de zaaibedbereidingen te behouden. In het referentieobject van de teler werd de rotoleg wel op een normale diepte afgesteld.



Figuur 139: Kuhn zaaimachine met roto-reg.

8.3.3 Statistische methode

Alle behandelingen met een score werden als gemiddelden verwerkt zonder statistiek. Er werd naar de hoofdeffecten gekeken met een Anova variantieanalyse. Statistiek werd enkel toegepast in de beoordelingen waar continue waarden zoals percentage of tellingen werden gebruikt. Afhankelijk van het type data werd een vierkantsworteltransformatie (Poisson verdeeld), Arcsin transformatie (grote variatie aan einde) of een logit transformatie uitgevoerd. Ingestelde alfa is 5%. Indien hier significante verschillen werden gevonden werd een post-hoc Tukey test uitgevoerd om te kijken tussen welke behandelingen de verschillen significant zijn.

8.4 Resultaten (PCG)

Object	Opkomst (%)		Opkomst (%)		Erosie (zichtbaar)
	2/06/2016		13/06/2016		
Ploegen + roto-reg normaal	70,67	bc	87,33	ab	7
Ploegen+ roto-reg traag	55,67	abc	74,67	ab	8
Ploegen+ schijveneg	77,67	bc	85,00	ab	7
Ploegen + combi PCG	58,33	abc	77,00	ab	7
Ploegen + zaai-bed met Steketee	60,33	abc	79,00	ab	9
Dents Michel + roto-reg normaal	50,00	ab	58,33	a	8
Dents Michel+ roto-reg traag	25,33	ade	56,67	a	9
Dents Michel+ schijveneg	21,67	ade	63,33	a	7
Dents Michel+ combi PCG	15,67	de	68,33	ab	8
Dents Michel + Steketee	11,00	d	65,00	ab	8
Referentie teler: ploegen + roto-reg normaal + roto-reg diep afgesteld bij zaai	94,67	c	99,00	b	5
Gemiddelde ploegen (excl. referentieobject teler)	64,53		80,60		7,67
Gemiddelde diepgronden	24,73		62,33		7,90
p-waarde	<0.05		<0.05		-
1=					Veel
9=					Geen
Object	Veldbedekking ui (%)		Erosie (zichtbaar)		Aardappelopslag

21/06/2016

Ploegen + rotoereg normaal	12,33	7	7
Ploegen+ rotoereg traag	11,00	8	7
Ploegen+ schijveneg	12,67	7	7
Ploegen + combi PCG	10,67	7	6
Ploegen + zaaibed met Steketee	11,67	8	6
Dents Michel + rotoereg normaal	7,00	7	7
Dents Michel+ rotoereg traag	6,67	7	7
Dents Michel+ schijveneg	7,00	7	7
Dents Michel+ combi PCG	6,50	7	6
Dents Michel + Steketee	6,67	7	6
Referentie teler: ploegen+ rotoereg normaal + rotoereg diep afgesteld bij zaai	15,00	5	6

Gemiddelde ploegen (excl. referentieobject teler)	11,67	7,73	6,47
Gemiddelde diepgronden	6,77	6,77	6,57
p-waarde zaaibedbereidingen*	<0,05*	-	-
1=		Veel erosie	Veel opslag
9=		Geen erosie	Geen opslag

*Diepe grondbewerking als blok factor om verschillen tussen zaaibedbereidingen te bekijken. $p < 0.05$ maar toch geen significante verschillen tussen de zaaibedbereidingen vast te stellen.

Object	Erosie (zichtbaar)	% Opkomst	Volume gewas 28/06/2016	%Veldbedekking	Onkruid	
Ploegen + rotoereg normaal	7	94,67	b	7	29,00	5,83
Ploegen+ rotoereg traag	7	94,00	b	7	26,67	6,33
Ploegen+ schijveneg	7	91,67	b	7	28,67	7,00
Ploegen + combi PCG	6	90,33	b	7	26,33	5,67
Ploegen + zaaibed met Steketee	8	92,67	b	7	26,67	4,83
Dents Michel + rotoereg normaal	7	61,67	a	6	12,67	6,17
Dents Michel+ rotoereg traag	8	62,67	a	6	11,67	5,83
Dents Michel+ schijveneg	7	65,33	a	6	12,67	6,50
Dents Michel+ combi PCG	7	63,33	a	5	12,00	4,83
Dents Michel + Steketee	8	64,67	a	6	12,67	5,50
Referentie teler: ploegen+ rotoereg normaal + rotoereg diep afgesteld bij zaai	6	95,67	b	8	27,67	Geschoffeld
Gemiddelde ploegen (excl. referentieobject teler)	7,00	92,67		6,90	27,47	5,93
Gemiddelde diepgronden	7,33	63,53		5,60	12,33	5,77
p-waarde		<0,05			Ns	Ns
1=	Veel			Weinig		Veel
9=	Geen			Veel		Geen

Object	Volume gewas	Grofheid grondstructuur
--------	--------------	-------------------------

05/07/2016

Ploegen + rotoereg normaal	7	5
Ploegen+ rotoereg traag	7	5
Ploegen+ schijveneg	8	5
Ploegen + combi PCG	7	5
Ploegen + zaaibed met Steketee	7	5
Dents Michel + rotoereg normaal	6	5
Dents Michel+ rotoereg traag	5	6
Dents Michel+ schijveneg	5	5
Dents Michel+ combi PCG	5	6
Dents Michel + Steketee	5	6
Referentie teler: ploegen+ rotoereg normaal + rotoereg diep afgesteld bij zaai	7	3
Gemiddelde ploegen (excl. referentieobject teler)	7,1	4,9
Gemiddelde diepgronden	5,2	5,5
1=	Weinig	Fijn
9=	Veel	Grof

Object

Veldbedekking (%)

Onkruid

Dichtslemping bodem

29/07/2016

Ploegen + rotoereg normaal	52,7	ab	7,67	4
Ploegen+ rotoereg traag	48	ab	7,67	5
Ploegen+ schijveneg	55,5	a	8	5
Ploegen + combi PCG	51,7	ab	7,17	5
Ploegen + zaaibed met Steketee	52,7	ab	7,5	5
Dents Michel + rotoereg normaal	32,7	b	7	5
Dents Michel+ rotoereg traag	32,7	b	7,17	5
Dents Michel+ schijveneg	30	b	6,5	5
Dents Michel+ combi PCG	38,3	b	6,5	5
Dents Michel + Steketee	35,7	b	6,83	5
Referentie teler: ploegen+ rotoereg normaal + rotoereg diep afgesteld bij zaai	53,7	ab	8,33	4
Gemiddelde ploegen (excl. referentieobject teler)	52,1		7,6	4,48
Gemiddelde diepgronden	33,87		6,8	4,83
Score: 1-9				
1= Veel onkruid/verslemping				
9= Geen onkruid/erosie				
p-waarde	<0,05		-	-

Object	Totaal aantal uien per ha (*1000)		Opbrengst (ton/ha)	Variantie (%)
	10/05/2016		10/05/2016	
Ploegen + rotoereg normaal	269	ab	62,6	3
Ploegen+ rotoereg traag	250	abc	68,7	15
Ploegen+ schijveneg	274	a	66,5	5
Ploegen + combi PCG	248	abc	61,7	11
Ploegen + zaaibed met Steketee	261	abc	68,2	3
Dents Michel + rotoereg normaal	179	d	54,3	8
Dents Michel+ rotoereg traag	177	d	52,4	5
Dents Michel+ schijveneg	161	d	52,4	4
Dents Michel+ combi PCG	201	cd	52,8	17
Dents Michel + Steketee	209	bcd	52,3	13
Referentie teler: ploegen+ rotoereg normaal + rotoereg diep afgesteld bij zaai	191	-(*)	57,9	11
Gemiddelde ploegen (excl. referentieobject teler)	260,30	-	-	-
Gemiddelde diepgronden	185,30	-	-	-
p-waarde zaaibedbereiding(**)	<0,05			

**De telling binnen het referentieobject van de teler werd door iemand anders beoordeeld dan binnen de andere objecten. De cijfers van het referentieobject werden bijgevolg niet opgenomen in de statistiek of gemiddelde berekeningen.*

***Er werd tevens een blokeffect van herhalingen vastgesteld: De herhaling bovenaan het perceel (herhaling 1) had een significant ($p < 0,05$) lager aantal uien (gemiddeld 205*1000 per ha) in vergelijking met de herhaling in het midden van het perceel (herhaling 2) (gemiddeld 228*1000 per ha).*

8.5 Bespreking (PCG)

Metingen met de penetrologger werden uitgevoerd door ILVO op 21 maart 2016. Hiervoor werd het perceel opgedeeld in 4 stroken A, B, C en D van 12 à 18 m breed. De stroken werden verder opgedeeld in 3 blokken van 20 m lengte (bovenaan helling, midden en onderaan). Er was vooral een verschil tussen de blokken, daarom werd voor elke blok een gemiddelde afgebeeld in het penetrogram (zie hoger). Onderaan het perceel werd een ploegzool vastgesteld tussen 35 en 45 cm diepte.

De zaai vond plaats op 4 mei 2016. Op 26 mei 2016 werd een eerste opkomstbeoordeling uitgevoerd. Aangezien er geen verschillen tussen de objecten werden vastgesteld werd er geen beoordeling uitgevoerd.

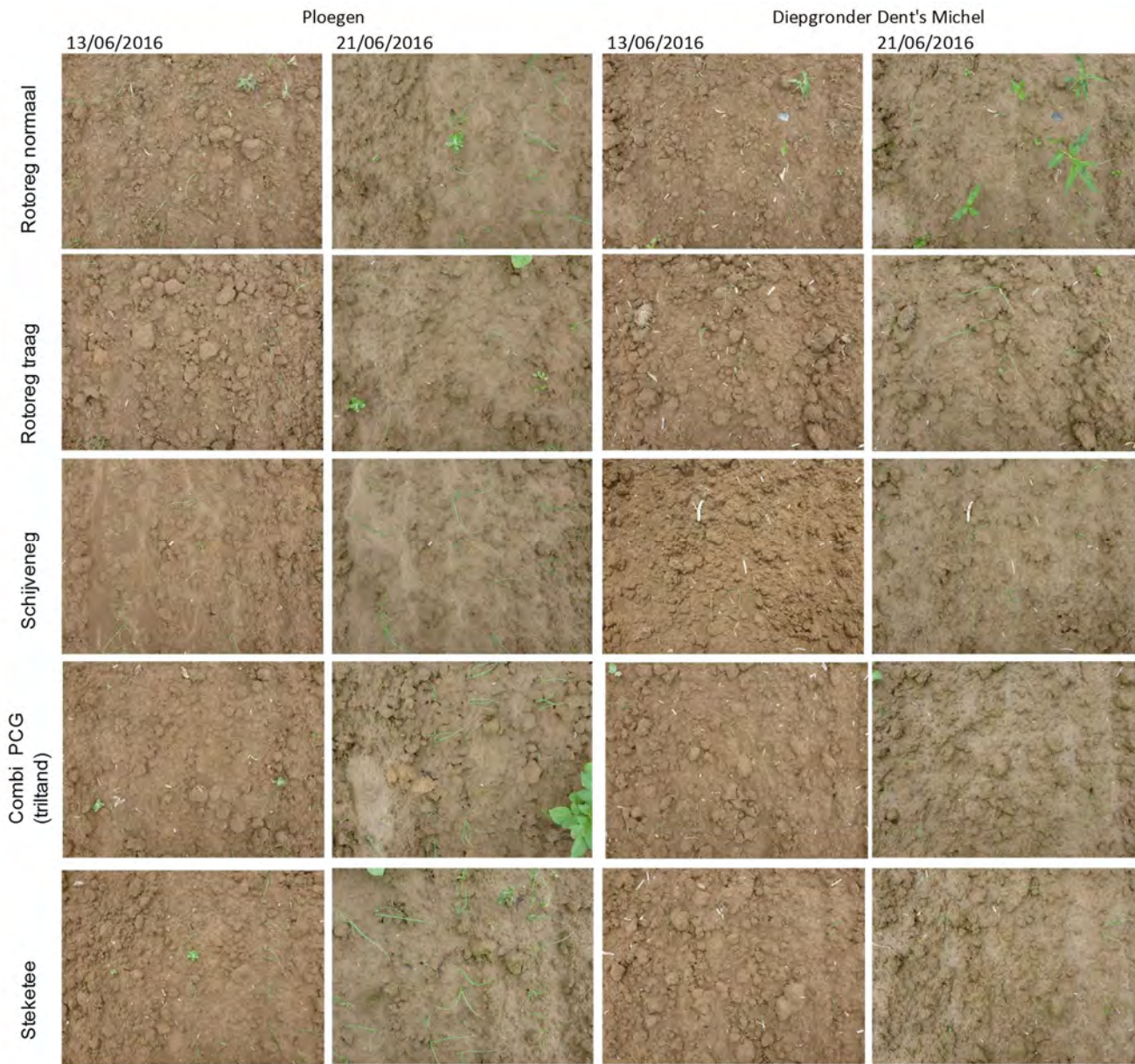
Op 2 juni 2016 werd een tweede opkomstbeoordeling uitgevoerd. Alle objecten hadden een achterstand tegenover het referentieobject van de teler. Bij het referentieobject was de rotoereg van de zaaimachine op normale diepte ingesteld zodat er een extra bewerking van de bodem werd uitgevoerd naast de eerdere zaaibedbereiding met de rotoereg. De niet-kerende objecten hadden een significant lagere opkomst ($p < 0,05$) dan de kerende objecten met een gemiddelde opkomst van respectievelijk 24,7 vs. 64,5%. Bij de niet-kerende objecten was het beste resultaat te zien waar de rotoereg normaal was ingesteld (object 6) met een gemiddelde opkomst van 50%. Dit was significant beter ($p < 0,05$) dan de opkomst in de niet-kerende objecten

combi PCG met triltand (object 9) met een opbrengst van 15.7% en de Steketee (object 10) met een opbrengst van 11%.

De lagere opkomst in de niet-kerende objecten zet zich door in de opkomstbeoordeling op 13 juni 2016 maar het verschil met de geploegde objecten is geringer. De zaaibedbereiding met de combi triltand van PCG en de Steketee waren bij de niet-kerende objecten gemiddeld iets beter deze met rotoereg of schijveneg. Dit verschil was echter niet significant. De geploegde objecten hebben een vergelijkbare opkomst. Het referentieobject van de teler was significant verschillend ($p < 0,05$) van de objecten die niet-kerend werden bewerkt met schijveneg of rotoereg.

