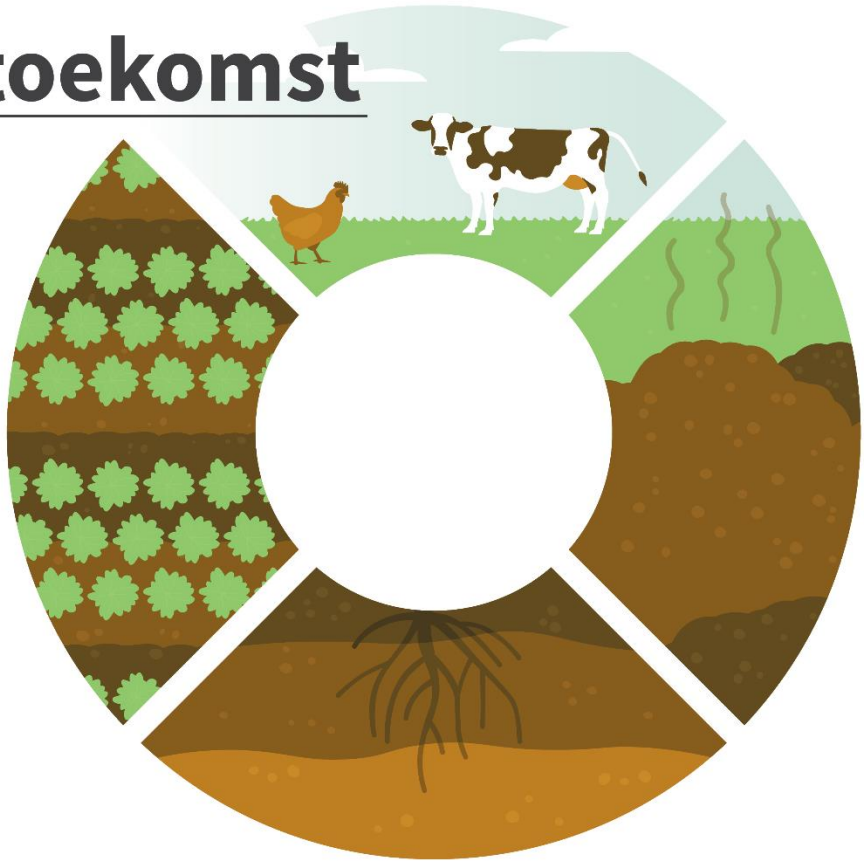
Ontwerpend Onderzoek

Het landschap van de toekomst



28-06-2020

HAS Kennistransfer en Bedrijfsopleidingen
Lectoraat Innovatief Ondernemen met Natuur

R.T.M. Berende, S.N. de Hoop, J.C. Scherff

Ontwerpend Onderzoek

Het landschap van de toekomst

‘‘Het ruimtelijk, getalsmatig en objectief doorrekenen en het toepassen van verschillende scenario’s binnen de kringlooplandbouw om te kijken wat de mogelijkheden zijn in Nederland’’

28-06-2020

HAS Kennistransfer en Bedrijfsopleidingen

Lectoraat Innovatief Ondernemen met Natuur

R.T.M. Berende, S.N. de Hoop, J.C. Scherff

kennistransfer en bedrijfsopleidingen

HAS Kennistransfer en Bedrijfsopleidingen
Onderwijsboulevard 221
Postbus 90108
5200 MA 's-Hertogenbosch
Telefoon: (088) 890 36 37

Documenttitel:	Ontwerpend onderzoek naar het landschap van de toekomst
Projectcode:	19400438
Status:	DEFINITIEF
Opdrachtgever:	Provincie Noord-Brabant, Lectoraat Innovatief Ondernemen met Natuur
Contactpersoon:	Daan Groot
Projectleider:	Rolf Kerkhof Mogot
Projectteam:	Rachelle Berende Stefan de Hoop Hanjo Scherff
Plaats:	's-Hertogenbosch
Datum:	28 juni 2020

