



## Adviesrapport

Het modelleren van nitraatuitspoeling bij  
ondernemers op zandgronden



HAS Hogeschool  
Onderwijsboulevard 221  
Postbus 90108  
5200 MA 's-Hertogenbosch  
Telefoon: 088 890 36 00

Documenttitel: Het modelleren van nitraatuitspoeling bij ondernemers op zandgronden  
Projectcode: BO-RuC-2021-012281

Opdrachtgever: Ronald Luijkx, AgroProeftuin de Peel  
Contactpersoon: Nick van Zoest

Projectleider: Annemariet van der Hout  
Rick Korten

Projectteam: Nick van Zoest  
Lorenzo Maal

Plaats: 's-Hertogenbosch  
Datum: 24 juni 2022

Voor akkoord:

Opdrachtgever

Naam: Ronald Luijkx

Datum:

Handtekening:

Projectleider

Naam: Annemariet van der Hout

Datum:

Handtekening:

Contractmanager

Naam:

Datum:

Handtekening:

# Voorwoord

Voor u ligt het onderzoek: “Het modelleren van nitraatuitspoeling bij ondernemers op zandgronden”. Het onderzoek is uitgevoerd voor AgroProeftuin de Peel in samenwerking met vijf verschillende ondernemers en het lectoraat van HAS-hogeschool. Het onderzoek is opgesteld door Lorenzo Maal en Nick van Zoest. Voor Nick is dit zijn afstudeeronderzoek aan de HAS-hogeschool opleiding Milieukunde. Voor Lorenzo betreft dit de afronding van zijn beroepsopdracht aan de HAS-hogeschool opleiding Toegepaste Biologie.

In samenspraak met Ronald Luijkx, Annemariet van der Hout, Rick Korten en Rob Bakker is de onderzoeksopdracht opgesteld en uitgevoerd. Wij danken ieder voor de professionele begeleiding en aangename communicatie.

Bij deze willen wij graag onze begeleiders bedanken voor de ondersteuning gedurende het onderzoek. Ook willen wij de ondernemers aangesloten bij AgroProeftuin de Peel bedanken voor de medewerking en het delen van hun expertise. Tot slot willen wij Ronald Luijkx bedanken voor het bieden van de mogelijkheid om kennis op te mogen doen vanuit de praktijk en deel uit te mogen maken van dit onderzoek.

Lorenzo Maal  
Nick van Zoest

's-Hertogenbosch, 24 juni 2022.

# Samenvatting

Stikstof is een vitaal element voor leven en cruciaal voor een efficiënte groei van planten. Stikstof uit kunstmest heeft tijdens en na de groene revolutie van de 20<sup>ste</sup> eeuw geleid tot een opmerkelijke toename in gewasopbrengsten. Deze groei in opbrengst kwam echter niet kosteloos. Het overmatig gebruik van onder andere stikstof heeft geleid tot een verminderde bodemvruchtbaarheid, afname van biodiversiteit en vervuiling van grond- en oppervlaktewater. Het is voor ondernemers op zandgronden lastig om de uitspoeling van nitraat op hun percelen verder te verlagen omdat de meest voor de hand liggende maatregelen al getroffen zijn in voorgaande jaren. Voor een verdere verlaging van nitraatconcentraties zijn complexere, locatie specifieke aanpassingen vereist. Voor het creëren van inzicht wordt de NDICEA-stikstofplanner ingezet. Dit rekenmodel is ontwikkeld door het Louis Bolk Instituut. Hiermee kan het stikstofverloop in de bodem gemodelleerd worden. De resultaten die hieruit voortkomen dienen als hulpmiddel bij het adviseren over mogelijk te treffen maatregelen.

Een vijftal percelen van ondernemers met verschillende teeltvormen zijn geselecteerd en gemodelleerd in de NDICEA-stikstofplanner. In deze modellen zijn momenten geïdentificeerd met een verhoogd risico op nitraatuitspoeling. Op basis hiervan zijn in de stikstofplanner alternatieve scenario's opgesteld door het toepassen van verschillende maatregelen met als doel het reduceren van nitraatuitspoeling en voldoende stikstofbeschikbaarheid voor de gewasontwikkeling. Door het afnemen van verschillende interviews met de betreffende ondernemers is de praktische toepasbaarheid van de maatregelen in de stikstofplanner getoetst en is de visie van de ondernemers op het gebruik van de NDICEA-stikstofplanner in kaart gebracht.

De bedrijfsvoering van de ondernemers heeft invloed op de efficiëntie van het stikstofgebruik van gewassen. Het overmatig gebruik van bemesting is een van de primaire redenen voor het uitspoelen van nitraat. Vooral op zandgronden is een doordacht bemestingsplan voor het reduceren van nitraatuitspoeling van belang. Het implementeren van alternatieve bemestingsmomenten en hoeveelheden op de oorspronkelijke teelt van de ondernemers geeft een potentiële reductie in nitraatuitspoeling van tussen de 29 en 85%. Het toevoegen van vanggewassen geeft een potentiële reductie van nitraatuitspoeling tussen de 32 en 60%. Volgens de ondernemers zijn maatregelen zoals het gebruik van de juiste gewasrotaties, vanggewassen en het efficiënt omgaan met de bemesting effectieve manieren voor het reduceren van nitraatuitspoeling. Ook zijn volgens de ondernemers de aanpassingen in de alternatieve gemodelleerde scenario's praktisch toepasbaar binnen de huidige bedrijfsvoering.

De ontwikkelde alternatieve scenario's welke aanpassingen in het originele bemestingsplan en toevoegingen van vanggewassen bevatten leiden tot een reductie in nitraatuitspoeling. Tijdens het opstellen van de alternatieve scenario's is de stikstofbehoefte van de gewassen in acht genomen voor het behoud van een optimale gewasontwikkeling.

De NDICEA-stikstofplanner kan worden ingezet voor het modelleren van zowel bestaande als toekomstige plannen voor een bepaald gewas- en bemestingsplan met als doel het reduceren van nitraatuitspoeling in combinatie met behoud van gewasopbrengst. De uitkomsten van het model zijn toepasbaar voor het geven van vroegtijdige inzichten over de risicovolle momenten waarop nitraatuitspoeling het hoogst is. De periode waarin een perceel braak ligt in combinatie met de hoeveelheid neerslag is sterk bepalend voor de hoeveelheid nitraatuitspoeling.

De meningen van de betrokken ondernemers over de toepasbaarheid van de NDICEA-stikstofplanner zijn over het algemeen positief. De ondernemers erkennen de functie van de stikstofplanner om inzichten te bieden die ondersteunen bij het reduceren van nitraatuitspoeling en het behoud van voldoende stikstof voor de ontwikkeling het gewas.

De stikstofplanner biedt de mogelijkheid om op korte termijn proefopstellingen te modelleren en te voorzien van antwoorden die normaal behaald worden middels het uitvoeren van meerjarige proeven. Inzichten verkregen uit het model moeten worden gekoppeld aan realistische toepassingen in de praktijk. Hiervoor zijn gesprekken met ondernemers nodig om vast te stellen welke gevonden oplossingen realistisch toepasbaar zijn. Gezonde discussies en gesprekken tussen betrokken partijen over de gemodelleerde resultaten zullen leiden tot weloverwogen besluiten en bieden de mogelijkheid tijd en geld te besparen.

# Inhoud

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Voorwoord .....                                                                | 3  |
| Samenvatting.....                                                              | 4  |
| 1. Introductie.....                                                            | 1  |
| 1.1 Inleiding .....                                                            | 1  |
| 1.2 Onderzoeksvragen.....                                                      | 2  |
| 2. Literatuuronderzoek.....                                                    | 3  |
| 2.1 Microbiologische processen.....                                            | 3  |
| 2.2 Uitspoeling.....                                                           | 7  |
| 2.3 Verbanden tussen parameters .....                                          | 9  |
| 3. Methode .....                                                               | 10 |
| 3.1 Dataverzameling en perceelkeuze .....                                      | 10 |
| 3.2 Literatuuronderzoek.....                                                   | 12 |
| 3.3 Dataverwerking .....                                                       | 13 |
| 3.4 Alternatieve scenario's .....                                              | 13 |
| 3.5 Visualisatie .....                                                         | 14 |
| 3.6 Gesprekken met ondernemers.....                                            | 15 |
| 4. Resultaten .....                                                            | 16 |
| 4.1 Toelichting van de NDICEA-stikstofplanner.....                             | 16 |
| 4.1.1 Cumulatieve stikstof beschikbaarheid/opname en stikstofbinding.....      | 16 |
| 4.1.2 Verloop van N mineraal .....                                             | 17 |
| 4.1.3 Cumulatieve stikstofuitspoeling en denitrificatie in de ondergrond ..... | 18 |
| 4.1.4 Cumulatieve denitrificatie in de bouwvoor .....                          | 19 |
| 4.1.5 Neerslag .....                                                           | 20 |
| 4.1.6 Percentage organische stof in de bouwvoor .....                          | 20 |
| 4.1.7 Aanpassingen van geavanceerde parameters .....                           | 21 |
| 4.2 Oplossingen voor nitraatreductie .....                                     | 21 |
| 4.3 Gemodelleerde resultaten .....                                             | 23 |
| 4.3.1 Perceel 9 mais & veldbonen .....                                         | 23 |
| 4.3.2 Perceel 9 alternatief scenario .....                                     | 24 |
| 4.3.3 Perceel 9 vergelijking in nitraatuitspoeling .....                       | 25 |
| 4.3.4 Perceel 11C veldbonen .....                                              | 26 |
| 4.3.5 Perceel 11C alternatief scenario.....                                    | 27 |
| 4.3.6 Perceel 11C vergelijking in nitraatuitspoeling .....                     | 28 |

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.7 Perceel 12 erwten & gerst .....                                                         | 29 |
| 4.3.8 Perceel 12 alternatief scenario .....                                                   | 30 |
| 4.3.9 Perceel 12 vergelijking in nitraatuitspoeling .....                                     | 31 |
| 4.3.10 Perceel 5a rotatie met grasland, mais, aardappelen en bieten .....                     | 32 |
| 4.3.11 Perceel 5a alternatief scenario .....                                                  | 33 |
| 4.3.12 Perceel 5a vergelijking in nitraatuitspoeling .....                                    | 35 |
| 4.3.13 Perceel 6a rotatie met grasland, mais, aardappelen en bieten .....                     | 36 |
| 4.3.14 Perceel 6a alternatief scenario .....                                                  | 37 |
| 4.3.15 Perceel 6a vergelijking in nitraatuitspoeling .....                                    | 39 |
| 4.3.16 Gemiddelde reducties in nitraatuitspoeling .....                                       | 40 |
| 4.4 Interviews:.....                                                                          | 41 |
| 5. Discussie .....                                                                            | 42 |
| 5.1 Perceel 5.....                                                                            | 42 |
| 5.2 Te hoge opname ten opzichte van de beschikbare stikstof .....                             | 43 |
| 5.3 Verschillende bemestingsmomenten .....                                                    | 43 |
| 5.4 Invloed van stikstoffixerende gewassen op de opname en beschikbaarheid van stikstof ..... | 43 |
| 5.5 Effecten van vanggewassen .....                                                           | 44 |
| 5.6 Bemesting en braakliggende percelen .....                                                 | 44 |
| 5.7 Invloed van neerslag op de uitspoeling en denitrificatie .....                            | 44 |
| 5.8 Verhouding van uitspoeling in de stikstofplanner tot de nitraatrichtlijn .....            | 45 |
| 5.9 Validiteit van de stikstofplanner .....                                                   | 45 |
| 6. Conclusie .....                                                                            | 46 |
| 7. Aanbevelingen .....                                                                        | 47 |
| 8. Literatuurlijst .....                                                                      | 48 |
| Bijlagen .....                                                                                | 52 |
| Bijlage 1 Parameters uit de NDICEA-stikstofplanner.....                                       | 52 |
| Bijlage 2 CRAAP test .....                                                                    | 54 |
| Bijlage 3 Overige oplossingen voor nitraatreductie .....                                      | 55 |
| Bijlage 4 vergelijking percelen 5a, 5b en 6a, 6b .....                                        | 56 |
| Bijlage 5 Vragenlijst interviews ondernemers .....                                            | 58 |
| Bijlage 6 Evaluatieformulier interviews .....                                                 | 59 |
| Bijlage 7 Ingevulde data resultaten perceel 5a en 6a.....                                     | 61 |
| Bijlage 8 uitgebreide samenvatten van de interviews .....                                     | 64 |

# 1. Introductie

## 1.1 Inleiding

Stikstof is een vitaal element voor leven en cruciaal voor een efficiënte groei van planten. Planten nemen bodemstikstof op in de vorm van ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) en nitraat ( $\text{NO}_3^-$ ). Deze stikstofverbindingen ontstaan uit processen binnen de stikstofkringloop (Daubresse *et al.* 2010). Stikstof uit kunstmest heeft tijdens en na de groene revolutie van de 20<sup>ste</sup> eeuw geleid tot een opmerkelijke toename in gewasopbrengsten (Imran *et al.* 2021). Deze groei in opbrengst kwam echter niet kosteloos. Het overmatig gebruik van onder andere stikstof heeft geleid tot een verminderde bodemvruchtbaarheid (Imran *et al.* 2021), afname van biodiversiteit (WWF z.d.) en vervuiling van grond- en oppervlaktewater waardoor de kwaliteit van het drinkwater is verminderd en schade ontstaat in natuurgebieden door eutrofiëring (Hansen *et al.* 2017; Fraters *et al.* 2020). Nederland is bewust geworden van dit probleem en heeft sinds 1987 verschillende wetten opgesteld welke door de jaren heen meerdere malen zijn aangepast en nu is vervangen door de huidige Europese Nitraatrichtlijn (Fraters *et al.* 2020).

Tussen 1992 en 2003 is in Nederland een sterke daling waargenomen in nitraatconcentraties door verschillende aangescherpte wetgeving. Een belangrijk onderdeel van deze daling is een grootschalige afname in het gebruik van mest binnen de agrarische sector. Sinds 2003 is een plateau bereikt in de afname van de nitraatconcentraties (Fraters *et al.* 2020). Op dit moment voldoen de meeste regio's in Nederland aan de afgesproken grenswaarde van 50mg/L nitraat alleen is de uitspoeling in de regio's met zandgronden gemiddeld hoger. Zandgronden hebben een laag waterhoudend vermogen wat in combinatie met overmatig irrigeren en hevige regenval een verhoogd risico op nitraatuitspoeling in het grondwater kan veroorzaken (Knox & Moody 1991; McNeal *et al.* 1995). Landbouwbedrijven op zandgronden hadden in 2012 een gemiddelde concentratie van 50 mg/L en in 2019 ongeveer 55 mg/L. De nitraatconcentraties van de zuidelijke zandgronden zijn hoger dan de nitraatconcentraties op zandgronden in andere regio's en steken rond de 75mg/L (Fraters *et al.* 2020). Hierbij geeft het RIVM aan dat de effecten van de meest recente maatregelen niet direct zichtbaar zijn en dat tot vijf jaar na het invoeren van de laatste maatregelen duidelijk wordt wat de exacte effecten zijn. Desondanks is het effect van de huidige maatregelen onvoldoende en zijn in het 7<sup>e</sup> actieprogramma nitraat 2022-2025 striktere maatregelen opgenomen waardoor vooral ondernemers in de zand- en lössregio sterk geraakt zullen worden (LNV & IW 2021).

Het is voor ondernemers op zandgronden lastig om de uitspoeling van nitraat op hun percelen verder te verlagen omdat de meest voor de hand liggende maatregelen al getroffen zijn in voorgaande jaren. Voor een verdere verlaging van nitraatconcentraties zijn complexere, locatie specifieke aanpassingen vereist. Dit vergt wetenschappelijke kennis over de verschillende factoren die een rol spelen bij de uitspoeling van nitraat. Nitraatresiduen worden vaak niet gemeten op individuele percelen, waardoor inzicht en gerichte sturing ontbreekt (R. Luijkx, Pers. Comm.).

AgroProeftuin de Peel, opdrachtgever van dit onderzoek, is een organisatie die vernieuwing in de agrosector van Noordoost-Brabant wil stimuleren. Hierbij werken ze in die regio nauw samen met ondernemers (agrariërs) die zich bevinden op zandgronden. AgroProeftuin de Peel constateert dat het noodzakelijk is dat inzicht geboden wordt over wat er op en in de percelen afspeelt en duidelijk wordt welke methoden ertoe kunnen leiden dat de Nitraatrichtlijn behaald wordt. Voor het creëren van inzicht wordt de NDICEA-stikstofplanner ingezet. Hiermee kan het stikstofverloop in de bodem gemodelleerd worden. De resultaten die hieruit voortkomen dienen als hulpmiddel bij het adviseren over mogelijk te treffen maatregelen. Tijdens het onderzoek zijn de percelen van vijf ondernemers aangesloten bij AgroProeftuin de Peel onderzocht met de stikstofplanner en voorzien van toelichtingen en oplossingen. Deze vijf ondernemers telen verschillende gewassen met uiteenlopende methodes.

Door vijf ondernemers met verschillende teelten te onderzoeken kan een algemeen beeld afgegeven worden voor andere ondernemers. Hiermee wordt voorkomen dat de ondernemers in de toekomst strengere handhaving en eventuele sancties ontvangen voor het niet voldoen aan de Nitraatrichtlijn.

## 1.2 Onderzoeksvragen

Hoofdvraag:

Hoe kan de NDICEA-stikstofplanner worden ingezet om de uitspoeling van nitraat op ondernemingen aangesloten bij AgroProeftuin de Peel te verlagen en het effect van de huidige bedrijfsvoering op de uitspoeling inzichtelijk te maken?

Deelvragen:

1. Hoe komt de uitspoeling van nitraat tot stand bij ondernemers aangesloten bij Agro Proeftuin de Peel werkzaam op zandgronden?
  - a. Welke processen in de bodem zorgen voor de uitspoeling van nitraat?
  - b. Wat zijn de onderliggende verbanden tussen deze processen?
2. Hoeveel uitspoeling van nitraat vindt plaats bij de vijf ondernemers volgens de NDICEA-stikstofplanner?
  - a. Welke variabelen zorgen voor de uitspoeling en op welke momenten vindt dit plaats?
3. Welke oplossingen werken effectief tegen de uitspoeling van nitraat op zandgronden?
  - a. Welke oplossingen, of combinatie van oplossingen, zorgen voor een reductie in nitraatuitspoeling binnen de kaders van de nitraatrichtlijn?
  - b. Wat zijn de theoretische resultaten van de oplossingen na implementatie in de NDICEA-stikstofplanner en hoe verhoudt dit zich met de Nitraatrichtlijn?
4. Aan welke eisen moeten de oplossingen tegen de uitspoeling van nitraat voldoen om ze toepasbaar te maken voor de ondernemers?
  - a. Wat is het kennisniveau van de ondernemers omtrent de richtlijn en uitspoeling van nitraat?
  - b. Hoe ervaren de ondernemers het huidige beleid rondom nitraat uitspoeling en de effecten van al toegepaste oplossingen?
  - c. Welke adviezen voldoen aan de belangen van de ondernemers en kunnen worden opgesteld om nitraatuitspoeling te reduceren?
5. Welke scenario's kunnen door middel van de NDICEA-stikstofplanner worden opgesteld om tot verschillende pakketten met oplossingen te komen die ondersteunen bij het aanpakken van nitraatuitspoeling bij vijf ondernemers?
  - a. Welke financiële en tijdsgebonden input van de ondernemer vergen de specifieke oplossingen?
  - b. Welke scenario's zijn er mogelijk wanneer er rekening gehouden wordt met de belangen van de ondernemers?
6. Hoe kunnen de oplossingen en informatie gevisualiseerd worden zodat de ondernemers deze optimaal kunnen toepassen binnen de bedrijfsvoering?
  - a. Kunnen resultaten uit de NDICEA-stikstofplanner en complexe bodemprocessen worden gesimplificeerd om de overdracht van kennis naar de ondernemers zo effectief mogelijk te maken?
  - b. Welke voorkeuren hebben ondernemers voor de visualisatie van de resultaten?

## 2. Literatuuronderzoek

In dit hoofdstuk wordt literatuur weergegeven die verduidelijking biedt voor onderliggende processen die bijdragen aan het begrijpen hoe nitraatuitspoeling tot stand komt.

### 2.1 Microbiologische processen

#### Ammonium, Ammoniak, Lachgas, Stikstofgas, Nitriet, Nitraat, Zuurstof

Stikstof is een mobiele stof en kan in verschillende vormen optreden (Figuur 1). Bij de omzetting van stikstof fixeren bacteriën stikstofgas ( $N_2$ ) en zetten ammonificerende bacteriën organisch materiaal (o.m) om in ammoniak ( $NH_3$ ) en ammonium ( $NH_4^+$ ). Planten kunnen naast nitraat ( $NO_3^-$ ) ook ammoniak gebruiken als stikstofbron:  
 $N_2 \& \text{o.m} \rightarrow \text{ammoniak } (NH_3) + H^+ \rightarrow \text{ammonium } (NH_4^+)$

Na de stikstoffixatie en ammonificatie zetten nitrosomonasbacteriën ammonium ( $NH_4^+$ ) om in nitriet ( $NO_2^-$ ) en daarna zetten de nitrobacterbacteriën nitriet om in nitraat ( $NO_3^-$ ), een voedingsstof voor planten:

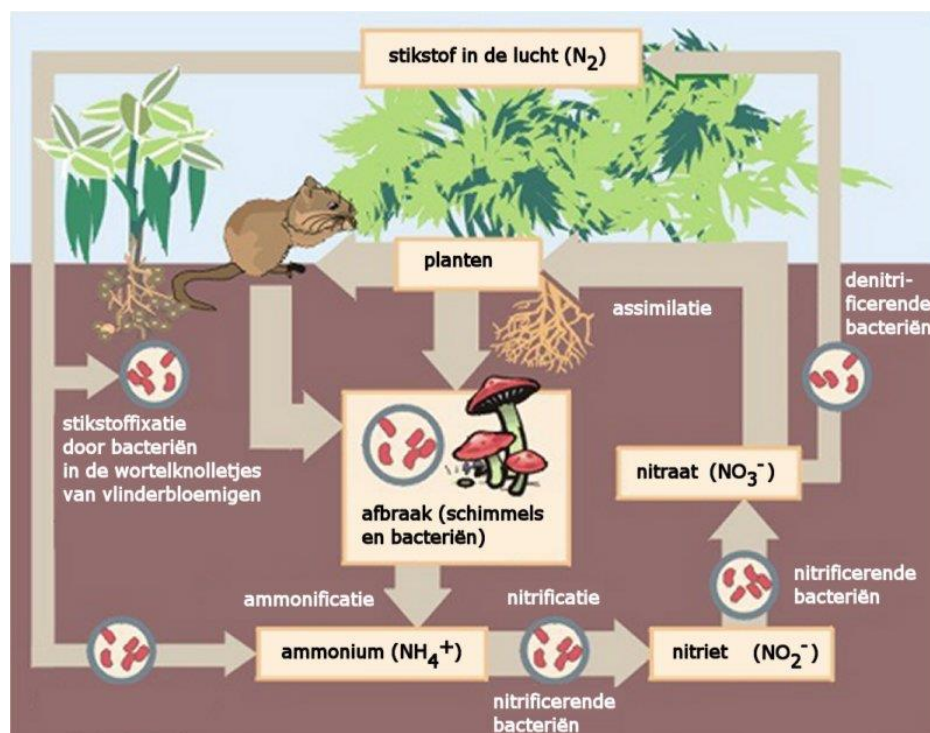
$\text{Ammonium } (NH_4^+) + O_2 \rightarrow \text{nitriet } (NO_2^-) + O_2 \rightarrow \text{nitraat } (NO_3^-)$

Planten absorberen ammonium ( $NH_4^+$ ) en vooral nitraat ( $NO_3^-$ ) tijdens het assimilatieproces. Daarna worden deze omgezet in stikstof bevattende organische moleculen zoals aminozuren en DNA.

Nitraat ( $NO_3^-$ ) kan in een anoxische omgeving omgezet worden in stikstofgas ( $N_2$ ), dit proces heet denitrificatie. Hierna keert  $N_2$  terug in de atmosfeer en is het weer beschikbaar voor de stikstoffixatie:

$\text{Nitraat } (NO_3^-) \rightarrow \text{stikstofdioxide } (NO_2^-) \rightarrow \text{stikstofmonoxide } (NO) \rightarrow \text{lachgas } (N_2O) \rightarrow \text{stikstofgas } (N_2)$

(Campbell 2017).



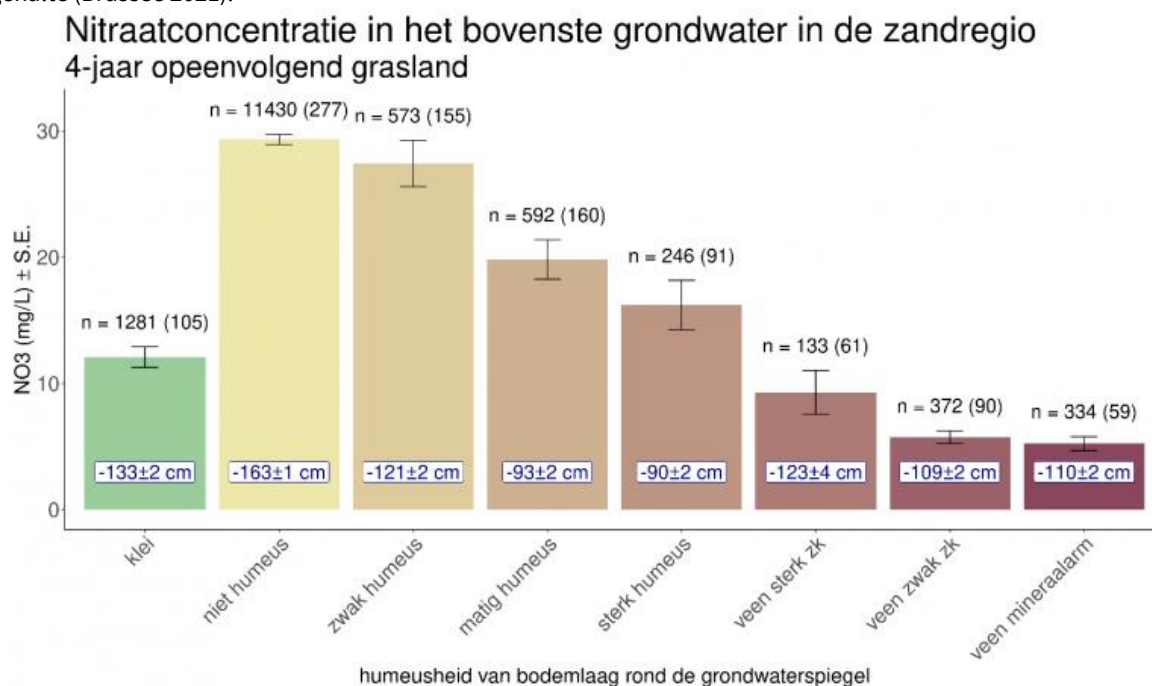
Figuur 1. Visualisatie van de stikstofcyclus (Alsema, 2015)

### Anoxische omgeving

Een anoxische omgeving is een omgeving zonder zuurstof met de aanwezigheid van bijvoorbeeld nitraat of nitriet. Dit kan ontstaan wanneer de bodem verzadigd is met water en weinig tot geen doorlichting plaatsvindt. Een omgeving als deze kan de afbraakproducten van bacteriën beïnvloeden. Denitrificatie is een proces dat in de bodem plaatsvindt onder anoxische omstandigheden. Denitrificerende bacteriën zetten hierbij nitriet en nitraat om in stikstofgas ( $N_2$ ) en/of lachgas ( $N_2O$ ). Denitrificerende bacteriën maken gebruik van makkelijk afbreekbare koolstofbronnen als energiebron. In diepere grondlagen dienen ijzersulfide en pyriet ook als energiebron. Ook temperatuur beïnvloedt de activiteit van denitrificerende bacteriën. Zomerse temperaturen versnellen het denitrificatie proces (Velthof 2003; Zanen *et al.* z.d.).

### Denitrificatie

Organisch materiaal kan dienen als voeding voor verschillende bacteriën die onder andere zorgen voor het denitrificatieproces. Hierdoor vindt in zones rijk aan organisch stof en arm in zuurstof meer denitrificatie plaats in vergelijking met andere zones. Dit verschil tussen deze zones wordt groter wanneer het organisch stof voor de denitrificerende bacteriën zich op “gunstige” locaties in bodem bevindt. Voornamelijk wanneer het organisch stof rond of onder de grondwaterstand ligt, vindt hier relatief meer denitrificatie plaats omdat hier de meeste anoxische omstandigheden voorkomen. Dit is door het RIVM getest door zandbodems met verschillende humus- en veenlagen te testen op hun uitspoeling van nitraat (Figuur 2). Hier is zichtbaar dat hoe hoger de concentratie organisch stof rond de grondwaterspiegel des te lager de uitspoeling van nitraat en des te hoger het denitrificatie gehalte (Brussée 2021).



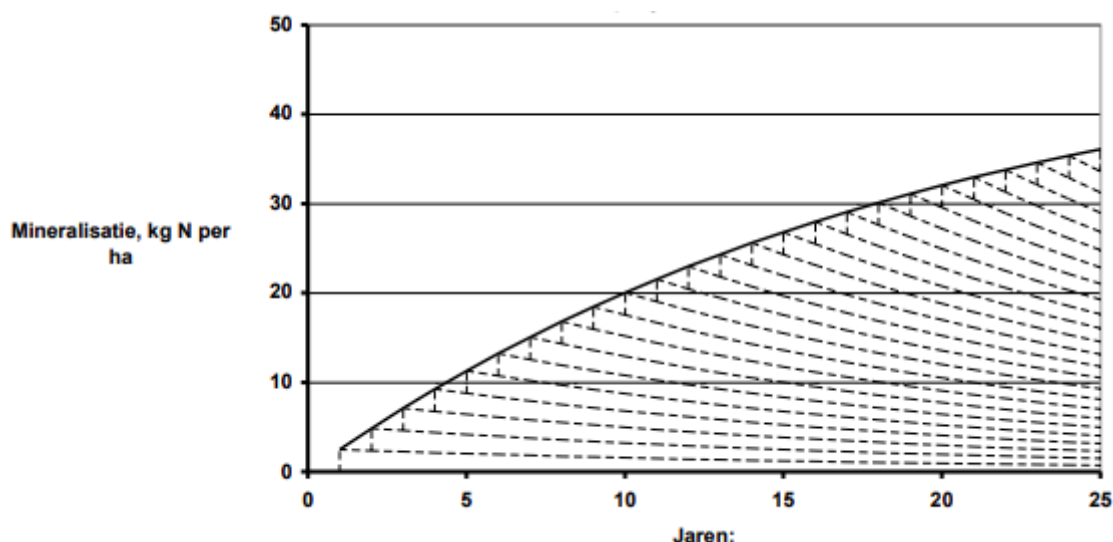
Figuur 2. Nitraatconcentraties in de zomer op locaties in zandregio's met 4 jaar opeenvolgend grasland (Brussée 2021).

<https://www.rivm.nl/landelijk-meetnet-effecten-mestbeleid/nieuwsbrieven-landelijk-meetnet-effecten-mestbeleid/bodemlagen-beïnvloeden-nitraatuitspoeling>

### Mineralisatie

Tijdens mineralisatie wordt door microben stikstof losgemaakt van het organisch materiaal en gemineraliseerd. Stikstof is na mineralisatie aanwezig in de vorm van ammonium en kan door planten opgenomen worden. Het is echter lastig om de mate van mineralisatie te voorspellen, voornamelijk door de invloeden van het weer. Zo kan de

bijdrage van mineralisatie aan de stikstofbehoefte van het gewas verschillen tussen de 10 en 75 procent (Haanstra 2011). Dit beïnvloedt het opstellen van bemestingsplannen. Verschillende factoren beïnvloeden mineralisatie zoals de aanwezigheid van vers organisch stof en een rijk bodemleven. Een pH van boven de 6 zorgt voor een versnelde mineralisatie evenals een hogere temperatuur, voldoende vocht, een luchtige bodemstructuur en voldoende afwatering (NutriNorm 2016). In Figuur 3 is zichtbaar dat bij het meerjarig toepassen van gemiddeld 50 kg organisch gebonden stikstof de mineralisatie stijgt.



