

# Kennisprogramma Circulair Terreinbeheer

Een samenvatting van onderzoek naar kwaliteit en effecten van lokale bodemverbeteraars. Presentatie t.b.v. Landelijke CT-dag, Apeldoorn

17 juni 2025, WUR – HVHL – HAS Green Academy. M.m.v. Emiel Elferink, Ruben Dümmer, Sigrid Dassen, Lyanne de Haan, Gerard Korthals, Johnny Visser, Lotte Stokkermans, Joop Spijker, René Rietra, Paul Römken



# Inleiding

- Waarom lokale bodemverbeteraars?
  - Circulaire economie; lokale verwerking plantenresten tot bemestingsproduct
- Waarom dit project?
  - Onderzoek mogelijke bodemeffecten en veiligheid voor mens en milieu, ter ontwikkeling van nieuw beleid
- Scala aan maatschappelijke verwachtingen

# Presentatie met **eind-** en **tussen**resultaten vanuit drie onderzoekslijnen

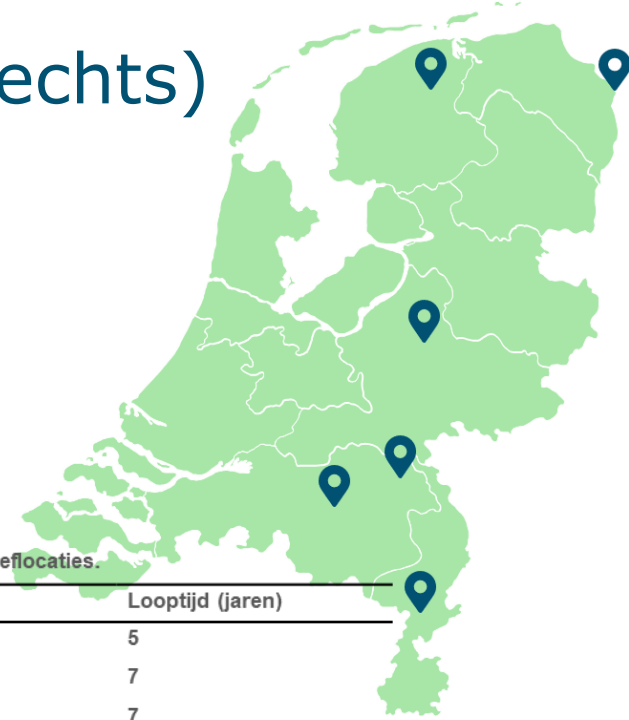
- Bokashi van groene reststroom naar bodemverbeteraar (2018-2024) (HVHL & partners)
- Kennisprogramma Circulair Terreinbeheer (2021-2026) (WUR & partners)
- Bokashi: naar een betere onderbouwing voor de praktijk (2023-2025); SIA (HAS green academy, HVHL & partners)

# Onderzoeksthema's

Onderstaande thema's zijn belangrijk voor de vraag of lokaal gemaakte bodemverbeteraars een toegevoegde waarde hebben:

- Organische stof van de bodem
- Onkruid na toepassing
- Watervasthoudend vermogen van de bodem
- BodembioLOGIE
- Risico's voor mens en milieu
- Landbouwkundige waarde

# Pilotlocaties (WUR links; HBO's rechts)

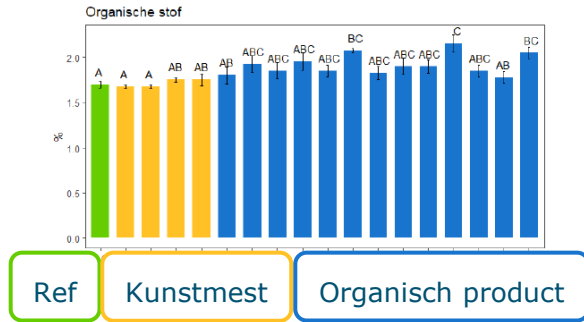


Tabel 1 Overzicht van de verschillende proeflocaties.

Locatie	Bodemtype	Looptijd (jaren)
Apeldoorn	Zand	5
Damwoude 1	Zand	7
Damwoude 2	Zand	7
Haps	Lemig zand	3
Biosintrum	Zand en klei	2
Sint Joost	Zand	5
SPNA	Klei	12
Veghel	Zand	2

# Organische Stof

## Proefvelden WUR



**Kleigrond:** kleine toename in hoge dosering;

- Niet bij alle producten
- Geen verschil bokashi – compost

**Zandgrond** (Hengelo/Vredepeel): geen effect

## Data Pilots

- Verandering OS is lastig vast stellen (variatie bodem/landgebruik/historie/bemonstering)
- Eerder langjarig onderzoek: weinig tot geen consistente toename (zand)