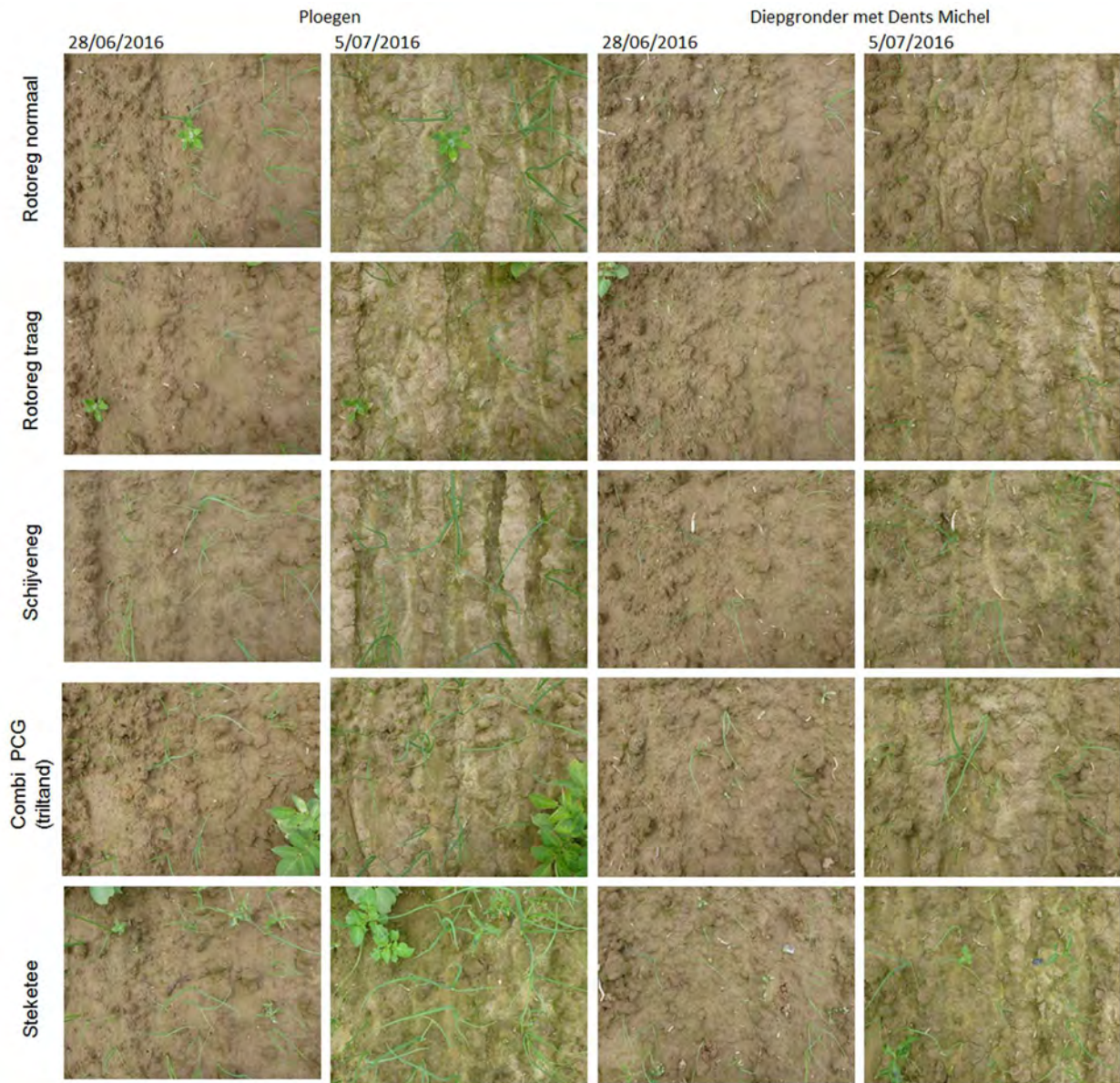
Naast opkomst werd er op 13 juni 2016 ook een visuele beoordeling van erosie uitgevoerd. Hieruit bleek gemiddeld het meest erosie zichtbaar te zijn op het referentieobject van de teler. Bij objecten waar de rotoereg traag werd ingesteld was er gemiddeld minder erosie te zien dan in de objecten waar de rotoereg normaal stond ingesteld.

Op 21 juni 2016 werd erosie opnieuw visueel beoordeeld. Dit was tijdens een zeer natte maand juni (zie klimaatgegevens). In alle objecten was verslamping en erosie zichtbaar. Op het referentieobject van de teler werd visueel het meest erosie vastgesteld. Ook waren gewasresten zichtbaar aan het oppervlak bij de niet-kerende objecten. Deze waren echter sterk verkleind en onvoldoende aanwezig om grote effecten te hebben op erosie. Ook veldbedekking door het gewas werd beoordeeld. Tussen de objecten waren er geen significant verschillen maar gemiddeld werd minder veldbedekking in de niet-kerende objecten vastgesteld. Naast erosie werd op 21 juni 2016 aardappelopslag beoordeeld. Er werd zowel bij geploegde als niet-geploegde objecten een probleem met aardappelopslag vastgesteld. De bestrijding hiervan zorgde voor extra kosten.



Figuur 140: Foto's van de ruwheid van het kiembed bij beoordeling op 13 juni en 21 juni 2016

Bij de visuele beoordeling van erosie op 28 juni en 5 juli 2016 werden kleine verschillen opgetekend tussen de objecten. De aanhoudende regenval zorgde voor zichtbare erosie op het volledige perceel. Op het referentieobject van de teler was erosie het meest zichtbaar. Naar analogie was de bodem het meest verslempd in het referentieobject. In de andere objecten werd ook verslemping vastgesteld. De gemiddelde waarden voor de niet-kerende en kerende objecten waren weinig verschillend: 5.5 vs. 4.9 (1=fijne grondstructuur, 9=grove grondstructuur).



Figuur 141: Foto's van de ruwheid van het kiembed bij beoordeling op 13 juni en 21 juni 2016



Figuur 142: Erosie op perceel op 05/07/2016

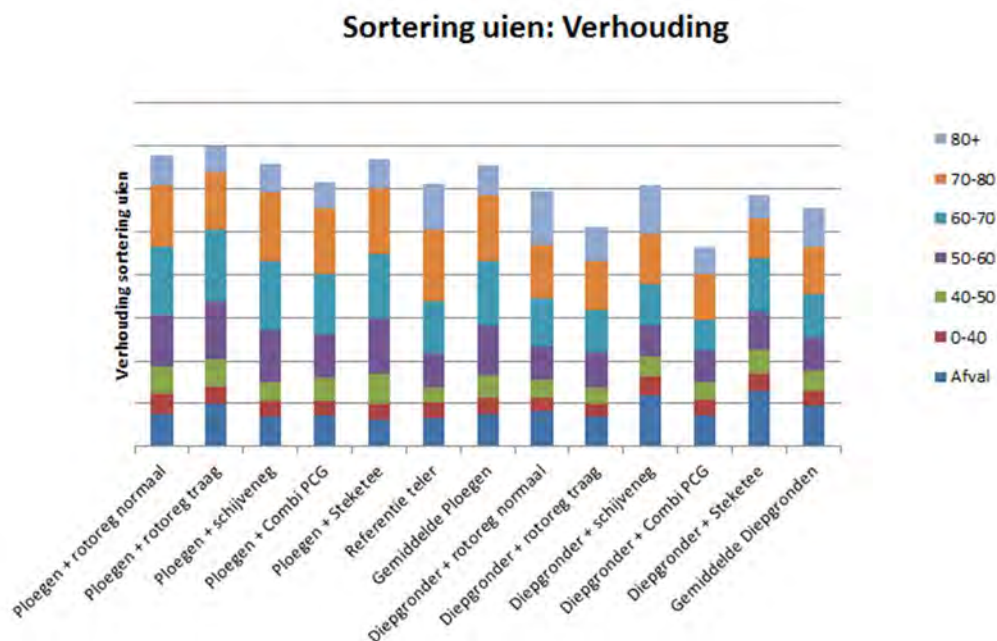
Op 29 juli 2016 werd de laatste onkruid- en erosiebeoordeling in het perceel uitgevoerd. Het referentieobject werd door de teler gewied en hier was dus minder onkruid aanwezig. Naar verslemping toe had dit geen zichtbare positieve of negatieve effecten in de beoordeling. Door het ruwer leggen van de bodem door te schoffelen zou het mogelijk kunnen zijn dat er een betere erosieweerbaarheid is. Het kan interessant dit mee te nemen in de metingen in de toekomst.

Bij oogst werden de uien geteld. De beoordeling vond plaats door het aantal uien op één enkele gezaaide en één dubbel gezaaide lijn te tellen voor 2x 2 lopende meter per object en per herhaling. Het referentieobject werd beoordeeld door een andere teller. De gegevens van het referentieobject werden bijgevolg niet meegenomen in de statistiek. De verse opbrengst was voor de niet-kerende objecten gemiddeld 19,5% lager dan voor de gekeerde objecten (gemiddeld 52,8 vs. 65,6 ton/ha). De beste opbrengst in de niet-kerende objecten werd behaald met de rotoreg normaal ingesteld (54,3 ton/ha).



Figuur 143: Verschillen in groen loof bij oogst. Bovenaan perceel goed droog gewas, pleksgewijs ook betere resultaten, gemiddeld meest uniform bruin loof in referentieobject.

Na het drogen van de uien werd er een sortering uitgevoerd. Bij veel uien werd er vastgesteld dat er dikke halzen waren. Dit wordt vooral veroorzaakt door sterke vegetatieve ontwikkeling bij slechte kiemomstandigheden. Hoe hoger de plantafstand hoe meer dikke halzen. Bij de niet-kerende objecten waar er minder uien geteld werden was er een groter aantal. Uien met een dikke Hals drogen slecht uit en zorgen voor slechte bewaring met meer kans op bewaarziektes, daarom werden deze bij afval gesorteerd. Binnen de niet-kerende objecten is er meer variatie in de sortering. Bij het referentieobject van de teler werden ook vrij veel grote(80+) sorteringen gevonden.



Figuur 144: Relatief aandeel van de verschillende groottes in de uien. Onder afval vallen vooral uien met dikke halzen.

8.6 Besluit gewassenmerken (PCG)

De opbrengst en opkomst in de percelen die niet kerend bewerkt werden is trager en lager. Alle proefobjecten geploegd of niet kerend liepen achter in vergelijking met de referentie van de teler (94% opkomst begin juni 2016 tegenover gemiddeld 65 en 25% voor respectievelijk de geploegde en de niet-gekeerde objecten). Het verschil was de instelling van de rotoreg op de zaaimachine. In het referentieobject werd deze diep ingesteld en bij de ander objecten ondiep. Door de ruwheid van het zaai-bed en de slechte kiemomstandigheden is in heel de proef een onregelmatige afrijping. Bij oogst zijn er veel groene plekken en niet gestreken uien in de proef.

De onkruiddruk is in het proefperceel pleksgewijs groot. Bij het referentieobject van de teler werd er mechanische onkruidbestrijding uitgevoerd op 15 juli 2016. Het kan interessant zijn in de toekomst de effecten hiervan op erosie ook te meten. In biologische teelt van aardappelen is schoffelen toegelaten als alternatief voor drempels, misschien kan dit bij uien ook onderzocht worden.

De proef kreeg uitzonderlijke hoeveelheden regen te verwerken op korte tijd in juni 2016. Hierdoor waren alle objecten onderhevig aan erosie. De waargenomen verslemping van de bovenste fijne laag was wel hoogst in de objecten waar de rotoreg werd ingezet als zaai-bedbereiding. Hoe intensiever de rotoreg werd toegepast hoe meer verslemping.

Grotere oogstresten op het perceel behouden kan ook naar erosie een oplossing vormen, maar voor uien zorgt dit voor te veel verstoring van het zaaibed. Tussen de rijen en in de bandensporen zijn er nog wel mogelijkheden om erosie te voorkomen.

De verse opbrengst was voor de niet-kerende objecten gemiddeld 19,5% lager dan voor de gekeerde objecten (gemiddeld 52,8 vs. 65,6 ton/ha). De beste opbrengst in de niet-kerende objecten werd behaald met de rotoeg normaal ingesteld (54,3 ton/ha).

Omwille van de slechte beginontwikkeling werden in het veld veel uien met dikke halzen teruggevonden. De vegetatieve ontwikkeling van de hals is te sterk door de slechte start en de uien strijken hierdoor slecht, drogen niet goed uit en zijn vatbaarder voor bewaarziektes. Door de lagere opkomst zijn er ook meer grote sorteringen terug te vinden in de niet-kerende objecten. Naar bewaring toe zijn deze uien ook niet gewenst.

8.7 Bodembedkking en bodemruwheid net na zaai (5 mei 2016) (ILVO)

8.7.1 Bodembedkking

Erosie kan voorkomen worden door het bodemoppervlak voldoende te bedekken met gewasresten die de kracht van inslaand en afstromend water temperen zodat het water beter kan infiltreren. Indien het bodembedkkingspercentage verhoogt is dit dus positief ter voorkoming van erosie.