Figuur 33. Toename van de N-mineralisatie door opstapeling van nawerkingen, bij een herhaald gebruik van organische mest bij een dosering van gemiddeld 50 kg organisch gebonden N per ha en een afbraak van 5% per jaar (Haanstra 2011).

### Immobilisatie

Immobilisatie is het proces waarbij bodemmicroben minerale stikstof vastleggen in organisch stof. Dit gebeurt omdat het bodemleven stikstof nodig heeft voor het verloop van hun eigen fysiologische processen en slaan daarom een deel van deze stikstof op. De opgenomen stikstof is dan niet meer beschikbaar voor de opname door gewassen en is geïmmobiliseerd. Immobilisatie komt vooral voor nadat organisch materiaal wordt aangevoerd met een hoge C/N-verhouding. Voorbeelden hiervan zijn stroprijke mest en stro zelf (NutriNorm 2016). Ongeveer 45% tot 65% van stikstof uit mest is al gemineraliseerd en direct beschikbaar voor de opname door gewassen. Dit gemineraliseerde stikstof kan door middel van immobilisatie vastgelegd en komt door mineralisatie later weer vrij (Haanstra 2011).

### pH

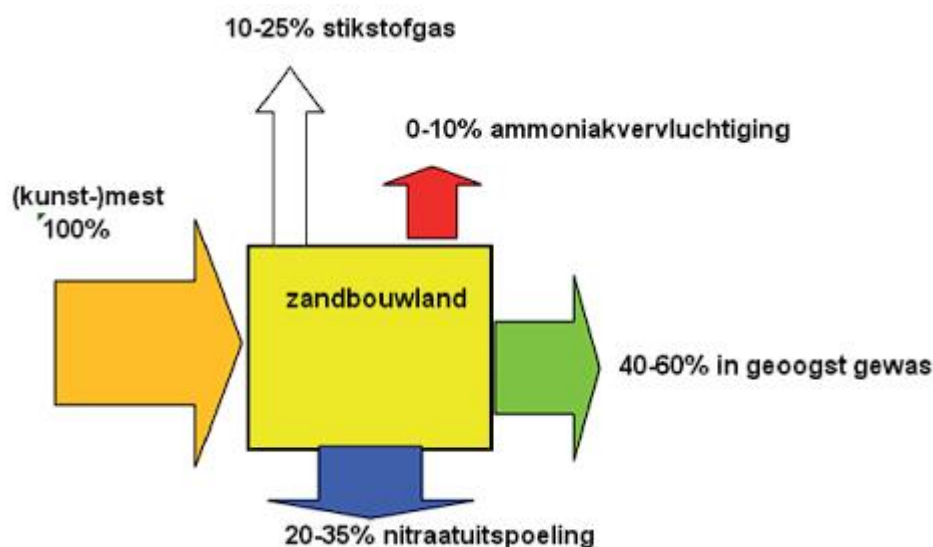
De pH beïnvloedt de verschuiving tussen  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NH}_3$ . Bij een verhoogde pH wordt de omzetting naar  $\text{NH}_3$  gestimuleerd. Hierdoor hebben met name zure bodems een verminderde  $\text{NO}_3^-$  concentratie wegens een verlaagde hoeveelheid  $\text{NH}_4^+$  waardoor nitrificatie minder plaatsvindt. Hierdoor wordt de omzetting van  $\text{NH}_4^+$  naar  $\text{NO}_3^-$  verlaagd waardoor ook de nitraatuitspoeling wordt verminderd (Borchard *et al.* 2019). Bij een te lage pH daalt de beschikbaarheid van onder andere stikstof. Zo bevordert een hogere pH de afgifte van stikstof doordat mineralisatie bevordert wordt (Figuur 3).



Figuur 44. Beschikbaarheid van nutriënten op basis van pH-waardes (Van der Velpen, 2021).

### Emissie

De vorm van stikstof die vrijkomt na de mineralisatie van organisch stof is ammonium. Wanneer deze vorm van stikstof reageert met zuurstof ontstaat ammoniak(gas) wat gevoelig is voor vervluchtiging en in de atmosfeer terecht kan komen. Dit kan 0 tot 10% bedragen van de totale toegediende stikstof in bemesting (Figuur 4). Naast vervluchtiging in de bodem kan vervluchtiging ook plaatsvinden voordat de meststoffen in of op de bodem terecht komen, het injecteren van de mest verkleint dit risico (De Haan & Van Geel 2013).



Figuur 55. Verdeling toegediend stikstof in landbouwgronden op zand (Haanstra 2011).

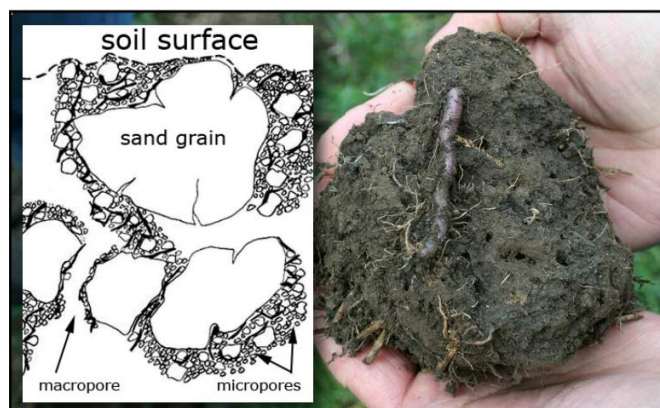
## 2.2 Uitspoeling

### Wortel diepte, wortel grootte, nutriënt opnamezones

Planten kunnen stikstof alleen opnemen binnen de wortelzone. Stikstof wat zich buiten deze zone bevindt kan niet opgenomen worden en is gevoelig voor uitspoeling. Vanggewassen met wortels die dieper gaan dan het hoofdgewas kunnen een deel van dit weggezakte stikstof weer opnemen en transporteren naar hogere grondlagen. Zo heeft de groenbemester winterrogge een gemiddelde worteldiepte van 121,92 cm (Weaver 1926) mais heeft een worteldiepte van ongeveer 60 cm (Weaver & Bruner 1927). Hierdoor kan winterrogge stikstof wat naar lagere grondlagen is uitgespoeld opnemen en na inwerken terugbrengen in hoger gelegen grondlagen.

### Bodemporiën

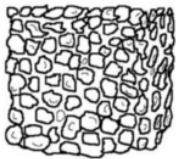
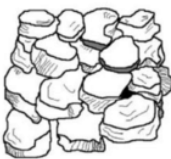
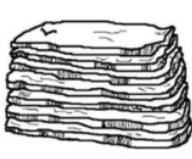
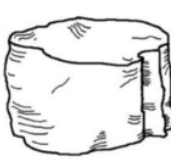
De bodem bestaat uit vaste delen en poriën (Figuur 6). Deze poriën zijn gevuld met lucht, water of allebei. De grond bestaat dus uit een driefasig systeem waaronder een vaste, een gas en een vloeibare fase. Voor de ontwikkeling van een gewas zijn alle drie de fases in de juiste verhouding nodig. De bodemstructuur is een combinatie van primaire bodemdeeltjes (zand, slib, klei) die tot aggregaten vormen, dit beïnvloedt de beweging van lucht en vocht door de bodem wat invloed heeft op de gezondheid van de bodem. Bodemporiën bevinden zich tussen en in aggregaten en zijn gevuld met lucht of water. Macroporiën zijn grote poriën (>0.08mm diameter) die zich vaak tussen verschillende aggregaten bevinden. Zwaartekracht zorgt voor de drainage van vocht uit de macroporiën, zowel water als lucht bewegen gemakkelijk door deze grote poriën. Bodemorganismen gebruiken macroporiën als habitat en ook groeien de wortels van planten door deze grote poriën. Microporiën zijn kleine poriën (<0.08mm diameter) en bevinden zich vaak in een aggregaat. Zuigkracht (pF) is de manier waarop water zich door deze kleine poriën beweegt (Brady & Weil 2002). Een goed vochtleverend en vochtopnemend vermogen van de bodem is afhankelijk van poriënvolume. Door het toevoegen van organische stoffen zoals drijfmest, potstalmest, potgrond of koolstof kan het poriënvolume worden verhoogd.



Figuur 6, Verschillen porie grootte (Brady & Weil 2002)

### Bodemstructuur

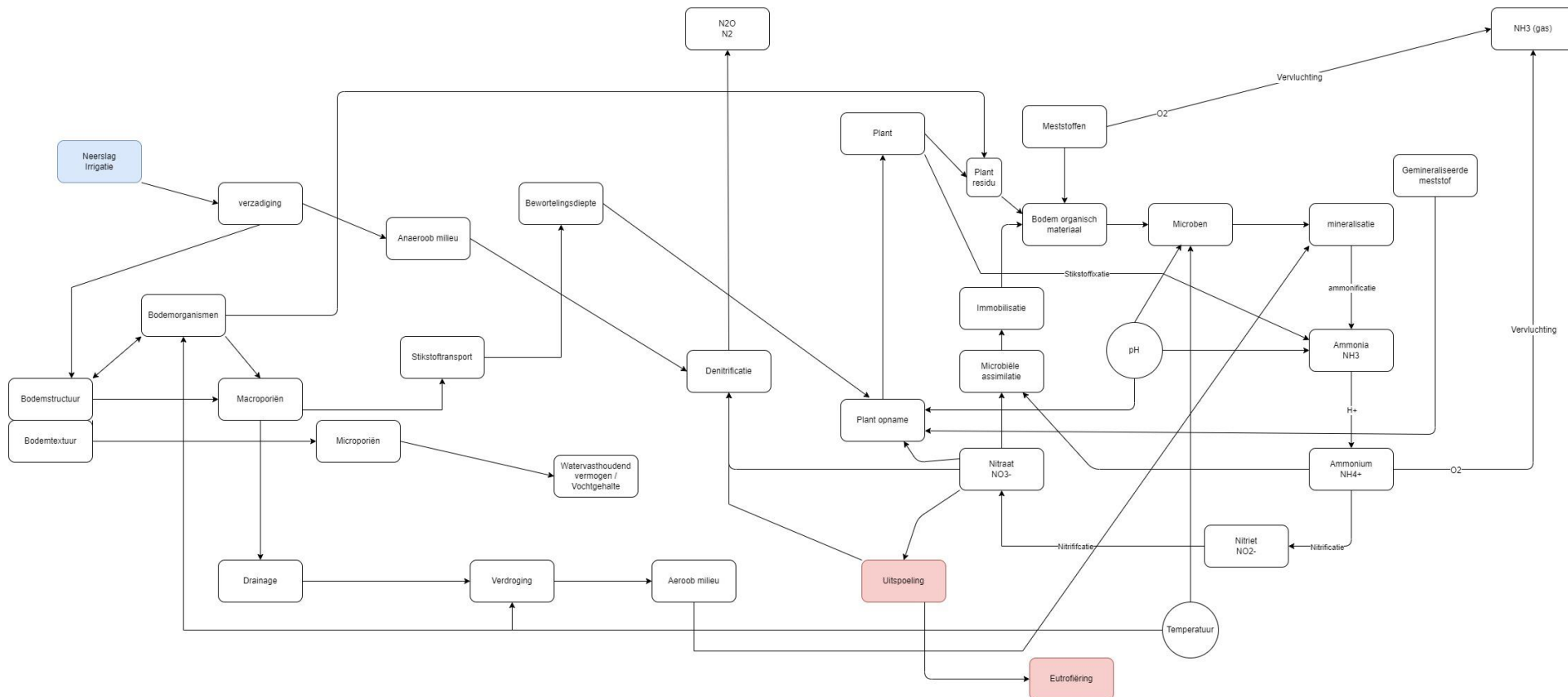
Bodemstructuur wordt bepaald door de rangschikking van de verschillende bodemdeeltjes zoals organisch materiaal, zand, leem en klei (Figuur 7). De deeltjes vormen aggregaten die, afhankelijk van de grootte en vorm, invloed hebben op het poriënvolume en de verbindingen tussen poriën. Ook het organische bodemleven speelt een belangrijke rol in het vormen van zulke poriën. De verschillende soorten aggregaten en organismen hebben hierdoor invloed op de bodemstructuur en dus ook op de hoeveelheid lucht en water dat de bodem kan bereiken (Zwart *et al.* 2011).

|                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>SINGLE GRAIN</b></p>  <p>Composed of largely non-reactive sand size particles of roughly uniform size distribution.</p>                                           | <p><b>GRANULAR</b></p>  <p>Predominantly the result of biological forces including: earthworms, insects, fungal hyphae, and fine roots.</p>                     | <p><b>BLOCKY</b></p>  <p>Developed through cycles of shrink-swell. Size defined by boundaries in homogeneous matrix (i.e. root patterning). Most common to soils with rapid drying.</p> |
| <p><b>PRISMATIC</b></p>  <p>Uniform shrinkage after extended periods of saturation. Most common in uniformly textured soils, enriched with sodium, that slowly dry.</p> | <p><b>PLATY</b></p>  <p>Generally occur through unidirectional compressional forces. Most commonly produced in surface soils compressed by heavy equipment.</p> | <p><b>MASSIVE</b></p>  <p>Common in fine textured sediments that are slowly sorted and cemented (argilline), manufactured (clay barriers), or compressed (fragipan).</p>                |

Figuur 7. Zes verschillende vormen van bodemstructuren (Colby 2012).

## 2.3 Verbanden tussen parameters

De literatuur geraadpleegd voor het opstellen de hoofdstukken microbiële processen en uitspoeling is toegepast voor het opstellen van een stroomschema. Hierin zijn alle onderliggende verbanden tussen verschillende parameters weergegeven.



Figuur 8. Verbanden tussen verschillende bodemparameters omtrent het transport van stikstof in de bodem schematisch weergegeven.

## 3. Methode

In dit hoofdstuk wordt de methodologie beschreven die tijdens het onderzoek is toegepast om de onderzoeksvragen te beantwoorden. Het omvat onderbouwing van literatuuronderzoek, data verzameling, ondernemer keuze, dataverwerking, oplossingen inventarisatie, interviews met ondernemers, scenario uitwerking en visualisatie.

### 3.1 Dataverzameling en perceelkeuze

De ondernemers aangesloten bij AgroProeftuin de Peel zijn beoordeeld op basis van de hoeveelheid beschikbare data en de mogelijkheid om deel te nemen aan de interviews. Dit is gedaan door te inventariseren welke data nodig is voor het invullen van de standaard en geavanceerde parameters in de NDICEA-stikstof planner die zijn opgenomen in Bijlage 1. Ontbrekende data over bodemspecifieke waarden zijn aangevuld middels het Dinoloket. Missende data over zaai-, oogst- en bemestingsdatums en het gebruikt van specifieke gewassen is vergaard tijdens persoonlijke communicatie met ondernemers.

De parameters in de stikstofplanner zijn onderverdeeld in vier hoofdcategorieën: Regio, bodembewerking, gewas en bemestingsschema. Deze hoofdcategorieën zijn in Tabel 1 verder onderverdeeld in subcategorieën met de bijbehorende parameters. Verder is opgenomen op welke wijze de data voor elke specifieke parameter is verkregen en welke eenheid hierbij hoort.

Tabel 1. Standaard parameters in de NDICEA-stikstofplanner met toegelichte werving en eenheden. N.v.t. = niet beschikbaar of niet relevant.

| Hoofdcategorie | Subcategorie    | Parameter                        | Data verkregen van                       | Eenheid   |
|----------------|-----------------|----------------------------------|------------------------------------------|-----------|
| Regio          | -               | Regio                            | Google Maps, regio kaarten Brabant       | Provincie |
| Bodem          | Bouwvoor        | Grondsoort                       | Verisscan                                | n.v.t.    |
|                |                 | Dikte teeltlaag                  | Communicatie met ondernemer              | cm        |
|                |                 | pH                               | Verisscan                                | n.v.t.    |
|                |                 | Organisch stofgehalte            | Verisscan                                | %         |
|                |                 | Laagste grondwaterstand (Zomer)  | Dinoloket (BRO-grondwaterspiegeldiepte)  | cm        |
|                |                 | Hoogste grondwaterstand (winter) | Dinoloket (BRO-grondwaterspiegeldiepte)  | cm        |
|                | Ondergrond      | Grondsoort                       | Verisscan, Dinoloket (BRO REGIS II v2.2) | n.v.t.    |
|                |                 | Maximale bewortelingsdiepte      | Communicatie met ondernemer              | cm        |
|                | Bodem bewerking | Intensiteit                      | Communicatie met ondernemer              | n.v.t.    |
|                | Overig          | Org. Stof meting                 | Verisscan                                | %         |
|                |                 | N-min meting                     | Verisscan, losse meting                  | kg/ha     |
|                |                 | pF meting                        | n.v.t.                                   | n.v.t.    |

|           |            |                        |                                        |          |
|-----------|------------|------------------------|----------------------------------------|----------|
| Gewas     | Hoofdgewas | Zaai/plantdatum        | Communicatie met ondernemer, verslagen | d/m/jjjj |
|           |            | Oogstdatum             | Communicatie met ondernemer, verslagen | d/m/jjjj |
|           |            | Vers opbrengst (bruto) | Communicatie met ondernemer, verslagen |          |
|           | Berekening | Datum                  | n.v.t.                                 | d/m/jjjj |
|           |            | Gift water             | n.v.t.                                 | mm       |
|           |            | N inhoud               | n.v.t.                                 | mg/l     |
|           | N mineraal | Bovengrond             | Verisscan, losse meting                | kg/ha    |
|           |            | Ondergrond             | Verisscan, losse meting                | kg/ha    |
| Bemesting | Mest soort | Hoeveelheid            | Communicatie met ondernemer, verslagen | ton/ha   |
|           |            | Moment van toediening  | Communicatie met ondernemer, verslagen | d/m/jjjj |
|           |            | Ammoniakemissie        | Communicatie met ondernemer            | n.v.t.   |
|           |            | N                      | Communicatie met ondernemer            | kg/ton   |
|           |            | N-mineraal             | Communicatie met ondernemer            | kg/ton   |
|           |            | P2O5                   | Communicatie met ondernemer            | kg/ton   |
|           |            | K2O                    | Communicatie met ondernemer            | kg/ton   |
|           |            | Droge stof             | Communicatie met ondernemer            | kg/ton   |
|           |            | Organische stof        | Communicatie met ondernemer            | kg/ton   |

Tijdens het selecteren van ondernemers voor het invullen van de stikstofplanner zijn ondernemers buiten beschouwing gelaten die gebruik maken van gewassen die niet in de stikstofplanner verwerkt zijn. Voorbeelden van deze gewassen zijn sorghum en soja. Hierna is een selectie gemaakt van percelen met voldoende relevante data om de stikstofplanner betrouwbaar in te vullen. In samenspraak met de opdrachtgever is een divers vijftal percelen geselecteerd (Tabel 2). Hierbij is gelet op verschillende teeltvormen zodat de verkregen resultaten breed toepasbaar zijn binnen de agrarische sector. Een reden hiervoor is dat het stikstofverloop per gewas kan afwijken. Zo zijn veldbonen (WUR z.d.) en erwten (WUR 1983) stikstoffixerende gewassen en hebben direct invloed op de toename van stikstof in de bodem. Snijmais is een gewas met een korte stikstofopname welke rond eind juli eindigt (NUTRINORM 2019), bieten nemen daarentegen voor langere periodes stikstof op. Deze verschillen beïnvloeden het stikstofniveau in de bodem gedurende verschillende seizoenen wat invloed heeft op de nitraatuitspoeling en de groei van vanggewassen welke na de hoofdteelt worden ingezaaid. Uiteindelijk is gekozen om vijf ondernemers met vijf percelen te onderzoeken (Tabel 2). Deze groep is gekozen omdat ze de meeste data ter beschikking hebben, bereid zijn om interviews af te nemen en samen een diverse groep gewassen telen.

Tabel 2. Onderzochte percelen met de NDICEA-stikstofplanner met bijhorende gewassen en jaren van beschikbare data.

| Locatie               | Perceel           | Gewas                                                                                                                   | Aantal jaren met beschikbare data |
|-----------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| AgroProeftuin de Peel | Perceel 9         | Mais met veldbonen                                                                                                      | 1 jaar                            |
| AgroProeftuin de Peel | Perceel 11        | Veldbonen                                                                                                               | 1 jaar                            |
| AgroProeftuin de Peel | Perceel 12        | Gerst en Erwtten                                                                                                        | 1 jaar                            |
| Extern (Vrede Peel)   | Extern perceel 5a | Rotatie met Grasland (4 jaar), snijmais-Italiaans raaigras (2 jaar), aardappel, suikerbiet, snijmais-Italiaans raaigras | 9 jaar                            |
| Extern (Vrede Peel)   | Extern perceel 6a | Rotatie met Grasland (4 jaar), snijmais-Italiaans raaigras (3 jaar), aardappel, suikerbiet                              | 9 jaar                            |

## 3.2 Literatuuronderzoek

In dit onderzoek is literatuurstudie uitgevoerd om de betrouwbaarheid van het onderzoek te waarborgen, een stroomschema over het verloop van stikstof in de bodem op te stellen en om oplossingen tegen de uitspoeling van nitraat te identificeren.

De onderzochte bronnen tijdens dit onderzoek zijn geëvalueerd middels de CRAAP test (Bijlage 2). De bronnen zelf zijn voornamelijk gezocht met databanken zoals: ScienceDirect, Wiley online library, SpringerLink, ResearchGate en Google Scholar. Hierbij is de voorkeur uitgegaan naar onderzoeken die peer reviewed zijn om de betrouwbaarheid te waarborgen. Wanneer dit niet mogelijk was, is extra aandacht besteed aan het controleren van de betrouwbaarheid. Toegepaste zoektermen binnen deze databanken zijn zowel in het Nederlands als in het Engels gebruikt. Voorbeelden van Engelse zoektermen zijn: nitrate leaching (in sandy soils), strategies to reduce post-harvest surplus of nitrate leaching, effects of covercrops (mixtures) on nitrate leaching, etc. Bij het zoeken van bronnen is de focus gelegd op het vinden van meta-analyses omdat deze een overzicht van meerdere onderzoeken bieden. In deze en andere onderzoeken is de sneeuwbalmethode toegepast waarmee in de bronnenlijst van het onderzoek is doorgezocht naar andere relevante onderzoeken. Buiten deze databanken zijn ook onderzoeken afkomstig van Wageningen Universiteit en Research (WUR) toegepast aangezien deze organisatie veel onderzoek uitvoert op Nederlandse landbouw percelen.

Naast wetenschappelijke literatuur is ook via Google gezocht naar grijze literatuur. Deze literatuur is alleen toegepast voor minder belangrijke datapunten, afbeeldingen of om de sneeuwbalmethode toe te passen. Verder is data welke tijdens de dataverzameling niet verkregen kon worden aangevuld met data afkomstig van het Dinoloket.

### 3.3 Dataverwerking

De beschikbare data van de percelen in Tabel 2 zijn verwerkt in de NDICEA-stikstofplanner. In de stikstofplanner zijn alle standaard parameters uit Tabel 1 ingevoerd, welke data exact is ingevuld en hoe deze precies is verkregen is meegeleverd in een los bestand aan de opdrachtgever. Het invoeren van deze data is uitgevoerd volgens de handleiding ontwikkeld door het Louis Bolk instituut (LBI), ontwikkelaar van de NDICEA-stikstofplanner. Het is voor percelen 9 en 12 niet mogelijk geweest om de werkelijke weercijfers van de betreffende jaren op te nemen. Hierdoor is in deze jaren gewerkt met gemiddelde weer cijfers. Percelen 5 en 6 hebben data van verschillende vergelijkbare percelen samengevoegd op een perceel. De samengevoegde data is afkomstig geweest van een droog jaar waardoor voor percelen 5 en 6 de neerslag op een gemiddeld droog jaar in oost Brabant is gezet.

Het gebruik van geavanceerde parameters zorgt voor een betrouwbaardere weergaven van stikstof in de bodem (van der Burgt 2006). Deze parameters zijn wanneer mogelijk toegepast in de stikstofplanner. Met verificatie van de ontwikkelaar van de stikstofplanner zijn een aantal van de geavanceerde parameters aangepast. De aangepaste waardes zijn de afbraakfactor van organisch stof in de bouwvoor en de verdeling van droge stof in grasland. De afbraakfactor van organisch stof op percelen 5 en 6 hadden een standaardwaarde van 1 welke verlaagd is naar 0,78. Verder geeft de stikstofplanner standaardwaardes weer voor de droge stof verdeling van graslanden. Voorheen was de verdeling 51% product, 39% gewasresten en 10% wortels. Nieuw onderzoek binnen het LBI heeft aangetoond dat deze verdeling 54% product, 16% gewasresten en 30% wortels moet zijn.

Na het calculeren van resultaten in de stikstofplanner zijn de uitkomsten gecontroleerd aan de hand van het beschikbare document van het LBI. Dit is gedaan door in de “stikstofbeschikbaarheid” grafiek te controleren of de opname van stikstof de beschikbare stikstof niet overschrijdt. Wanneer dit voorkomt is de mineralenbalans niet volledig kloppend en kan de uitspoeling onderschat worden. Hiervoor zijn het organisch stofgehalte, de bewortelingsdiepte en het bodemtype gecontroleerd op afwijkende waardes. Wanneer geen afwijkende waardes gevonden zijn, zijn aanpassingen doorgevoerd in de gewasopbrengsten van het grasland en de neerslag.

### 3.4 Alternatieve scenario's

De resultaten van de oorspronkelijke situaties verkregen uit de NDICEA-stikstofplanner zijn geanalyseerd op risicovolle momenten met kans op uitspoeling van stikstof. De alternatieve scenario's zijn opgesteld aan de hand van de volgende voorwaarden:

- De stikstofbeschikbaarheid in de bodem moet voldoende zijn om een optimale gewasopbrengst te waarborgen.
- De ondernemers moeten voldoen aan de Europese norm van 50mg/L nitraatuitspoeling.
- Maatregelen om nitraat uitspoeling te verlagen moeten binnen de stikstofplanner toepasbaar zijn.

De toepasbare oplossingen in de NDICEA-stikstofplanner waren gelimiteerd tot: het aanpassen van de hoeveelheid bemesting, het gebruik van alternatieve soorten bemesting, het aanpassen van de timing van bemesten, het toedienen van bemesting over een periode verspreiden, de gewasrotatie aanpassen, gebruik maken van een groenbemester of vanggewas en het aanpassen van bodemeigenschappen. Een lijst met overige oplossingen die niet toepasbaar zijn binnen de stikstofplanner is opgenomen in Bijlage 3.

Op basis van de beschikbare data van vijf verschillende percelen op AgroProeftuin de Peel is het stikstofverloop in de bodem gemodelleerd. Middels het aanpassen van variabelen in de NDICEA-stikstofplanner zijn alternatieve scenario's opgesteld die zorgen voor een reductie in stikstofuitspoeling ten opzichte van de oorspronkelijke situatie, met de focus op het behoudt van voldoende stikstof om het gewas te voorzien tijdens de ontwikkeling. De

alternatieve scenario's hebben als doel om inzichten te bieden aan ondernemers over praktisch toepasbare aanpassingen ondersteund met gemodelleerde resultaten, onderbouwd met literatuurstudies.

Naast de percelen die zijn opgenomen in de resultaten zijn een aantal extra percelen gemodelleerd. Zo is perceel 11 verdeeld in drie stroken waarop dezelfde soort bemesting is toegediend in verschillende hoeveelheden. Perceel 11A kreeg een bemesting van 40 ton/ha, perceel 11B een bemesting van 25 ton/ha en perceel 11C een bemesting van 10 ton/ha. Er is besloten om voor het creëren van een alternatief scenario te werken met alleen perceel 11C omdat het enige verschil in resultaat tussen de verschillende percelen de mate van uitspoeling is. Perceel 11C had een gunstige hoeveelheid nitraatuitspoeling en is gebruikt als basis voor het modelleren van resultaten. Percelen 5 en 6 bestaan ook uit meerdere stroken. In de resultaten zijn 5a en 6a gemodelleerd en voorzien van alternatieve scenario's, voor percelen 5b en 6b is dit niet gedaan. Dit komt omdat het modelleren van de oorspronkelijke situaties vrijwel identieke resultaten opleverde in vergelijking met percelen 5a en 6a. Verschillend in de oorspronkelijke situaties tussen percelen 5a en 6a ten opzichte van 5b en 6b zijn zichtbaar in Bijlage 4.

De weergave van de resultaten voor de alternatieve scenario's zijn op dezelfde manier weergegeven als voor de oorspronkelijke situaties. Eventueel toegevoegde groenbemesters of vanggewassen zijn voorzien van een fictieve opbrengst dat correleert aan de beschikbare stikstof in de bodem zodat de stikstofopname de beschikbaarheid niet overschrijdt. De hoeveelheid en de momenten van bemesten zijn aangepast om de hoofdgewassen te voorzien van voldoende stikstof met als doel een reductie van stikstofuitspoeling binnen de kaders van de Nitraatrichtlijn. In de alternatieve scenario's is ervan uitgegaan dat de gewasopbrengst identiek is aan de oorspronkelijke situatie en dus ook de stikstofopname.

### 3.5 Visualisatie

Wegens de wetenschappelijke aard van de NDICEA-stikstofplanner is er besloten om de weergave van de gemodelleerde resultaten aan te passen en begrijpelijk te maken voor de ondernemers binnen de praktijk. Voor de visualisatie van de gemodelleerde situaties van de percelen en de alternatieve scenario's is overlegd met de betrokken ondernemers over de voorkeuren van de visualisatie om tot een juiste afstemming te komen.

Vier grafieken uit de stikstofplanner zijn samengevoegd voor een overzichtelijke weergave van de belangrijkste resultaten. Hiervoor zijn de neerslag, toegepast gewas en bemestingsschema, de stikstofopname en beschikbaarheid en de nitraatuitspoeling als een geheel weergegeven. Deze weergave is voorzien van symboliek die ondersteuning biedt om resultaten te kunnen interpreteren. Er wordt aangegeven wanneer er wordt bemest, wanneer gewassen worden ingezaaid en geoogst of worden ingewerkt, de benamingen van de gebruikte bemesting en gewassen evenals de bijbehorende seizoenen van het betreffende jaar. Deze weergave is gebruikt voor het model van de oorspronkelijke situaties en de alternatieve scenario's. Ook is een weergave toegevoegd waarin de vergelijking tussen de oorspronkelijke situaties en de alternatieve scenario's in een oogopslag te zien is. Hierin zijn de neerslag, de gewas en bemestingsschema's van beide situaties en de vergelijking in nitraatuitspoeling weergegeven.

In overleg met de betrokken ondernemers is bepaald of het eindproduct fysiek of digitaal weergegeven moest worden. In samenspraak met de opdrachtgever en de betrokken ondernemers is besloten om een pamflet te produceren met afbeeldingen van de hiervoor genoemde visualisatie inclusief korte, begeleidende tekst. Een apart pamflet is gemaakt voor elke individuele ondernemer en de daarbij horende gemodelleerde situaties. Ook is dezelfde data digitaal naar elke individuele ondernemer verstuurd zodat deze informatie ook beschikbaar is via verschillende elektronische apparaten. Deze documenten staan niet vermeld in dit verslag en zijn aan de opdrachtgever overgedragen.

## 3.6 Gesprekken met ondernemers

Tijdens dit onderzoek is doormiddel van interviews gesproken met de ondernemers die verantwoordelijk zijn voor de percelen uit Tabel 2. Per ondernemer zijn twee interviews gehouden. Het doel van de interviews was het inschatten van het kennisniveau van de ondernemers, het ontvangen van de nodige informatie uit de praktijk en om te spreken over de toepassing van de NDICEA-stikstofplanner. Het toepassen van deze informatie maakte het mogelijk om praktische en bruikbare resultaten op te stellen.

