



Duurzaam opheffen ondergrondverdichting

Tussenrapportage 2021 | Werkpakket 3 PPS Klimaatadaptatie

Auteurs | Derk van Balen, Harry Verstegen, Mariska Tol,
Maria-Franca Dekkers, Wim van den Berg

Rapport WPR-OT 942



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Duurzaam opheffen ondergrondverdichting

Tussenrapportage 2021
Werkpakket 3 PPS Klimaatadaptatie

Auteurs: Derk van Balen¹, Harry Verstegen¹, Mariska Tol¹, Maria-Franca Dekkers¹,
Wim van den Berg¹

¹ Wageningen University & Research

Dit onderzoek is onderdeel van de PPS Klimaatadaptatie Open Teelten. Financiers zijn BO Akkerbouw en het ministerie van LNV. Partners in het project zijn Agrifirm, Delphy, SPNA en Wageningen UR. Uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Open Teelten.

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, juni 2022

Rapport WPR-OT 942

Van Balen, D.J.M, Verstegen H., Hogendoorn, A. Dekkers, M.S., Van den Berg, W, 2021. Duurzaam opheffen ondergrondverdichting; Werkpakket 3 PPS Klimaatadaptatie. Wageningen Research, Rapport WPR-942.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/571930>

Trefwoorden: Ondergrondverdichting, klimaatadaptatie

© 2022 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; T 0320-29 11 11; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-OT 942

Foto omslag: Oanevents, gatenboorder WUR-Open teelten

Inhoud

Samenvatting	5
Summary	6
1 Aanleiding	7
2 Maatregelen	8
2.1 Mechanisch opheffen	8
2.2 Diepwortelende gewassen	9
3 Proefopzet	10
3.1 Lelystad, zavel/kleigrond	10
3.1.1 Uitvoering Lelystad	10
3.1.2 Resultaten Lelystad	12
3.2 Vredepeel, zandgrond	18
3.2.1 Uitvoering Vredepeel	18
3.2.2 Resultaten Vredepeel	18
4 Praktijkdemo	26
4.1 Kraggenburg	26
4.2 Klimmen	27
4.3 Wijhe	28
5 Conclusie en discussie	30
Literatuur	31
Bijlage 1 Proefveld Lelystad	33
Bijlage 2 Droge bulkdichtheid proefveld Lelystad	34
Bijlage 3 Indringingsweerstand Lelystad per groenbemester 2021	36
Bijlage 4 Proefveld Vredepeel	37
Beschrijving van de objecten	37
Plattegrond	38
Bijlage 5 Resultaten van mechanische bewerking in combinatie met groenbemester Vredepeel 2021	40
Bijlage 6 Resultaten van de mechanische bewerking inclusief extra objecten	43
Bijlage 7 Indringingsweerstand Vredepeel per groenbemester en grondbewerking 2020	48

Woord vooraf

In deze jaarrapportage worden de tussentijdse resultaten beschreven van twee veldproeven met het duurzaam opheffen van ondergrondverdichting op zowel zavel/kleigrond als zandgrond. De uitvoering van deze proeven kond tot stand komen dankzij de medewerking van medewerkers van de proefbedrijven in Lelystad en Vredepeel.

Samenvatting

Ondergrondverdichting is een probleem dat steeds vaker zichtbaar wordt door het veranderende klimaat. Droge zomers laten een beperking van het wortelstelsel zien en een verminderde capillaire opstijging terwijl extreme neerslag de verminderde infiltratiecapaciteit zichtbaar maakt. Tot nu toe gebruikte technieken om verdichting op te heffen (diepwoelen) zijn vaak sterk bodemverstoring en niet altijd effectief. Bovendien is de bodem na een intensieve bewerking gevoelig voor herverdichting. Op twee proefbedrijven van WUR en op 3 praktijkpercelen werd getest hoe effectief het boren van kleine en grote gaten door een verdichte bodemlaag is in het opheffen van ondergrondverdichting. Hierbij werd gebruikt gemaakt van drie verschillende groenbemesters. Er is gekeken naar boven- en ondergrondse biomassa, droge bulkdichtheid en indringingsweerstand. Op kleigrond was de bovengrondse biomassa van de velden waar gewoeld is lager dan de andere velden terwijl de ondergrondse biomassa hoger lijkt te zijn. Van de groenbemesters is de bovengrondse droge stofproductie vergelijkbaar terwijl de ondergrondse biomassa van rietzwenkgras het hoogst is in verse biomassa als droge stof in de laag 0-30 cm. De bovengrondse biomassa van de gewoelde velden is het laagst en dit uit zich in de hoogste ondergrondse biomassa. De bovengrondse biomassa was echter lager. Op zandgrond waren er geen significante verschillen in opbrengst en kwaliteit van mais. Waar in 2021 rietzwenkgras stond lijkt de boven- en ondergrondse biomassa wel hoger te zijn. De grondbewerkingen hebben geen significant effect gehad op de droge bulkdichtheid. Wel waren er verschillen te zien in de voorafgaande groenbemester.

Summary

Subsoil compaction is a problem that is becoming increasingly visible due to the changing climate. Dry summers show a limitation of the root system and a reduced capillary rise, while extreme precipitation shows the reduced infiltration capacity. Techniques used so far, to eliminate compaction (deep loosening), are often highly soil-disturbing and not always effective. In addition, the soil is susceptible to reconsolidation after intensive soil cultivation. The effectiveness of drilling small and large holes, through a compacted soil layer in eliminating subsoil compaction, was tested on two WUR research stations and on 3 farms. Three different green manures were used in the research trials. Above and below ground biomass, dry bulk density and penetration resistance were measured. On clay soil, the above-ground biomass, of the fields where the chisel plough was used, was lower than the other fields. Meanwhile the underground biomass appears to be higher. The above-ground dry matter production of the green manures is comparable, while the underground biomass of festuca grass (*Festuca arundinacea*) was highest in fresh biomass as dry matter in the layer 0-30 cm. The aboveground biomass of chisel ploughed plots was lowest and this is expressed in the highest underground biomass. There were no significant differences in maize yield and quality on sandy soil. Where festuca grass stood in 2021, the biomass above and below ground appears to be higher. The tillage operations did not have a significant effect on the dry bulk density, but there were differences in green cover crop that was grown in the previous year.

1 Aanleiding

Door klimaatverandering worden er hogere gemiddelde temperaturen en veranderende neerslagpatronen verwacht. Langere perioden van droogte en perioden met veel neerslag in korte tijd zullen meer voorkomen. Dit heeft grote consequenties voor de landbouw. In sommige periodes wordt de vochtvoorziening van de gewassen met water van geschikte kwaliteit een knelpunt en in andere perioden is er een risico op schade aan de gewassen door wateroverlast. De kwaliteit van de bodem waar de gewassen op geteeld worden en de wijze en hoeveelheid beregening zijn hierbij cruciale factoren. De bodem dient het water aan de ene kant voldoende vast te houden maar moet ook bij teveel water, het water snel te kunnen laten infiltreren naar de ondergrond.

De huidige trend in bodemkwaliteit is echter eerder negatief dan positief. De bodemkwaliteit in Nederland staat onder druk. Een onvoldoende bodemkwaliteit en meer specifiek bodemdaling, ondergrondverdichting en lage (actieve) gehalten aan bodem organische stof, geeft hogere risico's op een onvoldoende vochtvoorziening van het gewas een slechte infiltratie van overtollig water. Ondergrondverdichting is een groot en toenemend probleem in de Nederlandse akkerbouw, zoals beschreven door van den Akker (van den Akker et al., 2008 en van den Akker et al., 2013). Met ondergrondverdichting wordt een bodemverdichting bedoeld onder de bewerkingsdiepte. Deze kan veroorzaakt zijn door rijden in de voor bij ploegen (ploegzool), of door te hoge bodembelasting bij berijden van de grond. Met name natte omstandigheden bij de oogst van gewassen kunnen ondergrondverdichting veroorzaken.

2 Maatregelen

Het doel van de proef is het beproeven van maatregelen voor het duurzaam opheffen van ondergrondverdichting.

Niet alleen zullen de maatregelen op de lange termijn de ondergrondverdichting moeten opheffen, er wordt ook gekeken naar het zo min mogelijk verstoren van de bodem. Een gangbare landbouwpraktijk is woelen, waarbij met een diepere intensieve grondbewerking storende bodemlagen worden doorbroken. Uit eerder onderzoek blijkt daarentegen dat gewoelde bodems vatbaarder zijn voor herverdichting (Geel et al., 2009). Bovendien zullen verdichte bodemlagen op grotere diepte veel lastiger op te heffen zijn. Als maatregel hiervoor wordt het diepspitten (tot 100 cm) van de bodem sporadisch toegepast. Als maatregel voor het opheffen van ondergrondverdichting is dit echter een sterk bodem verstorende maatregel.

Na het mechanisch opheffen van bodemverdichting is het belangrijk om de ondergrond te stabiliseren. Beworteling door gewassen kan hierin een belangrijke rol spelen.

Om perspectief te kunnen geven aan akkerbouwers die te maken hebben met ondergrondverdichting, zal een maatregel al op korte termijn effect moeten hebben. Het introduceren van pendelaar regenwormen (*Lumbricus Terrestris*) en in het algemeen stimuleren van bodemleven kan op termijn helpen bij het oplossen van ondergrondverdichting maar vergt een lange adem.

2.1 Mechanisch opheffen

Voor het mechanische opheffen zijn er verschillende methodieken voorhanden, die voor- en nadelen kennen.

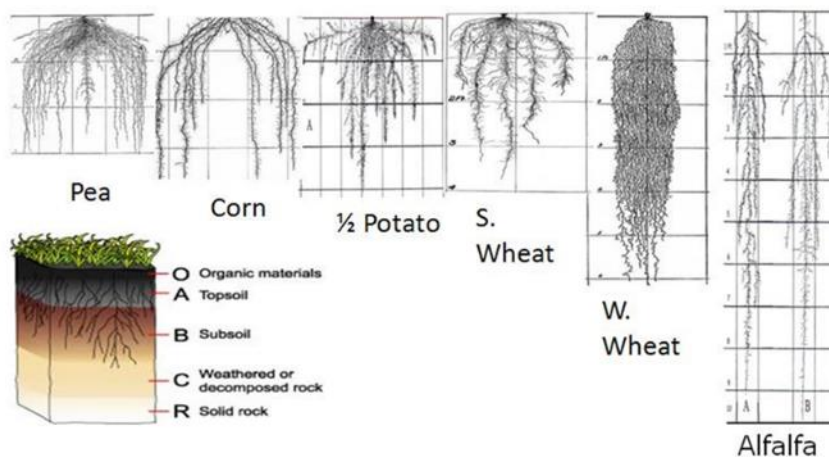
- a) Woelen van de bodem met woelpoten: Deze methode wordt voornamelijk toegepast na de oogst van rooigewassen om voornamelijk verdichting van rijsporen op te heffen. Er zijn woelpoten die tot zo'n 70 cm diepte kunnen werken. Er is veel energie nodig voor woelen en het woelen zal onder droge omstandigheden moeten gebeuren om versmering van de ondergrond te voorkomen. De draagkracht van de bodem verminderd door dit woelen en het risico op herverdichting is dan ook groot.
- b) Diepspitten of diepploegen: Een radicale methode die ervoor zorgt dat een storende laag doorbroken wordt. De bewerkte bodemlaag wordt echter grotendeels gekeerd of gemengd, waardoor deze methode niet voor alle situaties geschikt is. Door het op de kop zetten van de bodem kan de bewerkbaarheid verbeteren, door het mengen van lichter grond (zand) met een klei bouwvoor. Echter, door het veranderen van de bodemsamenstelling en het verminderen van de draagkracht is deze grond gevoeliger voor herverdichting en is het risico op bodemgebonden plagen (vrijlevende aaltjes) groter.
- c) Sleuven graven met een kettinggraver: Door het graven van geulen waar normaal drainagebuizen ingelegd worden, kunnen diepere verdichte bodemlagen doorbroken worden. Om voldoende effect te hebben, zullen deze sleuven op kortere afstand van elkaar moeten liggen dan normaal voor aanleg drainage gebruikelijk is. Hiermee wordt deze methode sterk verstorend voor de bodem en kan [het](#) de stabiliteit beïnvloeden. Voordat de grond in de sleuven bezakt en gestabiliseerd is, is een dergelijke bodem gevoeliger voor verdichting.
- d) Denken als een worm: De *Lumbricus Terrestris* regenworm, ook wel bekend als pendelaar, is in staat om verticale gangen te graven tot 100 cm diepte. Daarbij kan deze regenworm ook door verdichte bodemlagen heen graven. Plantenwortels gebruiken deze wormen gangen om naar diepere lagen te groeien en de uitscheidingsproducten van de regenwormen langs de wanden van de gangen kunnen als plantenvoeding dienen. Om de pendelaar regenworm na te bootsen, is er onderzoek gedaan naar het effect van het doorboren van de bodem met dunne pennen en de invloed hiervan op bodemfysische eigenschappen (Zhai en Horn, 2017).
- e) Doorboren ondergrond en stabiliseren met substraat: Door mechanisch een verdichte bodemlaag te doorbreken, bijvoorbeeld door gaten te boren, kunnen plantenwortels dieper wortelen en vervolgens de bodem stabiliseren. Er is wel kans op herverdichting van de bodem na verloop van tijd als de oude bodemlaag 'terugzakt'. Door het vervangen van de verdichte bodemlaag in de geboorde gaten, door een

groei-medium (bijvoorbeeld een mengsel van mest, compost of potgrond) kan deze oude bodemlaag niet terugzakken en kunnen plantenwortels deze laag gebruiken als voedingsbodem. Onder extreem natte bodemcondities bestaat het gevaar dat een koolstofrijk substraat verstorend kan werken. Wanneer ontwatering het hoofddoel is kan gekozen worden voor grof zand (drainagezand) om een deel van het boorgat op te vullen. Dit zand zal voor plantenwortels echter niet aantrekkelijk zijn om in te groeien en de wortelgroei naar diepere bodemlagen zal hiermee niet gestimuleerd worden.

In de proefopzet is gekozen om maatregel d) en e) verder te onderzoeken. Afhankelijk van de situatie en grondsoort is gekozen voor compost/potgrond of drainagezand als vulling van geboorde gaten. Al referentie voor praktijkmaatregel is woelen in de proef opgenomen. Deze maatregelen worden beoordeeld ten opzichte van een onbehandeld object.

2.2 Diepwortelende gewassen

Plantenwortels zijn mede verantwoordelijk voor de samenhang van bodemaggregaten, net als organische stof, schimmelnetswerken en uitscheidingsproducten van bodemleven. Om er na een diepe grondbewerking voor te zorgen dat een bewerkte ondergrond gestabiliseerd wordt, is een snelle bezetting met plantenwortels essentieel. Hierbij spelen diepwortelende gewassen een belangrijke rol. De mate waarin plantenwortels bodemweerstand kunnen overwinnen is verschillend. Van sorghum is bekend dat deze een sterke beworteling kent en ook enigszins verdichte grond kan penetreren. Ook gewassen die een snelle en diepe wortelgroei kennen kunnen een belangrijke rol spelen. Wanneer er ruimte beschikbaar komt in de ondergrond, door een bewerking of bv krimp in kleigrond, kunnen plantenwortels deze ruimte benutten en de ondergrond bezetten met wortels. Een combinatie van gewassen met verschillende typen van beworteling (figuur 1) kunnen een groter deel van de bouwvoor met wortels bezetten en daarmee in een groter deel van de bodem zorgen voor stabiliteit en draagkracht.



Figuur 1: beworteling van verschillende gewassen (v.l.n.r. erwt, mais, aardappel, zomertarwe, wintertarwe, luzerne)

3 Proefopzet

Om de maatregelen voor het mechanisch opheffen van ondergrondverdichting te testen is gekozen voor proefvelden op zavel en zand. Bodembewerkingsmaatregelen en beworteling door gewassen worden getest in herhalingen. Anderzijds is gekozen voor het beproeven van maatregelen in de praktijk. Deze praktijkproeven zijn in uitvoering en worden in dit jaarrapport niet besproken.

