

Wat is duurzaam bodembeheer bij akkerbouw op jonge zeeklei in Flevoland?

Anton Oostinga

STUDENT TUIN -EN AKKERBOUW | STUDENTNUMMER 3030547 | AERES HOGESCHOOL



Wat is duurzaam bodembeheer bij akkerbouw op jonge zeeklei in Flevoland?

Titel:	afstudeerwerkstuk
Naam student:	Anton Oostinga
Studentnummer:	3030547
E-mail:	3030547@aeres.nl
Opleiding:	HBO tuin -en akkerbouw
Plaats en datum:	Dronten, augustus '23
Naam afstudeerbegeleider:	Sylvan Nysten

Jaco Biesheuvel, Robert Hovenier, Ellen Kocks, Evert Los, Sylvan Nysten, Anton Oostinga, Gerard Scheper, Gijs Staats

DISCLAIMER

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

OLK is een onderdeel van Aeres, samenwerkingsverband tussen Aeres Innovation Centre, Warmonderhof en Aeres Hogeschool.

Voorwoord

Een agrarisch ondernemer kan op verschillende manier de eigenschappen van de bodem beïnvloeden. Hierdoor ontstaat een noodzaak om deze bodem zo te beheren dat de economisch voordelen gehaald worden in samenhang met waarden voor mens, natuur en milieu. Het is daarom zaak aan de juiste knoppen te draaien om deze voordelen, ofwel duurzaam bodembeheer, te laten functioneren. Dit rapport is geschreven voor mijn afstudeerwerkstuk van mijn bacheloropleiding tuin -en akkerbouw op de Aeres Hogeschool. De resultaten voortvloeiend uit dit onderzoek zijn bruikbaar voor het meerjarig onderzoekstraject op de Onderwijs Leer Kavel (OLK) wat plaatsvindt. Een bijzonder dankwoord gaat uit naar mijn afstudeerbegeleider Sylvan Nysten. Verder wil ik Jaco Biesheuvel, Gijs Staats, Ellen Kocks en Florian Gijselinck bedanken voor hun bijdrage op het geheel.

Dronten, augustus '23



Inhoudsopgave

Afkortingen	7
Samenvatting	8
Summary	9
1. Inleiding.....	10
1.1 Ontwikkelingen landbouw en beleid	10
1.1.1 Nitraatrichtlijn	10
1.1.2 Landbouwakkoord	10
1.1.3 Implementatie Kaderrichtlijn water, energie, klimaat en bodem	11
1.2 Bodemkwaliteit en bodembeheer	11
1.2.1 Wat is bodemkwaliteit?	12
1.3 Bodemfuncties	12
1.4 Bodembeheer op de Aeres Onderwijs Leer Kavel	13
1.5 Bodembeheer op de Aeres Warmonderhof	14
1.6 Knowledge gap en afbakening.....	14
1.7 Onderzoekvraag	14
1.8 Opzet rapport en leeswijzer	15
2. Materiaal en methode.....	16
2.1 Onderzochte percelen.....	16
2.2 Systeemprouwen en percelen	17
2.3 Bodemkwaliteit OLK in de 0-meting	18
2.3.1 Meten van doorlatendheid	18
2.3.2 Meten van bulkdichtheid	19
2.3.3 Meten van organische stof	19
2.4 Verschillen tussen bodemkwaliteit OLK en WARM.....	20
2.5 NDICEA.....	20
3. Resultaat	21
3.1 Welke verschillen zijn aanwezig op de OLK in de nul situatie?	21
3.1.1 Doorlatendheid	21
3.1.2 Bulkdichtheid	22
3.1.3 Organische stof	22
3.2 Wat zijn de verschillen van bodemindicatoren tussen OLK en Warmonderhof?	23
3.3 Hoe kan de beschikbare data uit NDICEA worden geïntegreerd in bodemadvies dat bruikbaar is voor de individuele bedrijfssituatie en daarmee zorgen voor minder uitspoeling verliezen? ..	24
3.3.1 NKG	25
3.3.2 SAK	25
3.3.3 MAK.....	26
3.3.4 OPTI1.....	27
3.3.5 OPTI2.....	28
4. Discussie	30



4.1 Doelstelling van het afstudeerwerkstuk.....	30
4.2 Welke verschillen zijn aanwezig op de OLK in de nul situatie?	30
4.2.1 Doorlatendheid	31
4.2.2 Bulkdichtheid	32
4.2.3 Organische stof	33
4.3 Wat zijn de verschillen van bodemindicatoren tussen OLK en Warmonderhof?	34
4.3.1 Doorlatendheid	34
4.3.2 Bulkdichtheid	35
4.3.3 Organische stof	35
4.4 Hoe kan de beschikbare data uit NDICEA worden geïntegreerd in bodemadvies dat bruikbaar is voor de individuele bedrijfssituatie en daarmee zorgen voor minder uitspoeling verliezen? ..	36
4.4.1 NKG	37
4.4.2 SAK	38
4.4.3 MAK	39
4.4.4 OPTI1	41
4.4.5 OPTI2	42
4.5 Stikstofuitspoeling (inter)nationaal vergeleken.....	43
5. Conclusie.....	45
5.1 Aanbevelingen.....	46
Bibliografie	48
Bijlage A: Bodembeoordeling OLK en Warmonderhof	52
Bijlage A1 Bedrijfsmeting bodemconditie.....	52
Bijlage A2 uiteenzetting grondmonster steken ten behoeve van organische stof meting en Kopeckyringen t.b.v. doorlatendheid en bulkdichtheid.....	53
Bijlage B Onderzoeksmaatregelen en referentiewaarde.....	54
Bijlage B1 Meten van organische stof.....	54
Bijlage B2 Organische stof berekening	59
Bijlage B3 Referentiewaarde voor bodemgebruik in de landbouw op klei en zand.....	60
Bijlage B4 referentiewaarde doorlatendheid in meters/24 uur, waarbij de uitgangssituatie voor OLK: poorly structured clay loam and clay	60
Bijlage C Profielverloop, zwaarteklasse en grondwatertrappen Mn35A VI.....	61
Bijlage C1 Profielverlopen en combinatie van profielverlopen bij de zavel -en kleigronden.....	61
Bijlage C2 Zwaarteklassen bij de zavel -en kleigronden	61
Bijlage C3 Grondwatertrappen.....	61
Bijlage D vruchtwisseling OLK en Warmonderhof	62
Bijlage D1 Bouwplan OLK – kavel K60 Wisentweg.....	62
Bijlage D2 Bouwplan Warmonderhof – kavel K78-2 Wisentweg	63
Bijlage E Zaai -en bemestingsgegevens OLK, periode 2021/2022	64
Bijlage E1 Zaaigegevens OLK 2021	64



Bijlage E2 bemestingsgegevens OLK 2021 1/2.....	64
Bijlage E3 bemestingsgegevens OLK 2021 2/2.....	65
Bijlage E4 zaaigegevens OLK 2022	65
Bijlage E5 Bemestingsgegevens OLK 2022 1/2	66
Bijlage E6 Bemestingsgegevens OLK 2022 2/2	66
<i>Bijlage F Neerslaggegevens in Flevoland voor de periode april 2023</i>	<i>67</i>
Bijlage F1 Maandoverzicht april 2023, neerslag in Flevoland	67



Afkortingen

- APN – Actie Programma Nitraatrichtlijn
- BLN – Bodemindicatoren voor de Landbouwgronden in Nederland
- EOS – Effectieve organische stof
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations
- GLB – Gemeenschappelijk Landbouw Beleid
- MAK – Minimaal akkerbouw (systeemproof op klei)
- N – Stikstof
- NDICEA – Nitrogen Dynamics In Crop rotations in Ecological Agriculture.
- NKG – Niet kerende grondbewerking (systeemproof op klei)
- OLK – Onderwijs Leer Kavel
- OPTI1 – Optimaal bodembeheer 1 (systeemproof op klei)
- OPTI2 – Optimaal bodembeheer 2 (systeemproof op klei)
- SAK – Standaard akkerbouw (systeemproof op klei)
- SSQR – Smart Soil Quality Rating
- WARM – Warmonderhof (akkerbouw op klei, biologisch dynamisch)



Samenvatting

Als huidige maatschappij staan er uitdagende missies open om het klimaat, voedselzekerheid, biodiversiteit en waterkwaliteit te handhaven en verbeteren. Door het veranderende klimaat kunnen er grote gevolgen optreden voor het bodemgebruik in de Nederlandse landbouw. Het beleid hiervoor is neergelegd in diverse richtlijnen: Het landbouwakkoord, het 7^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn en Implementatie Kaderrichtlijn Water, Energie, Klimaat en Bodem. In Nederland is 1,85 miljoen hectare landbouwgrond beschikbaar. Dit betreft 54% van Nederlandse oppervlak waarop agrarische productie wordt gevoerd. Een duurzame bodem en onderzoek naar goed bodembeheer is relevant voor alle open teelten zowel gangbaar als biologisch. Hierbij komt de hoofdvraag naar voren die in dit onderzoek beantwoordt gaat worden:

Wat is duurzaam bodembeheer bij akkerbouw op jonge zeeklei grond in Flevoland?

Op jonge zeekleigrond in Flevoland zijn sinds 2022 verschillende systeemprouven aangelegd met verschillende bodemexperimenten voor meerjarig onderzoek. De onderzochte percelen op de onderwijsleerkavel worden beoordeeld op de duurzame bodemindicatoren: doorlatendheid, bulkdichtheid, organisch stofgehalte en stikstofuitspoeling. Duurzaam bodembeheer is het vermogen van de grond om deze functies te verbeteren. De beschikbare gegevens van dit eerste onderzoek werden gebruikt als 0-meting en daarnaast vergeleken met Warmonderhof (biologisch dynamisch) om verschillen tussen gangbare en biologische landbouw te laten zien.

Alle onderzoeken vonden plaats op lichte klei met 24-26% lutum. De bodemindicatoren doorlatendheid en bulkdichtheid zijn significant verschillend. De hoogste doorlatendheid is gemeten op Minimale Akkerbouw met een k-waarde van 0,14 (140 mm/etmaal). De hoogste bulkdichtheid is gemeten op Niet Kerende Grondbewerking (NKG) met 1463 kg/m³. Verder bleek dat Niet Kerende Grondbewerking een positief effect heeft op de organische stof (2,9%). Op Standaard Akkerbouw (SAK) is de stikstof uitspoeling het hoogst met 67%. De bodem op de onderwijsleerkavel wordt momenteel niet duurzaam beheerd door de hoge stikstofuitspoeling en inefficiënt bodemgebruik van de netgenoemde bodemindicatoren.

De resultaten en vergelijkende (internationale) literatuur maken de aanbeveling als volgt: De bodem intensief bewerken heeft negatieve gevolgen voor de organische stofopbouw. Door het gebruik van organische mest en onbeperkt groenbemesters wordt met diep wortelende gewassen wordt het bodemleven gestimuleerd om de doorlatendheid en organische stofopbouw te verhogen. Dit heeft een stimulerend effect op de draagkracht van de bodem en uiteindelijk de bulkdichtheid. De uitspoeling kan beperkt worden door de mineralisatiebehoefte te volgen met beschikbare software en een geschikt bouwplan. Om duurzaam bodembeheer te verkrijgen kunnen er op langere termijn meer significante resultaten ontstaan. Aanvullend onderzoek is nodig om dit uit te wijzen.



Summary

As a current society, challenging missions are open to maintain and improve climate, food security, biodiversity, and water quality. Due to the changing climate, there may be major consequences for land use in Dutch agriculture. The policy for this is laid down in various directives: the 7th Nitrates Directive Action Programme, the agricultural agreement and the Implementation of the Water, Energy, Climate and Soil Framework Directive. In the Netherlands, 1.85 million hectares of agricultural land are available. This concerns 54% of the Dutch surface area on which agricultural production is conducted. Sustainable soil and research into good soil management is relevant for all open crops, both conventional and organic. This raises the main question that will be answered in this study:

What is sustainable soil management in arable farming on young sea clay soil in Flevoland?

Since 2022, various system tests have been carried out on young sea clay soil in Flevoland with various soil experiments for multi-year research. The examined plots on the educational plot are assessed on sustainable soil indicators such as: permeability, bulk density, organic matter content and nitrogen leaching. Sustainable soil management is the ability of the soil to improve these functions. The available data from this first study were used as a 0-measurement and compared with Warmonderhof (biodynamic) to show differences between conventional and organic farming.

All studies took place on light clay with 24-26% lutum. The soil indicators permeability and bulk density are significantly different. The highest permeability was measured at Minimum Arable Farming with a k-value of 0.14 (140 mm/day). The highest bulk density was measured on Non-Returning Tillage with 1463 kg/m³. Furthermore, it was found that Non-Returning Tillage has a positive effect on organic matter (2.9%). On Ordinary Agriculture, the nitrogen leaching is highest at 67%. The soil on the education parcel is currently not managed sustainably due to the high nitrogen leaching and inefficient land use of the soil indicators.

The results and comparative (international) literature make the recommendation as follows: Intensively tilling the soil has negative consequences for the organic matter build-up. By using organic manure and unlimited cover crops, deep-rooted crops stimulate soil life to increase permeability and organic matter build-up. This has a stimulating effect on the carrying capacity of the soil and ultimately the bulk density. Leaching can be limited by following the mineralization requirement with available software and a suitable building plan. To achieve sustainable soil management, more significant results can be achieved in the longer term. Additional research is needed to prove this.



1. Inleiding

1.1 Ontwikkelingen landbouw en beleid

Door het veranderende klimaat kunnen er grote gevolgen optreden voor de landbouw. Niet in de eerste plaats door direct veranderende omstandigheden voor gewassen maar ook door indirecte gevolgen. Hierbij moet gedacht worden aan nieuwe ziekten en plagen, de behoefte naar andere teelten (passend bij het klimaat, biobrandstoffen) en risico's van bedrijfsvoering. Hierbij is een belangrijke rol voor de bodem weggelegd. Het beleid hiervoor is neergelegd in diverse richtlijnen zoals het landbouwakkoord, 7^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn (7^e APN) en Implementatie Kaderrichtlijn Water, Energie, Klimaat en Bodem (Ten Berge & Postma, 2010). Als maatschappij en samenleving staan er uitdagende missies open om het klimaat, voedselzekerheid, biodiversiteit en waterkwaliteit te handhaven en verbeteren. Daarbij zijn landbouwbodems van groot belang. In Nederland is 1,85 miljoen hectare landbouwgrond beschikbaar waarop agrarische productie wordt gevoerd. Dit is 54% van het Nederlandse grondoppervlak. (CBS, 2020). Duurzaam bodembeheer helpt niet alleen om de bodemkwaliteit te versterken maar duurzaam bodemgebruik ondersteunt daarbij ook het beleid zoals hieronder uitgewerkt.

1.1.1 Nitraatrichtlijn

Het grote uitgangspunt van het 7^e APN moet leiden tot het behalen van verminderingen van uitspoeling (nutriëntenbelasting) vanuit Nederlandse landbouwgronden op grondwater en in het oppervlaktewater. Deze maatregelen zijn een vervolg op de maatregelen van voorgaande actieprogramma's. Door het gebruik en inzetten van het 7^e APN wordt een balans gezocht tussen waterkwaliteit en bedrijfseconomische mogelijkheden binnen de landbouwsector. De bodem speelt hier een belangrijke rol, zij moet de nutriënten gaan vasthouden. Hoge grondprijzen gaan vandaag de dag hand in hand met krappe marges. De inzet van zware oogstmachines die zorgen voor ondergrondverdichting, zorgen indirect voor het gehalte en kwaliteit van organische stof en bijbehorend bodemleven. Bodemverdichting beperkt de doorlatendheid van lucht en water en zorgt voor daarnaast ook voor opbrengstderving. (Ministerie van LNV, 2021)

1.1.2 Landbouwakkoord

Boeren staan anno 2023 voor een zeer moeilijke en dubbele uitdaging. Er wordt van ze verwacht betaalbaar voedsel te produceren, met strenge kwaliteitseisen, toenemende kosten en onderbezetting van personeel. Tegelijkertijd wordt er van boeren verwacht om de natuur en de biodiversiteit te beschermen. De mogelijkheden en voorwaarden zijn erop gericht om in 2030 duurzame landbouw te voeren en daarmee zorgen voor duurzaam bodembeheer. Overheden, ketenpartijen en consumenten moeten hun bijdrage leveren aan de ontwikkeling van landbouwvoedsel komend van duurzame landbouwbodems. Dit gebeurt met behulp van 6 sectortafels¹ die met elk een eigen inbreng als gemeenschappelijk doel

¹ Melkvee -en kalverhouderij, akkerbouw, vollegrondsgroente en bollenteelt, varkenshouderij, pluimveehouderij, (glas)tuinbouw & sierteelt en een gemengde sectortafel (multifunctionele landbouw, korte ketens en kleinere sectoren).



hebben om een draagvlak te creëren voor de aankomende maatregelen.
(Landbouwakkoord, 2023)

1.1.3 Implementatie Kaderrichtlijn water, energie, klimaat en bodem

De bodem is letterlijk de basis onder ons bestaan. Door een groeiende wereldbevolking lijkt een noodzaak te bestaan om deze te voeden met de landbouwgronden die daarvoor beschikbaar zijn. Dit wordt het beste gedaan met gezonde voeding bij een minimale input aan grondstoffen. Naast deze voedselproductie speelt de bodem een zeer belangrijke rol bij het waterbeheer, het vastleggen van CO₂, biodiversiteit en uitwisseling van klimaatgassen. Duurzaam bodembeheer om de kwaliteit van landbouwgronden te verbeteren c.q. te behouden is van essentieel belang. Duurzaam bodemgebruik ondersteunt daarbij de trajecten water, klimaat en natuur die erop gericht is om het herstellen en benutten van ecosysteemdiensten. (Schouten C. , 2018)

Op grond van deze verwachtingen rond maatschappij, economie en klimaat blijven de volgende knelpunten bestaan of worden juist versterkt (Verburg, et al., 2014). Dit komt door:

- Maatschappelijke wens van reductie broeikasgassen vanuit landbouw. (Moerkerken & Smit, 2016)
- Schaalvergroting en verbreding (Helming, Leneman, Schrijver, Bont, & Bruchem, 2007)
- Verdere verlaging gebruiksnormen mestwetgeving (Ministerie van LNV, Ministerie van I&W, 2021)
- Globale toenemende voedselvraag en hierdoor vraag naar gezonde landbouwgrond (Evans, et al., 2021)
- Climate change (Evans, et al., 2021)
- Toenemende eisen rondom product en kwaliteit (fyto-sanitair, residuen en fenotype) (Breukers, Slobbe, Molendijk, & Wolf, 2013)
- Ruimte voor biodiversiteit zowel bovengronds als ondergronds. (Helming, Leneman, Schrijver, Bont, & Bruchem, 2007)

1.2 Bodemkwaliteit en bodembeheer

Een duurzame bodem en onderzoek naar goed bodembeheer is relevant voor alle open teelten zowel gangbaar als biologisch. In dit kader is het begrip duurzaam bodembeheer daarom van toepassing op percelen op de Onderwijs Leer Kavel (OLK) en de Warmonderhof (WARM). Dit rapport bouwt voort op de beschikbare wetenschappelijke literatuur en de al uitgevoerde proeven en onderzoeken die Aeres reeds heeft uitgevoerd of nog uitvoeren gaat. De bodem verandert traag en daarom is een meerjarig onderzoekstraject nodig en noodzakelijk om betrouwbare uitspraken te doen over bepaalde effecten van teelt maatregelen. De beschikbare resultaten van de OLK zijn eerste meetgegevens van de systeemproeven zoals die aangelegd zijn in het najaar van 2022. Er ontstaat hierdoor een nulmeting die wordt uitgevoerd voor de percelen op de OLK. De bodemgegevens van Warmonderhof worden meegenomen ter vergelijking van de duurzame bodemindicatoren. Er kan hiermee een verschil worden aangetoond tussen biologisch dynamisch grondgebruik en gangbaar grondgebruik.



1.2.1 Wat is bodemkwaliteit?

De definitie voor bodemkwaliteit wordt gehandhaafd uit de Bodemindicatoren voor de Landbouwgrond in Nederland (BLN), versie 1.0, er wordt gebruikt gemaakt van de definitie van de FAO en als laatste wordt uitgelegd wat duurzaam bodembeheer is volgens Louis Bolk Instituut:

1. Goede bodemkwaliteit: *‘De capaciteit van een bodem om onder wisselende omstandigheden de gewenste bodemfuncties in voldoende mate beschikbaar te hebben voor een combinatie van doelen zoals voedselproductie, efficiënte kringloop van voedingsstoffen en behoud van de biodiversiteit’* (Hanegraaf, Visser, Elsen, & Haan, 2019).
2. Duurzaam Bodembeheer: *‘Bodembeheer is duurzaam als de ondersteunende, voorzienend, regulerende en culturele diensten die door de bodem worden geleverd, worden gehandhaafd of verbeterd zonder de bodemfuncties die deze diensten mogelijk maken of de biodiversiteit significant te schaden. Het evenwicht tussen de ondersteunende en bevoorradingsdiensten voor plantaardige productie en de regulerende diensten die de bodem levert voor waterkwaliteit en beschikbaarheid en voor de samenstelling van broeikasgassen in de atmosfeer is een bijzondere zorg’* (FAO, 2017).
3. *Bij een duurzaam bodembeheer ligt het basisprincipe bij een goede bodemkwaliteit die erop gericht is de gewassen van genoeg nutriënten te voorzien en een gewas te produceren op kwaliteitsvlak maar ook op kwantiteit. Hierbij is de vruchtwisseling niet alleen van belang voor het te behalen rendement maar op langere termijn ook minstens zo belangrijk voor het behoud van deze bodemkwaliteit die zicht vertaalt naar het tegengaan van (bodem)ziekte -en plagen en een goede bodemstructuur. Verder is de bodemkwaliteit meetbaar door het uitdrukken van streefwaarden voor N, P, K en organische stof. De kwantiteit van de bodem drukt zich uit in een actief en divers bodemleven. Dit bodemleven is essentieel voor opbouw van bodemvruchtbaarheid. Door omvorming van organisch verbindingen worden stabielere humusvormen verkregen.* (Louis Bolk Instituut, n.d.)

Zoals blijkt uit bovenstaande is er vanuit nationaal en Europees beleid dus een groot belang voor duurzaam bodembeheer. De boer zelf heeft echter ook belang bij duurzaam bodembeheer om een zo goed mogelijke bodemkwaliteit te behouden wat resulteert in hoge opbrengsten en/of lagere kosten. Vaak komt goed bodembeheer van de boer overeen met goed bodembeheer voor het beleid, maar soms zijn de belangen conflicterend. (Sullivan, 2004)

1.3 Bodemfuncties

Om de kwaliteit van de bodem goed in beeld te brengen is het van belang om alle aspecten van de bodem te meten (figuur 1). Met daarbij een nadrukkelijke aandacht voor de bewerkbaarheid van de grond, het behouden en verhogen van het organisch stofgehalte, activeren en stimuleren van het bodemleven en diepe worteling voor capillaire werking.



Een potentiële betekenis van duurzaam bodembeheer is het vermogen van de grond om deze functies te vervullen of zelfs te verbeteren (Ten Berge & Postma, 2010). Bodemfuncties zijn tweeledig, het zijn de prestaties van de bodem voor boer en maatschappij. De indicatoren zijn gehaald uit de lijst van BLN-indicatoren. (De Haan, 2020)

Figuur 1 Bodemfuncties en bijbehorende indicatoren

Bodemfunctie	Indicator
1. Organische stof	Organische stofgehalte en koolstofgehalte Effectieve organische stofstof
2. Fysisch	Watervasthoudende vermogen, aggregaat stabiliteit, textuur, indringingsweerstand en bulkdichtheid.
3. Chemisch	N, P en K overschotten Bodemstikstofvoorraad Nutriëntenefficiëntie Zuurgraad pH
4. Biologisch	Regenwormen aantallen en diversiteit, bacterie en schimmelbiomassa, aaltjes diversiteit en aantallen.
5. Visueel	Fysisch, chemisch en biologisch.