has hogeschool

Voorwoord

In het kader van ons afstudeerproject hebben wij met veel enthousiasme onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden voor kringlooplandbouw in Nederland. Dit hebben we gedaan door literatuuronderzoek, het interviewen van deskundigen en het (ruimtelijk, getalsmatig en objectief) doorrekenen en analyseren van verschillende scenario's. Dit heeft geresulteerd in een infographic waarin het landschap van de toekomst met bijbehorende mogelijkheden wordt gevisualiseerd. Wij willen graag de procesbegeleider Rolf Kerkhof Mogot bedanken voor zijn input in het onderzoek. Daarnaast willen we graag contactpersoon Daan Groot bedanken voor zijn input. Ook willen we de externen partijen bedanken voor hun toevoegingen aan het onderzoek.

Wij wensen u veel leesplezier toe!

Rachelle Berende, Stefan de Hoop en Hanjo Scherff

‘s-Hertogenbosch, 18 juni 2020

Samenvatting

De bodem is de basis van de landbouw, maar deze dreigt uitgeput te raken. Het huidige landbouwbeleid, dat gericht is op maximale productie, zorgt ervoor dat de biodiversiteit op en in de bodem afneemt. De kringloopgedachte bestaat uit het optimaal benutten van mineralen in elke schakel en het verminderen van verliezen. De focus komt te liggen op maximale benutting van de bodemcapaciteit in plaats van maximale productie. Natuur en landbouw zijn in toekomstig Nederland onlosmakelijk met elkaar verbonden. De opdrachtgever, lectoraat 'Innovatief ondernemen met natuur', en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit' zien kringlooplandbouw, met maximale efficiëntie van mineralen, als oplossing om natuur en landbouw te verbinden.

De hoofdonderwerpen van kringlooplandbouw zijn bodem, gewas, vee en mest. Voor de landbouwsectoren veehouderij en akkerbouw is er een kringloopmodel gemaakt. De basis van dit model is de bodem en de bodem is verder uitgesplitst naar grondsoort. Deze grondsoorten passen binnen een landschapstype. Binnen de bovengenoemde kringloop vindt er uitwisseling plaats van de drie cruciale nutriënten, stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K). Desondanks heeft de bodem maar een bepaalde capaciteit om nutriënten vast te houden. Bij een overmaat spoelt N en K uit, terwijl P ophoopt in de bodem. De capaciteit van de bodem is daarom bepaald aan de hand van fosfor, omdat dit de meest stabiele factor in de bodem is.

De gewasbehoefte aan stikstof ligt bij het merendeel van de gewassen hoger dan de capaciteit van de bodem. Dit betekent dat er niet meer nutriënten gegeven mogen worden dan dat de bodem vast kan houden. Het streven naar maximale productie wordt hierdoor beperkt als kringlooplandbouw ingevoerd wordt. Minder gewasopbrengsten betekent minder voer voor humane voeding en minder voer voor de veestapel. Rundvee, varkens en pluimvee nemen stikstof, fosfaat en kalium op, leggen ze vast en stoten ze uit. De benutting van deze nutriënten in het dier zegt iets over de verliezen die optreden en de uiteindelijke gehaltes in de mest. Ook bij het aanwenden en opslaan van mest treden er vooral verliezen op van stikstof.

Vanuit het huidige landbouwbeleid zijn er drie scenario’s geschetst in een infographic die een invulling geven van kringlooplandbouw. Dit zijn, geen kunstmest, meer voedsel voor humane consumptie en het landbouwareaal neemt af. De landschappen verantwoorden het feit dat niet alle gewassen geschikt zijn om op iedere grondsoort te verbouwen. Zandgrond vraagt bijvoorbeeld een hele hoge input om een maximale productie te realiseren. Dit past niet binnen het kringloopbeeld. De chemische, fysische en biologische eigenschappen van de bodem bepalen in belangrijke mate de geschiktheid van het landschap voor het verbouwen van gewassen. Om te blijven produceren moet de bodem worden gevoed met nutriënten.

Begrippenlijst

Bodemcapaciteit = Het vermogen van de grond om nutriënten/organische materiaal en bodemdeeltjes vast te houden.