3.1 Lelystad, zavel/kleigrond

Op een perceel (52°30'52.16"N, 5°34'33.89"O) wat in het verleden toebehoorde aan de voormalige Waiboerhoeve aan de Wisentweg in Lelystad, nu in beheer van WUR Open Teelten, is in de zomer van 2019 een proef aangelegd. De aanleg werd gefinancierd door Werkpakket 6 Ondergrondverdichting van PPS Beterbodembeheer. Een deel van het perceel gaf in het verleden problemen met wateroverlast. Dit perceel is langere tijd verhuurd geweest aan derden waarbij het aandeel rooigewassen hoog was. De bodemstructuur heeft waarschijnlijk flink te lijden gehad waardoor bodemverdichting is ontstaan.

3.1.1 Uitvoering Lelystad

Voor de aanleg van deze proef is een ronde gemaakt langs mogelijk te gebruiken percelen die beheerd worden door WUR Open Teelten. Eerst is gepoogd is om een perceel te gebruiken, waar eerder onderzoek naar ondergrondverdichting heeft gelegen (van Geel, 2009). Bij inspectie bleek echter dat dit perceel, na gebruik voor onderstammenteelt, zeer intensief was bewerkt en daardoor ongeschikt. Vervolgens kwam een ander perceel, waar in het verleden wateroverlast geconstateerd is, als beste tweede keus naar voren. Na inspectie van het perceel in het voorjaar van 2019 is besloten om deze te gebruiken voor de proef. De proef is vervolgens in de zomer van 2019 opgezet.

De plotjes hebben een afmeting van 3 x 20 meter in 4 herhalingen. Zie Bijlage 1

De proef is aangelegd met 4 grondbewerkingsobjecten in een graanstoppel:

- a) Onbehandeld (O);
- b) Woelen in 2019 in de graanstoppel (W);
- c) Grote gaten boren in een grid van 75 x 75 cm (Ø 10 cm) tot 60 cm diepte en deze ½ vullen met potgrond (2019) en drainagezand (2020) en andere ½ met uitgeboorde grond (G);
- d) Kleine gaten boren in een grid van 25 x 25 cm (Ø 2 cm) tot 60 cm diepte (P).

Ad c) De grote gaten zijn in 2019 aangelegd over een lengte van 6 meter en er is potgrond gebruikt als vulling van de onderste helft van het boorgat (Foto 2). Hierbij is gebruik gemaakt van een palenboor met brandstofmotor, gemonteerd aan een frame. De trekker was uitgerust met een automatisch start/stopsysteem met 75 cm tussen de stops.

In 2020 is een machine gebouwd met 4 hydraulisch aangedreven palenboren, voor een beddenteelt van 3 meter (225 machinebreedte). Deze is gebruikt over de resterende 14 meter van de plots (Foto 1). In 2020 is drainagezand gebruikt als vulmiddel.



Foto 1. Grote gatenboor (detail)



Foto 2. Potgrond als vulling.

Ad d) In 2019 is over een lengte van 6 meter een proef aangelegd. In 2019 is voor het maken van kleine gaten gebruik gemaakt van een balk waaraan 4 metalen staven van 2 cm \varnothing bevestigd zijn. De benodigde om deze staven 60-70 cm in een verdichte bodem te krijgen was aanzienlijk. Daarom is in 2020 besloten om aangedreven steenboren te gebruiken. Hiervoor is gebruik gemaakt van dezelfde machine als voor grondbewerking c), waarbij 10 hydraulisch aangedreven steenboren over een werkbreedte van 225 cm zijn gebruikt om kleine gaten te boren over de resterende 14 meter van de plots (foto 3).



Foto 3. Kleine gatenboor

Na aanleg van de objecten in 2019 en 2020 zijn er groenbemesters ingezaaid. Er zijn in 2019 en 2020 verschillende groenbemesters gebruikt, waarbij er na de aanleg van de objecten in 2020 voor gekozen is om gebruik te maken van meerjarige (diepwortelende) groenbemesters (tabel 1).

Tabel 1. Groenbemesters in proefopzet

Object groenbemester	2019	2020	2021
Mengsel	Solarigol TR	Italiaans raaigras rietzwenkgras Beemdlangbloem Luzerne Japanse haver Honingklaver Witte klaver Rode klaver Incarnaatklaver	Italiaans raaigras rietzwenkgras Beemdlangbloem Luzerne Japanse haver Honingklaver Witte klaver Rode klaver Incarnaatklaver
Diepwortelende groenbemester 1	Sudangras	Rietzwenkgras+engels raaigras	Rietzwenkgras+engels raaigras
Diepwortelende groenbemester 2	Bladrammenas	Luzerne Alexandrijnse klaver	Luzerne Alexandrijnse klaver

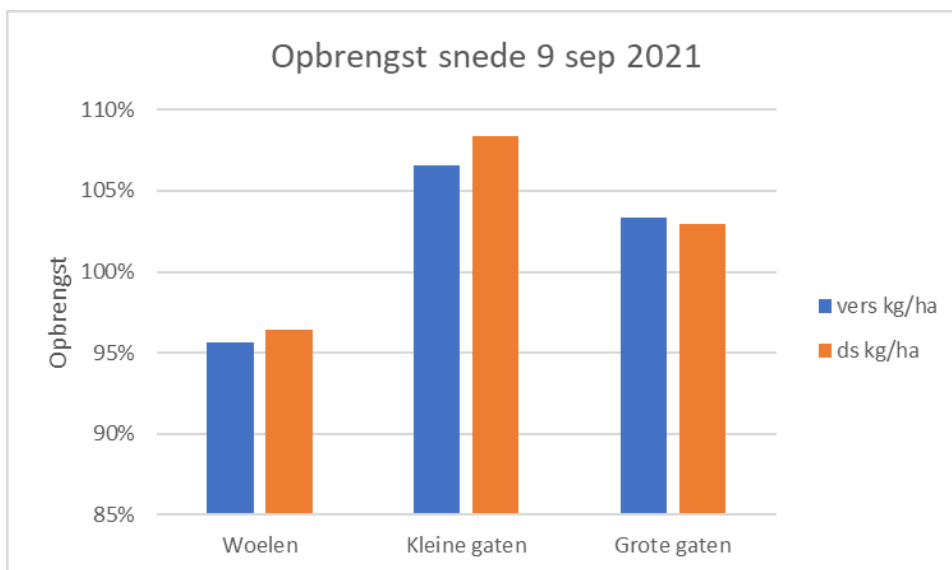
3.1.2 Resultaten Lelystad

3.1.2.1 Groeiseizoen 2020 -2021

Op 2 september 2020 zijn de groenbemesters gezaaid. Ondanks het warme najaar kwam de groei van de groenbemesters slecht op gang. Het object Rietzwenkgras+Engels raaigras is dan op 24 maart 2021 doorgezaaid.

3.1.2.2 Gewasopbrengst

Vanwege een sterk wisselende stand van de overblijvende groenbemesters, vermoedelijk door de vorstperiode van het voorjaar van 2021, maakte een eerste opbrengstbepaling minder zinvol. De eerste snede is gemaaid en afgevoerd op 20 juli maar niet bemonsterd. Het gewas herstelde zich echter goed en op 9 september 2021 is met een Haldrup een opbrengstbepaling gedaan (figuur 1)



Figuur 1. Relatieve opbrengst (onbehandeld is 100%) van overblijvende groenbemesters van de verschillende grondbehandelingen in 2021

De verschillen zijn klein maar het lijkt erop dat de grondbehandelingen resulteren in een iets hogere opbrengst in zowel verse massa als totaal droge stof. De opbrengsten van de verschillende behandelingen staan in tabel 2.

Tabel 2 Opbrengsten van bovengrondse biomassa op 9 september 2021

Maatregel	Vers in kg/ha	droge stof in kg/ha
Onbehandeld	27736	4863
Woelen	26520	4688
Kleine gaten boren	29549	5269
Grote gaten boren	28663	5009

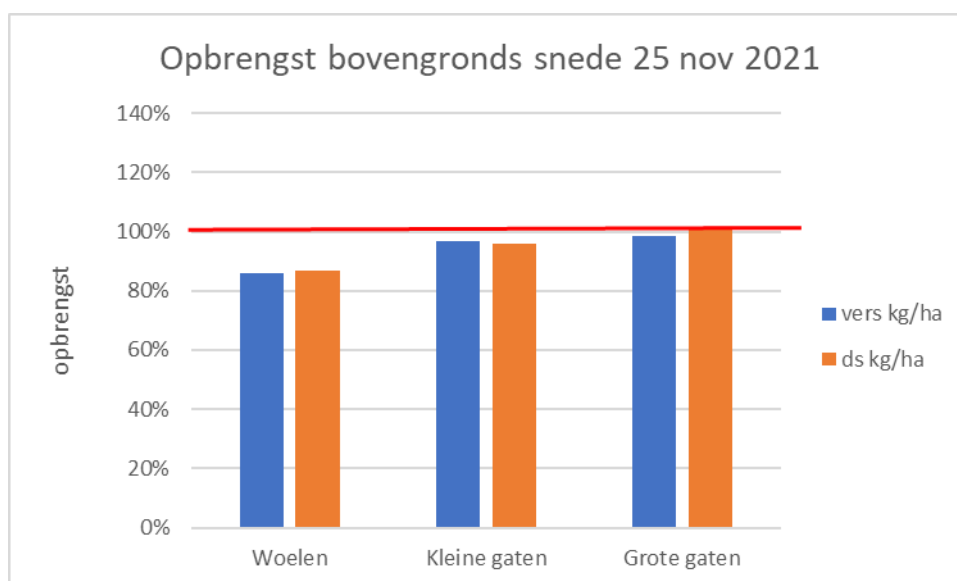
Op 25 november 2021 is de bovengrondse opbrengst bemonsterd met een maaibalk en vervolgens zijn in de gemaaide stroken met een monsterboor wortelmonsters gestoken tot een diepte van 30 cm (Foto 4 en 5).



Foto 4. Maaien bovengrondse biomassa

Foto 5. Bemonstering ondergrondse biomassa

De bovengrondse biomassa (relatief) is weergegeven in figuur 2 waarbij zowel het relatieve versgewicht als droge stofopbrengst ten opzichte van het onbehandelde object zijn weergegeven. In tabel 3 zijn de absolute opbrengsten weergegeven.



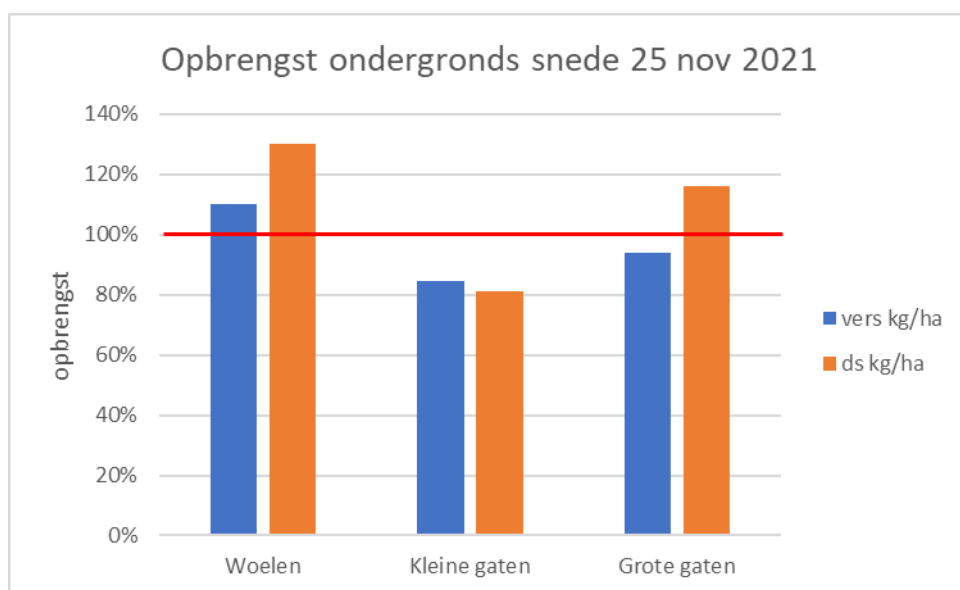
Figuur 2. Bovengrondse biomassa op 25 november 2021. Onbehandeld is 100%.

De droge stof bovengrondse opbrengst van de verschillende groenbemesters van het object waar grote gaten zijn geboord is vergelijkbaar met het onbehandelde object. De overige behandelingen blijven hierbij achter waarbij het verschil in relatieve opbrengst van het object waarbij kleine gaten geboord zijn vrij klein is (97% versgewicht en 96% droge stof opbrengst).

Tabel 3 Opbrengsten van bovengrondse biomassa op 25 november 2021

Maatregel	Vers in kg/ha	droge stof in kg/ha
Onbehandeld	2669	445
Woelen	2297	386
Kleine gaten boren	2584	426
Grote gaten boren	2632	447

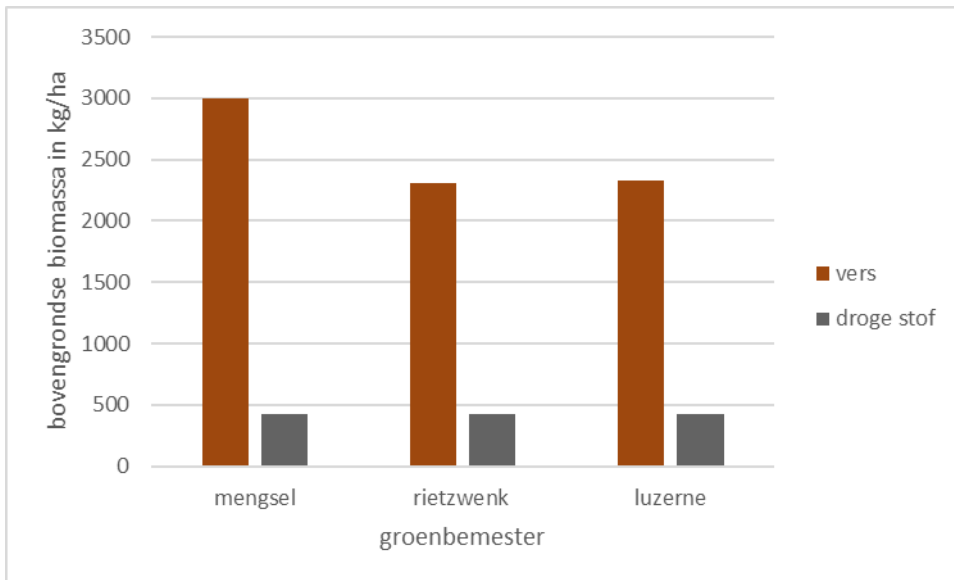
De wortelmonsters zijn gespoeld en na bepaling van het versgewicht is het droge stofgehalte bepaald. Gemeten biomassa in versgewicht en droge stofgewicht is omgerekend een gewicht per hectare over een bouwvoor van 30 cm dik (zie figuur 3). De relatieve ondergrondse opbrengst is weergegeven ten opzichte van het onbehandelde object.



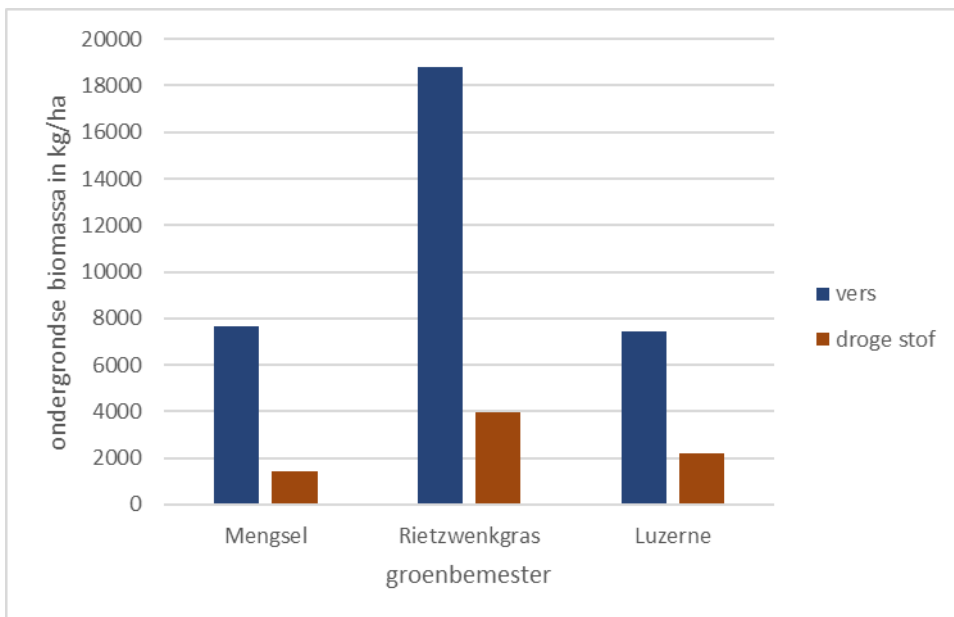
Figuur 3. Ondergrondse biomassa per behandeling op 25 november 2021. Onbehandeld is 100%.