Tijdens het eerste gesprek is de kennis van de ondernemers ingeschat middels het stellen van vragen over de huidige regelgeving en begrippen omtrent stikstof en de uitspoeling van nitraat. Ook vragen over de huidige werkzaamheden waarmee nitraat uitspoeling verlaagd wordt zijn gesteld, deze geven inzicht over de verschillende oplossingen die bij de ondernemers bekend zijn om nitraatuitspoeling te reduceren. Tijdens het eerste gesprek is de gemodelleerde data gepresenteerd en zijn de reacties van de ondernemers genoteerd. Deze reacties zijn bepalend geweest voor het uitwerken van een passende visualisatie van alle resultaten. Naast het vergaren van deze kennis is ook de ontvangen data over het perceel gecontroleerd en eventueel missende data aangevuld. De exacte lijst met vragen die gesteld zijn staan vermeld in Bijlage 5. Na afloop van elk gesprek is een evaluatieformulier ingevuld om de effectiviteit van het gesprek te bepalen. Het format voor dit formulier is opgenomen in Bijlage 6, de losse formulieren zijn in een los document meegeleverd aan de opdrachtgever.

Tijdens het tweede gesprek met de ondernemers stond de visualisatie en het bespreken van potentiële oplossingen om nitraatuitspoeling tegen te gaan centraal. Voor dit gesprek zijn met de NDICEA-stikstofplanner alternatieve scenario's gemodelleerd. De resultaten die hieruit voortkwamen zijn gevisualiseerd en met de ondernemers besproken. De antwoorden van de ondernemers bevestigde of de alternatieve scenario's realistisch zijn en ook is bepaald of de gekozen vorm van visualisatie begrijpelijk en uitnodigend was.

## 4. Resultaten

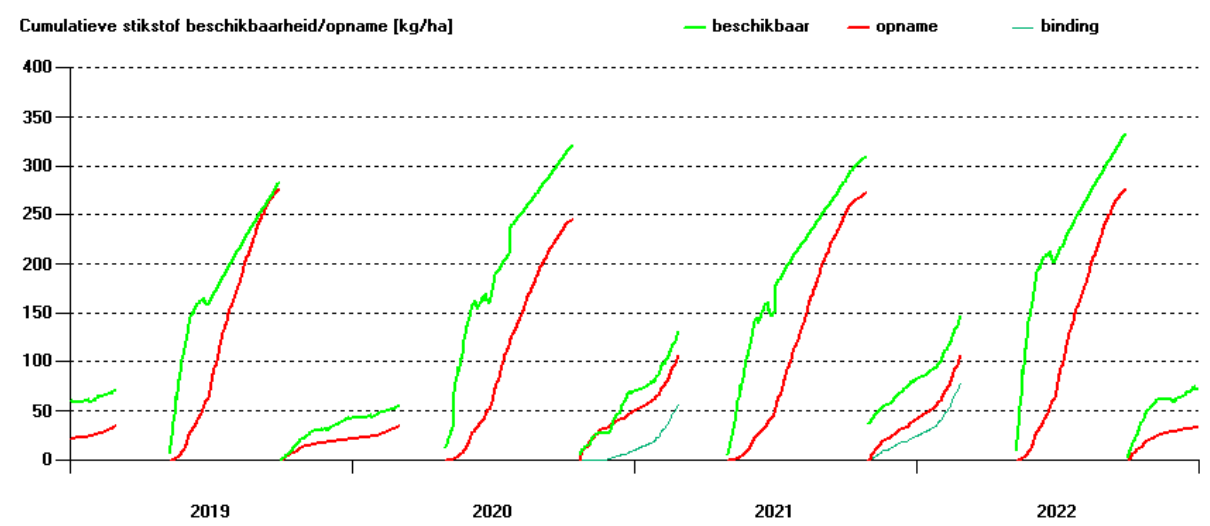
In dit onderzoek zijn vijf percelen van de ondernemers gemodelleerd met de NDICEA-stikstofplanner. In dit hoofdstuk wordt toegelicht wat de verschillende resultaten betekenen en hoe deze tot stand komen. De gebruikte oplossingen voor het reduceren van nitraatuitspoeling zijn nader toegelicht. De gemodelleerde resultaten van de originele situaties van de ondernemers worden weergegeven en toegelicht. Ook zijn de resultaten van de gemodelleerde alternatieve scenario's opgenomen en nader toegelicht. Verder is een vergelijking tussen de uitspoeling van de originele situaties en het alternatieve scenario's opgenomen. De meningen van de desbetreffende ondernemers over de stikstofplanner en de gevonden resultaten zijn in dit onderdeel ook vermeld.

### 4.1 Toelichting van de NDICEA-stikstofplanner

Voor het uitvoeren van dit onderzoek is de NDICEA-stikstofplanner, ontwikkeld door het Louis Bolk instituut (LBI), ingezet om resultaten van 6 landbouwpercelen te modelleren. Na het berekenen van resultaten met de stikstofplanner worden een aantal grafieken weergegeven waaronder: "Cumulatieve stikstof beschikbaar/opname kg/ha", "Verloop N mineraal", "Stikstof cumulatieve uitspoeling en denitrificatie ondergrond kg/ha", "Cumulatieve denitrificatie bouwvoor", "Neerslag m/dag", "Stikstof mineralisatie" en "Organische stof bouwvoor %". In dit hoofdstuk worden deze resultaten weergegeven en wat ze betekenen in relatie tot de percelen. Met welke formules de resultaten tot stand komen wordt verder niet toegelicht. Voor deze informatie wordt verwezen naar bestaande documenten voor de NDICEA-stikstofplanner beschikbaar gemaakt door het Louis Bolk instituut (Van der Burgt 2006; Van der Burgt 2011).

#### 4.1.1 Cumulatieve stikstof beschikbaar/opname en stikstofbinding

In Figuur 9 wordt met de rode lijn weergegeven hoeveel stikstof (N) het gewas gedurende de teelt cumulatief opneemt. De stikstofopname door het gewas is afhankelijk van het gekozen gewas en de zelf ingevulde opbrengst hiervan. Daarnaast wordt met de groene lijn weergegeven hoeveel N in de bodem cumulatief beschikbaar is. Hiermee wordt duidelijk op welke punten overschotten van N in de bodem aanwezig zijn ten opzichte van de stikstofbehoefte van de gewassen. Belangrijk is om te realiseren dat de rode lijn de groene lijn niet kan overschrijden. Het gewas kan namelijk niet meer opnemen dan de bodem tot zijn beschikking heeft. Naast deze lijnen is ook een donkergroene lijn zichtbaar welke de binding van N weergeeft. Deze lijn is te zien wanneer gebruik gemaakt wordt van een stikstoffixerend gewas.

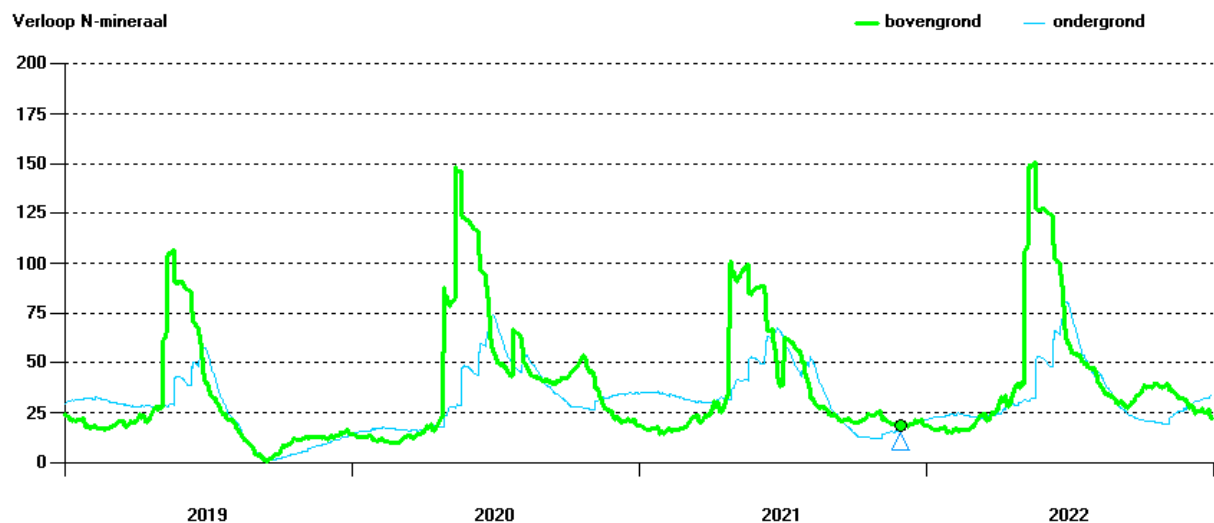


Figuur 9. De cumulatieve stikstofbeschikbaarheid/opname en de stikstofbinding door een stikstoffixerend gewas. X-as = het betreffende jaar. Y-as = Hoeveelheid stikstof in kg/ha.

Het is gewenst dat de beschikbare N zo dicht mogelijk op de opname zit. Hiermee zouden overschotten van stikstof voorkomen kunnen worden wat de kans op uitspoeling verkleint. In de praktijk blijkt deze stelling echter genuanceerder te zijn. Het gewas kan alleen N opnemen op plekken die de wortels bereiken waardoor het nodig is om een overschot van N in de bodem te hebben. Tijdens de start van de teelt is dit van belang omdat de wortels dan nog onontwikkeld zijn. Naarmate de plant ontwikkeld wordt het worteloppervlak vergroot wat het overschot onnodig maakt. Tijdens het einde van de teelt wanneer de wortels volgroeid zijn en het gewas minder stikstof nodig heeft is dit overschot helemaal overbodig. Wel zijn er enkele gewassen die voor een voldoende productie afhankelijk zijn van een overschot aan stikstof zoals prei en bloemkool. Het is dan onvermijdelijk om aan het eind van de teelt nog een overschot te hebben. Gewassen zoals graan en suikerbiet mogen daarentegen op het einde van de teelt zelfs een opname hebben die gelijkloopt aan de beschikbaarheid, dit remt de groei van deze gewassen niet. Dit geldt ook voor stikstoffixerende gewassen.

#### 4.1.2 Verloop van N mineraal

In Figuur 10 is het verloop van het gemineraliseerd N zichtbaar. De groene lijn laat het verloop van gemineraliseerd N in de bovengrond zien de blauwe lijn geeft het verloop in de ondergrond weer. De gebruikte eenheid is kg/ha en het groene punt in de grafiek geeft een uitgevoerde meting op het perceel weer. Het kan zijn dat de gemoduleerde lijn afwijkt van het meetresultaat alleen is het belangrijk dat het verloop van de gemodelleerde situatie ten opzichte van de metingen enigszins gelijklopen.



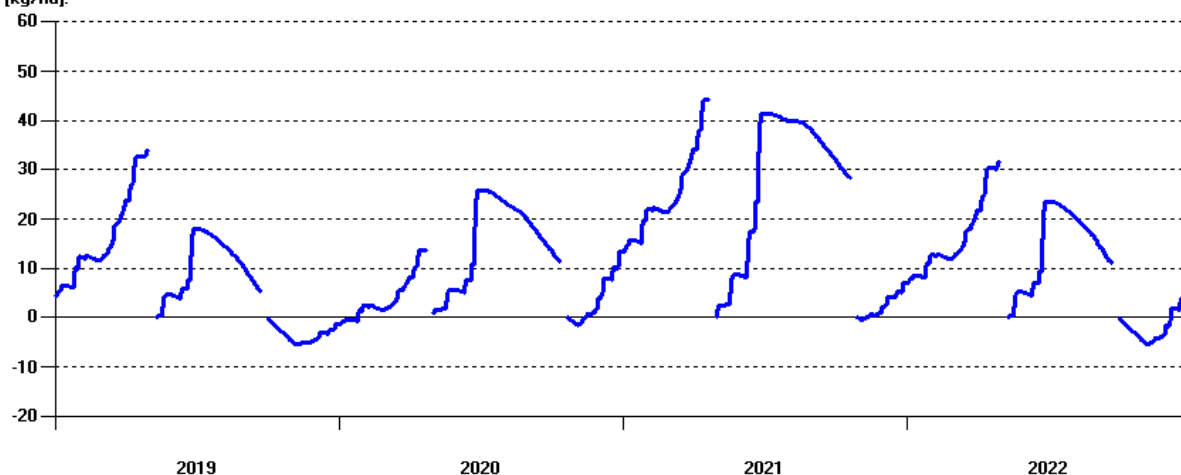
Figuur 10. Het verloop van gemineraliseerd stikstof in de boven- en ondergrond. Iconen geven uitgevoerde metingen weer. X-as = het betreffende jaar. Y-as = Hoeveelheid gemineraliseerd stikstof in kg/ha.

Niveaus van N boven de 100 kg/ha zijn over het algemeen onwenselijk. Bij deze hoge waarden is vaak een overschot van N in de bodem aanwezig. Het N overschot wordt door het gewas niet opgenomen en verhoogt daarmee de kans op uitspoeling. Deze hoge pieken worden vaak veroorzaakt door overbemesting. Wanneer het verloop van N in de boven- en ondergrond nul is, dan is er mogelijk iets niet kloppend in de ingevoerde data of de kalibratie van het model.

#### 4.1.3 Cumulatieve stikstofuitspoeling en denitrificatie in de ondergrond

In Figuur 11 is de cumulatieve uitspoeling en denitrificatie van N in de ondergrond zichtbaar. Dit geeft weer wat de verliezen van N zijn. Hierbij wordt al het N wat van de wortelzone uitspoelt tot onder de wortelzone gezien als verlies. De N dat onder de wortel zone komt spoelt uit naar het grondwater of denitrificeert onder anoxische omstandigheden. Dit resultaat geeft niet weer wat de verhouding tussen de daadwerkelijke uitspoeling en denitrificatie omdat de factoren die dit bepalen sterk verschillen per situatie. De grafiek laat de cumulatieve uitspoeling zien per gewas en start bij een nieuw gewas weer op nul. Doordat de resultaten cumulatief zijn kan de lijn niet dalen. Toch gebeurt dit in sommige gevallen omdat negatieve uitspoeling ook mogelijk is. In periodes waarbij meer water verdampt dan dat er door neerslag of beregning bijkomt, gepaard met een hoge grondwaterstand kan capillaire stijging optreden. Hierdoor komt water uit lageregelegen grondlagen terecht in de bovengrond en kan N met zich meebrengen en achterlaten in de bovengrond. Wanneer dit gebeurt is een deel van de N terug in de bovengrond gekomen wat negatieve uitspoeling mogelijk maakt.

Stikstof: cumulatieve uitspoeling en denitrificatie ondergrond  
[kg/ha].



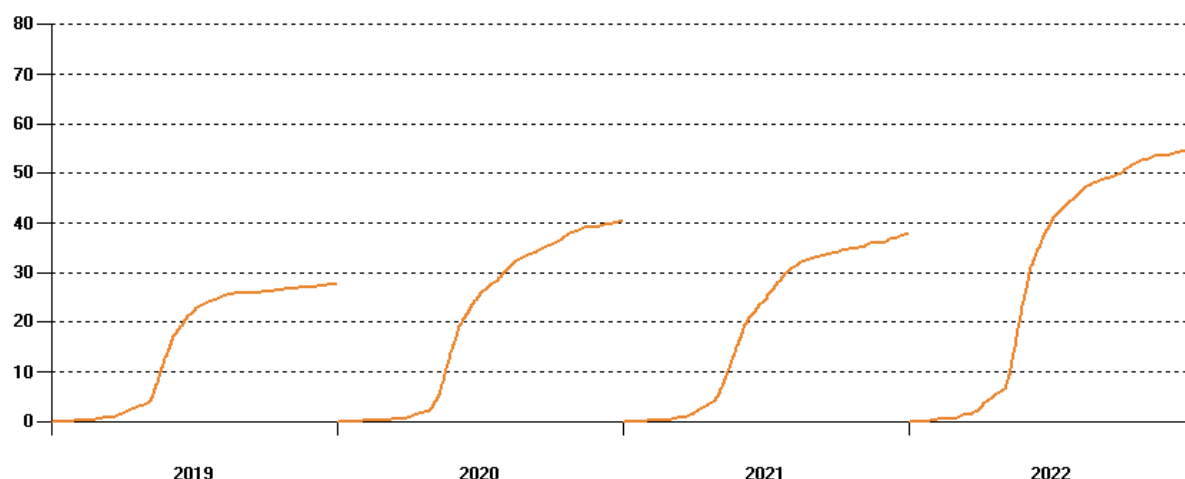
Figuur 11. De cumulatieve stikstofuitspoeling per gewas. X-as = het betreffende jaar. Y-as = Hoeveelheid stikstof in kg/ha.

Alhoewel de uitspoeling en denitrificatie niet direct vergeleken kan worden met de nitraatrichtlijn heeft deze grafiek wel waarde voor agrariërs. Het resultaat geeft weer hoeveel N gedurende de teelt verloren wordt en dus niet meer beschikbaar is voor het gewas. Elke kilo N die verloren wordt is te veel. Alleen een uitspoeling van nul is niet realistisch en zeker niet op zandbodems. Ondernemers doen het over het algemeen uitstekend met waardes onder de 50 kg/ha, onder de 75 kg is redelijk en waardes boven de 100 kg/ha zijn echter zorgelijk en vergen aandacht.

#### 4.1.4 Cumulatieve denitrificatie in de bouwvoor

In Figuur 12 wordt de denitrificatie in de bouwvoor (bovengrond) weergegeven. Deze verschilt van de denitrificatie in de voorgaande grafiek over de uitspoeling omdat hier naar de denitrificatie binnen de wortelzone wordt verwezen. De waardes worden jaarlijks cumulatief opgesteld en starten op 1 januari weer op nul.

Cumulatieve denitrificatie bouwvoor



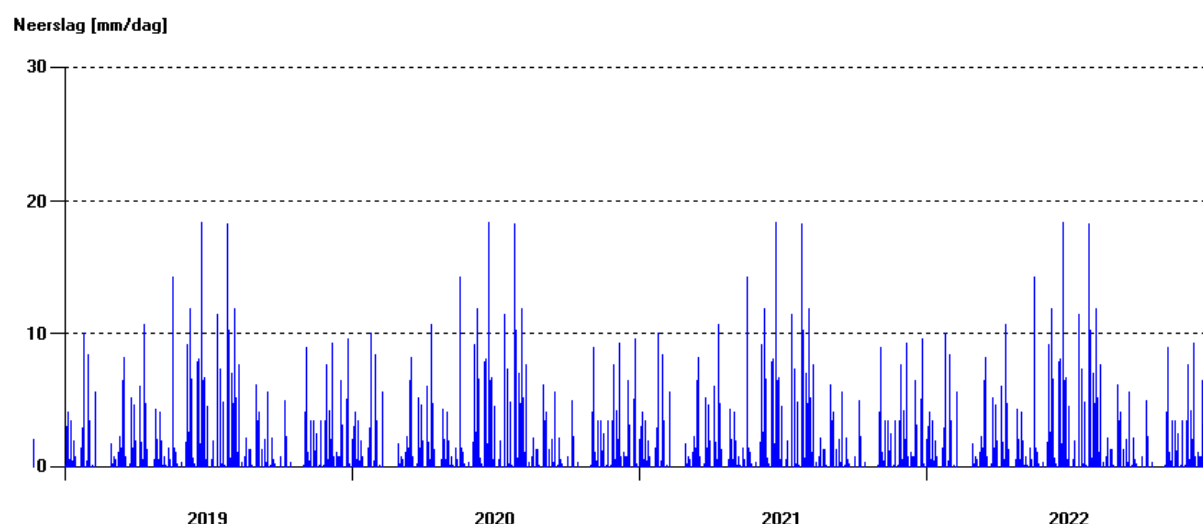
Figuur 12. De cumulatieve denitrificatie in de bovengrond per gewas. X-as = het betreffende jaar. Y-as = Hoeveelheid stikstof in kg/ha.

Een lage denitrificatie in de bouwvoor is wenselijk omdat dit betekent dat meer N overblijft voor het gewas. Dit is echter lastig te bereiken omdat de factoren die denitrificatie beïnvloeden moeilijk te sturen zijn door een ondernemer. De enige praktische factor die invloed heeft op de denitrificatie en ook aangepast kan worden in de stikstofplanner is het gehalte nitraat in de bouwvoor. Het is echter niet wenselijk om de bemesting vanwege denitrificatie te minderen wanneer dit wegens andere factoren zoals de stikstofbehoefte van het gewas niet nodig is. Wel kan de bron waarmee bemest wordt en hoeveel N per keer toegediend wordt aangepast worden. Minder

gemineraliseerde N en meer N uit organische bronnen kan leiden tot het verlagen van denitrificatie. Daarnaast kan het uitspreiden van dezelfde hoeveelheid mest over verschillende momenten invloed hebben op de hoeveelheid nitraat dat per moment aanwezig is.

#### 4.1.5 Neerslag

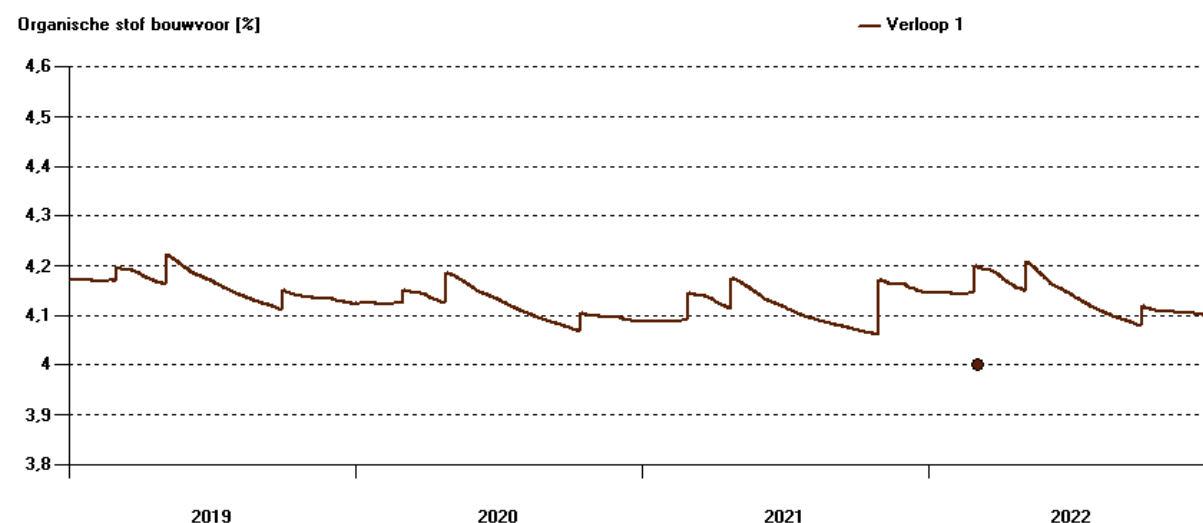
Figuur 13 is geen resultaat maar laat zien wat de neerslag is op het perceel gedurende de teelt van de gewassen. Neerslag heeft een sterke invloed op de aanwezige N in de bouwvoor en kan daarmee toegepast worden om schommelingen in voorgaande resultaten te verklaren zoals een hoge of lage uitspoeling van N. Eventueel kan aan de hand van weersvoorspellingen worden ingeschat wat de optimale momenten van bemesten zijn.



Figuur 13. De neerslag per dag. X-as = het betreffende jaar. Y-as = Hoeveelheid neerslag in mm/dag.

#### 4.1.6 Percentage organische stof in de bouwvoor

In Figuur 14 is het verloop van organisch stof (o.s.) zichtbaar. Per dag wordt berekend hoeveel o.s. wordt afgebroken en wordt toegevoegd aan de bodem. Hiermee kan een meerjarig verloop worden opgesteld. Sterke stijgingen kunnen overeenkomen met bemestingen rijk aan o.s., gewasresten en wortelresten. De stip op de grafiek laat zien wat de daadwerkelijke waarde o.s. is na een meting op het perceel. Ook hier mag de meetwaarde enigszins verschillen van het gemodelleerde resultaat. Het LBI geeft aan dat individuele meetwaarden af mogen wijken van het model alleen dat het verloop in afname of toename redelijk gelijk dient te zijn.



Figuur 14. Het verloop van de aanwezige hoeveelheid organisch stof in de bovengrond. Iconen geven uitgevoerde metingen weer. X-as = het betreffende jaar. Y-as = het percentage organische stof.

Over een periode van meerdere jaren mag het o.s. gehalte niet systematisch blijven dalen. Dit betekent dat de bodem langzaam wordt uitgeput wat nadelige gevolgen heeft voor de kwaliteit van de teelt. Het verloop van o.s. moet minstens gelijk blijven of stijgen.

#### 4.1.7 Aanpassingen van geavanceerde parameters

De stikstof planner ontworpen door het Louisbolk instituut is voor het laatst geüpdate in 2014. Hierdoor zijn bepaalde waardes verouderd. Tijdens een interview met het Louis Bolk instituut zijn twee geavanceerde parameters aangepast. Deze zijn de droge stof verdeling van grasland en de afbraak factor van organisch materiaal.

De droge stof verdeling van grasland wordt opgedeeld in drie punten: het product, gewasresiduen en wortels. De originele verdeling bedroeg 51% product, 39% residu en 10% wortels. Uit recent onderzoek is gebleken dat deze verdeling niet meer kloppend is en dat de nieuwe verdeling 54% product, 16% residu en 30% wortels moet zijn. Dit mag toegepast worden bij het invoeren van een standaard grasland in de NDICEA-stikstofplanner.

De afbraakfactor van organisch materiaal wordt beïnvloed door de bodembewerking. Wanneer de bodem op conventionele wijze wordt bewerkt ligt de factor hoger omdat door grondbewerking de microben geactiveerd worden. Met conventionele grondbewerking mag daarom de factor op de standaardwaarde van 1 staan tenzij gedurende het gemoduleerde perceel grasland toegepast is. Tijdens grasland wordt namelijk geen grondbewerking uitgevoerd waardoor de afbraakfactor verlaagd moet worden. In dit geval mag de grondbewerking op conventioneel blijven staan maar wordt de afbraakfactor verlaagd. Deze kan als volgt berekend worden: jaren van conventionele bewerking  $\times$  1 + aantal jaren met grasland zonder grondbewerking  $\times$  0,71. De uitkomst moet gedeeld worden door het totaal aantal gemoduleerde jaren. Dit geeft volgens het LBI een betrouwbaardere afbraakfactor weer (B. Timmermans. Pers. Comm).

## 4.2 Oplossingen voor nitraatreductie

Ondernemers hebben toegang tot verschillende management factoren zoals de hoeveelheid N (stikstof), de bron van N, methode van N toebrenging, moment van toediening, irrigatie, beheer van gewasresiduen, gewasstype, ect. Kunnen allemaal effect hebben op hoe efficiënt N wordt gebruikt door de gewassen en hoeveel N verloren gaat. Wanneer bepaald wordt hoe, wanneer en hoeveel N toegebracht wordt op de bodem moet rekening gehouden worden met bodem testen welke overgebleven N aangeven, mineralisatie van organisch materiaal, aanwezigheid van peulvruchten, N aanwezig in het irrigatiewater, afbreking van gewasresiduen en overige natuurlijke bronnen van N (USDA z.d.)

In dit onderdeel worden potentiële oplossingen weergegeven welke de uitspoeling van nitraat minderen. Hierbij worden de mogelijke oplossingen gelimiteerd tot de mogelijkheden van de NDICEA-stikstofplanner waardoor oplossingen die niet in het model toegepast kunnen worden niet opgenomen. Oplossingen die niet opgenomen kunnen worden maar mogelijk wel significante impact hebben zijn opgenomen in Bijlage 3.

#### Timing en hoeveelheid bemesting

Het overmatig gebruik van bemesting is een van de primaire redenen voor het uitspoelen van nitraat. Vooral op zandgronden is een doordacht management voor het toedienen van bemesting van belang voor het reduceren van de uitspoeling. De volgende factoren spelen een rol bij het maken van een bemestingsschema: het bodemtype, gewaskeuze, het voorgaande gewas op het perceel, verwachte tijd tot de oogst, verwachte hoeveelheid oogst, aanwezige gewasresten, het gebruik van bodemverbeteraars, irrigatie en neerslaggeschiedenis. Verschillende van bemesting toepasbaar met verschillende afbraakfactoren en tijden van stikstofafgifte. De keuze voor een bepaald soort bemesting hangt af van de hiervoor genoemde factoren en dient in overleg met de ondernemers en adviseurs te worden besproken. Op zandgronden kan het toedienen van bemesting vroeg voor het inzaaien van gewassen leiden tot hoge nitraatuitspoeling in combinatie met irrigeren of neerslag omdat het perceel dan braak ligt. Het

toedienden van bemesting kort voor de maximale opname van het gewas is ideaal en kan nitraatuitspoeling reduceren. Ook het verspreiden van de bemesting over een langere periode, rekening houdend met neerslag, kan zorgen voor een significant lagere nitraatuitspoeling in combinatie met een stabiele gewasopbrengst. Het plaatsen van de bemesting binnen de zone van wateropname van de wortels van de gewassen leidt tot verdere daling in de mate van nitraatuitspoeling (Shrestha *et al.* 2010).

### **Vanggewassen en groenbemesters**

In de afgelopen jaren is het gebruik van verschillende vanggewassen en groenbemester toegenomen. Groenbemesters worden na de oogst ingezaaid om te voorkomen dat het perceel braak ligt. Het voorkomen van braakliggende percelen is met name belangrijk in de winter wanneer meer neerslag voorkomt. Vanggewassen die in de herfst na de oogst van het hoofdgewas ingezaaid worden kunnen grote hoeveelheden N opnemen. Hierbij zijn in sommige gevallen reducties van soms meer dan 80% aangetoond in vergelijking met graan teelten zonder groenbemester/vanggewas. Zo kan het toevoegen van groenbemester op leemige zandbodems leiden tot een reductie in uitspoeling van 80-84% (Taghizadeh-Toosi 2022). Echter bestaan er nog wel onzekerheden over wat de effecten van vanggewassen zijn op de dynamiek van stikstof over langere periodes en hoe deze uitspoeling van nitraat beïnvloedt. Dit komt door de mineralisatie en ontbinding van het organisch materiaal uit gewasresten van het vanggewas welke op het perceel blijven liggen nadat deze is verwerkt. Deze onzekerheden zijn terecht omdat het onduidelijk is hoeveel plantenresten blijven liggen, hoeveel stikstof daaruit vrijkomt en wanneer deze stikstof vrijkomt. Dit maakt het lastig om bemestingsplannen bij te stellen wat het risico op overbemesting vergroot. Dit is echter onvoldoende om het positief effect van de maatregel ongedaan te maken en met nauwkeurig modelleren en het behulp van praktische ervaring kan dit probleem omzeild worden (Kirchmann *et al.* 2002).