1.4 Bodembeheer op de Aeres Onderwijs Leer Kavel

De OLK is onderdeel van Aeres en een belangrijke ader in het onderzoekswerk voor studenten van Aeres. Op de OLK worden diverse teeltproeven en onderzoeken gedaan. Op de OLK zijn vanaf het najaar in 2022 systeemprouwen aangelegd om duurzaam bodembeheer een gevolg te geven. Hiermee wordt opdracht gegeven aan de volgende doelstellingen:

- Het verbeteren van de bewerkbaarheid van de grond.
- Het mogelijk maken van diepe beworteling voor vochtlevering (capillaire werking).
- Behoud en opbouw van organisch stofgehalte in de bodem.
- Het activeren en stimuleren van het bodemleven.

De toegepaste maatregelen om deze doelstellingen te behalen zijn te vinden in hoofdstuk 2.2. De experimenten op de OLK worden gebruikt om enige kennis te verwerven rondom de knelpunten zoals beschreven in 1.1.3. Dit gebeurt door verschillende grondbewerkingen en teeltmaatregelen per perceel. De onderzochte percelen worden individueel beoordeeld op duurzame bodemindicatoren: doorlatendheid, bulkdichtheid en organisch stofgehalte. Daarnaast wordt Nitrogen Dynamics In Croprotations in Ecological Agriculture (NDICEA) gebruikt om de individuele percelen te monitoren op uitspoeling verliezen. Bij het gebruik van NDICEA wordt per perceel gerekend aan de mineralisatie op -en afbouw en denitrificatie per perceel. De doorrekening laat zien of er een afname of toename is van stikstof, fosfaat en kalium (NPK) in de bouwvoor. Deze eerst resultaten afkomstig van de onderzochte percelen zullen gebruikt worden om een nulmeting te weergeven en op basis van deze meting kan de gebruikte bodemstrategie aangepast worden om de bodem duurzaam te beheren.



1.5 Bodembeheer op de Aeres Warmonderhof

Warmonderhof is het biologisch dynamisch landbouwbedrijf van Aeres. Op deze kavel worden gewassen verbouwd met het kwaliteitskeurmerk Demeter. Belangrijk aandachtspunt voor de fysische en chemische eigenschappen van de bodem zijn de bewerkbaarheid van de grond, de diepe beworteling voor vochtlevering (capillaire werking), behoud en opbouw van het organisch stofgehalte en het activeren en stimuleren van het bodemleven. Dit gebeurt door verschillende bewerkingen en maatregelen die worden opgenomen in de systeemproeven. De onderzochte percelen worden individueel beoordeeld op de doorlatendheid, bulkdichtheid en organisch stofgehalte. De resultaten afkomstig van dit perceel worden gebruikt om een vergelijking te maken tussen biologisch dynamisch grondgebruik zoals toegepast op WARM en de gangbare systeemproeven op de OLK. Op basis van deze resultaten kan de gebruikte bodemstrategie op OLK aangepast worden om de bodem duurzamer te beheren.

1.6 Knowledge gap en afbakening

Dit rapport is erop gericht om de bodem op de OLK en Warmonderhof inzichtelijk te maken aan de hand van de beoordeelde resultaten en bijbehorende indicatoren. Met de uitkomst van de resultaten kan vervolgens de bodemkwaliteit bepaald worden. De bijdrage aan duurzaam bodembeheer moet verheldering geven om het streefbeeld zoals vernoemd in 1.2 te realiseren. Vanaf het najaar in 2022 wordt op de OLK begonnen aan een meerjarig onderzoek naar de effecten van diverse bodemmaatregelen. En wordt onderzocht wat de effecten van verschillende bodemmaatregelen zijn op de bodemkwaliteit en de functies van de bodem en wat de praktische toepasbaarheid is van de maatregel. Per maatregel of maatregelcategorie ligt de nadruk van de analyse bij de specifieke doelstellingen. Doordat de kwaliteitsbeoordeling altijd is gekoppeld aan specifiek doel kan er een problematische situatie ontstaan wanneer de bodemkwaliteit met onderbouwde literatuur wordt vastgesteld. Niet bekend is wat verschillende bodemmaatregelen voor effect hebben op het organisch stofpercentage, bulkdichtheid en hoe de uitspoelinggevoeligheid ligt. Er is niet bekend hoe de teelt van groenbemesters in combinatie met de vruchtwisseling die toegepast wordt juist is. In dit onderzoek is de hypothese dat er geen verschillen zijn in bodemkwaliteit tussen de onderlinge percelen op de OLK.

1.7 Onderzoekvraag

- *Wat is duurzaam bodembeheer bij akkerbouw op jonge zeelei grond in Flevoland?*

Om deze hoofdvraag verder te kunnen uitwerken en deze te beantwoorden is het noodzakelijk de volgende deelvragen eerst te beantwoorden:

1. *Welke verschillen zijn aanwezig op de percelen op de OLK in de nul situatie?*
2. *Wat zijn de verschillen van bodemindicatoren tussen OLK en Warmonderhof?*
3. *Hoe kan de beschikbare data uit NDICEA worden geïntegreerd in bodemadvies dat bruikbaar is voor de individuele bedrijfssituatie en daarmee zorgt voor minder uitspoeling verliezen?*



1.8 Opzet rapport en leeswijzer

In hoofdstuk 1 wordt een theoretisch kader beschreven en een analytisch kader om de hoofdvraag en deelvragen te kunnen opstellen. Om de verschillen tussen bodembeheer op de OLK in kaart te brengen worden de onderzochte maatregelen gemonsterd en geanalyseerd. De daaropvolgende methode is een vergelijking maken tussen OLK en WARM. De methode hoe deze resultaten worden gepresenteerd en verwerkt staan beschreven in hoofdstuk 2. De resultaten en bevindingen worden gepresenteerd in hoofdstuk 3. De onderzochte bodemindicatoren zijn onderverdeeld in de gemeten waardes; doorlatendheid, bulkdichtheid en organisch stofpercentage. Verder worden de gegevens van NDICEA gepresenteerd. De doelstelling van het afstudeerwerkstuk wordt beschreven in hoofdstuk 4 en de praktijk wordt weerlegd met (inter)nationale bronnen tegenover de behaalde resultaten van het proefveld. Dit hoofdstuk staat open om een eigen mening te onderbouwen. In hoofdstuk 5 wordt het doel van het afstudeerwerkstuk beschreven. Elke deelvraag wordt beantwoord en aansluitend wordt de hoofdvraag beantwoord. Verder worden de zaken en relevantie van de resultaten beschreven. In de aanbevelingen wordt duidelijk wat er aan actie dient te gebeuren om openstaande knelpunten te verhelpen door middel van oplossingen en advies.



2. Materiaal en methode

De aanpak van dit onderzoek wordt in dit hoofdstuk toegelicht. Samenvattend kan worden gezegd dat de bodemkwaliteit voor elke boer van belang is voor de stabiliteit van de opbrengsten en de vermindering van ziekterisico's in het gewas. Een goede bodemkwaliteit is daarnaast vooral van belang voor het herstellervermogen van de grond. Dit vergemakkelijkt de keuzes bij de werkzaamheden en komt de bodemstabiliteit ten goede. Uiteindelijk is het doel een duurzaam beheerde bodem te verkrijgen op een grondsoort zoals die voorkomt in de uitgangssituatie (lichte klei). Hieronder wordt beschreven welke maatregelen werden uitgevoerd en welke methode van toepassing was. In 2.2 worden de bodemmaatregelen beschreven zoals die werden toegepast op de OLK.

2.1 Onderzochte percelen

De toegepaste systeemprouwen bevonden zich op 5 percelen van Aeres Hogeschool voor de locatie Dronten (figuur 2). Daarin werd met verschillende bodemmaatregelen geëxperimenteerd. Het perceel met de strokenteelt werd niet meegenomen in dit onderzoek. Dit perceel werd vervangen voor een perceel op biologisch dynamisch landbouwbedrijf Warmonderhof van het Aeres MBO (figuur 3). Eerst worden de percelen toegelicht en daarna wordt ingegaan op de gebruikte maatregelen. De toepasbaarheid zoals de maatregelen uitgevoerd werden op de OLK en Warmonderhof zijn bedrijfsspecifiek. De uitgangssituatie is een kleigrond met bodemcode: Mn35A VI, kalkrijke poldervaaggrond, lichte klei, profielverloop 5 (bijlage C1) en grondwaterstand GHG 40-80 cm -mv en GLG >120 cm -mv (bijlage C3) (Huizen, 2009). De grondsoort is lichte klei met een lutumgehalte van 25-35% (bijlage C2).

Figuur 2 Perceel OLK, Wisentweg 13 Dronten, Flevoland (Google Maps, 2023)





Figuur 3 Perceel Warmonderhof, Wisentweg 12 Dronten, Flevoland (Google Maps, 2023)



2.2 Systeemproeven en percelen

Het is essentieel om te weten welke teelt -en bodemmaatregelen effect hebben op de verschillende aspecten van de bodem, juist om de doelstelling te halen om een duurzame beheerde bodem te verkrijgen en behouden. Om een fundamenteel beeld te vormen van de bodemkwaliteit zullen losse effecten van maatregelen geaggregeerd moeten worden. Daarom is het belangrijk eerst de losse effecten helder in kaart te brengen. De experimenten op de OLK zijn daarvoor gebruikt, die aangevuld werden met wetenschappelijke literatuur en al behaalde resultaten uit andere programma's uitgevoerd door Aeres. Op alle percelen werd de aandacht verscherpt voor de bewerkbaarheid van de grond, het behouden en verhogen van het organisch stofgehalte, activeren en stimuleren van het bodemleven en diepe worteling voor capillaire werking. De percelen die onderzocht werden zijn:

- 1 **NKG (niet kerende grondbewerking)**, kleigrond (lichte klei), in Dronten. In NKG lag de nadruk sinds de start op grondbewerkingsvarianten binnen een gangbare rotatie. Daarnaast wordt er vaste mest, drijfmest en/of kunstmest toegepast in combinatie met groenbemesters. Woelen gebeurt tot een diepte van 30 cm.
- 2 **Standaard akkerbouw (SAK)**, kleigrond (lichte klei) in Dronten. Op SAK werd gangbare aanvoer van organische stof in de vorm van varkens -of rundveedrijfmest aangevoerd. Hierbij wordt een aanvulling gegeven van effectieve organische stof (EOS) met de teelt van groenbemesters. Er wordt gebruik gemaakt van kunstmest om de mineraalbehoefte op peil te houden. De bewerkingsdiepte bedraagt maximaal 25 cm met ploegen in het najaar en de bewerkingsdiepte van de cultivator bedraagt maximaal 30 cm.



- 3 **Warmonderhof (WARM)**, kleigrond (lichte klei), in Dronten. Op WARM wordt biologische dynamische akkerbouw gehanteerd met respect voor de mens, dier en natuur. De bodembewerkingen worden extensief gehouden, uitgevoerd op basis van de actuele inzichten in de landbouw van de toekomst, met gebruik van de daarbij passende technologie en filosofie. De ploegdiepte bedraagt 20 cm. Organische stof wordt behouden en verkregen door de teelt van groenbemesters en de aanvoer van organische mest. Een kringloop tussen veehouderij en akkerbouw maakt de bedrijfsstrategie compleet.
- 4 **Minimaal akkerbouw (MAK)**, kleigrond (lichte klei) in Dronten. In MAK wordt een minimale investering in de bodem gedaan door alleen de toevoeging van kunstmest. Er wordt geploegd op een diepte van 30 cm met een eventuele extra bewerking van de cultivator. Er worden geen groenbemesters toegepast.
- 5 **Optimaal bodembeheer 1 (OPTI 1)**, kleigrond (lichte klei) in Dronten. De bodemmaatregelen zijn in te delen in verschillende types: telen van groenbemesters, kunstmest en toedienen van organische materialen in de vorm van vaste (organische) mest en compost. Er liggen varianten met de toepassing van woelen op 30 cm. en de toepassingsmaatregel van maximale bodemontlasting door minimale bodemdruk. De groundbewerking wordt op 15 cm uitgevoerd in het najaar met een ecoploeg. Woelen gebeurt op een diepte van 30 cm.
- 6 **Optimaal bodembeheer 2 (OPTI 2)**, kleigrond (lichte klei) in Dronten. Bij OPTI2 worden de bodemmaatregelen toegepast in de types: telen van groenbemesters, kunstmest en drijfmest. Ook hier liggen varianten met de toepassing van woelen op 30 cm. en de toepassingsmaatregel van maximale bodemontlasting door minimale bodemdruk. De nadruk ligt op ecoploegen 15 cm in het voorjaar met een voorbewerking om groenbemesters onder te werken.

2.3 Bodemkwaliteit OLK in de 0-meting

Om een conclusie te trekken of er verschillen tussen de percelen aanwezig zijn werd de bodem op de OLK onderzocht op de doorlatendheid van de grond, de bulkdichtheid en het organische stof percentage. Om de bodemkwaliteit te bepalen werden op de OLK voor het eerst grondmonsters gestoken en verwerkt in een nulmeting. Met deze bepaling werd de eerste deelvraag beantwoord: Wat zijn de verschillen op de OLK in de nul situatie? Hierbij was de verwachting dat er in de huidige Ausgangssituatie geen verschillen zijn tussen de percelen met de systeemproeven zoals die zijn aangelegd.

2.3.1 Meten van doorlatendheid

De doorlatendheid werd gemeten door middel van Kopeckyringen. Deze ringen van 53 mm doorsnee hebben elk een inhoudsmaat van 100cc. Elke ring was apart gecodeerd in het materiaal. De monsternamen vond plaats in de teeltlaag van 15-20 cm. Op alle percelen werden op 3 verschillende plekken 2 monsters genomen (bijlage A2). De grond in de ringmonsters was op veldcapaciteit (pF2) gebracht en na 120 minuten zijn de bijbehorende waarden afgelezen en verwerkt. De resultaten afkomstig uit de veldonderzoeken van OLK zijn statistisch getoetst met ANOVA. Met de student T-test zijn de objectgemiddelden met elkaar vergeleken. Als de F-probability kleiner was dan 0,05 waren de resultaten tussen de percelen significant. Significante verschillen werden in de tabellen en figuren aangegeven met *** $P < 0,01$, ** als $P < 0,05$ en * als $P < 0,10$. Resultaten met dezelfde gemeenschappelijke



tekens (*) zijn met 95% zekerheid niet verschillend van elkaar. Als referentiewaarde werden de gegevens van bijlage B3 gebruikt om een vergelijking te maken met de behaald resultaten van de percelen op de OLK en Warmonderhof. De behaalde resultaten van de percelen zijn getoond in tabellen voor zover mogelijk.

2.3.2 Meten van bulkdichtheid

De bulkdichtheid is een indicator voor de massa grond per volume-eenheid. De bulkdichtheid wordt beïnvloed door de textuur van de grond en de structuur. Het meten gebeurde door Kopeckyringen op de gewenste diepte te steken (15 cm-mv), vergelijkbaar in de situatie bij het meten van doorlatendheid, zoals beschreven in 2.3.1. Op alle percelen werden op 3 verschillende plekken 2 monsters genomen (bijlage A2). Nadat de grond op veldcapaciteit werd gebracht zijn de ringen in de droogstof geplaatst waarin de ringen gedurende 48 uur werden gedroogd bij een temperatuur van 105 graden Celsius. Na het drogen werden de monsters opnieuw gewogen. Deze Kopeckyringen met de gestoken grondmonsters verschaftte informatie over de bulkdensiteit (ρ_b). De ρ_b is naast een maat voor de compactheid van de bodem essentieel voor de omrekening van het gravimetrisch vochtgehalte naar het volumetrisch vochtgehalte (De Vos, 1999). Om bodems te vergelijken en om meer inzicht te krijgen in tekortkomingen van de onderzochte bodems werden deze belangrijke eigenschappen beoordeeld op bodemdichtheid. De resultaten afkomstig uit de veldonderzoeken van OLK zijn statistisch getoetst met ANOVA. Met de student T-test zijn de objectgemiddelden met elkaar vergeleken. Als de F-probability kleiner was dan 0,05 zijn de resultaten tussen de percelen significant. Significante verschillen werden in de tabellen en figuren aangegeven met *** wanneer $P < 0,01$, ** wanneer $P < 0,05$ en * wanneer $P < 0,10$. Resultaten met dezelfde gemeenschappelijke tekens (*) zijn met 95% zekerheid niet verschillend van elkaar. Als referentiewaarde werden de gegevens van bijlage B3 gebruikt om een vergelijking te maken met de behaald resultaten van de percelen op de OLK en Warmonderhof. De behaalde resultaten van de percelen zijn getoond in tabellen voor zover mogelijk.

2.3.3 Meten van organische stof

De organische stof wordt op verschillende plekken binnen het perceel gemonsterd (bijlage A2). Toepassing vindt plaats op een diepte van 0-30 cm -mv. Om een kleibodem te meten dient een natte oxidatie uitgevoerd te worden. Dit geldt voor zowel de bodem van de OLK als de bodem van Warmonderhof. Deze monsters werden gedroogd in de droogstoof waarna de monsters gemalen werden. Vervolgens werd een natte oxidatie ingezet om de organische stof te bepalen (Aeres Hogeschool, 2023). Voor de gebruikte formule wordt verwezen naar bijlage B1, punt 5. De resultaten afkomstig uit de veldonderzoeken van OLK zijn statistisch getoetst met ANOVA. Met de student T-test zijn de objectgemiddelden met elkaar vergeleken. Als de F-probability kleiner is dan 0,05 zijn de resultaten tussen de percelen significant. Significante verschillen worden in de tabellen en figuren aangegeven met *** wanneer $P < 0,01$, ** wanneer $P < 0,05$ en * wanneer $P < 0,10$. Resultaten met dezelfde gemeenschappelijke tekens (*) zijn met 95% zekerheid niet verschillend van elkaar. Als referentiewaarde werden de gegevens van bijlage B3 gebruikt om een vergelijking te maken met de behaald resultaten van de percelen op de OLK en Warmonderhof. De behaalde resultaten van de percelen werden getoond in tabellen voor zover mogelijk.



2.4 Verschillen tussen bodemkwaliteit OLK en WARM

Juist in de biologische landbouw ligt de nadruk op de aan- en afvoer van mineralen om de bodemkwaliteit te behouden en/of verbeteren. Mede vanwege de stabiliteit van de opbrengsten en de beheersbaarheid van ziekte en plagen door een gezond en actief bodemleven. Op Warmonderhof werden monsters genomen voor de doorlaatbaarheid van de grond, de bulkdichtheid en organische stof. De onderzoeksmaatregelen 1,2, 3 en 4 werden toegepast om een inzicht te geven in de kwaliteit van de bodem. Hiermee kon de tweede deelvraag beantwoord worden. Voor een akkerbouwer is de kwaliteit meestal ervaarbaar doordat het de betrouwbaarheid van de opbrengsten ten goede komt, evenals de bodemstructuur en stabiliteit, de bewerkbaarheid maar ook de groei en gezondheid van de gewassen (Schepens, et al., 2022). De verkregen data van de percelen op de OLK en WARM werden met elkaar vergeleken. Aan de hand van de uitkomsten van de doorlatendheid, bulkdichtheid en organische stof kan een uitspraak worden gedaan of er verschillen waren. De resultaten afkomstig uit de veldonderzoeken van OLK zijn statistisch getoetst met ANOVA. Met de student T-test zijn de objectgemiddelden met elkaar vergeleken. Als de F-probability kleiner was dan 0,05 zijn de resultaten tussen de percelen significant. Significante verschillen werden in de tabellen en figuren aangegeven met *** wanneer $P < 0,01$, ** wanneer $P < 0,05$ en * wanneer $P < 0,10$. Resultaten met dezelfde gemeenschappelijke tekens (*) zijn met 95% zekerheid niet verschillend van elkaar. Als referentiewaarde werden de gegevens van bijlage B3 gebruikt om een vergelijking te maken met de behaalde resultaten van de percelen op de OLK en Warmonderhof. De behaalde resultaten van de percelen zijn getoond in tabellen voor zover mogelijk.

2.5 NDICEA

Bij het gebruik van NDICEA werd per perceel gerekend aan de mineralisatie op -en afbouw en denitrificatie per perceel. De doorrekening liet zien of er een afname of toename is van NPK-overschotten of tekorten in de bouwvoor. Dit begrip is mineralisatie. Het omzetten van nitraat (NO_3) en nitriet (NO_2) in stikstofgas (N_2) heet denitrificatie. (Velthof, 2003) Mineralisatie en denitrificatie zijn processen die in de landbouwbodems optreden en een groot effect hebben op de voor het gewas aanwezigheid beschikbare stikstof en in -en uitspoeling naar grond -en oppervlaktewater. Het programma NDICEA maakte gebruik van de actuele weergegevens van actuele invoer van zaai -en bemestingdata of rekende de weergegevens terug als de teelt in de verleden tijd heeft plaatsgevonden. Met gegevens werd duidelijk wat de actuele status is van mineralisatie en denitrificatie per perceel (Timmermans, Bart G.H., n.d.). Deze online rekenmethode was een hulpmiddel om op perceelniveau de mestgebruiksruimte efficiënt te benutten met minimale uitspoeling verliezen. Hier kon de derde en ook laatste deelvraag mee beantwoord worden. Met deze uitkomst kan het bodembeheer aangepast worden om waar nodig uitspoeling verliezen te minimaliseren en controle te houden over denitrificatie. De behaalde resultaten van de percelen zijn getoond in tabellen voor zover mogelijk. De resultaten afkomstig uit de veldonderzoeken van OLK werden vergeleken met opgezochte referentiewaarde op kleigrond en zandgrond (Fraters, et al., 2012).



3. Resultaat

Op de systeemprouven OLK en WARM zijn metingen veldmetingen verricht en grondmonsters genomen. Deze gegevens worden geanalyseerd en hieronder gepresenteerd. In dit hoofdstuk wordt gestart met de resultaten van de doorlatendheid, daarna volgen de resultaten van de bulkdichtheid en aansluitend worden de gegevens van het organische stofpercentage weergegeven.

3.1 Welke verschillen zijn aanwezig op de OLK in de nul situatie?

Om een juiste uitspraak te kunnen doen over aanwezige verschillen in de nul situatie worden de systeemprouven gemonsterd op doorlatendheid, bulkdichtheid en het organische stofpercentage wordt bepaald. Hiermee kan de eerste deelvraag beantwoord worden. De hypothese die gesteld wordt is dat er geen verschillen zijn van bodemindicatoren tussen de verschillende systeemprouven op de OLK.

3.1.1 Doorlatendheid

Het functioneren van de grond is afhankelijk van de doorlatendheid (K) van de bodem. Een hogere K-waarde betekent een hogere doorlatendheid van de grond. De K-waarde is afhankelijk van plaats en tijd van het gemonsterde perceel. De resultaten hieronder zijn afkomstig van de onderzochte percelen. De gebruikte formule is: $K\text{-waarde} = (V/t) * 36,7/h^2$.

De doorlatendheid verschilt sterk per systeemprouf en er komen sterke schommelingen voor. Perceel 6 is gemonsterd op 19 april 2023. De percelen 1 t/m 5 zijn gemonsterd op 26 april 2023. Per perceel zijn 6 monsters genomen, (bijlage C3) waarbij van percelen 1, 2 en 4 een monster verloren ging. Hierbij is het aantal monsters waarover een gemiddelde is berekend verminderd naar 5. Op MAK is de hoogste doorlatendheid gemeten. Deze bedroeg 0,14 (tabel 1). Dit betekent een doorlatendheid van 139 mm/etmaal. Het perceel met de daarna grootste doorlatendheid is NKG met een doorlatendheid van 0,11. Dit betekent een doorlatendheid van 109 mm/etmaal. De gemiddelde K-waarde van alle percelen voor de doorlatendheid is 0,08. Gemiddeld kunnen de percelen 79 mm/etmaal verwerken.

Tabel 1 K-waarde systeemprouven, standaardafwijking en aantal monsternames met een maximum van $n = 6$

Perceel	Mean	SD	N	p
MAK	0,14	0,06	5	*
NKG	0,11	0,01	5	*
SAK	0,07	0,04	5	*
OPTI2	0,07	0,05	6	*
OPTI1	0,04	0,04	6	*

² Waarbij: V=volume, t = tijd (120 min) en h=hoogte



Tabel 2 ANOVA k-waarde, waarbij $p = 0,07$

Cases	sum of squares	df	Mean Square	F	p
Perceel	0,02	5	4.27e -3	2.34	0,07
Residuals	0,05	27	1,82e -3		

Note: Type III Sum of Squares

Met een betrouwbaarheidsinterval van 93% zijn significante verschillen aangetoond tussen de percelen (tabel 2) waarbij $p = 0,07$. Resultaten met een dergelijke significantie worden weergegeven met *. Op basis van visuele beoordeling ging het steken van ringmonsters het meest makkelijk op NKG. Daarnaast is een inkuileffect van gewasresten waargenomen tijdens het monsteren op alle percelen behalve op de NKG.