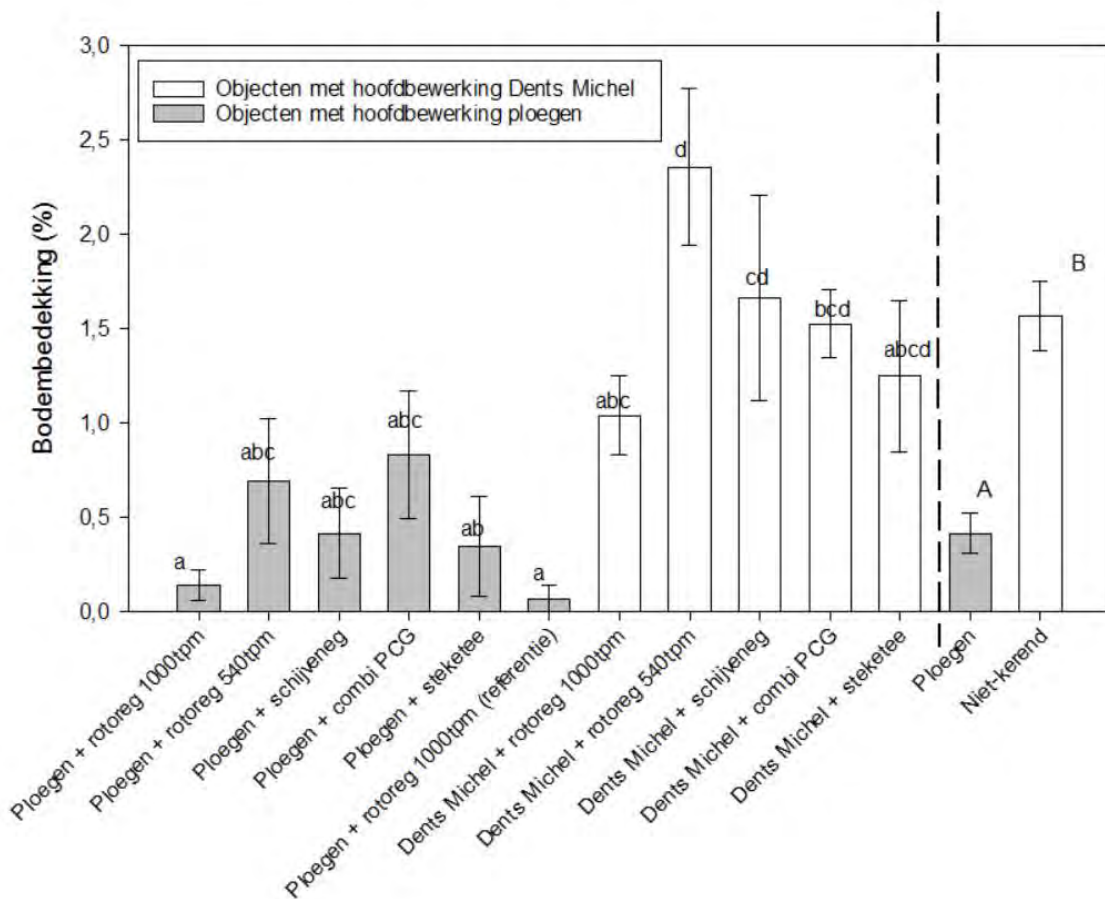
Direct na de zaai werd op 5 mei de bodembedkking bepaald, aan de hand van tellingen. Hierbij werd een foto van 1 m op 1 m genomen van het bodemoppervlak, aan de hand van een kader. Op dit kader werden zowel in horizontale als verticale richting lijnen getrokken om de 5 cm. Er werd geteld hoeveel snijpunten tussen een horizontale en verticale lijn samen vallen met een stukje gewasrest. Door dit procentueel uit te drukken kan een bedekkingsgraad van het bodemoppervlak worden berekend (Figuur 145). Er werd een waarneming gedaan in alle objecten. De observatie werd uitgevoerd in de 4 blokken.



Figuur 145: Enkele voorbeelden van de bodembedkking op 5 mei 2016. Links een foto van object 6 (Ploegen referentie + rotoeg 1000tpm) met 0% bedekking, in het midden een foto van object 12 (Dents Michel + rotoeg 540tpm) met 2,8% bedekking en rechts een foto van object 13 (Dents Michel + schijveneg) met 3% bedekking. Het kader in de foto's is 1 m x 1 m.

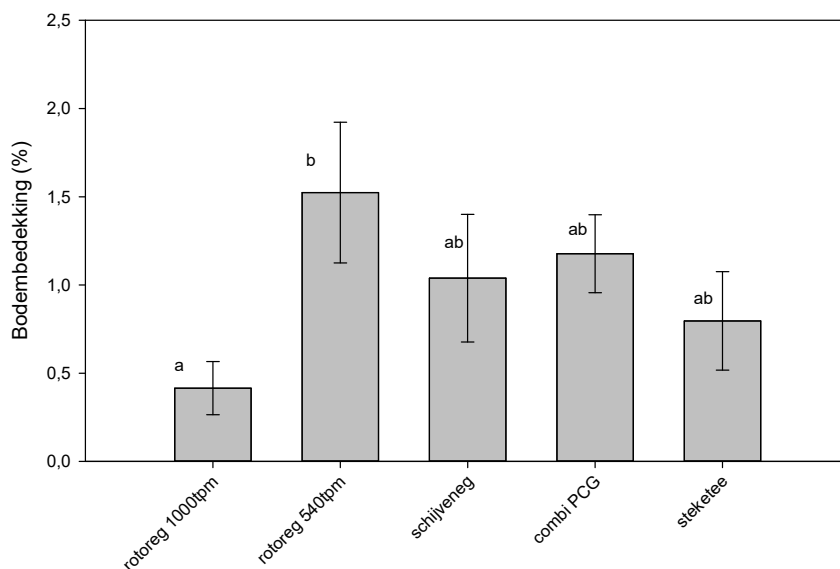
In Figuur 146 wordt het percentage bodembedkking van de verschillende behandelingen weergegeven. In alle objecten was de bodembedkking erg laag (minder dan 3%). Doordat de groenbemester reeds vroeg in het voorjaar (begin maart) werd vernietigd door te klepelen, was de hoeveelheid gewasresten heel beperkt bij de start van de proef. Door de daarop volgende bodembewerking en zaaibedbereiding werden de weinige gewasresten ook verder ingewerkt. Toch waren er een aantal statisch significante verschillen tussen de behandelingen ($p < 0,05$) (Figuur 146). Bij object 6 (Ploegen + rotoeg 1000tpm, diep ingesteld; referentie) en object 1 (Ploegen + rotoeg 1000tpm) was de bodembedkking het laagste en bij object 12 (Dents Michel + rotoeg 540tpm) bleven het meeste gewasresten aan het bodemoppervlak.

De factoren hoofdbodem bewerking en zaaibed bereiding werden uit elkaar gehaald en ook statistisch getest. Uit Figuur 146 blijkt dat, zoals verwacht, alle objecten die met de Dents Michel werden bewerkt, een significant hogere bodembedekking hadden dan de geploegde objecten ($p < 0,05$).



Figuur 146: Gemiddelde bodembedekking (\pm standaardfout, $n=4$) voor alle objecten. (links van de stippellijn) en voor de factor hoofdbodem bewerking (rechts van de stippellijn). Behandelingen aangeduid met een verschillende letter zijn significant verschillend van elkaar (Tukey HSD, $p < 0,05$). Een kleine letter duidt op de significante verschillen tussen de objecten onderling, een hoofdletter op de significante verschillen tussen alle geploegde objecten en alle objecten bewerkt met Dents Michel.

In Figuur 147 wordt het effect van de factor zaaibed bereiding weergegeven. Hieruit blijkt dat er een significant hogere bodembedekking is bij het gebruik van een rotoreg aan 540tpm, ten opzichte van 1000tpm. Alle andere zaaibed bereidingen bevinden zich daar tussenin.



Figuur 147: Gemiddelde bodembedekking (\pm standaardfout, $n=4$) voor de factor zaaibedbereiding. Behandelingen aangeduid met een verschillende letter zijn significant verschillend van elkaar (Tukey HSD, $p<0,05$).

8.7.2 Bodemruwheid

Naast door gewasresten aan het bodemoppervlak kan erosie ook verlaagd worden door het bodemoppervlak ruwer te leggen. Een ruwer bodemoppervlak verslemt minder snel en vertraagt afstromend water. De microkultjes in het bodemoppervlak treden ook op als minuscule opvang van afstromend water en sediment.

De visuele beoordeling ter plaatse gaf de indruk dat de referentie (Ploegen + rotoreg 1000tpm diep ingesteld) duidelijk fijner lag dan alle andere objecten. Dit geeft aan dat de diepte van instelling van de rotoreg ook belangrijk is voor de ruwheid van de zaaibedbereiding. Dit wordt geïllustreerd met de orthogonale foto's die van het bodemoppervlak werden genomen (Figuur 148).



Ploegen + rotoeg 1000tpm
(referentie)



Ploegen + rotoeg 1000tpm



Ploegen + rotoeg 540tpm



Ploegen + schijveneg



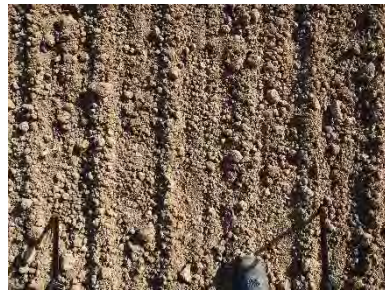
Ploegen + combi PCG



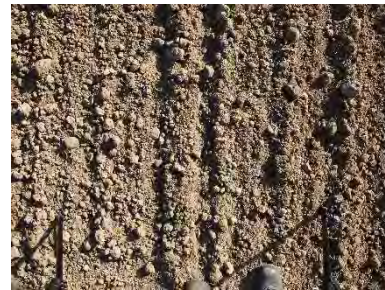
Ploegen + steketee



Dents Michel + rotoeg 1000tpm



Dents Michel + rotoeg 540tpm



Dents Michel + schijveneg



Dents Michel + combi PCG



Dents Michel + steketee

Figuur 148: Orthogonale foto's van bodemoppervlak van alle objecten in blok 1, genomen op 5 mei 2016.

De ruwheid van het bodemoppervlak is visueel goed in te schatten, maar een score is niet altijd objectief. Daarom werd hier gebruik gemaakt van een pinmeter (Figuur 149; KU Leuven; Langhans et al., 2011¹) en beeldverwerking met het programma ImageJ om de parameters 'random roughness' en 'turtuosity' op te meten. De random roughness is uitgedrukt in mm en geeft aan in welke mate de posities op het bodemoppervlak verticaal van een perfect rechte lijn (gemiddeld) afwijken. De turtuosity heeft geen eenheid en geeft de afstand aan tussen een punt A en een punt B aan het bodemoppervlak indien men het (micro)reliëf van het bodemoppervlak zou volgen, in plaats van in 1 rechte lijn van punt A naar punt B te gaan. Bij een turtuosity van bv. 1,4 en een afstand van 1 m tussen punt A en punt B, zal men 1,4 m moeten afleggen indien het bodemoppervlak wordt gevolgd. Wanneer het bodemoppervlak perfect vlak is, liggen alle zwarte punten op 1 lijn en is er geen ruwheid. De random roughness is dan 0 mm en de turtuosity is gelijk aan 1. Hoe hoger beide waarden, hoe ruwer het oppervlak.

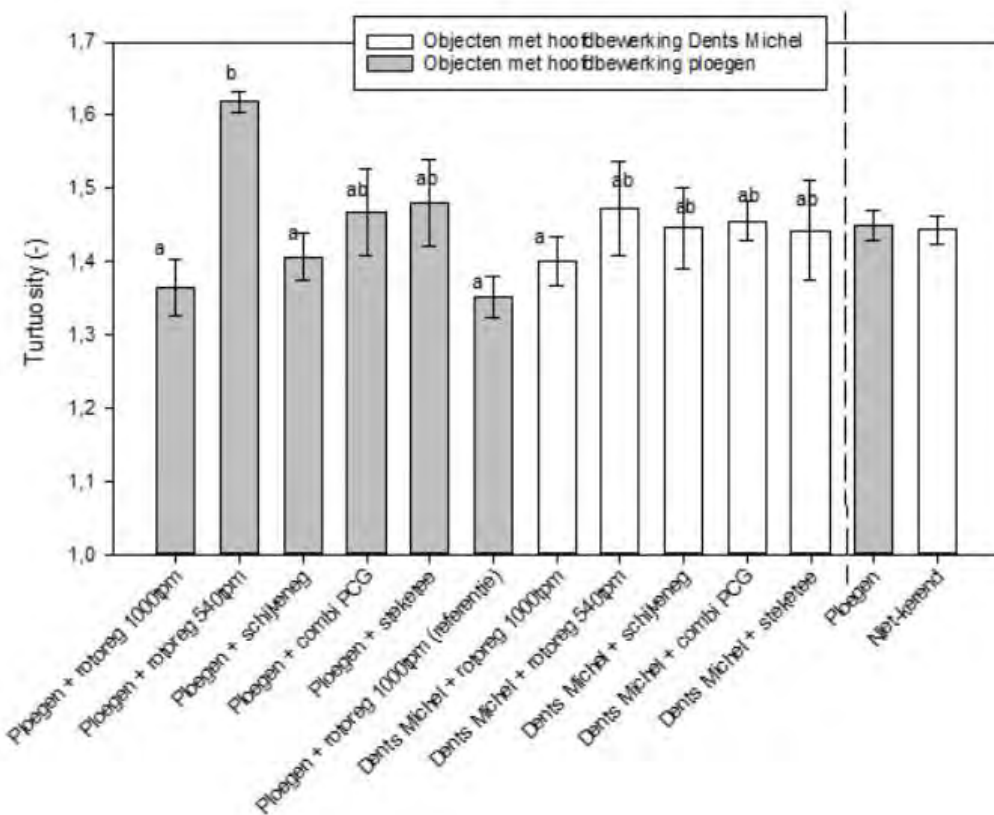
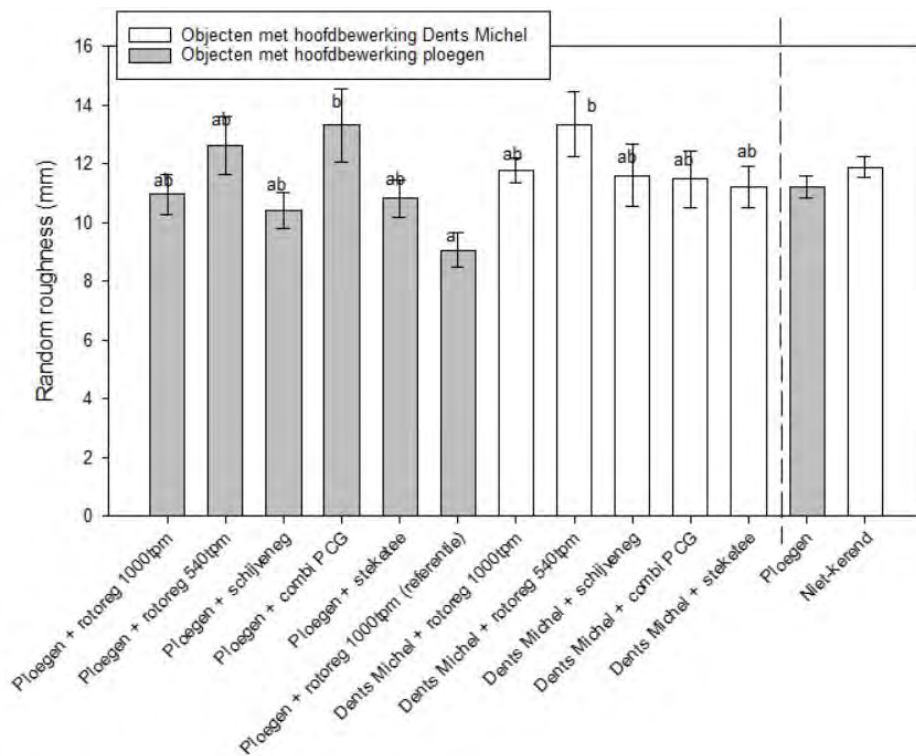
De pinmeter bestaat uit een bord met staafjes die we laten zakken tot het bodemoppervlak. Bovenaan het staafje is een zwart plastic hoesje bevestigd. Door een foto te nemen van de positie van deze zwarte punten op een witte achtergrond en de nodige beeldcorrecties uit te voeren, kan via ImageJ een berekening gemaakt worden van de individuele positie van ieder zwart punt en dus ieder punt op het bodemoppervlak ten opzichte van elkaar. Op basis van deze posities worden 'random roughness' en 'turtuosity' uitgerekend.