# Organische stof - conclusies

- In bokashi blijft C langer opgeslagen dan in compost
- Na toepassing in bodem geen verschil tussen toepassing compost of bokashi voor opbouw organische stof bodem
- In diverse onderzoeken tot dusverre geen/zeer beperkte toename organische stofgehalte gevonden bij alle bodemverbeteraars
- Bij bokashi komt veel labiele organische stof op veld die snel afbreekt. Dit heeft effecten op bodemleven en ook mogelijk op watervasthoudend vermogen

# Modelmatige ontwikkeling organischestofgehalte

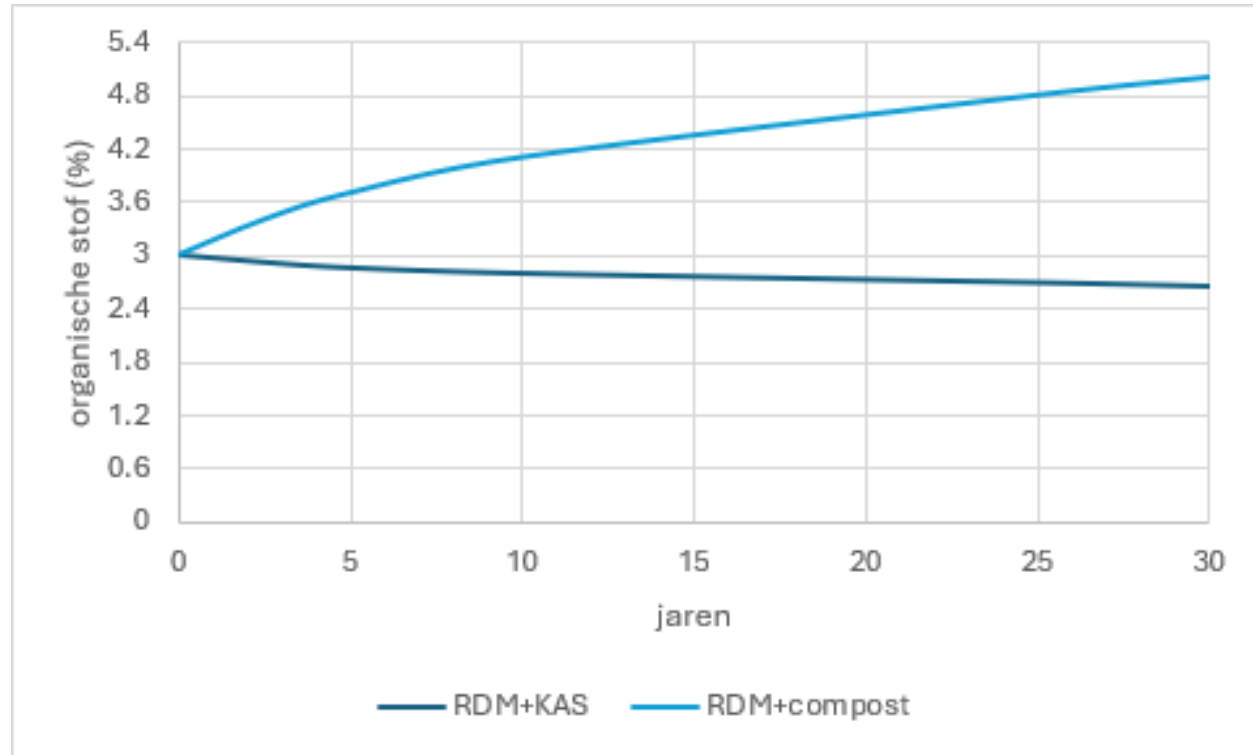
Vergelijking ontwikkeling organische stof-%

(1) gangbare bedrijfsvoering Runderdrijfmest (RDM) en kunstmest (KAS)

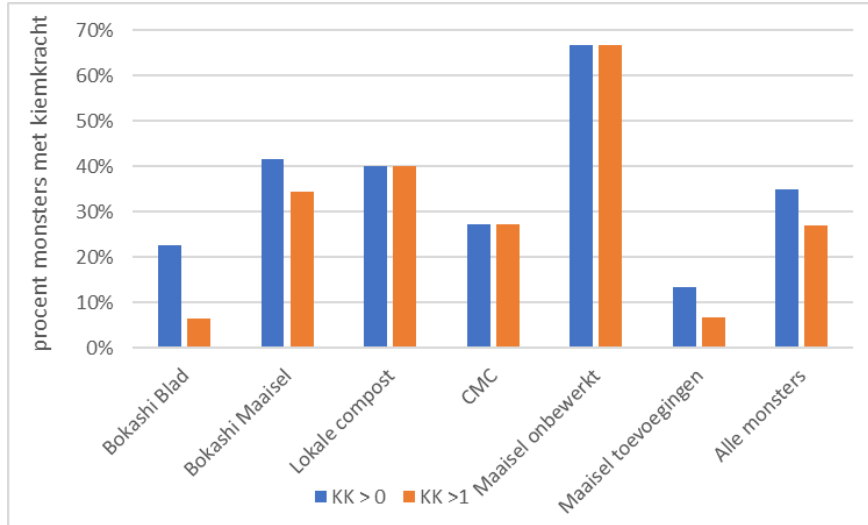
(2) RDM en **hoge** gift compost (50 ton/ha)