Derogatie = Bedrijven die graasdieren houden en beschikken over 80 procent grasland mogen meer mest uitrijden dan de standaard gebruiksnormen voor dierlijke mest. Er mag dan 230 kilogram stikstof per hectare per jaar worden uitgereden op zand- en lössgronden. Dit geldt voor de provincies Overijssel, Gelderland, Utrecht, Noord-Brabant en Limburg. Voor de overige bodems/provincies geldt een maximum van 250 kilogram stikstof per hectare. Deze uitzondering geldt niet voor de mest van hokdieren.

Draagkracht = De mate waarin de toplaag weerbaarheid heeft tegenover de uitgeoefende druk, zonder dat er insporing of vervorming optreedt.

Dubbeldoelgewassen = Gewassen die primair worden gebruikt voor humane voeding. De bladeren en stengels kunnen gebruikt worden als veevoer of om de bodem te verbeteren.

Extensiveren = Het minder intensief gebruiken en bewerken van landbouwgrond, waardoor een maximale productie niet haalbaar is. De bodemcapaciteit staat hierbij centraal.

Forfaitaire normen = Het gehalte aan stikstof, fosfaat en kalium per ton mest met onderscheid in diersoort, diercategorie en mestsoort. Deze waardes zijn forfaitair bepaald, dus zonder wegen, bemonsteren en analyseren. Een agrariër kan door middel van deze forfaitaire normen de hoeveelheid aan stikstof en fosfaat berekenen wat er in een jaar is aan- en afgevoerd van het bedrijf.

Fosfaatverzadigde grond = Grond die zodanig opgeladen is met fosfaat dat de fosforconcentratie in het bovenste gedeelte van het grondwater op langere termijn niet hoger is dan 0,15 milligram per liter. Afhankelijk van de grondsoort wordt deze grens vaak al bereikt bij 25% van de totale bindingscapaciteit aan fosfor. Bij een bindingscapaciteit van 50% of meer is de kans op eutrofiëring van oppervlaktewater dermate hoog, dat er negatieve effecten op het ecosysteem optreden.

Gebruiksnormen dierlijke mest = Maximale gift aan stikstof of fosfaat per hectare per jaar.

Gebruiksruimte = Ruimte op basis van landbouwgrond, waar mest op geplaatst kan worden. Dit binnen de grenzen van de gebruiksnormen.

Gevoeligheidsanalyse = Een methode om de effecten te bekijken van gevoelige variabelen.

Infographic = Een informatieve weergave van objecten in de vorm van tekeningen, kaarten en/of grafieken met soms passende teksten voor het overdragen van vaak complexe informatie.

Kringlooplandbouw = Het zo optimaal mogelijk benutten van grondstoffen door hergebruik van mineralen en het inperken van verliezen van mineralen uit de kringloop. Dit met zo weinig mogelijk input, zodat de bodem niet uitgeput raakt.

Kringloopmodel = Het model in Excel waarin alle kerngetallen en analyses berekend zijn.

Kwalitatief onderzoek = Onderzoek waarbij er geen eigen metingen worden uitgevoerd, maar gebruik wordt gemaakt van kwalitatieve bronnen. Onderzoeksvragen worden beantwoord op basis van onder andere interpretaties, ervaringen en betekenis.

Landschap = Het landschap wordt in de fysische geografie opgevat als een deel van het aardoppervlak, waarin de landschapsfactoren gesteente, reliëf, klimaat, bodem, water, lucht, plant, dier en mens onderling met elkaar in verband staan en een geïntegreerd geheel vormen.

Verslemping = Te weinig binding tussen de bodemdeeltjes. Door invallende regendruppels en te weinig organische stof kan er een korst op lichte klei -en lössgronden ontstaan waardoor zaadjes moeilijker kiemen en een gebrek hebben aan lucht en vocht.

Waterbergend vermogen = De capaciteit van de bodem om water op te slaan en vast te houden

Waterdoorlaatbaarheid = De snelheid waarin water door de bodem stroomt. Dit is afhankelijk van veel factoren, zoals de gemiddelde korrelgrootte, de hoeveelheid fijne deeltjes, de vorm van de bodemdeeltjes en homogeniteit van het bodemmateriaal.