Figuur 149: Zicht op de pinmeter in object 14 (Dents Michel + combi PCG), blok 1.

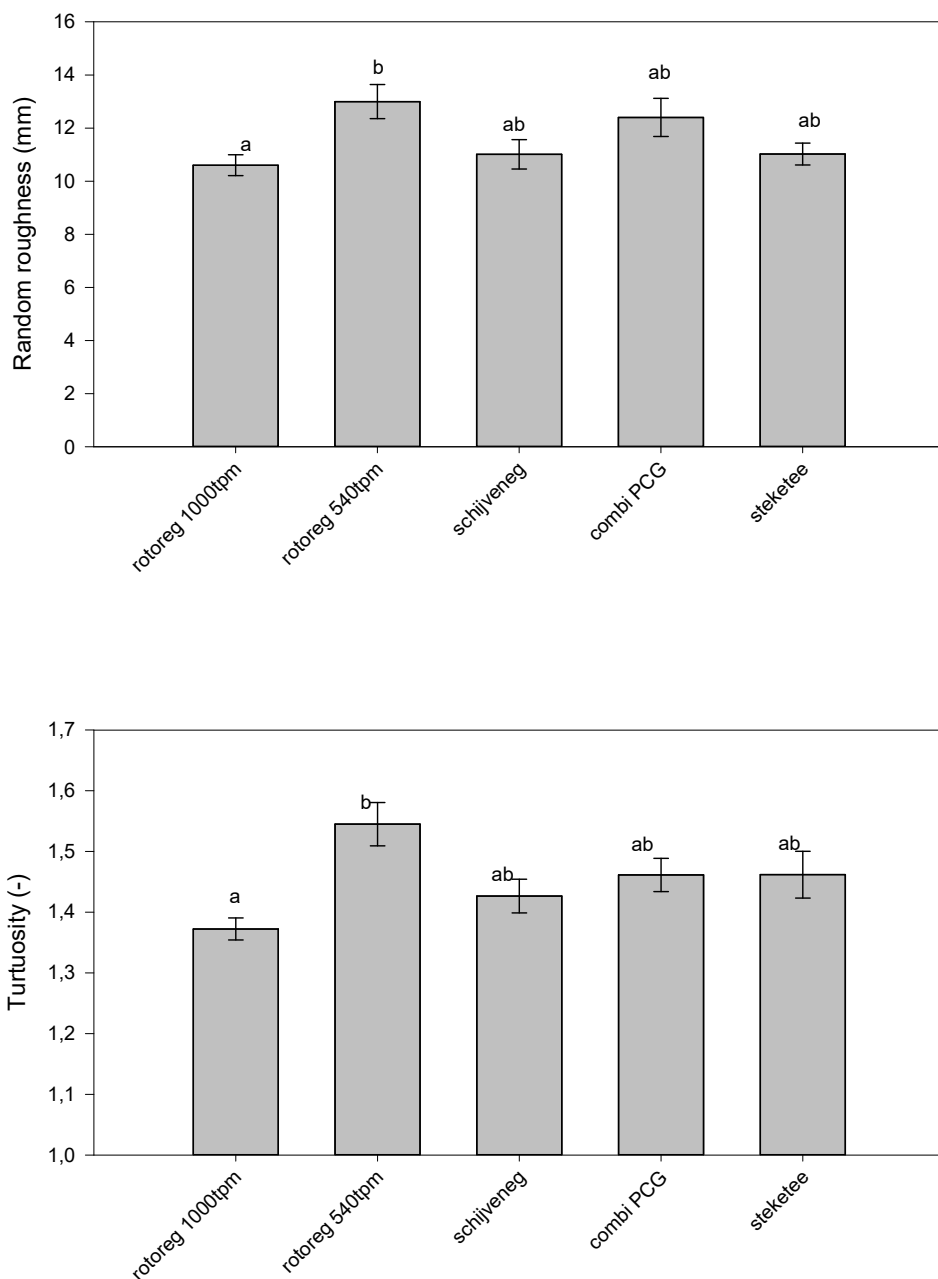
In Figuur 150 wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde 'random roughness' en 'turtuosity' van het bodemoppervlak per object. De hoogste 'random roughness' wordt bereikt in objecten ploegen + combi PCG en Dents Michel + rotoereg 540tpm. In deze objecten is de 'random roughness' significant hoger dan bij de geploegde referentie. De parameter 'turtuosity' geeft echter andere verschillen aan tussen de objecten. Er werd voor beide parameters geen significant verschil tussen ploegen en niet-kerende bodembewerking waargenomen (Figuur 150).

¹ Langhans, C., Govers, G., Diels, J., Leys, A., Clymans, W., Van den Putte, A., Valckx, J., 2011. Experimental rainfall-runoff data: Reconsidering the concept of infiltration capacity. *Journal of Hydrology* 399: 255-262



Figuur 150: Gemiddelde 'random roughness' (\pm standaardfout, $n=6$) (boven) en gemiddelde 'turtuosity' (\pm standaardfout, $n=6$) (onder) voor alle objecten. (links van de stippellijn) en voor de factor bodembewerking (rechts van de stippellijn). Behandelingen aangeduid met een verschillende letter zijn significant verschillend van elkaar (Tukey HSD, $p < 0,05$). Er waren geen significante verschillen in 'Random roughness' en 'turtuosity' voor de factor hoofdbodembewerking.

De factor zaaibedbereiding heeft wel een effect op de bodemruwheid (Figuur 151). Het instellen van de rotopeg op 1000tpm geeft een significant lagere bodemruwheid, dan het instellen van de rotopeg op 540tpm. De combi PCG; steketeer en schijveneg liggen daar tussenin.



Figuur 151: Gemiddelde 'random roughness' (\pm standaardfout) (boven) en gemiddelde 'turtuosity' (\pm standaardfout) (onder) voor de factor zaaibedbereiding. Behandelingen aangeduid met een verschillende letter zijn significant verschillend van elkaar (Tukey HSD, $p < 0,05$).

8.7.3 Besluit observaties bodemoppervlak

De hoofdbodembewerking en de zaaibedbereiding hadden een duidelijk effect op de bodembedekking met gewasresten. Bij niet-kerende bodembewerking was de bodembedekking hoger dan bij ploegen. Ook door de rotores in te stellen op 540tpm worden meer gewasresten aan de oppervlakte gehouden. De hoeveelheid bodembedekking was door de vroege vernietiging van de groenbemester en de bodembewerking echter zo klein, dat het effect op erosie waarschijnlijk nihil is.

Bij het onderling vergelijken van alle behandelingen bleek dat de geploegde referentie (rotoreg 1000tpm, diep afgesteld) het minst ruw lag. Deze geploegde referentie buiten beschouwing gelaten, was er geen meetbaar verschil in ruwheid tussen ploegen en niet-kerende bodembewerking. Wel waren er verschillen tussen de zaaibedbereidingen. Op basis van de metingen met de pinmeter, veroorzaakt een rotores ingesteld op 540tpm een significant hogere ruwheid dan met een instelling van 1000tpm.

8.8 Erosiesimulaties op 9-10 juni 2016 (ILVO)

Om het effect van de behandelingen op run-off en erosie objectief te testen, werden op 9 en 10 juni 2016 erosiesimulaties uitgevoerd met de simulator van KU Leuven (Leys et al., 2007¹). Er werden 6 simulaties uitgevoerd met een (extreem hoge) gemiddelde regenintensiteit van 141 l/m².h (sproeikop Lechler 461 008): 2 simulaties in object 3 (Ploegen + schijveneg), 2 simulaties in object 6 (Ploegen + rotores 1000tpm; referentie) en 2 simulaties in object 13 (Dents Michel + schijveneg). Bij deze hoge neerslagintensiteit werd danig veel erosie opgewekt, dat er geen enkel onderscheid kon gemaakt worden tussen de objecten. De resultaten worden hier ook niet gerapporteerd. Er werden nog eens 6 simulaties in dezelfde objecten uitgevoerd met een lagere gemiddelde neerslagintensiteit (35 l/m².h in 60 minuten; sproeikop Lechler 460 788) die in de range ligt voor wat realistisch is voor hoge neerslagintensiteit in België. De helling in de erosieveldjes was weinig verschillend tussen de simulaties en schommelde tussen 12,0 en 14,5%. Het organisch koolstofgehalte van de toplaag (0-5 cm) bedroeg gemiddeld 0,97%. Voor iedere simulatie werd een erosieveldje van ca. 0,8 m x 0,8 m afgebakend. De veldjes omvatten in de breedte 6 rijen zaaiui. Deze beregeningen gebeurden t met regenwater omdat leidingwater of putwater dikwijls teveel kalk bevat die het bodemoppervlak stabiliseert. Tijdens het beregenen werd de run-off per tijdseenheid opgetekend. Door stalen te nemen voor sedimentbepaling, kan achteraf in het labo ook de cumulatieve hoeveelheid erosie worden bepaald. Zowel run-off als cumulatieve erosie worden uitgezet tegen hoeveelheid neerslag (zie verder).

Voor en na elke simulatie werd een bodemvochtstaal genomen. In Tabel 37 wordt het gravimetrisch en volumetrisch vochtgehalte en de bulkdensiteit van de toplaag (0-5 cm) van het bodemprofiel, voor en na de simulatie weergegeven voor de herhalingen samen. Voor deze bepalingen werd gebruik gemaakt van kopecky ringen. Ondanks de natte junimaand, kon het bodemoppervlak in deze proef goed opdrogen in de dagen voor de regensimulatie. Tussen de verschillende behandelingen werden in de toplaag geen verschillen in vochtgehalte vastgesteld, zowel voor als na de regensimulaties. De bulkdensiteit was in de toplaag iets hoger (niet significant) voor object 6 (Ploegen + rotores 1000tpm, referentie) dan bij de andere 2 objecten. Door de intensievere bodembewerking werd de grond fijner gelegd (zie bodemruwheid), waren minder kluiten aanwezig en was er vermoedelijk dus ook een kleiner volume luchtholtes in de toplaag.

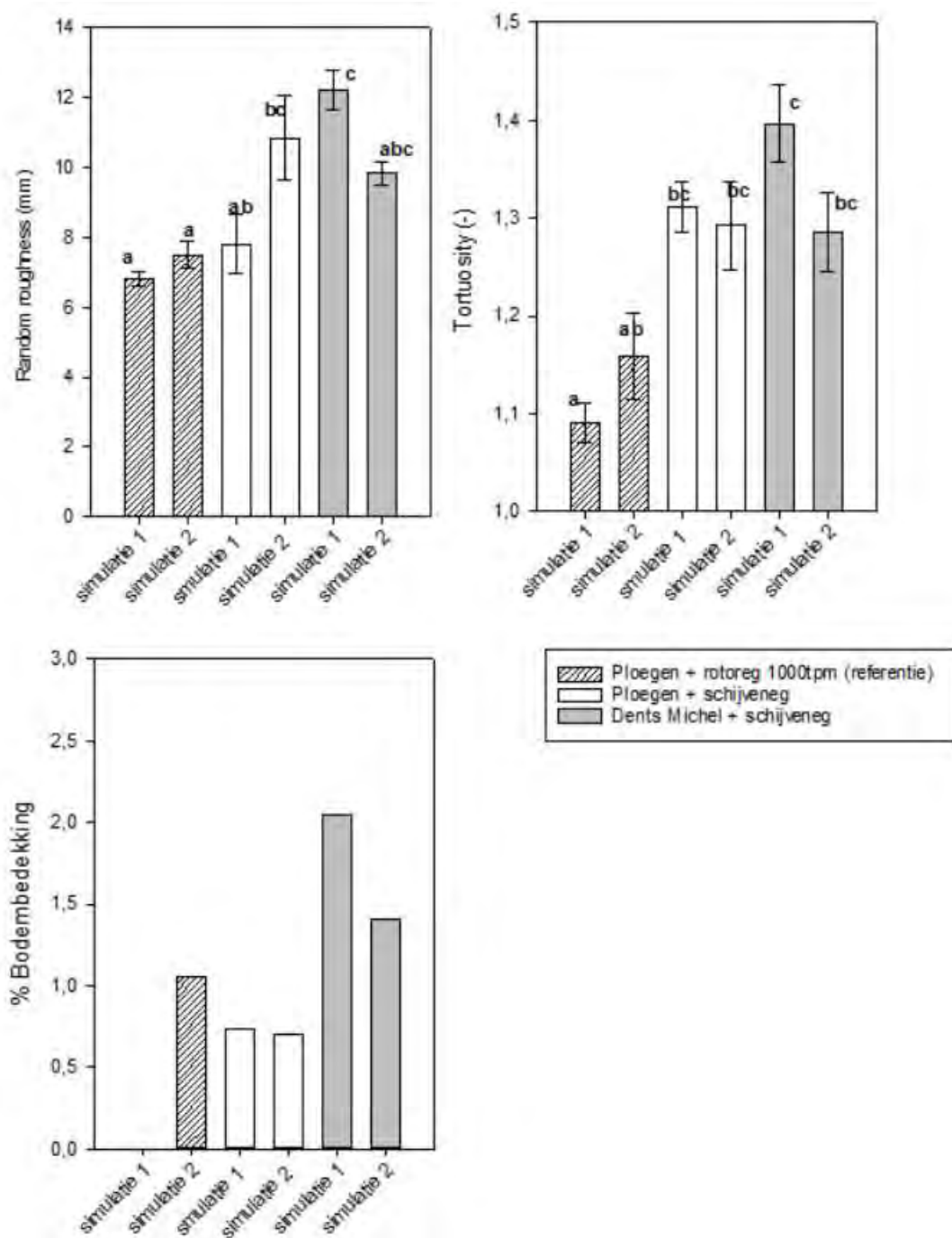
¹ Leys, A., Govers, G., Gillijns, K., Poesen, J. 2007. Conservation tillage on loamy soils: explaining the variability in interrill runoff and erosion reduction. *European Journal of Soil Science* 58: 1425-1436

Tabel 37: Overzicht van het gemiddelde gravimetrisch en volumetrisch vochtgehalte en de bulkdensiteit (\pm standaardfout) van de toplaag (0-5 cm) van het bodemprofiel, voor en na de simulatie voor alle herhalingen (voor: n=2, na: n=6) samen.