### **Minimale grondbewerking**

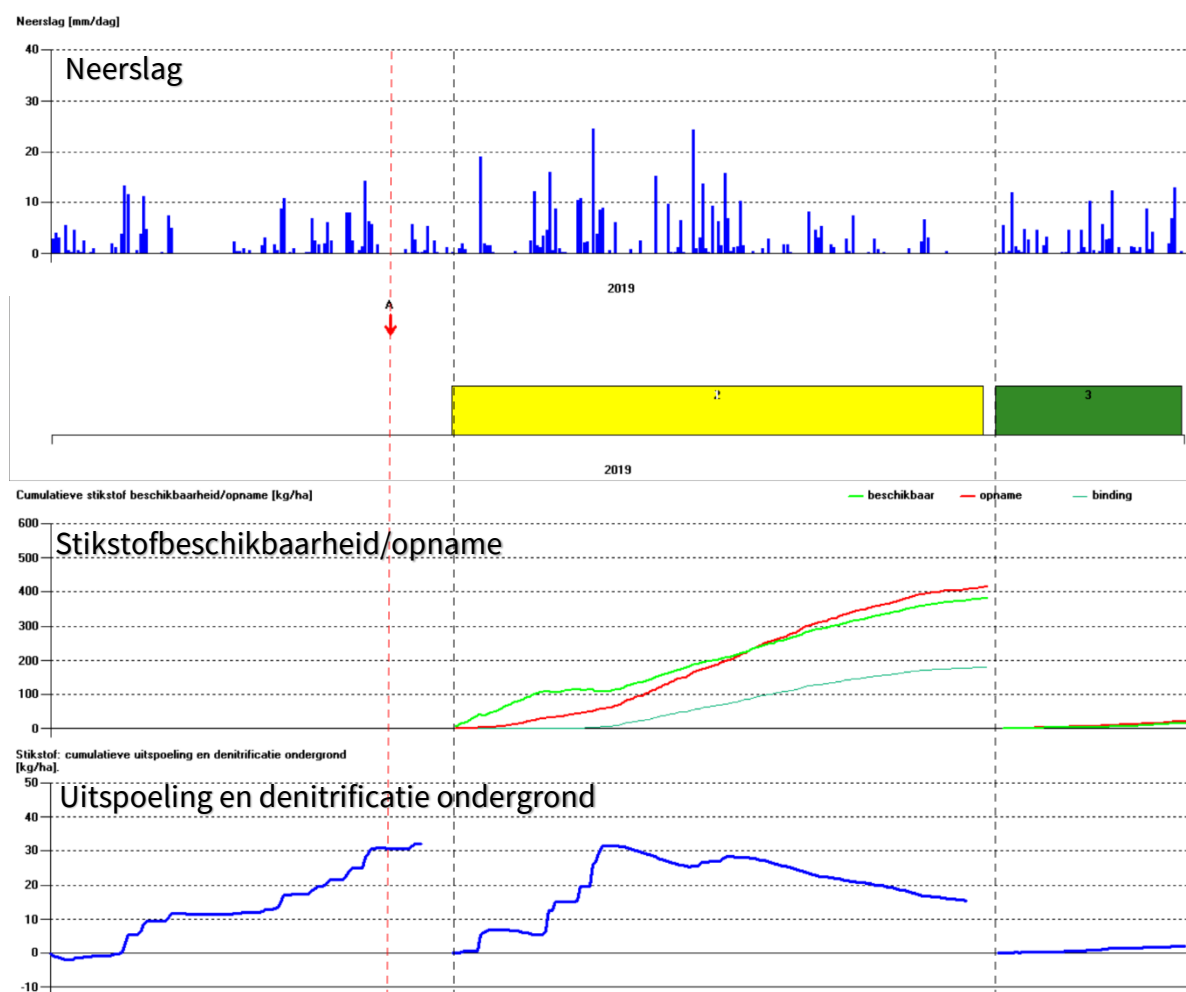
Het bewerken van de grond heeft invloed op verschillende factoren in de bodem zoals erosie en schade aan bodemleven. Het minimaal bewerken van de bodem kan deze risico's verminderen. Daarnaast wordt met het niet bewerken van de bodem tijd en geld bespaard. Een studie toont aan dat met geen grondbewerking de opbrengst van het gewas net lager was dan de opbrengst met grondbewerking (E. Spies, 2020). De verschillen kunnen echter niet statistisch onderbouwd worden. Dit is in lijn met andere gepubliceerde studies over hetzelfde onderwerp (E. Spies, 2020). De studie toont ook aan dat met geen grondbewerking gemiddeld lagere gehalten nitraatuitspoeling gemeten zijn maar dat de grootste impact factor voor uitspoeling de hoeveelheid nitraat in de bodem was. De opbrengst van gewassen blijft waarschijnlijk nagenoeg gelijk met en zonder grondbewerking omdat het bodemleven in percelen zonder grondbewerking gezonder is. Een gezonder bodemleven kan belangrijke functies volbrengen zoals: afbraak van plantenresten, opbouw van organisch stof, beperken van ziekteverwekkende organismen en een bodemstructuur met voldoende poriën creëren. Bodemorganismen zorgen voor het losmaken van een verdichtte grond, stimuleren aggregaat vorming en mengen organisch en anorganische stoffen (De Deyn 2017). De uitspoeling van nitraat kan bij het bewerken van de grond stijgen omdat microben worden geactiveerd die de mineralisatie van organisch materiaal bevorderen. Dit verhoogt het nitraat gehalte in de bodem wat kan leiden tot een hogere uitspoeling wanneer dit niet wordt opgenomen. Daarom wordt met name grondbewerking in het najaar afgeraden. Dit kan de uitspoeling van nitraat significant verminderen. Zo werd aangetoond dat N uitspoeling werd verminderd met maar liefst 8 kg/ha als gevolg van minimale grondbewerking.

## 4.3 Gemodelleerde resultaten

De ondernemers hebben invloed gehad op de gemaakte aanpassingen door te valideren of de gebruikte oplossingen praktisch toepasbaar zijn. De gebruikte bodemdata is afkomstig van uitgevoerde Verisscans en de gewas- en bemestingsdata is verkregen vanuit AgroProeftuin de Peel.

### 4.3.1 Perceel 9 mais & veldbonen

Het stikstofverloop en de stikstofuitspoeling zijn gemodelleerd op basis van de beschikbare gegevens uit 2019 op perceel 9 op AgroProeftuin de Peel (Figuur 15). De neerslag in 2019 is door de NDICEA-stikstofplanner niet gevonden en is bepaald op basis van gemiddelde waarden. Op 20 april 2019 is er 25 ton/ha (4,6 kg N/ton) rundveedrijfmest toegediend (A). Op 10 mei 2019 zijn er mais en veldbonen gezaaid en deze zijn geoogst op 25 september met een respectievelijke waarde van 21,34 en 4,91 ton/ha. Na deze teelt is een grasland ingezaaid dat dient als vanggewas. De opname van stikstof door mais en veldbonen is hoger dan de hoeveelheid beschikbare stikstof. De totale stikstofopname van deze gewassen is 414 kg N/ha en de beschikbare hoeveelheid stikstof is 383 kg N/ha. De nitraatuitspoeling in het voorjaar tot aan het inzaaien van mais en veldbonen is 34 kg N/ha. Tijdens de groei van mais en veldbonen is de nitraatuitspoeling 32 kg N/ha. En tijdens de groei van het vanggewas is de nitraatuitspoeling tot 2 kg N/ha gestegen.

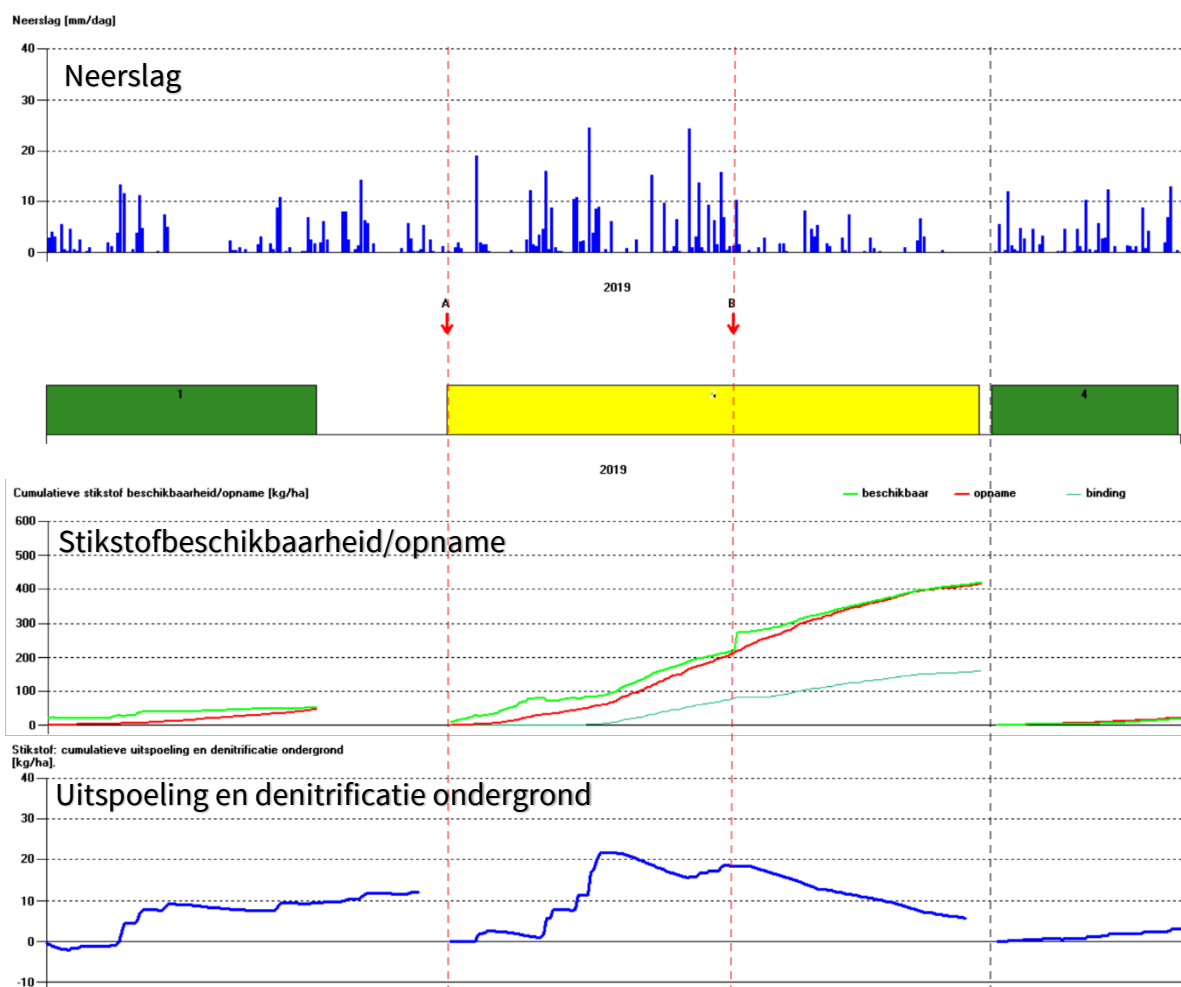


Figuur 15. De gemodelleerde oorspronkelijke situatie voor perceel 9 met bijbehorende bemestings- en gewasschema in 2019. De neerslag in mm/dag, stikstofopname/beschikbaarheid en stikstofuitspoeling in kg/ha.

### 4.3.2 Perceel 9 alternatief scenario

Het stikstofverloop en de stikstofuitspoeling zijn gemodelleerd en aangepast voor het opstellen van een alternatief scenario van perceel 9 op AgroProeftuin de Peel (Figuur 16). Een fictief vanggewas is toegevoegd aan het begin van 2019 zodat het perceel niet braak ligt. De volledige opbrengst van dit fictieve vanggewas is op 29 maart 2019 ingewerkt. Wegens een tekort aan beschikbaar stikstof voor mais en veldbonen op basis van de oorspronkelijke opbrengst is de totale hoeveelheid bemesting verhoogd naar 45 ton/ha en verspreidt over twee momenten van toedienen. De bemesting is in dit fictieve scenario tegelijk met het inzaaien van het gewas toegediend zodat het perceel na het bemesten niet braak ligt. Het eerste moment van bemesten is gemodelleerd op 10 mei 2019 en bestaat uit 25 ton/ha (4,6 kg N/ton) rundveedrijfmest. (A). Het tweede moment van bemesten heeft plaatsgevonden op 10 augustus 2019 en bestaat uit 20 ton/ha (4,6 kg N/ton) rundveedrijfmest en is toegediend na afloop van een periode met hogere neerslag (B).

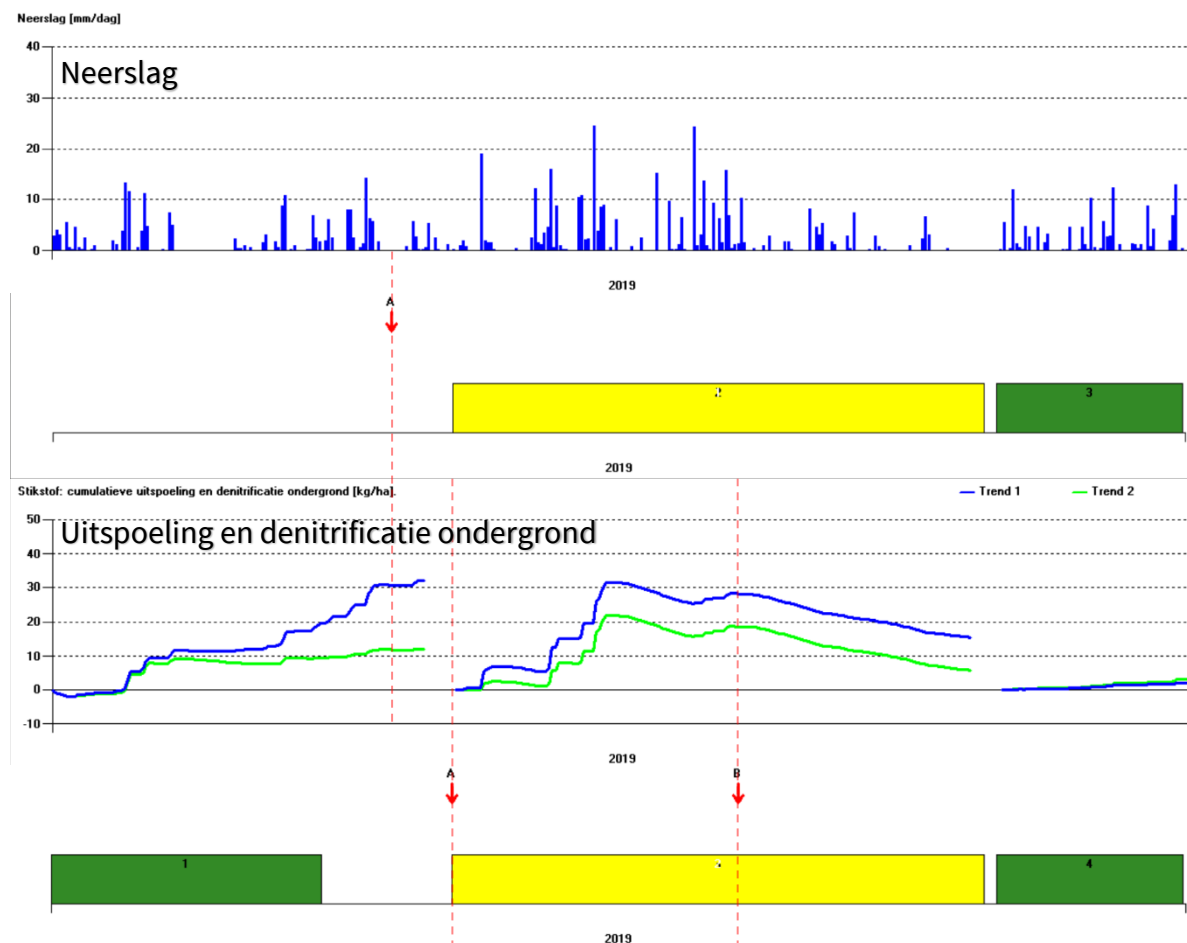
De opname van stikstof door mais en veldbonen is in dit alternatieve scenario lager dan de stikstofbeschikbaarheid. De totale stikstofopname van deze gewassen is 414 kg N/ha en de beschikbare hoeveelheid stikstof is 420 kg N/ha. De nitraatuitspoeling is in het voorjaar tot aan het inzaaien van mais en veldbonen 13 kg N/ha. Tijdens de groei van mais en veldbonen is de nitraatuitspoeling 22 kg N/ha. En tijdens de groei van het vanggewas is de nitraatuitspoeling tot 3 kg N/ha gestegen.



Figuur 16. Het gemoduleerde alternatieve scenario voor perceel 9 met bijbehorende aangepaste bemestings- en gewasschema in 2019. De neerslag in mm/dag, stikstofopname/beschikbaarheid en stikstofuitspoeling in kg/ha.

### 4.3.3 Perceel 9 vergelijking in nitraatuitspoeling

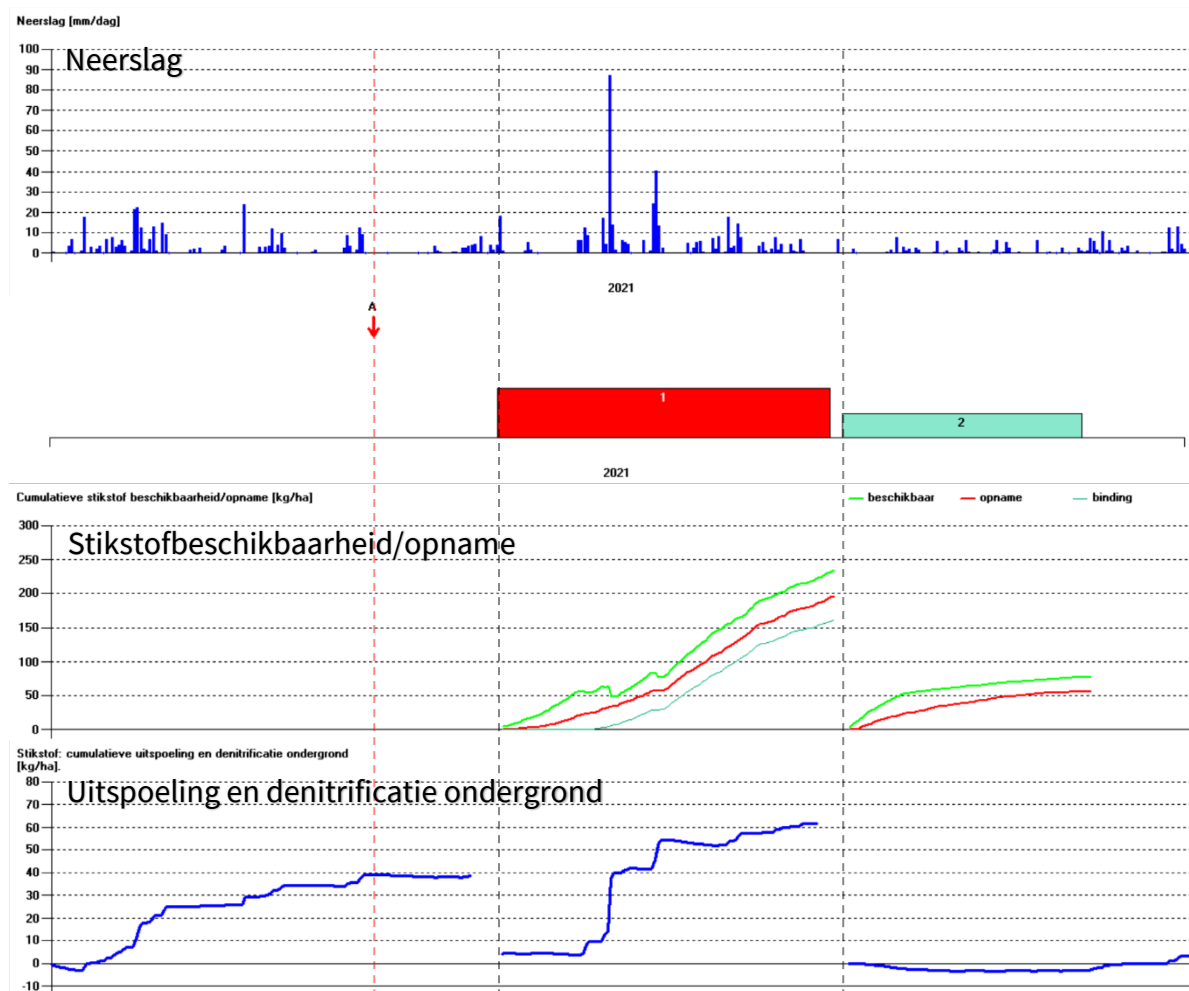
De uitspoeling in de oorspronkelijke situatie (Trend 1) en het alternatieve scenario (Trend 2) op perceel 9 zijn vergeleken in Figuur 17. Het toepassen van een vanggewas in het voorjaar zorgt voor een reductie in nitraatuitspoeling van 22 kg N/ha. Tijdens de groei van de mais en veldbonen zorgt een verhoogde hoeveelheid bemesting en het verspreiden van de bemesting over twee momenten voor een reductie van 10 kg N/ha. De nitraatuitspoeling in het najaar tijdens de groei van het vanggewas is gestegen met 1 kg N/ha.



Figuur 17. De gemoduleerde vergelijking tussen de oorspronkelijke situatie (Trend 1) en het alternatieve scenario (Trend 2) op perceel 9 met bijbehorende bemestings- en gewasschema in 2019. De neerslag in mm/dag, stikstofopname/beschikbaarheid en stikstofuitspoeling in kg/ha.

#### 4.3.4 Perceel 11C veldbonen

Het stikstofverloop en de stikstofuitspoeling zijn gemodelleerd op basis van de beschikbare gegevens uit 2019 op perceel 11C op AgroProeftuin de Peel (Figuur 18). Op 14 april 2021 is er 10 ton/ha (4,0 kg N/ton) rundveedrijfmest toegediend (A). Op 25 mei 2021 zijn er veldbonen gezaaid en deze zijn geoogst op 9 september met een waarde van 2,95 ton/ha. Na deze teelt is er bladrammenas ingezaaid dat dient als vanggewas. De opname van stikstof door de veldbonen is lager dan de hoeveelheid beschikbare stikstof. De totale stikstofopname van dit gewas is 198 kg N/ha en de beschikbare hoeveelheid stikstof is 238 kg N/ha. De nitraatuitspoeling is in het voorjaar tot aan het inzaaien van de veldbonen 43 kg N/ha. Tijdens de groei van de veldbonen is de nitraatuitspoeling tot 62 kg N/ha. En na de groei van het vanggewas is de nitraatuitspoeling tot 3 kg N/ha gestegen.

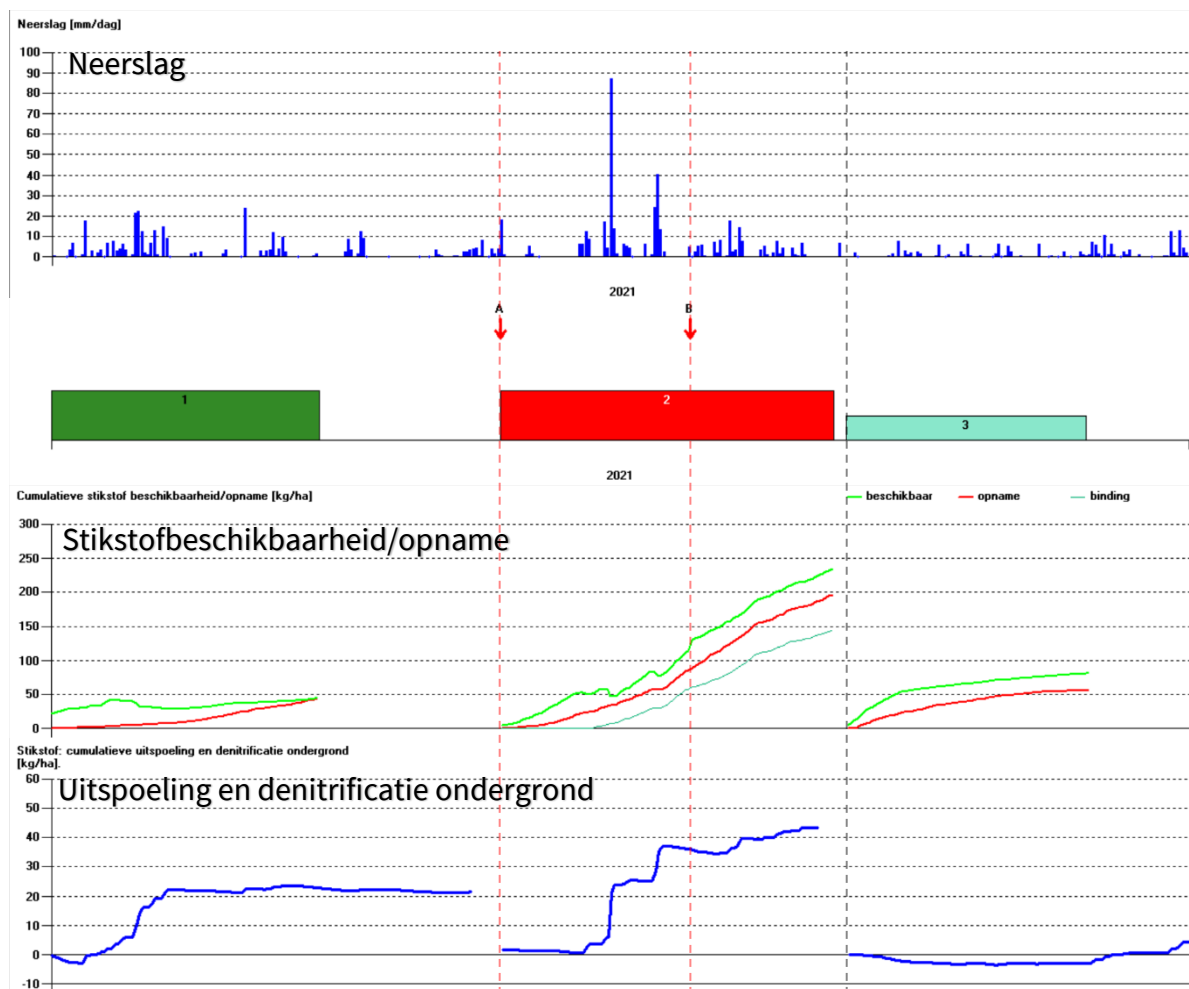


Figuur 18. De gemoduleerde oorspronkelijke situatie voor perceel 11C met bijbehorende bemestings- en gewasschema in 2021. De neerslag in mm/dag, stikstofopname/beschikbaarheid en stikstofuitspoeling in kg/ha.

#### 4.3.5 Perceel 11C alternatief scenario

Het stikstofverloop en de stikstofuitspoeling zijn gemodelleerd en aangepast voor het opstellen van een alternatief scenario van perceel 11C op AgroProeftuin de Peel (Figuur 19). Een fictief vanggewas is toegevoegd aan het begin van 2021 zodat het perceel niet braak ligt. De volledige opbrengst van dit fictieve vanggewas is op 28 maart 2021 ingewerkt. Wegens een overschot aan beschikbaar stikstof voor de veldbonen op basis van de oorspronkelijke opbrengst is de totale hoeveelheid bemesting verspreid over twee momenten van toedienen. De bemesting is in dit fictieve scenario tegelijk met het inzaaien van het gewas toegediend zodat het perceel na het bemesten niet braak ligt. Het eerste moment van bemesten is gemodelleerd op 25 mei 2021 en bestaat uit 5 ton/ha (4,0 kg N/ton) rundveedrijfmest (A). Het tweede moment van bemesten heeft plaatsgevonden op 25 juli 2021 en bestaat uit 5 ton/ha (4,0 kg N/ton) rundveedrijfmest en is toegediend na een periode met hogere neerlag (B).

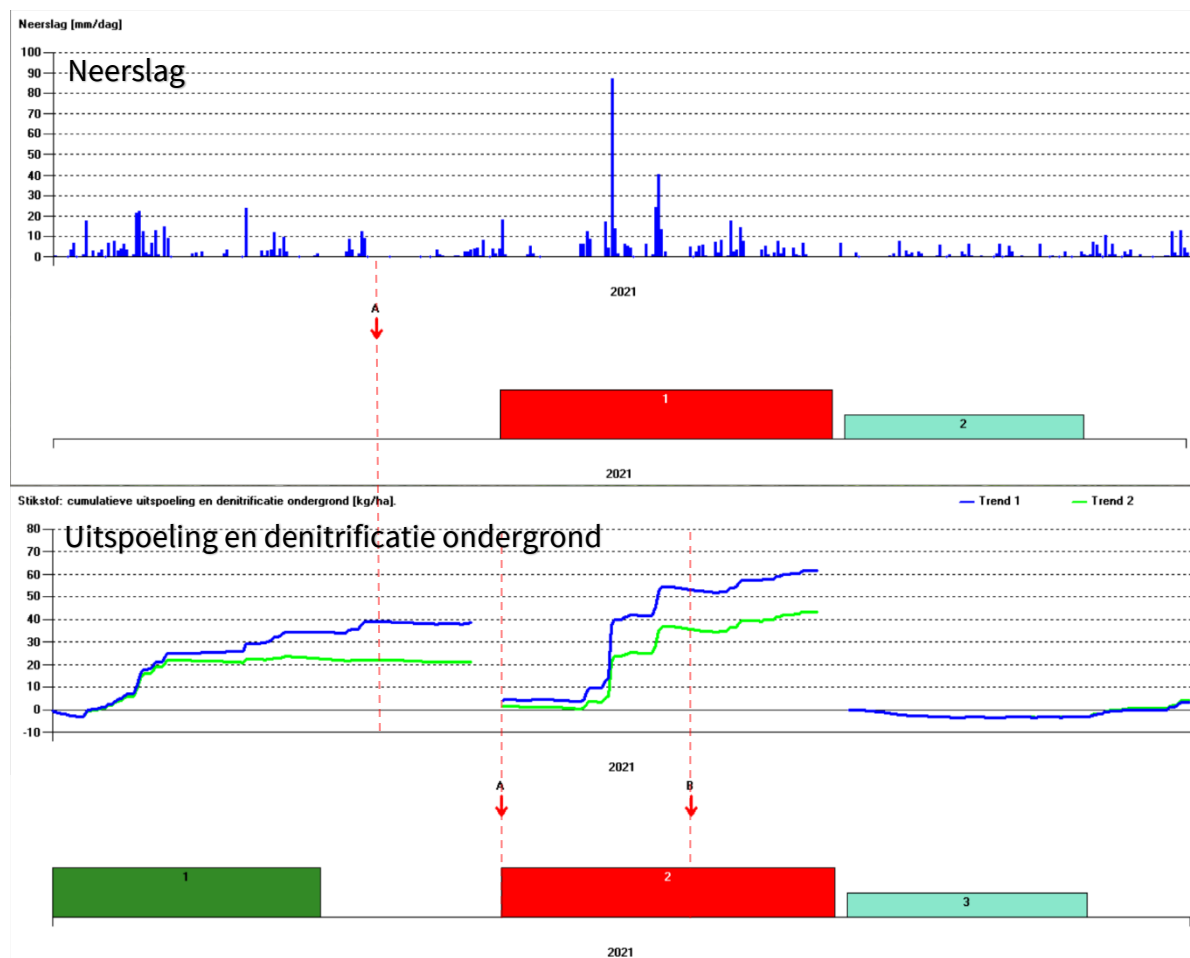
De opname van stikstof door de veldbonen is in dit alternatieve scenario lager dan de stikstofbeschikbaarheid. De totale stikstofopname van dit gewas is 198 kg N/ha en de beschikbare hoeveelheid stikstof steeg tot 238 kg N/ha. De nitraatuitspoeling is in het voorjaar tot aan het inzaaien van de veldbonen gestegen tot 24 kg N/ha. Tijdens de groei van de veldbonen is de nitraatuitspoeling 44 kg N/ha. Na de groei van het vanggewas is de nitraatuitspoeling tot 4 kg N/ha gestegen.



Figuur 19. Het gemoduleerde alternatieve scenario voor perceel 11C met bijbehorende aangepaste bemestings- en gewasschema in 2021. De neerslag in mm/dag, stikstofopname/beschikbaarheid en stikstofuitspoeling in kg/ha.