Inhoudsopgave

Voorwoord 5
Samenvatting 6
Begrippenlijst 7
1. Inleiding 10
2. Theoretisch kader 13
3. Kringlooplandbouw 18
3.1 Huidig landbouwsysteem 18
3.2 Invullingen van kringlooplandbouw 18
3.3 Impact omgeving 20
3.4 Dubbeldoelgewassen 20
4. Visies betrokken partijen 23
4.1 Onderzoekers, boeren en beleidsmakers 23
4.2 Adviescommissie stikstofproblematiek 24
4.3 De kern van kringlooplandbouw: de bodemkundige 24
5. Capaciteit Nederlandse landbouw 26
5.1 Nederland en zijn landschap 26
5.2 Eigenschappen van de bodem 31
5.3 Bemesting 37
6. Transitie naar kringlooplandbouw 41
6.1 Nutriënteneigenschappen (NPK) 41
6.2 Schematische kringloop 43
6.3 Scenario's 54
7. Landschap van de toekomst 60
8. Conclusie 65
9. Discussie 67
Bibliografie 69
Bijlage 1. Interviews 75
1.1 Diepte interview met Jan Buwalda (docent en bodemkundige) 75
1.2 Diepte interview met Gera van Os (lector Duurzaam bodembeheer) 77
1.3 Diepte interview met Micha Lubbers en Tim Verhoef 78
Bijlage 2. Mestproductie per diergroep 79
Bijlage 3. Fosfaat en stikstof uitstoot 80

1. Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de achtergrond en aanleiding van het onderzoek beschreven. Vervolgens wordt de doelstelling geformuleerd met de bijpassende probleemstelling. Om de probleemstelling te kunnen beantwoorden, zijn er deelvragen opgesteld.

De opdrachtgever van deze beroepssopdracht (BO) is het lectoraat Innovatief Ondernemen met Natuur. Dit is een samenwerking van de HAS Hogeschool met de provincie Noord-Brabant. Het lectoraat heeft als doel om kennis over verdienmogelijkheden met landschap en natuur te bundelen. Deze bundeling kan hierna in de praktijk worden geïmplementeerd. Daarnaast zet het lectoraat het gebruik van natuur in een bredere context. Centraal staat hierin de biodiversiteit in Nederland. Deze moet behouden blijven of zelfs verbeterd worden. Evenzeer levert het lectoraat een bijdrage aan de opschaling van natuurvriendelijke landbouwsystemen en reikt het ook aanvullende praktische informatie aan. Volgens het lectoraat wordt natuur en economie in de huidige maatschappij ten onrechte vaak lijnrecht tegenover elkaar gezet. Dit is volgens de partij ook terug te zien in de sectorale scheiding, natuur en landbouw. Daan Groot en Erwin van Woudenberg zijn van mening dat de natuur de basis is, ook van de economische systemen. Ze werken samen met boeren die meer doen voor de natuur om hieruit een betere boterham te verdienen (Groot & Woudenberg, 2017).

Tegelijkertijd erkent het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) dat de natuur en bodem steeds een belangrijkere rol gaan spelen in het landbouwbeleid. Natuur en landbouw kunnen niet los van elkaar gezien worden. Het ministerie van LNV staat voor duurzaam voedsel, waardevolle natuur en een vitaal platteland. De Nederlandse boeren, tuinders en vissers zijn hierin toonaangevend op een wereldwijde schaal. Om deze visie te behouden zijn er een aantal maatschappelijke uitdagingen ontstaan. De basis van de landbouw, namelijk de bodem, dreigt uitgeput te raken. De biodiversiteit vermindert en Nederland is akkoord gegaan met het klimaatbeleid uit Parijs. Om een basis te leggen voor de kringloop, heeft de minister Carola Schouten een visie neergelegd om de omslag naar kringlooplandbouw te realiseren (RVO, 2020 b).