	Gravimetrisch vochtgehalte (g/g)		Volumetrisch vochtgehalte (g/cm ³)		Bulkdensiteit (kg/dm ³)	
	voor	na	voor	na	voor	na
Object 6 - referentie Ploegen + rotoreg 1000tpm	0,15 \pm 0,01	0,27 \pm 0,02	0,20 \pm 0,01	0,35 \pm 0,01	1,34 \pm 0,08	1,30 \pm 0,01
Object 3 Ploegen + schijveneg	0,15 \pm 0,01	0,30 \pm 0,01	0,20 \pm 0,01	0,37 \pm 0,01	1,29 \pm 0,03	1,25 \pm 0,04
Object 13 Dents Michel + schijveneg	0,15 \pm 0,01	0,30 \pm 0,01	0,18 \pm 0,01	0,38 \pm 0,02	1,24 \pm 0,03	1,26 \pm 0,02

8.8.1 Bodembedekking en bodemruwheid

Vlak voor aanvang van de erosiesimulaties werd de bodemruwheid 3x opgemeten per erosieveldje. Vlak na zaai waren de 3 objecten die in de erosiesimulaties werden opgenomen, niet verschillend van elkaar qua bodemruwheid (zie eerder). Figuur 152 toont dat ruim een maand later wel verschil in 'random roughness' en 'turtuosity' wordt vastgesteld. De bodemruwheid is het hoogste in het object met Dents Michel + schijveneg en het laagste in het referentieobject. Dit is ook visueel zichtbaar. Met enkele foto's van het bodemoppervlak van de erosieveldjes wordt dit geïllustreerd in Figuur 153.



Figuur 152: Gemiddelde random roughness, turtuosity en bodembedekking (\pm standaardfout) van de erosieveldjes, vlak voor de erosiesimulatie.



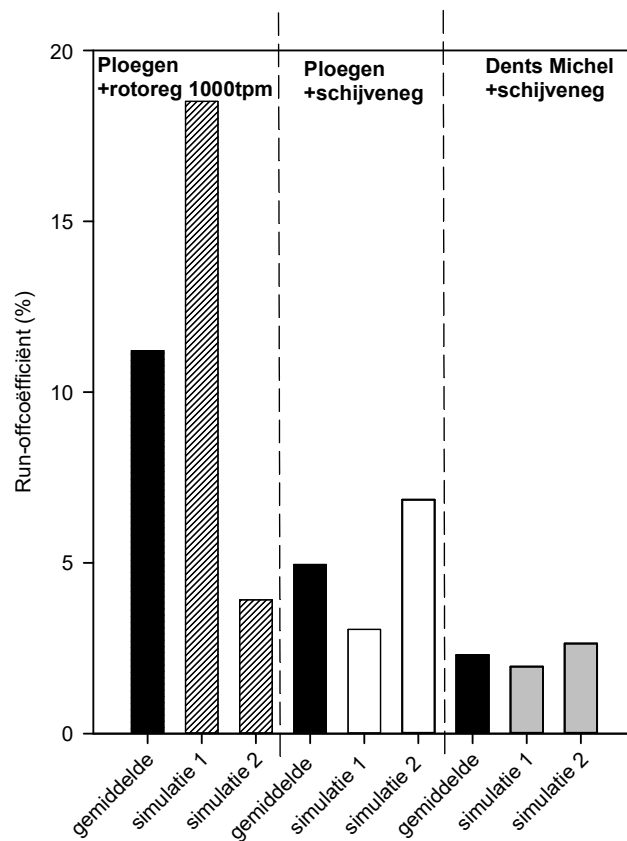
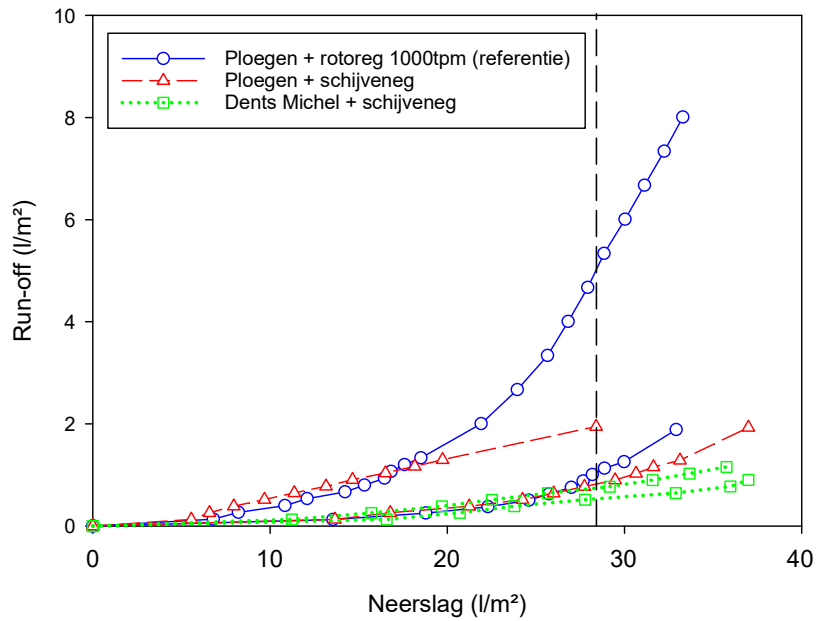
Figuur 153: Foto van het bodemoppervlak van de erosieveldjes van de 2^e simulatie van objecten Ploegen + rotoeg 1000tpm (referentie) (links), Ploegen + schijveneg (midden) en Dents Michel + schijveneg (rechts).

Voor aanvang van de erosiesimulatie werd ook de bodembedekking met gewasresten bepaald in de erosieveldjes. Deze was groter in het object Dents Michel + schijveneg, ten opzichte van de andere 2 objecten (Figuur 152), maar zoals in Figuur 153 goed zichtbaar is, is de bodembedekking zo beperkt dat dit vermoedelijk weinig effect heeft op run-off of erosie.

8.8.2 Run-off

Omdat bij de verschillende simulaties niet exact dezelfde tijdsperiode werd berekend en omdat de neerslagintensiteit licht schommelt tussen de simulatie, waren er ook beperkte verschillen in de totale hoeveelheid neerslag die per oppervlakte-eenheid op de bodem terecht kwam. Om dit op te vangen wordt de run-offcoëfficiënt en totale cumulatieve erosie niet berekend voor het einde van de simulaties, maar voor een berekening van 29 l/m². Dit komt overeen met de totale hoeveelheid neerslag die werd berekend bij de simulatie waarbij het minste neerslag werd gesimuleerd. In de bovenste grafiek van Figuur 154 wordt dit geïllustreerd met de stippellijn.

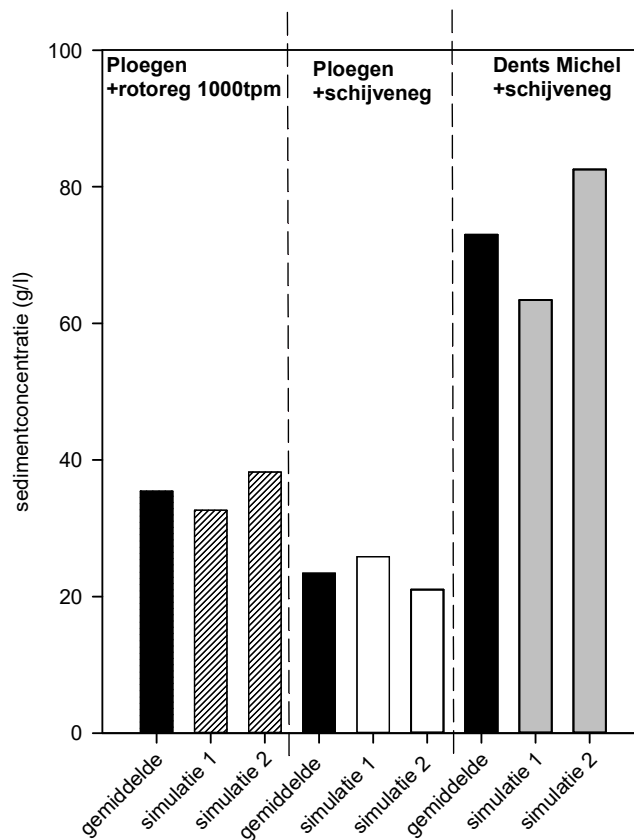
Uit Figuur 154 blijkt dat de gemiddelde run-off voor het referentieobject Ploegen + rotoeg 1000tpm ± 12%, voor het object ploegen + schijveneg ±5% en voor het object Dents Michel + schijveneg <5% bedraagt. Het ruwer leggen van het zaai-bed heeft dus ogenschijnlijk bijna evenveel effect op het verhinderen van afstromend water, dan de hoofdbodembewerking. Er dient hierbij wel opgemerkt te worden dat slechts in 1 van de 2 simulaties van het referentieobject, een duidelijk hogere run-offcoëfficiënt werd vastgesteld in vergelijking met de andere objecten. In de 2^e simulatie van het referentieobject was de run-off vergelijkbaar met deze van de andere objecten.



Figuur 154: Verloop van de run-off in functie van de neerslag (boven). De stippellijn geeft hier aan welk referentiepunt werd genomen om de run-offcoëfficiënt te berekenen (29 l/m²). De run-offcoëfficiënt wordt per simulatie in de onderste grafiek weergegeven.

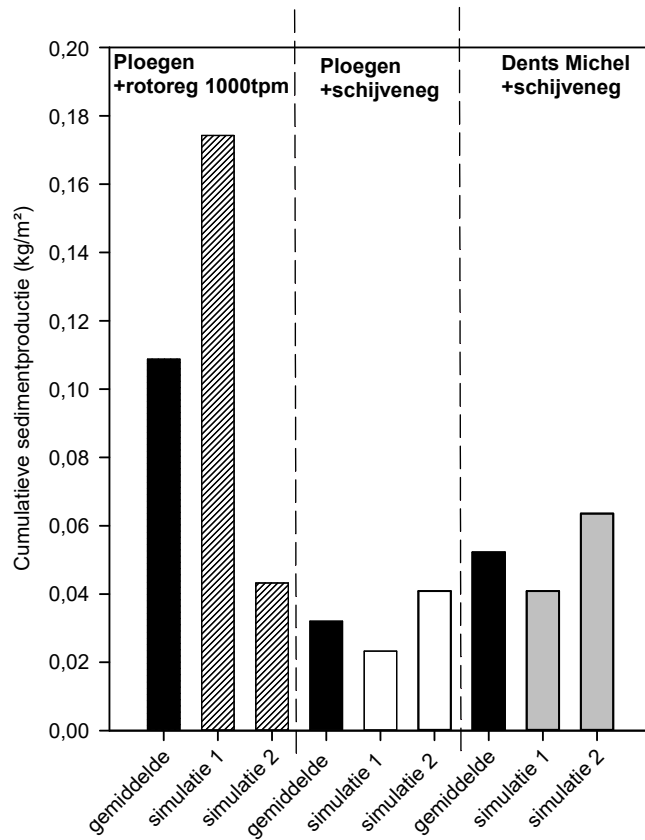
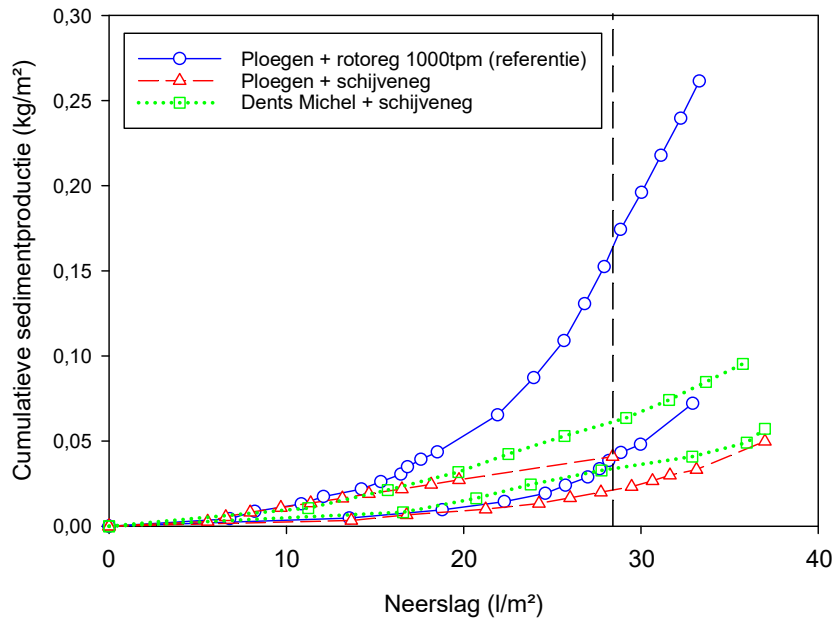
8.8.3 Sedimentconcentratie en concentratie

In Figuur 155 worden de sedimentconcentraties weergegeven voor de verschillende simulaties. De sedimentconcentraties geven een vrij onverwacht beeld. In het object Ploegen + schijveneg is de sedimentconcentratie lager dan in het referentieobject Ploegen + rotoreg 1000tpm. Dit geeft aan dat door het zaaibed ruwer te leggen, minder sediment wordt meegesleurd door het oppervlakkig afstromende water. Het object met de Dents Michel + schijveneg, dat nog iets ruwer ligt en een kleine hoeveelheid gewasresten heeft aan het bodemoppervlak, resulteert in run-offwater met een dubbel zo hoge sedimentconcentratie. De reden hiervoor is niet bekend.



Figuur 155: Overzicht van de gemiddelde sedimentconcentratie in het run-off water per simulatie.

Net zoals bij bepaling van de run-offcoëfficiënt heeft het verschil in berekeningstijd ook een effect op de totale hoeveelheid cumulatieve erosie die van het erosieveldje afkomt. Daarom werd ook de totale cumulatieve sedimentproductie berekend op basis van de erosie die werd opgemeten na 29 l/m berekening. Uit Figuur 156 blijkt dat de totale cumulatieve sedimentproductie gemiddeld het hoogst is bij het referentieobject ploegen + 1000tpm, gevolgd door Dents Michel + schijveneg en het laagst bij ploegen + schijveneg. De hogere waarden voor Dents Michel + schijveneg ten opzichte van ploegen + schijveneg zijn toe te schrijven aan de hoge sedimentconcentraties.



Figuur 156: Verloop van de erosie in functie van de neerslag (boven). De stippellijn geeft hier aan welk referentiepunt werd genomen om de totale cumulatieve sedimentproductie te berekenen (29 l/m²). De totale cumulatieve sedimentproductie wordt per simulatie in de onderste grafiek weergegeven.

8.8.4 Besluit erosiesimulaties

De erosiesimulaties geven aan dat het ruwer leggen van het zaaibed aanleiding geeft tot een lager risico op run-off en erosie. Dit zowel na ploegen als na niet-kerende bodembewerking. De sedimentconcentratie in oppervlakkig afstromend water was echter een heel stuk groter bij het object met de niet-kerende bodembewerking (Dents michel + schijveneg). Dat in dit object in totaal minder erosie was dan in het referentieobject (Ploegen + rotoeg 1000tpm), is dus louter te wijten aan een lagere hoeveelheid oppervlakkig afstromend water.