3.1.2 Bulkdichtheid

De volgende stap bij het beantwoorden van de eerste deelvraag is het meten van de bulkdichtheid. Bulkdichtheid is een grootheid om de compactheid van de bodem te meten. De bulkdichtheid is gemeten op 13 juni 2023. De ringmonsters zijn 48 uur gedroogd op 105 °C. Na het drogen zijn de ringmonsters leeggemaakt en de daaruit gekomen droge, losse grond is gewogen. De resultaten zijn weergegeven in tabel 3. De gemiddelde dichtheid van de grond per perceel komt daarmee uit voor 137,9 gram/100 cc. Dit staat gelijk aan een dichtheid van 1379 kg/m³ grond. NKG heeft de hoogste bulkdichtheid en OPTI1 heeft de laagste bulkdichtheid. Met een betrouwbaarheidsinterval van 99% zijn significante verschillen aangetoond tussen de percelen (tabel 4) waarbij $p = 0,007$. Resultaten met een dergelijke significantie worden weergegeven met *.

Tabel 3 Bulkdichtheid systeemprouven, standaardafwijking en aantal monsternames.

Perceel	Mean	SD	N	p
NKG	146,30	5,66	6	*
SAK	133,17	6,55	6	*
MAK	137,13	2,69	6	*
OPTI1	133,01	4,50	6	*
OPTI2	143,68	6,56	6	*

Tabel 4 ANOVA-bulkdichtheid, waarbij $p = 0,007$

Cases	sum of squares	df	Mean Square	F	p
Perceel	991,89	5,00	198,38	6,56	0,007
Residuals	906,58	30,00	30,22		

Note: Type III Sum of Squares

3.1.3 Organische stof

Organische stof is belangrijk voor de levering van stikstof, fosfaat en andere nutriënten aan gewassen. Dit gebeurt doordat er nutriënten vrijkomen bij de afbraak van organische stof en doordat organische stof in staat is om nutriënten op vast te houden en uit te wisselen met



het bodemvocht. Perceel 5 en 6 zijn gemonsterd op 10 mei 2023. Percelen 1 t/m 4 zijn gemonsterd op 11 mei 2023.

De bodemorganische stof percentages zoals gemeten in de periode mei 2023 zijn uiteengezet in tabel 5. De organische stof percentages waardes representeren de organische stof in de bovenlaag van 0 – 30 cm in de bodem. De verkregen resultaten variëren van 2,67% tot 2,92%. Er zijn geen significante verschillen aantoonbaar. In de systeemprouf bij NKG is het organische stof percentage het hoogst. Het gemiddelde organische stofgehalte van alle percelen is 2,80%. Hiermee ligt het organische stof bij NKG 0,24% hoger dan het gemiddelde. Het laagste niveau is gemeten bij OPTI1 en dit ligt 0,23% onder het gemiddelde.

Tabel 5 Gemiddeld organische stof % op de systeemprouven met standaarddeviatie en aantal monsternames met een maximum van n=2

Perceel	Mean	SD	N	p
NKG	2,92	0,24	2	-
SAK	2,89	0,08	2	-
OPTI2	2,74	0,03	2	-
MAK	2,70	0,12	2	-
OPTI1	2,67	0,11	2	-

Tabel 6 ANOVA organische stof, waarbij $p = 0,30$

Cases	sum of squares	df	Mean Square	F	p
Perceel	0,12	5	0,02	0,157	0,30
Residuals	0,09	6	0,02		

Note: Type III som of squares

Tabel 7 Samenvattende resultaten systeemprouven.

Indicator	NKG	SAK	MAK	OPTI1	OPTI2	Mean	STDEV
Bulkdichtheid	146,30	133,17	137,13	133,01	143,68	138,66	6,08
Organische stof (%)	2,92	2,89	2,70	2,67	2,74	2,79	0,11
Doorlatendheid	0,11	0,07	0,14	0,04	0,07	0,09	0,03

3.2 Wat zijn de verschillen van bodemindicatoren tussen OLK en Warmonderhof?

De resultaten afkomstig uit de systeemprouven op de OLK en de metingen die verricht zijn op WARM worden hieronder gepresenteerd. De verschillen tussen de doorlatendheid, bulkdichtheid en organische stof worden vergeleken tussen OLK en WARM om de tweede deelvraag te beantwoorden.

In tabel 8 worden de bodemindicatoren vergelijkend weergegeven. Op basis van de gemeten resultaten kan er gekeken worden naar verschillen in bodemindicatoren. Op beide percelen wordt gewerkt met dezelfde grondsoort. De percelen geven een duidelijk verschil tussen de onderlinge bodemindicatoren. Uit de resultaten is op WARM de doorlatendheid gemeten met een k-waarde van 0,04. Dit ligt onder het gemiddelde en is niet significant. De bulkdichtheid op WARM is 134,11 wat neerkomt op een dichtheid van 1341 kg/m³ grond.



Gemiddeld is de dichtheid van alle percelen 1401 kg/m³ grond. Met een gemiddelde van 2,8% organische stof komt WARM er met 2,88% niet significant bovenuit. Op WARM is de hoogste C-organisch gemeten. Met een $p = 0,9$ is dit niet significant zoals te zien is in tabel 9. Een hoog C-organisch getal betekent een betere vochtvasthouding van de bodem en er komen minder mineralen zoals N en S vrij. Deze organische stof is stabiel en moeilijk afbreekbaar.

Tabel 8 Bodemindicatoren voor OLK en WARM ter vergelijking

Indicator	WARM	NKG	SAK	MAK	OPT11	OPT12	Mean	STDEV
Doorlatendheid	0,04	0,11	0,07	0,14	0,04	0,07	0,08	0,04
Organische stof (%)	2,88	2,92	2,89	2,70	2,67	2,74	2,80	0,10
Bulkdichtheid	134,11	146,30	146,30	137,13	133,01	143,68	140,09	5,55
C-organisch	349,2	333,0	337,2	319,8	327,0	319,8	331,00	10,33

Tabel 9 ANOVA C-org waarbij $p = 0,905$

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Behandeling	1.281.120	5	256.224	0.285	0.905
Residuals	5.402.880	6	900.480		

Note: Type III Sum of Squares

3.3 Hoe kan de beschikbare data uit NDICEA worden geïntegreerd in bodemadvies dat bruikbaar is voor de individuele bedrijfssituatie en daarmee zorgen voor minder uitspoeling verliezen?

Bij het gebruik van NDICEA wordt per perceel gerekend aan de mineralisatie op -en afbouw en denitrificatie per perceel. De doorrekening laat zien of er een afname of toename is van NPK-overschotten of tekorten in de bouwvoor. Dit begrip is mineralisatie. Het omzetten van nitraat (NO₃) en nitriet (NO₂) in stikstofgas (N₂) heet denitrificatie. (Velthof, 2003) Mineralisatie en denitrificatie zijn processen die in de landbouwbodems optreden en een effect hebben op de beschikbare stikstof voor het gewas en het heeft een effect op de in -en uitspoeling naar grond -en oppervlaktewater. Door gebruik te maken van de teelt -en bemestingsgegevens wordt duidelijk wat de actuele status is van mineralisatie en denitrificatie per perceel. NDICEA koppelt deze gegevens met de toen heersende neerslaggegevens (Timmermans, Bart G.H., n.d.). Deze methode is een handig hulpmiddel om op perceelniveau de mestgebruiksruimte efficiënt te benutten met minimale uitspoeling verliezen en daarmee een belangrijk stap in duurzaam bodembeheer. Het gebruik van NDICEA gebeurt door middel van een onlineapplicatie. De beschikbare data uit NDICEA is afkomstig zoals de bemesting en vruchtwisseling is toegepast op de systeemproeven. NTS fertilizer is niet aanwezig als meststof in het rekenprogramma en vervangen voor ureum. De irrigatiegegevens zijn niet beschikbaar voor alle percelen. Met de uitkomsten van de resultaten is de mineralenbalans opgesteld met daarbij aandacht voor de denitrificatie en uitspoeling/denitrificatie ondergrond. Aan de hand van die waarde is af te lezen hoeveel N uitspoelt en/of vervluchtigd. Hiermee kan de derde deelvraag beantwoord worden.



3.3.1 NKG

Bij NKG ligt de nadruk sinds de start op grondbewerkingsvarianten binnen een gangbare rotatie. Daarnaast wordt er vaste mest, drijfmest en/of kunstmest toegepast in combinatie met groenbemesters. Woelen gebeurt tot een diepte van 30 cm.

In tabel 9 staan de actuele teeltgegevens die gebruikt zijn in het

Tabel 10 zaaidatum en gewasnamen systeemproof NKG

Datum zaaien	Gewasnaam
10-11-2020	Wintertarwe
28-08-2021	Engels raaigras
23-03-2022	Aardappel
11-05-2023	Suikerbiet

rekenprogramma NDICEA. In NDICEA zijn de toegepaste gewassen en bemesting verwerkt. De bouwvoor in de 1^e en 2^e laag is lichte klei, 24% lutum. Op systeemproof NKG stonden vanaf 2020 wintertarwe, gevolgd door de zaai van groenbemester (Engels raai). In 2022 stond het gewas aardappel en in 2023 stond het gewas suikerbieten. De bemestingsgegevens van 2023 zijn tijdens het schrijven van dit onderzoek niet beschikbaar en daarom niet verwerkt. Op NKG is een berekend overschot van 103 kg. N/ha/jaar. Via uitspoeling verdwijnt 116 kg N/ha/jaar. Dit is 57 % van de totaal aangevoerde N (tabel 10). Op NKG is een tekort gemeten aan P (-26 kg/ha) en een tekort aan K (-5 kg/ha).

Tabel 11 NDICEA-mineralenbalans systeemproof NKG, lichte klei, 24% lutum

Alles in kg/ha/jaar	N	P2O5	K2O
Aanvoer mest	180	21	125
Stikstofbinding	0	0	0
Zaad/plantgoed	0	0	0
Irrigatie	0	0	0
Depositie	24	3	8
Totaal aanvoer	204	24	133
Afvoer producten	101	51	139
Berekend overschot	103	-26	-5
Vervluchtiging	0		
Denitrificatie	11		
Uitspoeling / denitrificatie ondergrond	116		
Toename / afname organische N	-4		
Toename / afname minerale N bodem	-5		

3.3.2 SAK

Op SAK wordt gangbare aanvoer van organische stof in de vorm van varkens -of rundveedrijfmest aangevoerd. Hierbij wordt een aanvulling gegeven van EOS met de teelt van groenbemesters. Er wordt gebruik gemaakt van kunstmest om de mineraalbehoefte op peil te houden. De bewerkingsdiepte bedraagt maximaal 25 cm met ploegen in het

Tabel 12 zaaidatum en gewasnamen systeemproof SAK

Datum zaaien	Gewasnaam
26-03-2021	Vlas
29-10-2021	Wintertarwe
09-08-2022	Gele mosterd

najaar en de bewerkingsdiepte van de cultivator bedraagt maximaal 30 cm. Er zijn geen gegevens van voorjaarsbemesting op de wintertarwe. Daarom is er tijdens het gebruik van NDICEA van uitgegaan dat er geen toepassing van bemesting gebruikt is voor de wintertarwe. In tabel 11 staan de actuele teeltgegevens die gebruikt zijn in het rekenprogramma NDICEA. Hier zijn de toegepaste gewassen en bemesting in verwerkt. De bouwvoor in de 1^e en 2^e laag



is lichte klei, 25% lutum. Op SAK stonden vanaf 2021 het gewas vlas en in hetzelfde jaar werd als vervolggewas wintertarwe gezaaid. Na oogst van de wintertarwe is een groenbemester gezaaid (gele mosterd). De zaaidata en bemestingsgegevens van 2023 zijn tijdens het schrijven van dit onderzoek niet beschikbaar en daarom niet verwerkt. Op SAK is een berekend overschot van 79 kg N/ha/jaar te zien. Via uitspoeling verdwijnt 101 kg. N/ha/jaar. Dit is 67% van de totaal aangevoerde N (tabel 12). Op SAK is ook een overschot gemeten aan K (14 kg/ha) en een tekort aan P (-20 kg/ha).

Tabel 13 NDICEA-mineralenbalans systeemproof SAK, lichte klei, 25% lutum

Alles in kg/ha/jaar	N	P2O5	K2O
Aanvoer mest	127	15	58
Stikstofbinding	0	0	0
Zaad/plantgoed	0	0	0
Irrigatie	0	0	0
Depositie	24	3	8
Totaal aanvoer	151	18	66
Afvoer producten	72	38	51
Berekend overschot	79	-20	14
Vervluchtiging	45		
Denitrificatie	18		
Uitspoeling / denitrificatie ondergrond	101		
Toename / afname organische N	-58		
Toename / afname minerale N bodem	5		

3.3.3 MAK

Op MAK wordt een minimale investering in de bodem gedaan door alleen de toevoeging van kunstmest. Er wordt geploegd op een diepte van 30 cm met een eventuele extra bewerking van de cultivator. Er worden geen groenbemesters toegepast. In tabel 13 staan de actuele teeltgegevens die gebruikt zijn in het rekenprogramma NDICEA. Hier zijn de toegepaste gewassen en bemesting in verwerkt. De bouwvoor in de 1^e en 2^e laag is lichte klei, 26% lutum. Op systeemproof MAK stonden vanaf april 2021 aardappelen. In 2022 suikerbieten gevolgd door in hetzelfde jaar gezaaide wintertarwe. De zaaidata en bemestingsgegevens van 2023 zijn tijdens het schrijven van dit onderzoek niet beschikbaar en daarom niet verwerkt. Op de systeemproof MAK is een berekend overschot van 55 kg/N/jaar te zien. Via uitspoeling/denitrificatie ondergrond verdwijnt 88 kg. N/ha/jaar. Dit is 46% van de totaal aangevoerde N (tabel 14). Verder vallen een tekort aan P (-66 kg/ha) op en een tekort aan K (-130 kg/ha).

Tabel 14 zaaidatum en gewasnamen systeemproof MAK,

Datum zaaien	Gewasnaam
26-04-2021	Aardappel
23-05-2022	Winterpeen
08-11-2022	Wintertarwe



Tabel 15 NDICEA-mineralenbalans systeemproof MAK, lichte klei, 26% lutum

Alles in kg/ha/jaar	N	P2O5	K2O
Aanvoer mest	190	0	65
Stikstofbinding	0	0	0
Zaad/plantgoed	0	0	0
Irrigatie	0	0	0
Depositie	24	3	8
Totaal aanvoer	204	3	73
Afvoer producten	145	69	203
Berekend overschot	69	-66	-130
Vervluchting	63		
Denitrificatie	14		
Uitspoeling / denitrificatie ondergrond	94		
Toename / afname organische N	-60		
Toename / afname minerale N bodem	-7		

3.3.4 OPTI1

De bodemmaatregelen bij OPTI1 zijn in te delen in verschillende types: telen van groenbemesters, kunstmest en toedienen van organische materialen in de vorm van vaste (organische) mest en compost. Er liggen varianten met de toepassing van woelen op 30 cm. en de toepassingsmaatregel van maximale bodemontlasting door minimale

Tabel 16 zaaidatum en gewasnamen systeemproof OPTI1

Datum zaaien	Gewasnaam
03-04-2021	Suikerbiet
29-10-2021	Wintertarwe
09-08-2022	Gele mosterd

bodemdruk. De grondbewerking wordt op 15 cm uitgevoerd in het najaar met een ecoploeg. Woelen gebeurt op een diepte van 30 cm. In tabel 15 staan de actuele teeltgegevens die gebruikt zijn in het rekenprogramma NDICEA. Hier zijn de toegepaste gewassen en bemesting in verwerkt. De bouwvoor in de 1^e en 2^e laag is lichte klei, 25% lutum. Op SAK stond vanaf maart 2021 suikerbieten, waarna in hetzelfde jaar wintertarwe gezaaid is. Na oogst van de wintertarwe is een groenbemester gezaaid (gele mosterd). De zaaidata en bemestingsgegevens van 2023 zijn tijdens het schrijven van dit onderzoek niet beschikbaar en daarom niet verwerkt. Op systeemproof OPTI1 is een berekend overschot van 176 kg. N/ha/jaar te zien. Via uitspoeling verdwijnt 107 kg. N/ha/jaar. Dit is 39% van de totaal aangevoerde N (tabel 16). Op OPTI1 is een tekort van P (-36 kg/ha) en een tekort van K (-51 kg/ha).



Tabel 17 NDICEA-mineralenbalans systeemproef OPT11, lichte klei, 25% lutum

Alles in kg/ha/jaar	N	P2O5	K2O
Aanvoer mest	251	15	58
Stikstofbinding	0	0	0
Zaad/plantgoed	0	0	0
Irrigatie	0	0	0
Depositie	24	3	8
Totaal aanvoer	275	18	66
Afvoer producten	99	54	117
Berekend overschot	176	-36	-51
Vervluchtiging	86		
Denitrificatie	23		
Uitspoeling / denitrificatie ondergrond	107		
Toename / afname organische N	-46		
Toename / afname minerale N bodem	5		

3.3.5 OPTI2

Bij OPTI2 worden de bodemmaatregelen toegepast in de types: telen van groenbemesters, kunstmest en drijfmest. Ook hier liggen varianten met de toepassing van

Tabel 18 zaaidatum en gewasnamen systeemproef OPTI2

Datum zaaien	Gewasnaam
25-03-2021	Zomergerst
28-08-2021	Engels raaigras
22-03-2022	Vlas

woelen op 30 cm. en de toepassingsmaatregel van maximale bodemontlasting door minimale bodemdruk. De nadruk ligt op ecoploegen 15 cm in het voorjaar met

een voorbewerking om groenbemesters onder te werken. In tabel 17 staan de actuele teeltgegevens die gebruikt zijn in het rekenprogramma NDICEA. Hier zijn de toegepaste gewassen en bemesting in verwerkt. De bouwvoor in de 1^e en 2^e laag is lichte klei, 25% lutum. Op systeemproef OPTI1 stonden vanaf maart 2021 zomergerst waarna oogst een groenbemester gezaaid is (Engels raaigras). In 2022 is het gewas vlas gezaaid. De zaaidata en bemestingsgegevens van 2023 zijn tijdens het schrijven van dit onderzoek niet beschikbaar en daarom niet verwerkt. Op de systeemproef OPTI2 is een berekend overschot van 457 kg. N/ha/jaar. Via uitspoeling verdwijnt 138 kg. N/ha/jaar in de ondergrond, dit is 26% van de totaal aangevoerde N (tabel 18). Bij OPTI2 wordt een overschot aangetoond van P (96 kg/ha) en een overschot van K (143 kg/ha).

Tabel 19 NDICEA-mineralenbalans systeemproef OPTI2, lichte klei, 25% lutum

Alles in kg/ha/jaar	N	P2O5	K2O
Aanvoer mest	508	139	230
Stikstofbinding	0	0	0
Zaad/plantgoed	0	0	0
Irrigatie	0	0	0
Depositie	24	3	8
Totaal aanvoer	532	142	238
Afvoer producten	75	46	95
Berekend overschot	457	96	143
Vervluchtiging	258		
Denitrificatie	37		
Uitspoeling / denitrificatie ondergrond	138		
Toename / afname organische N	-2		
Toename / afname minerale N bodem	25		



Tabel 20 vergelijkende gegevens van de systeemprouven op lichte klei, 23-26% lutum. Percentages weergegeven t.o.v. totale stikstofbedrijfsaanvoer)

	NKG	SAK	MAK	OPT11	OPT12
Aanvoer mest (N)	180	127	176	251	508
Stikstofbinding	0	0	0	0	0
Zaad/plantgoed	0	0	0	0	0
Irrigatie	0	0	0	0	0
Depositie	24	24	24	24	24
Totaal aanvoer	204	151	200	275	532
Afvoer producten	101	72	145	99	75
Berekend overschot	103	79	55	176	457
Vervluchting	0	45	59	86	258
Denitrificatie	11	18	13	23	37
Uitspoeling / denitrificatie ondergrond	116	101	88	107	138
Toename / afname organische N	-4	-58	-60	-46	-2
Toename / afname minerale N bodem	-5	5	-7	5	25
Uitspoeling/ denitrificatie ondergrond %	57%	67%	46%	39%	26%
Vervluchting %	0%	30%	30%	31%	48%
Denitrificatie %	5%	12%	7%	8%	7%

De uitspoeling waardes zoals vermeld in tabel 20 geven een heldere kijk in de bedrijfsvoering. De totale N-aanvoer (incl. depositie) wordt weergegeven. Het is logisch om naar absolute getallen te kijken zoals de kg uitspoeling/ha/jaar en daarmee valt OPT12 op met 138 kg/ha/jaar. OPT12 heeft de grootste vervluchting per jaar met 258 kg N/ha/jaar. Met 26% uitspoeling t.o.v. de totale N is OPT12 het laagste perceel. De resultaten daarmee volgend kwam SAK als meest uitspoelingsgevoelig met 67%. NKG volgde met 57%.



4. Discussie

In dit hoofdstuk worden de resultaten afkomstig van hoofdstuk 3 verder besproken en is er ruimte voor discussie over de toegepaste methode en het proces. Er liggen nu nog vragen over welke bodem -en teeltmaatregelen het beste gecombineerd kunnen worden om tot een duurzaam bodembeheer te komen op jonge zeekleigronden.

4.1 Doelstelling van het afstudeerwerkstuk

Het doel van dit onderzoek is bodemgegevens van de OLK te verzamelen. Met behulp van deze gegevens ontstaat een nulmeting. Vervolgens kan er met deze data, voor zover van toepassing, een ander bodembeheer toegepast worden om de doelstelling die van kracht is, te verwezenlijken. Hieronder staat een herhaling van de vermelde doelstelling voor de OLK:

- Behoud en opbouw van organisch stofgehalte in de bodem.
- Het activeren en stimuleren van het bodemleven.
- Het verbeteren van de bewerkbaarheid van de grond.
- Het mogelijk maken van diepe beworteling voor vochtlevering (capillaire werking).

De systeemproeven zijn opgezet in het najaar van 2022 om een meerjarig onderzoek te doen naar de effecten van de bodemindicatoren. Hierdoor zijn de gevolgen van het bodembeheer op lange termijn nu nog niet zichtbaar. Het uiteindelijke doel is het verkrijgen van duurzaam bodembeheer.

4.2 Welke verschillen zijn aanwezig op de OLK in de nul situatie?

Voor een eerste vergelijking tussen de verschillende systemen zijn de gemiddelde per systeem berekend. Er zijn met een betrouwbaarheid van 93% zijn significante verschillen aangetoond in de doorlatendheid. Met een betrouwbaarheid van 99% zijn significante verschillen aangetoond in de bulkdichtheid. Voor de overige bodemindicator, organische stof, zijn geen significante verschillen aangetoond. Op 19 april zijn de percelen OPTI2, en MAK gemeten. OPTI1 was tijdens het monstern te nat om deze goed uit te voeren. Het perceel was dusdanig nat dat de ringmonsters die goed gevuld konden worden. Dit kan betekenen dat de doorlatendheid hoger is voor dit perceel t.o.v. de andere percelen. Op 26 april zijn de resterende percelen gemonsterd, namelijk OPTI1, SAK, NKG en WARM. Tijdens het monstern werd een inkuileffect gevonden van ondergeploegde gewasresten op alle percelen behalve bij NKG. Bij het inkuileffect bestaat een risico bij nat onderploegen dat een slecht verterende laag ontstaat. Door zuurstofgebrek in de bouwvoor worden organische stoffen omgezet in organische zuren. Dit uit zich het volgende seizoen in lagere opbrengsten door een slecht doordringbare laag voor de plantenwortels. (Kennissakker.nl, 2004). Op de percelen MAK en OPTI2 stond wintertarwe te velde tijdens de metingen. De overige percelen NKG, SAK en OPTI1 waren geploegd. In de resultaten zijn opvallende verschillen te zien wat betreft de doorlatendheid en bulkdichtheid. Met name de factoren bouwplan, bodembeheer en uitvoering van de maatregel (expertise v.d. agrarisch ondernemer) kan verschillen veroorzaken in data op zowel fysische, chemische en biologische indicatoren. Een andere verklaring van verschillen tussen de percelen is de invloed van variatie in de metingen tussen de herhalingen.