Belangrijke uitgangspunten van kringlooplandbouw zijn het verminderen van de uitstoot van schadelijke stoffen en het optimaal benutten van grondstoffen zonder de aarde uit te putten. Landbouw, natuur en voedsel moeten waardevol en verbonden zijn. Binnen de het huidige landbouwbeleid ligt de nadruk op maximale productie en kostprijsreductie. De hele keten beschikt over de juiste kennis en onderlinge schakels zijn precies op elkaar afgestemd. Dit systeem begint toch te knellen, zoals onder andere te zien is aan het veranderende landschap en aan de weersomstandigheden binnen Nederland. Het landschap krijgt steeds meer te maken met natte en droge weersomstandigheden die de natuur moet verwerken. Maatschappelijk gezien komen er minder boeren en burgers staan verder van het boerenbedrijf af. Het huidige systeem kan niet langer in stand worden gehouden en vraagt om verandering. In het nieuwe systeem mag de natuur en de bodem niet overvraagd worden (RVO, 2020 b).

Kringlooplandbouw kan op verschillende niveaus bekeken worden. Zo kan een kringloop sluitend gemaakt worden op bedrijfsniveau, binnen een provincie, op nationaal niveau en op mondiaal niveau. Dit is afhankelijk van de mogelijkheden (RVO, 2020 b). In de visie die Carola Schouten heeft voorgelegd is het noodzakelijk dat er vooruitgang wordt geboekt op drie punten: Eerlijke prijs voor de boeren en goede vooruitzichten voor jonge ondernemers, waardering voor boeren en voedsel en Nederland neemt het voortouw in de verbetering van methode om voedsel te produceren.

Deze maatschappelijke uitdagingen leiden tot een totale omslag in de landbouw. Deze omslag is al deels geschetst in grote lijnen, maar het is nog niet volledig uitgekristalliseerd. De ruimtelijke en bedrijfsmatige consequenties van deze visie zijn niet doorgerekend. Dit onderzoek richt zich op een ontwerp, waarbij er verschillende scenario's van kringlooplandbouw ruimtelijk en getalsmatig worden uitgewerkt en doorgerekend.

Doelstelling
Het doel van het ontwerpende onderzoek is:

De capaciteit van het Nederlandse landschap bepalen en de effecten van kringlooplandbouw doorrekenen door middel van scenario's. Deze resultaten worden weergegeven in een samenhangende infographic die het landschap van de toekomst schetst op basis van deze scenario's.

De opdrachtgever ontvangt aan het eind van dit onderzoek het rapport waarin het gehele onderzoek is beschreven. Het rapport bevat ook duidelijke infographics over beschreven onderwerpen, waaronder het kringloopmodel en het landschap van de toekomst. Met het rapport kan de opdrachtgever objectieve onderbouwingen publiceren voor beleidsmakers van het Ministerie van LNV. Waaruit blijkt wat de mogelijkheden zijn wanneer kringlooplandbouw wordt toegepast in Nederland.

Probleemstelling
De probleemstelling van dit onderzoek luidt als volgt:

Wat zijn de consequenties, knelpunten en kansen van kringlooplandbouw voor Nederland?

Onderzoeksvragen
Op basis van de probleemstelling zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