Het object woelen lijkt de hoogste relatieve ondergrondse biomassa in de laag 0-30 cm te hebben in tegenstelling tot de bovengrondse biomassa (figuur 2). Het object gaten prikken de laagste. De verschillen tussen het onbehandelde object en gaten boren lijken niet erg groot.

In de proefopzet is gekozen voor verschillende typen groenbemester om de invloed van vooral beworteling op het opheffen van bodemverdichting te monitoren. De boven- en ondergrondse biomassa van de verschillende groenbemesters staan in figuur 4 en 5.



Figuur 4. Bovengrondse biomassa per groenbemester op 25 november 2021

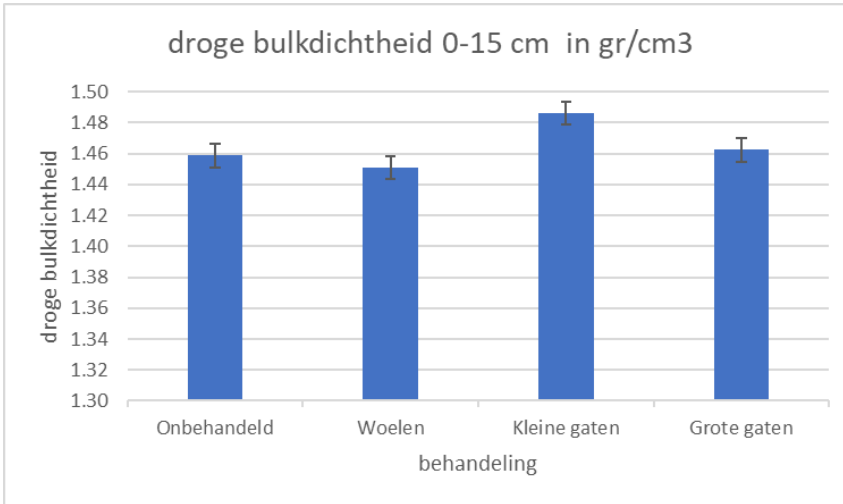


Figuur 5. Ondergrondse biomassa per groenbemester op 25 november 2021

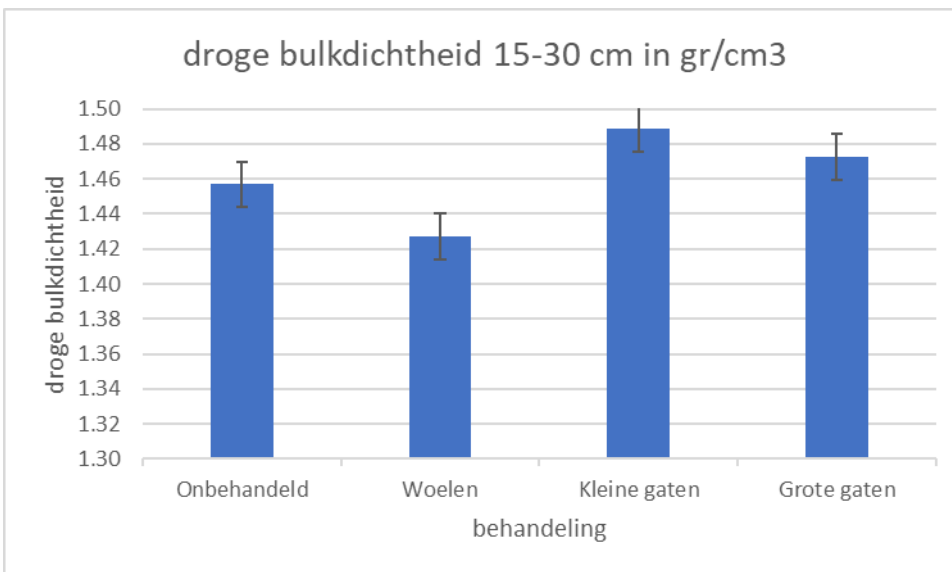
Het verschil in bovengrondse biomassa van de verschillende groenbemers verschilt in versgewicht maar in droge stofproductie ontloopt het elkaar niet zoveel. De ondergrondse biomassa kent wel verschillen waarbij rietzwenkgras eruit springt ondanks problemen bij de weggroei van het gewas in het voorjaar. Ook de droge stofopbrengst lijkt beduidend hoger dan die van andere twee groenbemers. Hier moet de kanttekening bij geplaatst worden dat er tot 30 cm diepte bemonsterd is. De mate van beworteling in de diepere bodemlagen zal in 2022 verder bekeken worden.

3.1.2.3 Droge bulkdichtheid

Voor de bepaling van de bulkdichtheid zijn ringmonsters van 100 cm³ genomen op 2 dieptes (laag 5-10 cm en 20-25 cm op 1 plek per veldje. De monsters zijn gewogen, 48 uur gedroogd bij 105°C en terug gewogen. Voor de behandelingen grote gaten boren en kleine gaten boren zijn de gemiddelde waarden van de velden aangelegd in 2020 genomen (Figuur 6 en 7).



Figuur 6. Droge bulkdichtheid in de laag 0-15 cm in gram/cm³ per grondbehandeling 2021



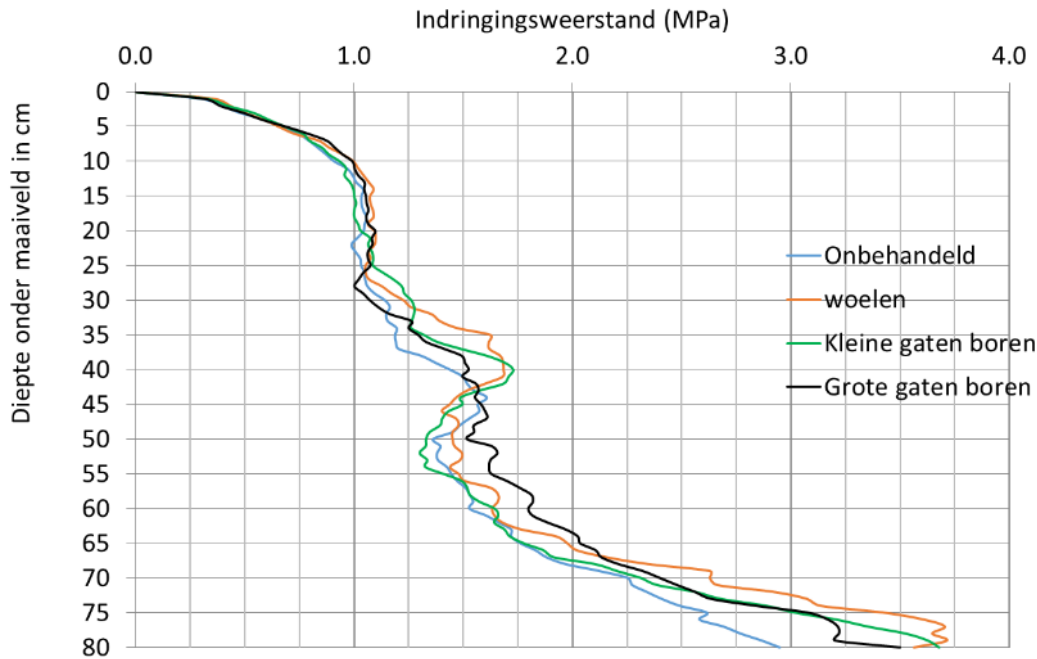
Figuur 7. Droge bulkdichtheid in de laag 15-30 cm in gram/cm³ per grondbehandeling 2021

Uitgedrukt in relatieve droge bulk dichtheid in de lagen 0-15 cm en 15-30 cm is de dichtheid van gewoelde grond lager in dan het onbehandelde deel in zowel de toplaag als daaronder. Voor de objecten waar gaten geboord zijn is vooral de droge bulkdichtheid van de velden waar kleine gaten geboord zijn, opvallend.

De droge bulkdichtheid voor de laag 0-15 cm en 15-30 cm voor de verschillende groenbemesters is weergegeven in bijlagen B2.2 en B2.3. De bulkdichtheid van het mengsel is lager dan die van rietzwenk en luzerne maar de verschillen zijn echter klein.

3.1.2.4 Indringingsweerstand

Op 25 november is de indringingsweerstand gemeten met een penetrologger (Eykelkamp, 1 cm² conus, 6 steken per plot). In figuur 8 is het resultaat hiervan weergegeven voor de verschillende bodembehandelingen. In bijlage 3 zijn de indringingsweerstand per groenbemester weergegeven.



Figuur 8. Indringingsweerstand per bodembehandeling op 25 november 2021

De verschillen tussen de grondbehandelingen zijn klein. Opvallend is dat de objecten woelen en kleine gaten boren een hogere indringingsweerstand hebben net onder de bouwvoor. Deze twee objecten liggen aan de westkant van het proefperceel en de objecten grote gaten boren en onbehandeld aan de oostkant. Wellicht dat de betreffende objecten op plekken liggen met een andere voorgeschiedenis van het perceel. Toch laat het object met kleine gaten boren een iets lagere indringingsweerstand zien net onder bewerkingsdiepte. De indringingsweerstand van het object waar grote gaten zijn geboord en de zijn opgevuld met drainagezand laat tot ongeveer 65 cm een gemiddeld hogere waarde zien. Bij het bemonsteren is geen rekening gehouden met de lokactie van geboorde gaten. Het is mogelijk dat er bemonsterd is in deze gaten wat de gemiddelde hogere indringingsweerstand kan verklaren aangezien drainagezand een compacte structuur kent en daardoor een hogere weerstand zal geven.

3.2 Vredepeel, zandgrond

Ook op zandgrond wordt ondergrondverdichting ervaren. De onderzoek locatie Vredepeel van Wageningen UR Open Teelten heeft percelen op meerdere locaties en er is een perceel gekozen waarvan bekend is dat er sprake is van een verdichte ondergrond. Over het algemeen is de overgang van de humeuze bouwvoor naar een zandondergrond abrupt waardoor deze storend kan werken voor wortelgroei maar ook voor ontwatering en capillaire opstijging.

3.2.1 Uitvoering Vredepeel

Na de oogst van zomergerst in 2020 is de proef aangelegd op betreffend perceel. Na de mechanische bewerking (W/O/G/P) zijn de drie verschillende groenbemesters gezaaid. December 2020 is de hele proef geklepeld en zijn er peilbuizen geplaatst om de nitraatuitspoeling te meten. In mei 2021 is er vervolgens geploegd met vorenpakker, waarna snijmais gezaaid met gelijktijdige inzaai van rietzwenk. De snijmais is geogst op 30 september 2021. In november zijn er opnieuw peilbuizen geplaatst. De veldjes hebben een afmeting van 6 x 12 meter in 4 herhalingen.

De 4 ondergrondbewerkingen, toegepast in herfst 2020, zijn:

- Onbehandeld (O)
- Woelen (W)
- Grote gaten boren en vullen met ½ compost en ½ uitgeboorde grond (G)
- Kleine gaten boren (P)

Een plattegrond van het proefperceel met de verschillende objecten staat in bijlage 4.

Omdat er op het proefperceel ruimte 'over' was, is besloten een aantal extra objecten aan te leggen. Deze objecten liggen echter niet in genoeg herhalingen om significante resultaten te verkrijgen en zijn dus bedoeld ter indicatie

3.2.2 Resultaten Vredepeel

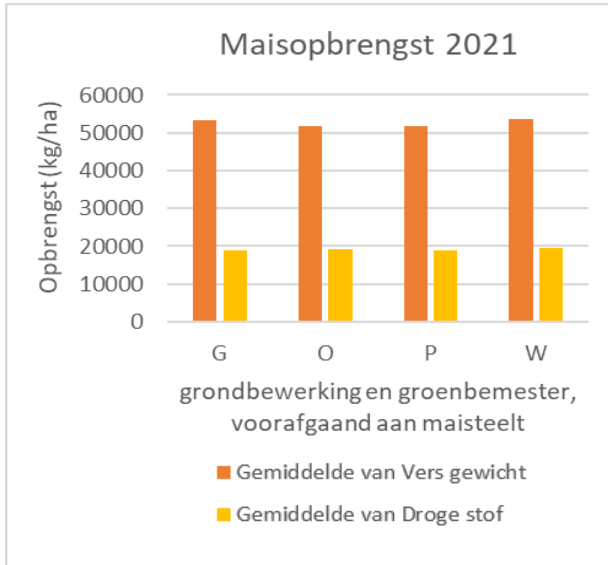
3.2.2.1 Gewasopbrengst Vredepeel

Voor de bepaling van de bovengrondse vanggewas opbrengsten zijn veldjes bemonsterd van 0,25 m² (50x50 cm). Voor de bepaling van de ondergrondse biomassa (wortels) zijn uit de bemonsterde veldjes voor bovengrondse biomassa telkens 3 steken grond uitgenomen met een wortelmonsterboor (diameter 8 cm, bemonsterd 0-30 cm). Deze grondmonsters zijn gespoeld. Voor het bepalen van droge stof gehalte zijn de monsters 48 uur gedroogd bij 70°C.

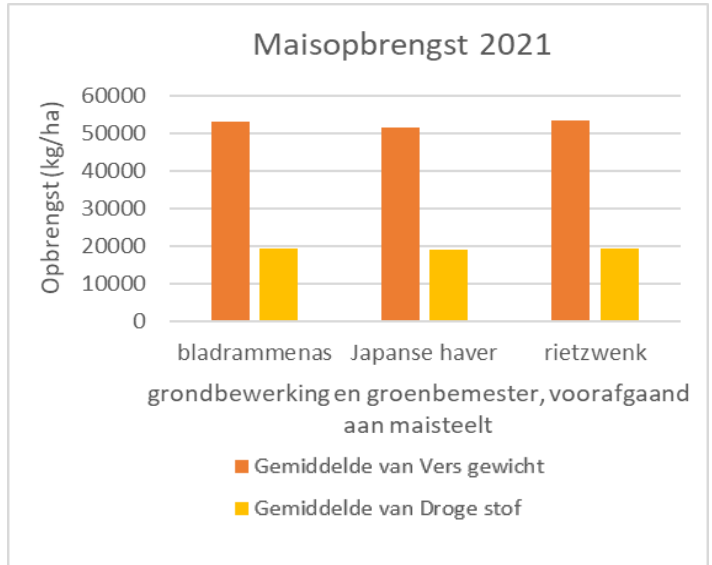
3.2.2.2 Opbrengst mais Vredepeel

In 2021 heeft er op het betreffende perceel snijmais gestaan. Deze snijmais is 7 mei 2021 gezaaid en 30 september 2021 geogst. Figuur 9 en Figuur 10 geven de maisopbrengst (kg/ha) vers en in droge stof weer voor zowel de grondbehandelingen als de voorvruchten groenbemester. Figuur 11 en 12 geven de voederwaarde van de mais in VEM weer. Figuur 13 geeft de totaal VEM weer, die is berekend door de VEM voederwaarde per kg droge stof te vermenigvuldigen met de droge stof opbrengst. Er zijn geen significante verschillen gevonden tussen de versgewichten en droge stof opbrengsten van de verschillende objecten. In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** staan de resultaten van de objecten in combinatie met voorvrucht groenbemester en in Bijlage 6 (figuur B6.1 t/m B6.7) resultaten van de objecten inclusief de extra objecten.

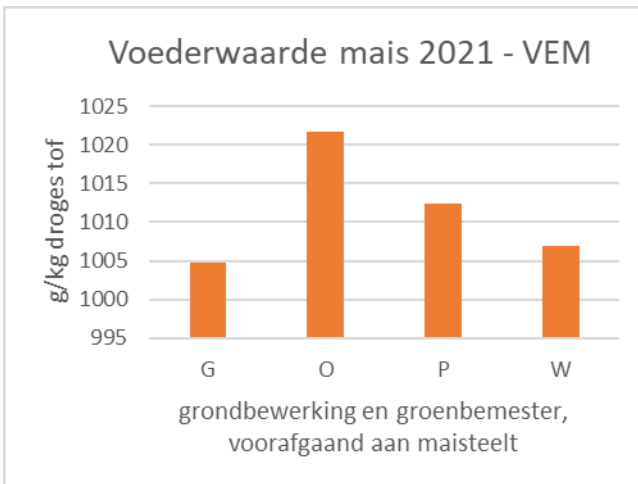
Waar vorig jaar bladrammenas stond als groenbemester, zien we nu de hoogste voederwaardes in VEM. Wanneer de verschillende mechanische ondergrondbewerkingen vergeleken worden, lijkt het onbehandelde object de hoogste voederwaardes in VEM te geven.