(Mais met vanggewas)

Roth-C model berekend met Demetertool



# Onkruid



Data bij ca. 60 pilots:

Mediane waarde kiemkracht = 0

Externe factoren

- Herkomst bronmateriaal
- Constructie bokashi-hoop
- Beschadiging bokashi-hoop
- Bemonstering product (plek in de hoop; tijdsduur na opening)

# Onkruid

## Binnenkant van de hoop



## Buitenkant van de hoop na openen



\*Monstername paar maanden na het openen van de bokashi bult

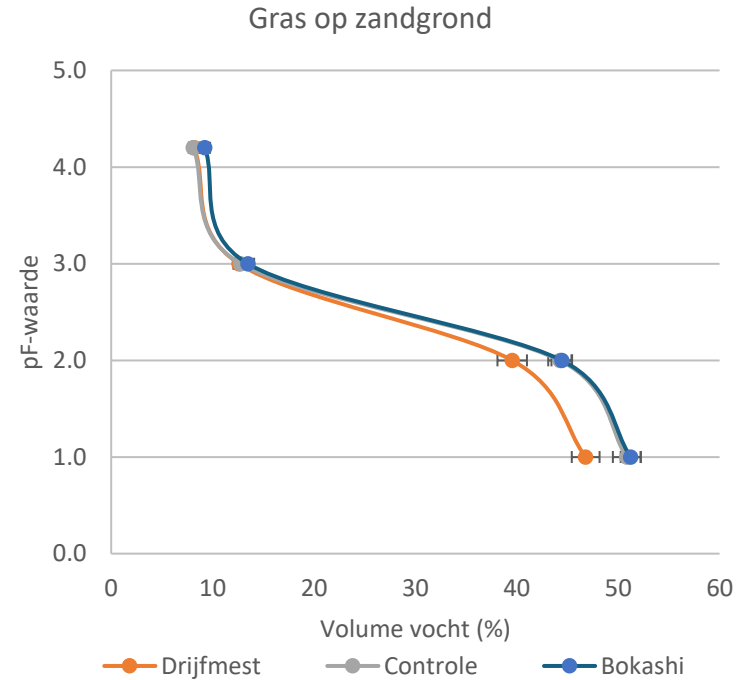
Bron: HvHL, 2024

# Onkruid - conclusies

- Bij bladbokashi geen risico
- Bij zorgvuldig inkuilen geen kiemkracht van onkruid
- Uit beperkt onderzoek blijkt dat effectieve micro-organismen kunnen zorgen voor extra onkruiddodingseffect van probleemonkruiden als Ridderzuring, Japanse duizendknoop en Jacobskruiskruid
  
- (In groenvoorziening kan hoge dosering – dikke mulchlaag - ook helpen tegen onkruid)

# Watervasthoudend vermogen

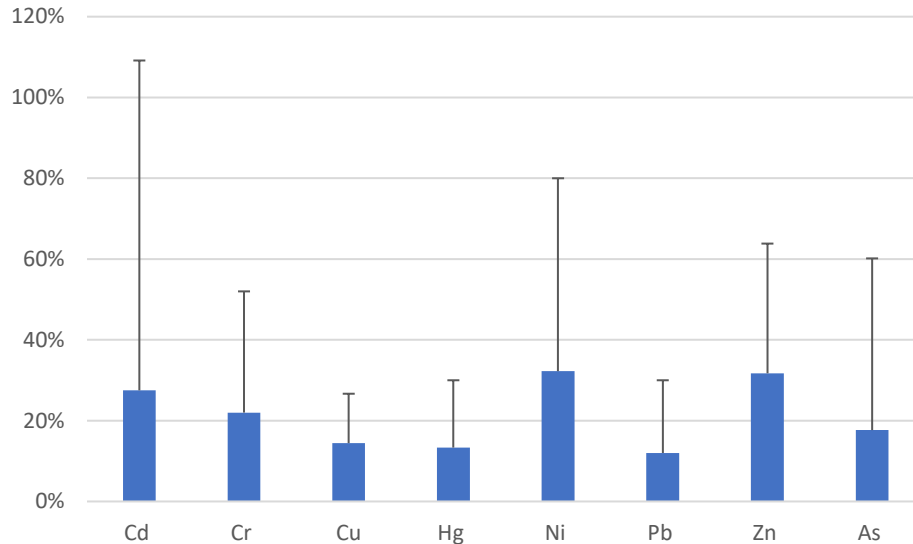
- Bij 20 ton/ha meestal geen effect gevonden op watervasthoudend vermogen en infiltratiesnelheid. Soms een licht positief effect.