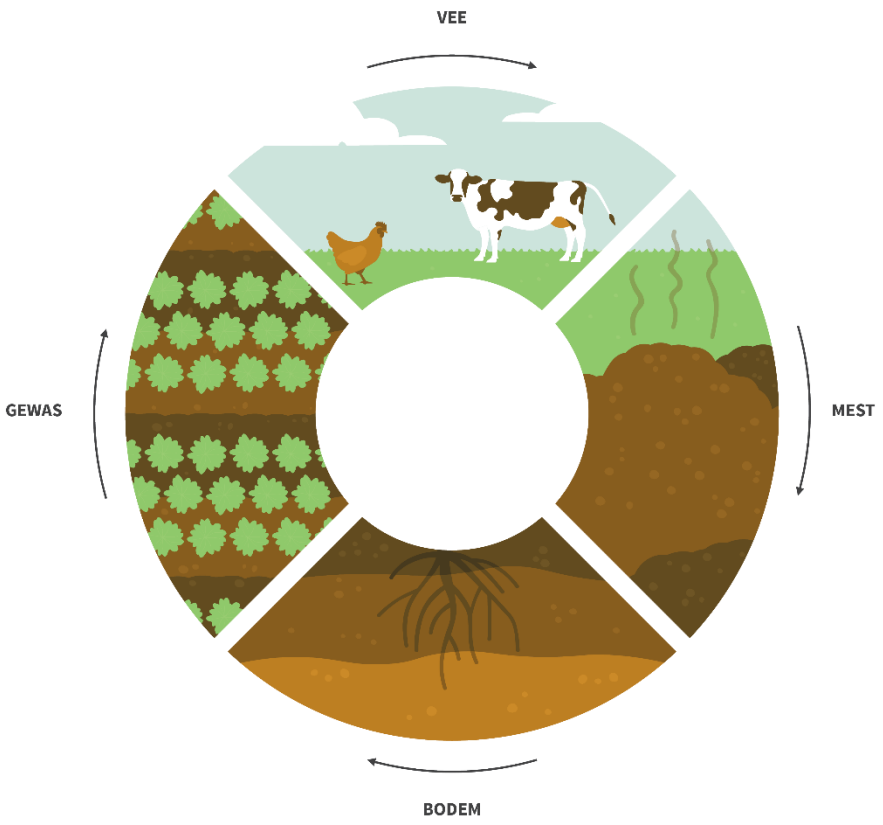
1. Wat is kringlooplandbouw?
2. Wat zijn de visies van de belanghebbende partijen op kringlooplandbouw?
3. Wat is de capaciteit van de Nederlandse landbouw?
4. Welke uitgangspunten spelen een rol in de transitie naar kringlooplandbouw?
5. Wat zijn de gevolgen van deze invullingen op de Nederlandse landschappen?
6. Hoe ziet het landschap van de toekomst eruit?

Leeswijzer

Hoofdstuk twee bevat de afbakening van het onderzoek. In hoofdstuk drie wordt het huidige landbouwbeleid en mogelijke invullingen van kringlooplandbouw toegelicht. Er zijn verschillende meningen en visies over de invulling van kringlooplandbouw. Een paar visies zijn omschreven in hoofdstuk vier. Hoofdstuk vijf laat de capaciteit van de bodem, de bijbehorende grondsoorten en eigenschappen van deze grondsoorten zien. De transitie naar kringlooplandbouw wordt toegelicht aan de hand van het kringloopmodel en bijbehorende parameters en scenario's om de gevoeligheid te controleren. Hoofdstuk zeven toont de infographic over het landschap van de toekomst en bijborende toelichting. Hoofdstuk acht beschrijft de conclusie van het onderzoek en hoofdstuk negen geeft de discussiepunten weer die voortgekomen zijn uit het onderzoek. Als laatst volgen de bibliografie en de bijlages.

2. Theoretisch kader

In dit hoofdstuk worden de hoofdonderwerpen van kringlooplandbouw weergeven. De onderwerpen zijn bodem, gewas, vee, en mest (zie figuur 2.1). Bij ieder onderwerp wordt de afbakening getoond. Het sluiten van de totale kringloop is binnen dit kwalitatieve onderzoek niet mogelijk. Daarom ligt de focus op een landbouwkundige kringloop met als deelsectoren de veehouderij en de akkerbouw. De kringloop kan niet sluitend gemaakt worden, omdat alle stromen die uit de kringloop gaan ook in kaart moeten worden gebracht. Denk hier bijvoorbeeld aan hergebruik van rioleringswater om mineralen terug te winnen vanuit de humane voeding (Tönjes, 2019).