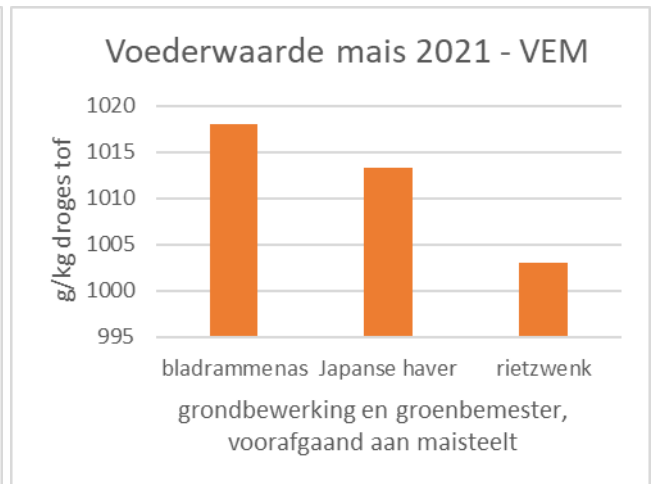
Figuur 9. Maisopbrengst 2021, gemiddeld voor de verschillende mechanische bewerkingen.



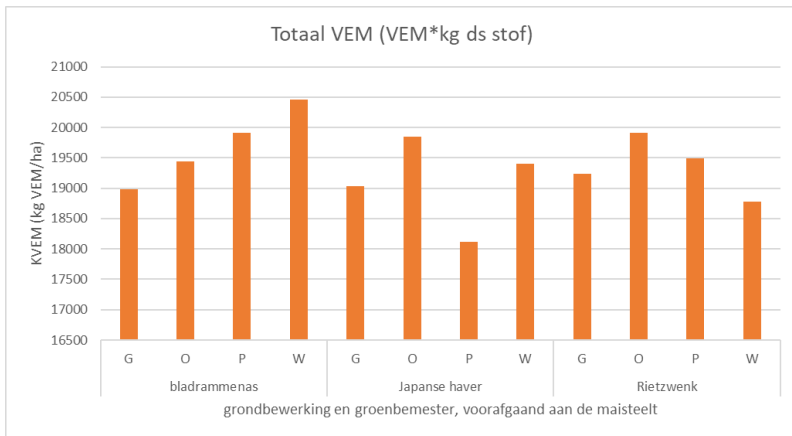
Figuur 10. Maisopbrengst 2021, gemiddeld voor de verschillende groenbemers.



Figuur 11. VEM van mais 2021. Gemiddeld voor de verschillende mechanische bewerking.



Figuur 12. VEM van de mais 2021. Gemiddeld voor de verschillende groenbemers.

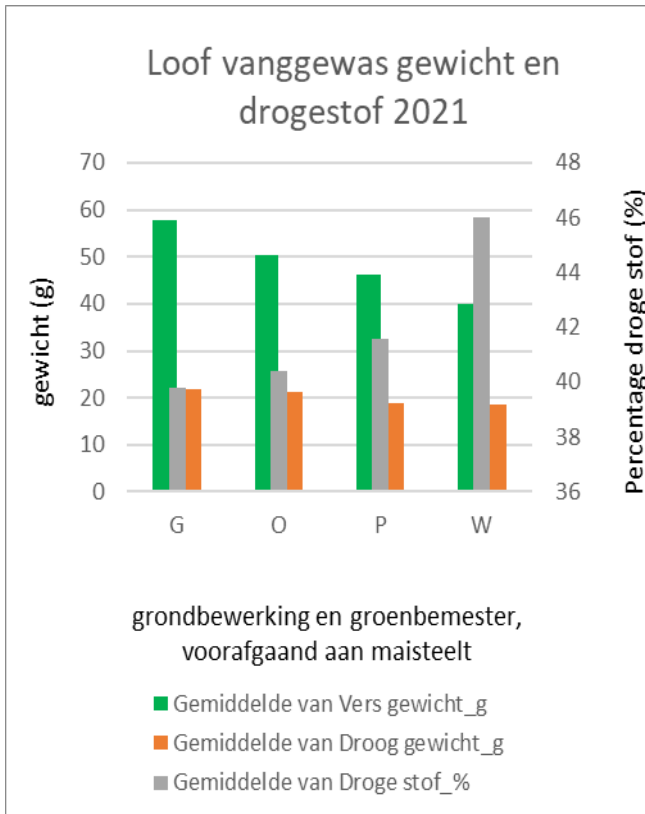


Figuur 13. Totaal VEM per mechanische bewerking en voorvrucht groenbemester

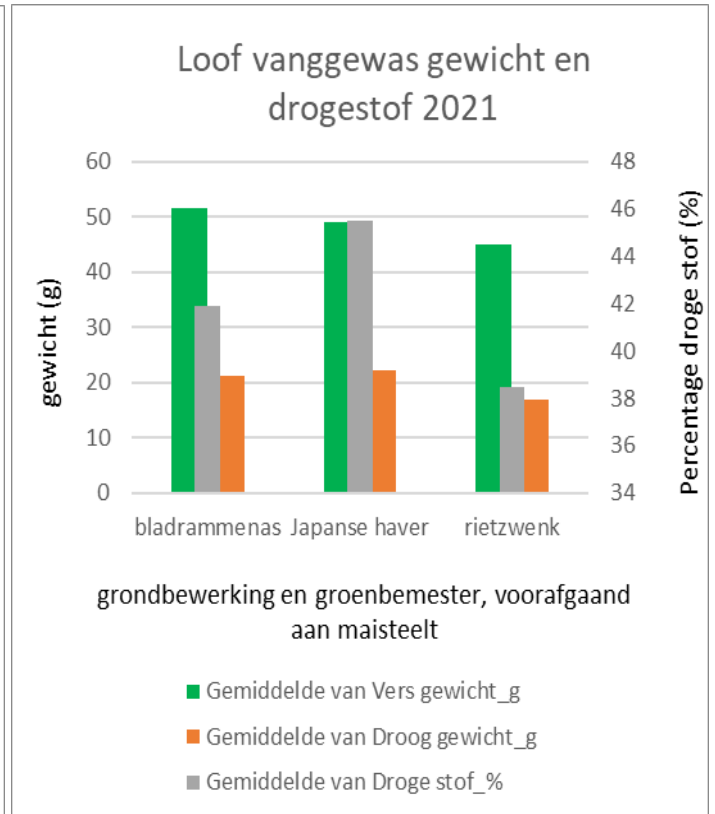
Er zijn echter geen significante verschillen gevonden in voederwaarde (VEM) voor zowel de grondbewerking als groenbemester objecten. Voor totaal VEM lijkt de hoogste voederwaarde verkregen te worden op het object waar vorig jaar bladrammenas stond en waar de woeler heeft gereden. Het object met gaten prikken en waar vorig jaar Japanse haver stond, lijkt het laagst te scoren.

3.2.2.3 Opbrengst bovengronds vanggewas Vredepeel

Figuur 6 en Figuur 7 geven de bovengrondse biomassa in vers en droog gewicht van het vanggewas rietzwenk op 2 december 2021 van de bemonsterde veldjes (0,25 m²). De rietzwenk is gelijk ingezaaid met de mais op 7 mei 2021. Het berekende droge stof gehalte is zichtbaar in het grijs en af te lezen op de rechteras. Wanneer de verschillende objecten in mechanische ondergrondbewerking vergeleken worden, lijkt het erop dat bij het object waar gewoeld is (W), het vanggewas de minste bovengrondse biomassa heeft, gevolgd door het vanggewas op de veldjes waar kleine gaten zijn geboord (P). Op de veldjes waar grote gaten (G) geboord zijn, lijkt het vanggewas de hoogste bovengrondse biomassa te hebben. Wanneer de verschillende groenbemesterveldjes uit het eerste jaar van de proef vergeleken worden, zien we kleine verschillen in opbrengst. De veldjes waar vorig jaar rietzwenk stond, laat momenteel de laagste bovengrondse biomassa opbrengst van het vanggewas zien



Figuur 6. Droge stof percentages, vers en droog gewicht opbrengst van het loof van het vanggewas 2021. Gewicht (vers en droog) op de linker-as, droge stof percentages op de rechter-as. Gemiddeld voor de verschillende mechanische bewerkingen.

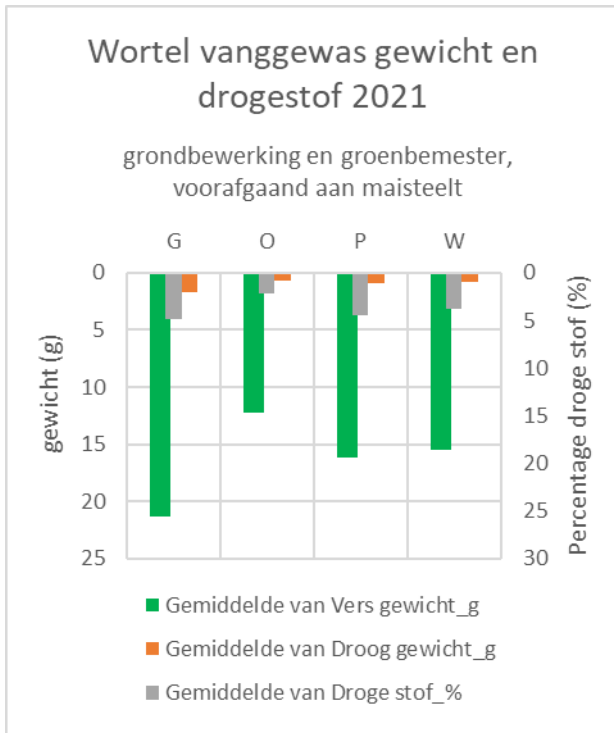


Figuur 7. Droge stof percentages, vers en droog gewicht opbrengst van het loof van het vanggewas 2021. Gewicht (vers en droog) op de linker-as, droge stof percentages op de rechter-as. Gemiddeld voor de verschillende groenbemesters.

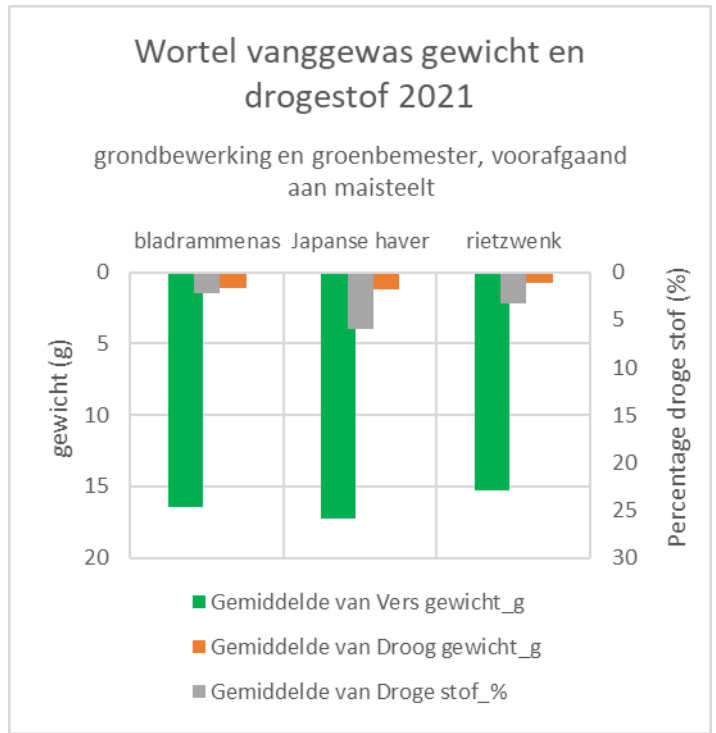
3.2.2.4 Opbrengst ondergronds vanggewas Vredepeel

Figuur 8 en Figuur 9 geven de ondergrondse biomassa in vers en droog gewicht van het vanggewas rietzwenk (gelijk ingezaaid met de mais) van de bemonsterde veldjes (0,25 m²) op 2 december 2021. De bemonsterde veldjes zijn 0,25 m². Het berekende droge stof gehalte is zichtbaar in het grijs en weer af te lezen op de rechteras.

Bij de ondergrondse biomassa is een andere trend waar te nemen dan bij de bovengrondse biomassa. Op het onbehandelde object (O), lijkt de laagste ondergrondse biomassa ontwikkeld te zijn. Het object waar grote gaten zijn geboord (G), juist de hoogste ondergrondse biomassa. De verschillen tussen de veldjes met de verschillende groenbemesters die er vorig jaar stonden, zijn kleiner dan de verschillen tussen de uitgevoerde mechanische ondergrondsbewerking. De veldjes waar vorig jaar de groenbemester rietzwenk stond, lijkt het hoogst in ondergrondse biomassa, maar deze ondergrondse biomassa opbrengst verschilt weinig van de ondergrondse biomassa van de veldjes waar vorig jaar japanse haver of bladrammenas stond.



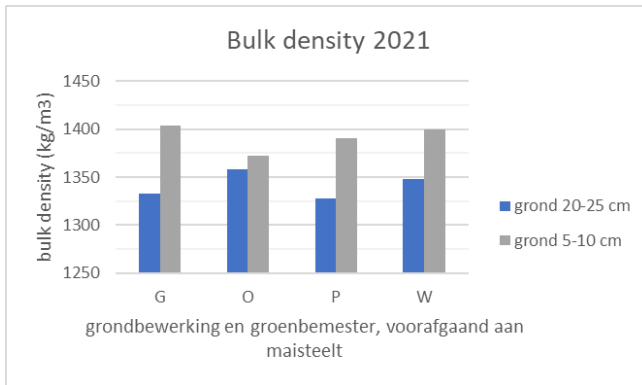
Figuur 8. Droge stof percentages, vers en droog gewicht opbrengst van de wortels van het vanggewas 2021



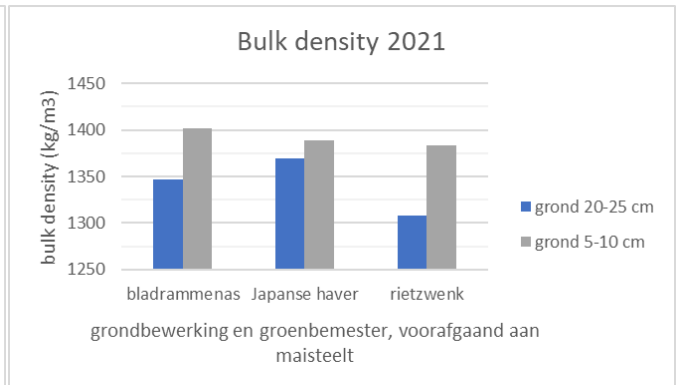
Figuur 9. Droge stof percentages, vers en droog gewicht opbrengst van de wortels van het vanggewas 2021.

3.2.2.5 Droge bulkdichtheid

Figuur 10 en Figuur 11 geeft de droge bulkdichtheid van de bodem weer, voor de bodemlagen 5-10 cm en 20-25 cm. De ringmonsters zijn genomen op 13 december 2021, op 1 plek per veldje op de genoemde 2 dieptes. Resultaten verschillen voor de twee verschillende bodemlagen. Wanneer de mechanische ondergrondbewerking vergeleken wordt, scoort het onbehandelde object (O) het laagst in de laag 5-10 cm, terwijl in de laag 20-25 cm het boren van kleine gaten (P), samen met de grote gaten boren (G) de laagste droge bulkdichtheid tot gevolg heeft. Deze verschillen in bulkdensity in de laag 0-30 cm is echter niet significant voor de diverse grondbewerkingen. De verschillende groenbemesters vergelijkend, zien we dat de veldjes waar rietzwenk stond in de laag van 5-10 cm en de laag van 20-25 cm de laagste droge bulkdichtheid laat zien. Het verschil in de laag 5-10 is echter minimaal. In de laag 0-30 cm is de bulkdensity van het object waar in 2020 rietzwenk stond significant lager dan die van Japanse haver maar niet van bladrammenas. Het object waar Japanse haver stond heeft een hogere droge bulkdichtheid dan rietzwenk maar niet dan niet van bladrammenas.