4.2.1 Doorlatendheid

Vanwege beperkte tijd voor dit onderzoek is tijdens dit onderzoek besloten om het aantal benodigde ringmonsters met de Kopeckyringen te reduceren. De volgens protocol nominale hoeveelheid monsters is omgezet naar een praktisch uitvoerbaar aantal. Er is daardoor gekozen voor een maximum hoeveelheid van 6 monsters per perceel (bijlage C1). Alle percelen waren tijdens het steken van ringmonsters erg nat in de bouwvoor. Dit maakte het goed uitvoeren van een monster lastig tot slecht uitvoerbaar. Het is tijdens het vullen van de ring belangrijk dat de inhoud gewaarborgd en representatief blijft en niet wordt aangedrukt. Het aandrukken of dichtsmeren van de ringmonsters beïnvloedt de doorlatendheid tijdens de meting. Dit proces is goed verlopen. In bijlage F1 is te zien dat op 24 april, 2 dagen voor de laatste verrichte metingen, 25 millimeter water gevallen was. Dit verklaart waarschijnlijk de natte omstandigheden op alle percelen tijdens het monstereen. Bij MAK is 1 monster komen te vervallen omdat tijdens de doorlatendheidtest de waarde meer dan 50% afweek van de overige monsters van hetzelfde perceel. Hierdoor is gewerkt met $n=5$, zoals te zien in tabel 21.

Tabel 21 Bodemindicator doorlatendheid OLK, lichte klei, met een gem. van 0,09 en STDEV 0,03

Indicator	NKG	SAK	MAK	OPTI1	OPTI2	Mean	STDEV
Doorlatendheid	0,11	0,07	0,14	0,04	0,07	0,08	0,04

Figuur 4 Bodemdoorlatendheid voor akkerbouw en behoud. (FAO, nb.)

Soil permeability classes for agriculture and conservation		
Soil permeability classes	Permeability rates ¹	
	cm/hour	cm/day
Very slow	Less than 0.13	Less than 3
Slow	0.13 - 0.3	3 - 12
Moderately slow	0.5 - 2.0	12 - 48
Moderate	2.0 - 6.3	48 - 151
Moderately rapid	6.3 - 12.7	151 - 305
Rapid	12.7 - 25	305 - 600
Very rapid	More than 25	More than 600

De k-waarde varieerde van 0,04 tot 0,14. Vergelijkend met de referentie in figuur 4 is deze grondsoort langzaam tot zeer langzaam doorlaatbaar. Op MAK is de hoogste doorlatendheid gemeten. Dit is tegen de verwachting in vanwege alle minimale bodeminvesteringen in het perceel. Anderzijds kan een betere doorlaatbaarheid van de grond ook het uitspoeling effect van mineralen versnellen en/of vergroten (Lal & Stewart, 2012). Om effecten van de vochthuishouding beter in kaart te brengen moeten betere methodieken toegepast worden om gewas en jaareffecten uit te kunnen sluiten. Te denken valt aan continue vochtmetingen en het werken met tensiometers met sensoren op meerdere dieptes. Uit ander onderzoek blijkt dat grondverbeteraars t.o.v. alleen kunstmest een hogere doorlatendheid moeten kunnen geven (Balen, et al., 2015). Daarnaast is het raadzaam om de bodem fysische



metingen die in begin van de proeven uitgevoerd zijn een aantal keer te herhalen om effecten op structuur in kaart te brengen. De K-waarde van de percelen wordt vergeleken met de referentiewaarde in bijlage B4. De gemeten K-waarde van alle systeemprouven, variërend van 0,04 t/m 0,14, is niet afwijkend van de referentiewaarde in bijlage B4.

4.2.2 Bulkdichtheid

De bulkdichtheid is gemeten in de teeltlaag (15-20 cm). De gemiddelde droge bulkdichtheid van de gemeten percelen bedroeg 0,138 kg per 100cc grond. Omgerekend is de dichtheid van deze grond gemiddeld 1387 kg/m³. De referentiewaarde² is afhankelijk van het aandeel aanwezige lutum in de grond (bijlage B3). Statistisch zijn significante verschillen waargenomen. De droge bulkdichtheid van de gemeten percelen varieerde van 133 t/m 146 zoals te zien in tabel 22. De resultaten zijn verspreid met een standaardafwijking van 5,68. Het gemiddelde lutumpercentage van alle gemeten percelen bedroeg 25 %. Dit komt neer op een referentiewaarde van 1,53 kg. De oorzaak hiervan ligt in het feit dat het lutumpercentage van de percelen varieerde met 2% verschil van 24% lutum tot 26% lutum. Dit is logisch en verklaarbaar.

Tabel 22 Bodemindicator bulkdichtheid OLK, lichte klei, met een gem. dichtheid van 1387 kg/m³ grond en STDEV 5,68

Indicator	NKG	SAK	OPTI2	MAK	OPTI1	Mean	STDEV
Bulkdichtheid	146,30	133,17	143,68	137,13	133,01	138,66	5,68

Bij OPTI1 en OPTI2 wordt gewerkt met lage bandenspanning en de bedrijfsvoering moet zorgdragen voor minimale belasting van de bodem. Dit wordt gedaan door het gebruiken van brede banden die zorgen voor minimaal bodemcontact en in combinatie met het kiezen van de juiste bandenspanning. Verder is het belangrijk dat er zoveel mogelijk gewerkt wordt onder droge omstandigheden. Bij OPTI1 is de laagste bulkdichtheid gemeten. Op NKG is de hoogste bulkdichtheid gemeten. Dit ligt nog binnen de referentiewaarde, alleen bestaat het risico op verdichting van de ondergrond. Dit kan veroorzaakt worden door een te hoge aslast of wiellast van trekkers en/of machines (Vanderhasselt, 2023).

De bulkdichtheid wordt weergegeven als zijnde een maatstaf voor de compactheid van de bodem. Ander onderzoek heeft uitgewezen dat de compactheid sterk afhankelijk is van grondstructuur en organisch aanwezig bodemmateriaal. Hoe beter de structuur hoe meer openingen de grond bevat. Lucht en water maken namelijk van deze openingen in de grond gebruik. Het zou beter zijn om de mate van compactheid aan te geven dan de mate van bulkdichtheid (Hakansson & Lipiec, 2000). Tijdens het onderzoek zijn hier geen omrekeningsformules gevonden.

Op de OLK worden alle praktische bewerkingen op het veld (zoveel mogelijk) gemechaniseerd uitgevoerd, met een zo hoog mogelijke capaciteit om bij de huidige hoge arbeids- en grondkosten rendabel te kunnen blijven produceren. De bewerkingen die worden uitgevoerd, vinden soms plaats onder ongunstige, natte bodemomstandigheden. Doordat er door het jaar heen veel over het veld gereden wordt met grote, vaak bodemonvriendelijke machines wordt de bodem relatief zwaar belast. Na de oogst kan de

² Referentiewaarde bulkdichtheid: $< 1,75 - 0,009 \cdot \text{lutumgehalte (in \%)}$



grond hierdoor verdichten. Deze ontwikkeling heeft ertoe geleid dat in de gangbare en biologische landbouw jaarlijks een vrij diepe hoofdgrondbewerking wordt uitgevoerd, 20 à 30 cm diep, om de verdichte grond weer los te maken voordat het volgende gewas ingezaaid wordt. Een verdichte grond wordt pas geconstateerd als het te laat is. Hier liggen mogelijke verbeterpunten voor de systeemproeven.

Het meten van de bulkdichtheid was een makkelijk uitvoerbaar proces. Nadat alle monsters 24 uur gedroogd waren op 105 °C is het gewicht van de losse grond gemeten. Dit is gedaan door de ring leeg te maken en de vrijgekomen grond te meten op een weegschaal. Hierbij is het belangrijk een geijkte weegschaal te gebruiken en de gehele proef op dezelfde weegschaal te voltooien om de foutmarges minimaal te houden. Het meten van de droge bulkdichtheid is goed verlopen.

4.2.3 Organische stof

De streefwaarde voor het organische stof is lastig vast te stellen. Er zijn veel factoren van afhankelijk zoals bodemgebruik (biologisch, gangbaar, NKG) en bodemeisen (emissiebeperking, koolstofvastlegging). Daarnaast is het soort organische stof een factor die meetelt. Stabiele en minder stabiele organische stof zijn allebei aanwezig in de bodem. Theoretisch is het niet mogelijk om een streefwaarde voor het organische stofgehalte te geven. Praktisch vertaald wordt een globale streefwaarde aangehouden. Deze ligt bij akkerbouw en groenteteelt rond de 3% organische stof op zand en zavelgronden en 1 tot meerdere procenten hoger op zandgronden met inerte zwarte organische stof en op kleigronden, vooral bij hoge lutumgehalten (Dekker, Van Geel, Van Den Berg, Van Der Burgt, & Bokhortst, 2009). Dit betekent dat de organische stof percentages op OLK niet voldoen volgens deze net genoemde streefwaarde. Te zien in tabel 23 is van de gemonsterde percelen op NKG de hoogste organische stof gemeten (2,9%) en bij OPTI1 is de laagste gemeten (2,6 %). Dit is een verschil van 9%. Onderzoek in de komende jaren op de systeemproeven moet gaan uitwijzen wat het organische stofpercentage veranderd. Bij de systeemproof NKG is het doel om met gereduceerd grondbewerking een geschikt zaaibed te krijgen met daarbij de must voor een realisatie van een ongestoorde groei voor het gewas. NKG werkt verhogend voor de bodemfysische eigenschappen en is daarmee aanzienlijk geschikt voor duurzaam bodembeheer. (Schouten, et al., 2018)

Ploegen bevordert de afbraak van organische stof door beluchting van de bodem, en zorgt voor fysieke afbraak van gewasresten en verstoring van het bodemleven. Niet-kerende grondbewerking vermindert de afbraak van organische stof, en heeft een positief effect op het bodemleven. Daarnaast verbetert de structuur en leidt niet-kerende grondbewerking tot minder verdichting. Verminderde grondbewerking brengt echter ook risico's met zich mee, doordat gewasresten op het land blijven liggen. Dat kan leiden tot een verhoogd risico op bovengrondse pathogenen. Bovendien is niet-kerende grondbewerking niet bij alle gewassen mogelijk.

Tabel 23 Bodemindicator organische stof OLK, lichte klei, met een gem. organisch stofgehalte van 2,8% en STDEV 0,10

Indicator	NKG	SAK	MAK	OPTI1	OPTI2	Mean	STDEV
Organische stof (%)	2,92	2,89	2,70	2,67	2,74	2,80	0,10



4.3 Wat zijn de verschillen van bodemindicatoren tussen OLK en Warmonderhof?

De situatie van de bodemindicatoren WARM zijn in kaart gebracht en de resultaten werden weergegeven naast de resultaten van de OLK om een vergelijking te maken. Op WARM wordt biologische dynamische akkerbouw gehanteerd met respect voor de mens, dier en natuur. Er viel op dat de biodiversiteit zeer aanwezig was door verschillende vormen van struiken en bloemen. In het kader van biodiversiteit ontwikkeling boven en ondergronds is dit een goede zaak (Young, et al., 2023). De bodembewerkingen worden extensief gehouden, uitgevoerd op basis van de actuele inzichten in de landbouw van de toekomst, met gebruik van de daarbij passende technologie en filosofie. Organische stof wordt behouden door de teelt van groenbemesters en de aanvoer van organische mest. Een kringloop tussen veehouderij en akkerbouw maken de bedrijfsstrategie compleet. Op WARM vindt een evenwichtige bemesting plaats met maximaal 112 kg N/ha afkomstig uit alle organische meststoffen. Verder vindt een ruime vruchtwisseling plaats waarvan minimaal 16% groenbemesters en maximaal 50% rooivruchten. (Demeter, n.d.) Dit zou moeten betekenen dat de bodem tijd heeft om te herstellen en daardoor goed kan functioneren. Naast de verschillen tussen bemestingsruimte en grondgebruik tussen Demeter (biologisch dynamisch) en gangbare landbouw op de OLK werden in de resultaten geen significante verschillen aangetoond. Dit kan betekenen dat het biologisch dynamisch voeren van een akkerbouwbedrijf meer een filosofisch gedachtegoed is waarbij de idealen zoals die zijn kunnen worden behandeld en gerespecteerd. Tot slot kan er gezegd worden dat de bodemindicatoren in dit onderzoek niet beter of slechter zijn dan de bodemindicatoren op de OLK. De maatregel van NKG toepassen op WARM kan bijdragen aan duurzaam bodembeheer.

4.3.1 Doorlatendheid

Op WARM zijn grondmonsters verricht op 26 april. Uit de resultaten in tabel 24 valt te zien dat WARM met een doorlatendheid van 0,04 de een na laagste doorlatendheid heeft. Met een k-waarde van 0,14 is de hoogste doorlatendheid op MAK aangetoond. Het verschil tussen beide percelen is 250%. Op WARM was de grond geploegd en er stonden geen plassen met water. Desondanks was de grond was niet droog genoeg om een monster in 1x goed te steken zodat er meerdere herkansingen nodig waren om een representatief monster te steken. Het steken van de grondmonsters op WARM ging redelijk en verschilde praktisch niet met de andere percelen. Een goede doorlatendheid van de grond is belangrijk, de drainage kan bijdragen tot een drogere grond en daardoor de kans op bodemziektes terug te dringen. In de biologische teelt met bijv. aardappelen in het bouwplan is dit een must, mede door de lage doorlatendheid van 0,04. De doorlatendheid kan vergroot worden door het verhogen van het aandeel regenwormen die poriën maken voor diepe beworteling en daarmee ook de biomassa kunnen vergroten. Deze wormen nemen in aantallen toe als de grond minimaal bewerkt wordt. De bodemkwaliteit kan daardoor toenemen en door de opbouw van samenwerking tussen wormen en bodemschimmels preventief werken tegen bodemziektes (Crittenden, 2015).

Tabel 24 Bodemindicator doorlatendheid OLK en WARM, lichte klei, met een gem. k-waarde van 0,08 en STDEV 0,04

Indicator	WARM	NKG	SAK	MAK	OPT11	OPT12	Mean	STDEV
Doorlatendheid	0,04	0,11	0,07	0,14	0,04	0,07	0,08	0,04



4.3.2 Bulkdichtheid

Er zijn geen visuele verschillen aangetoond tussen WARM en de overige systeemprouven op OLK. De bulkdichtheid is gemeten nadat de losse grond gemeten was, ook daar zijn geen optische verschillen waargenomen. De bulkdichtheid is zoals eerder besproken een bepaalde mate om de compactheid van de bodem te beschrijven. De bulkdichtheid en doorlatendheid liggen met de gezamenlijke factor vocht daarom naast elkaar, ze vervullen allebei een belangrijke functie. De dichtheid grond van WARM is 1341 kg/m³. Dit is 5% lager dan de gemiddelde dichtheid. Een bodem met ruimte voor wortelgangen is minder compact waardoor vocht ook makkelijker afgevoerd kan worden en daarnaast de capillaire werking ook beter zal zijn (Lal & Stewart, 2012). Juist het bodemgebruik in de biologische (dynamische) landbouw laat een betere bodemkwaliteit zien door de jarenlange aanvoer van organisch materiaal, behoud van ondergrondse en bovengrondse biodiversiteit en ruime vruchtwisseling met gebruik van vlinderbloemigen voor stikstofaanlevering (Hakansson & Lipiec, 2000).

Tabel 25 Bodemindicator bulkdichtheid OLK en WARM, lichte klei, met een gem. bulkdichtheid van 1380 kg/m³ grond en STDEV 5,17

Indicator	WARM	NKG	SAK	MAK	OPT11	OPT12	Mean	STDEV
Bulkdichtheid	134,11	146,30	133,70	137,13	133,01	143,68	137,99	5,17

4.3.3 Organische stof

Het organische stof percentage van WARM is met 2,88 niet significant hoger dan NKG met de hoogste organische stof (2,92%), zoals te zien in tabel 26. Een reden hiervoor kan zijn dat de herhalingen van de metingen niet nauwkeurig waren omdat de diepte van de monsters varieerde. Een andere verklaring zou kunnen zijn dat het organisch meer bodemvocht heeft opgenomen doordat er meer stabiel organisch materiaal aanwezig is, tabel 27 laat zien dat WARM het hoogste gehalte C-org heeft (349,2). Het verhogen van organisch materiaal is niet eenvoudig omdat er altijd een grote hoeveelheid organisch materiaal van nature aanwezig is in de bodem op WARM. Om het gehalte met 1% te verhogen is er een aanvoer nodig van 37.5 ton EOS. Met een gemiddelde humificatiecoëfficiënt van 0.7 (Burgt, Kikkert, Termorshuizen, Wolfs, & Zwart, 2013) betekent dit een hoeveelheid aanvoer van 53.5 ton verse organische stof. Met de huidige wetgeving is dit onmogelijk. Bij intensieve landbouw, waaronder ploegen, breekt organische stof sneller af. NKG laat een positief effect zien op de bodemindicator organische stof. Dit is te herleiden aan de hand van extern onderzoek (Balen, et al., 2018). Effecten op kleigrond met NKG zijn neutraal positief met als resultaat dat gereduceerde bodembewerking positief bijdraagt aan duurzaam bodembeheer (Haan, Selin Noren, & Verstand, 2021).

Tabel 26 Bodemindicator organische stof OLK en WARM, lichte klei, met gem. 2,8% en STDEV 0,10.

Indicator	WARM	NKG	SAK	MAK	OPT11	OPT12	Mean	STDEV
Organische stof (%)	2,88	2,92	2,89	2,70	2,67	2,74	2,80	0,10

In het algemeen geldt dat hoe stabiel de organische stof is in het aangevoerde product, hoe meer het bijdraagt aan het gehalte in de bodem. Door het gebruik op WARM van compost en oude stalmest bevatten deze maatregelen per ton meer effectieve organische stof dan bijvoorbeeld verse gewasresten. Verhogen van het organische stofgehalte (in kleine



stapjes), gaat dan ook beter met compost en oude stalmest dan met gewasresten. Het is waarschijnlijk verstandiger om het gehalte op peil te houden met een mix van makkelijk en moeilijker afbreekbare organische producten. Het behoud en opbouw van organische stof is een lastige opgave omdat, zoals hiervoor berekend, de aanvoer in de weg zit met de specifieke bemestingsruimte op WARM. Vergelijkende discussie tussen WARM en NKG laat zien dat de biodiversiteit met NKG toeneemt en daarentegen de koolstofvastlegging op klei door NKG afhangt van het bouwplan en het exacte type van grondbewerking (De Haan, 2020). Hier is verder verdiepend onderzoek nodig.

Tabel 27 Vergelijkende bodemindicatoren tussen WARM en OLK. C-organisch wordt weergegeven als in stabiele organische stof met gem. C-org 331 en STDEV 10,33

Indicator	WARM	NKG	SAK	MAK	OPT11	OPT12	Mean	STDEV
Doorlatendheid	0,04	0,11	0,07	0,14	0,04	0,07	0,08	0,04
Organische stof (%)	2,88	2,92	2,89	2,70	2,67	2,74	2,80	0,10
Bulkdichtheid	134,11	146,30	133,70	137,13	133,01	143,68	137,99	5,17
C-organisch	349,2	333,0	337,2	319,8	327,0	319,8	331,00	10,33

4.4 Hoe kan de beschikbare data uit NDICEA worden geïntegreerd in bodemadvies dat bruikbaar is voor de individuele bedrijfssituatie en daarmee zorgen voor minder uitspoeling verliezen?

Stikstof is een essentieel element voor plantengroei. Niet alle aangevoerde of aanwezige stikstof wordt benut. Een deel wordt (tijdelijk) ingebouwd in de bodemorganische stof of wordt omgezet door het bodemleven naar stikstofgas (denitrificatie) en vervluchtigt naar de atmosfeer. Een deel kan ook uitspoelen naar het grond- en oppervlaktewater in de vorm van nitraat. Juist het uitspoelen naar grond -en oppervlaktewater dient voorkomen te worden en hiermee wordt verwezen naar de 7^e APN. Duurzaam bodembeheer draagt daarmee bij aan het voorkomen van deze uitspoeling.

NDICEA is een online rekentool om een inzicht te geven in de aanvoer en afvoer van mineralen op perceelniveau. Het programma rekent met de input van zaaidatum en gewasnamen. Daarnaast is de toegepaste bemesting ingevoerd. Het risico op nitraatuitspoeling neemt toe door:

- Hoog bodemnitraatgehalte na oogst (mineralisatie na overbemesting of het na-ijlen)
- Laag vochtvasthoudend vermogen van de bodem
- Veel neerslag
- Lange onbedekte teeltperiode (zwarte braak)

Er zijn geen gegevens beschikbaar over irrigatie van de teelt op de OLK en vanwege het ontbreken niet toegepast in NDICEA. NDICEA gebruikte de weergegevens van de ingevoerde zaai -en bemesting periode. De bemestingsgegevens en sommige zaaidata van de gewassen van de OLK waren niet compleet t/m 2023. Daarom is gewerkt met de gegevens die wel beschikbaar waren en dat ging om de periode 2021/2022 voor de bemesting. In 2023 waren sommige zaaidata bekend en ontbraken de bemestingsgegevens. De bemesting en zaaidatum gegevens waren lastig af te lezen en er ging veel tijd zitten in het goed uitzoeken van de specifieke perceel gegevens. Ondanks dat het informatieoverzicht in een



Excelbestand werd bijgehouden kostte dit uitzoeken veel extra tijd. Voor de volgende keer is het beter om een overzichtelijker bestand te maken.

Voor alle percelen is de stikstofbehoefte weergegeven naast de gewasbehoefte. Zo kan in een oogopslag worden gezien om het stikstofaanbod synchroon loopt met de gewasbehoefte. Als de curve parallel loopt met beschikbaarheid en opname geldt een goede bedrijfsvoering. Grote verschillen tussen het aanbod en de behoefte vertonen geen goede bedrijfsvoering. Als de mineralisatie op gang komt kan er een piek ontstaan in de stikstofbeschikbaarheid. Hierdoor neemt de kans op uitspoeling toe (Wal, 2020). Alle zaai- en bemestingsgegevens van de systeemprouwen, voor zover bekend, zijn terug te vinden in bijlage E.

4.4.1 NKG

Met het gebruik van NDICEA is geconstateerd dat het gewas wintertarwe in 2021 de volledige bemestingsbehoefte tweedelig heeft gehad. Een eerste gift na het uitstoelen (109 kg/ha) en een overbemesting in de periode april (108 kg/ha), zoals te zien in tabel 28. Er is niet voldoende gekeken naar de aanwezige bodemvoorraad en hierdoor is er een N-overschot ontstaan vanaf maart 2021. De mineralisatie gaat door wanneer de plantbehoefte toeneemt. Dit geldt ook voor de volledige bemesting van mei t/m augustus. Op de stoppel is 28 ton vaste mest aangebracht en een tweede gift van 27 kg zuivere N. Hierna is de groenbemester ingezaaid. Deze heeft ruim voldoende beschikbare N. Het is goed om de bemestingsbehoefte aan te passen aan de hand van het type gewas. Zo zijn tarwe (190 kg/N), aardappelen (225 kg/ha) en suikerbieten ($200-1,7 \cdot N_{min}$) veel stikstofbehoefstig en is er een vergrote N-behoefte voor de verwerking van de gewasresten. Met name de suikerbieten vragen in de maanden augustus veel mineralisatie van de bodem en de vertering van Italiaans raaigras vraagt veel mineralisatie. Het is goed hier rekening mee te houden in de bedrijfsvoering. De verkregen zaai- en bemestingsgegevens waren redelijk verwerkbaar om te implementeren in NDICEA.