# Watervasthoudend vermogen

- Er zijn uit proefveldonderzoek aanwijzingen dat het watervasthoudend vermogen na toepassing van hoge doseringen toeneemt
- In najaar 2025 wordt dit verder getoetst op proefvelden en bij 10 pilots met bepaling van de vochtbeschikbaarheid voor planten bij verschillende pF-waarden

# Mens en milieu - metalen



Bron: WEnR

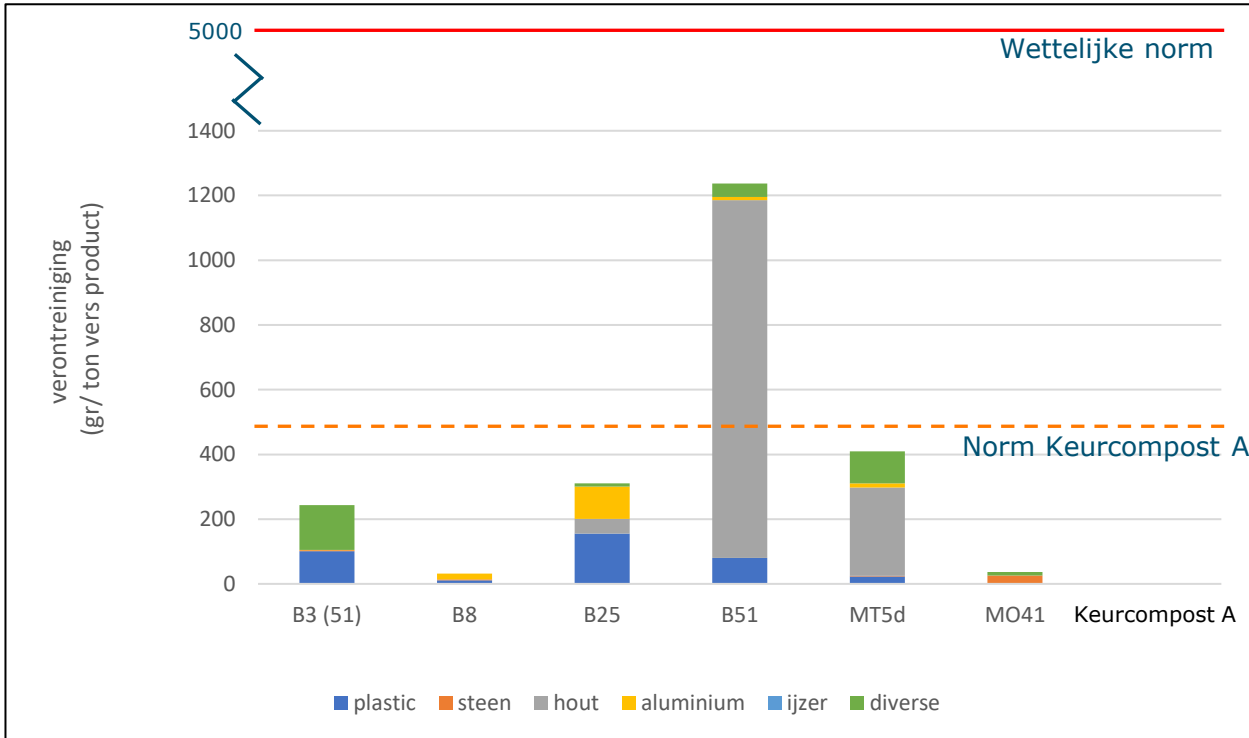
Geschaalde gehalten (mediane en p95 concentraties/norm Keurcompost)

Metalen (m.u.v. Cd) in lokale bodemverbeteraars voldoen ruimschoots aan norm voor Keurcompost

Afwijkingen Cd gerelateerd aan regionale bodemverontreiniging (Kempen)

Bepaalde variatie in gehalten tussen producten

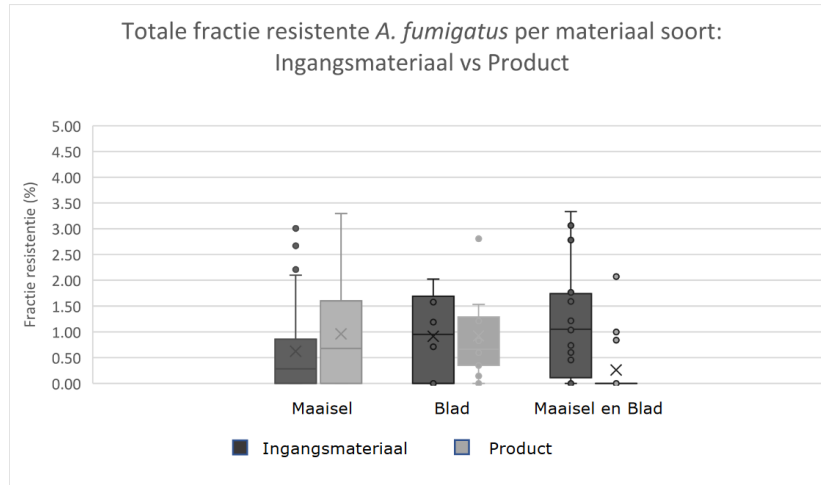
# Mens en milieu – fysieke verontreinigingen (gewicht), Vredepeel 2025