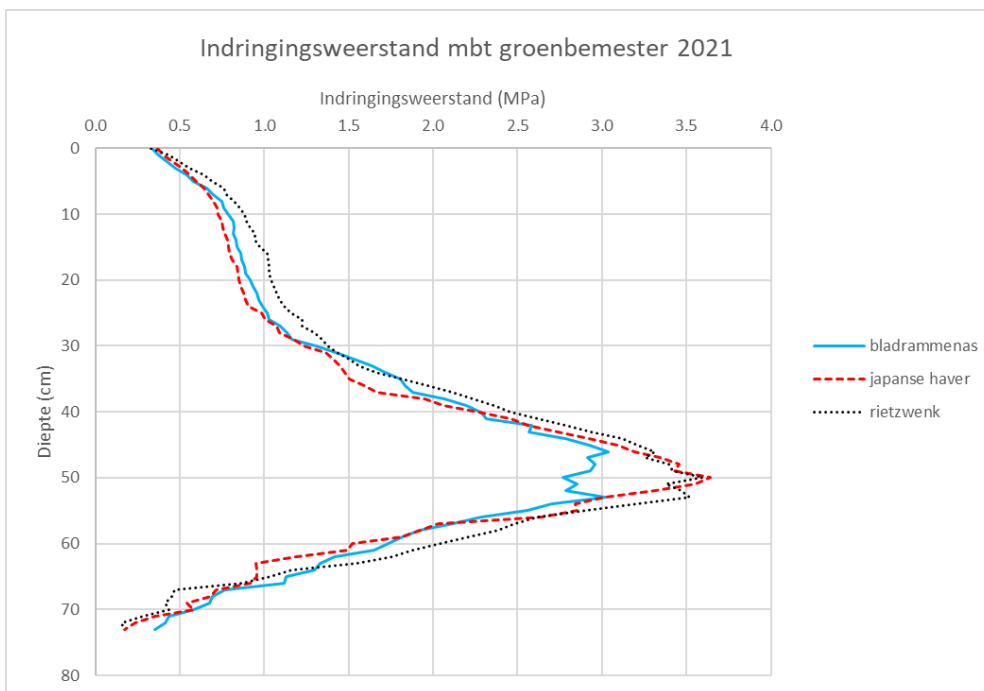
Figuur 10. Droge bulkdichtheid 2021 voor de verschillende mechanische bewerkingen.



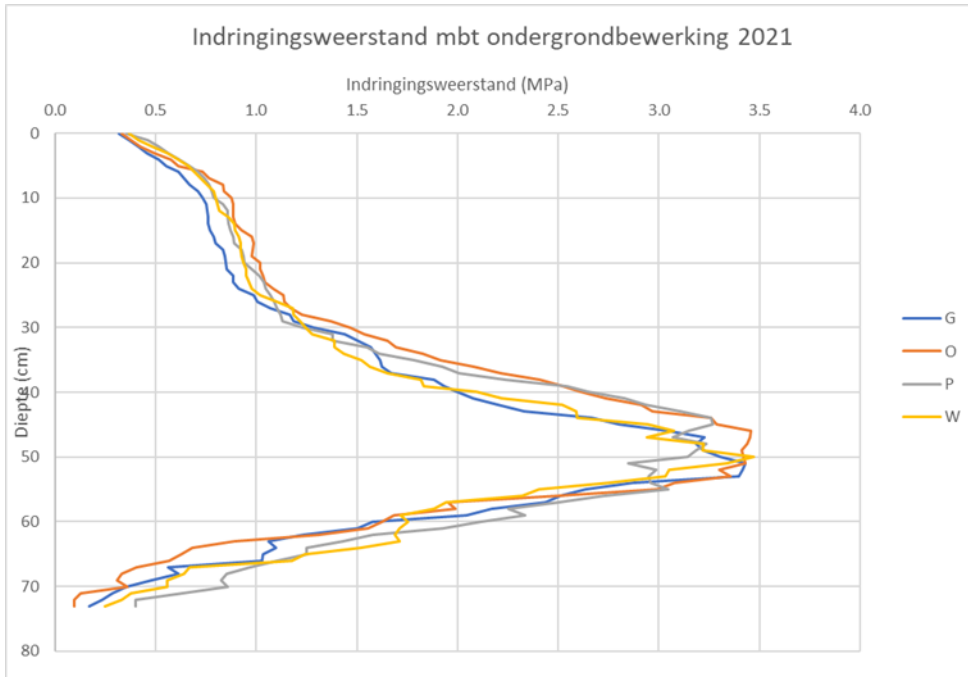
Figuur 11. Droge bulkdichtheid 2021 voor de verschillende groenbemesters.

3.2.2.6 Indringingsweerstand

In *Figuur 12* en *Figuur 13* zijn de verschillende indringingsweerstand per cm bodem te zien, gemeten op 26 november 2021 met een Eijkelkamp penetrologger (conus 1 cm², tophoek 60°, 6 random steken per veldje). In beide figuren is de verdichting onder de bouwvoor (tussen de 40 en 60 cm diepte ongeveer) goed waar te nemen. De verschillende groenbemesters vergelijkend, zien we dat juist op die diepte de indringingsweerstand het laagste is voor de veldjes waar vorig jaar bladrammenas als groenbemester gestaan heeft. Voor de verschillende mechanische ondergrondbewerkingen is minder verschil waar te nemen. Er is nog geen statistische analyse gedaan over de data van de gemeten indringingsweerstand.

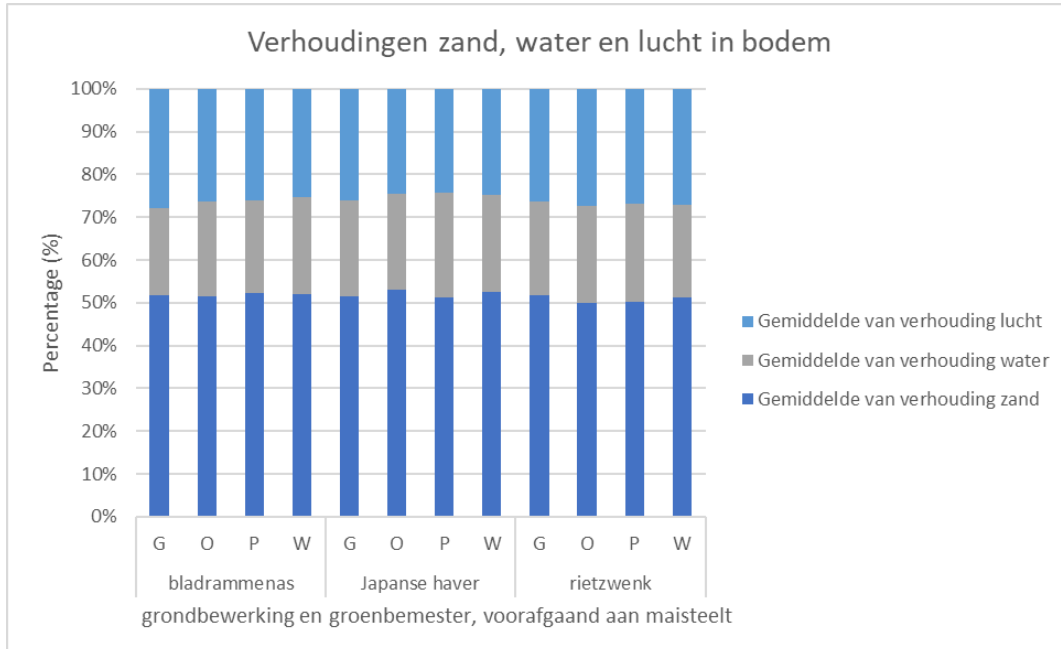


Figuur 12. Indringingsweerstand 2021, gemiddeld voor de verschillende groenbemesters.



Figuur 13. Indringingsweerstand 2021, gemiddeld voor de verschillende mechanische ondergrondbewerkingen.

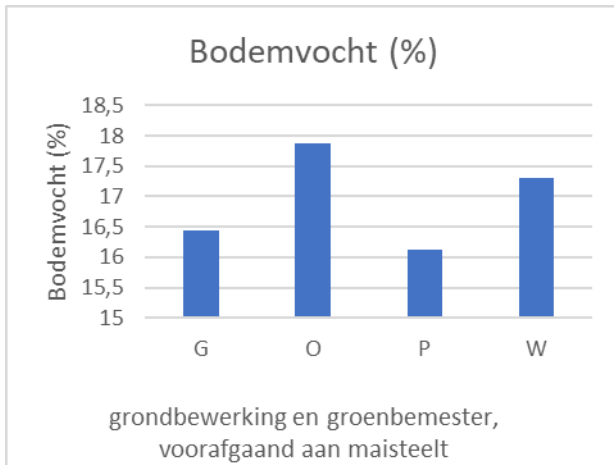
Figuur 14 geeft de berekende verhouding in de bodem tussen water, zand en lucht, zoals aanwezig op 13 december 2021. Er is nauwelijks verschil te zien tussen de verschillende objecten.



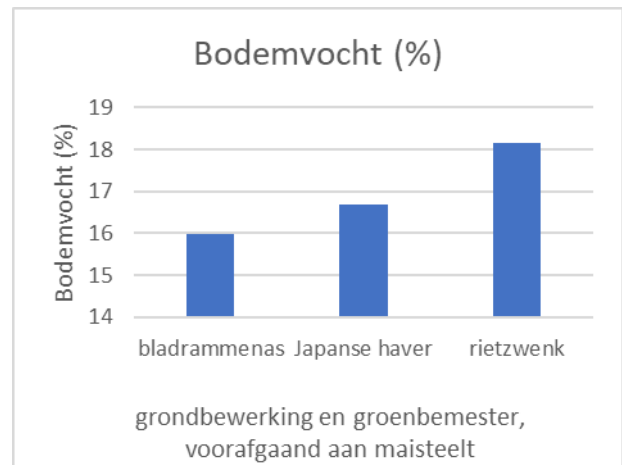
Figuur 14. Verhouding zand, water en lucht in de bodem, op 13 december 2021

Figuur 15 en Figuur 16 geven het bodemvocht percentage op 26 november 2021 in de verschillende objecten weer, gemeten in de bovenste 15 cm tijdens meting indringingsweerstand. Hier zien we wel verschillen. De veldjes waar rietzwenk als groenbemester gestaan heeft, lijkt het hoogste percentage in bodemvocht te hebben. Terwijl het laagste percentage in bodemvocht gevonden wordt in de veldjes waar bladrammenas gestaan heeft. Wanneer de verschillende mechanische ondergrondbewerkingen vergeleken worden, zien we

dat het hoogste percentage bodemvocht gevonden wordt in het onbehandelde object (O), en de laagste percentages in de objecten waar kleine (P) en grote gaten (G) geboord zijn. De verschillen zijn echter gering.



Figuur 15. Bodemvochtpercentage op 13 december 2021, gemiddeld voor de verschillende mechanische bewerking.



Figuur 16. Bodemvochtpercentage op 13 december 2021, gemiddeld voor de verschillende mechanische bewerking.

4 Praktijkdemo

4.1 Kraggenburg

Op 20 april 2021 is er op een perceel in Kraggenburg een deel van een perceel behandeld met de gatenboor. Op een strook langs de kopakker van de sloot is strook van 80 x 6 meter behandeld. In het verleden zijn er regelmatig problemen geweest met ondergrondverdichting en daarmee wateroverlast (foto 6 en 7). Een deel van de geboorde gaten is met compost opgevuld, een deel met drainagezand en een deel is niet gevuld (foto 8).



Foto 6. Verdichte ondergrond



Foto 7. Water tot in de bouwvoor



Foto 8. Geboorde gaten 75 x 75 cm



Foto 9. Opvulling drainagezand

In 2021 zijn er suikerbieten gezaaid op dit perceel en op 4 oktober 2021 zijn de geboorde gaten met de verschillende behandelingen beoordeeld op ontwatering en beworteling (foto 9-11).



Foto 10. Opvulling compost



Foto 11. Geen opvulling

Waar de gaten zijn opgevuld geboord was de onderkant van de geboorde gaten (diepte 60 cm) beduidend natter dan de grond eromheen. De afwatering van de bouwvoor zal deze gaten gebruiken voor waterafvoer. Opvallend was dat de geboorde gaten die niet met extern materiaal waren gevuld duidelijk herkenbaar waren. De toekomst moet uitwijzen of de losse structuur van deze boorgaten blijft bestaan en daarmee kan zorgen voor ontwatering van dit perceel.

4.2 Klimmen

Aan het ondereind van een helling van een graslandperceel op de löss in Zuid Limburg zijn twee veldjes aangelegd op 8 maart 2021. Veldjes zijn aangelegd met gaten boren en vulling met compost (75x75 cm grid) en kleine gaten boren (25x25 cm grid). Het idee hierachter is dat verzameld water van de helling bij afstroming op het lage punt makkelijker kan infiltreren voordat afstromend water eventueel de openbare weg op stroomt.

Op 23 juni 2021 is het perceel beoordeeld. Tot 35 cm diepte was de meeste beworteling te vinden. In de aangebrachte gaten die met compost zijn gevuld waren tot onderin wortels te vinden (foto 12). Over het algemeen waren er ondanks verdichting in de bouwvoor wortels tot op 35 cm te vinden.

In een bemonsterde plek in het perceel waar geen grondbehandeling heeft plaatsgevonden zit de beworteling geconcentreerd bovenin. Vooral in de laag 0-20 cm. Een enkele wortel komt tot 30 cm.



Foto 12. Compost bezet met wortels

4.3 Wijhe

Op een perceel met rivierklei wat tot enkele jaren terug in gebruik was als veehouderijbedrijf zijn op twee veldjes stroken aangelegd (foto 13) met de grote gaten boor waarbij als vulmateriaal gaten zijn gevuld met compost ofwel met drainagezand (foto 14). Op ongeveer 35 cm bevindt zich een zware laag knip om komklei die onder natte omstandigheden een slechte doorlaatbaarheid kent (foto 15). Het perceel is gedraineerd maar ondervindt nog steeds wateroverlast in natte omstandigheden waardoor oogst in het najaar erg moeizaam kan verlopen.



Foto 13. Aangelegd veldjes



Foto 14. Geboorde gaten in wintergerst stoppel

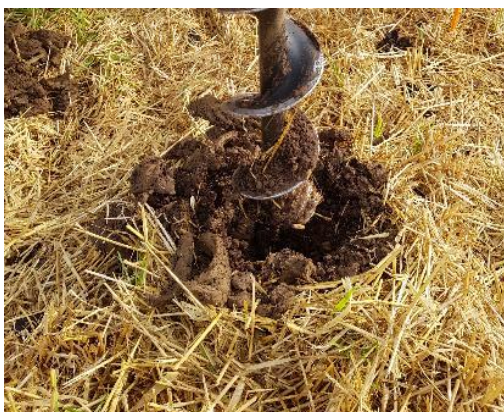


Foto 15. Zware klei uit ondergrond

Eind december 2021 zijn de aangelegde velden beoordeeld. Buiten de aangelegde veldjes is het perceel gewoeld met een drietands woelpoot tot 30 cm diepte. De geboorde gaten die zijn gevuld met zand laten water door wat dan ook tot onderin de geboorde gaten is te vinden. De zandkolom zelf is relatief droog. Er is een enkele plantenwortel in het zand te vinden.

De gaten die zijn gevuld met compost laten een ander beeld zien. De compostkolom is geheel verzadigd met water en de grond eromheen is natter. De organische stof in de compost zal het water langer vasthouden in vergelijking met grof zand. In compost zijn geen wortels teruggevonden.