#### 4.3.6 Perceel 11C vergelijking in nitraatuitspoeling

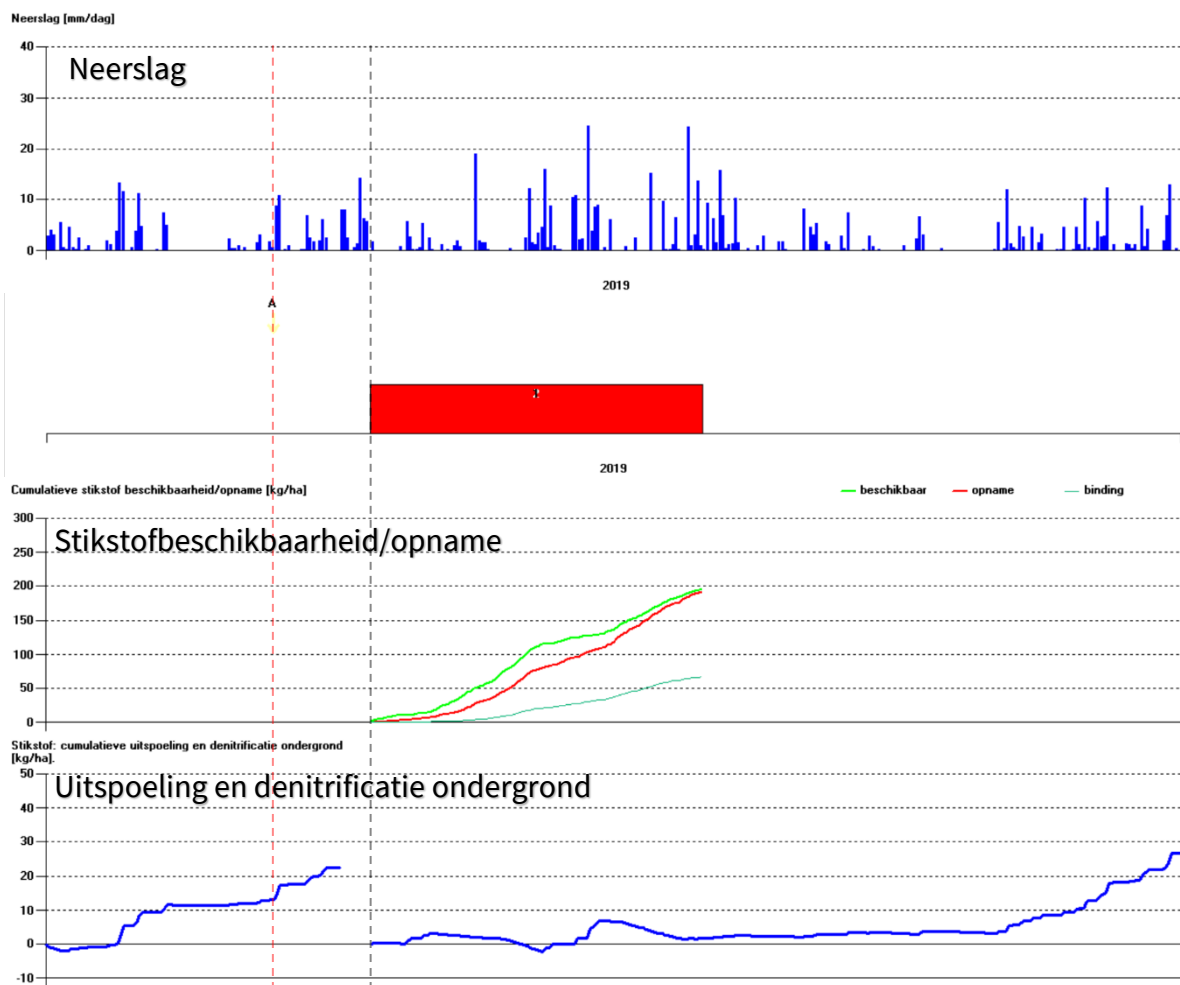
De uitspoeling in de oorspronkelijke situatie (Trend 1) en het alternatieve scenario (Trend 2) op perceel 11C zijn vergeleken in Figuur 20. Het toepassen van een vanggewas in het voorjaar zorgt voor een reductie in nitraatuitspoeling van 19 kg N/ha. Tijdens de groei van de veldbonen zorgt het verspreiden van de bemesting over twee momenten voor een reductie van 18 kg N/ha. De nitraatuitspoeling tijdens de groei van het vanggewas in het najaar is met 1 kg N/ha gestegen.



Figuur 20. De gemoduleerde vergelijking tussen de oorspronkelijke situatie (Trend 1) en het alternatieve scenario (Trend 2) op perceel 11C met bijbehorende bemestings- en gewasschema in 2021. De neerslag in mm/dag, stikstofopname/beschikbaarheid en stikstofuitspoeling in kg/ha.

#### 4.3.7 Perceel 12 erwten & gerst

Het stikstofverloop en de stikstofuitspoeling zijn gemodelleerd op basis van de beschikbare gegevens uit 2019 op perceel 12 op AgroProeftuin de Peel (Figuur 21). Op 15 maart 2019 is er 16 ton/ha (8,4 kg N/ton) varkensmest toegediend (A). Op 15 mei 2019 zijn er erwten en gerst gezaaid en deze zijn geoogst op 31 juli 2019 met een respectievelijke waarde van 1,52 en 7,43 ton/ha. Na deze teelt is er geen vanggewas ingezaaid. De opname van stikstof door erwten en gerst is lager dan de hoeveelheid beschikbare stikstof. De totale stikstofopname van deze gewassen is 193 kg N/ha en de beschikbare hoeveelheid stikstof is 197 kg N/ha. De nitraatuitspoeling is in het voorjaar tot aan het inzaaien van erwten en gerst 35 kg N/ha. Tijdens de groei van erwten en gerst is de nitraatuitspoeling 7 kg N/ha. En in het najaar is de nitraatuitspoeling tot 27 kg N/ha gestegen.

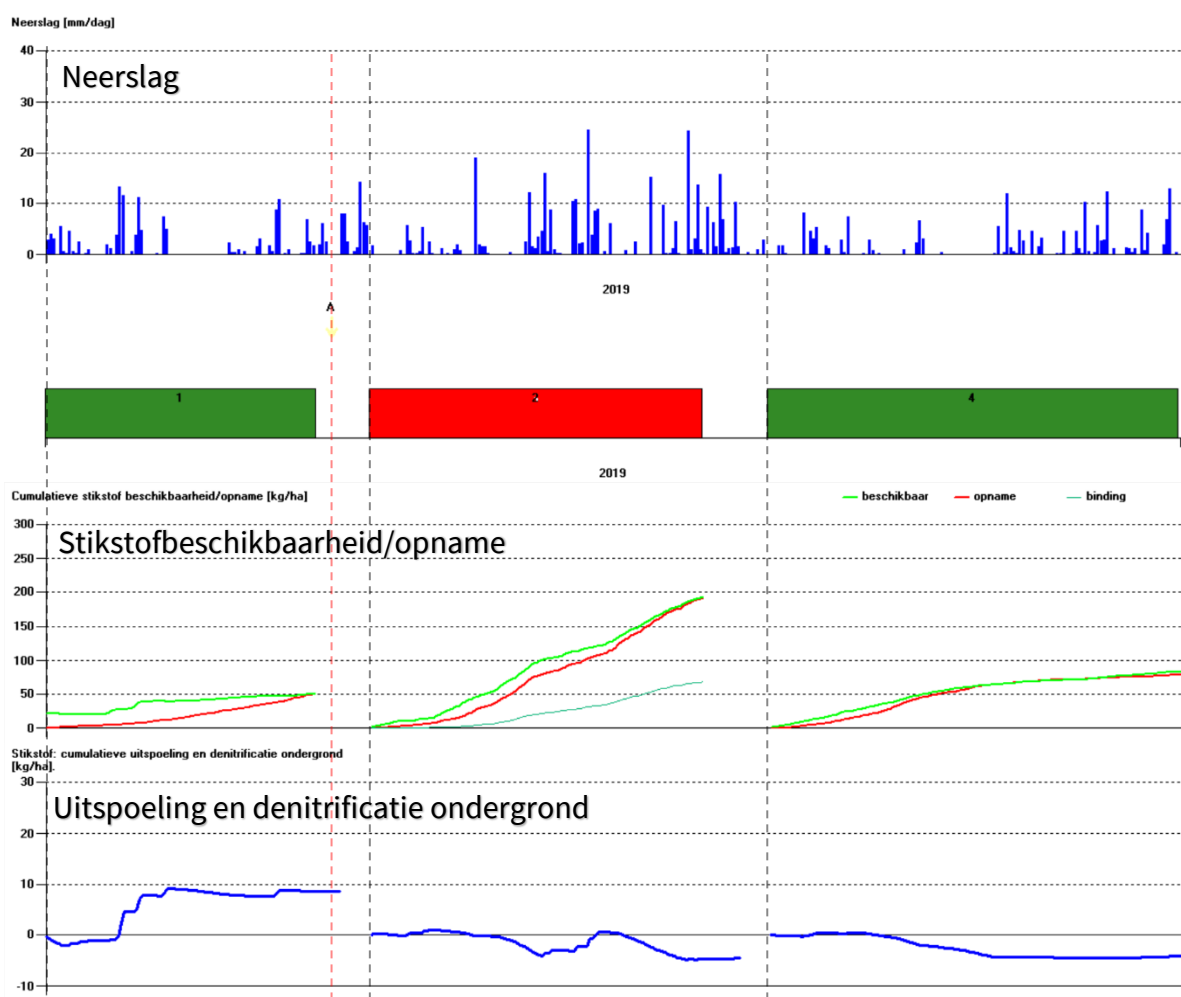


Figuur 21. De gemoduleerde oorspronkelijke situatie voor perceel 12 met bijbehorende bemestings- en gewasschema in 2019. De neerslag in mm/dag, stikstofopname/beschikbaarheid en stikstofuitspoeling in kg/ha.

#### 4.3.8 Perceel 12 alternatief scenario

Het stikstofverloop en de stikstofuitspoeling zijn gemodelleerd en aangepast voor het opstellen van een alternatief scenario van perceel 12 op AgroProeftuin de Peel (Figuur 22). Een fictief vanggewas is toegevoegd aan het begin van 2019 zodat het perceel niet braak ligt. De volledige opbrengst van dit fictieve vanggewas is op 29 maart 2019 ingewerkt. De bemesting is in dit fictieve scenario tegelijk met het inzaaien van het gewas toegediend zodat het perceel na het bemesten niet braak ligt. Het moment van bemesten heeft plaatsgevonden op 15 april 2019 en bestond uit 16 ton/ha (8,4 kg N/ton) varkensmest (A).

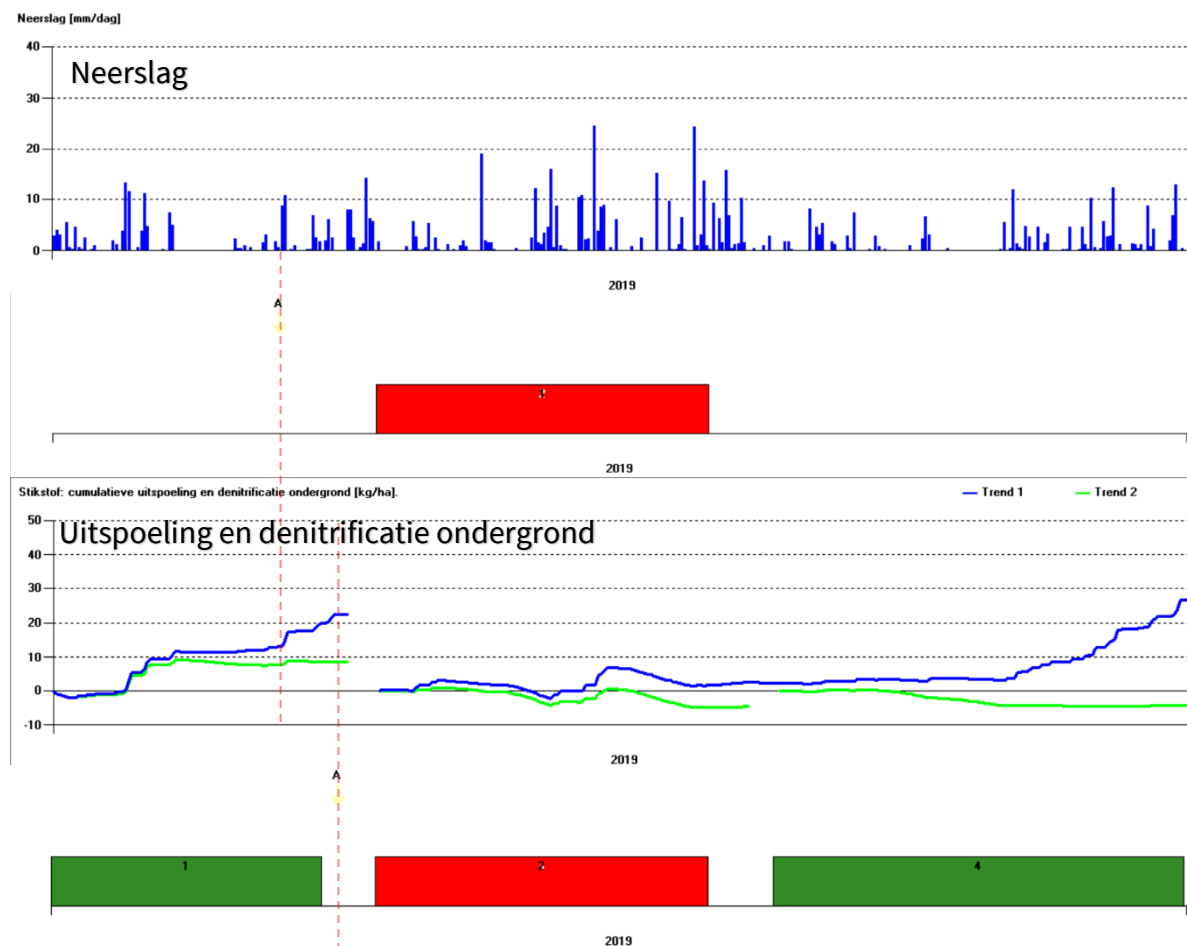
De opname van stikstof door erwten en gerst is in dit alternatieve scenario lager dan de stikstofbeschikbaarheid. De totale stikstofopname van deze gewassen is 193 kg N/ha en de beschikbare hoeveelheid stikstof is 195 kg N/ha. De nitraatuitspoeling is in het voorjaar tot aan het inzaaien van erwten en gerst 11 kg N/ha. Tijdens de groei van erwten en gerst is de nitraatuitspoeling tot 1 kg N/ha. En tijdens de groei van het vanggewas is de nitraatuitspoeling tot 0,4 kg N/ha gestegen.



Figuur 22. Het gemoduleerde alternatieve scenario voor perceel 12 met bijbehorende aangepaste bemestings- en gewasschema in 2021. De neerslag in mm/dag, stikstofopname/beschikbaarheid en stikstofuitspoeling in kg/ha.

#### 4.3.9 Perceel 12 vergelijking in nitraatuitspoeling

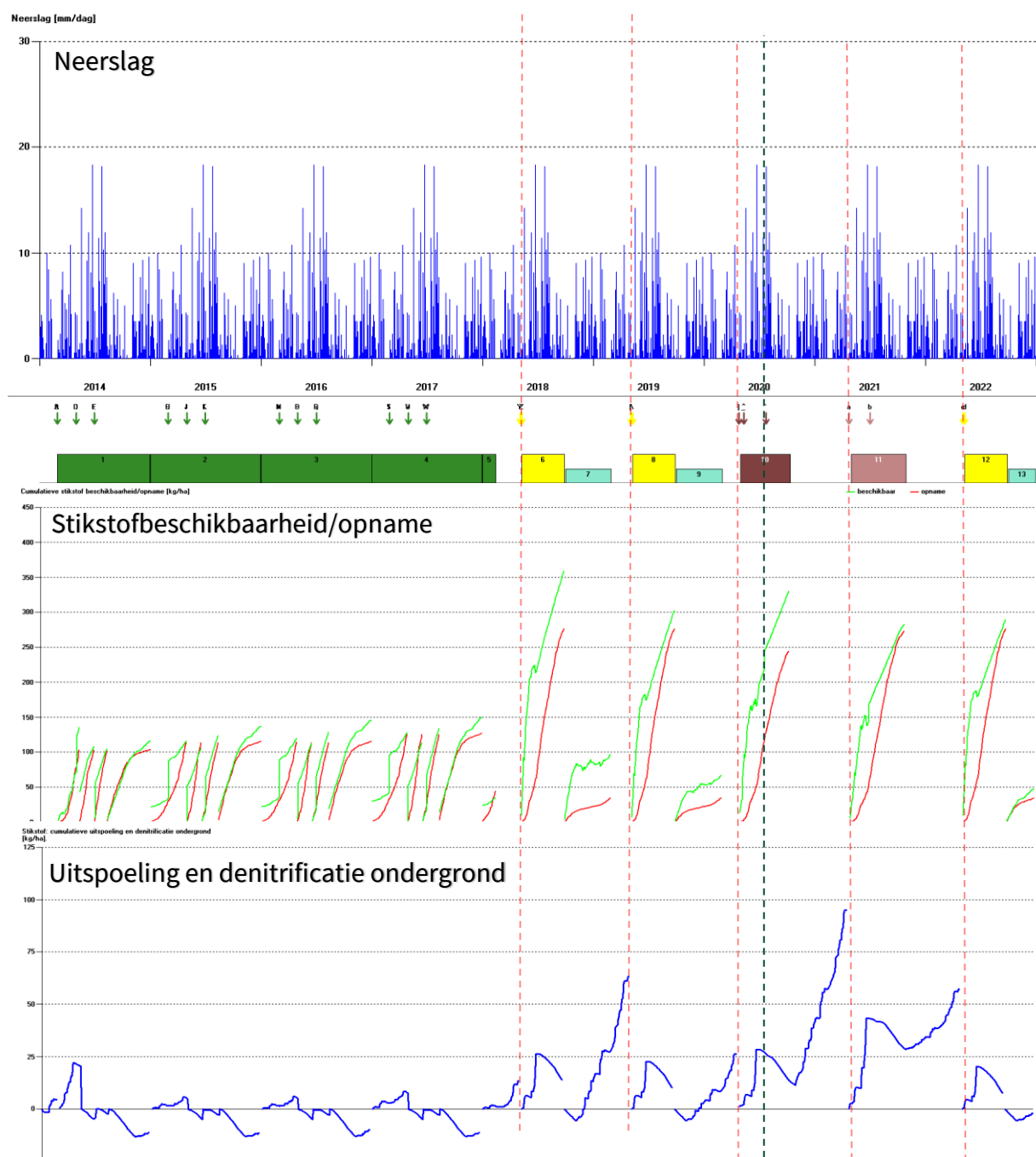
De uitspoeling in de oorspronkelijke situatie (Trend 1) en het alternatieve scenario (Trend 2) op perceel 12 zijn vergeleken in Figuur 23. Het toepassen van een vanggewas in het voorjaar zorgt voor een reductie in nitraatuitspoeling van 24 kg N/ha. Tijdens de groei van het erwten en gerst zorgt een later moment van bemesten voor een reductie van 6 kg N/ha. Het toepassen van een vanggewas in het najaar zorgt voor een reductie in nitraatuitspoeling van 26,6 kg N/ha.



Figuur 23. De gemoduleerde vergelijking tussen de oorspronkelijke situatie (Trend 1) en het alternatieve scenario (Trend 2) op perceel 12 met bijbehorende bemestings- en gewasschema in 2021. De neerslag in mm/dag, stikstofopname/beschikbaarheid en stikstofuitspoeling in kg/ha.

#### 4.3.10 Perceel 5a rotatie met grasland, mais, aardappelen en bieten

Op perceel 5a zijn meerdere verschillende parameters gemodelleerd over een periode van 2014 tot en met 2022 op basis van ontvangen gegevens. De precieze data welke is ingevoerd is opgenomen in Bijlage 7. Hierin is zichtbaar wat de datums van zaaien, oogsten en mesten zijn, wat precies gezaaid is en hoeveel met welke mest bemest is. Voor de neerslag is voor elk jaar gekozen voor waardes van een gemiddeld droog jaar. Hiervoor is gekozen omdat de beschikbare data van verschillende vergelijkbare percelen afkomstig is. Elk perceel was op een wisselend punt in de rotatie en kon gegevens van een ander gewas bieden. De percelen zelf waren vergelijkbaar in bodemwaardes. Het jaar waarvan de data afkomstig is was een droog jaar, de neerslag in de tool moet dit droge jaar symboliseren waardoor gekozen is voor de neerslag van een gemiddeld droog jaar. Met deze data zijn resultaten gegenereerd zichtbaar in Figuur 24.



Figuur 24. De gemoduleerde oorspronkelijke situatie voor perceel 5a met bijbehorende bemestings- en gewasschema van 2014 t/m 2022. De neerslag in mm/dag, stikstofopname/beschikbaarheid en stikstofuitspoeling in kg/ha

#### 4.3.11 Perceel 5a alternatief scenario

Voor perceel 5a is een alternatief scenario opgesteld wat de uitspoeling van nitraat verlaagd. Hiervoor zijn verschillende parameters gemodelleerd en aangepast. Met het analyseren van de originele situatie zijn drie kritieke punten geïdentificeerd, deze zijn de overmaat aan beschikbare stikstof na het scheuren van het grasland (2018), overmaat aan stikstof tijdens de groei van aardappelen (2020), het braakliggende moment na aardappelen (2020) en het braakliggende moment na suikerbieten (2021). De braakliggende momenten na de teelt van aardappelen en suikerbieten vormen met name een risico. In begin 2019 tijdens de ontwikkeling van het Italiaans raaigras steeg de cumulatieve uitspoeling en denitrificatie tot 64 kg/ha, braakliggend na aardappelen tot 95 kg/ha, braakliggend na suikerbieten tot 57 kg/ha. Voor deze kritieke punten zijn in het alternatieve scenario oplossingen toegevoegd.

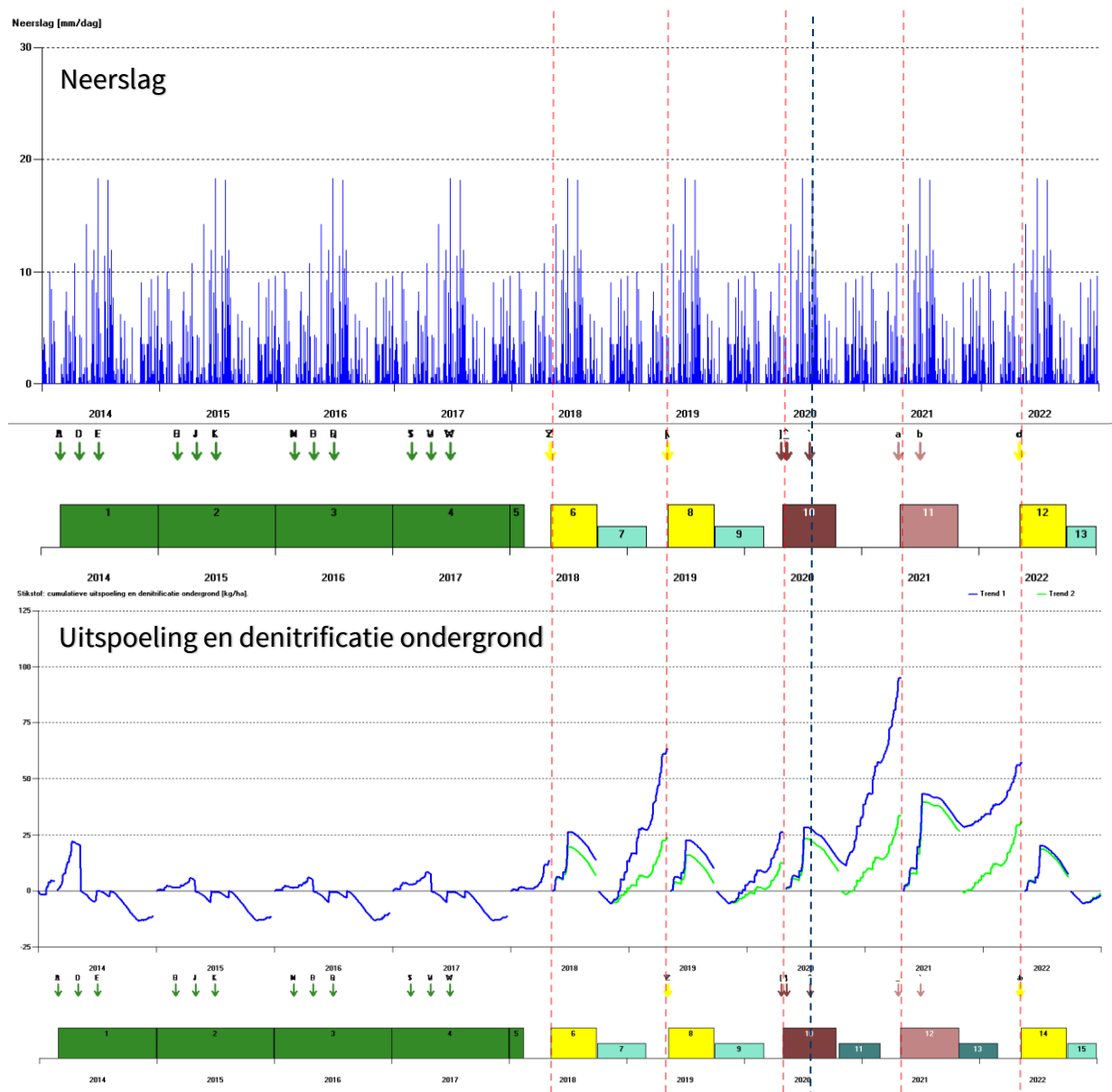
Voor de overmaat aan stikstof tijdens het Italiaans raaigras is de bemesting van snijmais in datzelfde jaar verwijderd (2018). In de stikstof opname (Figuur 25) is zichtbaar dat met geen bemesting het gewas nog steeds voldoende stikstof tot zijn beschikking heeft. De bemesting tijdens aardappelen (2020) is verlaagd (Bijlage 7) ook hier is nog steeds voldoende stikstof aanwezig voor de groei van het gewas. Verder is tijdens de twee braakliggende momenten een na aardappelen (2020) en een na suikerbieten (2021) de groenbemester winterrogge toegevoegd. Winterrogge is in deze situatie de enige groenbemester die nog gedurende oktober ingezaaid kan worden (Hoek 2017).



Figuur 25. Het gemoduleerde alternatieve scenario voor perceel 5a met bijbehorende aangepaste bemestings- en gewasschema van 2014 t/m 2022. De neerslag in mm/dag, stikstofopname/beschikbaarheid en stikstofuitspoeling in kg/ha

### 4.3.12 Perceel 5a vergelijking in nitraatuitspoeling

De uitspoeling in de oorspronkelijke situatie (Trend 1, Figuur 26, blauwe lijn) en het alternatieve scenario (Trend 2, Figuur 26, groene lijn) op perceel 5 zijn vergeleken met elkaar. De gemodelleerde aanpassingen in het alternatieve scenario hebben geleid tot lagere gehalten van nitraatuitspoeling. Tijdens het Italiaans raaigras is deze gedaald van 64 naar 25 kg/ha, na aardappelen van 95 naar 34 kg/ha en na suikerbieten van 57 naar 29 kg/ha.

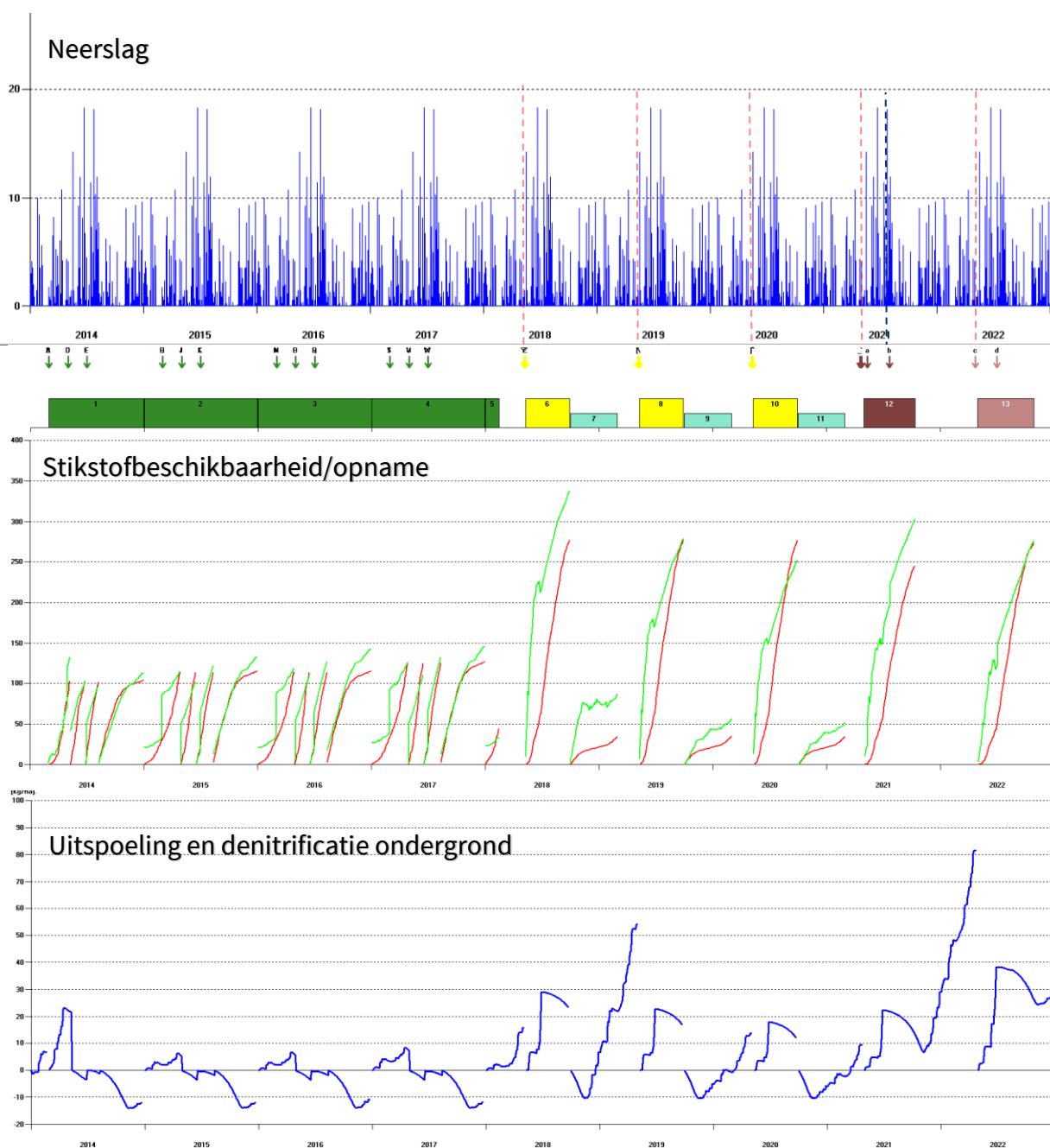


Figuur 26. De gemoduleerde vergelijking tussen de oorspronkelijke situatie (Trend 1) en het alternatieve scenario (Trend 2) op perceel 5a met bijbehorende bemestings- en gewasschema van 2014 t/m 2022. De neerslag in mm/dag, stikstofopname/beschikbaarheid en stikstofuitspoeling in kg/ha

Naast perceel 5a is ook perceel 5b gemodelleerd. Perceel 5b heeft identieke bodem waarden zoals perceel 5a en hanteerde dezelfde gewas rotatie. De enige waarde die verschilt tussen de percelen is de bemesting. Perceel 5a wordt bemest met rundveedrijfmest en perceel 5b met een digestaat van een vergisting proces. De twee meststoffen bevatten echter dezelfde hoeveelheid stikstof waardoor in de resultaten geen verschillen zijn gevonden (Bijlage 4). Een verschil was wel zichtbaar in de hoeveelheid organische stof die in de bouwvoor aanwezig was (Bijlage 4).

### 4.3.13 Perceel 6a rotatie met grasland, mais, aardappelen en bieten

Op perceel 6a zijn verschillende parameters gemodelleerd over een periode van 2014 tot en met 2022 op basis van ontvangen gegevens. De precieze data welke is ingevoerd is opgenomen in Bijlage 7. Hierin is zichtbaar wat de datums van zaaien, oogsten en mesten zijn, wat precies gezaaid is en hoeveel met welke mest bemest is. De neerslag voor elk jaar is gezet op waarden van een gemiddeld droog jaar. Hiervoor is gekozen omdat de beschikbare data van verschillende vergelijkbare percelen afkomstig is. Elk perceel was op een wisselend punt in de rotatie en kon gegevens van een ander gewas bieden. De percelen zelf waren vergelijkbaar in bodemwaardes wat het samenvoegen van data van verschillende percelen mogelijk maakt. Het jaar waarvan de data afkomstig is was een droog jaar, de neerslag in de tool moet dit droge jaar symboliseren waardoor gekozen is voor de neerslag van een gemiddeld droog jaar. Met deze data zijn resultaten gegenereerd zichtbaar in Figuur 27.