- Alle lokale bodemverbeteraars ruim onder wettelijke norm, en daarnaast ook onder Keurcompost norm, behalve B51 (tak en snoeihout)
- Verschillen in verhoudingen fysieke verontreinigingen tussen pilots

# Mens en milieu – Aspergillus Fumigatus

Onderzocht wegens potentiële bijdrage aan azolen resistente Aspergillus (humane gezondheid)



Pilots zijn een 'cold spot':

Gehalten aan Aspergillus in bokashi vergelijkbaar met ander organisch materiaal

Fractie resistentie zeer laag en op achtergrondniveau

Bokashi vormt geen (extra) risico als het gaat om verspreiding resistente Aspergillus schimmel

# Mens en milieu - conclusies

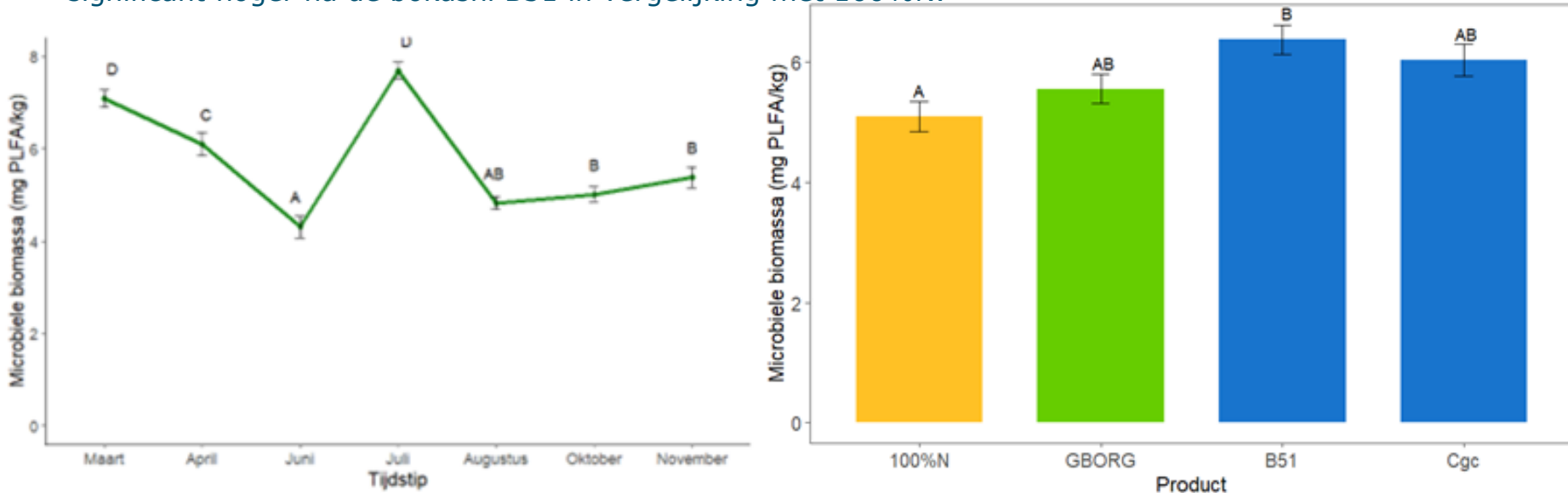
- Chemische verontreinigingen vormen geen risico bij lokaal gebruik
- Fysieke verontreinigingen zijn beheersbaar en onder grens van 0,5% bodemvreemde bestanddelen (Meststoffenwet)

Gebruik checklist Zorgplicht maaisel en blad

- Voorkomen dat het in bronmateriaal zit
  - Verwijderen voor maaien/bladverzamelen
  - Naschoning op veld
- Gezondheidskundige risico's zijn afwezig (Aspergillus)