Van de 2 erosiesimulaties in de referentiebehandeling (Ploegen + rotoeg 1000tpm), leidde slechts 1 simulatie tot een sterk hogere run-off en cumulatieve sedimentproductie. Bij de andere simulatie was de run-off en sedimentproductie niet hoger dan bij de andere objecten. Dit betekent dat de erosie niet per definitie hoger is in de referentie, maar dat de kans op erosie wel hoger is. Een belangrijke nuance. Meer metingen op meerdere percelen zijn noodzakelijk om meer sluitende conclusies te kunnen trekken over het effect van bodemruwheid op run-off en erosie.

9 Broccoli Heuvelland: niet-kerende bodembewerking, strip-till en tijdstip vernietiging gras

Tomas Van De Sande (Inagro)

9.1 Doelstelling van de veldproef

Brongerichte erosiebestrijding kan er op gericht zijn zoveel mogelijk gewasresten achter te laten en/of de bodem zo ruw mogelijk te leggen zodat de kracht van inslaand en afstromend water wordt gebroken. Daarom werd in deze proef de volledige plantbedbereiding voor broccoli herdacht. Verschillende plantbedbereidingen die zoveel mogelijk organisch materiaal aan de oppervlakte van het perceel lieten liggen of een zo ruw mogelijk plantbed zouden achterlaten werden uitgevoerd. De compatibiliteit van deze maatregelen met de teelt van broccoli werd daarop onderzocht in een veldproef te Wijtschate (Heuvelland).

9.2 Proefopzet

Vier verschillende stroken werden aangelegd zoals gegeven in Tabel 38. Elk van deze 4 stroken bestond uit 2 delen. Op een eerste deel werd de aanwezige groenbedekker (Italiaans raaigras) pas kort voor de proefaanleg vernietigd. Op een tweede deel werd de groenbedekker geruime tijd (half maart) voor de proefaanleg doodgespoten. In Figuur 157 wordt een schematische voorstelling gegeven van het proefplan.

Tabel 38 : Overzicht van de uitgevoerde behandelingen

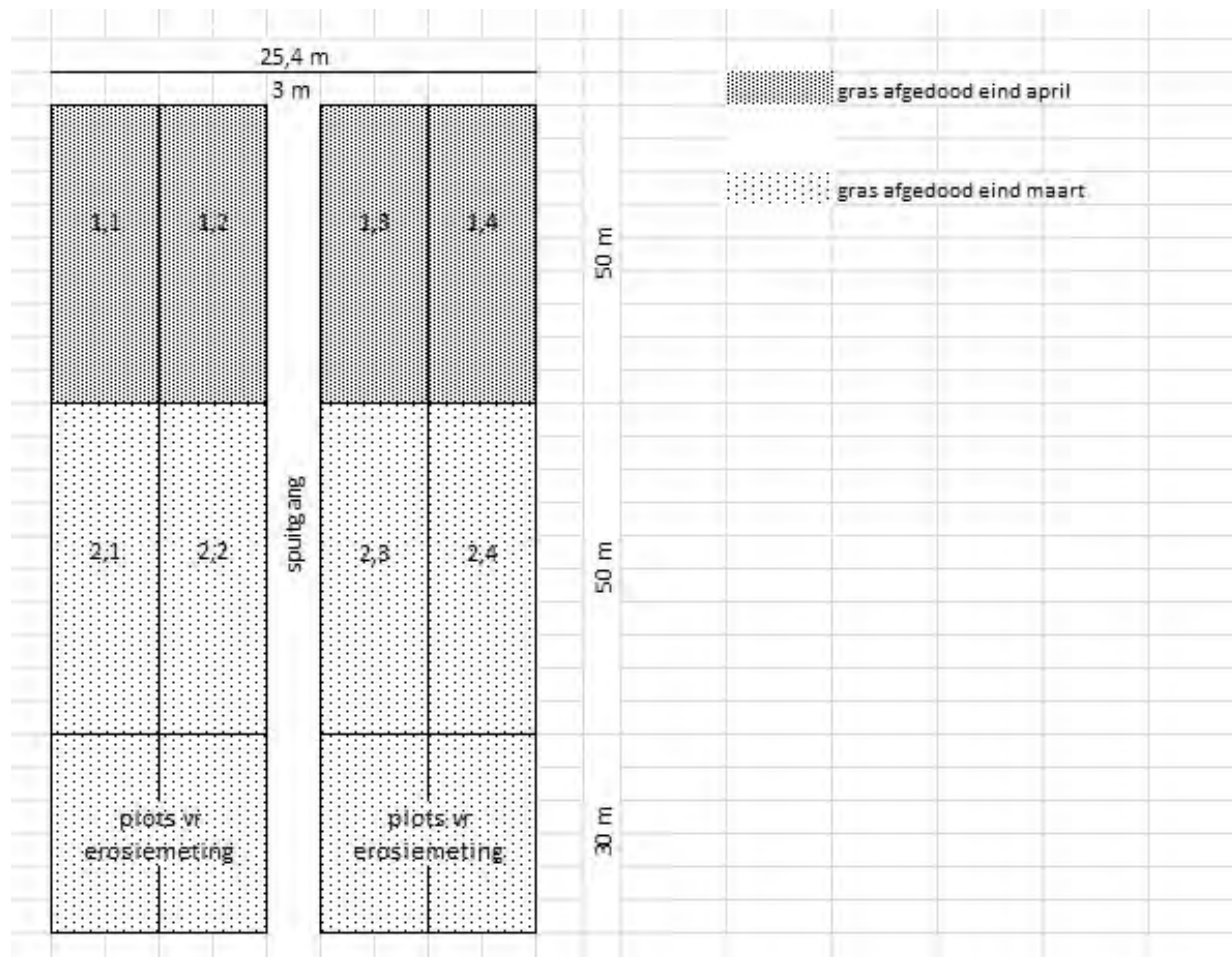
Obj	Vernietiging gras	Diepe bewerking	Oppervlakkige bewerking	Datum aanplant
1.1	Mei	ploegen (30 cm)	rotoreg	28/06/2016
1.2	Mei	dents michel (30 cm)	rotoreg	11/06/2016
1.3	Mei	dents michel (30 cm)	frees	11/06/2016
1.4	Mei	dents michel (30 cm)	strip till (30 cm)	11/06/2016
2.1	Half maart	ploegen (30 cm)	rotoreg	28/06/2016
2.2	Half maart	dents michel (30 cm)	rotoreg	11/06/2016
2.3	Half maart	dents michel (30 cm)	frees	11/06/2016
2.4	Half maart	dents michel (30 cm)	strip till (30 cm)	11/06/2016

Het al dan niet vroeger / later vernietigen van het Italiaans raaigras had een dubbele bedoeling, enerzijds kon onderzocht worden in hoeverre er bij een vroege vernietiging nog voldoende organisch materiaal aanwezig zou zijn om een goede erosiebestrijding te hebben en er bij een late vernietiging niet te veel organisch materiaal aanwezig zou zijn om een vlotte planting toe te laten. Anderzijds kan een goed ontwikkelde groenbedekker in droge jaren te veel water verdampen wat z'n effect zou kunnen hebben op de volgteelt.

Hierbij moet vermeld worden dat het afdoden van de groenbedekker voor proefaanleg niet verliep zoals gepland. Halverwege maart werd het onderste gedeelte van de proef doodgespoten zoals gepland. Op dat ogenblik was het gras reeds vrij goed ontwikkeld. Figuur 158 geeft een beeld van de toestand van het proefperceel, een tweetal weken voor het gras vernietigd werd. Halverwege april zou het resterende stuk van het gras doodgespoten moeten worden. Dat is ook gebeurd, maar op dat ogenblik was het gras al zodanig sterk ontwikkeld dat de toegepaste dosis herbicide onvoldoende bleek. Daarop heeft de teler geprobeerd om de zode oppervlakkig open te trekken met een vaste tandcultivator (diepte van ongeveer 15 cm). Dit gebeurde eind mei.

Kort voor proefaanleg, op 9/06/2016 werd beslist om de zode een tweede maal dood te spuiten door toepassing van 4 l/ha roundup. (tijdens de proef bleek dat ook deze bespuiting onvoldoende was). Figuur

159 toont het proefveld onmiddellijk voor de aanleg van de proef. Bij proefaanleg was het Italiaans raaigras in het laat vernietigde deel onvoldoende verteerd en was nog een stevige zode aanwezig aan de oppervlakte.



Figuur 157: Schematische voorstelling van het proefplan.

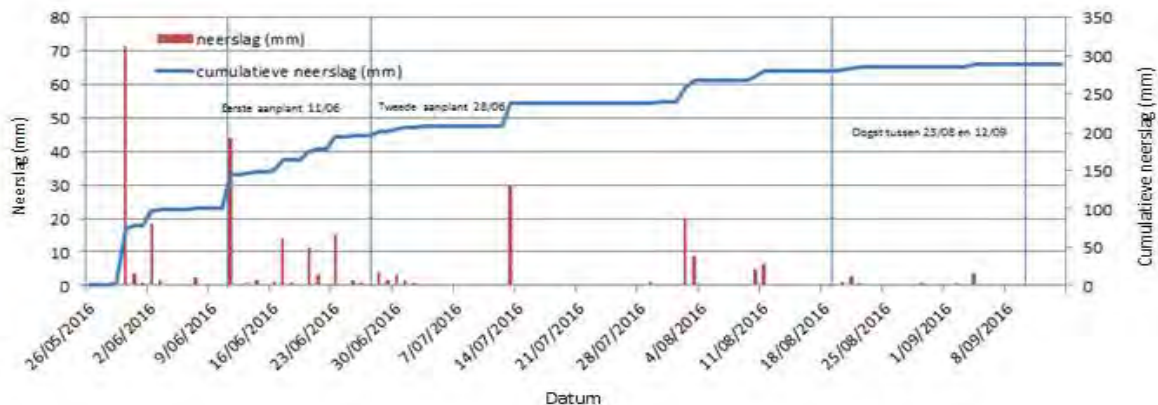


Figuur 158: Toestand van het perceel op 3/03/2016, een tweetal weken voor het doodspuiten van het gras.



Figuur 159: Foto links: overzicht van het proefveld op 11/06/2016, vlak voor de proefaanleg met de laat vernietigde groenbedekker op de voorgrond; Foto rechts: detail van de laat vernietigde groenbedekker.

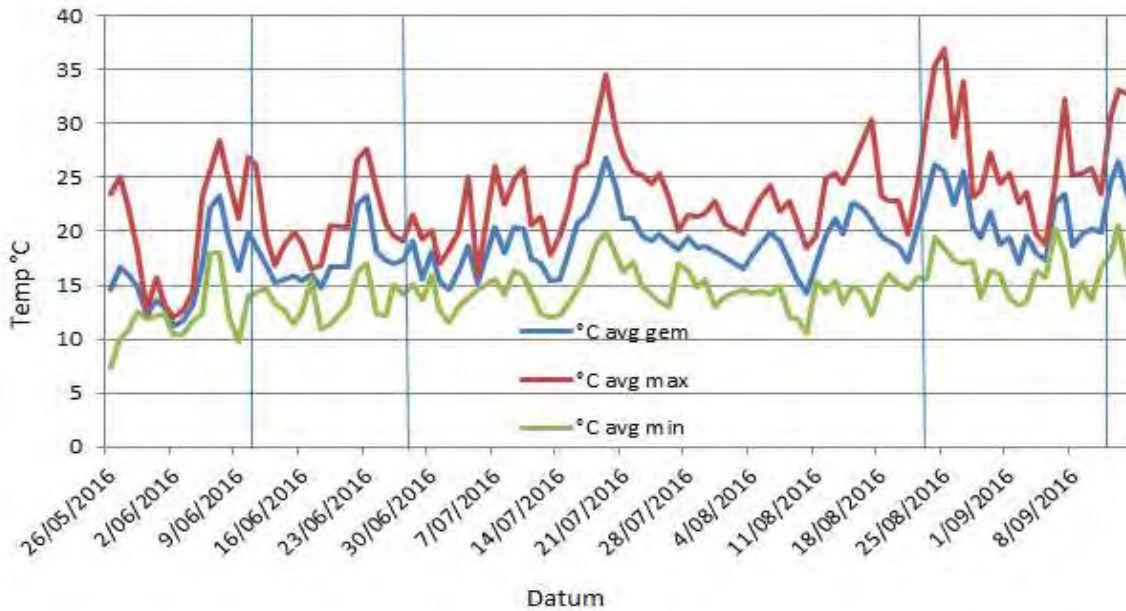
9.3 Weersomstandigheden



Figuur 160: Overzicht van de gevallen neerslag tijdens de proef.

Het voorjaar van 2016 werd gekenmerkt door veel neerslag en een aantal buien met extreme neerslagintensiteit. Op 29/05 viel er op 1 dag meer dan 70 L. Daarna volgden nog enkele buien. Door de bovengemiddeld hoge neerslag, kon niet worden vastgesteld of er te veel water door de groenbedekker werd verdampt. Het blijft dus wel een probleem waarmee men in droge jaren te maken zou kunnen krijgen.

Er werd gewacht met planten tot de omstandigheden voldoende droog waren. Tijdens de teelt van de broccoli's viel voldoende neerslag, zodat de broccoliplanten geen vochtgebrek ervoeren.



Figuur 161 : Minimale, maximale en gemiddelde dagtemperaturen tijdens de proef.

Temperaturen tijdens de proef waren goed voor een vlotte groei. Eind juli en eind augustus/begin september lagen de temperaturen zelfs zeer hoog. Ook de nachttemperaturen bleven hoog waardoor de kolen een vlotte groei kenden.

9.4 Proefaanleg en teeltverloop

De proef werd aangelegd op 11/06/2016. In de voormiddag werd geploegd en werd de diepe grondbewerking met de Dent-Michel uitgevoerd. Daarna werden ook alle oppervlakkige bodembewerkingen uitgevoerd (frozen en rotoreggen). In de namiddag werd de bewerking met de strip-tillmachine uitgevoerd en werd geplant. Op 11/06/2016, rond 17.00 u, nog tijdens de proefaanleg viel er ca. 45 L neerslag op een half uur tijd. Hierdoor moesten de werkzaamheden stilgelegd worden. Op dat ogenblik waren de diepe en ondiepe bewerkingen reeds uitgevoerd. Objecten 2, 3 en 4 waren ook al aangeplant. Object 1 (ploegen + rotoreggen), de referentie moest nog geplant worden. Door de regen, en een aantal vrij stevige buien de weken erop kon deze strook pas geplant worden op 28/06/2016. Voor planten moest opnieuw gerotoregd worden omdat het plantbed door de neerslag verslempd was. Er werd ook besloten om tijdens deze proef geen neerslagsimulaties en erosiemetingen uit te voeren. Door de intensieve neerslag bij aanplant werden de meeste verschillen in ruwheid van het bodemoppervlak genivelleerd. Bovendien was er door de late aanplant van object 1, geen referentie om mee te vergelijken.