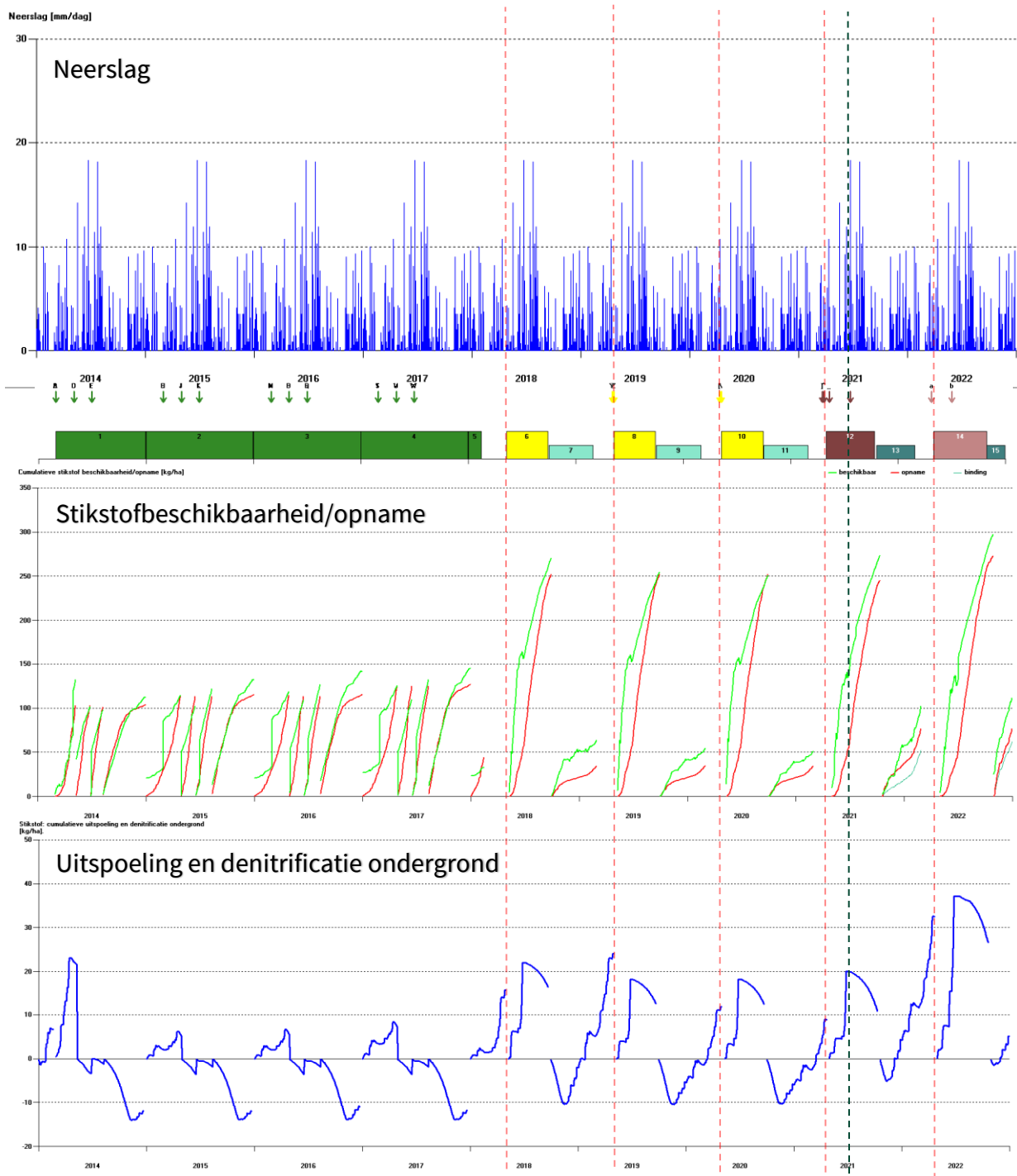


Figuur 27. De gemoduleerde oorspronkelijke situatie voor perceel 6a met bijbehorende bemestings- en gewasschema van 2014 t/m 2022. De neerslag in mm/dag, stikstofopname/beschikbaarheid en stikstofuitspoeling in kg/ha

#### 4.3.14 Perceel 6a alternatief scenario

Voor perceel 6a is een alternatief scenario opgesteld wat de uitspoeling van nitraat verlaagd. Hiervoor zijn verschillende parameters gemodelleerd en aangepast. Met het analyseren van de originele situatie zijn drie kritieke punten geïdentificeerd, deze zijn de overmaat aan beschikbare stikstof na het scheuren van het grasland (2018), overmaat aan stikstof tijdens de groei van aardappelen (2021), het braakliggende moment na aardappelen (2021) en het braakliggende moment na suikerbieten (2022). De braakliggende momenten na de teelt van aardappelen en suikerbieten vormen met name een risico. In begin 2019 tijdens de ontwikkeling van het Italiaans raaigras steeg de cumulatieve uitspoeling en denitrificatie tot 54 kg/ha en braakliggend na aardappelen tot 81 kg/ha. De uitspoeling voor braakliggend na suikerbieten is niet zichtbaar in de stikstofplanner omdat deze periode nog niet gemodelleerd is. Wel is zichtbaar dat de lijn stijgend is vanaf 30kg/ha. Voor deze kritieke punten zijn in het alternatieve scenario oplossingen toegevoegd.

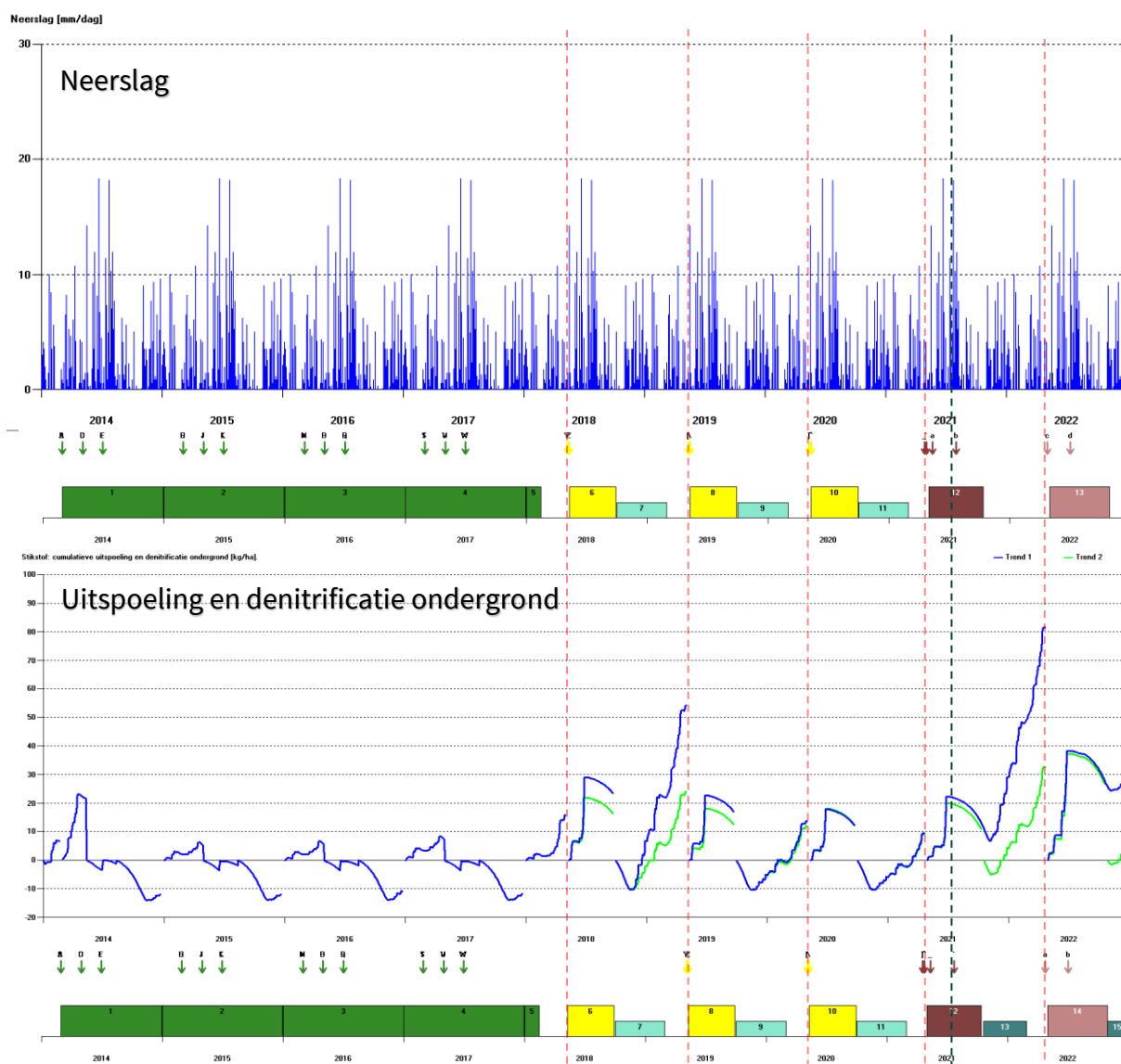
Voor de overmaat aan stikstof tijdens het Italiaans raaigras is de bemesting van snijmais in datzelfde jaar verwijderd (2018). In de stikstof opname (Figuur 28) is zichtbaar dat met geen bemesting het gewas nog steeds voldoende stikstof tot zijn beschikking heeft. De bemesting tijdens aardappelen (2021) is verlaagd (Bijlage 7) ook hier is nog steeds voldoende stikstof aanwezig voor de groei van het gewas. Verder is tijdens de twee braakliggende momenten een na aardappelen (2020) en een na suikerbieten (2021) de groenbemester winterrogge toegevoegd. Winterrogge is in deze situatie de enige groenbemester die nog gedurende oktober ingezaaid kan worden (WUR, 2017).



Figuur 28. Het gemoduleerde alternatieve scenario voor perceel 6a met bijbehorende aangepaste bemestings- en gewasschema van 2014 t/m 2022. De neerslag in mm/dag, stikstofopname/beschikbaarheid en stikstofuitspoeling in kg/ha

#### 4.3.15 Perceel 6a vergelijking in nitraatuitspoeling

De uitspoeling in de oorspronkelijke situatie (Trend 1, Figuur 29) en het alternatieve scenario (Trend 2, Figuur 29) op perceel 6 zijn met elkaar vergeleken. De gemodelleerde aanpassingen in het alternatief scenario hebben geleid tot lagere gehalten uitspoeling/denitrificatie. Tijdens het Italiaans raaigras is deze gedaald van 54 naar 23 kg/ha, na aardappelen van 81 naar 32 kg/ha en na suikerbieten is in de stikstofplanner niet zichtbaar.



Figuur 29. De gemoduleerde vergelijking tussen de oorspronkelijke situatie (Trend 1) en het alternatieve scenario (Trend 2) op perceel 6a met bijbehorende bemestings- en gewasschema van 2014 t/m 2022. De neerslag in mm/dag, stikstofopname/beschikbaarheid en stik

Naast perceel 6a is ook perceel 6b gemodelleerd. Perceel 6b heeft identieke bodem waardes zoals perceel 6a en hanteerde dezelfde gewas rotatie. De enige waarde die verschilt tussen de percelen is de bemesting. Perceel 6a wordt bemest met rundveedrijfmest en perceel 6b met een digestaat van een vergisting proces. De twee meststoffen bevatten echter dezelfde hoeveelheid stikstof waardoor in de resultaten geen verschillen zijn gevonden (Bijlage 4). Een verschil was wel zichtbaar in de hoeveelheid organische stof die in de bouwvoor aanwezig was (Bijlage 4).

#### 4.3.16 Gemiddelde reducties in nitraatuitspoeling

De gemiddelde reductie in nitraatuitspoeling is weergegeven in Tabel 3. Hierin is opgenomen wat de gemiddelde reductie in uitspoeling is door het toepassen van de gevonden oplossingen tijdens de ontwikkeling van het hoofdgewas en de gemiddelde reductie in uitspoeling door het toepassen van vanggewassen. Ook is de totale gemiddelde reductie per perceel en de totale gemiddelde reductie per toepassing weergegeven.

Tabel 3. Gemiddelde reductie in nitraatuitspoeling per perceel, per jaar met gemodelleerde aanpassingen in kg N/ha en procentueel weergegeven.

|                                   | <b>Gemiddelde reductie door oplossingen tijdens hoofdgewas</b> | <b>Gemiddelde reductie door toepassen van vanggewassen</b> | <b>Totale gemiddelde reductie per perceel</b> |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <i>Perceel 9</i>                  | 10 kg N/ha<br>31% reductie                                     | 20 kg N/ha<br>56% reductie                                 | 30 kg N/ha<br>44% reductie                    |
| <i>Perceel 11C</i>                | 18 kg N/ha<br>29% reductie                                     | 18 kg N/ha<br>39% reductie                                 | 36 kg N/ha<br>33% reductie                    |
| <i>Perceel 12</i>                 | 6 kg N/ha<br>85% reductie                                      | 26,6 kg N/ha<br>43% reductie                               | 32,6 kg N/ha<br>47% reductie                  |
| <i>Perceel 5</i>                  | 39 kg N/ha<br>61% reductie                                     | 44,5 kg N/ha<br>56% reductie                               | 83,5 kg N/ha<br>59% reductie                  |
| <i>Perceel 6</i>                  | 31 kg N/ha<br>57% reductie                                     | 49 kg N/ha<br>60% reductie                                 | 80 kg N/ha<br>59% reductie                    |
| <i>Totale gemiddelde reductie</i> | 20,8 kg N/ha                                                   | 31,6 kg N/ha                                               | 52,4 kg N/ha                                  |

## 4.4 Interviews:

De interviews die zijn afgenomen bij de ondernemers zijn te categoriseren in vier verschillende onderdelen:

1. De betekenis van stikstofuitspoeling voor de ondernemers en de kennis van de ondernemers over dit onderwerp.
2. De wetgeving omtrent stikstofuitspoeling en de hierbij getroffen maatregelen door de ondernemers.
3. Het bespreken van de resultaten uit de NDICEA-stikstofplanner inclusief de visualisatie.
4. Een analyse waarbij de belangen van de ondernemers zijn gerangschikt.

Een korte samenvatting van de interviews wordt vermeld in dit hoofdstuk, een uitgebreide samenvatting van de gespreksverslagen in de vinden in Bijlage 8.

De ondernemers erkennen dat er actie ondernomen moet worden omtrent het stikstofprobleem en passen maatregelen toe zoals het gebruik van de juiste gewasrotaties, het gebruik van vanggewassen en het efficiënt omgaan met de bemesting om de uitspoeling van stikstof te reduceren. Ondanks het uitvoeren van deze maatregelen is het moeilijk om op bedrijfsspecifiek niveau te bepalen of de ondernemers ook voldoen aan de gestelde Nitraatrichtlijn van 50mg/L.

De gemodelleerde situaties gebaseerd op perceel specifieke data en de alternatieve scenario's werden positief ontvangen omdat dit bijdraagt aan het vinden van het optimale resultaat. Ook werd aangegeven dat de stikstofplanner kan bijdragen aan het inkorten van de benodigde tijd die normaal nodig is voor het vinden van de optimale situaties in het veld. De ondernemers konden hun praktische kennis verbinden met de resultaten uit de stikstofplanner en kwamen met verschillende inzichten over de toegepaste oplossingen van de gemodelleerde alternatieve scenario's.

Vindingen voor de alternatieve scenario's zijn in overleg met de ondernemers getoetst op de praktische toepasbaarheid hiervan. Het verspreiden van de bemesting over meerdere periodes en het inzetten van vanggewassen en groenbemesters zijn volgens de ondernemers uitvoerbare methodes binnen de huidige bedrijfsvoering en kunnen volgens de gemodelleerde resultaten bijdragen aan het reduceren van de uitspoeling van stikstof.

## 5. Discussie

### 5.1 Perceel 5

Perceel 5 laat voor dit onderzoek interessante resultaten zien. Dit komt doordat perceel 5 het enige perceel is wat meerjarige data tot zijn beschikking had waarmee een gewasrotatie van 7 jaar is gemoduleerd. Dit is van belang omdat de NDICEA-stikstof planner na een modelering van 3 jaar betrouwbaardere resultaten weergeeft (Van der Burgt 2011). Doordat de andere percelen maar data van een jaar beschikbaar hadden maakt dit de resultaten van perceel 5 het meest betrouwbaar. Perceel 6 heeft ook meerjarige data tot zijn beschikking maar wordt in de discussie niet diepgaand behandeld omdat de resultaten vergelijkbaar zijn met de resultaten op perceel 5. Binnen de gewasrotatie op perceel 5 zijn drie punten geïdentificeerd met de hoogste verliezen van stikstof hier kan theoretisch de meeste winst behaald worden.

Na het inwerken van het vierjarig grasland is volgens de normale wijzen bemest. In de resultaten komt naar voren dat de normale mestwijze samen met de vrijgekomen stikstof uit het ingewerkte grasland leidt tot een overschot van beschikbare stikstof. De beschikbare stikstof zit hierbij boven de 350 kg/ha terwijl snijmais in dat jaar maar 275 kon opnemen. Daarnaast vakt de opnamegraad van stikstof voor mais tegen het eind van de teelt af waardoor deze geen overschot nodig heeft (NUTRINORM 2019). Het overschot aan stikstof kan niet opgenomen worden wat de kans op uitspoeling en denitrificatie vergroot. In het alternatief scenario is na het inwerken van grasland niet bemest, dit heeft de uitspoeling en denitrificatie van stikstof verminderd met 39 kg/ha. Het niet bemesten heeft verder geen invloed gehad op de opbrengst van het gewas omdat nog steeds voldoende stikstof aanwezig was voor de gewasontwikkeling.

Na de teelt van aardappelen in 2020 ligt het perceel in de originele situatie braak tot aan het inzaaien van suikerbiet in 2021. Tijdens de periode dat het perceel braak ligt worden hoge waarden aan uitspoeling en denitrificatie gemeten tot bijna 100 kg/ha. Het Louis Bolk instituut (LBI) geeft aan dat waarden boven de 100 kg/ha zorgelijk zijn en aandacht vergen (Van der Burgt 2011). De hoge uitspoeling wordt naast het niet plaatsen van een vanggewas ook veroorzaakt doordat aardappel een gewas is wat tot het eind van de teelt een overmaat aan stikstof nodig heeft. Hierdoor blijft na de oogst een overmaat aan stikstof over in de bodem wat de kans op uitspoeling vergroot. De overmaat van stikstof in de originele situatie is echter te groot waardoor de bemesting tijdens aardappelen verlaagd is (Bijlage 7). Hiermee is een lagere overmaat behaald. Om deze overmaat in het najaar te benutten en uitspoeling te voorkomen is gekozen om na de oogst van aardappelen een groenbemester in te zaaien. De aardappelen worden halverwege oktober geoogst, dit is een vrij late oogst wat de keuze in groenbemester limiteert. In deze periode kan alleen winterrogge nog gezaaid worden (Hoek 2017). Het alternatieve scenario waarin minder bemest wordt en winterrogge wordt ingezaaid na de oogst van aardappelen is een reductie in uitspoeling zichtbaar van 61 kg/ha. De nieuwe uitspoeling zou volgens de modelering 34 kg/ha bedragen. Het LBI geeft aan dat waarden onder de 50 kg/ha wenselijk zijn. Het toevoegen van winterrogge brengt wel een complicatie met zich mee. Winterrogge stimuleert de vermeerdering van verschillende aaltjes welke schadelijk zijn voor suikerbieten (Hoek 2017). Hierdoor is de kans aanwezig dat de opbrengst van suikerbieten, het volgende gewas in de rotatie, verminderd wordt wanneer winterrogge wordt ingezaaid. Een mogelijke optie zou zijn om suikerbieten uit de rotatie te halen en te vervangen met een weerbaarder gewas wat goed aansluit op winterrogge.

Na de teelt van suikerbieten in 2021 ligt het perceel opnieuw braak tot het inzaaien van snijmais in 2022. Suikerbiet wordt geoogst op 29 oktober 2021. Door de late oogst is ook hier alleen het zaaien van de groenbemester winterrogge mogelijk. Winterrogge leidt tot een vermeerdering in aaltjes die schadelijk zijn voor snijmais. Echter is snijmais een matig schadegevoelig gewas in tegenstelling tot suikerbiet wat een zeer schadegevoelig gewas is (WUR 2017). Doordat snijmais een weerbaarder gewas is hebben de aaltjes mogelijk minder invloed. Het is van

belang dat bij het opstellen van rotatie schema's en het doorvoeren van aanpassingen op deze schema's deze factoren opgenomen worden.

## 5.2 Te hoge opname ten opzichte van de beschikbare stikstof

De stikstofbeschikbaarheid tijdens de ontwikkeling van de hoofdgewassen op perceel 9 kwam tegen het eind van de groeiperiode onder de stikstofopname van de gewassen. Dit zou betekenen dat er meer stikstof is opgenomen dan dat er beschikbaar was, wat reëel gezien niet mogelijk is. In deze situatie is het mogelijk dat de opbrengst van de oogst te hoog is ingeschat of dat de daadwerkelijke hoeveelheid beschikbare stikstof onjuist is gekalibreerd waardoor een tekort aan stikstof door de NDICEA-stikstofplanner werd ingeschat. Van der Burgt (2011) geeft aan wanneer de stikstofopname hoger is dan de beschikbaarheid het stikstofgehalte van het gewas met 10% aangepast mag worden om de stikstofbalans kloppend te maken. De aanpassing van het stikstofgehalte mag toegepast worden omdat er binnen hetzelfde ras een verschil in het stikstofgehalte kan voorkomen (Van der Burgt 2011).

## 5.3 Verschillende bemestingsmomenten

Tijdens een interview met de ondernemer die op perceel 9 de proef in 2019 uitvoerde is aangegeven dat de gewassen meer bemest hadden mogen worden op basis van zijn observaties tegen het eind van de ontwikkeling van de hoofdgewassen. De ondernemer gaf aan dat het gemodelleerde tekort aan beschikbaar stikstof ten opzichte van de stikstofopname terug te zien was op het perceel. Om dit te tekort aan te vullen is de bemesting op perceel 9 verhoogd van 25 ton N/ha naar 45 ton N/ha. Volgens de huidige wetgeving mag er met de gebruikte rundveedrijfmest maximaal 35 ton/ha bemest worden alleen is dit vanwege de gevonden reductie in nitraatuitspoeling buiten beschouwing gelaten (G. Hol, Pers. Comm.). De bemesting van 45 ton N/ha is verdeeld over twee verschillende momenten. Het eerste moment van bemesten in de gemodelleerde situatie vond plaats tijdens het inzaaien van de hoofdgewassen en het tweede moment vond plaats na een periode met relatief meer neerslag. Ondanks dat de bemesting werd verhoogd is er een afname in stikstofuitspoeling waargenomen van 10 kg N/ha. Door het verspreiden van de bemesting is er voldaan aan de stikstofbehoeften van de gewassen waarbij aanwezige stikstofoverschotten zijn gereduceerd. Verschillende gewassen hebben andere stikstofbehoeften tijdens verschillende ontwikkelingsperiodes. Het bepalen van de juiste stikstofbehoefte per type gewas is van belang om stikstofoverschotten in de bodem te verminderen en nitraatuitspoeling te reduceren (Silva *et al.* 2021).

## 5.4 Invloed van stikstoffixerende gewassen op de opname en beschikbaarheid van stikstof

Op perceel 9 werd een stikstofopname waargenomen van boven de 275kg N/ha. Volgens het Van der Burgt (2011) is dit een afwijkend hoge waarneming tenzij er gebruik wordt gemaakt van een stikstoffixerend gewas. Op perceel 9 werden mais en veldbonen gebruikt dus werd deze hoge stikstofopname niet als afwijkend gezien omdat veldbonen stikstof fixeren. Stikstoffixerende gewassen werken samen met *Rhizobium* bacteriën in de wortelzone zodat stikstofgas uit de lucht omgezet kan worden tot bruikbaar stikstof in de bodem waardoor het gebruik van bemesting gereduceerd kan worden (Kebede 2021). Wanneer stikstoffixerende planten geoogst worden kunnen de plantresiduen stikstof afgeven voor opvolgende gewassen die erna ingezaaid worden (Crews & Peoples 2004).

## 5.5 Effecten van vanggewassen

Het modelleren van de resultaten laat zien dat bij de ondernemers aangesloten bij AgroProeftuin de Peel de meeste verliezen van stikstof optreden tijdens periodes waarop het perceel braak ligt. De zandbodems waarop geteeld wordt zijn met name gevoelig hiervoor doordat ze onder andere een lager vochtvasthoudend vermogen hebben dan bijvoorbeeld klei bodems (NUTRINORM z.d.). J. Wang *et al.* (2021) toont aan dat vanggewassen een positief effect hebben op het waterbergend vermogen van de bodem wat direct leidt tot een vermindering in uitspoeling. Het toevoegen van vanggewassen kan op leemige zandbodems leiden tot een reductie in uitspoeling van 80-84% (Taghizadeh-Toosi 2022). Het modelleren van alternatieve scenario's met de stikstofplanner geeft ook sterke reducties in de uitspoeling van nitraat weer na toevoeging van vanggewassen. Uit de gemodelleerde resultaten is na het toepassen van vanggewassen een gemiddelde reductie in uitspoeling waargenomen van 31,6 kg N/ha. Het bereik van de reductie valt tussen de 39% en 60%. De ondernemers geven in interviews aan op de hoogte te zijn van de effecten van vanggewassen en passen tijdens recente teelten waar mogelijk al vanggewassen toe.

## 5.6 Bemesting en braakliggende percelen

Bemesten wanneer een perceel braak ligt kan zorgen voor hoge waarden van nitraatuitspoeling omdat stikstof niet wordt vastgelegd en zeer mobiel is, vooral in combinatie met hoge neerslag (Di & Cameron 2002). Op perceel 12 werd in de oorspronkelijke situatie geen gebruik gemaakt van een vanggewas wat zorgde voor een verhoogde uitspoeling van nitraat. Na het toepassen van vanggewassen zowel voor als na het hoofdgewas is in de gemodelleerde alternatieve scenario's een reductie in nitraatuitspoeling waargenomen. In het alternatieve scenario zijn naast het toepassen van vanggewassen de bemestingsmomenten aangepast wat ervoor gezorgd heeft dat de nitraatuitspoeling werd gereduceerd. De NDICEA-stikstofplanner liet zien dat wanneer de bemesting wordt verspreid over meerdere momenten en wanneer er rekening wordt gehouden met neerslag door na periodes met hoge neerslag te bemesten, een vermindering in nitraatuitspoeling te realiseren is. Het is belangrijk de theoretische aanpassingen in het bemestingsschema te bespreken met de ondernemers om te bepalen of dit ook in de praktijk te realiseren is.

## 5.7 Invloed van neerslag op de uitspoeling en denitrificatie

Perceel 11C had in vergelijking met de overige percelen een hoge nitraatuitspoeling. Een verschil tussen perceel 11C en de overige percelen is dat de resultaten van de overige percelen uit 2019 komen en de resultaten van perceel 11C uit 2021. Het verschil tussen die jaren is dat er in 2021 een hogere hoeveelheid neerslag heeft plaatsgevonden. De hoeveelheid vocht in de bodem heeft invloed op verschillende bodemprocessen die een rol spelen bij het uitspoelen van stikstof. Zo kan een verhoogde neerslag ervoor zorgen dat gemineraliseerd stikstof door diepere bodemlagen naar het grondwater uitspoelt. Verder kan een verhoging van het vochtgehalte in de bodem zorgen voor een versnelde mineralisatie van organisch stikstof waardoor op zijn beurt weer de nitraatuitspoeling verhoogd tijdens periodes met hevige neerslag (Lohse *et al.* 2009; McCulley *et al.* 2009). De maanden mei en juni waren in 2021 gemiddeld natter dan normaal (Weeronline 2022). Tijdens deze periode steeg ook de temperatuur waardoor bodemprocessen zoals de mineralisatie van stikstof en de activiteit van micro-organismen binnen de stikstofcyclus versnellen en mogelijk nitraatuitspoeling verhogen (Jabloun *et al.* 2015). Factoren zoals neerslag en temperatuur zijn voor een ondernemer lastig te beïnvloeden. Wel zou het toevoegen van organisch stof kunnen resulteren in het vasthouden van vocht waardoor er tijdens periodes met hoge neerslag minder vocht en daarbij ook minder nitraat uitspoelt (Eurofins 2021). Het tijdig monitoren van deze factoren kan bijdragen aan het maken van een effectieve planning en het tijdig reageren indien nodig.

## 5.8 Verhouding van uitspoeling in de stikstofplanner tot de nitraatrichtlijn

De hoogste nitraatuitspoeling in de oorspronkelijke situaties tijdens de groei van de hoofdgewassen op perceel 9, 11C en 12 was respectievelijk 32, 62 en 7 kg N/ha. In de alternatieve scenario's was dit respectievelijk 22, 44 en 1 kg N/ha. De huidige nitraatrichtlijn geeft aan dat het streven is om de nitraatuitspoeling onder de 50mg/L te houden. De resultaten uit de NDICEA-stikstofplanner hebben een eenheid van kg N/ha terwijl de richtlijn in mg/L aangeduid wordt, het omrekenen van de eenheden is nodig om te begrijpen hoe de resultaten uit de stikstofplanner aansluiten bij de nitraatrichtlijn. Volgens Palintest (2022) is de formule als volgt: het aanwezige bodemnutriënt in kg/ha = 2 x het aanwezige bodemnutriënt in mg/L. Volgens deze formule zou dit betekenen dat een stikstofuitspoeling van 100kg/ha overeenkomt met de nitraatrichtlijn van 50mg/L. Van der Burgt (2011) schrijft in het bestand de interpretatie van de resultaten over de verschillende betekenissen van de nitraatuitspoeling in kg/ha. Hierin wordt vermeld dat een uitspoeling tot 50kg/ha zeer gunstig is, een uitspoeling tussen de 50 en 70kg/ha een goede prestatie is en dat een uitspoeling van 100kg/ha of hoger aandacht vereist. Deze categorisering komt overeen met de nitraatrichtlijn wanneer we volgens de formule van Palintest (2022) 100kg/ha omrekenen naar 50mg/L. Wel moet in acht worden gehouden dat een fractie van de uitspoeling in de NDICEA-stikstofplanner denitrificatie in de ondergrond betreft doordat stikstof uitspoelt en terechtkomt in anoxische omstandigheden rondom de grondwaterzone. Volgens het Lbl is deze fractie niet stabiel en verschilt dit per gemodelleerde situatie.

## 5.9 Validiteit van de stikstofplanner

De uitkomsten van de NDICEA-stikstofplanner zijn bedoeld om inzichten te bieden en gesprekken te starten over het aanpassen van gewasrotaties of bemestingsschema's met als doel het reduceren van nitraatuitspoeling met een optimale gewasopbrengst. Het is lastig om de gemodelleerde resultaten te zien als onomstotelijk of voor het gebruiken als standaard voor wetgeving wegens een aantal limitaties. Ten eerste is een vernieuwde webversie van de stikstofplanner in ontwikkeling waarin onder andere nieuwe gewassen en andere soorten bemesting aan worden toegevoegd. Ook zijn een aantal variabelen in de stikstofplanner verouderd en moeten worden gewijzigd wegens nieuwe inzichten verkregen uit nieuw onderzoek. Dit zijn bijvoorbeeld de afbraakfactor van organisch stof in de bouwvoor en de verdeling van droge stof in grasland. Wanneer een betrouwbare representatie van het stikstofverloop in de bodem gemodelleerd dient te worden zijn een aantal voorafgaande stappen nodig. De stikstofplanner bevat verschillende standaard en geavanceerde variabelen die middels beschikbare bodemdata ingevoerd kunnen worden, dit verhoogt de accuraatheid van de gemodelleerde resultaten. Voorafgaand aan het hoofdgewas dient minimaal drie jaar gemodelleerd te worden om de resultaten van het betreffende jaar betrouwbaarder te maken. Dit was mogelijk voor percelen 5 en 6 aangezien deze percelen data van zeven jaar beschikbaar hebben. De overige ondernemers (1, 2, 3, 4) hebben maar een enkel jaar met data beschikbaar.