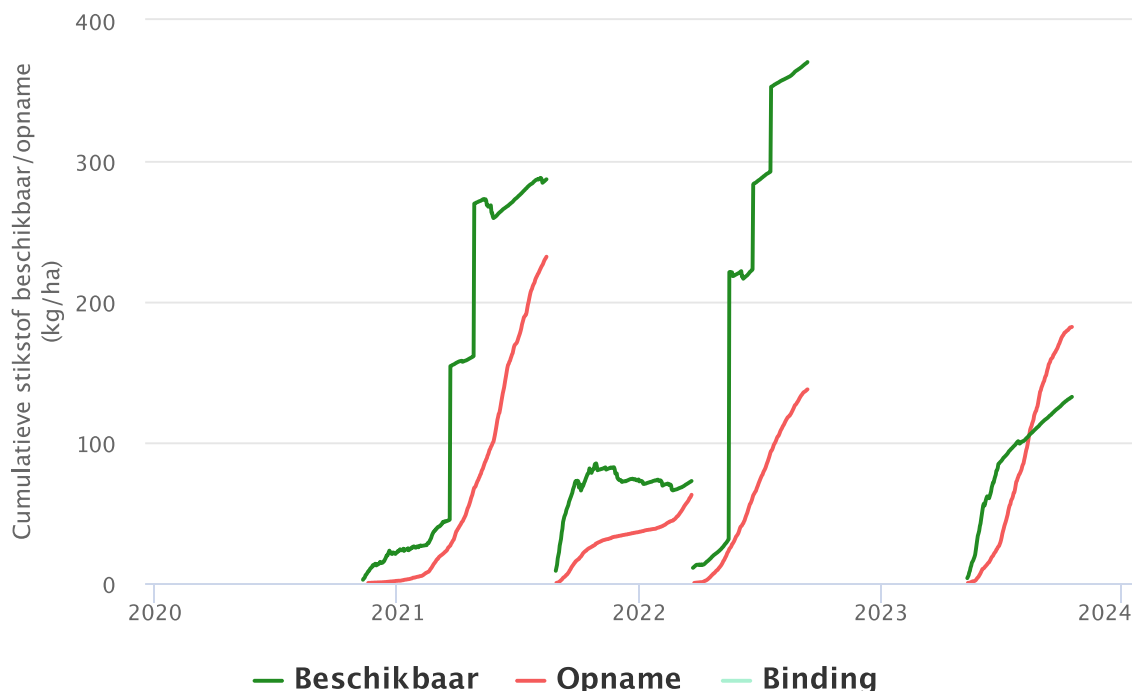
Tijdens de start van het zaaien van de wintertarwe is er voldoende N beschikbaar. In figuur 5 is te zien dat het gewas ruim is voorzien van beschikbare N en er ontstonden geen tekorten gedurende de teelt. Door het hogere vochtgehalte is meer geduld nodig om de grond te bewerken voor het zaaien. Dit kan leiden tot een latere zaaidatum. Daarom is het belangrijk niet-winterharde groenbemesters te gebruiken zodat deze makkelijker ondergewerkt kunnen worden. Italiaans raaigras is winterhard en daarom niet geschikt voor NKG. Voor de periode 2023 zijn geen gegevens beschikbaar voor inzaai met groenbemester na de teelt van aardappelen. De teelt van groenbemesters kan de uitspoeling verminderen maar nooit helemaal tegengaan. Het gebruik van groenbemesters hangt af van het zaaitijdstip en de weersomstandigheden. Bij NKG en het wintergroen houden van het perceel zijn nog onduidelijkheden over de beste methode richting het volggewas (Dekkers & Haagsma, 2021). In 2023 zien we een curve waarbij de opname hoger is dan de beschikbaarheid. Voor de periode van 2023 zijn geen bemestingsgegevens beschikbaar en daarom niet verwerkbaar in dit onderzoek.



Tabel 28 Bemestingsgegevens NKG: datum, type en hoeveelheid

Datum	Type bemesting	Hoeveelheid kg/ha
23-03-2021	NTS	109
28-04-2021	KAS	108
18-08-2021	STALMEST	28000
26-08-2021	NTS	27
18-05-2022	KAS	189
23-06-2022	NPK	60
20-07-2022	NPK	60

Figuur 5 Stikstofbeschikbaarheid en opnamebehoefte NKG in de periode 2021 t/m 2023



4.4.2 SAK

Met het gebruik van NDICEA is geconstateerd dat het gewas vlas in 2022 de volledige bemestingsbehoefte eenmalig heeft gehad voor opkomst (74 kg/ha). Er is niet voldoende gekeken naar de aanwezige bodemvoorraad en hierdoor is er een overschot ontstaan vanaf maart t/m augustus 2021. De mineralisatie gaat door terwijl de plantbehoefte afneemt. Er wordt meer N aangevoerd als afgevoerd. Dit is geen goede bedrijfsvoering. Na het zaaien van de wintertarwe in 2021 is in het voorjaar van 2022 tijdelijk een overschot aan N en daarna een blijvend tekort (figuur 6). Op 08 augustus wordt 30 ton RDM aangebracht op de tarwestoppel (tabel 29). Er is niet bekend of dit toereikend is voor de vertering van de tarwestoppel. De bemestingsbehoefte dient aangepast te zijn aan de hand van het type gewas. Het is goed hier rekening mee te houden in de bedrijfsvoering. Op SAK vond een uitspoeling plaats van 101 kg N/ha ondanks het N-tekort in 2022. Dit is 67% van de totaal aangevoerde N.

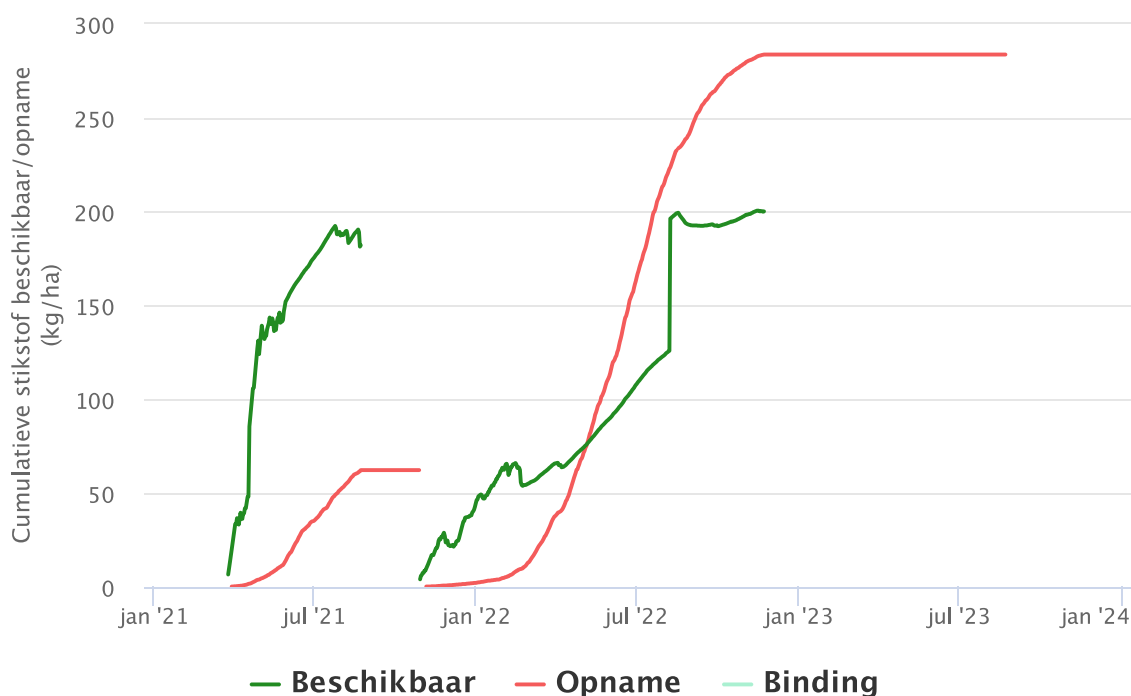


Tabel 29 Bemestingsgegevens SAK: datum, type en hoeveelheid

Datum	Type bemesting	Hoeveelheid kg/ha
24-03-2021	NTS	74
19-04-2021	NTS	57
08-08-2022	RDM	30000

Het was beter geweest om meerdere giften te geven verdeeld over de status van het gewas (opkomst/bloei/afrijping). Vanaf mei 2022 werd een vergrote opnamepiek gezien die hoger was dan de beschikbaarheid. Dit is de opnamebehoefte geweest van de wintertarwe. Het overzichtelijk houden en maken van de activiteiten over zaai en bemesting is een verbeterpunt. Daarnaast is het tegenstrijdig om de uitgangssituatie zoals de systeemploef SAK is opgezet (het toepassen van organische stof in de vorm van varkensdrijfmest of rundveedrijfmest) om vloeibare kunstmest te gebruiken in de vorm van NTS. Verder onderzoek op opbrengstniveau en bodemgezondheid zal moeten uitwijzen of deze systeemploef daarmee ook duurzaam bodembeheer is. De verkregen zaai -en bemestingsgegevens waren redelijk verwerkbaar om te implementeren in NDICEA.

Figuur 6 Stikstofbeschikbaarheid en opnamebehoefte SAK in periode 2021 t/m 2023.



4.4.3 MAK

Met het gebruik van NDICEA is geconstateerd dat het gewas aardappel in 2022 de volledige bemestingsbehoefte tweedelig heeft gehad. Een eerste gift na de knolzetting (164,7 kg/ha) en een overbemesting in de periode voor oogst (75 kg/ha). De suikerbieten hebben een eenmalige bemesting gehad van 113 kg. N/ha. De suikerbieten zijn overbemest met 29 kg. N/ha (tabel 30). Er is niet voldoende gekeken naar de aanwezige bodemvoorraad en hierdoor is er een overschot ontstaan vanaf juli 2021 (figuur 7). De mineralisatie gaat door

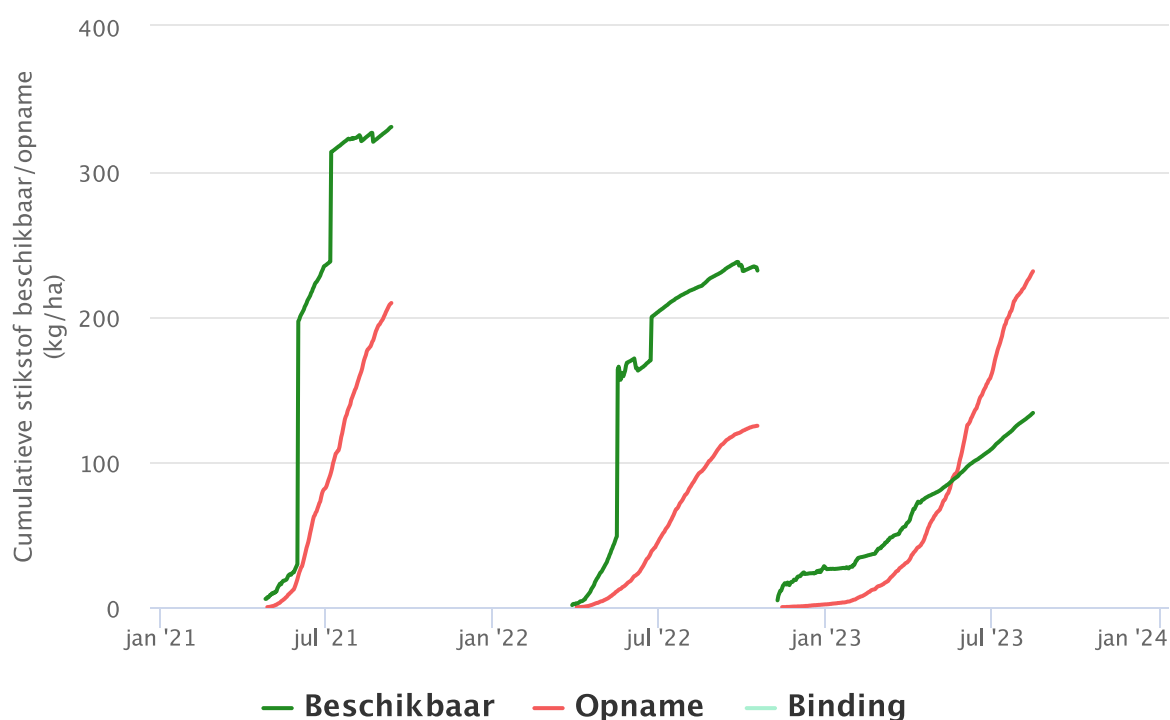


wanneer de plantbehoefte afneemt. Bij het niet tijdig ingrijpen van deze verandering wordt er meer aangevoerd dan afgevoerd. Dit geldt ook voor de volledige bemesting van mei t/m juli. In augustus is een grote uitschieter waarneembaar. Deze uitschieter vindt plaats nadat de tarwestoppel bemest wordt ter onderwerking om vervolgens gele mosterd in te zaaien. Het is goed om de bemestingsbehoefte aan te passen aan de hand van het type gewas. Zo zijn aardappelen (22k kg N/Ha) en suikerbieten (200-1,7 * Nmin) veel stikstofbehoefteig en is er een vergrote stikstofbehoefte voor de vertering van de gewasresten. Met name de suikerbieten vragen in de maanden augustus veel mineralisatie van de bodem. Het is goed hier rekening mee te houden in de bedrijfsvoering. De verkregen zaai -en bemestingsgegevens waren redelijk verwerkbaar om te implementeren in NDICEA. Het bemesting -en zaaioverzicht. Kan eenvoudiger worden weergegeven, voor de volgende keer liggen hier verbeterpunten. MAK had een uitspoeling van 94 kg/N, wat neerkomt op 46% van de totale aangevoerde N. De doorlatendheid was op dit perceel het hoogste, hetgeen niet wil zeggen dat de grond beter functioneert (Lal & Stewart, 2012). Verder onderzoek op productieniveau en bodemgezondheid moeten uitwijzen of hoge doorlatende grond beter functioneert.

Tabel 30 Bemestingsgegevens MAK: datum, type en hoeveelheid.

Datum	Type bemesting	Hoeveelheid kg/ha
01-06-2021	KAS	164,7
07-07-2021	NPK	75
17-05-2022	KAS	113
23-06-2022	NPK	29

Figuur 7 Stikstofbeschikbaarheid en opnamebehoefte MAK in de periode 2021 t/m 2023.





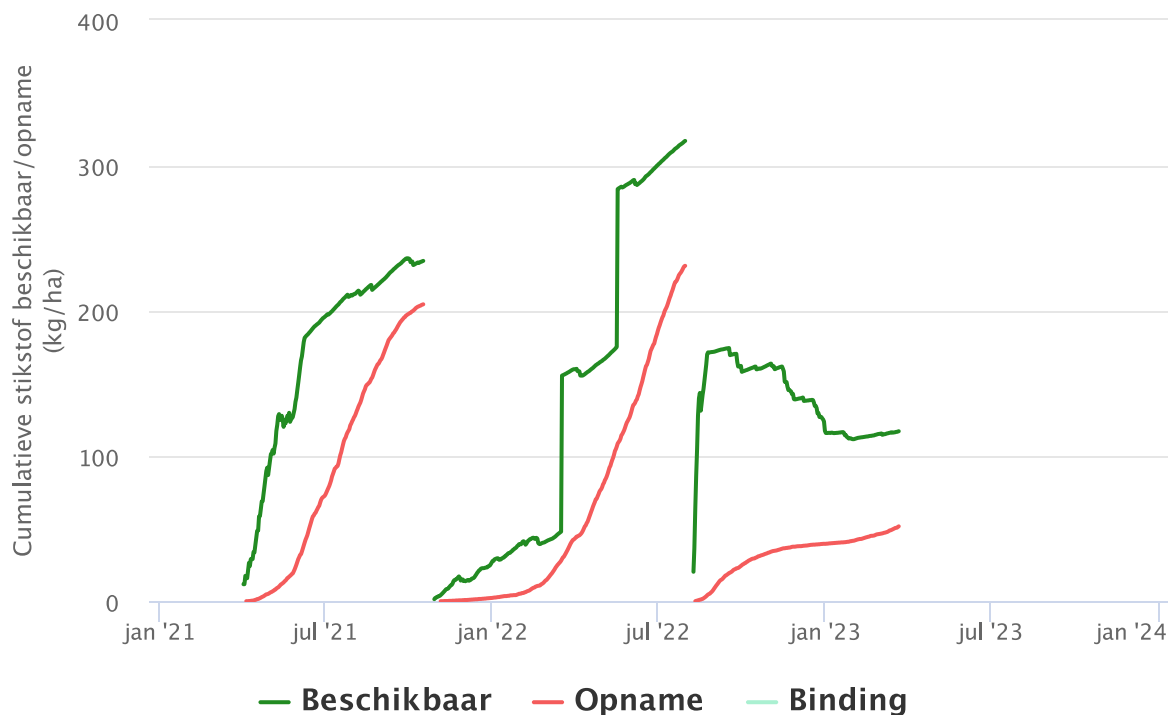
4.4.4 OPTI1

Met het gebruik van NDICEA is geconstateerd dat het gewas suikerbiet de volledige bemestingsbehoefte eenmalig heeft gehad aan het begin van het groeiseizoen. Er is niet gekeken naar de bodemvoorraad. Hierdoor ontstond er een N-overschot. De N-beschikbaarheid loopt redelijk synchroon met de gewasbehoefte van suikerbieten (figuur 5). Vervolgens wordt op 18-03 en op 18-05 een bemesting uitgevoerd voor de wintertarwe waarna een opvallende curve in de beschikbaarheid zichtbaar wordt. De gewasbehoefte loopt door in een mooie curve tot aan de oogst in augustus. Na de inzaai van groenbemester is een zeer groot aanbod N beschikbaar maar de plantbehoefte is niet aanwezig. Deze periode kan een risico zijn voor uitspoeling. Hier ligt een verbeterpunt voor de bedrijfsvoering (Velthof, 2003). De bijbemestmonitor van Eurofins (Eurofins, n.d.) kan inzicht geven in de gewasconditie en daardoor kan er accuraat worden bijbemest, al naar gelang de behoefte van de gewassen. Tabel 31 geeft een overzicht van de bemestingsgegevens voor de periode 2021-2022.

Tabel 31 Bemestingsgegevens OPTI1: datum, type en hoeveelheid.

Datum	Type bemesting	Hoeveelheid kg/ha
01-04-2021	KAS	151,2
18-03-2022	NTS	107
18-05-2022	KAS	108
08-08-2022	RDM	30000
11-08-2022	KAS	14

Figuur 8 Stikstofbeschikbaarheid en opnamebehoefte OPTI1 in de periode 2021 t/m 2023.





4.4.5 OPTI2

Met het gebruik van NDICEA is geconstateerd dat het gewas zomergerst in 2022 de volledige bemestingsbehoefte

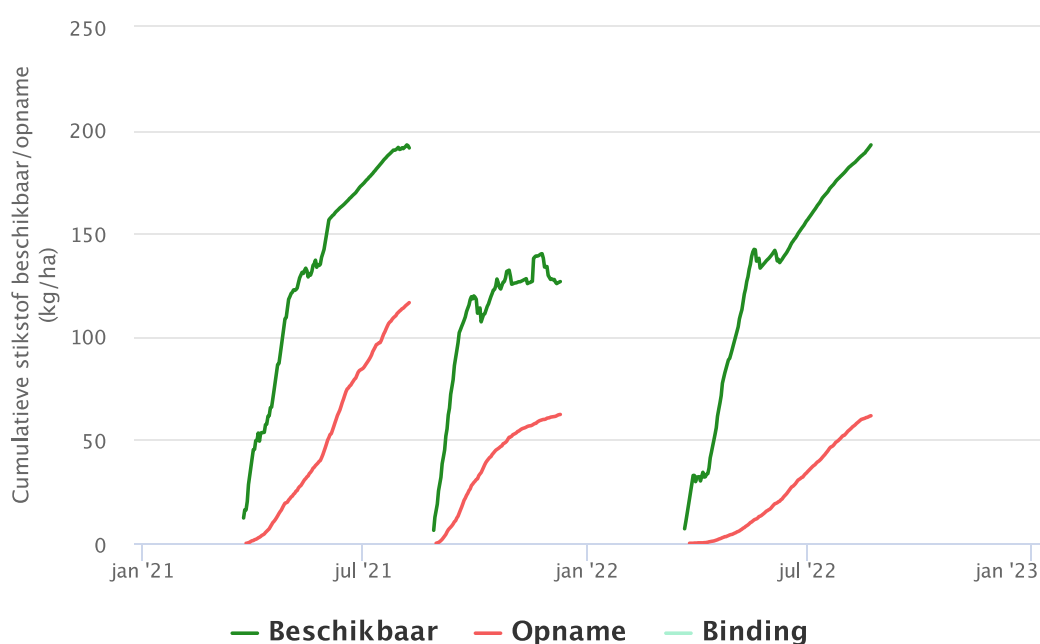
eenmalig heeft gehad aan het begin van de groei. Er is niet gekeken naar de aanwezige bodemvoorraad en hierdoor is er een

Tabel 32 Bemestingsgegevens OPTI2: datum, type en hoeveelheid.

Datum	Type bemesting	Hoeveelheid kg/ha
24-03-2021	NTS	100
26-08-2021	RDM	30000
18-11-2021	Champost	30000
18-03-2022	NTS	75

overschot ontstaan. In de modellen is te zien dat de bemesting wordt uitgevoerd zonder rekening te houden met de aanwezige bodemvoorraad. De mineralisatie gaat door wanneer de plantbehoefte afneemt. Bij het niet tijdig ingrijpen van deze verandering wordt er meer aangevoerd dan afgevoerd. De mineralisatieperiode loopt langer door dan de plant nodig heeft in diezelfde periode. Dit geldt ook voor de maanden januari t/m juli. In augustus is een grote uitschieter waarneembaar (figuur 9). Deze uitschieter is ontstaan na de bemesting van de tarwestoppel ter voorbereiding van de inzaai van Italiaans raaigras. De toegepaste RDM komt hier zo te zien volledig vrij. Het is goed om de bemestingsbehoefte aan te passen aan de hand van het type gewas. Zo zijn zomergerst (80 kg/N) en vlas (100 kg/N) weinig tot gemiddeld stikstofbehoefstig en is er een vergrote behoefte aan de verwerking van de gewasresten. Met name de vertering van gerststoppel vraagt veel mineralisatie van de bodem. Het is goed hier rekening mee te houden in de bedrijfsvoering. Het gebruik van de bijbemestmonitor (Eurofins, n.d.) kan hierbij de oplossing zijn. Het ophalen en verwerken van de gegevens was een tijdrovende klus. Het is handiger om deze gegevens overzichtelijk te presenteren ter complete en snellere verwerking. Tabel 32 geeft een overzicht van de toegepaste bemestingsgegevens van de periode 2021-2022.

Figuur 9 Stikstofbeschikbaarheid en opnamebehoefte OPTI2 in de periode 2021 t/m 2023.





4.5 Stikstofuitspoeling (inter)nationaal vergeleken.

Van het Nederlandse oppervlak is 54% in gebruik voor landbouwdoeleinden (CBS, 2020). De Nederlandse landbouw laat zien dat de stikstofverliezen (denitrificatie, vervluchtig, uitspoeling) zeer hoog liggen in vergelijking met andere landen (figuur 10). Met 25 % ligt de stikstofefficiëntie het laagste in Nederland. Het Nederlandse stikstofoverschot is dusdanig groot dat reductiemaatregelen nodig zijn en nodig blijven. Op jonge zeeklei in Flevoland is de stikstofuitspoeling hoog en juist daarom is een actieplan nodig. Refererend naar de stikstofaanvoer en afvoer op de OLK liggen daar absoluut verbeterpunten om de stikstofefficiëntie op de OLK te verhogen, de verliezen te beperken en dus de bodem duurzaam te beheren (Grinsven, Schijndel, Schotten, & Zeijts).