5 Conclusie en discussie

Kleigrond

De bovengrondse opbrengst van de groenbemesters bij bemonstering in september was het hoogst in het object waar de kleine gaten geprikt waren en het laagst waar gewoeld was. De bemonstering van de plotjes eind november liet een ander beeld zien. Daar was de bovengrondse opbrengst het hoogst van het onbehandelde veld en die van de grote gaten was lager maar vergelijkbaar. De bovengrondse opbrengst van de gewoelde objecten was het laagst. De ondergrondse biomassa (wortels) laat een ander beeld zien. Woelen laat een hogere wortelmassa zien dan onbehandeld en de kleine gaten een lagere. Het versgewicht van de wortelmassa van de grote gaten is hoger dan het onbehandelde object terwijl de droge stofopbrengst lager is. Kijkend naar de prestaties van de verschillende groenbemesters valt op dat de verse bovengrondse biomassa van het mengsel bovengronds lager is dan de andere twee. De droge stofopbrengst van de groenbemesters is vergelijkbaar. De ondergrondse biomassa in droge stof van mengsel is het laagst en die van rietzwenk het hoogst in zowel verse massa als droge stof. Opgemerkt moet worden dat er gemeten is in de laag 0-30 cm en van grassen is bekend dat deze voornamelijk in deze bodemlaag wortelen.

De resultaten van de bovengrondse biomassa komen niet overeen met die van de droge bulkdichtheid. De verwachting is dat een lagere dichtheid van de grond zorgt voor de meest ongestoorde plantengroei. De droge bulkdichtheid in de laag 0-15 en 15-30 cm is het laagst in het object waarin gewoeld is. Qua bovengrondse opbrengst is de opbrengst van dit object lager maar wat betreft ondergrondse biomassa past dit wel bij het beeld aangezien deze het hoogst is.

In geen van de objecten op kleigrond wordt de kritische grens van 3 MPa overschreden in de kritische bodemlaag van 0-60 cm. Dit kan te maken hebben met de veldomstandigheden bij bemonstering. Het vochtgehalte in de laag 0-30 cm bij bemonstering was 20-21% en daarmee geschikt voor bodemfysische metingen. Niet bekend is was de vochttoestand in de laag hieronder was.

Zandgrond

Er zijn geen significante verschillen gevonden in versgewicht en droge stofopbrengst van de geoogste snijmais. Ook in VEM gehalte van de mais zijn er geen significante verschillen gevonden. De opbrengst van het ondergezaaide rietzwenkgras lijkt een hogere vers en droge stofgewicht van zowel boven- als ondergrondse biomassa te hebben.

Grondbewerking heeft geen significante verschillen opgeleverd in droge bulkdichtheid tussen de verschillende grondbewerkingen in de laag 0-30 cm. Waar vorig jaar rietzwenkgras stond is de droge bulkdichtheid wel significant lager dan de veldjes waar in 2020 Japanse haver stond. Dit zegt echter nog niks over het effect op ondergrondverdichting. De verwachting is wel dat een betere bodemstructuur in de ondergrond een positieve uitwerking zal hebben op die van de bouwvoor.

Met het woelen van een verdichte laag op zandgrond is het mogelijk om de indringingsweerstand in de bouwvoor drastisch te verlagen. Deze lagere indringingsweerstand heeft echter geen invloed op de biomassa van de groenbemester in verse product en droge stof. Waar in 2020 bladrammenas als voorvrucht heeft gestaan is de indringingsweerstand onder de bouwvoor beduidend lager dan die van de andere twee groenbemesters. Mogelijk dat de penwortels van bladrammenas hieraan bijgedragen hebben.

Literatuur

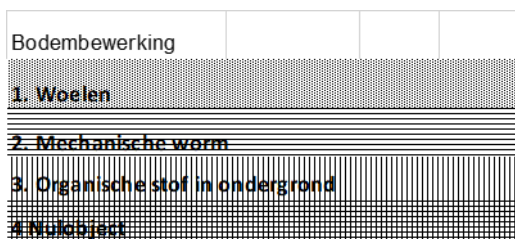
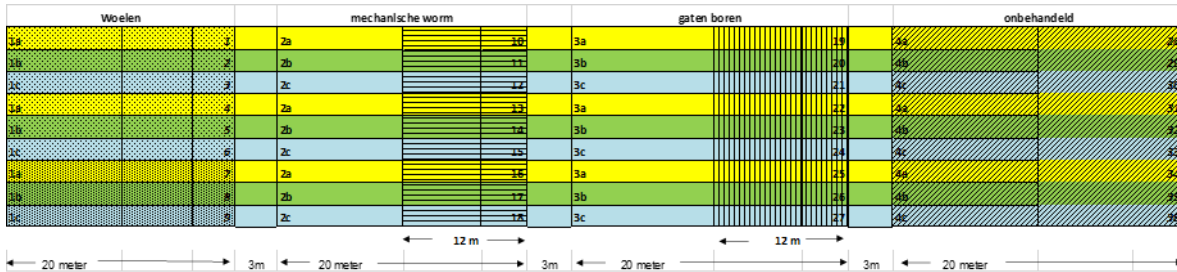
Akker van den J.J.H, Groot de W.J.M, Een inventariserend onderzoek naar de ondergrondverdichting van zandgronden en lichte zavel, Alterra-rapport 1450, Wageningen, 2008

Akker J.J.H. van den, Vries de F. , Vermeulen G.D , Hack-ten Broeke M.J.D., Schouten T. , Risico op ondergrondverdichting in het landelijk gebied in kaart, Alterra-rapport 2409, ISSN 1566-7197, <http://edepot.wur.nl/251636>, Wageningen, 2013

Geel van W.C.A, Dekker P.H.M, Groot de W.J.M., Verbetering structuur ondergrond, PPO nr. 32 50055100, 2009

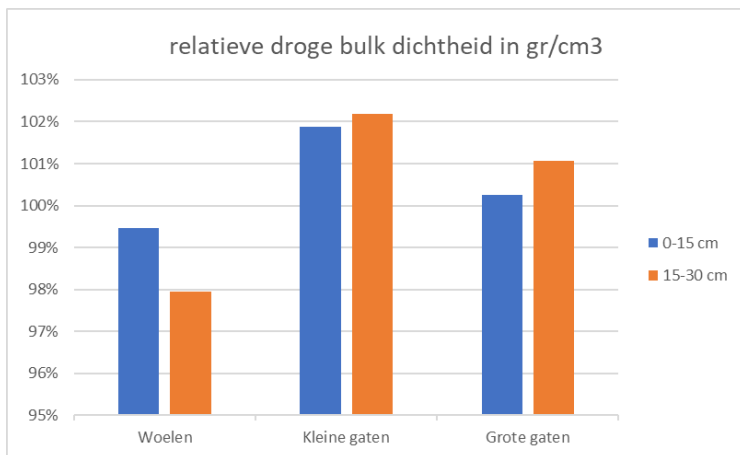
Zhai X., Horn R., Effect of static and cyclic loading including spatial variation caused by vertical holes on changes in soil aeration, Soil and Tillage research, november 2017

Bijlage 1 Proefveld Lelystad

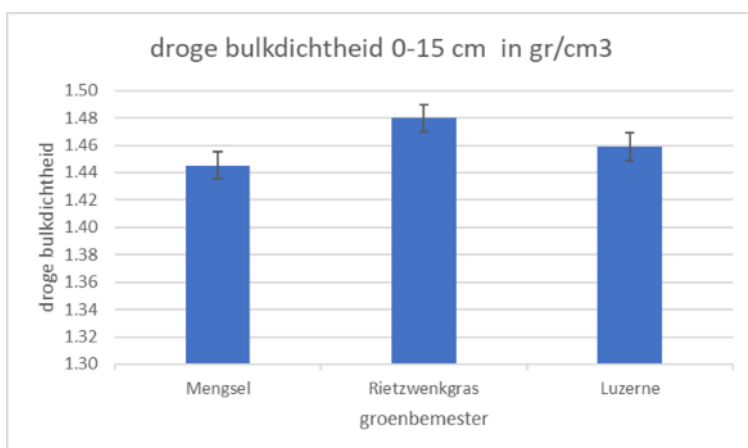


Gewassen	2019	
a Diepwortelende groenbemester 1	Solarigol TR	35 kg/ha
b Diepwortelende groenbemester 2	Sudangras	15 kg/ha
c Standaard groenbemester	Bladrammenas	30 kg/ha + 30 kg N

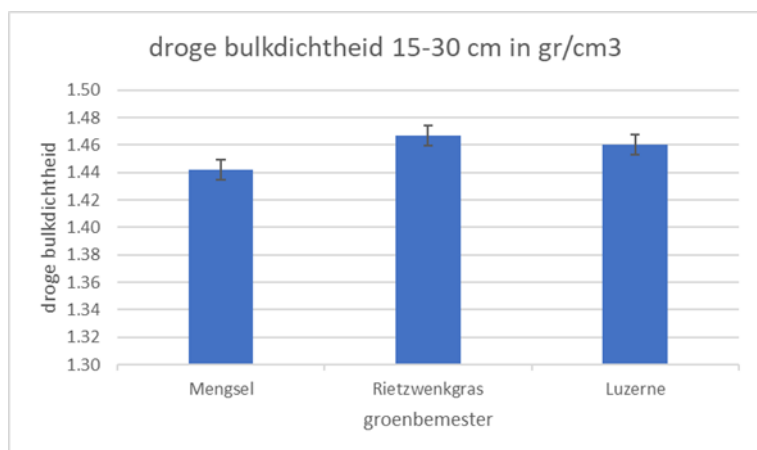
Bijlage 2 Droge bulkdichtheid proefveld Lelystad



Figuur B2.1. Relatieve droge bulkdichtheid in gram/cm3 per grondbehandeling 2021

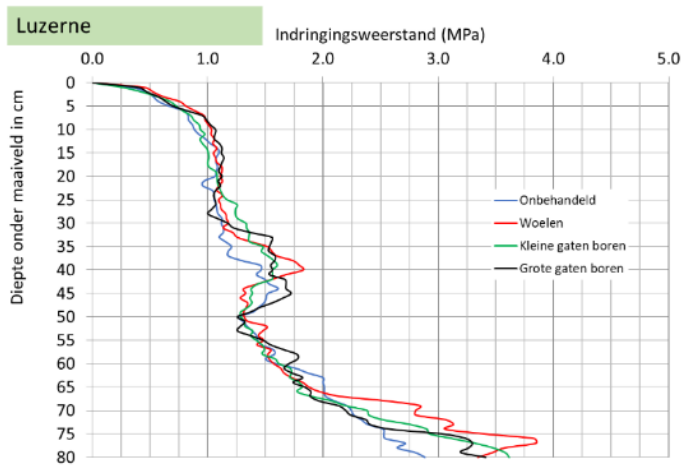
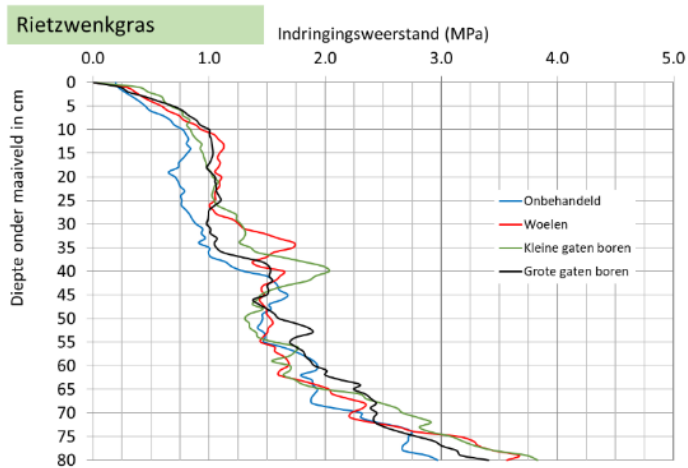
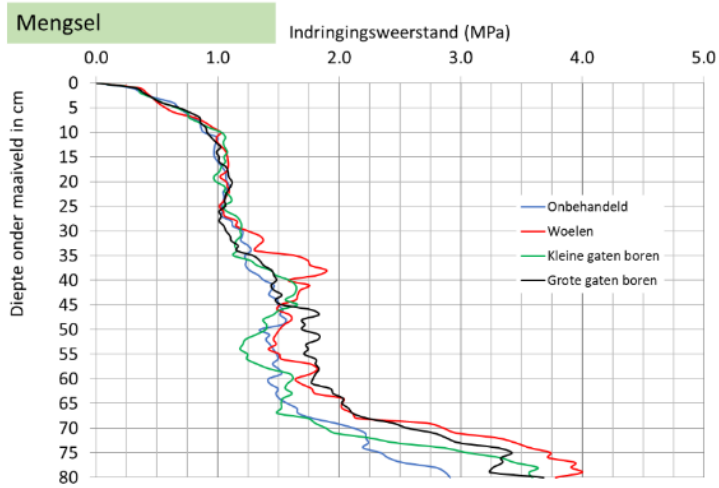


Figuur B2.2. Droge bulkdichtheid in de laag 0-15 cm in gram/cm3 per groenbemester 2021



Figuur B2.3. Droge bulkdichtheid in de laag 15-30 cm in gram/cm3 per groenbemester 2021.

Bijlage 3 Indringingsweerstand Lelystad per groenbemester 2021



Bijlage 4 Proefveld Vredepeel

Beschrijving van de objecten

De verschillende mechanische ondergrondbewerkingen O, W, G, P en de extra objecten Gext, Gzand, compost en RW kort beschreven:

Onbehandeld object (O):

- Geen bewerking, wel groenbemester.

Woelen (W):

- Woeler met vaste tand om storende laag te doorbreken. 50 cm tussen tanden, werkdiepte 35 cm.

Grote gaten boren en vullen met ½ compost en ½ uitgeboorde grond (G):

- Gaten boren met een palenboor in een grid van 75 x 75 cm (Ø 10 cm) tot 60 cm diepte. De onderste helft opvullen met compost en de rest opvullen met opgeboorde grond.

Kleine gaten boren (P):

- Gaatjes boren met een lange steenboor in een grid van 25 x 25 cm (Ø 2 cm) tot 60 cm diepte, gaatjes niet opvullen.

Grote gaten boren en vullen met ½ compost en ½ uitgeboorde grond (Gext):

- Hier wordt dezelfde handeling toegepast als op de objecten G, alleen wordt er bij deze 2 veldjes een grid aangehouden van 150 x 150 cm.

Grote gaten boren en vullen met ½ grof zand en ½ uitgeboorde grond (Gzand):

- Dezelfde handeling wordt toegepast als bij object G, alleen wordt in plaats van compost grof zand/drainagezand gebruikt om de onderste helft van het gat op te vullen. Dit object is op 2 van de extra veldjes aangelegd.

Compost toepassen (compost):

- 100 ton/ha. Aangelegd op 2 van de extra veldjes.

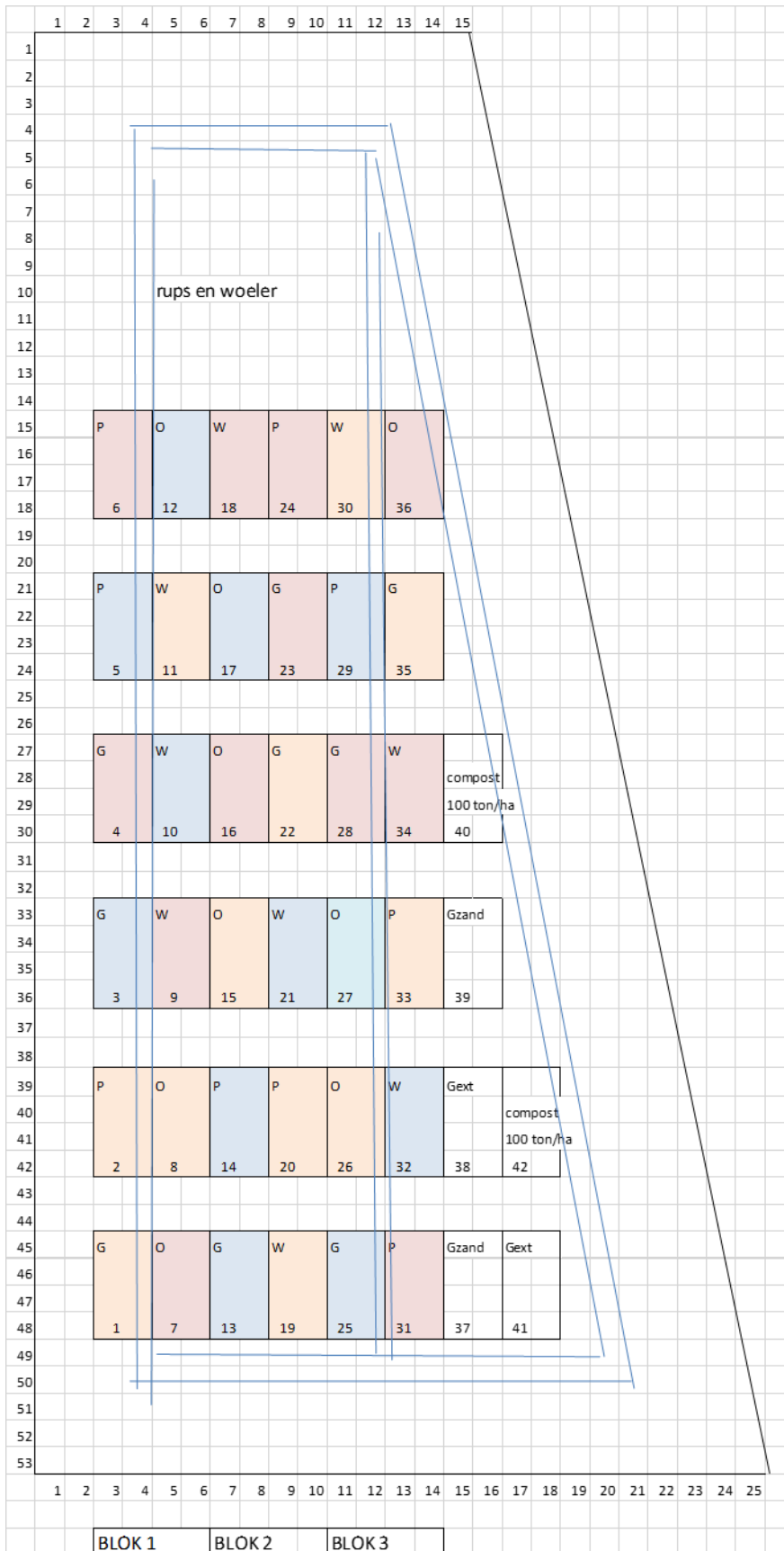
Rups en woeler (RW):






- Aangelegd op 5 van de extra veldjes.