Tijdens dit onderzoek kwam het overgrote deel van de beschikbare data uit Verisscans die zijn uitgevoerd op de bijbehorende percelen om verschillende bodemdata te achterhalen. Deze data kwamen echter niet altijd uit hetzelfde jaar als het gemodelleerde jaar. Ook moesten de eenheden van de data over de bodem, gewasopbrengsten en bemesting vaak omgevormd worden naar de juiste eenheid zodat deze toepasbaar waren in de stikstofplanner. Zo werkt de stikstofplanner met ton/ha voor het invoeren van bemesting en de verkregen bemestingsdata van de percelen werd verstrekt in kuub/ha. Hetzelfde geldt voor de gegeven gewasopbrengsten voor sommige percelen. Voor het efficiënt en accuraat gebruiken van de NDICEA-stikstofplanner wordt het aangeraden om de benodigde data jaarlijks of meerdere malen per jaar te verzamelen met de juiste eenheden zodat deze direct toepasbaar zijn in de stikstofplanner. Dit voorkomt dat er schattingen moeten worden gedaan en zorgt voor resultaten die beter aansluiten bij de realiteit van de situatie.

## 6. Conclusie

In dit onderzoek is gezocht naar antwoord op de vraag: “Hoe kan de NDICEA-stikstofplanner worden ingezet om de uitspoeling van nitraat op ondernemingen aangesloten bij AgroProeftuin de Peel te verlagen en het effect van de huidige bedrijfsvoering op de uitspoeling inzichtelijk te maken?”. Voor het beantwoorden van de hoofdvraag is de stikstofplanner toegepast voor het modelleren van percelen en is gesproken met de bijhorende ondernemers.

De NDICEA-stikstofplanner kan worden ingezet voor het modelleren van zowel bestaande als toekomstige plannen voor een bepaald gewas- en bemestingsplan met doel het reduceren van nitraatuitspoeling. De uitkomsten van het model zijn toepasbaar voor het geven van vroegtijdige inzichten over de risicovolle momenten waarop nitraatuitspoeling het hoogst is en wat de redenen hiervoor zijn. Deze resultaten dragen bij aan het starten van gezonde discussies over eventuele oplossingen en maatregelen die getroffen kunnen worden op de percelen van de betreffende ondernemers. De inzichten verkregen uit de stikstofplanner dienen afgestemd te worden met de ondernemers om tot realistische aanpassingen binnen de bedrijfsvoering te komen.

De mening over het gebruik van modellen zoals de NDICEA-stikstofplanner van de betrokken ondernemers zijn over het algemeen positief. De ondernemers erkennen de functie van de stikstofplanner om inzichten te bieden die ondersteunen bij het reduceren van nitraatuitspoeling. Wanneer deze inzichten daadwerkelijk worden toegepast binnen de bedrijfsvoering moeten deze praktisch toepasbaar zijn en tastbaar resultaat leveren. Hierbij moet de balans worden gezocht tussen het reduceren van nitraatuitspoeling, het behoud van een stabiele gewasopbrengst en het efficiënt gebruik maken van grondstoffen.

Door het aanpassen van variabelen in de NDICEA-stikstofplanner is het mogelijk om in een gemodelleerde situatie tot een reductie van nitraatuitspoeling te komen. De periode waarin een perceel braak ligt in combinatie met de hoeveelheid neerslag is sterk bepalend voor de hoeveelheid nitraatuitspoeling. Door middel van de bemesting dichter tegen het inzaaien van het hoofdgewas toe te dienen wordt het risico op nitraatuitspoeling verlaagd doordat de mest korter bloot wordt gesteld aan weersomstandigheden. Ook kan het verspreiden van de toediening over meerdere perioden tijdens de groei van het gewas zorgen voor een reductie in nitraatuitspoeling. Door de bemesting te verspreiden worden grote overschotten aan mest tijdens de ontwikkeling van het gewas voorkomen en reduceert de uitspoeling tijdens periodes met hogere neerslag. Verder kan in sommige situaties minder bemest worden wat de overmaat aan stikstof in de bodem verlaagd.

Het toepassen van een vanggewas op momenten wanneer het perceel braak ligt zorgt voor een sterke reductie in nitraatuitspoeling. Vanggewassen zorgen voor het vasthouden van stikstof in hogere grondlagen wat tijdens perioden met neerslag de stikstofuitspoeling uit de wortelzone reduceert. Stikstoffixerende vanggewassen kunnen dienen als groenbemesters die het hoofdgewas in stikstof voorzien tijdens de ontwikkeling. Hierdoor hoeft een ondernemer minder bemesting toe te passen wat het gebruik van extra meststoffen reduceert.

## 7. Aanbevelingen

De stikstofplanner kan op korte termijn inzichten bieden over proefopstellingen die normaal jaren kunnen duren. Deze inzichten zijn op basis van modellen en zullen altijd moeten worden gekoppeld aan realistische toepassingen in de praktijk. De vertaalslag van de resultaten uit de stikstofplanner kan gemaakt worden door het gesprek aan te gaan met de betrokken partijen van een bepaalde gemodelleerde situatie. Gezonde discussies en gesprekken tussen deze partijen over de gevonden resultaten zullen leiden tot weloverwogen besluiten.

Voor een efficiënte omgang met de stikstofplanner dient alle nodige toepasbare data genoteerd te worden. Zo kan de stikstofplanner volledig gekalibreerd worden en zal het resultaat betrouwbaarder zijn. Ook moet worden gelet op het noteren van de juiste eenheid van de verkregen parameters zodat geen onnauwkeurigheden ontstaan bij het omvormen van deze data. Voor een overzicht van de benodigde data en de bijbehorende eenheden kan Tabel 1 uit de methode toegepast worden. Wanneer de uitspoelingswaarden van de stikstofplanner omgevormd dient te worden om een parallel te trekken met de huidige Nitraatrichtlijn is een definitieve methode van deze omrekening nodig.

De NDICEA-stikstof planner wordt nauwkeuriger naarmate meer geavanceerde parameters in de stikstofplanner ingevuld worden. De mate van nauwkeurigheid na het invullen van de geavanceerde parameters wordt weergegeven in Van der Burgt (2006). Wegens de bijkomende foutmarges bij het modelleren van een situatie moet de economische afweging gemaakt worden of het investeren in het verkrijgen van alle geavanceerde data zinvol is.

De NDICEA-stikstofplanner is voor het laatst bijgewerkt in 2014. Sinds 2014 is door het Louis Bolk instituut (LBI) nader onderzoek gedaan wat de stikstofplanner nauwkeuriger maakt alleen zijn deze vernieuwde inzichten nog niet in het model geïmplementeerd. Daarnaast biedt het model op dit moment ook geen mogelijkheden voor het invullen van een aantal gewassen en vormen van bemesting. Uit een interview met Bart Timmermans van het LBI is gebleken dat ze bezig zijn met het ontwikkelen van een internetversie van de stikstofplanner waarbij de nodige updates aan worden toegevoegd. Deze nieuwe versie wordt naar waarschijnlijkheid voor september 2022 online gezet. Wegens de korte periode tussen het afronden van dit onderzoek en het uitbrengen van de nieuwe versie van de stikstofplanner wordt aanbevolen om tot september 2022 geen grote projecten op te zetten in de huidige versie van de stikstofplanner.

Het is van belang om zo accuraat mogelijk de stikstofbehoefte van het gewas te bepalen zodat het bemestingsschema hierop aangepast kan worden. Wanneer de stikstofbehoefte inzichtelijk is kan op de juiste momenten met de correcte hoeveelheden bemest worden. Hiermee kunnen overschotten in stikstof voorkomen worden en kan de uitspoeling gereduceerd worden wat leidt tot een efficiënte toepassing van de bemesting.

Vanggewassen zijn effectief voor het verlagen van de nitraatuitspoeling tijdens perioden waarop het perceel braak ligt. Ondernemers kunnen deze vanggewassen inzaaien kort na de oogst van het hoofdgewas. Wanneer gebruik wordt gemaakt van een stikstoffixerend vanggewas kan deze dienen als groenbemester voor de volgende hoofdteelt. Het kan voorkomen dat na de teelt van het hoofdgewas te weinig stikstof in de bodem aanwezig is voor de optimale groei van het vanggewas. Het is vaak niet mogelijk om in dit geval het perceel extra te bemesten omdat er op zandgronden tot 31 augustus dierlijke mest uitgereden mag worden (J. Kocken, Pers. Comm.) Het telen van stikstoffixerende gewassen als hoofdteelt kan bijdragen aan het ondersteunen van eventuele vanggewassen die na de oogst ingezaaid worden. Zo kunnen ondernemers naast een reductie in nitraatuitspoeling gebruik maken van een substantiële oogst afkomstig van het toegepaste vanggewas.

## 8. Literatuurlijst

Alsema, H. (2015). Stikstofkringloop. <https://maken.wikiwijs.nl/61876/Ecologie#!page-1248315>. Geraadpleegd op: 24-06-2022.

Bakker, G. (z.d). Biochar. <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/Environmental-Research/Faciliteiten-tools/Laboratoria-Omgevingswetenschappen/Bodem-Hydro-Fysisch-Laboratorium/Onderzoek/Biochar.htm>. Geraadpleegd op 19-05-22.

Benedictine University. Evaluating Sources: The CRAAP Test. <https://researchguides.ben.edu/source-evaluation>. Geraadpleegd op 30-03-22.

Borchard, N., Schirrmann, M., Cayuela, M. L., Kammann, C., Wrage-Mönnig, N., Estavillo, J. M., Fuertes-Mendizábal, T., Sigua, G., Spokas, K., Ippolito, J. A., & Novak, J. (2019). Biochar, soil and land-use interactions that reduce nitrate leaching and N<sub>2</sub>O emissions: A meta-analysis. In Science of The Total Environment 651: 2354–2364.

Brady, N.C. & Weil, R.R. (2002). The Nature and Properties of Soils, 13th Edition. Prentice Hall, NJ.

Bronnen:

Brussée, T. (2021). Bodemlagen beïnvloeden nitraatuitspoeling: nitraatconcentraties gemiddeld lager op zandgronden met organisch rijk materiaal rond de grondwaterstand. Nieuwsbericht oktober 2021. <https://www.rivm.nl/landelijk-meetnet-effecten-mestbeleid/nieuwsbrieven-landelijk-meetnet-effecten-mestbeleid/bodemlagen-beinvloeden-nitraatuitspoeling>.

Campbell, N.A., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V., Reece, J.B (2017). Campbell Biology, 11th edition. Pearson Education Inc., Harlow, England: 1497.

Colby Digs Soil. (2012). Sizing Up Soil Structure. <https://colbydigssoil.com/2012/07/09/sizing-up-soil-structure/>. Geraadpleegd op: 20-03-2022.

Crews, T. E., & Peoples, M. B. (2004). Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. In Agriculture, Ecosystems & Environment 102, Issue 3: 279–297.

Daubresse, C.M., Vedele, F.D., Dechorgnat, J., Chardon, F., Gaufichon, L., Suzuki, A. (2010). Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. Annals of Botany 105: 1141-1157.

De Haan, J. & van Geel, W. (2013). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouwgewassen. PPO AGV.

Dekker, P.H.M & Buishand, T.J. (1983). Teelt van doperwten. <https://edepot.wur.nl/254363>.

Deyn, G.B. (2017). Behoud, bevorder en benut het rijke bodemleven. Nieuwsbericht 16 mei 2017. <https://www.wur.nl/nl/nieuws/Behoud-bevorder-en-benut-het-rijke-bodemleven.htm>.

Di, H. J., & Cameron, K. C. (2002). In Nutrient Cycling in Agroecosystems 64, Issue 3: 237–256.

Eurofins. (2021). De ene groenbemester is de andere niet. Nieuwsbericht 6 september 2021. <https://www.eurofins-agro.com/nl-nl/de-ene-groenbemester-is-de-andere-niet>.

- Fraters, B., Hooijboer, A.E.J., Vrijhoef, A., Plette, A.C.C., van Duijnhoven, N., Rozemeijer, J.C., Gosseling, M., Daatselaar, C.H.G., Roskam, J.L., Begeman, H.A.L. (2020). Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland; toestand (2016-2019) en trend (1992-2019). RIVM-rapport: projectnummer M/270109.
- Haanstra, J. (2011). Wat u moet weten over stikstof: vragen en antwoorden. <https://edepot.wur.nl/171879>
- Hansen, B., Thorling, L., Schullehner, J., Termansen, M., Dalgaard, T. (2017). Groundwater nitrate response to sustainable nitrogen management. *Scientific Reports* 7: 8566.
- Hoek, H. (2017). Groenbemesters: maak de juiste keuze. *Akkerwijzer* 6: 8–11.
- Imran, A., Hakim, S., Tariq, M., Nawaz, M.S., Laraib, I., Gulzar, U., Hanif, M.K., Siddique, M.J., Hayat, M., Fraz, A., Ahmad, M. (2021). Diazotrophs for lowering nitrogen pollution crises: Looking deep into the roots. *Frontiers in Microbiology* 12: 637815.
- Jabloun, M., Schelde, K., Tao, F., & Olesen, J. E. (2015). Effect of temperature and precipitation on nitrate leaching from organic cereal cropping systems in Denmark. In *European Journal of Agronomy* 62: 55–64.
- Kebede, E. (2021). Contribution, Utilization, and Improvement of Legumes-Driven Biological Nitrogen Fixation in Agricultural Systems. In *Frontiers in Sustainable Food Systems* 5.
- Kirchmann, H., Johnston, A. E. J., & Bergström, L. F. (2002). Possibilities for Reducing Nitrate Leaching from Agricultural Land. In *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 31, Issue 5: 404–408.
- Knox, E. & Moody, D.W. (1991). Influence of Hydrology, Soil Properties, and Agricultural Land Use on Nitrogen in Groundwater. In: Follet, R.F., Keeney, D.R., Curse, R.M. (Eds.) *Managing Nitrogen for Groundwater Quality and Farm Profitability*. Soil Science Society of America Inc., Madison, Wisconsin USA: 19-57.
- Lohse, K. A., Brooks, P. D., McIntosh, J. C., Meixner, T., & Huxman, T. E. (2009). Interactions Between Biogeochemistry and Hydrologic Systems. In *Annual Review of Environment and Resources* 34, Issue 1: 65–96.
- McCulley, R. L., Burke, I. C., & Lauenroth, W. K. (2008). Conservation of nitrogen increases with precipitation across a major grassland gradient in the Central Great Plains of North America. In *Oecologia* 159, Issue 3: 571–581.
- McNeal, B.L., Stanley, C.D., Graham, W.D., Gilreath, P.R., Downey, D., Creighton, J.F. (1995). Nutrient-Loss Trends for Vegetable and Citrus Fields in West-Central Florida: I. Nitrate. *Journal of Environmental Quality* 24: 95-100.
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit & Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2021). 7e Nederlandse actieprogramma betreffende de Nitraatrichtlijn (2022 - 2025).
- NutriNorm (2016). Stikstoflevering uit de bodem. <https://nutrinorm.nl/bemesting/stikstoflevering-uit-de-bodem/>. Geraadpleegd op: 05-05-2022.
- NutruNorm (2019). Snijmaïs, een waardevol voedergewas. <https://nutrinorm.nl/bemesting/snijmais-een-waardevol-voedergewas/>. Geraadpleegd op: 29-03-2022.

Palintest. (2022). Methods Of Expressing Soil Test Results. <https://www.palintest.com/content-hub/methods-of-expressing-soil-test-results/#:~:text=Using%20these%20relationships%20the%20conversion,present%20as%20mg%2FL%20soil>. Geraadpleegd op: 1-06-2022.

Ramotowski, D., & Shi, W. (2022). Nitrapyrin-based nitrification inhibitors shaped the soil microbial community via controls on soil pH and inorganic N composition. In *Applied Soil Ecology* (Vol. 170, p. 104295).

Shrestha, R. K., Cooperband, L. R., & MacGuidwin, A. E. (2010). Strategies to Reduce Nitrate Leaching into Groundwater in Potato Grown in Sandy Soils: Case Study from North Central USA. In *American Journal of Potato Research* 87, Issue 3: 229–244.

Silva, J. V., van Ittersum, M. K., ten Berge, H. F. M., Späthjens, L., Tenreiro, T. R., Anten, N. P. R., & Reidsma, P. (2021). Agronomic analysis of nitrogen performance indicators in intensive arable cropping systems: An appraisal of big data from commercial farms. In *Field Crops Research* 269: 108176.

Spies, E. Humphrys, C. Richner, W. Schneider, M. K. Chervet, H. P. P. A. Prasuhn, V. (2020). Does no-tillage decrease nitrate leaching compared to ploughing under a long-term crop rotation in Switzerland? (Vol. 199, p. 104590).

Taghizadeh-Toosi, A., Hansen, E. M., Olesen, J. E., Baral, K. R., & Petersen, S. O. (2022). Interactive effects of straw management, tillage, and a cover crop on nitrous oxide emissions and nitrate leaching from a sandy loam soil. In *Science of The Total Environment* 828: 154316.

USDA (z.d). Soil Nitrogen. [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_053274.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053274.pdf). Geraadpleegd op: 13-05-2022.

Van der Burgt, G.J.H.M. (2011). Interpretatie van de resultaten van NDICEA. Louis Bolk Instituut. Driebergen, Nederland.

Van der Burgt, G.J.H.M., Oomen, G.J.M., Habets, A.S.J., Rossing, W.A.H. (2006). The NDICEA model, a tool to improve nitrogen use efficiency in cropping systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 74: 275 –294.

Van der Velpen, D. (2021). Optimale zuurtegraad geeft hogere opbrengst, betere bodemkwaliteit en minder uitspoeling. <https://www.bdb.be/nl/nieuws/optimale-zuurtegraad-geeft-hogere-opbrengst-betere-bodemkwaliteit-en-minder-uitspoeling>. Geraadpleegd op: 02-05-2022.

Velthof, G.L. (2003). Relaties tussen mineralisatie, denitrificatie en indicatoren voor bodemkwaliteit in landbouwgronden. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groende Ruimte. Alterra-rapport 769. Sturen op Nitraat rapport nr. 6: 38.

Wageningen Universiteit (z.d.). Teelthandleiding veldbonen. <https://edepot.wur.nl/182660>.

Wang, H., Ma, S., Shao, G., & Dittert, K. (2021). Use of urease and nitrification inhibitors to decrease yield-scaled N<sub>2</sub>O emissions from winter wheat and oilseed rape fields: A two-year field experiment. In *Agriculture, Ecosystems & Environment* (Vol. 319, p. 107552).

Wang, J., Zhang, S., Sainju, U. M., Ghimire, R., & Zhao, F. (2021). A meta-analysis on cover crop impact on soil water storage, succeeding crop yield, and water-use efficiency. In *Agricultural Water Management* 256: 107085.

Weaver, J. E. (1926). Root development of field crops. Chapter VI: Root habits of rye. McGraw-hill Book Company INC. New York.

Weaver, J. E., & Bruner, W. E. (1927). Root Development Of Vegetable Crops 1st Edn. McGraw-hill Book Company INC, London.

Weeronline. (2022). Jaaroverzicht: 2021 brak met trend van warme en zonnige jaren. Nieuwsbericht 1 januari 2022. <https://www.weeronline.nl/nieuws/weeroverzichten-2021>.

WWF (z.d.). Stikstof. <https://www.wwf.nl/wat-we-doen/waar-zijn-we-actief/nederland/stikstof>. Geraadpleegd op 24 februari 2022

Zanen, M., Belder, P., Cuijpers, W. & Bos, M. (z.d) BODEMBREED INTERREG. Geraadpleegd op: 13-05-2022.

Zwart, K.B., van den Akker, J.J.H., Bussink, D.W., de Haas, M.J.O.M., van der Weide, R.Y., Paauw, J.G.M., Saathoff, W., Goense, D. & Doornbos, A.J. (2011). Waterkwaliteit bij de wortel aangepakt. Wageningen: Alterra-rapport 2177.

# Bijlagen

## Bijlage 1 Parameters uit de NDICEA-stikstofplanner

Tijdens het onderzoek wordt de NDICEA-stikstofplanner ingevuld voor de percelen van verschillende ondernemers. In deze bijlage is opgenomen welke verschillende parameters in de stikstofplanner zijn opgenomen. Hiermee wordt duidelijk welke data nodig is voor het invoeren van de stikstofplanner. De parameters zijn onderverdeeld in vier categorieën gebruikt in de stikstofplanner waaronder: regio, bodembewerking, gewas en bemesting. Binnen deze categorieën zijn de parameters onderverdeeld in standaard en geavanceerde parameters. Voor het invullen van de stikstofplanner moeten de standaard parameters bekend zijn. De geavanceerde parameters vergroten de betrouwbaarheid en zijn belangrijk voor de nauwkeurigheid van dit onderzoek maar niet noodzakelijk voor het behalen van resultaten.

- Bodem bewerking parameters
  - Normaal
    - Bouwvoor
      - Grondsoort
      - Dikte teeltlaag
      - Bodem pH
      - Organisch stofgehalte
      - Laagste grondwaterstand zomer
      - Hoogste grondwaterstand winter
    - Ondergrond
      - Grondsoort
      - Maximale bewortelingsdiepte
      - Bodembewerkingsintensiteit
  - Geavanceerd
    - Bouwvoor
      - Afbraak factor
      - N uitspoelingsfactor
    - Leeftijd organisch stof
      - Humus
      - Verteerd
      - Vers
    - Algemeen
      - N depositie
      - ET-braakgrond
      - MWO-bouwvoor
      - C/N micro-organ
      - N-binding grens
      - Denitrificatie factor
      - N-inhoud grondwater
- Gewassen
  - Normaal
    - Gewas
      - Zaai/plant datum

- Oogstdatum
  - Ver opbrengst (bruto)
  - N-mineraal
    - Bovengrond kg/ha
    - Ondergrond kg/ha
  - Berekening
    - Datum
    - Gift mm
    - N inhoud mg/L
  - Geavanceerd
    - Gewas
      - Volle groei datum
      - Begin rijping
      - Wortel diepte
      - Referentie gewasverdamping
      - Stikstofbinding maximaal
      - Droge stofgehalte product
      - Droge stof verdeling
      - N-inhoud droge stof
      - $P_2O_5$ -inhoud droge stof
      - $K_2O$ -inhoud droge stof
      - Ingewerkt aandeel
      - Beginleeftijd
    - Plant/zaaigoed
      - Hoeveelheid kg/ha
      - Droge stof
      - N
      - $P_2O_5$
      - $K_2O$
- Bemesting
  - Normaal
    - Mest
      - Mestsoort
      - Hoeveelheid ton/ha
      - Datum toediening
      - Ammoniakemissie
      - N kg/ton
      - N-mineraal kg/ton
      - $P_2O_5$  kg/ton
      - $K_2O$  kg/ton
      - Droge stof kg/ton
      - Organisch stof kg/ton
  - Geavanceerd
    - Mest
      - Beginleeftijd

## Bijlage 2 CRAAP test

De bronnen gedurende dit onderzoek zijn geëvalueerd met de CRAAP test. De test focust zich op vijf verschillende onderdelen: Currency, Relevance, Authority, Accuracy and Purpose (Kurpiel 2022).

### Currency

Currency behandelt de datum waarop het onderzoek is gepubliceerd. Hiermee wordt gecontroleerd wanneer de informatie gepubliceerd was, of updates en revisies zijn aangebracht, of de informatie nog kloppend of verouderd is en of de doorverwijzingen in de bron nog werken. Voor dit onderzoek is gekozen om wanneer mogelijk bronnen uit de afgelopen jaren op te nemen. Stikstof wordt als onderwerp veel behandeld in het onderzoek en heeft wisselende wet- en regelgeving gehad. Het is hierdoor mogelijk dat sommige bronnen verouderd zijn. Wanneer recente bronnen niet aanwezig waren is gezocht op oudere bronnen. Wanneer oudere bronnen zijn toegepast in het onderzoek is gecontroleerd of de informatie in de bron nog juist is.

### Relevance

Relevance behandelt of de bron relevant is voor dit onderzoek. Hiermee worden punten behandeld zoals: sluit de informatie aan bij het onderzoeksonderwerp, wat is de doelgroep van de bron, is de informatie van een bepaald niveau, zijn meerdere bronnen behandeld, staan we achter het opnemen van de desbetreffende bron in het onderzoeksrapport? Voor dit onderzoek zijn met name bronnen van wetenschappelijke afkomst toegepast. Deze zijn geraadpleegd via online databanken zoals: ScienceDirect, Wiley online library, SpringerLink, ResearchGate en Google Scholar. Wanneer een bron met bruikbare informatie is gevonden is deze vergeleken met andere vergelijkbare bronnen waarmee is bepaald of de informatie kloppend is. Wanneer bronnen uit meta-analyses komen is dit echter niet gedaan.

### Authority

Authority behandelt door wie het onderzoek of de informatie gepubliceerd is. Hierbij worden punten behandeld zoals: wie is de auteur/uitgever/organisatie/financier, welk academisch niveau hebben de auteurs, hebben ze ervaring met het onderwerp en kunnen ze gecontacteerd worden. Voor dit onderzoek is via databanken zoals Science direct gezocht voor onderzoeken. Met deze databanken is het alleen mogelijk te zoeken op onderzoeken die peer reviewed zijn. Hiermee wordt gegarandeerd dat het onderzoek onafhankelijk en van wetenschappelijk niveau is. Voor bronnen die buiten deze databanken vergaard zijn is zelfstandig deze controle uitgevoerd.

### Accuracy

Accuracy behandelt de accuraatheid van de tentoongestelde informatie in het onderzoek. Hiermee worden punten behandeld zoals: waar komt de informatie vandaan, wordt de informatie met bewijs ondersteund, is het onderzoek peer reviewed, kun je de informatie verifiëren met andere bronnen, merk je vooroordelen/voorkeuren in het onderzoek en zie je spelling of grammaticale fouten. Voor dit onderzoek zijn deze punten gecontroleerd. Wanneer peer reviewde onderzoeken van databanken zijn geraadpleegd was dit niet nodig maar overige bronnen zijn op de accuraatheid getoetst. Rondom stikstof is veel misinformatie beschikbaar waardoor bronnen niet afkomstig van bekende organisatie streng gecontroleerd zijn op waarheid.

### Purpose

Purpose behandelt het doel wat het onderzoek heeft gehad. Hiermee worden punten behandeld zoals: wat is het doel van de informatie, maakt de auteur duidelijk wat de intenties zijn, is de informatie feitelijk correct, is het onderzoek objectief uitgevoerd en zijn er politieke of religieuze voorkeuren. Voor dit onderzoek zijn deze punten gecontroleerd. Stikstof is een veelbesproken onderwerp en bevat veel correcte en incorrecte informatie. Door bronnen met elkaar en achterliggende organisaties te controleren zijn inschattingen gemaakt over welke bronnen correct en incorrect zijn.

## Bijlage 3 Overige oplossingen voor nitraatreductie

### Biochar

Biochar is een stof wat lijkt op houtskool en wordt gemaakt van organisch materiaal wat onder zuurstofloze omstandigheden is geproduceerd. Het organisch materiaal waar biochar van gemaakt wordt kan van verschillende mogelijke bronnen afkomstig zijn zoals: hout, gewasresten, restante afvalwater en mest. Biochar is binnen de landbouw bekend omdat het koolstof kan vastleggen in de bodem. Ondernemers in het buitenland ontvangen al compensaties voor het vastleggen van koolstof alleen is dit in Nederland nog niet mogelijk. Wanneer dit in Nederland gebeurt kunnen boeren mogelijk compensaties ontvangen voor het toepassen van biochar. Dit maakt de implementatie interessanter voor ondernemers. Door het organisch materiaal te pyrolyseren wordt de koolstof van dat materiaal lastiger afbreekbaar en kan het eeuwen tot millennia vastgehouden worden (Bakker z.d.).

Een meta-analyse geeft weer dat biochar een algehele reductie in de uitstoot van  $N_2O$  (lachgas) stimuleert. Hierbij wordt een emissiereductie van 38% geconstateerd direct na het toedienen van de stof. Deze reductie van  $N_2O$  is echter nog niet statistisch onderbouwd aangezien nog te weinig data beschikbaar is. Wel geeft dit een positief beeld voor toekomstig onderzoek. Biochar heeft naast zijn invloed op  $N_2O$  ook invloed op  $NO_3^-$  (nitraat) uitspoeling. De effecten op  $NO_3^-$  verschillen echter per bodem type maar op zandige gronden wordt een duidelijke vermindering van  $NO_3^-$  uitspoeling geconstateerd zonder dat het stikstofgehalte in de bodem verlaagd wordt (Borchard *et al.* 2019). Biochar vermindert de uitspoeling van nitraat mogelijk doordat het bodemprocessen beïnvloed en nitraat kan opnemen en afgeven. Bodemeigenschappen en processen kunnen op verschillende manieren door biochar worden gewijzigd. Biochar verhoogt de pH van de bodem vanwege het "verkalkende effect" wat een verschuiving tussen  $NH_4^+/NH_3$  induceert. Hierbij wordt de afgifte van  $NH_3$  bij een verhoogde pH gestimuleerd en de kans op  $NH_3$  vervluchtiging vergroot. Hierdoor hebben met name zure bodems een verminderde kans op  $NO_3^-$  concentraties en uitspoeling. Een andere verklaring voor de mindering in de uitspoeling van nitraat is dat nitraat zich mogelijk bindt aan biochar (Borchard *et al.* 2019).

### Stro-opname

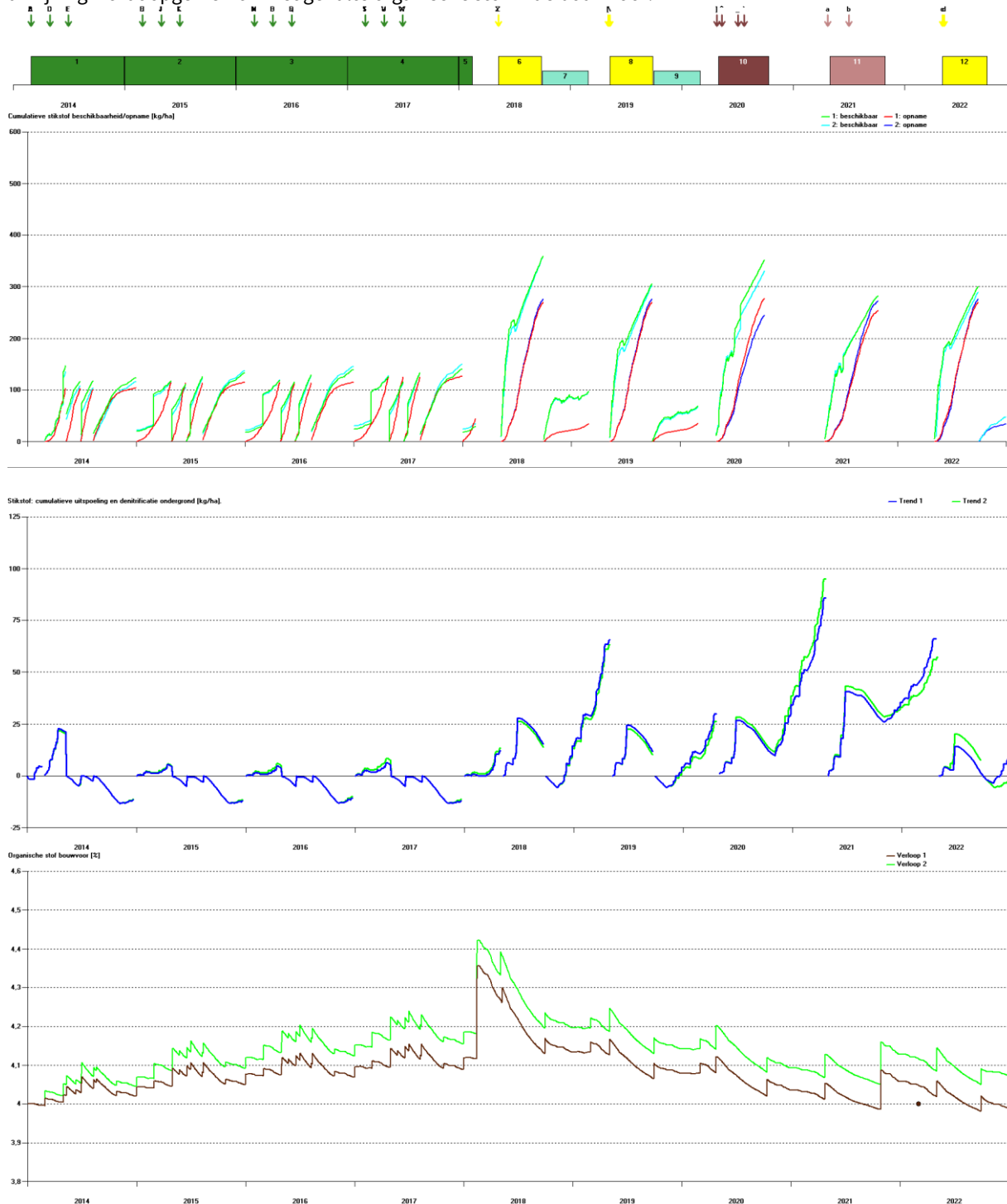
Het kan voorkomen dat de periode tussen de oogst van een gewas en het inzaaien van het vervolg gewas te kort is voor het planten van een groenbemester. In situaties waarbij het toedienen van groenbemesters geen optie is en het perceel daardoor braak ligt kan het toevoegen van stroresiduen voordelen bieden. Stroresiduen hebben gemiddeld een brede C/N verhouding waardoor ze aanzienlijk hoeveelheden nitraat kunnen binden. Een ton stroresidu met een N gehalte van 0,4% heeft de mogelijkheid om 9 kg anorganische stikstof te binden. Wanneer deze techniek met regelmaat wordt toegepast leidt het ook tot een stijging in organisch stofgehalte van de bodem (Kirchmann 2002).