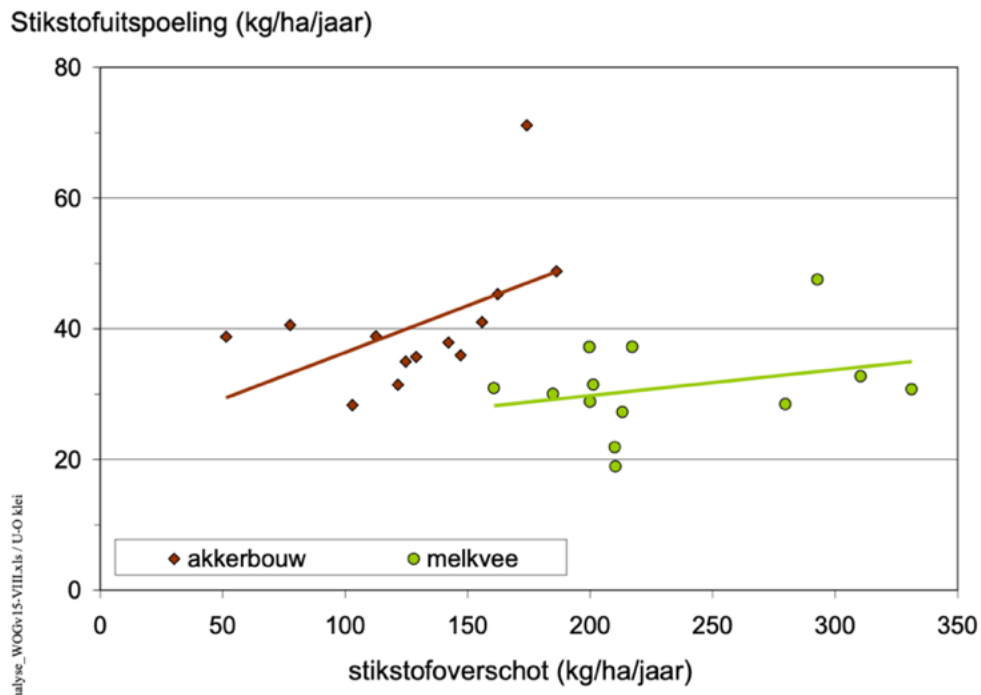
Figuur 10 Karakterisering van de Nederlandse stikstofhuishoudens in vergelijking met andere werelddelen. (Grinsven, Schijndel, Schotten, & Zeijts)

		Wereld	USA	Europa Excl FSU	Nederland	Benin	China
Totaal landareaal	$\times 10^6$ ha	13425	963	489	4	11	960
Akkerbouwareaal	$\times 10^6$ ha	1504	179	133	1	2	135
Grasareaal	$\times 10^6$ ha	3468	239	80	1	1	400
Bevolking	$\times 10^6$	5662	269	507	15	5	1226
N-kunstmestgebruik	(per ha cultuurgrond) kg/ha N	15	27	69	199	6	44
Veevoergebruik (excl. ruwvoer)	kg/ha N	4	9	27	178	1	5
Landbouwproductie	kg/ha N	10	19	35	95	14	16
N-overschot landbouw	kg/ha N	10	16	61	282	-7	33
NH ₃ emissie landbouw	kg/ha N	8	6	13	66		15
Totale N-afspoeling naar marien	kg/ha N	11	9	23	10		14
N-efficiëntie van de landbouwproductie	%	50	54	36	25	202	33
fractie van N-overschot verloren als NH ₃ emissie	%	85	39	21	23		45
kg NH ₃ emissie per kg N in landbouwproduct	%	85	33	38	70		91
kg N-afspoeling naar marien per kg N-overschot	%	114	56	38	4		44
kg N-afspoeling naar marien per kg N in landbouwproduct	%	114	49	67	11		89
N-consumptie mens uit landbouwproducten	kg/caput	4,3	6,5	5,5	6,0	3,4	4,4
bruto N-input nodig voor consumptie landbouwproducten	kg/caput	44	105	75	89	23	38

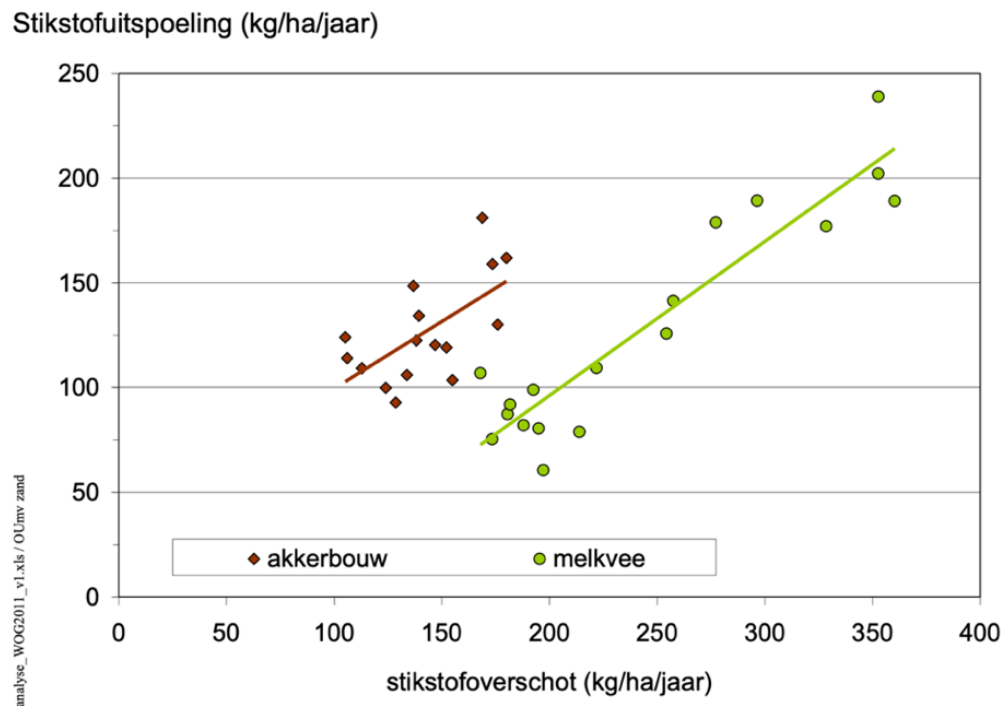
Vergelijkend met de gemeten stikstofuitspoeling op klei in Nederland liggen de waarden van de OLK met de laagste uitspoeling (OPTI2) met 46% boven de maximum gemeten waarde en 82% boven de minimum gemeten waarde, zoals te zien in figuur 11. MAK is met de minste uitspoeling 15% boven de gemeten maximum op klei (75 kg/ha) en met 72% boven de minimum (25 kg/ha) op klei gemeten uitspoeling. In deze discussie is geen rekening gehouden met de eventueel gevallen neerslag, wat een toenemend uitspoeling effect kan veroorzaken. De minimum gemeten uitspoeling op zand is 95 kg N/ha (figuur 12). Op basis van deze waarde betekent dat zand een hogere uitspoeling heeft en dit resultaat ligt boven de maximum uitspoeling bij klei. Het bodemgebruik op klei zorgt voor minder uitspoelingsverliezen vergelijkend met zand.



Figuur 11 Relatie tussen de berekende stikstofuitspoeling en het stikstofoverschot bij akkerbouw -en melkveebedrijven op klei met een minimum van 25 kg/ha/jaar en een maximum van 75 kg/ha/jaar. Gegevens voor periode 1997-2009 (Fraters, et al., 2012)



Figuur 12 Relatie tussen de berekende stikstofuitspoeling en het stikstofoverschot bij akkerbouw -en melkveebedrijven op zand met een minimum van 95 kg/ha/jaar en een maximum van 180 kg/ha/jaar. Gegevens voor periode 1997-2009 (Fraters, et al., 2012)





5. Conclusie

Door een groeiende wereldbevolking is een noodzaak ontstaan om deze te voeden met de landbouwgronden die daarvoor beschikbaar zijn. Dit wordt het beste gedaan met gezonde voeding bij een minimale input aan grondstoffen. Voor deze noodzaak zijn wij afhankelijk van de bodem. Naast deze voedselproductie speelt de bodem een zeer belangrijke rol bij het waterbeheer, het vastleggen van CO₂, biodiversiteit en uitwisseling van klimaatgassen. Duurzaam bodembeheer ondersteunt daarbij de trajecten water, klimaat en natuur die erop gericht is om het opgestelde kaderrichtlijn water te volgen en het onlangs gepresenteerde landbouwakkoord.

Om de kwaliteit van de bodem goed in beeld te brengen is het van belang om de aspecten van de bodem te meten zoals organische stof, doorlatendheid, bulkdichtheid en mineralenuitspoeling. Duurzaam bodembeheer is het vermogen van de grond om deze functies te vervullen of zelfs te verbeteren. Dit is in overeenstemming met de doelstellingen die van kracht zijn op de onderwijsleerkavel van Aeres. Op deze kavel in Flevoland waar akkerbouw centraal staat op jonge zeekleigrond, zijn sinds 2022 systeemprouven aangelegd met verschillende bodemexperimenten om duurzaam bodembeheer te waarborgen. De beschikbare gegevens van dit meerjarig onderzoek werden gebruikt als 0-meting om de onderlinge systeemprouven te vergelijken en verbeteren. Er wordt aangenomen dat de systeemprouven zoals ze aangelegd zijn, representatief zijn voor deze grondsoort en dat daardoor het extrapoleren mogelijk is op die manier. In dit onderzoek wordt antwoordt gegeven op de hoofdvraag: 'Wat is duurzaam bodembeheer bij akkerbouw op jonge zeeklei in Flevoland?'.

Alle onderzoeken vonden plaatst op lichte klei met 24-26% lutum. De hoogste doorlatendheid is significant gemeten op Minimale Akkerbouw (MAK) met een k-waarde van 0,14 (140 mm/etmaal). De hoogste bulkdichtheid is significant gemeten op Niet Kerende Grondbewerking (NKG) met een dichtheid van 1463 kg/m³. De bodemindicator organische stof voor de overige percelen is niet significant verschillend, verder bleek dat Niet Kerende Grondbewerking een positief effect heeft op de organische stof (2,9%). Het huidige bouwplan laat zien dat de stikstofuitspoeling op de systeemprouven, (inter)nationaal vergeleken, hoog ligt en de efficiëntie van stikstof niet voldoende is. Het perceel met de meeste uitspoeling is Standaard Akkerbouw (SAK) met 67%. Een deel wordt (tijdelijk) ingebouwd in de bodemorganische stof of wordt via denitrificatie onbruikbaar en vervluchtigt naar de atmosfeer. Het overgrote deel spoelt uit naar het grond- en oppervlaktewater in de vorm van nitraat. Er wordt in het bodembeheer van de OLK geen rekening gehouden met nalevering van N en mineralisatie vanuit de voorvrucht.

Duurzaam bodembeheer op de jonge zeeklei in Flevoland wordt verkregen door de inzet van minimale bodembewerking i.c.m. een specifieke gewasopvolging. Organische aanvoer van diverse dierlijke meststoffen en compost zorgen voor een stimulerend bodemleven en dragen bij aan de bewerkbaarheid van de grond. Capillaire werking wordt verkregen door minimale bodemontlasting met diep wortelende gewassen en groenbemesters. Duurzaam bodembeheer verbetert de fysische, chemische en biologische bodemeigenschappen.



5.1 Aanbevelingen

Zoals de nadruk lag bij de opzet van de systeemproeven is er verscherpte aandacht voor de bewerkbaarheid van de grond, het behouden en verhogen van het organisch stofgehalte, activeren en stimuleren van het bodemleven en diepe worteling voor capillaire werking. Per perceel is de aanbeveling anders omdat de maatregelen ten opzichte van elkaar anders worden uitgevoerd.

Het is duidelijk dat de doorlatendheid verbeterd dient te worden om een betere doorworteling te krijgen. Percelen NKG, SAK, OPTI1 en OPTI2 hebben een lage doorlatendheid. Dit kan verholpen worden door de bodem minimaal te bewerken en te berijden. Als de bodem met rust wordt gelaten worden nieuwe poriën gevormd. Deze nieuwe poriën zijn geschikt voor de doorlatendheid en capillaire opstijging. De instandhouding van poriën zorgt voor meer bodemstabiliteit en uiteindelijk voor minder insporing. Op de OLK wordt met een ecoploeg in het najaar of in het voorjaar 25 cm geploegd (afhankelijk van de systeemproof). Bodemleven, organische stof en mineralen blijven bij ondiep ploegen (12 cm) geconcentreerder in de bodem, wat zorgt voor een vruchtbaardere en beter bewerkbare bovenlaag. Het verdient de aandacht om onder droge omstandigheden bewerkingen te voltooien op het land, met daarbij een minimale bandenspanning van machines. Om het inkuileffect te reduceren is het goed om de groenbemester te laten drogen voordat er gestart wordt met ploegen. Het ploegen dient bij voorkeur onland te gebeuren om de ploegvoor niet te verdichten. Het verdient de aanbeveling om de winterperiode groenbemesters te laten staan en deze niet te ploegen.

Het is het belangrijk dat er elk jaar een minimale hoeveelheid van 2000 kg vers organisch materiaal aangeleverd wordt. Dit is nodig om de jaarlijkse afbraak van organische stof aan te vullen. Organische materialen die goed toegepast kunnen worden zijn groenbemesters en compost (rekening houdend met N-levering in de vervolgteelt). Dierlijke mest is ook organisch verhogend. Effecten van bemesting werken via organische stof door vanuit het bodemleven. Organische stof heeft een positieve invloed op de bodemstructuur en het bodemleven. De doelstelling om het bodemleven te activeren en te verhogen is met deze maatregel goed toepasbaar. In directe zin werkt kunstmest met anorganisch materiaal en draagt daarmee bij op de korte termijn. Kunstmest is goed doseerbaar en goed samenstelbaar en daarom praktisch uitvoerbaar. Een beter alternatief voor kunstmest en vooral op lange termijn is het gebruik van organische mest; vaste mest en drijfmest. Deze meststoffen zijn minder goed bestuurbaar maar werken op de langere termijn beter door.

Uit de bouwplannen komen verschillende bronnen van organische stofaanvoer naar voren. De teelt van granen met het onderwerken van stro is een belangrijk component. Daarnaast worden op enkele percelen al groenbemester ingezet al varieert de mate en periode sterk. Het type groenbemester toegepast op NKG is winterhard, deze dient vervangen te worden naar een niet-winterhard type. Verschillende type dierlijke mest en compost hebben meer invloed op een verhoogd bodemleven dan de toegepaste drijfmest variant.

De verkregen resultaten laten zien dat er ruimte nodig is voor verbetering. Stikstof is een essentieel element voor plantengroei. Een deel van de gegeven stikstof wordt ingebouwd in de bodemorganische stof of wordt omgezet in denitrificatie. Daarnaast is het uitspoeling



risico naar grond -en oppervlaktewater in de vorm van nitraat aanwezig. In het kader van het 7^e APN en Kaderrichtlijn water is het daarom een goede zaak de uitspoeling effecten te verminderen. Dit kan op meerdere manieren. Zo is het belangrijk de grond te blijven voorzien van EOS door organische mest en het toedienen van groenbemester. Omdat de basisbemesting nu bestaat uit kunstmest en aangevuld wordt met dierlijke mest (afhankelijk v.d. systeemproof), is de mineralisatie onzeker. Er is niet bekend wanneer deze vrijkomt. Door gebruik te maken van de bijbemestmonitor is de aanwezige plantbeschikbaarheid inzichtelijk en daarnaast wordt de plantbehoefte aangetoond. Doordat de plantbehoefte bekend is, wordt daarmee een tekort of overschot snel duidelijk.

Het is lastig om vast te stellen wat de ontwikkelen van effecten van management op bodemkwaliteit, opbrengst en andere ecosysteemdiensten tussen percelen zijn. Daarom is al eerder gesproken over meerderjarige experimenten. Het voornemen is om dit onderzoek in ongewijzigde opzet voort te zetten.



Bibliografie

- Aeres Hogeschool. (2023). Bemonsteringsprotocol organische stof. *Bemonsteringsprotocol*. Dronten, Flevoland: Aeres Hogeschool.
- Balen, D. V., Bloem, J., Deru, J., Eekeren, N. V., Goede, R. D., Korthals, G., . . . Zanen, M. (2018, Juni). Niet kerende grondbewerking goed voor de bodembiodiversiteit? *Bodem*, 3, 20-23. Opgehaald van <https://www.louisbolk.nl/sites/default/files/publication/pdf/3340.pdf>
- Balen, D. V., Topper, C., Geel, W. V., Haan, J. D., Berg, W. V., Haas, M. D., & Bussink, D. (2015). *Effecten bodem- en structuurverbeteraars*. Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek. Wageningen: WUR. Opgehaald van https://www.wur.nl/upload_mm/2/2/4/e656569d-d1ea-4932-be28-d8086794697f_Effecten_Bodem_en_Structuurverbeteraars_Eindrapportage_2010-2015_PPO_NMI.pdf
- Boerenverstand, Europees landbouwfonds, Provincie Gelderland, Provincie Drenthe, Ministerie van LNV. (sd). *Mijnbodemconditie*. Opgeroepen op april 2023, van mijnbodemconditie.nl: <https://mijnbodemconditie.nl>
- Breukers, A., Slobbe, A., Molendijk, L., & Wolf, P. D. (2013). *Duurzaam fyto-sanitair bodembeheer*. - <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/246626>. Den Haag: Landbouw Economisch Instituut.
- Burgt, G. V., Kikkert, A., Termorshuizen, A., Wolfs, A., & Zwart, K. (2013). *Tien vragen en antwoorden over organische stof*. Productschap akkerbouw, Alterra, WUR, HLB, BLGG, Louis Bolk. Wijster: HLB. Opgeroepen op juli 2023
- CBS. (2020). *Nederland in cijfers*. Opgeroepen op april 2023, van Centraal Bureau voor de Statistiek: <https://longreads.cbs.nl/nederland-in-cijfers-2020/hoe-wordt-de-nederlandse-bodem-gebruikt/>
- Crittenden, S. (2015). *Biophysical soil quality of tillage systems in conventional and organic farming*. Thesis, WUR, Wageningen. Opgehaald van <https://edepot.wur.nl/364181>
- De Haan, J. (2020). *PPS beter bodembeheer*. Opgeroepen op april 2023, van [beterbodembeheermagazine.nl](https://www.beterbodembeheermagazine.nl): <https://www.beterbodembeheermagazine.nl/wur-najaar-2020/bodemindicatoren-voor-landbouwgronden-in-nl>
- De Vos, B. (1999). *Purews*. Opgeroepen op april 2023, van purews.inbo.be: <https://purews.inbo.be/ws/portalfiles/portal/275925/152499.pdf>
- Dekker, P., Van Geel, W., Van Den Berg, W., Van Der Burgt, G., & Bokhortst, J. (2009). *Methoden om de kwaliteit van organische meststoffen te meten en beoordeling kwaliteit van organische stof van digestaat*. Louis Bolk, PPO. Wageningen: Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek. Opgehaald van <https://www.louisbolk.nl/sites/default/files/publication/pdf/2443.pdf>
- Dekkers, M., & Haagsma, W. (2021, juni). *Groenbemesters; een overzicht van kennisvragen*. Topsector Agri & Food. Wageningen: WUR. Opgeroepen op juli 2023, van <https://edepot.wur.nl/549699>
- Demeter, S. (sd). *Demeter kwaliteit*. (S. Demeter, Producent) Opgeroepen op juli 2023, van <https://www.stichtingdemeter.nl/uploads/demeter-2-2020-demeterkwaliteit.cab606.pdf>
- Eurofins. (sd). *Eurofins*. Opgeroepen op juli 2023, van <https://www.eurofins-agro.com/nl-nl/bijmestmonitor>



- Evans, D. L., Janes-Bassett, V., Borelli, P., Chenu, C., Ferreira, C. S., Griffiths, R. I., . . . Steenhu. (2021). *Sustainable futures over the next decades are rooted in soil science*. Article, European Journal of Soil Science, Bedfordshire.
- FAO. (2017). *Voluntry Guidelines for Sustainable Soil Management*. Rome: FAO.
- FAO. (nb.). (F. a. Nations, Producent) Opgeroepen op juli 2023, van Soil permeability: https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706e/x6706e09.htm
- Fraters, B., Leeuwen, T. V., Hooijboer, A., Hoogeveen, M., Boumans, L., & Reijs, J. (2012). *De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond -en oppervlaktewater op landbouwbedrijven*. RIVM Rapport, RIVM, Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport.
- Goed bodembeheer. (2023). Opgeroepen op maart 2023, van goedbodembeheer.nl: <https://www.goedbodembeheer.nl/graaaf-een-kuil>
- Google Maps. (2023, juni). Dronten, Flevoland, Nederland.
- Grinsven, J. V., Schijndel, M. V., Schotten, C., & Zeijts, H. V. (sd). *Integrale analyse van stikstofstromen en stikstofbeleid in Nederland*. RIVM, Bilthoven. Opgehaald van <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/500003001.pdf>
- Haan, J. D., Selin Noren, I., & Verstand, D. (2021). *Effecten van bodemmaatregelen op bodemfuncties en bodemkwaliteit*. Wageningen: Wageningen University & Research. Opgehaald van <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/536510>
- Hakansson, I., & Lipiec, J. (2000). *A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction*. (Elsevier) Opgeroepen op juli 2023, van elsevier.com: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167198799000951>
- handboek bodem & bemesting. (sd). *www.handboekbodemenbemesting.nl*. Opgeroepen op juni 2023, van <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/handeling/organische-stofbeheer/organische-stofbalans/afbraak-van-bodem-organische-stof.htm>
- Hanegraaf, M., Visser, S., Elsen, E. V., & Haan, J. D. (2019). *Bodemkwaliteitsbeoordeling van landbouwgronden in Nederland, versie 1.0*. Wageningen: WUR.
- Helming, J., Leneman, H., Schrijver, R., Bont, C. D., & Bruchem, C. V. (2007). *Schaalvergroting en verbreding in de Nederlandse landbouw in relatie tot natuur en landschap*. Landbouw Economisch Instituut, LEI. Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.
- Huizen, J. V. (2009). *Bodemkaarten van Nederland*. Opgeroepen op mei 2023, van <https://aeres.sharepoint.com/sites/IntranetAeresHogeschoolAlmereenDronten/Bodemkaarten/Forms/AllItems.aspx>
- Kennisakker.nl. (2004). (B. akkerbouw, Producent) Opgeroepen op juli 2023, van BO Akkerbouw: <https://kennisakker.nl/archief-publicaties/teelthandleiding-groenbemesters-algemeen35>
- KNMI. (2023, april). *Maandoverzicht neerslag en verdamping in Nederland*. Opgeroepen op juli 2023, van knmi.nl: https://cdn.knmi.nl/knmi/map/page/klimatologie/gegevens/monv/monv_202304.pdf



- Koopmans, C. (2020). *Meerjarige evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof in minerale gronden*. Louis Bolk, Wageningen University & Research. Bunnik en Wageningen: Louis Bolk Instituut, WUR. Opgehaald van Louis Bolk: <https://www.louisbolk.nl/publicaties/meerjarige-evaluatie-van-maatregelen-voor-het-vastleggen-van-koolstof-minerale-gronden>
- Lal, R., & Stewart, B. (2012). In *Principles of sustainable soil management in agroecosystems* (p. 537). Amerika: CRC Press.
- Landbouwakkoord. (2023). Opgeroepen op mei 2023, van [landbouwakkoord.nl](https://www.landbouwakkoord.nl): <https://www.landbouwakkoord.nl>
- Louis Bolk Instituut. (sd). *Louis Bolk Instituut*. Opgeroepen op april 2023, van WUR: <https://edepot.wur.nl/186460>
- Ministerie van LNV. (2021, November). *7e Nederlandse actieprogramma Nitraatrichtlijn*. Opgeroepen op maart 2023, van <https://edepot.wur.nl/558226>
- Ministerie van LNV, Ministerie van I&W. (2021). *7e Nederlandse actieprogramma betreffende de Nitraatrichtlijn (2022-2025)*.
- Moerkerken, A., & Smit, I. (2016). *De Nederlandse landbouw en het klimaat*. Publicatie, RVO.
- Schepens, J., Timmermans, B., Fuchs, L., Peters, R., Bloem, J., Heupink, D., . . . Koopmans, C. (2022). *Meerjarige evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof in minerale gronden*. Louis Bolk Instituut. Bunnik, Wageningen: Louis Bolk, WUR. Opgeroepen op mei 2023, van Louis Bolk : <https://edepot.wur.nl/579038>
- Schouten, C. (2018, mei 23). *Omgevingsweb*. Opgeroepen op februari 2023, van Omgevingsweb.nl: <https://www.omgevingsweb.nl/nieuws/kamerbrief-over-bodemstrategie/>
- Schouten, C. (2019). *Kamerbrief over bodemstrategie*. Tweede Kamer. Den Haag: Ministerie van LNV.
- Schouten, T., Bloem, J., Goede, R. D., Eekeren, N. V., Deru, J., Zanen, M., . . . Rutgers, M. (2018, juni). Veldexperimenten uitgelicht. *Bodem(3)*, pp. 20-23. Opgehaald van <https://www.louisbolk.nl/sites/default/files/publication/pdf/3340.pdf>
- Sullivan, P. (2004, mei). Opgeroepen op mei 2023, van Sustainable Soil Management: <https://attra.ncat.org/wp-content/uploads/2019/05/soilmgmt.pdf>
- Ten Berge, H., & Postma, J. (2010). *Duurzaam bodembeheer in de Nederlandse landbouw*. Wageningen: Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek. Opgeroepen op maart 2023, van <https://edepot.wur.nl/167923>
- Timmermans, Bart G.H. (sd). *Online NDICEA stikstof & koolstofplanner*. Opgeroepen op mei 2023, van Louis Bolk Instituut: <https://louisbolk.nl/ndicea>
- Vanderhasselt, A. (2023). *Bodemverdichting is oplosbaar, maar preventie is belangrijker*. Opgeroepen op juni 2023, van Vilt: <https://vilt.be/nl/nieuws/bodemverdichting-is-oplosbaar-maar-preventie-is-belangrijker>
- Velthof, G. (2003). *Relaties tussen mineralisatie, denitrificatie en indicatoren voor bodemgebruik in landbouwgronden*. Wageningen: Alterra.
- Verburg, H., Wen-bin, W., Qiang-yi, Y., Liang-zhi, Y., Peng, Y., & Hua-jun, T. (2014). Journal of Integrative Agriculture. In *How Could Agriculture Land Systems Contribute to Raise Food Production Under Global Change* (pp. 1432-1442). Amsterdam: Institute for Environmental Studies, VU Amsterdam.
- Wal, A. V. (2020, april). *Relatie tussen bodemorganische stof en nitraatuitspoeling*. Opgeroepen op juli 2023, van RIVM: <https://www.rivm.nl/landelijk-meetnet->



effecten-mestbeleid/nieuwsbrieven/relatie-tussen-bodemorganische-stof-en-nitraatuitspoeling

Waterlog. (2023). Opgeroepen op mei 2023, van <https://www.waterlog.info/pdf/chap12.pdf>

Young, J., Watt, A., Nowicki, P., Alard, D., Clitherow, J., Henle, K., . . . Richard, C. (2023, Juni).