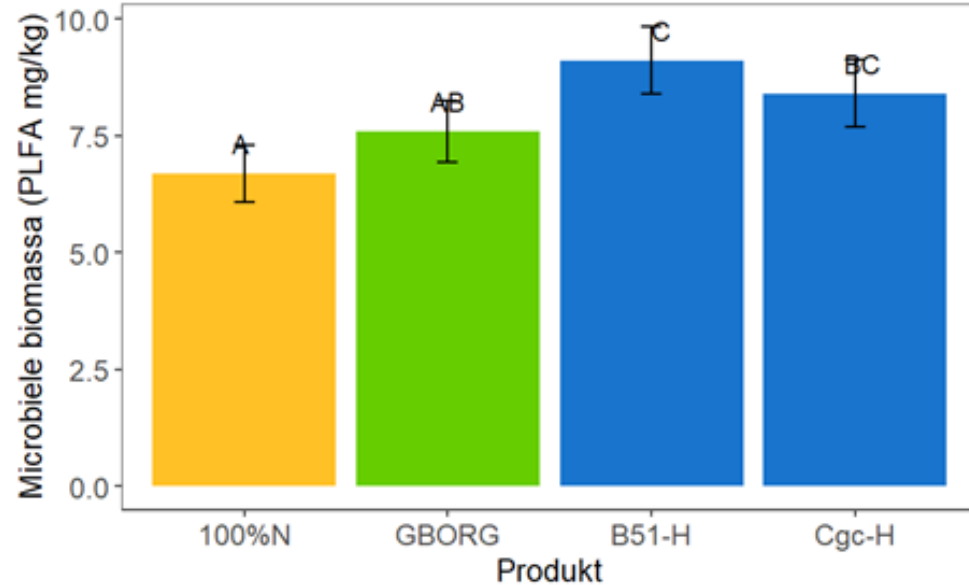
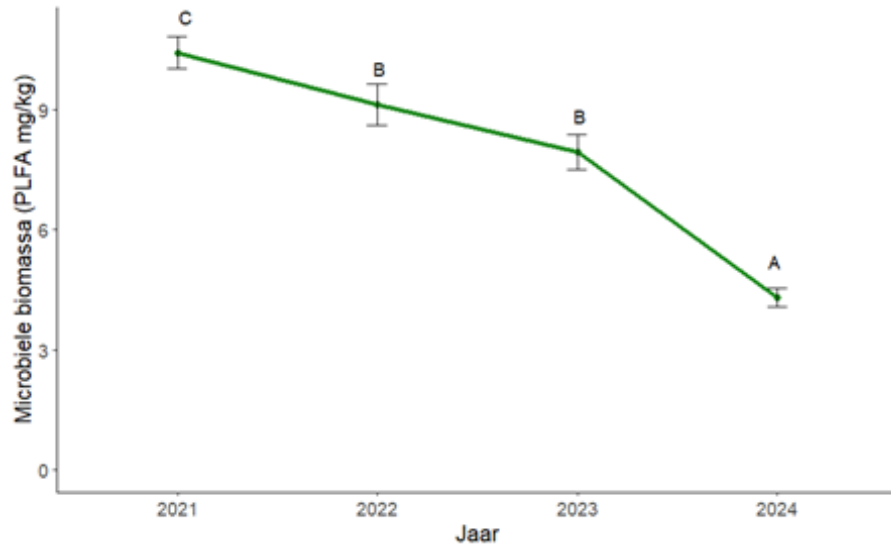
# Bodembiologie - Microbiële biomassa 2024

De microbiële biomassa in Vredepeel volgde het patroon van de meeste andere parameters met een piek in augustus (links). Bij de productvergelijkingen (rechts) bleek de microbiële biomassa significant hoger na de bokashi B51 in vergelijking met 100%N.



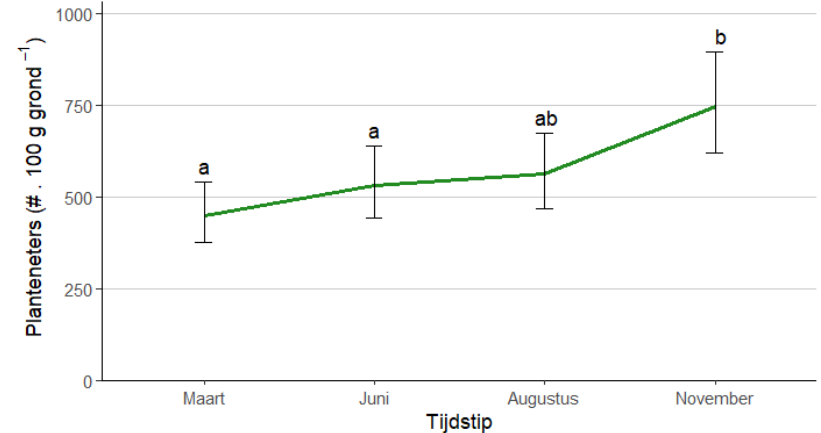
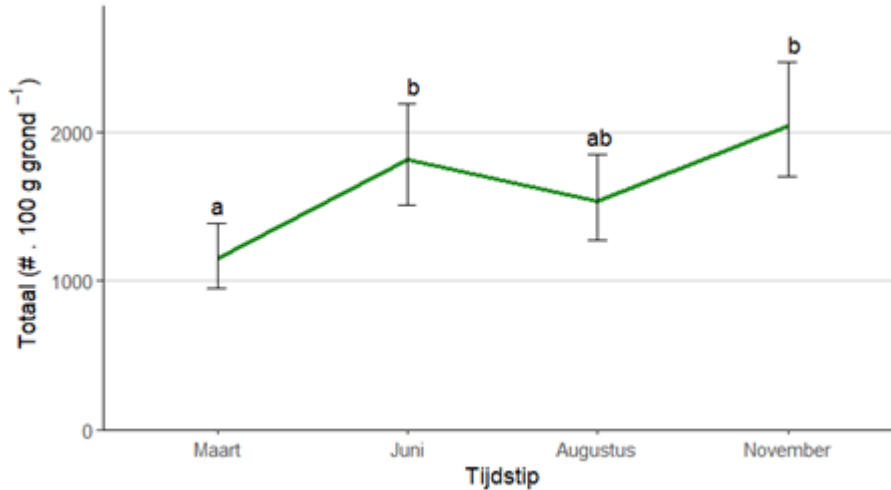
# BodembioLOGIE – Microbiële biomassa