Figuur 2.1 Schematische weergave van de kringloop waarin de hoofdonderwerpen vee, mest, bodem en gewas zichtbaar zijn

Bodem

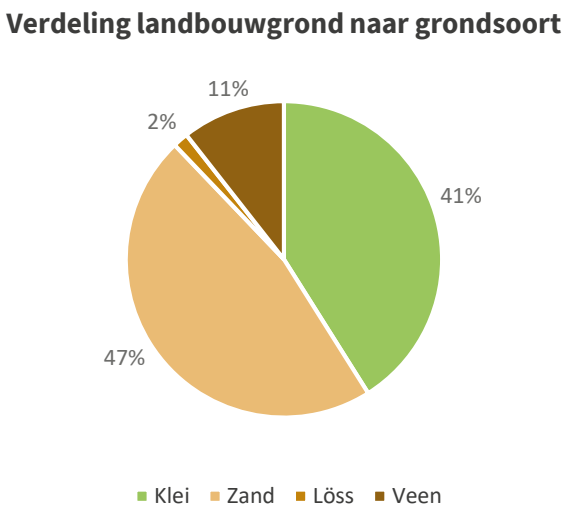
Nederland bestaat bij benadering uit zes landschappen en bijbehorend vier grondsoorten, zie tabel 1. Elke grondsoort heeft zijn specifieke eigenschappen en daarom zijn de analyses gedaan op basis van de grondsoorten. De resultaten hieruit kunnen vervolgens weer gekoppeld worden aan de zes verschillende landschappen. De verbinding tussen grondsoort, bodem en landschap is cruciaal.

Grondsoorten bepalen voor een groot deel welk landgebruik er aanwezig en mogelijk is en wat het uiterlijk van het landschap is.

Tabel 1 Schematische weergave van de landschapstypes per grondsoort

Grondsoort	Landschapstype
Klei	Zeekleigebied
	Rivierengebied
Zand	Zandgebied
	Kustzone
Löss	Heuvelland
Veen	Laagveengebied

Ongeveer twee derde van Nederland bestaat uit landbouwgrond (67%). Van deze landbouwgrond bestaat 41 procent uit klei, 47 procent uit zand, 2 procent uit lössgrond en 11 procent uit veen. Zie figuur 2.2 voor deze verdeling.



Figuur 2.2 Verdeling van de grondsoorten in Nederland

Een centraal principe van kringlooplandbouw is dat er niet meer areaal wordt gebruikt dan strikt noodzakelijk. De kwaliteit en kwantiteit van de agrarische productie hangt af van een gezond bodemleven, een juiste zuurtegraad en een goede bodemstructuur. De mate van de gezondheid van de bodem wordt bepaald door de kwaliteit van het organisch materiaal en door de beschikbaarheid van voedingsstoffen die essentieel zijn voor mens, dier en gewas (Wageningen University & Research, 2020). Deze voedingsstoffen zijn de meest essentiële elementen stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K). Er zijn meerdere micronutriënten, maar deze worden tijdens dit onderzoek buiten beschouwing gelaten. De zuurtegraad (pH) is van belang voor de activiteit en de samenstelling van de bodem. Bij een pH van 5,5 of hoger verlopen omzettingsprocessen sneller, waardoor de nutriënten uit organische stof sneller en beter beschikbaar zijn voor de plant (Handboek bodem en bemesting, 2020 b). Dierlijke mest bevat organische stof en essentiële nutriënten en zorgt ervoor dat de bodem vruchtbaar wordt. Hierdoor kunnen de gewassen beter groeien en stijgen de opbrengsten. Een gewas heeft naast essentiële nutriënten voldoende

beschikbaar bodemvocht nodig om te kunnen groeien. Organische stof heeft niet alleen als functie om uitspoeling van nutriënten tegen te gaan, maar zorgt ook voor een toename in de waterberging. Dit is met name op de zandgronden cruciaal (Groenendijk, Wösten, Postma, & Ruijtenberg, 2019).

Gewassen kunnen een bepaalde hoeveelheid aan stikstof, fosfaat en kali opnemen. Dit is afhankelijk van het soort gewas, maar ook van de groeiperiode. Daarnaast kan de bodem een bepaalde hoeveelheid aan nutriënten vasthouden zonder dat er uitspoeling optreedt. Binnen dit onderzoek is de bodem als basis genomen in de kringloop. Dit betekent dus dat de bodem de beperkende factor is. Fosfor wordt het sterkst aan bodemdeeltjes vastgelegd, in tegenstelling tot stikstof en kalium (Schoumans, Duinhoven, & Willems, 2008). Fosfor is als uitgangspunt genomen, omdat dit de meest stabiele factor in de bodem is.