Towards sustainable land use: identifying and managing the conflicts between human activities and biodiversity in Europe. 7, 1641-1661, 2005.



Bijlage A: Bodembeoordeling OLK en Warmonderhof

Bijlage A1 Bedrijfsmeting bodemconditie



MijnBodemconditie: Bedrijfsmeting

De BodemConditieScore online uitrekenen? Ga dan naar www.mijnbodemconditie.nl

1 Gegevens bedrijf

Naam bedrijf Plaats
Datum Naam uitvoerder

	1	2	3	4	5	6
Perceel/volnummer [1]						
Oppervlakte (ha) [1]						
Positie bodemkuilen /GPS coörd. W						
/GPS coörd. N						
Bodemtype [2]						
Gewascode [3]						

[1] Zie gecombineerde opgave gewassen Ministerie EZ [2] 1 = zware klei 2 = lichte klei 3 = zwak lemig zand 4 = sterk lemig zand 5 = veen

[3] 259 = mais rotatie, 259c = mais continue, 266 = tijdelijk gras (<6 jaar), 265 = permanent gras

2 Bodemanalyse

	1	2	3	4	5	6
Zuurgraad (pH- CaCl ₂) [4]						
Organische Stof (%) [4]						

[4] Zie bodemanalyse perceel, indien aanwezig, anders inschatten

3 BodemConditieScore (BCS)

Score x Wegingsfactor (0 = onvoldoende, 1 = matig, 2 = goed)

	Wegingsfactor	1	2	3	4	5	6
1 Gewasbedekking	2						
2 Beworteling	3						
3 Verdichting onder grond 20 - 40 cm	3						
4 Regenwormen	3						
5 Bodemstructuur	3						
6 Zuurgraad (pH)	3						
7 Organische stof (kleur)	3						
8 Aantal gekleurde vlekken	1						

4 Aanvullende waarnemingen

Is seizoensafhankelijk en worden negatief beoordeeld

Score x Wegingsfactor (0 = geen, 1 = matig, 2 = veel)

		1	2	3	4	5	6
9 Plasvorming	-2						
10 Scheuren	-1						
11 Spoorvorming / vertrapping	-1						

Totaal BodemConditieScore						
---------------------------	--	--	--	--	--	--

5 Resultaten

BodemConditieScore:
Verdeel de scores over de meetlat

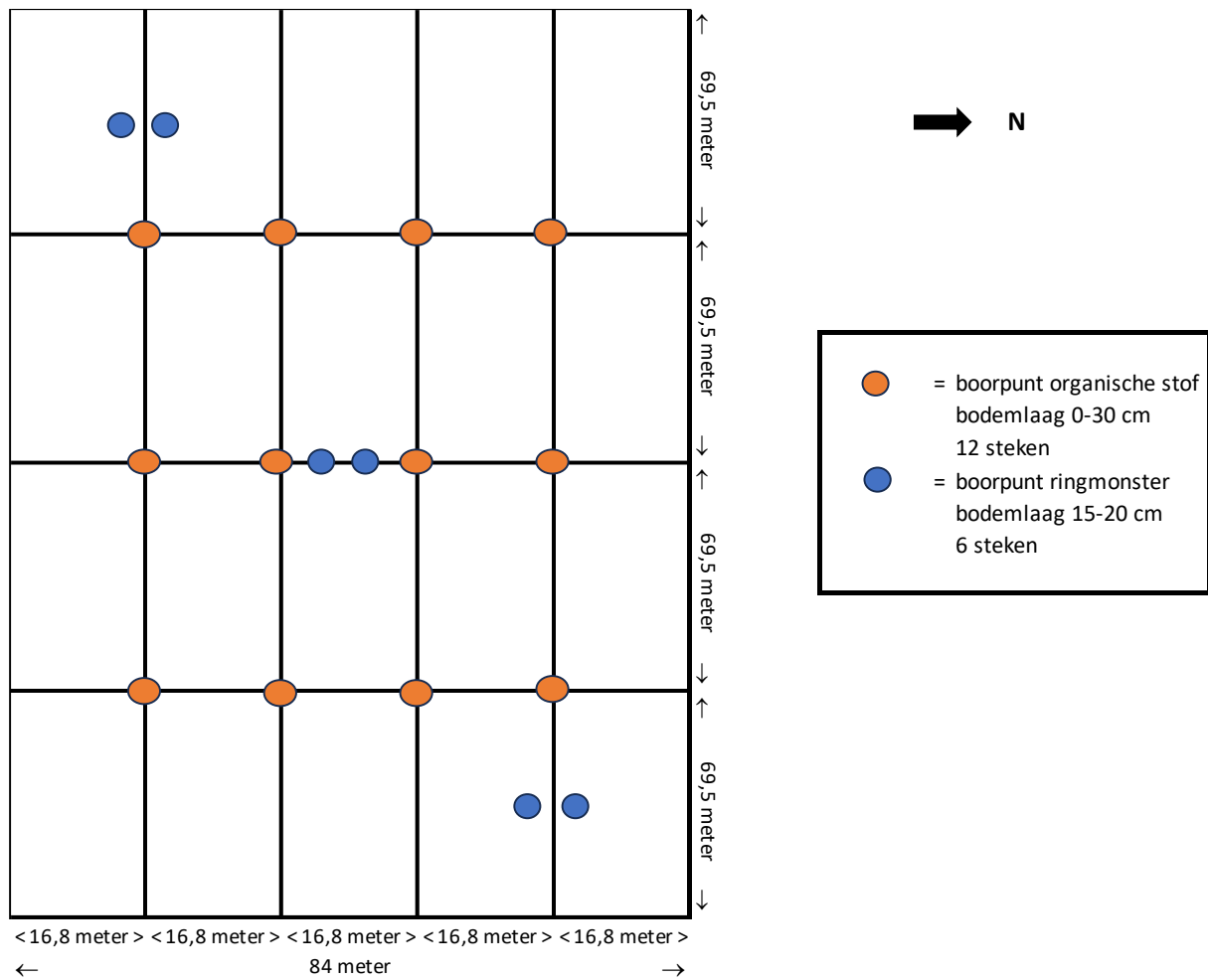
0	10	20	30	40
Slecht	Onvoldoende	Matig	Goed	Zeer Goed

6 Opmerkingen





Bijlage A2 uiteenzetting grondmonster steken ten behoeve van organische stof meting en Kopeckyringen t.b.v. doorlatendheid en bulkdichtheid.





Bijlage B Onderzoeksmaatregelen en referentiewaarde

Bijlage B1 Meten van organische stof

1. Veiligheid



KALIUMDICHROMAAT IS SCHADELIJK VOOR DE GEZONDHEID EN KANKERVERWEKKEND BIJ INADEMING, ZEER TOXISCH EN CORROSIEF VOOR DE HUID EN DE OGEN. BIJ INADEMING VAN DE STOF TREEDT IRRITATIE VAN DE LUCHTWEGEN OP. INTENSE OF LANGDURIGE BLOOTSTELLING AAN DE STOF KAN LEIDEN TOT DE DOOD.

! DENK AAN VEILIGHEIDSBRIL EN HANDSCHOENEN!

2. Inleiding

Het organische stofgehalte in de bodem kan op twee wijzen worden bepaald:

1. 'Droge' oxidatiemethode/gloeiverliesmethode
2. 'Natte' oxidatiemethode.

3. Benodigheden/chemicaliën

Precisie balans

Dispensers

Erlenmeyer (100 ml)

Handschoenen

Titrette met een oplossing van Mohrs zout

Veiligheidsbril

Waterbad 100°C

Formulier



figuur 1: titrette

Chemicaliën (zijn kant en klaar aanwezig):

- Dichromaatzwavelzuurmengsel (ca. 0,04 M).
- Indicatoroplossing (oplossing van O-phenantroline).
- Mohrs zoutoplossing (ca. 0,40 M: zie de aantekening op de fles).

4. Werkwijze

VOER DE BEPALING IN DUPLO UIT !!

Natte oxidatie methode:

- Codeer een erlenmeyer van 100 ml (gebruik een viltstift met *watervaste* inkt!)
- Weeg op een precisie balans ca. 0,2 gram (3 decimalen) luchtdroge grond nauwkeurig rechtstreeks af in de erlenmeyer.
 - ⇒ *Bij grondmonsters met veel organische stof (bv veen) ca 0,1 gram afwegen.*



- Noteer dit gewicht op het formulier, wat tijdens het practicum uitgedeeld wordt, vergelijkbaar met figuur 2.

	inweeg (g)	ml Mohr zout
bep 1		
bep 2		
blanco	Geen inweeg	

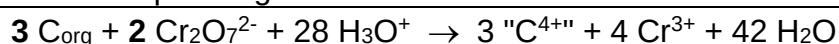
figuur 2: tabel voor OS gegevens/NO

- **ZET EEN VEILIGHEIDSBRIL OP EN TREK HANDSCHOENEN AAN!**
- Voeg met behulp van de dispenser aan de inhoud van de erlenmeyer vervolgens 25,0 ml zwavelzure kaliumdichromaatoplossing (ca. 0,04 M) toe.
- Neem een derde erlenmeyer en breng daarin ook precies 25,0 ml zwavelzure kaliumdichromaatoplossing (= blanco!).
- Plaats de erlenmeyers in een *afgesloten* waterbad (100°C) en laat deze daarin gedurende 1½ uur staan.
- **ZET EEN VEILIGHEIDSBRIL OP EN TREK HANDSCHOENEN AAN!**
- Laat na 1½ uur de erlenmeyers en de inhoud afkoelen onder stromend water en voeg met een dispenser 25 ml demiwater toe.
- Voeg 5 druppels indicatoroplossing (O-phenantroline-oplossing) toe.
- Doe een magneetje in de erlenmeyer.
- Plaats de erlenmeyer op een roerder.
- Titreer, te beginnen met de blanco, achtereenvolgens de inhoud van de erlenmeyers met de Mohr's zoutoplossing tot de kleur van oranje via groen/blauw omslaat naar bruinrood.
- Noteer de getitreeerde waarde op het formulier.
- Haal het magneetje uit de erlenmeyer en giet de volledige inhoud van de erlenmeyer in het daarvoor bestemde (**Chroomzuurafval**) afvalvat en spoel een keer na.

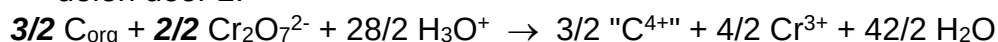
5. Resultaat/berekening

Aan de hand van reactievergelijkingen wordt aangegeven wat er precies gebeurt is, tijdens de verschillende stappen:

Reactievergelijking A. Bodemonster koken met zwavelzure kaliumdichromaatoplossing:

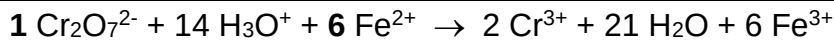


=> delen door 2:

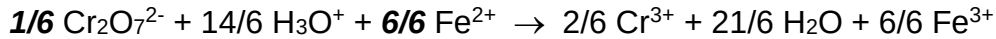




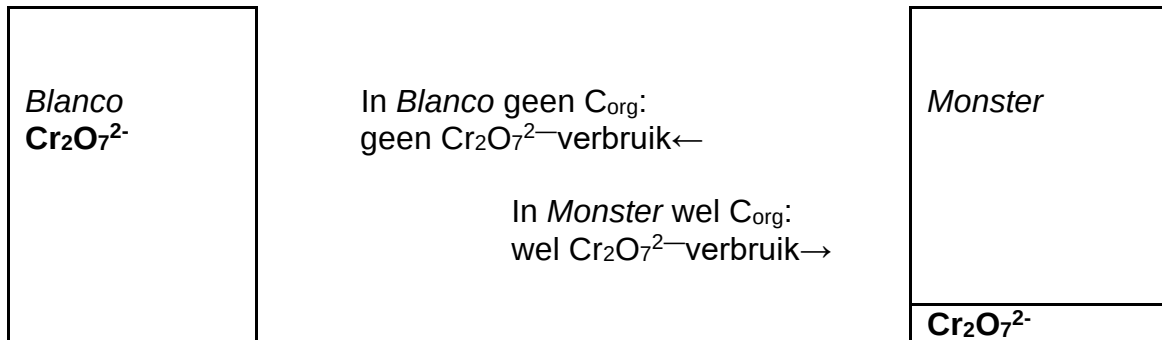
Reactievergelijking B. Titratie met Mohr's zout:



=> delen door 6:



Wat is er precies aan de hand? We beginnen met de volgende tekening:



Gebruik de volgende 8 stappen voor de berekening:

1^e. Stel V₁ ml X molair Fe²⁺-oplossing nodig voor titratie van de blanco (*geen grond, dus geen dichromaat verbruikt: er is dus nog veel Cr₂O₇²⁻ over*).

2^e. Stel V₂ ml X molair Fe²⁺-oplossing voor titratie van één van de monsters (*grond aanwezig, dus dichromaat verbruikt: t.o.v. blanco derhalve minder dichromaat over: Cr₂O₇²⁻*).

We gaan nu aan de hand van de reactievergelijkingen A en B verder:

3^e. Blanco:

$$V_{\text{Blanco}} (\text{ml}) \times X (\text{Molair Mohr's zout}) \rightarrow V_{\text{Blanco}} \times X = \text{mmol Fe}^{2+} \text{ verbruikt} \rightarrow$$

$$V_{\text{Blanco}} \times X \times \frac{1}{6} = \text{mmol Cr}_2\text{O}_7^{2-} \text{ aanwezig (reactievergelijking B)}.$$

4^e. Monster (berekening is hetzelfde als blanco):

$$V_{\text{Monster}} (\text{ml}) \times X (\text{Molair Mohr's zout}) \rightarrow V_{\text{Monster}} \times X = \text{mmol Fe}^{2+} \text{ verbruikt} \rightarrow$$

$$V_{\text{Monster}} \times X \times \frac{1}{6} = \text{mmol Cr}_2\text{O}_7^{2-} \text{ nog aanwezig (reactievergelijking B)}.$$

5^e. C_{org} heeft gereageerd met:

$$(V_{\text{Blanco}} - V_{\text{Monster}}) \times X \times \frac{1}{6} = \text{mmol Cr}_2\text{O}_7^{2-} \text{ (stap 3 - stap 4)}.$$

6^e. In dat monster was dus aanwezig:



$$(V_{\text{Blanco}} - V_{\text{Monster}}) \times X \times \frac{1}{6} \times \frac{3}{2} = \text{mmol } C_{\text{org}} \text{ (reactievergelijking A).}$$

7^e. Dat komt overeen met:

$$(V_{\text{Blanco}} - V_{\text{Monster}}) \times X \times \frac{1}{6} \times \frac{3}{2} \times 12 = \text{aantal mg } C_{\text{org}}.$$

8^e De C_{org} moet nog omgerekend worden naar totale hoeveelheid organische stof en percentage

(daarvoor nemen we aan dat 58% van de totale organische stof bestaat uit koolstof)

$$\frac{C_{\text{org}}(\text{mg}) \times \left(\frac{100\%}{58\%} \right)}{\text{inweeg}(\text{mg})} \times 100\% = \% \text{ organische stof}$$

6. Herhaalbaarheid/reproduceerbaarheid

Het verschil tussen de resultaten van twee bepalingen (duplo's) gelijktijdig of na elkaar uitgevoerd met hetzelfde monstermateriaal, onder dezelfde omstandigheden, mag niet meer bedragen dan:

* 0,2% absoluut + 1% van het gemiddelde.

7. Referentiewaarden

Zandgrond voor teeltdoeleinden bevat meestal 3 tot 6% organische stof; behalve de bollengronden die voor een goede bollenteelt niet meer dan 1,5 tot 2 % organische stof mogen bevatten.

Zandgrond wordt ingedeeld naar het percentage organische stof in:

*Humusarm: 0 tot 1%

*Zwak humeus: 1 tot 3%

*Matig humeus: 3 tot 5%

*Humeus: 5 tot 8%

*Sterk humeus: 8 tot 12%

*Zeer sterk humeus: 12 tot 16%

*venig: 16 tot 25%

Veen bevat meer dan 25% organische stof.

Klei bevat 1 tot 6% organische stof.



8. Vragen/opdrachten

1. Hoeveel procent koolstof bevat organische stof in de bodem onder Nederlandse omstandigheden?
2. Wat meten we als we de organische stof met de natte oxidatiemethode bepalen?
3. Wat gebeurt er bij een redoxreactie?
4. Wat is een blanco in dit geval? (denk aan samenstelling en functie)
5. Omschrijf het begrip terugtitratie?
6. Bereken het organische stofgehalte van het bodemmonster zowel op basis van luchtdroge als op basis van stoofdroge grond. Vergelijk dit met bijv. Blgg. Zijn er verschillen en zo ja, geef daarvoor een verklaring.
7. Laat bij je berekeningen zien of je betrouwbaar gewerkt hebt. Gebruik hiervoor de normen van eerder genoemde herhaalbaarheid.
8. Beargumenteer of de bepaling van het gehalte aan OS volgens de natte oxidatiemethode een goede methode is voor de door jou geanalyseerde grond.
9. Vergelijk - zo mogelijk - de waarden hier verkregen met die verkregen bij de gloeiverliesmethode.

9. Literatuur

- Nederlandse Norm, NEN 6633, 2^{ste} druk, januari 1990, Bepaling van het chemisch zuurstof verbruik (CZV)
- CAH, dictaat Bodemchemie, nummer 5021
- CAH, dictaat hulpbron, nummer 5022
- http://nl.wikipedia.org/wiki/Organische_stof



Bijlage B2 Organische stof berekening

	Blanco	Monster	Corg	org	%o.s.	%os gemiddeld
1A	2005	1759	295,2	508,92	2,75	2,92
1B	2005	1696	370,8	639,26	3,09	
2A	2005	1713	350,4	604,09	2,95	2,89
2B	2005	1735	324	558,58	2,84	
3A	2005	1704	361,2	622,71	2,87	2,88
3B	2005	1724	337,2	581,33	2,89	
4A	2005	1745	312	537,89	2,79	2,70
4B	2005	1732	327,6	564,78	2,61	
5A	2005	1748	308,4	531,68	2,59	2,67
5B	2005	1717	345,6	595,81	2,75	
6A	2005	1758	296,4	510,99	2,76	2,74
6B	2005	1719	343,2	591,68	2,73	

Corg = $(V_{\text{blanco}} - V_{\text{monster}}) * 0,4 * 0,25 * 12$

Org = $1,724 * \text{Corg}$

o.s. % = $\text{Org} / \text{inweeggewicht} * 100\%$

HOOGSTE

LAAGSTE



Bijlage B3 Referentiewaarde voor bodemgebruik in de landbouw op klei en zand.

Nr	Indicator	Meetmethode	referentiewaarden				Bron
			Akkerbouw op klei	Akkerbouw op zand	Melkveehouderij op klei	Melkveehouderij op zand	
Org Stof	1 Organische stofgehalte (%)	Gloeiverlies	1.6 - 3.6	3.3 - 16.2	3.4 - 13.5	3.8 - 11.2	Rutgers et al., 2007
	2 Koolstofgehalte (%)	Dumas	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
	3 Stabiele fractie organische stof	Oxidatie in permanganaat (POXC)	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Fysisch	4 Heet water extraheerbare koolstof (HWC, mg kg ⁻¹)	Extractie in heet water	500	500 - 2000	n.b.	700 - 2300	Hanegraaf et al., 2009; Hanegraaf en Van Alebeek, 2014
	5 Watervasthoudend vermogen ¹	Zandbak/drukpan	0.24	0.19	0.24	0.19	Wosten et al., 2001, Heinen et al., 2019
	6 Aggregaatstabiliteit ²	Natte zeefmethode	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	Nimmo et al., 2002 Eijkelkamp 2018
	7 Textuur ³	Pipetmethode					NEN 5753 en/of ISO 11277
	8 Indringings-weerstand ⁴ (MPa)	Penetrometer	< 2 à 3	< 2 à 3	< 2 à 3	< 2 à 3	Handboek Bodem en Bemesting
Chemisch	9 Droge bulkdichtheid ⁵ (kg m ⁻³)	Massa na drogen 105° C	< 1.75-0.009*lutum - < 1.6 - < 1.75-0.009*lutum - < 1.6				NEN-EN-ISO 11272:2017
	10 Zuurgraad (pH) ⁶	Extractie in CaCl ₂	7.3 - 7.7	4.6 - 5.6	5.2 - 7.4	4.7 - 5.8	Rutgers et al., 2007
			> 6.7	n.b.	n.b.	5.0 - 5.7	Eurofins
			afh. van lutum%, os% en bouwplan		afh. Van lutum% en os%		Handboek Bodem en Bemesting / Adviesbasis Bemesting
	11 Stikstof totaal (N-totaal, kg ha ⁻¹)	Kjeldahl	3110 - 3890	n.b.	n.b.	1410 - 2060	Eurofins
	12 Potentieel mineraliseerbare N (PMN, mg kg ⁻¹)	NIRS	60 - 80	n.b.	n.b.	125 - 175	Eurofins
	13 Fosfaatvoorraad (P-Al, mg P ₂ O ₅ 100g ⁻¹)	Extractie in ammoniumlactaat-azijnzuur	31 - 62	34 - 75	19 - 57	30 - 90	Rutgers et al., 2007
	Fosfaatvoorraad (P-Al, kg ha ⁻¹)		n.b.	n.b.	afh. van P-beschikbaar		Adviesbasis Bemesting
	Fosfaatvoorraad (Pw, mg 100 ml ⁻¹ grond)	Extractie in water	355 - 620	n.b.	n.b.	150 - 215	Eurofins
	Fosfaat beschikbaar (P-CaCl ₂ , kg ha ⁻¹)	Extractie in water	25 zeeklei en zeezand, 30 overige grondsoorten		n.b.	n.b.	Handboek Bodem en Bemesting
Biologisch	14 Kalivoorraad (mmol+ kg ⁻¹ , kg ha ⁻¹)	Extractie in CaCl ₂	5.4 - 9.1	n.b.	n.b.	2.8 - 4.1	Eurofins
	Kali beschikbaar (kg ha ⁻¹)	NIRS	335 - 475	n.b.	n.b.	155 - 215	Eurofins
	Kali beschikbaar (kg ha ⁻¹)	Extractie in CaCl ₂	210 - 330	n.b.	n.b.	95 - 135	Eurofins
	Kalivoorraad K-HCl (mg 100 g ⁻¹)	extractie in HCl en oxaalzuur	16-20	13-17	n.b.	n.b.	Handboek Bodem en Bemesting
	15 Aaltjes dichtheid (incl. plantparasitaire aaltjes) (n/100g verse grond)	Microscopie	660 - 2190	1475 - 6331	2170 - 7260	2450 - 7760	Rutgers et al., 2007
	Plantparasitaire aaltjes			afh. van grondsoort, gewas en aaltjessoort		aaltjesschema.nl	
	Aaltjes diversiteit (incl. plant parasitaire aaltjes) (aantal taxa)		25 - 44	19 - 32	21 - 36	27 - 42	Rutgers et al., 2007
Alg	16 Bacteriële en schimmel biomassa	NIRS	n.b.	n.b.	n.b.	11 - 39	Eurofins
	Bacteriële biomassa (C µg.g dr.gr. ⁻¹)	PLFA	7.5 - 162	25 - 145	38 - 844	40 - 293	Rutgers et al., 2007
	17 Regenwormen dichtheid (n.m ⁻²)	Visueel	12 - 440	0 - 118	126 - 804	24 - 388	Rutgers et al., 2007
	Regenwormen diversiteit (aantal taxa)		1.3 - 7.9	0.0 - 4.7	5.0 - 9.0	3.0 - 7.0	Rutgers et al., 2007
Alg	18 Visuele beoordeling (fysisch-chemisch-biologisch): aggregaten, horizonten, reductievlekken, bewortelingsdiepte en -patroon	Visueel	minimaal 25% kruimelstructuur, 0-75% afgerond-blokkige elementen.	minimaal 25% kruimelstructuur, 0-75% afgerond-blokkige elementen.		minimaal 50% kruimelstructuur, 30% afgerond-blokkige en maximaal 20% scherpblokkige elementen.	Koopmans en Brands, 2002; Van Eekeren & Bokhorst, 2009

Bijlage B4 referentiewaarde doorlatendheid in meters/24 uur, waarbij de uitgangssituatie voor OLK: poorly structured clay loam and clay

Bijlage B4 (Waterlog, 2023).