De microbiële biomassa gedurende de afgelopen vier jaar gemiddeld over de producten (links) en gemiddeld over de jaren per product (rechts). De microbiële biomassa nam in Vredepeel gedurende de afgelopen 4 jaren steeds meer af. Dit is waarschijnlijk het gevolg van voorgeschiedenis en de teelt van mais gedurende 2021 tot en met 2023. De extra afname in 2024 lijkt het gevolg van de aardappelteelt. Bij de producten valt op dat met name de bokashi B51-H en in mindere mate de Cgc-H heeft geleid tot een significante verhoging van de microbiële biomassa.

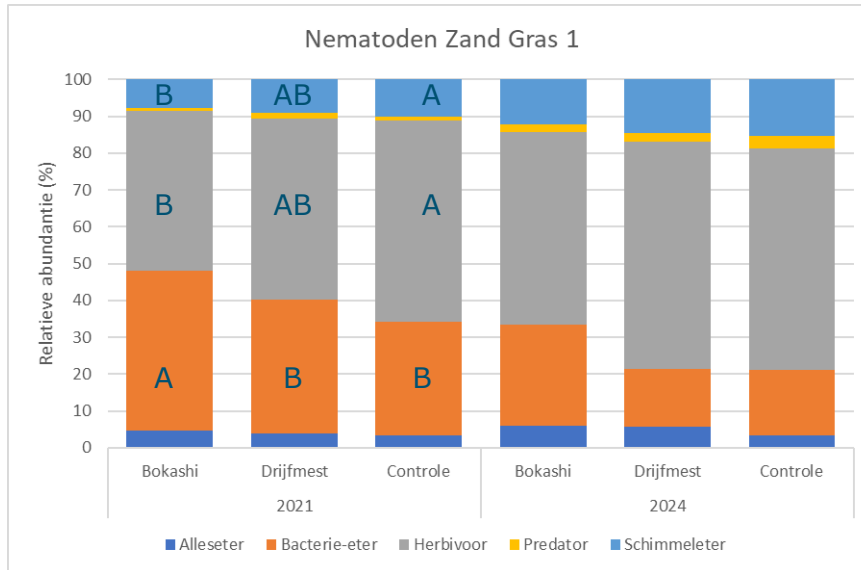


# Bodembiologie – aaltjes

Het totale aantal aaltjes in de grond in Vredepeel was in maart 2024 vrij laag met ca. 1200 aaltjes per 100 g grond, nam toe in de tijd en bereikte een maximum van ca. 2100 per 100 g in november (links). De toename kwam vooral voor rekening van de bacterie- en plantenetende aaltjes (rechts). In de aaltjes-data werden geen significante productverschillen gevonden.



# Bodembiologie - aaltjes



Geen interactie tussen jaar en behandeling. Wel een relatieve verschuiving van de groepen over de jaren.

Grote verschillen met resultaten vanuit akkerbouw (mais, WUR)

Opzet HvHL: gras op zand, lage dosering, nematodemonsters genomen in november, bokashi-toepassing in het voorjaar.

Najaar 2025 rapportage vergelijking WUR/HvHL en data pilots?

Bron: HvHL

# Bodembiologie

- Geen significant verschil in wormenaantallen gevonden bij onderzoek in Noord-Oost Nederland HVHL. Hierbij ging het om toediening van 10-15 ton bokashi per ha per jaar dat een deel runderdrijfmest vervangt.



# Bodembioologie – voorlopige conclusies

- Na het aanbrengen van hoge doseringen lokale bodemverbeteraars of groencompost neemt het bodem-microleven tijdelijk toe. Hierbij lijkt de verhouding tussen schimmels en bacteriën in de bodem te verschuiven in het voordeel van de schimmels.
- Veldproef Vredepeel (suikerbiet) wordt in najaar 2025 afgerond en de data worden in een rapport verwerkt.
- Er wordt in najaar 2025 onderzoek uitgevoerd naar bodembioologische parameters bij een aantal pilots

# Landbouwkundige waarde

- Gebruikers van bokashi zijn overwegend positief
- Lage gehalten aan N en P; geen gebruik als meststof, maar als bodemverbeteraar
- Als extra bij giften van drijfmest/kunstmest: soms toename opbrengst. Zonder toevoeging drijfmest/kunstmest: opbrengst afname door stikstof-immobilisatie