Bij aanplant werd tevens een rijenbemesting uitgevoerd aan 135 kg N/ha (500 kg/ha KAS). De verdere N-bemesting tijdens de teelt was voor de rekening van de teler (Bladbespuitingen met Urean).

- Half maart : Doodspuiten gras onderaan de helling
- Half april : Eerste maal doodspuiten gras bovenaan de helling (4 l/ha roundup)
- Eind mei : Opentrekken graszode, vaste tandcultivator, 15 cm diep
- 9/06/2016 : Tweede maal doodspuiten gras bovenaan de helling (4 l/ha roundup)

11/06/2016 : Proefaanleg en aanplant objecten 2,3 en 4.
 28/06/2016 : rotoeggen + aanplant object 1.
 23/08/2016 : Begin oogst
 08/09/2016 : Laatste snijbeurt en infrezen resten broccoli's

Bij aanvang van de proef (11/06/2016) werd het proefperceel ook in 4 kwadranten verdeeld. De opdeling werd als volgt gemaakt: Geploegd + vroeg doodgespoten gras, geploegd + laat doodgespoten gras, niet geploegd + vroeg doodgespoten gras en niet geploegd + laat doodgespoten gras. In elk kwart van het proefveld werd een bodemstaal genomen tot een diepte van 60 cm. Deze stalen werden onderverdeeld in substalen per laag van 10 cm. Op elk substaal werd een bepaling uitgevoerd van het bodemvochtgehalte (% gravimetrisch). Tabel 39 worden de resultaten van de bodemvochtbepaling gegeven. Bij aanvang van de proefaanleg was het perceel voldoende droog om vlot te bewerken.

Tabel 39 : Bodemvochtgehalte (%) bij proefaanleg per bodemlaag van 10 cm.

	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm	50-60 cm
Geploegd + vroeg vernietigd	22,7	22,78	22,26	22,19	23,35	23,10
Geploegd + laat vernietigd	21,58	23,09	22,16	22,13	22,23	21,61
Niet geploegd + vroeg vernietigd	21,69	22,12	22,28	22,27	23,27	22,60
Niet geploegd + laat vernietigd	22,48	23,14	22,90	21,50	21,52	21,73

9.5 Beschrijving perceel

Het perceel met zandleem-textuur kent een ruime vruchtwisseling en wordt frequent bemest met varkensdrijfmest.

Regio: Heuvelland

Bodemtextuur: bovenaan het proefveld : zandleem; onderaan het proefveld : leem (sensorische methode, labo Inagro).

Bodemkaart:

- Bovenaan het proefveld : Aha (Uitgeloopte leem met verbrokkelde ijzer en/of humus horizont).
- Onderaan het proefveld : Ada (Uitgeloopte leem met geel – rode textuur B horizont (fossiel verweerde bodem)).

Erosieklasse: Rood

Voorvrucht: Aardappelen

Groenbemester/vanggewas: Italiaans Raaigras

Historiek :

- 2013 : tarwe + Japanse haver als groenbedekker
- 2014 : mais
- 2015 : aardappel + gras als groenbedekker
- 2016 : broccoli

Voor aanvang van de proef werd het perceel in 3 stukken opgedeeld (50 m, 50 m en 30 m zoals op het proefplan, zie Figuur 157). In elk deel werden bodemstalen genomen (staalname volgens BAM/deel 1/10: Bodem) voor de bepaling van de pH, het %C en de minerale N. Resultaten zijn beschikbaar in Tabel 40.

Tabel 40 : Bodemeigenschappen voor proefaanleg (11/06/2016).

	pH	%C	Textuur (sensorisch, labo Inagro)	
Bovenaan de helling	6,79	1,03	Zandleem	
Midden van het poefperceel	6,36	0,83	Leem	
Onderaan het poefperceel	6,27	0,88	Leem	
	NH ₄ -N (kg N/ha)		NO ₃ -N (Kg N/ha)	
	0-30 cm	30 – 60 cm	0-30 cm	30 – 60 cm
Bovenaan de helling	3	2	4	6
Midden van het poefperceel	3	1	12	8
Onderaan het poefperceel	3	2	19	17

9.6 Bevindingen en waargenomen knelpunten tijdens de proefaanleg

9.6.1 Strip till

Ervaringen met de strip-tillmachine opgedaan bij ILVO wezen uit dat de gewasruimers die de bewerkte strook vrij moeten houden van gewasresten het best werken bij hoge snelheden (6 à 8 km/u). Dit vraagt heel wat vermogen, zeker bergop. Omdat bij de aanleg van deze proef verschillende machines voor het klaarleggen van het plantbed getrokken moesten worden door dezelfde trekker, en omdat dezelfde trekker ook gebruikt zou worden om te planten, moest gekozen worden voor een trekker met relatief dunne banden (de broccoli's mogen niet in een bandenspoor geplant worden aangezien er geen rotoeg voor de planter was bevestigd). Deze trekker moest bovendien voorzien zijn van GPS- sturing om te kunnen planten in het spoor van de strip-tillmachine die eerder passeerde. Inagro heeft slechts 1 trekker ter beschikking die hieraan voldeed. Deze trekker heeft een vermogen van 90 pk, wat onvoldoende bleek om - zelfs bergaf - snelheden te halen van 6 km/u bij het trekken van de strip- tillmachine. De werkingsdiepte van de strip-tillmachine werd ingesteld op een diepte van 30 cm (zelfde diepte als alle andere diepe bewerkingen).

Bij de proefaanleg werd een plantmachine van Ferrari (via Debruyne agri) gebruikt die voorzien was van – niet gekartelde – snijschijven (Figuur 164). De schijven waren voor de plantkouters gemonteerd met als doel organisch materiaal en graszoden die opstoppingen voor de kouter konden veroorzaken door te snijden.

9.6.1.1 Strip-till in een opengescheurde maar onvoldoende afgedode graszodel plots 1,1 – 1,4).



Figuur 162: Overzicht van de het proefveld en detail van de ruwheid van het bovenste gedeelte van het proefperceel bij aanleg van de proef.

De bodembewerking door de strip-tillmachine schoot tekort op 2 vlakken: enerzijds werden de graskluiten onvoldoende uit het pad verwijderd (de graszode was vrij stevig). Het is onduidelijk of dit aan snelheden van 6 à 8 km/h wel gelukt zou zijn. Anderzijds was de bodem waarin geplant moest worden onvoldoende verkruid (wellicht enkel de meest oppervlakkige laag aangezien de kolen wel goed weggroeiden). Dit heeft ook te maken met de grote hoeveelheid graskluiten; de strip-tillmachine trok eigenlijk eerder een gleuf door het gras dan een strook losse verkruidde bodem te produceren.

De aanwezigheid van al die graskluiten aan het oppervlak had als gevolg dat de aandrukwielen van de planter de geul van de kouter na planten onvoldoende dichtduwden. De planten werden onvoldoende aangedrukt en in droge omstandigheden zouden de meeste planten afsterven.



Figuur 163: (L) Strip – tillmachine in een opengescheurde graszode. De gewasruimers ruimden de kluiten (gras en aarde) onvoldoende en de machine liet (aan het oppervlak) onvoldoende verkruidde bodem na (eerder een opengescheurde bodem). (R) foto van de geul die de strip-tillmachine achterlaat in de bodem (vanop de planter).



Figuur 164: Broccoli 's geplant met een schijvenplanter na strip-till in een graszode (L) en plantmachine uitgerust met snijschijven (R). De graskluiten zorgen ervoor dat de aandrukrollen achter de kouter van de planter de planten onvoldoende aandrukken.

Kort na planten viel er 45 L neerslag op het proefperceel, hierdoor werden de broccoliplanten als het ware aangegoten en kenden ze wel een goede weggroei. Het ruwe oppervlak verhinderde de meeste erosie. In de wielsporen werd wel afstromend water waargenomen, maar dat leek weinig sediment mee te nemen (het kon op dat ogenblik niet gemeten worden).

9.6.1.2 Strip – till in een vroeg afgedode en opengescheurde graszode (plots 2,1 – 2,4):



Figuur 165 : Restanten van de graszode die rond 15 maart doodgespoten was, waren bij proefaanleg nauwelijks nog zichtbaar. Foto genomen op 31/05, na 70 L neerslag. De graszode werd door de teler oppervlakkig opengetrokken in de laatste week van mei.



Figuur 166: (L) Verkrumelde bodem na passage van de strip-tillmachine bij een tijdig doodgespoten graszode, het aanwezige gras werd ruim 2 maand voor de aanleg doodgespoten en was quasi volledig verteerd bij proefaanleg. (R) kruimelige bodemstructuur (geen geulvorming) waarin vlot gepland kon worden.

Waar de graszode bijna volledig verteerd was werden geen problemen waargenomen bij het gebruik van de strip-tillmachine (behalve dan de te lage rijsnelheid, maar omdat er nauwelijks organisch materiaal aan de oppervlakte lag was een hoge rijsnelheid ook niet echt nodig). Er was een brede verkrumelde strook waarin geplant kon worden. Bij aanplant werden de kolen ook goed aangedrukt. De stroken waarin geplant werd waren wel lager gelegen dan tussenstroken. Ook de wielsporen (en de wielsporen van de planter in hetzelfde spoor) werden niet uitgewist. Dit zou kunnen leiden tot verhoogde erosie in de plantstroken en wielsporen.



Figuur 167: (L) Foto van het proefveld (strip-till na vroeg doodgespoten graszode) 3 weken na aanplant. Overall is verslemping merkbaar. In de tussenrij, met of zonder wielsporen, zijn sporen van afstromend water merkbaar. Ook langs de planrij (de strook die door de wielen achter de plantkouter aangedrukt werd) zijn sporen van afstromend water zichtbaar. (R) broccoli's na aanplant, de aandrukwielen maken een klein 'ruggetje', langs de zijanten ervan werd erosie waargenomen.

Op 28/06, ongeveer 3 weken na aanplant werd een visuele beoordeling van het proefveld uitgevoerd. Hieruit bleek dat erosie optrad in de wielsporen, in de tussenrij waar geen wielsporen aanwezig waren, en in de planrij, langs beide kanten aan de onderzijde van het 'ruggetje' dat gevormd wordt door de aandrukwielen achter de kouter bij aanplanten.

9.6.2 Frezen na dents michel

De diepe bodembewerking werd hier uitgevoerd door passage met een dents-michel, tot op een diepte van 30 cm (dezelfde diepte als deze waarop geploegd werd), maar passage van de tanden kwam niet noodzakelijk overeen met de plaats waar de kolen geplant werden. Erna werd plantklaar gelegd door een oppervlakkige bewerking met een frees (5 à 10 cm), de bovenste laag van de bodem werd hierdoor verkleind en gemengd. Van de laat doodgespoten graszode bleven nog altijd kluiten aan de oppervlakte zichtbaar. Bij het planten zelf werden geen noemenswaardige problemen waargenomen. De plantmachine stropte niet bij het planten en de planten werden ook voldoende aangedrukt door de wielen achter de plantkouter.



Figuur 168 : Door oppervlakkig frezen plantklaar gelegd proefveld (L) bij onvoldoende en te laat afgedode graszode en (R) bij een graszode doodgespoten halverwege maart.

9.6.3 Rotoreggen na dents michel

De diepe bodembewerking werd hier ook uitgevoerd door passage met een dents michel op een diepte van 30 cm. Planten gebeurde eveneens niet noodzakelijk in de stroken die in de diepte bewerkt waren. Bij planten werden geen problemen waargenomen (behalve dan dat bij de laatste strook er plotseling 45 L/m neerslag viel).



Figuur 169: Door rotoreggen plantklaar gelegd proefveld (L) bij onvoldoende en te laat afgedode graszode en (R) bij een graszode doodgespoten halverwege maart.

9.6.4 Ploegen

Door neerslag tijdens de proefaanleg moest het geploegde object later aangelegd worden. Objecten 2, 3 en 4 werden aangelegd op 11/06/2016. Een gedeelte van het perceel van de teler werd op dezelfde dag aangeplant. Door de neerslag die tijdens de proefaanleg viel moest gewacht worden met aanplanten van het geploegde object. Op 27/06/2016 kon de teler de rest van het perceel verder aanplanten (hij werkt niet kerend). De geploegde strook was op dat ogenblik nog te nat. Uiteindelijk werd die strook een dag later, op 28/06/2016 aangeplant. Omdat de bodem er volledig toegeslagen was moest eerst nog een plantbedbereiding uitgevoerd worden met de rotoreg.

9.7 Bevindingen en waargenomen knelpunten tijdens de teelt en bij de oogst

9.7.1 Strip-till

Tijdens de proef viel op dat de aangeplante broccoli's in het stuk met de laat vernietigde graszode veel last hadden van slakkenschade. Ongeveer 40 % van de broccoli's werden aangevreten en waren verloren. Bovendien merkten we dat de graszode niet volledig doodgespoten was. Tussen de plantrijen werd er geschoffeld door de teler, maar in de plantrijen was er een sterke onkruidontwikkeling, voornamelijk melganzevoet, perzikkruid en kamille. Bij de oogst kwam het onkruid tot boven de broccoli 's. De onkruiddruk was het hoogste na de laat doodgespoten graszode, en na strip till in het algemeen. De buitenste rij was volledig overgroeid met Italiaans raaigras, wellicht omdat daar minder roundup toegepast was bij het afdoden van de graszode vooraf.

Onderaan het perceel, waar de graszode vroeger doodgespoten was, was er nauwelijks slakkenschade (beperkte aantasting in de buitenste rij vanuit de perceelsrand), en was de onkruiddruk ook beduidend lager maar toch nog altijd sterk aanwezig.



Figuur 170: Behandelingen met strip-till (R) Zwارة uitval door slakkenschade bovenaan het perceel (laat doodgespoten graszode), en (L) beperkte uitval onderaan het perceel, waar het gras in maart al doodgespoten was (14/07/2016).



Figuur 171: broccoli-perceel bij oogst in de strip-till behandeling met zeer zware onkruiddruk, onkruiden in de planrij; de planrij tegen de perceelsrand werd bovenaan het perceel volledig overgroeid door Italiaans raaigras (8/09/2016).

9.7.2 Frezen/ rotoeggen na dents michel

Waar het plantklaar leggen gebeurde door te frezen (obj 3), maar ook na rotoeggen (obj 2) zien we dat de broccoli's iets minder snel weggroeden, voornamelijk na de laat doodgespoten graszode. Dit is wellicht deels te wijten aan de omstandigheden in de bodem bij planten (verslechte bodemlaag na planten, misschien ook minder makkelijk doorwortelbare bouwvoor), maar kan ook - zeker bovenaan het perceel, waar de graszode niet volledig vernietigd was - te maken hebben met N - gebrek door immobilisatie bij de vertering van de zode en concurrentie met overlevend gras en onkruid.