Naast de verschillende ondergrondbewerkingen, zijn er in het najaar van 2020 verschillende groenbemesters gezaaid:

1. Bladrammenas Angus 20 kg
2. Japanse haver 80 kg
3. Rietzwenk Proterra 20 kg, Engels raaigras 10 kg

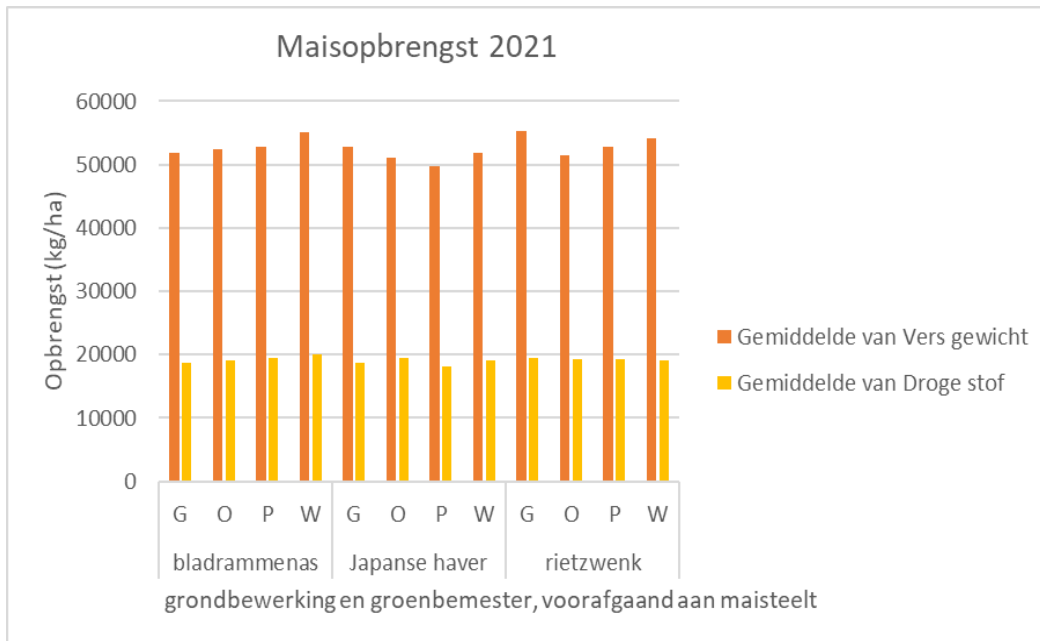
Plattegrond



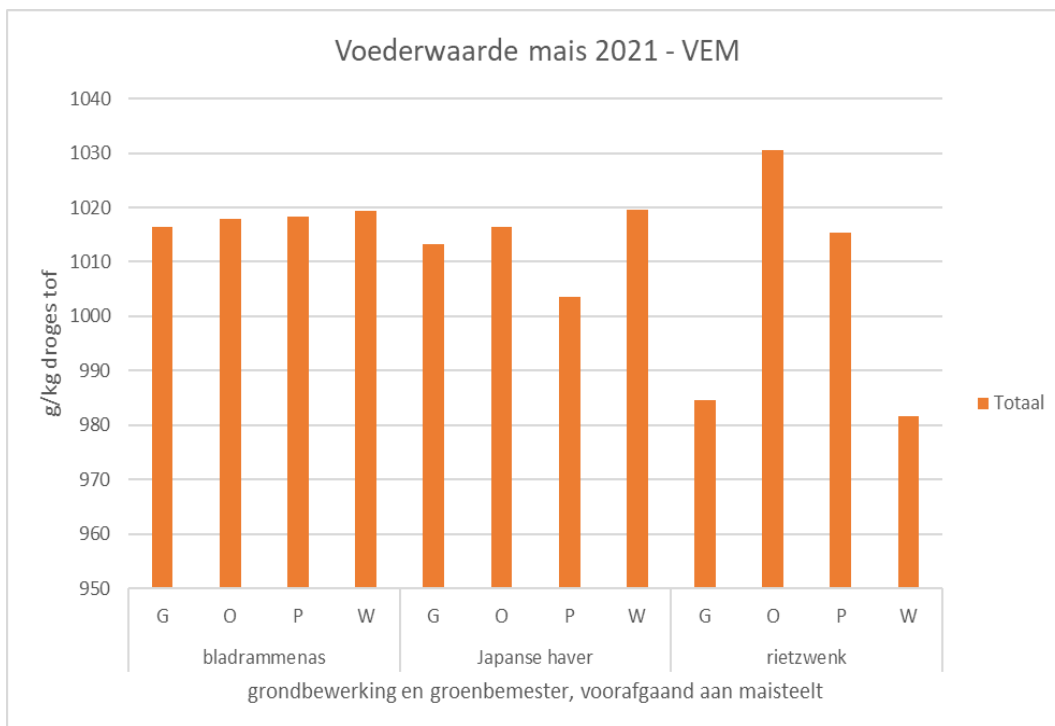
	Suitsporen
	3x 3 meter
	groenbemester 1 20 kg Bladrammenas Angus
	groenbemester 2 80 kg Japanse haver
	groenbemester 3 20 rietzwenkgras Protterra en 10 kg Engels raaigras
G gaten boren	Gaten boren met palenboor in grid 75 x 75 cm tot 60 cm onderste helft opvullen met compost rest opvullen met opgeboorde grond
P kleine gaten boren	Gaatje boren met lange steenboor in grid 25 x 25 cm, gaatje NIET opvullen
W Woelen	Woeler met vaste tand om storende laag te doorbreken
O onbehandeld	Geen bewerking, wel groenbemester
G zand	Gaten boren met palenboor in grid 75 x 75 cm tot 60 cm onderste helft opvullen met grof zand rest opvullen met opgeboorde grond
G ext	Gaten boren met palenboor in grid 150 x 150 cm tot 60 cm onderste helft opvullen met compost rest opvullen met opgeboorde grond



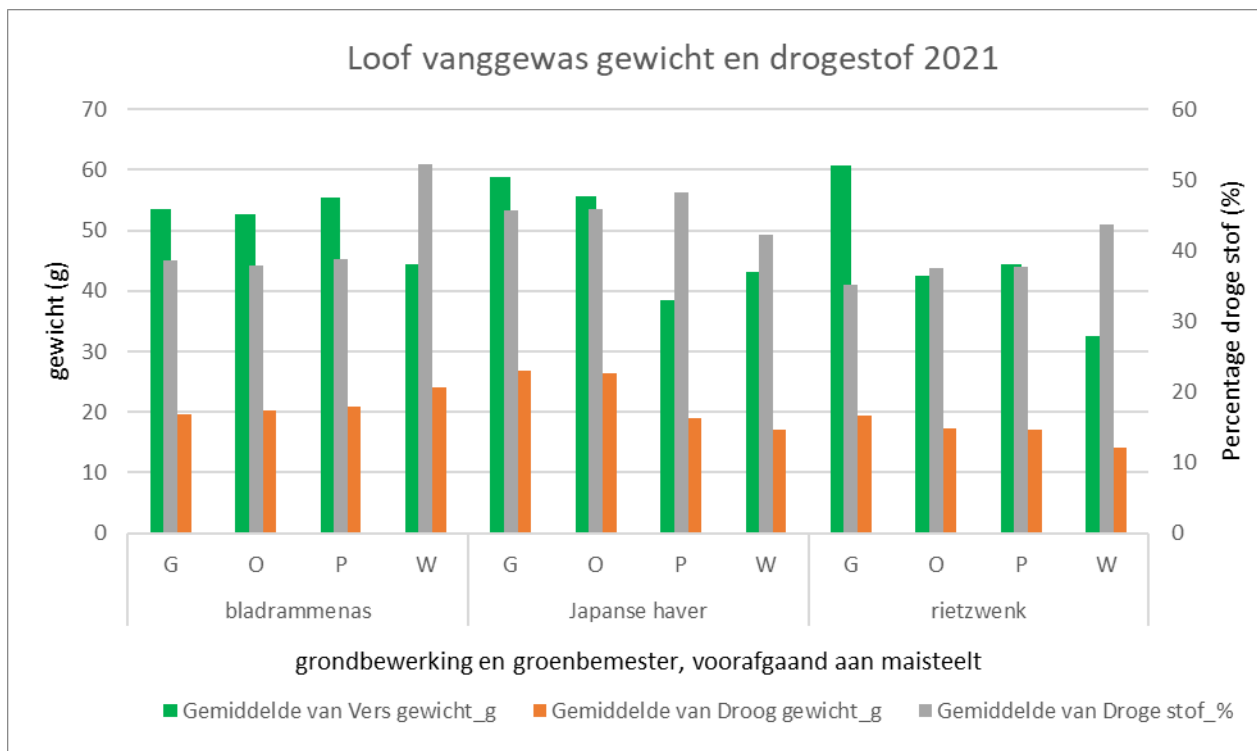
Bijlage 5 Resultaten van mechanische bewerking in combinatie met groenbemester Vredepeel 2021



Figuur B5.1. Maisopbrengst 2021, versopbrengst en droge stof opbrengst per mechanische grondbewerking en vanggewas



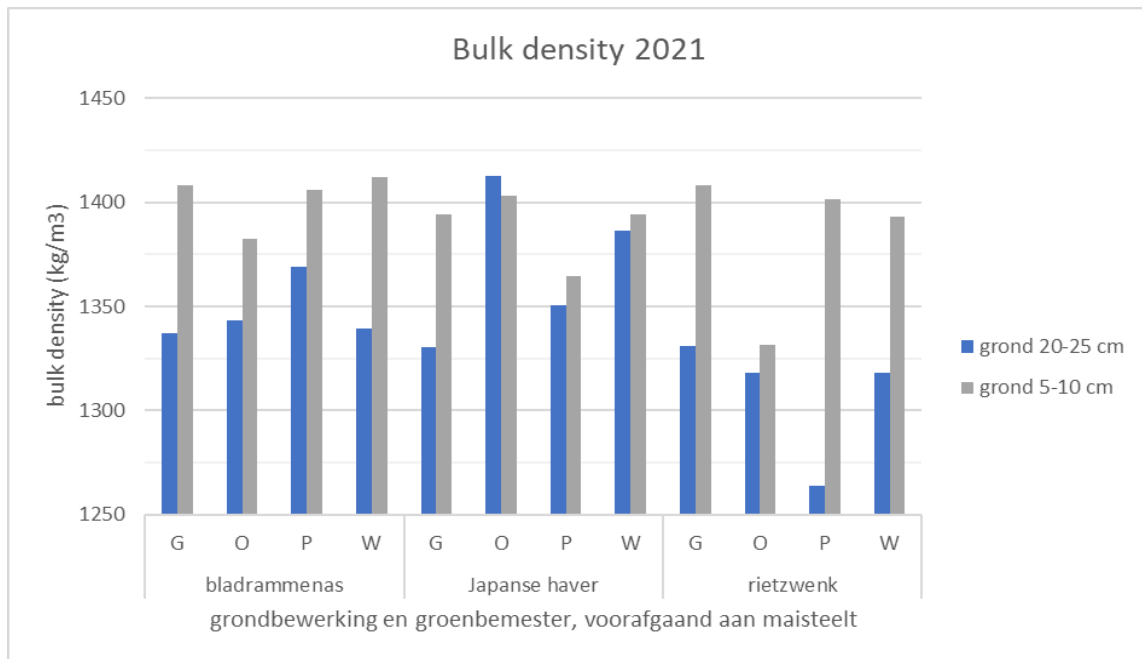
Figuur B5.2. Voederwaarde van de mais 2021 per mechanische grondbewerking en vanggewas



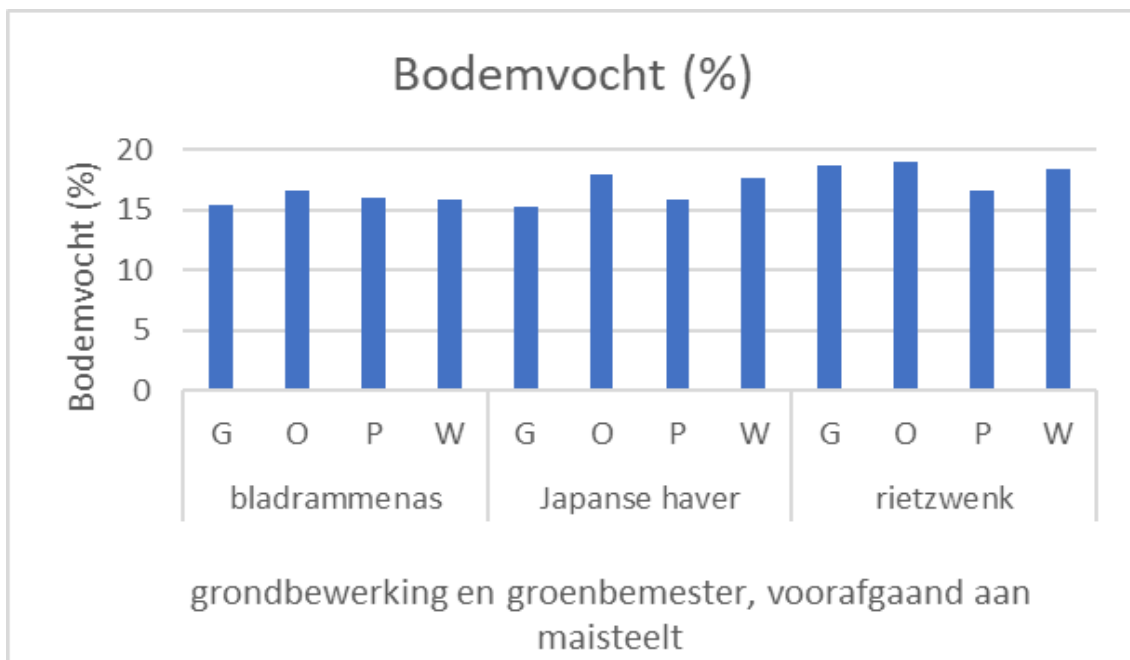
Figuur B5.3. Verse en droge bovengrondse biomassa van het vanggewas rietzwenk op 2 december 2021, die gelijk is ingezaaid met de mais.