# CO<sub>2</sub> Footprint bokashi

- Minder CO<sub>2</sub>-uitstoot bij bokashi (inzameling + fermentatie)
- Langdurige opslag zorgt wel voor meer uitstoot – vermijden
- Niet meegenomen water na toepassing gebeurt

Parameter	Quantity/Unit	Impact Category	Conversion factor/Functional unit	Dataset name	Total Footprint
<b>Raw material extraction</b>					
Afvalverwijdering	0,00kg CO <sub>2</sub> eq	Global Warming Potential (GWP)	0,00kg CO <sub>2</sub> eq	zonder machine	0,00
Maaien	40,00liter diesel	Global Warming Potential (GWP)	3,26kg CO <sub>2</sub> eq/l		130,24
<b>TOTAL</b>					130,24
<b>Preparation of the materials</b>					
Verzamelen en verkleinen	40,00l	Global Warming Potential (GWP)	3,26kg CO <sub>2</sub> eq/l		130,24
Transport invoermateriaal	500,00ton/km	Global Warming Potential (GWP)	0,09kg CO <sub>2</sub> eq / ton km		44,00
Afvalverwijdering opslagplaats	0,00kg CO <sub>2</sub> eq	Global Warming Potential (GWP)	0,00kg CO <sub>2</sub> eq	handmatig	0,00
<b>TOTAL</b>					174,24
<b>Transportation and storage</b>					
Opslag	3,00weken	Global Warming Potential (GWP)			0,00
Transport invoermateriaal	744,00km	Global Warming Potential (GWP)	0,22kg CO <sub>2</sub> eq/km		160,00
Verwerken (Edasil kleimineralen)	2308,00kg/100 ton	Global Warming Potential (GWP)	0,23kg CO <sub>2</sub> eq/kg product		526,22
Verwerken (Aegir kalk)	2308,00kg/100 ton	Global Warming Potential (GWP)	0,03kg CO <sub>2</sub> eq/kg product		59,08
Verwerken (Microferm (EM))	43,30kg/100 ton	Global Warming Potential (GWP)	0,22kg CO <sub>2</sub> eq/kg product		9,53
<b>TOTAL</b>					754,83
<b>Fermentation</b>					
Afvalverwerking	0,00	Global Warming Potential (GWP)	0,00handmatig		0,00
aanrijden en mengen	12,00liter	Global Warming Potential (GWP)	3,26kg CO <sub>2</sub> eq/l		39,07
Afdekken					
Fermentatie	1,30kg emissie per 100 ton	Global Warming Potential (GWP)	298,00kg CO <sub>2</sub> eq		387,40
<b>TOTAL</b>					426,47
<b>TOTAL</b>					1485,79

In progress!

# Conclusies na vier jaar onderzoek

- Organische stof (OS) in de bodem
  - Bij klei een kleine toename gevonden, bij zand geen effect. Wel kan bodem OS op peil worden houden, met pas effect vanaf grotere giften (vanaf ca. 40 ton/ha)
- Onkruid
  - Bij goed beheer, i.e. goede inkuiling en process. In merendeel pilots geen kiemkracht.
- Watervasthoudend vermogen
  - Dit wordt nog verder onderzocht

# Conclusies na vier jaar onderzoek

- Mens en milieu
  - Bij goed beheer (selectief verzamelen, voor- en naschoneren) geen risico dankzij kwaliteitsborgingsysteem van CT
- Bodembioologie
  - De bodembioologie verandert door het toevoegen van organische bodemverbeteraars. Dit is een dynamisch proces en het lijkt afhankelijk van locatie/bodem/beheer/klimaat.
- Landbouwkundige waarde
  - Als bodemverbeteraar in effecten vergelijkbaar met groencompost. (Zonder aanvullende N-bemesting is er soms oogstderving door N-mineralisatie)

# Afsluiting – rapportages

- Circulair Terreinbeheer 2024: <https://edepot.wur.nl/693556>
- <https://groenkennisnet.nl/zoeken/resultaat/bokashi:-naar-een-betere-onderbouwing-en-documentatie-voor-de-praktijk---coe-groen?id=1405005> (in prep)
- <https://www.noardlikefryskewalden.nl/bokashi/>

# Afsluiting – openstaande acties

- 2025 en 2026:
  - Voortzetting veldproeven Vredepeel
  - Bodemonderzoek bij 10 pilots, inclusief watervasthoudend vermogen
  - Voortzetting en verwerking productmetingen 2025
  - Mineralisatie bodem N in veldproeven (vrijkomen na 3 jaar)
  - Lange termijn opbouw bodem C/CO<sub>2</sub> balans (modellering i.s.m. WU/BVOR/HVHL), evenals analyse-C-Balans voor keten

# Partners



Mts. Bos-Jonkman



# SIA Bokashi : naar een betere onderbouwing en documentatie voor de praktijk