Figuur 172: Te kleine brocoliplanten (scherm niet volledig gesloten) en sterke onkruid/grasontwikkeling bij plantklaar leggen met frees en rotoeg na (onvolledig) doodspuiten van de graszode.

9.7.3 Ploegen

Door de neerslag bij de proefaanleg (11/06/2016) werd het geploegde object een 3-tal weken later geplant dan de andere objecten. Er moest bovendien een dag later geplant worden (in eigenlijk nog altijd vrij natte omstandigheden) dan de strook ernaast die door de teler aangeplant werd (de teler heeft geplant op 2 data, 11/06/2016 en 27/06/2016). Door te ploegen ging de dragende structuur van de bodem verloren. De net geploegde bodem gedroeg zich bovendien als een spons. De teler plantte een deel van zijn broccoli's ook later (om de oogst te spreiden). Deze broccoli's konden een dag vroeger geplant worden dan de broccoli's in object 1. De teler bewerkte zijn perceel niet kerend (vaste tand type Kuhn DC, maar zonder de ganzevoetvormige vleugels, eerder beitels met een vlakke plaat erop) waardoor zijn gedeelte van het perceel vlugger terug berijdbaar was. Dit heeft wellicht te maken met hogere runoff op het gedeelte van de teler (dit gedeelte van het perceel werd niet oppervlakkig bewerkt met een rotoreg en was nog verslemt van de extreme neerslag op 31/05).

De zware neerslag op 11/06/2017 (45 l/m) bovenop de net geploegde en gerotoregde bodem veroorzaakte ook een stevige verslemping in objecten 1,1 en 2,1. Vooraleer aangeplant kon worden op 28/06/2016 moest opnieuw gerotoregd worden.

De latere aanplant op 28/06/2016 leidde ook tot een latere oogstdatum in vergelijking met de broccoli's die de dag eerder geplant waren door de teler (dit heeft ook voor een groot deel te zien met de sub optimale omstandigheden waarin de broccoli's geplant werden (de bodem was eigenlijk nog altijd iets te nat). Bij de opbrengstbepaling kon niet meer gewacht worden tot alle broccoli's in object 2.1 oogstklaar waren. De teler wou kort na oogsten van de broccoli's op zijn perceel de resten infrezen en een groenbedekker inzaaien.

Op 14/07/2016, kort na een bui van 30 L, werden in het geploegde object duidelijk sporen van erosie waargenomen in de wielsporen van de trekker. De andere objecten waren op dat ogenblik net geschoffeld door de teler. De bodem lag er vrij korrelig en er waren geen sporen van afstromend water te zien.



Figuur 173: Visuele beoordeling van de erosie op 14/07. In het geploegde object is duidelijk erosie zichtbaar in de wielsporen van de trekker. Elders werd net geschoffeld en was geen erosie zichtbaar.

9.8 Opbrengstbepaling

Er werd enkel een opbrengstbepaling uitgevoerd in het gedeelte van het proefveld waar het gras halverwege maart doodgespoten werd (objecten 2.1 – 2.4). Per behandeling werden 3 subplots met 20 planten uitgezet. Deze plots werden geoogst wanneer de planten oogstklaar waren. De andere helft van het proefveld, waar het gras pas kort voor de proefaanleg doodgespoten werd, stond te heterogeen om een opbrengstbepaling uit te voeren. De keuze van de proefvlakken die geoogst zouden worden, zou een te grote invloed hebben gehad op het resultaat.

Hierbij moet vermeld worden dat zowel in object 2.2 als object 2.4 onregelmatigheden opgetreden zijn.

- Object 2.1 (ploegen) was laat geplant, en de broccoli's groeiden dan nog eens iets trager dan deze van de teler. Onze oogstwerkzaamheden zouden dus de inzaai van een groenbedekker door de teler verhinderen. Daarom werd beslist om op de laatste dag waarop de teler oogstte alle broccoli's mee te oogsten. De te kleine broccoli's werden als oogstrest beschouwd.
- Object 2.4 (strip-till) liep voor op de andere objecten (maar niet op het gedeelte van het perceel dat door de teler geplant werd (op 11/06)). De teler heeft ons gebeld op het ogenblik van de vooroogst. Normaalgezien is er dan nog voldoende plaats om niet aangetaste proefvlakken uit te zetten. In object 4.2 werd een zeer groot deel van de kolen al geoogst tijdens de vooroogst. Quasi alle kolen in object 4.2 werden geoogst op de eerste snijdag. In principe moest vroeger begonnen worden met oogsten.

Tabel 41: Sortering in kwaliteitsklasse en opbrengst per kwaliteitsklasse.

Obj	Flandria (%)	Flandria (kg/ha)	A1 (%)	A1 (kg/ha)	stukgewicht (g)
1.2*	36,67 b	5526 b	25,00 ab	4336 a	0,42 b
2.2	48,33 ab	10251 ab	51,67 a	10288 a	0,55 a
3.2	80,00 a	16491 a	20,00 b	4586 a	0,56 a
4.2**	71,67 a	16065 a	28,33 ab	5990 a	0,59 a
gemiddelde	59,17	12083	31,25	6300	0,35
Variatiecoëfficiënt (%)	26,69	27,93	46,80	45,33	6,85
p-waarde	0,048	0,021	0,134	0,131	0,006

* Het geploegde object werd 16 dagen later aangeplant dan de andere objecten

**De kolen na strip-till liepen voor op de andere objecten, bij de vooroogst werden quasi alle broccoli's ineens gesneden.

Tabel 42: Geproduceerde oogstresten per kwaliteitsklasse.

Obj	Oogstresten Flandria (kg/ha)	oogstresten A1 (kg/ha)	Niet geoogst (%)	niet geoogst (kg/ha)
1.2*	14712 b	7494 b	38,33 a	10840 a
2.2	22982 ab	21366 a	0,00 b	0 b
3.2	40276 a	8747 ab	0,00 b	0 b
4.2**	38910 a	12807 ab	0,00 b	0 b
gemiddelde	29220	12603	9,58	2709,9
VC (%)	29,28	49,43	54,30	69,54
p-waarde	0,027	0,115	0,000	0,0009

* Het geploegde object werd 16 dagen later aangeplant dan de andere objecten

**De kolen na strip-till liepen voor op de andere objecten, bij de vooroogst werden quasi alle broccoli's ineens gesneden.

Tabel 43 : Totale bovengrondse productie en gemiddelde oogstdatum.

Obj	Bovengrondse biomassa (kg/ha)	50% geoogst Datum	Dagen na plant
1.2*	42907 b	8/09/2016	72,47 b
2.2	64887 a	25/08/2016	75,70 a
3.2	70100 a	23/08/2016	73,00 b
4.2**	73772 a	23/08/2016	73,77 ab
gemiddelde	62917		73,73
VC (%)	6,91		1,35
p-waarde	0,001		0,030

* Het geploegde object werd 16 dagen later aangeplant dan de andere objecten

**De kolen na strip-till liepen voor op de andere objecten, bij de vooroogst werden quasi alle broccoli's ineens gesneden.

9.9 Besluit

Door de neerslag tijdens de proefaanleg was het niet mogelijk de verschillende behandelingen te vergelijken met de geploegde referentie. Bovendien verliep de opbrengstbepaling ook niet vlekkeloos. Uit de proef kunnen vooral lessen getrokken worden m.b.t. de teelttechniek. De belangrijkste waargenomen bevindingen waren :

- Een goed ontwikkelde graszode (ingezaaid in het najaar van 2015) was geen goede basis om erna broccoli's niet kerend te telen. De graszode verhoogde de slakkendruk, kon moeilijk afgedood worden, de vertering ervan legde beslag op een deel van de N-voorraad in de bodem en belemmerde het vlot planten na strip-till.
- Broccoli's geplant in het spoor van de strip-tillmachine (obj 1,4 en obj 2,4) vertoonden een goede weggroei en bereikten een mooi oogstgewicht. Maar indien de voorteelt niet volledig verteerd is neemt slakkenschade toe in vochtige omstandigheden. Na een onvolledig verteerde graszode worden de planten onvoldoende aangedrukt bij planten. In droge omstandigheden zou dit een sterke uitval gegeven hebben.
- Waar de diepe bodembewerking uitgevoerd werd in de plantrij (strip-till, obj 1,4 en obj 2,4) vertonen de broccoli's een goede weggroei. Waar dit niet het geval was (obj 1,3; 2,3; 1,2 en 2,2) , was de weggroei trager en hadden de broccoli's meer last van concurrentie met onkruid. Bovendien treedt er N-gebrek op door immobilisatie bij de vertering van het gras.
- Er werd geplant met een plantmachine die niet gecombineerd was met een rotoeg, de trekker had relatief dunne banden opdat de kolen niet in de wielsporen geplant zouden worden. In deze wielsporen waren in alle objecten zichtbare sporen van erosie waar te nemen. Dit was het meest duidelijk na ploegen, het minst duidelijk bij strip-till na een laat doodgespoten graszode. In de praktijk wordt de plantmachine altijd gecombineerd met een rotoeg. In deze proef werd ervoor geadviseerd om dit niet te doen omdat dit de oogstresten die aan het oppervlak zouden achterblijven bij passage met de strip – till zou inwerken. Bovendien is het niet langer mogelijk om snijschijven te monteren voor de kouter van de plantmachine als die gecombineerd wordt met een rotoeg.

10 Dankwoord

De onderzoekers van het GOMEROS-project wensen een woord van dank te richten tot de organisaties en de leden van de gebruikersgroep die dit project ondersteunen. Het project wordt financieel gesteund door VLAIO, Boerenbond, ABS, Vegebe, INGRO, B.N.D., VEGRAS, PACKO en STEENO. De gebruikersgroep verzorgt de aansturing van het project en voorziet in waardevolle adviezen en kritieken. De gebruikersgroep bestaat uit Anne De Brabandere (VLAIO), Maarten Huybrechts (Boerenbond), Guy Depraetere (ABS), Romain Cools (Vegebe), Nele Cattoor (Vegebe), Yves De Vinck (Vegebe), Hilde Dhuyvetter (INGRO), Inge Clijsters (B.N.D.), Stefanie Mahieu (VEGRAS), Jan Hanssens (VEGRAS), Maurice Malpas (PACKO), Kristof Borgenon (STEENO), Bart Debussche (LV), Maayke Keymeulen (LV), Hubert Hernalsteen (LV), Mathias Abts (LV), Jan Vermang (LNE), Mieke Vanderersch (Provincie Vlaams-Brabant), Katleen Gillijns (Provincie, Vlaams-Brabant), Kaat Smis (Steunpunt Erosie Oost-Vlaanderen), Katrien Van Ongeval (PCM, Steunpunt erosie), Gert Van de Ven (LCV), Koen Willekens (ILVO), Jill Dillen (BDB), Johan Van Waes (ILVO).

Ook een woord van dank voor de landbouwers die aan de erosiecafés deelnamen te Heuvelland, Vlaamse Ardennen, Vlaams-Brabant en Haspengouw. Dankzij de open discussies en commentaren, kregen de onderzoekers een beter beeld van de knelpunten in de teelttechniek en werden mogelijke oplossingen aangereikt. Op basis van deze samenkomsten, werden ook de proefopzetten van de veldproeven bijgestuurd waar nodig.

Eveneens wensen de onderzoekers en de leden van de gebruikersgroep hun oprechte dank te richten tot de proefveldhouders. De proefveldhouders gaven de mogelijkheid om veldproeven aan te leggen op de meest geschikte locaties, gespreid over de heuvelachtige streken in Vlaanderen. De meningen, ervaringen en inzichten van de proefveldhouders waren een meerwaarde. Bovendien was er ook veel praktische en technische ondersteuning. Om de anonimiteit van de proefveldhouders te waarborgen, worden geen verdere namen in dit rapport gepubliceerd.

Prof. Gerard Govers (KU Leuven), Katleen Gillijns (Provincie Vlaams-Brabant), Annemie Leys (LV), Jan Vermang (LNE), Christophe Langhans (KU Leuven), Nick Ryken (UGent) en prof. Ann Verdoodt (UGent) willen we bedanken voor het gebruik van de regenvalsimulatoren en/of het delen van expertise met betrekking tot erosiemetingen.

Tot slot gaat onze dankbaarheid uit naar de vele veld- en labomedewerkers van ILVO, PCG en Inagro, die door hun expertise, flexibiliteit en bereidheid tot lange dagen de aanleg van de proeven en de vele metingen mogelijk hebben gemaakt.

Contact

Thijs Vanden Nest, Wetenschappelijk onderzoeker
Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek
Plant
Burg. Van Gansberghelaan 109
9820 Merelbeke
T +32 9 272 26 74
thijs.vandennest@ilvo.vlaanderen.be

Greet Ruyschaert, Wetenschappelijk onderzoeker
Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek
Plant
Burg. Van Gansberghelaan 109
9820 Merelbeke
T +32 9 272 26 98
greet.ruyschaert@ilvo.vlaanderen.be

Tomas Van De Sande, Wetenschappelijk onderzoeker
Inagro, Tuinbouw open lucht
Ieperseweg 87
8800 Rumbek-Beitem
T +32 51 27 33 13
tomas.vandesande@inagro.be

Maarten De Boever, Wetenschappelijk onderzoeker
Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen vzw
Karreweg 6
9770 Kruishoutem
T +32 9 381 86 86
maarten.deboever@pcgroenteteelt.be

Deze publicatie kan ook geraadpleegd worden op:
[www.ilvo.vlaanderen.be/pers en media/publicaties](http://www.ilvo.vlaanderen.be/pers_en_media/publicaties)

Vermenigvuldiging of overname van gegevens toegestaan mits duidelijke bronvermelding.

ILVO

Aansprakelijkheidsbeperking

Deze publicatie werd door ILVO met de meeste zorg en nauwkeurigheid opgesteld. Er wordt evenwel geen enkele garantie gegeven omtrent de juistheid of de volledigheid van de informatie in deze publicatie. De gebruiker van deze publicatie ziet af van elke klacht tegen ILVO of zijn ambtenaren, van welke aard ook, met betrekking tot het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.

In geen geval zal ILVO of zijn ambtenaren aansprakelijk gesteld kunnen worden voor eventuele nadelige gevolgen die voortvloeien uit het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.

The logo for ILVO, consisting of the letters 'ILVO' in a bold, green, sans-serif font. A vertical green bar is located on the right side of the page.

ILVO

Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek
Burg. Van Gansberghelaan 92
9820 Merelbeke - België

T +32 9 272 25 00
ilvo@ilvo.vlaanderen.be
www.ilvo.vlaanderen.be