### Beheer van biologische bodemprocessen

Biologische processen in de bodem zijn bepalend voor de hoeveelheid nitraat die vrijkomt uit organisch materiaal. Met name in het najaar wanneer het hoofdgewas geteeld is het gewenst de vorming van nitraat te limiteren. Voor het limiteren van de afgifte van nitraat zijn proeven uitgevoerd waarbij nitrificatie remmende stoffen zijn toegevoegd aan meststoffen die ammonium bevatten. Hiermee is echter geen significant resultaat behaald (Kirchmann 2002). Desondanks blijft het idee om omzettingen van N in de bodem te remmen interessant. Met name in de herfstperiode kan door het voorkomen van bepaalde omzettingen die leiden tot het vormen van nitraat veel uitspoeling voorkomen worden. In recenter onderzoek is aangetoond dat het toevoegen van nitrificatie remmers bij de bemesting effect heeft op de uitspoeling of denitrificatie van nitraat in het najaar. Beide studies geven echter aan niet zeker te zijn wat het exacte effect van de nitrificatie remmers is geweest doordat bij de proeven meerdere verschillende variabelen aanwezig waren zoals temperatuur en pH. Hierdoor is vervolgonderzoek nodig voordat uitspraken gedaan kunnen worden (Wang *et al.* 2021; Ramotowski & Shi 2022).

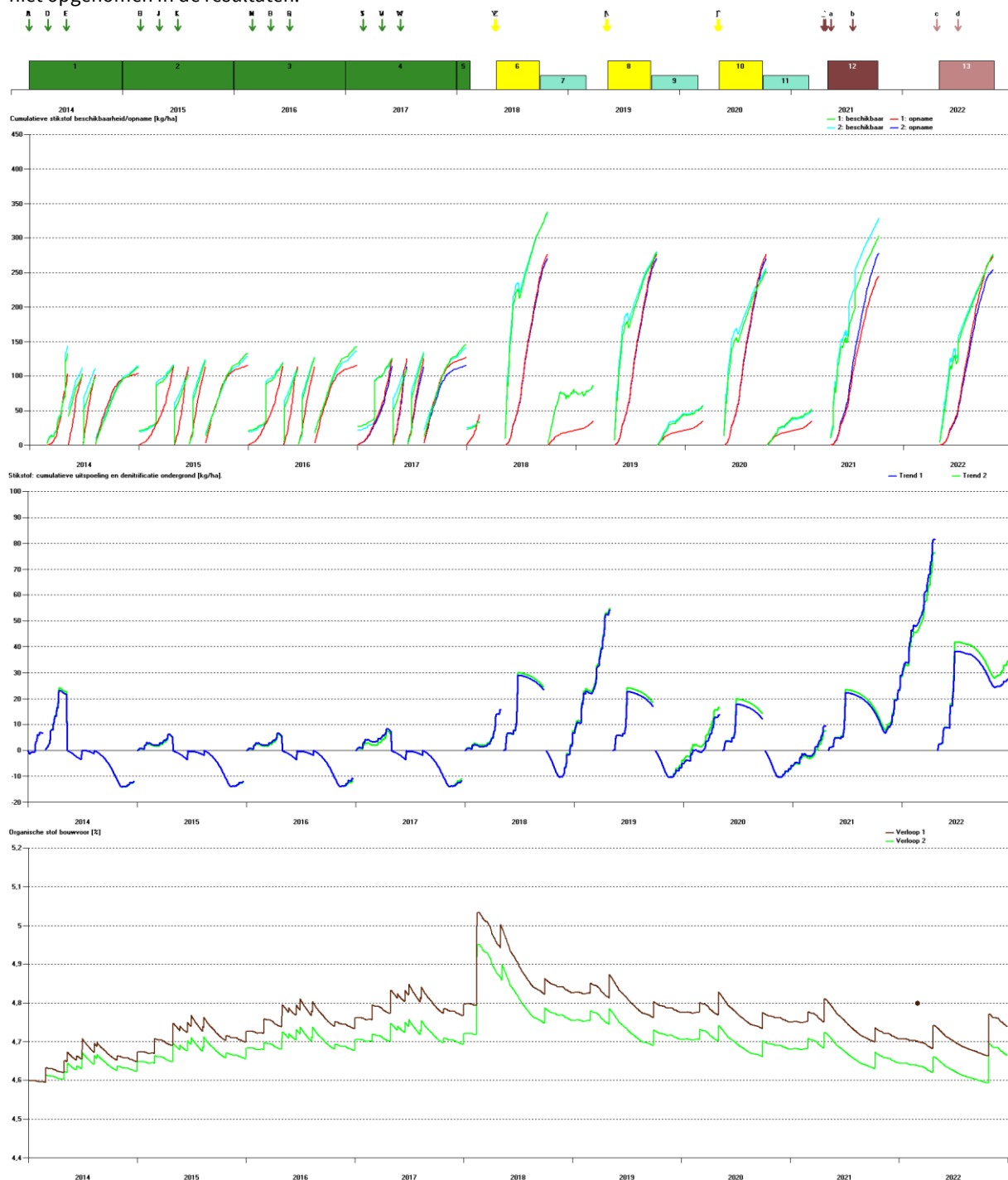
## Bijlage 4 vergelijking percelen 5a, 5b en 6a, 6b

Naast perceel 5a zijn ook resultaten uitgewerkt voor perceel 5b. Dit zijn twee percelen met gelijke bodemwaardes en gewassen maar met verschillende vormen van bemesting. Perceel 5a (trend 1, Figuur 30) wordt bemest met rundveedrijfmest, perceel 5b (trend 2, Figuur 31) wordt bemest met een digestaat uit een vergistingsproces. Perceel 5b is niet opgenomen omdat de resultaten bijna identiek zijn aan de resultaten van perceel 5a. De grootste afwijking wordt opgemerkt in het gehalte organische stof in de bouwvoor.



Figuur 30. Vergelijking tussen perceel 5a en perceel 5b op beschikbare stikstof, uitspoeling en organische stof.

Perceel 6a en 6b zijn identiek aan perceel 5a en 5b afgezien van een andere gewas rotatie. Hierdoor worden tussen percelen 6a en 6b dezelfde verschillen opgemerkt als bij percelen 5a en 5b zie Figuur 31. Hierdoor is ook perceel 6b niet opgenomen in de resultaten.



Figuur 31. Vergelijking tussen perceel 6a en perceel 6b op beschikbare stikstof, uitspoeling en organische stof.

## Bijlage 5 Vragenlijst interviews ondernemers

### Gesprekken met de ondernemers:

Belangrijk om duidelijk te maken dat wij de praktische kennis van de ondernemers nodig hebben om onze data beter te begrijpen en om de vertaling te maken naar de praktische toepassing in het veld. De ondernemers maken deel uit van het team en helpen mee bij het bedenken van toepasselijke oplossingen voor de gevonden kritieke punten uit de NDICEA-stikstofplanner. De onderzoekers en de ondernemers werken samen en de onderzoekers nemen geen dicterende houding aan.

Tijdens het eerste gesprek wordt de huidige kennis van de ondernemers ingeschat middels het stellen van vragen die gaan over de huidige regelgeving en betekenissen omtrent stikstofuitspoeling. Vragen over de huidige werkzaamheden om stikstof op hun bedrijven te verlagen zullen inzicht geven over verschillende oplossingen die bij de ondernemers bekend zijn. Ook wordt de gemodelleerde data gepresenteerd en zullen de reacties van de ondernemers bepalend zijn voor het werken naar een juiste visualisatie.

- Wat betekend stikstofuitspoeling voor de ondernemers?
- Hebben ondernemers kennis over de verschillende invloeden m.b.t. stikstofuitspoeling?
- Hoe ervaren de ondernemers de ernst van dit probleem?
- Welke huidige maatregelen treffen de ondernemers om stikstofuitspoeling te verlagen?
- Zijn ondernemers tevreden met de huidige wetgeving?
- Denken de ondernemers te voldoen aan de huidige maatregelen?
- Hoe weet een ondernemer of hij/zij voldoet aan de huidige maatregelen?
- Hoe stellen de ondernemers zich een optimale situatie voor?
  
- Zijn ondernemers bekend met precisielandbouw?
- Zijn de ondernemers bekend met de NDICEA-stikstofplanner of dergelijke?
- Wat vinden ondernemers van het individueel bepalen van stikstofgehaltenes t.o.v. het gebruik van lokale gemiddeldes? Wat vinden ze van de kosten?
- Wat vinden de ondernemers van de gemodelleerde resultaten op basis van onderneming specifieke data? Vinden ze het nuttig?
- Bespreek de stikstofbeschikbaarheid en de voordelen/nadelen van het verhogen/verlagen/verspreiden van de stikstofgift.

Belangen-analyse. Belangen worden gerangschikt op relevantie.

- Kosten oplossingen
- Effectiviteit oplossingen
- Minimale aanpassing in bedrijfsvoering
- Opbrengst kwantiteit
- Opbrengst kwaliteit
- Implementatie tijd
- Overig

(Evt. missende data aanvullen met de kennis van de ondernemers)

## Bijlage 6 Evaluatieformulier interviews

### Evaluatieformulier interview

Naam en datum geïnterviewde:

Naam van interviewer(s):

**Heb je signalen opgevangen dat een bedrijf zich overvraagd voelde? (Omcirkel wat van toepassing is)**

Ja/ Nee

**Hoelang duurde het interview?**

... min

**Viel het interview binnen de afgesproken tijd?**

☐ Ja, het interview was sneller afgelopen

☐ Ja, de afgesproken tijd was precies goed

☐ Nee, het interview duurde te lang

**Hoe betrouwbaar denk je dat de gegeven resultaten zijn?**

|                           |   |   |   |   |   |   |   |   |                 |
|---------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------------|
| Helemaal niet betrouwbaar |   |   |   |   |   |   |   |   | Erg betrouwbaar |
| 1                         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10              |

**In hoeverre hebben we een beeld van de keten waarin dit bedrijf opereert?**

|                     |   |   |   |   |   |   |   |   |                    |
|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------------|
| Helemaal geen beeld |   |   |   |   |   |   |   |   | Een compleet beeld |
| 1                   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10                 |

**In hoeverre hebben we een beeld van de geïmplementeerde stikstof maatregelen?**

|                     |   |   |   |   |   |   |   |   |                    |
|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------------|
| Helemaal geen beeld |   |   |   |   |   |   |   |   | Een compleet beeld |
| 1                   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10                 |

**In hoeverre hebben we een beeld van de kennis van de ondernemer omtrent stikstof (wetgeving, verloop in de bodem).**

|                     |   |   |   |   |   |   |   |   |                    |
|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------------|
| Helemaal geen beeld |   |   |   |   |   |   |   |   | Een compleet beeld |
| 1                   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10                 |

**In hoeverre heb je al een beeld van de oorzaken van nitraat uitspoeling van het bedrijf?**

|                     |   |   |   |   |   |   |   |   |                    |
|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------------|
| Helemaal geen beeld |   |   |   |   |   |   |   |   | Een compleet beeld |
| 1                   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10                 |

**In hoeverre heb je een beeld van de exacte data van het bedrijf?**

|                        |   |   |   |   |   |   |   |   |                          |
|------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------------------|
| Helemaal<br>geen beeld |   |   |   |   |   |   |   |   | Een<br>compleet<br>beeld |
| 1                      | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10                       |

**In hoeverre denk je dat dit bedrijf bereid is stikstof meting uit te voeren?**

|                         |   |   |   |   |   |   |   |   |               |
|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------|
| Helemaal<br>niet bereid |   |   |   |   |   |   |   |   | Erg<br>bereid |
| 1                       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10            |

**In hoeverre denk je dat dit bedrijf bereid is nieuwe maatregelen/oplossingen te implementeren?**

|                         |   |   |   |   |   |   |   |   |               |
|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------|
| Helemaal<br>niet bereid |   |   |   |   |   |   |   |   | Erg<br>bereid |
| 1                       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10            |

**In hoeverre denk je dat dit bedrijf bereid is om met de NDICEA-stikstofplanner te werken?**

|                         |   |   |   |   |   |   |   |   |               |
|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------|
| Helemaal<br>niet bereid |   |   |   |   |   |   |   |   | Erg<br>bereid |
| 1                       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10            |

**Zijn er duidelijke dingen die aangepast moeten worden in de interview vragenlijst?**

.....

**Zijn er begrippen die tijdens het gesprek werden genoemd die nieuw voor je waren?**

.....

## Bijlage 7 Ingevulde data resultaten perceel 5a en 6a

Voor de modelering van percelen 5 en 6 is veel data ingevoerd voor de originele situatie en zijn meerdere data punten aangepast voor het alternatieve scenario. Hierdoor is de toelichting van de exacte getallen verplaatst naar de bijlage. De gebruikte waardes komen van verschillende teelten tijdens een droog jaar. Voor perceel 5 is het gewas met bijhorende zaai en oogstdatum en toegepaste bemesting is opgenomen in Tabel 4.

Tabel 4. Ingevulde data voor het modelleren van de originele situatie van perceel 5a.

| Jaar | Gewas                                               | Zaai                              | Oogst                                                  | Bemesting                                                                                        |
|------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2014 | Grasland                                            | 3 maart                           | -                                                      | 3 momenten, rundveedrijfmest + kunstmest (maart, mei, juli)                                      |
| 2015 | Grasland                                            | Vol jaar                          | Vol jaar                                               | 3 momenten, rundveedrijfmest + kunstmest (maart, mei, juli)                                      |
| 2016 | Grasland                                            | Vol jaar                          | Vol jaar                                               | 3 momenten, rundveedrijfmest + kunstmest (maart, mei, juli)                                      |
| 2017 | Grasland                                            | Vol jaar                          | Vol jaar                                               | 3 momenten, rundveedrijfmest + kunstmest (maart, mei, juli)                                      |
| 2018 | 1, Grasland<br>2, Snijmais<br>3, Italiaans raaigras | 1, -<br>2, 10 mei<br>3, 1 oktober | 1, 14 februari<br>2, 29 september<br>3, 1 maart (2019) | 5 mei 40 ton/ha rundveedrijfmest + 40,5 kg/ha stikstof kunstmest                                 |
| 2019 | 1, Snijmais<br>2, Italiaans raaigras                | 1, 10 mei<br>2, 1 oktober         | 1, 29 september<br>2, 1 maart (2019)                   | 5 mei 40 ton/ha rundveedrijfmest + 40,5 kg/ha N kunstmest                                        |
| 2020 | Aardappelen                                         | 1 mei                             | 12 oktober                                             | 25 april rundveedrijfmest 40 ton/ha, 11 mei 70,2 N kg/ha kunstmest, 23 juli 27 N kg/ha kunstmest |
| 2021 | Suikerbiet                                          | 1 mei                             | 29 oktober                                             | 25 april 40 ton/ha rundveedrijfmest, 3 juli 27 N kg/ha kunstmest                                 |
| 2022 | 1, Snijmais<br>2, Italiaans raaigras                | 1, 10 mei<br>2, 1 oktober         | 1, 29 september<br>2, 1 maart (2019)                   | 5 mei 40 ton/ha rundveedrijfmest + 40,5 kg/ha N kunstmest                                        |

De ingevulde data voor het alternatieve scenario van perceel 5 is zichtbaar in Tabel 5. Aangepaste waardes worden dik gedrukt weergegeven.

Tabel 5. Ingevulde data voor het modelleren van de alternatieve situatie van perceel 5a.

| Jaar | Gewas                                               | Zaai                              | Oogst                             | Bemesting                                                   |
|------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 2014 | Grasland                                            | 3 maart                           | -                                 | 3 momenten, rundveedrijfmest + kunstmest (maart, mei, juli) |
| 2015 | Grasland                                            | Vol jaar                          | Vol jaar                          | 3 momenten, rundveedrijfmest + kunstmest (maart, mei, juli) |
| 2016 | Grasland                                            | Vol jaar                          | Vol jaar                          | 3 momenten, rundveedrijfmest + kunstmest (maart, mei, juli) |
| 2017 | Grasland                                            | Vol jaar                          | Vol jaar                          | 3 momenten, rundveedrijfmest + kunstmest (maart, mei, juli) |
| 2018 | 1, Grasland<br>2, Snijmais<br>3, Italiaans raaigras | 1, -<br>2, 10 mei<br>3, 1 oktober | 1, 14 februari<br>2, 29 september | <b>Geen bemesting</b>                                       |

|      |                                         |                                  |                                         |                                                                                                              |
|------|-----------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |                                         |                                  | 3, 1 maart<br>(2019)                    |                                                                                                              |
| 2019 | 1, Snijmais<br>2, Italiaans raaigras    | 1, 10 mei<br>2, 1 oktober        | 1, 29 september<br>2, 1 maart<br>(2019) | 5 mei 40 ton/ha rundveedrijfmest + 40,5 kg/ha N kunstmest                                                    |
| 2020 | 1, Aardappelen<br><b>2, Winterrogge</b> | 1, 1 mei<br><b>2, 20 oktober</b> | 1, 12 oktober<br><b>2, februari</b>     | 25 april rundveedrijfmest 40 ton/ha, 11 mei <b>50 N kg/ha</b> kunstmest, 23 juli <b>10 N kg/ha</b> kunstmest |
| 2021 | 1, Suikerbiet<br><b>2, Winterrogge</b>  | 1, 1 mei<br><b>2, 30 oktober</b> | 1, 29 oktober<br><b>2, 27 februari</b>  | 25 april 40 ton/ha rundveedrijfmest, 3 juli 27 N kg/ha kunstmest                                             |
| 2022 | 1, Snijmais<br>2, Italiaans raaigras    | 1, 10 mei<br>2, 1 oktober        | 1, 29 september<br>2, 1 maart<br>(2019) | 5 mei 40 ton/ha rundveedrijfmest + 40,5 kg/ha N kunstmest                                                    |

Voor de originele situatie op perceel 6 zijn de volgende data ingevuld (Tabel 6).

Tabel 6. Ingevulde data voor het modelleren van de originele situatie van perceel 6a.

| Jaar | Gewas                                               | Zaai                              | Oogst                                                  | Bemesting                                                                                        |
|------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2014 | Grasland                                            | 3 maart                           | -                                                      | 3 momenten, rundveedrijfmest + kunstmest (maart, mei, juli)                                      |
| 2015 | Grasland                                            | Vol jaar                          | Vol jaar                                               | 3 momenten, rundveedrijfmest + kunstmest (maart, mei, juli)                                      |
| 2016 | Grasland                                            | Vol jaar                          | Vol jaar                                               | 3 momenten, rundveedrijfmest + kunstmest (maart, mei, juli)                                      |
| 2017 | Grasland                                            | Vol jaar                          | Vol jaar                                               | 3 momenten, rundveedrijfmest + kunstmest (maart, mei, juli)                                      |
| 2018 | 1, Grasland<br>2, Snijmais<br>3, Italiaans raaigras | 1, -<br>2, 10 mei<br>3, 1 oktober | 1, 14 februari<br>2, 29 september<br>3, 1 maart (2019) | 5 mei 40 ton/ha rundveedrijfmest + 40,5 kg/ha stikstof kunstmest                                 |
| 2019 | 1, Snijmais<br>2, Italiaans raaigras                | 1, 10 mei<br>2, 1 oktober         | 1, 29 september<br>2, 1 maart (2019)                   | 5 mei 40 ton/ha rundveedrijfmest + 40,5 kg/ha N kunstmest                                        |
| 2020 | 1, Snijmais<br>2, Italiaans raaigras                | 1, 10 mei<br>2, 1 oktober         | 1, 29 september<br>2, 1 maart (2019)                   | 5 mei 40 ton/ha rundveedrijfmest + 40,5 kg/ha N kunstmest                                        |
| 2021 | Aardappelen                                         | 1 mei                             | 12 oktober                                             | 25 april rundveedrijfmest 40 ton/ha, 11 mei 70,2 N kg/ha kunstmest, 23 juli 27 N kg/ha kunstmest |
| 2022 | Suikerbiet                                          | 1 mei                             | 29 oktober                                             | 25 april 40 ton/ha rundveedrijfmest, 3 juli 27 N kg/ha kunstmest                                 |

De ingevulde data voor het alternatieve scenario van perceel 6 is zichtbaar in Tabel 7. Aangepaste waarden worden dik gedrukt weergegeven.

Tabel 7. Ingevulde data voor het modelleren van de alternatieve situatie van perceel 6a.

| Jaar | Gewas                                                                                            | Zaai                              | Oogst                                                  | Bemesting                                                                                                    |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2014 | Grasland                                                                                         | 3 maart                           | -                                                      | 3 momenten, rundveedrijfmest + kunstmest (maart, mei, juli)                                                  |
| 2015 | Grasland                                                                                         | Vol jaar                          | Vol jaar                                               | 3 momenten, rundveedrijfmest + kunstmest (maart, mei, juli)                                                  |
| 2016 | Grasland                                                                                         | Vol jaar                          | Vol jaar                                               | 3 momenten, rundveedrijfmest + kunstmest (maart, mei, juli)                                                  |
| 2017 | Grasland                                                                                         | Vol jaar                          | Vol jaar                                               | 3 momenten, rundveedrijfmest + kunstmest (maart, mei, juli)                                                  |
| 2018 | 1, Grasland<br>2, Snijmais<br><b>(stikstofgehalte verlaagt met 10%)</b><br>3, Italiaans raaigras | 1, -<br>2, 10 mei<br>3, 1 oktober | 1, 14 februari<br>2, 29 september<br>3, 1 maart (2019) | <b>Geen bemesting</b>                                                                                        |
| 2019 | 1, Snijmais<br><b>(stikstofgehalte verlaagt met 10%)</b><br>2, Italiaans raaigras                | 1, 10 mei<br>2, 1 oktober         | 1, 29 september<br>2, 1 maart (2019)                   | 5 mei 40 ton/ha rundveedrijfmest + 40,5 kg/ha N kunstmest                                                    |
| 2020 | 1, Snijmais<br><b>(stikstofgehalte verlaagt met 10%)</b><br>2, Italiaans raaigras                | 1, 10 mei<br>2, 1 oktober         | 1, 29 september<br>2, 1 maart (2019)                   | 5 mei 40 ton/ha rundveedrijfmest + 40,5 kg/ha N kunstmest                                                    |
| 2021 | 1, Aardappelen<br><b>2, Winterrogge</b>                                                          | 1, 1 mei<br><b>2, 20 oktober</b>  | 1, 12 oktober<br><b>2, februari</b>                    | 25 april rundveedrijfmest 40 ton/ha, 11 mei <b>50 N kg/ha</b> kunstmest, 23 juli <b>10 N kg/ha</b> kunstmest |
| 2022 | 1, Suikerbiet<br><b>2, Winterrogge</b>                                                           | 1, 1 mei<br><b>2, 30 oktober</b>  | 1, 29 oktober<br><b>2, 27 februari</b>                 | 25 april 40 ton/ha rundveedrijfmest, 3 juli 27 N kg/ha kunstmest                                             |

Volgens Van der Burgt (2011) mag het stikstofgehalte van het gewas zelf met 10% verlaagd worden wanneer de stikstof opname de beschikbare stikstof bij een gewas overschrijdt en bij andere gewassen niet. Dit mag plaats vinden omdat het mogelijk is dat het toegepaste ras van het gewas een andere stikstofopname heeft. Het kan ook voorkomen dat de gemiddelde opname in de stikstofplanner dat jaar niet behaald werd. Hierdoor mag het stikstofgehalte van het gewas met 10% verlaagd worden. Na het toepassen van deze regel kwam de stikstof opname van snijmais onder de beschikbaarheid. Dit maakte de grafiek kloppend.

## Bijlage 8 uitgebreide samenvatten van de interviews

### 1. Stikstofuitspoeling:

Stikstofuitspoeling wordt door de verschillende ondernemers vooral gezien als bron van kostenverlies. Doordat stikstof uitspoelt kunnen de gewassen hier geen gebruik van maken wat een negatieve invloed heeft op de gewasopbrengst. Ook is volgens de ondernemers de inkoopprijs van (kunst)mest niet goedkoop waardoor stikstofuitspoeling gelijk staat aan geldverspilling.

Tijdens de interviews werd duidelijk dat er verschillen zitten in het kennisniveau van de ondernemers als het gaat over de achterliggende processen die invloed hebben op nitraatuitspoeling. De ondernemers op de zandgronden gaven aan op de hoogte te zijn van invloeden zoals het organisch stofgehalte en neerslag in combinatie met het braak liggen van een perceel. Sommige van de ondernemers gaven aan naast het traject bij AgroProeftuin de Peel ook aangesloten te zijn bij het BodemUp project van ZLTO. Via deze routes en het delen van informatie met andere ondernemers vergaren ondernemers meer kennis over het onderwerp nitraatuitspoeling. De ondernemer op de kleigronden had minder diepgang in kennis over de verschillende processen die bijdragen aan de nitraatuitspoeling. Hierbij werd aangemerkt dat wegens de verschillende grondsoort en andere vorm van bedrijfsvoering er minder ingezoomd dient te worden op de uitspoeling van nitraat.

De meeste ondernemers gaven aan het huidige stikstofprobleem te erkennen alhoewel er volgens sommige ondernemers nuances aan toe te voegen zijn. Zo gaven de ondernemers aan het beste te willen doen voor boer en milieu. Dit is te zien in de verschillende maatregelen die de ondernemers toepassen zoals het gebruik van de juiste gewasrotaties, het gebruik van vanggewassen en het efficiënt omgaan met de bemesting. Alleen geven de ondernemers aan dat de focus te veel wordt gelegd op de derogatiebedrijven en dat het stikstofprobleem niet enkel binnen de veehouderij is op te lossen.

### 2. Wetgeving:

De ondernemers geven aan ontevreden te zijn met de huidige wetgeving. Er zouden tegenstellingen zijn in de wetgeving waardoor de ondernemer soms gelimiteerd wordt en niet altijd kan uitvoeren wat zij zien als een betere oplossing voor het reduceren van de nitraatuitspoeling. De ondernemers geven aan dat verbinding tussen de politiek en de praktijk onvoldoende is waardoor de tegenstellige wetgeving tot stand komt.

Alle ondernemers houden zich aan de gestelde maatregelen die gesteld zijn om de nitraatuitspoeling te reduceren. Alleen of zij op bedrijfsniveau ook voldoen aan de huidige Nitraatrichtlijn van 50mg/L is volgens hen lastig te bepalen. Met enige praktische kennis proberen de ondernemers eventuele overschotten in het bodenstikstofgehalte in te schatten. Op dit moment zijn bedrijfsspecifieke bodem- en grondwatermetingen voor eigen kosten en moeten deze op eigen initiatief worden uitgevoerd. Er zijn op dit moment geen voordelen voor de ondernemers om deze metingen uit te voeren en deze zelf te moeten bekostigen.

Een exacte uitspraak over het behalen van de Nitraatrichtlijn op bedrijfsspecifiek niveau was lastig te stellen. Sommige ondernemers geven aan in samenwerking met verschillende instanties soms metingen op hun percelen uit te voeren alleen worden er vraagtekens gesteld bij de accuraatheid van deze metingen.

Het bepalen van de stikstofgehalten op bedrijfsniveau in plaats van op lokaal niveau werd door de ondernemers gezien als een interessant idee omdat dit volgens hen inzichten kan bieden voor collega's die nu nog de ogen gesloten houden voor het huidige stikstofprobleem. Over de realistische toepasbaarheid van metingen voor elke ondernemer op bedrijfsniveau zijn echter twijfels. Enkele ondernemers gaven aan graag beloningen te zien voor ondernemers wanneer zij op bedrijfsniveau zouden voldoen aan de gestelde Nitraatrichtlijn. Deze beloning zou niet strikt financieel hoeven te zijn, meer ruimte binnen de stikstofbalans of meer mogelijkheden om het organisch stofgehalte te verhogen op de percelen zou ook gewaardeerd worden.

In een optimale situatie geven de ondernemers aan graag meer ruimte te willen krijgen op hun perceel voor bijvoorbeeld het uitproberen van verschillende technieken of voor het verhogen van het organische stof. Ook werden systemen zoals de Kringloopwijzer, BEKS en Minas 2.0 genoemd als nuttig voor het inschatten van de

effectiviteit van de getroffen maatregelen op bedrijfsniveau. Volgens de ondernemers is het vooral belangrijk dat de politiek op een inclusieve manier in gesprek gaat met deskundige binnen de praktijk.

### 3. NDICEA-stikstofplanner:

De ondernemers zijn over het algemeen niet bekend met een model zoals de NDICEA-stikstofplanner om het verloop van stikstof te kunnen modelleren. Wel waren zij bekend met precisielandbouw met enige twijfels over de toepasbaarheid hiervan wegens de kosten en onvoldoende ondersteuning vanuit de overheid.

De gemodelleerde situaties gebaseerd op perceel specifieke data en de alternatieve scenario's werden positief ontvangen omdat dit bijdraagt aan het vinden van het optimale resultaat. Ook werd aangegeven dat de stikstofplanner kan bijdragen aan het inkorten van de benodigde tijd die normaal nodig is voor het vinden van de optimale situaties in het veld. De ondernemers konden hun praktische kennis verbinden met de resultaten uit de stikstofplanner en kwamen met verschillende inzichten over de toegepaste oplossingen van de gemodelleerde alternatieve scenario's. Wel werd er opgemerkt dat ondernemers graag tastbare resultaten zien maar dat de stikstofplanner goed gebruikt kan worden voor het maken van inschattingen en het starten van gezonde discussies.

### 4. Prioriteiten:

Tijdens het maken van deze analyse is onderzocht wat de belangen van de verschillende ondernemers zijn binnen de kaders van de Nitraatrichtlijn in combinatie met hun bedrijfsvoering. Alle ondernemers gaven aan het economische aspect het belangrijkste te vinden. Hierbij werd aangegeven dat de ondernemers bereid zijn verschillende aanpassingen toe te passen op de huidige bedrijfsvoering en open staan voor verschillende experimentele oplossingen met als doel het reduceren van de nitraatuitspoeling. Alleen moeten deze aanpassingen en oplossingen op economisch niveau zorgen voor een verbetering of op zijn minst gelijk zijn aan de kosten van de huidige bedrijfsvoering. De gesproken ondernemers zijn precies wat de benaming impliceert, ondernemers, en zij geven aan ook winst te willen maken. Naast het economische aspect geven de ondernemers aan de kwaliteit en kwantiteit van het gewas belangrijk te vinden. Dit sluit aan bij het economische aspect omdat een gezond gewas zorgt voor een hogere financiële opbrengst. Er werd aangegeven dat de ondernemers open staan voor verschillende oplossingen wanneer deze ook aantoonbaar positieve resultaten kunnen opleveren. Wanneer er wordt voldaan aan deze eisen vinden de ondernemers het geen probleem om de huidige bedrijfsvoering aan te passen of een meerjarig plan te implementeren voor het verlagen van de nitraatuitspoeling.