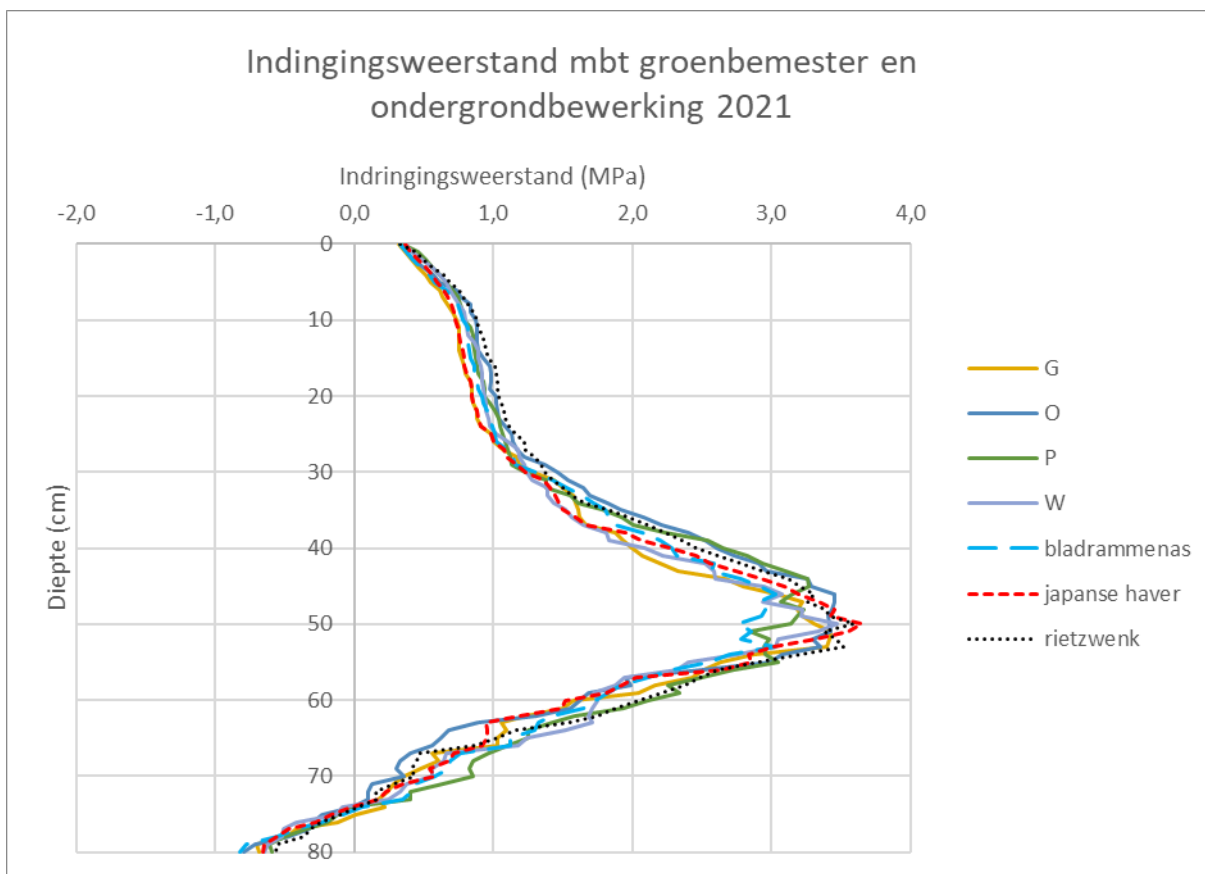
Figuur B5.4. Verse en droge ondergrondse biomassa van het vanggewas rietzwenk op 2 december 2021, die gelijk is ingezaaid met de mais.



Figuur B5.5. Droge bulkdichtheid 2021, gemiddeld voor de verschillende mechanische bewerking en de verschillende groenbemers

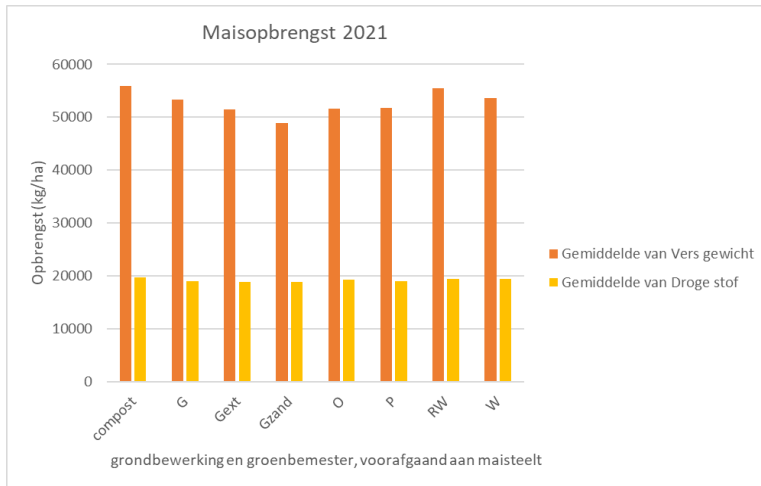


Figuur B5.6. Bodemvochtpercentage op 13 december 2021, gemiddeld voor de verschillende mechanische bewerking en de verschillende groenbemers

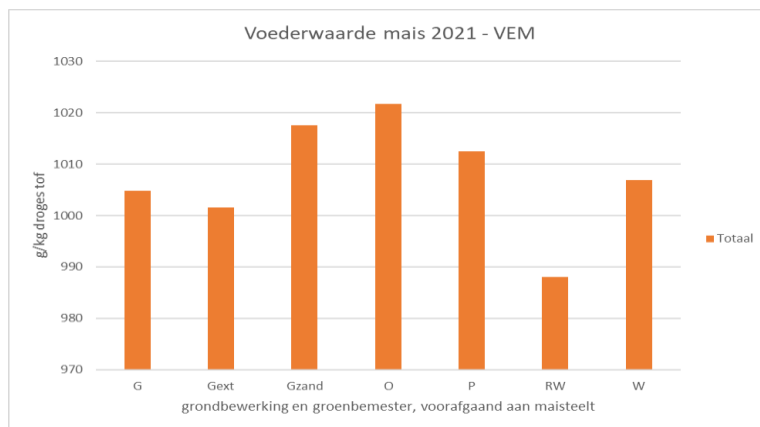


Figuur B5.7. Indringingsweerstand voor de verschillende mechanische ondergrondbewerkingen en de verschillende groenbemesters.

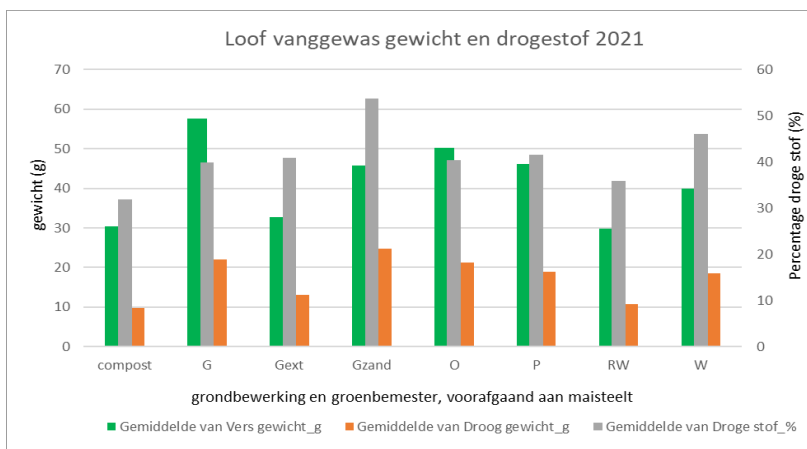
Bijlage 6 Resultaten van de mechanische bewerking inclusief extra objecten



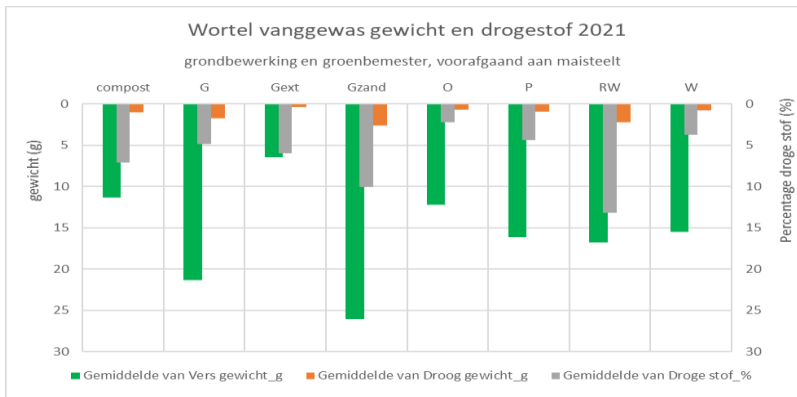
Figuur B6.1. Opbrengst mais (in vers en droge stof) per mechanische ondergrondbewerking 2021.



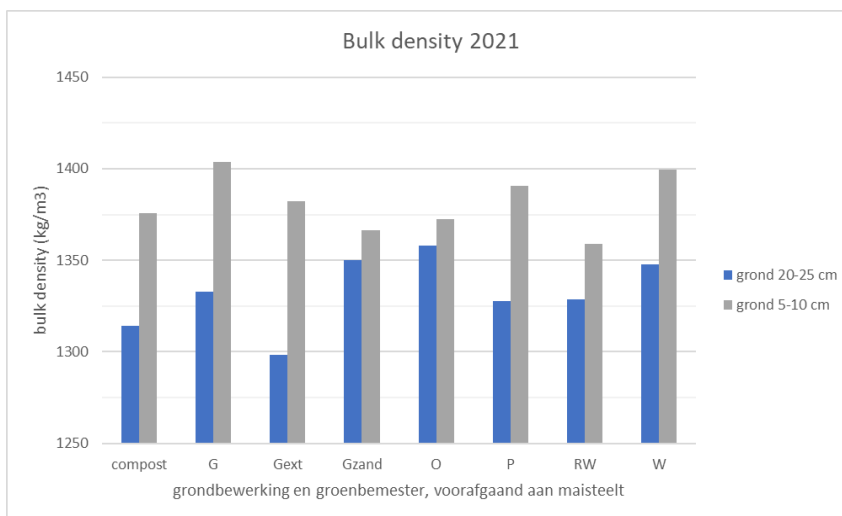
Figuur B6.2. Voederwaarde van de mais voor 2021 per mechanische ondergrondbewerking.



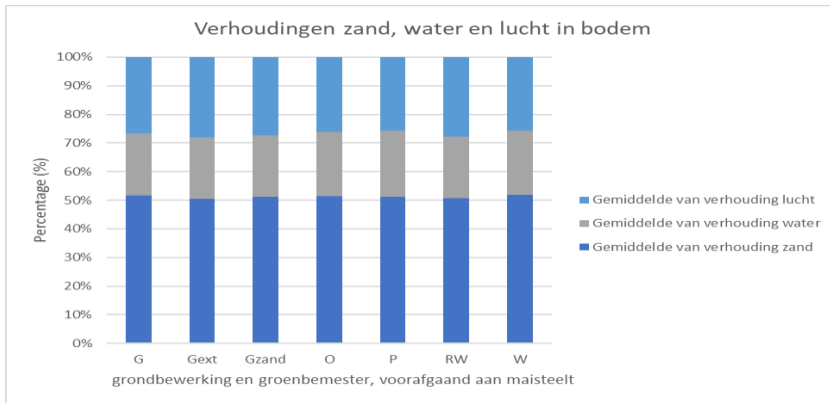
Figuur B6.3. Verse en droge bovengrondse biomassa van het vanggewas rietzwem op 2 december 2021, die gelijk is ingezaaid met de mais.



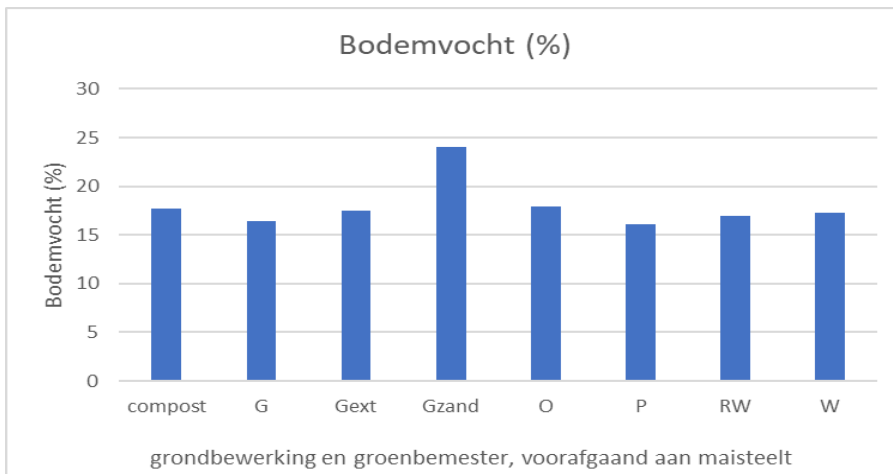
Figuur B6.4. Verse en droge ondergrondse biomassa van het vanggewas rietzwenk op 2 december 2021, die gelijk is ingezaaid met de mais.



Figuur B6.5. Droge bulkdichtheid 2021, gemiddeld voor de verschillende mechanische bewerkingen en extra objecten.

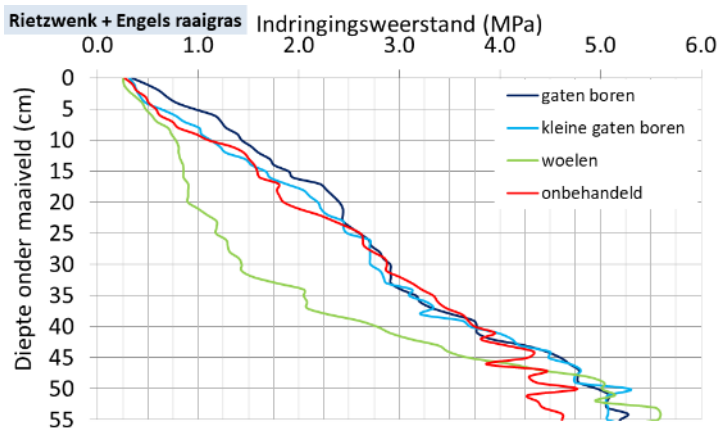
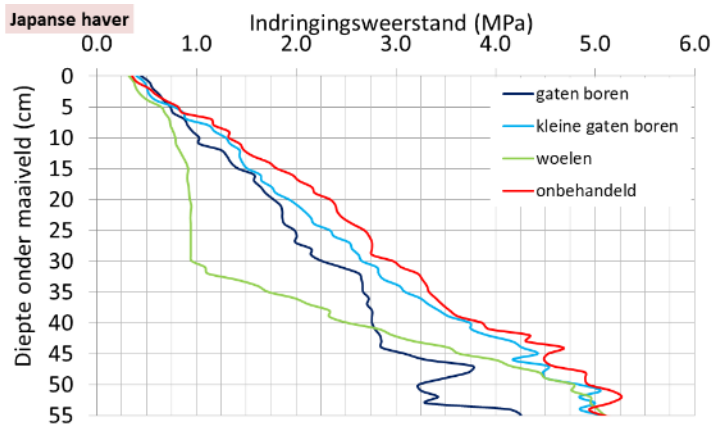
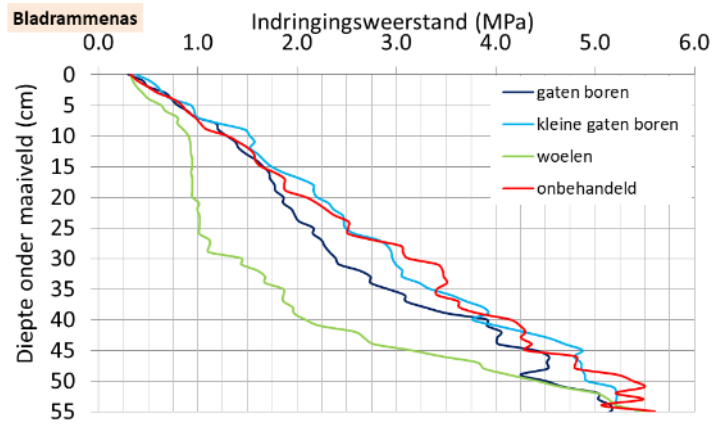


Figuur B6.6. Verhouding zand, water en lucht in de bodem, op 13 december 2021. Gemiddeld voor de verschillende mechanische bewerkingen en extra objecten.



Figuur B6.7. Bodemvochtpercentage op 13 december 2021, gemiddeld voor de verschillende mechanische bewerkingen extra objecten.

Bijlage 7 Indringingsweerstand Vredepeel per groenbemester en grondbewerking 2020



Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T 0320 29 11 11

wur.nl/plant-research

Rapport WPR-OT 942



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.