Texture	K (m/day)		
Gravelly course sand	10	-	50
Medium sand	1	-	5
Sandy loam, fine sand	1	-	3
Loam, well structured clay loam and clay	0.5	-	2
Very fine sandy loam	0.2	-	0.5
Poorly structured clay loam and clay	0.002	-	0.2
Dense clay (no cracks, no pores)	< 0.002		



Bijlage C Profielverloop, zwaarteklasse en grondwatertrappen Mn35A VI

Bijlage C1 Profielverlopen en combinatie van profielverlopen bij de zavel -en kleigronden

Profielverlopen en combinaties van profielverlopen bij de zavel- en kleigronden (tweede cijfer na M, MO en R)

M, MO en R	korte omschrijving	code	codes van combinaties
	met zware tussenlaag	3	8 6 7
	met zware ondergrond	4	8 6 7
	zavel of klei op zand	2	0 9 9
	meestal aflopend	5	9 9
	zavel of klei op veen	1	

Bijlage C2 Zwaarteklassen bij de zavel -en kleigronden

Zwaarteklassen bij de zavel- en kleigronden (eerste cijfer na KR, M, MO en R)

KR, M, MO en R	naam	% < 2 µm	code
	lichte zavel	8 - 17½	1 5 6 7 9
	zware zavel	17½ - 25	2 0 6 7 9
	lichte klei	25 - 35	3 7 8 9
	zware klei	> 35	4 8 9

Bijlage C3 Grondwatertrappen

GRONDWATERTRAPPEN

Grondwatertrap (Gt)	I	II	III	IV	V	VI	VII
Gemiddeld hoogste grondwaterstand in cm beneden maaiveld (GHG)			< 40	> 40	< 40	40 – 80	> 80
Gemiddeld laagste grondwaterstand in cm beneden maaiveld (GLG)	< 50	50 – 80	80 – 120	80 – 120	> 120	> 120	> 120

Een * achter de Gt-codes betekent 'droger deel' (ingevoerd na ca. 1976)



Bijlage D vruchtwisseling OLK en Warmonderhof

Bijlage D1 Bouwplan OLK – kavel K60 Wisentweg

jaar	veld	veld	veld	veld	veld	veld
K60	1	2	3	4	5	6
ha	2,42	2,42	2,42	2,42	2,42	2,16
2016	biet	biet		gras	gras	gras
2017	mais	mais		gras	gras	gras
2018	aardapp	aardapp		aardapp	aardapp	aardapp
2019	peen	peen		uien	uien	uien
2020	Uien	biet		mais	mais	mais
2021	wt	Uien/vlas		aardapp	1,8biet0,6Gerst	gerst
2022	aardapp	wt		biet/peen	Demo WT	vlas
2023	biet/vlas	aardapp		WT	uien/peen	WT
2024	WTC WT	peen/biet		vlas/uien	wt	aardapp
2025	vlas/uien	WTC WT		wt	aardapp	biet/peen
2026	wt	vlas/uien		aardapp	peen/biet	WTC WT
2027	aardapp	wt		peen/biet	WTC WT	peen/uien
2028	vlas/biet	aardapp		WTC WT	uien/peen	wt
2029	WTC WT	biet/peen		uien/vlas	wt	aardapp
2030	uien/vlas	WTC WT		wt	aardapp	biet/peen



Bijlage D2 Bouwplan Warmonderhof – kavel K78-2 Wisentweg

Jaar	Kavel K78-2
2013	Grasklaver
2014	Plantui
2015	Graan
2016	Erwten
2017	Pompoen
2018	Peen
2019	Plantui
2020	Graan
2021	Aardappelen
2022	Radijs
2023	Peen
2024	Onbekend



Bijlage E Zaai -en bemestingsgegevens OLK, periode 2021/2022

Bijlage E1 Zaaigegevens OLK 2021

Gewassen zaaien planten poten 2021 OLK									
Zaaien/planten/poten datum		Veld	Ha	Ras	Hoeveelheid				
Wintertarwe	10-11-2020	1	2,3	Calgary	125 Kg per ha	225Kg/ha, 170Kg/ha, 125Kg/ha, 225Kg/ha, 238Kg/ha, 450Kg/ha.			
	24-11-2021	3	0,25	Calgary	125 Kg per ha				
	28-8-2021	1,3	2,55	Engelsraai	21,8 Kg/ha.	Groenbemester	gras	totaal	55 kg
			2,55						
Vlas	26-3-2021	2	1,15	Christine E	108 Kg per ha				
	26-3-2021	3	0,25	Christine E	108 Kg per ha				
			1,4		151 kg				
Aardappelen	27-4-2021	3	0,19	Laudine	22,5 cm	3353Kg/ha		35/50	
	26-4-2021	4	2,3	Laudine	22,5 cm	3353Kg/ha		35/50	
Project 04661			0,06						
			2,55			8550 Kg	totaal	200 kg over	8750 kg besteld
Suikerbiet	3-4-2021	5	1,8	Edonia	19 cm	100000 zaden /ha		1 pak/ha	
	3-4-2021	3	0,25	Edonia	19 cm	100000 zaden /ha		1 pak/ha	
			2,08						
Zaaiaven	2-4-2021	2	1,15	Hayway	3,8 EH	Hybound, Hysky, Hygate, Hypark, Hyfive P, Hyfive, Red Tide.			
	2-4-2021	3	0,25	Hayway	3,8 EH				
			1,4						
Zomer Gerst	25-3-2021	5	0,6	Irina	116 kg/ha				
	25-3-2021	3	0,25	Irina	116 kg/ha				
	25-3-2021	6	2,16	Irina	116 kg/ha				
	28-8-2021	3,5,6	3,01	Engelsraai	21,8 kg/ha	Groenbemester	gras	totaal	65 kg
			3,01						
Kool	21-4-2021	3	0,083	Caraflex	3400 Planten	Spits kool		75 dagen	
			0,083	Omero	3400 Planten	Rode kool		80 dagen	
			0,083	Perfecta	3400 Planten	Witte kool		90 dagen	
			0,25		10200				
Groenbemesters demo veld	3-6-2021	3	0,25			PvB			
Laatste updat 17-6-2021									

Bijlage E2 bemestingsgegevens OLK 2021 1/2

Bemesting 2021 Onderwijsleerkaavel									
Gewas	Datum	Veld	Ha of M²	Product	Gift	Zuiver Advies/ha	Advies in L of Kg / ha Product NTS/KAS/N-K	stadium gewas	Product toegepaste Hoeveelheid in Kg of Liter/ha
									Kg per ha zuiver toegepast
Wintertarwe	23-3-2021	1	2,3 NTS 27%	1e	105	300 NTS	voorjaar	310 liter NTS	N-Zuiver P-Zuiver K-Zuiver S 7,5 %
	30-3-2021	3	0,25	1e	105	300 NTS	voorjaar	306 liter NTS	109
	28-8-2021	1	KAS 27%	2e	108	400 Kg KAS	eind uitstoeien	400 KAS	107
		3	KAS 27%	2e	108	400 Kg KAS	eind uitstoeien	400 KAS	108
	18-8-2021	1,3	vaste mest			vaste mest Aeres Farms	op stoppel	28ton/ha	108
	26-8-2021	1,3	KAS 27%				op stoppel	100 KAS	27
		1,3							
Trap 1	23-3-2021	1	190M² NTS 27%					0, NTS	0
Trap 2	23-3-2021	1	190M² NTS 27%					150, NTS	52
Trap 3	23-3-2021	1	190M² NTS 27%					320, NTS	105,3
Trap 4	23-3-2021	1	190M² NTS 27%					400, NTS	140,4
	17-11-2021	1	Gips					10ton/ha	39
Vlas	24-3-2021	2	1,15 NTS 27%			70 200 NTS	voor opkomst/zaai	211 liter NTS	N-Zuiver P-Zuiver K-Zuiver S 7,5 %
		3	0,25			70 200 NTS		geen N	74
Trap 1	24-3-2021	2	190M²					0, NTS	0
Trap 2	24-3-2021	2	190M²					400 NTS	0
									140,4
Aardappelen	3-4-2021	4	2,3 KAS 27%	1e	160	600KAS27%/of 450 NTS	voor opkomst/poten	610 KAS	N-Zuiver P-Zuiver K-Zuiver S
	6-4-2021	3	0,25	1e	160	450 NTS		450 NTS	164,7
	3-6-2021	3	0,02 Kalisulfaat		600kg/ha	zwarte spikkel	Agrico	12kg	157
	3-6-2021	3	0,02 Polysulfaat		800kg/ha	zwarte spikkel	Agrico	16 kg	44
	3-6-2021	3	0,02 Kali-60		325kg/ha	zwarte spikkel	Agrico	6,5 kg	
	3-6-2021	3	0,02 Amistar		3l/ha	zwarte spikkel	Agrico	0,06 l/ha	
	7-9-2021	3,4	2,55 N-4-16-30	2e	64/120	400Kg/ha	rond kolzetting	470	75
									141
Trap 1	16-4-2021	4	190M² NTS 27%					0	
Trap 2	16-4-2021	4	190M² NTS 27%					450 NTS	157
Trap 3	16-4-2021	4	190M² NTS 27%					900 NTS	315
Trap 4	16-4-2021	4	190M² NTS 27%					1350 NTS	473
Sukkerbiet	16-4-2021	3	0,25 KAS27%		148	550 Kas27%/of 425 NTS	voor opkomst/zaai	425 NTS	N-Zuiver P-Zuiver K-Zuiver S 7,5 %
	3-4-2021	5	1,78 KAS27%		148	550 Kas27%/of 425 NTS	voor opkomst/zaai	560 Kg KAS	149
									151,2
Trap 1		5	190M² KAS27%					0 kg	0
Trap 2		5	190M² Kas 27%					560 kg KAS	151,2
Trap 3		5	190M² KAS27%					1120 KAS	302
Zaaiaven	3-4-2021	2	1,4 KAS27%	1e	76	280 KAS of 210 NTS	voor opkomst/zaai	289 Kg Kas	N-Zuiver P-Zuiver K-Zuiver S 7,5 %
	16-4-2021	3	0,25	1e	76	210 NTS	voor opkomst/zaai	210 NTS	78,03
	17-6-2021 2 en 3		N-K 16-30	2e	150	350 Kg N-K 16-30	eind mei	400 N-K	73
	7-7-2021 2 en 3		1,4 KAS27%	3e	22	80 KAS		100 KAS	64
									120
Trap 1									27
Trap 2	3-4-2021	2	190M²					0 kg	0
		2	190M² KAS27%					578 KAS	156,1
Zaaiaven	24-3-2021 5 en 6		2,9 NTS27%	1e	98	280 NTS	voor zaai/opkomst	287 liter NTS	N-Zuiver P-Zuiver K-Zuiver S 7,5 %
	30-3-2021	3	0,25	1e	98	280 NTS	voor zaai/opkomst	306 liter NTS	100,7
									107,4
									29,8

[illegible]

Gewassen zaaien planten poten 2022 OLK											
Zaaien/planten/poten datum	Perceel	veld	strook	DACOM	Ha	Ras	zaai/zaad	Afstand	Bedrijfsnaam	veld	Opmerking
Wintertarw	29-10-2021	5	1			0,25	Chilideric	175 Kg/Ha	Van Iperen BV	demo	
		5	2			0,32	KWS Ultim	175 Kg/Ha	Van Iperen BV	demo	
		5	3			0,32	Bakmix	175 Kg/Ha	Agrifirm	demo	
		5	4			0,25	Graham	175 Kg/Ha	Agrifirm	demo	
		5	5			0,32	Saki	175 Kg/Ha	Profyto dsd	demo	
		5	6			0,25	Chevignon	175 Kg/Ha	Profyto dsd	demo	
WTC 5		5	7			0,56	Calgary	200 Kg/Ha	22WTC5 TAM0a	WTC	
	Totaal					2,27					
WTC 1	29-10-2021	2	1			0,56	Calgary	200 Kg/Ha	22WTC1 TAA	WTC	
WTC 2		2	2			0,56	Calgary	175 Kg/Ha	22WTC2 TAOB	WTC	
WTC 3		2	3			0,56	Calgary	200 Kg/Ha	22WTC3 TAD0a	WTC	
WTC 4		2	4			0,56	Calgary	200 Kg/Ha	22WTC4 TAOa	WTC	
	totaal					2,24					
	28-10-2021	3		12		0,08	Calgary	50 Kg/Ha		strokenteelt veld	
		3		13		0,08	Calgary	100 Kg/Ha		strokenteelt veld	
		3		14		0,08	Calgary	200 Kg/Ha		strokenteelt veld	
	totaal					0,24					
WT	9-8-2022	5				5	Gele mostert	30			zaad uit 2021 groenbemester
Zaaien/planten/poten datum	Perceel	veld	strook	DACOM	Ha	Ras	Hoeveelheid	Afstand	Bedrijfsnaam	veld	Opmerking
Vla	22-3-2022	8	1			2,1	Celeste E	112 Kg/Ha			
	22-3-2022	3	1			0,25	Celeste E	112 Kg/Ha			Rollen
	24-3-2022	3 en 6									
	totaal					2,35					
Zaaien/planten/poten datum	Perceel	veld	strook	DACOM	Ha	Ras	Hoeveelheid	Afstand	Bedrijfsnaam	veld	Opmerking
Aardappelen	23-3-2022	1	4	28		0,08	Lady Christi	33 cm			
	29-4-2022	1	1	10m7, 10,11,12		0,56	Danique	21,5 cm			
	29-4-2022	1	2	8,9		0,16	Innovator	30 cm			
	29-4-2022	1	3	13m27		1,21	Ivetta	21,5 cm			
Zaaien/planten/poten datum	Perceel	veld	strook	DACOM	Ha	Ras	Hoeveelheid	Afstand	Bedrijfsnaam	veld	Opmerking
Kartopelen	29-4-2022	3	2	5,6,7		0,25	Ivetta	26 cm	PvB OLK		
PvB OLK											
Zaaien/planten/poten datum	Perceel	veld	strook	DACOM	Ha	Ras	Hoeveelheid	Afstand	Bedrijfsnaam	veld	Opmerking
Sulkerbiet	28-3-2022	4	1	1 t/m 14		1,1	Edonia	10000/ha	19,5 cm		
Zaaien/planten/poten datum	Perceel	veld	strook	DACOM	Ha	Ras	Hoeveelheid	Afstand	Bedrijfsnaam	veld	Opmerking
Zaaien	30-3-2022	7	Farms	1	11,12,13	0,25	Hyfive Primed	3,6			
		7	Farms	2	8,9,10	0,25	Hyfive	3,6			
		7	Farms	5	7	0,08	Hyfive	3,8			
		7	Farms	3		0,25	Hypark	3,6	9 meter br	BB	Boer en Business OLK22-17
		7	Farms	4		0,25	Hyfive	3,8			
		totaal				1,08					



Bijlage E5 Bemestingsgegevens OLK 2022 1/2

Bemestingsgegevens													
Winterseizoen 2022													
Gewas	Datum	Perceel	Veld	strook	DACOM	Ha of M²	Product	Advies in L of Kg / ha	Product NTS/KAS/N-K	stadium gewas	Product toegepaste	Kg per ha zuiver toegepast	
											Hoeverheid in Kg of Liter/ha	N-Zuiver	P-Zuiver
												K-Zuiver	5,7,5 %
												Liter	Kg
WT STRT	18-3-2022	3	4	12,13,14		0,25	NTS	100 Kg/ha	300x1,3=390x276=	stadium gewas	300 L	105	75
WT	18-3-2022	5	1,2,3,4,5,6		3,4	0,86	NTS	100 Kg/ha	306		300 L	107	258
WT	18-3-2022	5	1,2,3,4,5,6		1,2	0,85	NTS	gem. 163 Liter	261 L		300 L	57	255
WT	18-4-2022	5	1,2,3,4,5,6		1,2	0,85	NTS				222 L	78	188
WT STRT	18-5-2022	3	4			0,25	KAS				400	108	100
WT	18-5-2022	5	1,2,3,4,5,6		3,4	0,86	KAS	100			400	108	344
	8-8-2022	2,3				2,55	30 kuub drifmest						76 kuub
							stro hakselen						
WT	8-8-2022	5				2,3	30 kuub drifmest						69 kuub
							stro afvoeren						
WT	11-8-2022	2,3				2,55	KAS	140		stopper	140	40	357
WT	11-8-2022	5				2,3	KAS	50		stopper	50	14	115
Vries													
2022													
Gewas	Datum	Perceel	Veld	strook	DACOM	Ha of M²	Product	Advies in L of Kg / ha	Product NTS/KAS/N-K	stadium gewas	Product toegepaste	Kg per ha zuiver toegepast	
											Hoeverheid in Kg of Liter/ha	N-Zuiver	P-Zuiver
												K-Zuiver	5,7,5 %
												Liter	Kg
	18-3-2022	3	1			0,25	NTS	75 Kg	213 L/NTS		213 L	75	53
	18-3-2022	6	1			2,1	NTS	75	213 L/NTS		213 L	75	447
Aardappelen													
2022													
Gewas	Datum	Perceel	Veld	strook	DACOM	Ha of M²	Product	Advies in L of Kg / ha	Product NTS/KAS/N-K	stadium gewas	Product toegepaste	Kg per ha zuiver toegepast	
											Hoeverheid in Kg of Liter/ha	N-Zuiver	P-Zuiver
												K-Zuiver	5,7,5 %
												Liter	Kg
Lady Christl	OUK22-02	25-3-2022	1	3	28	1,2,3,4	0,081	NTS	150 Kg/ha	425 L/NTS	425 L	35	149
Aardappelen													
2022													
Gewas	Datum	Perceel	Veld	strook	DACOM	Ha of M²	Product	Advies in L of Kg / ha	Product NTS/KAS/N-K	stadium gewas	Product toegepaste	Kg per ha zuiver toegepast	
											Hoeverheid in Kg of Liter/ha	N-Zuiver	P-Zuiver
												K-Zuiver	5,7,5 %
												Liter	Kg
	18-5-2022	1	1,2,3,4			2	KAS	190			700	276	189
	23-6-2022	1	1,2,3,4			2	N-K mix 16-30				380	40	114
	20-7-2022	1,3				2	N-K mix 16-30				378	80	113
Pru Aardbeien													
2022													
Gewas	Datum	Perceel	Veld	strook	DACOM	Ha of M²	Product	Advies in L of Kg / ha	Product NTS/KAS/N-K	stadium gewas	Product toegepaste	Kg per ha zuiver toegepast	
											Hoeverheid in Kg of Liter/ha	N-Zuiver	P-Zuiver
												K-Zuiver	5,7,5 %
												Liter	Kg
Ivette	18-5-2022	3	2			0,25	Tripeleuper	100	voor opk		100	45%	
						0,25	Kalkulfaat	400	voor opk		400	50%	
						0,25	Zwavelzure amm.	500	voor opk		500	21%	
	20-7-2022	3	2			0,25	N-K mix				378		
Aardvriest													
2022													
Gewas	Datum	Perceel	Veld	strook	DACOM	Ha of M²	Product	Advies in L of Kg / ha	Product NTS/KAS/N-K	stadium gewas	Product toegepaste	Kg per ha zuiver toegepast	
											Hoeverheid in Kg of Liter/ha	N-Zuiver	P-Zuiver
												K-Zuiver	5,7,5 %
												Liter	Kg
	17-5-2022	5	1			1,1	KAS				420	113	462
	23-6-2022	5	1			1,1	N-K MIX 16-30				180	26	54
Savonien													
2022													
Gewas	Datum	Perceel	Veld	strook	DACOM	Ha of M²	Product	Advies in L of Kg / ha	Product NTS/KAS/N-K	stadium gewas	Product toegepaste	Kg per ha zuiver toegepast	
											Hoeverheid in Kg of Liter/ha	N-Zuiver	P-Zuiver
												K-Zuiver	5,7,5 %
												Liter	Kg

Bijlage E6 Bemestingsgegevens OLK 2022 2/2

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



Bijlage F Neerslaggegevens in Flevoland voor de periode april 2023

Bijlage F1 Maandoverzicht april 2023, neerslag in Flevoland

Bijlage F1 (KNMI, 2023)

DISTRICT 5						
NR	365	366	369	371	372	516
DAG	SWIF TER BANT	BID DING HUIZEN	LELY STAD	ZEE WOLDE	ZEE WOLDE SW	HARDER WIJK
1	12.0	10.3	9.2	8.0	15.7	12.9
2	4.5	6.9	6.2	3.4	7.7	7.0
3	.	.	.	.	.	.
4	.	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.	.
6	.	.	.	.	.	.
7	8.7	6.5	7.0	6.2	8.2	6.0
8	0.2	0.1	0.5	0.4	0.5	0.4
9	.	.	.	.	.	.
10	.	.	.	.	.	.
11	10.8	11.2	11.0	9.6	9.9	8.7
12	7.4	8.0	7.5	8.0	8.2	8.6
13	3.1	3.2	3.0	1.9	2.6	3.7
14	0.2	0.6	0.5	0.7	2.0	0.5
15	.	.	.	.	.	.
16	.	.	0.2	0.2	0.1	0.2
17	.	.	.	.	.	.
18	.	0.1	.	.	.	0.3
19	.	.	.	.	.	.
20	2.3	0.8	1.6	0.6	0.6	1.0
21	2.0	3.6	6.0	12.5	12.8	6.0
22	4.3	3.8	6.6	7.5	8.1	6.4
23	4.8	5.6	5.1	5.5	4.4	4.7
24	24.7	23.6	27.5	26.2	17.1	21.5
25	2.6	3.1	1.7	1.2	1.6	4.4
26	1.5	0.5	0.5	.	1.2	.
27	.	.	.	.	.	.
28	0.4	0.2	0.4	.	0.7	1.9
29	0.5	0.1	0.2	0.6	0.6	.
30	.	.	.	.	.	.
I	25.4	23.8	22.9	18.0	32.1	26.3
NORM	13.9	13.4	15.6	16.2	15.3	13.9
II	23.8	23.9	23.8	21.0	23.4	23.0
NORM	13.5	13.2	13.5	13.1	12.9	13.8
III	40.8	40.5	48.0	53.5	46.5	44.9
NORM	15.4	17.6	15.4	15.2	15.5	16.4
MND	90.0	88.2	94.7	92.5	102.0	94.2
NORM	42.9	44.2	44.4	44.4	43.7	44.2