Gewas

Een klein deel van de huidige productie van gewassen kan gebruikt worden als humane voeding, namelijk 30 procent. De overige gewassen en gewasresten worden gebruikt voor diervoeding. In gebieden waar akkerbouw niet mogelijk is, wordt gras geteeld. Op dit areaal grasland en akkerbouwgrond kan mest van dieren geplaatst worden. Daarom is het areaal per gewas per grondsoort meegenomen.

De elf meest voorkomende akkerbouwgewassen zijn in dit onderzoek meegenomen, waarin de rest van het areaal geschaald is onder overige gewassen. Het aandeel snijmais is binnen Nederland het grootst (zie figuur 2.3) De overige sectoren, zoals tuinbouw en fruitteelt zijn buiten beschouwing gebleven.

Figuur 2.3 Aantal hectare van de gewassen per grondsoort (Esri Nederland, 2018)

Een invulling van kringlooplandbouw is het gebruik van dubbeldoelgewassen. Resten van de plant worden dan gebruikt als veevoer of plantvoeding (Wageningen University & Research, 2020). Op basis van literatuuronderzoek is voor enkele gewassen nagegaan wat de mogelijkheden hiervan zijn.

Vee

Nederland heeft ongeveer 3,8 miljoen runderen, 12 miljoen varkens en 93 miljoen kippen (Voskuilen, 2019). Dit zijn de drie hoofdgroepen die in het kringloopmodel staan. Niet alle landbouwgrond is geschikt voor de productie van humane voeding. Een voorbeeld hiervan is grasland. De plantaardige eiwitten uit gras kunnen wel benut worden door bijvoorbeeld rundvee. Het rantsoen wordt verder aangevuld met reststromen uit onder andere de akkerbouw. Hieronder vallen ook reststromen die op dit moment nog niet volledig worden benut, zoals bietenblad (Wageningen University & Research, 2020).

Het is van belang dat er onderzocht wordt welke rol dieren kunnen vervullen binnen kringlooplandbouw. Minister Carola Schouten wil de productie van plantaardige eiwitten in Nederland en de benutting van eiwitten uit reststromen en andere bronnen vergroten (Plas, 2019). Het is echter niet voldoende om alleen naar rundvee te kijken om kringlooplandbouw toe te passen door eiwitten uit reststromen te benutten. De intensieve veehouderij (varkens en kippen) worden vooral gevoerd door buitenlandse producten, zoals soja, omdat die geen gras kunnen verteren.

Mineralen in mest komen in andere vormen voor dan de nutriënten in de gewassen. Zo wordt fosfor niet uitgescheden in de vorm van fosfor, maar komt deze voor als verbinding met zuurstof, namelijk fosfaat. Daarom wordt P_2O_5-excretie vermenigvuldigd met een factor 0,44 (Triferto, 2020). Voor kalium (K) geldt hetzelfde. Deze komt in mest voor in de vorm kali (K_2O). Om de K_2O-excretie uit te rekenen wordt deze vermenigvuldigd met de factor 0,83 (Nutrinorm, 2020 b). Stikstof komt zowel in de mest als in de plant voor in een enkelvoudige formule, namelijk NO_3^- en NH_4^+. De omrekenfactor van NO_3^- naar N bedraagt 0,23 en de omrekenfactor van N naar NO_3^- bedraagt 4,4 (Nutrinorm, 2020 b). NH_4^+ komt in dit kringloopmodel niet voor en daarvan staat dus geen omrekenfactor in het tabblad Parameters. NH_3 wordt gebruikt bij de stikstofdepositie en daarom is NH_3 wel meegenomen (zie tabel 2). De omrekenfactor van NH_3 naar N is 0,82.

Tabel 2 Omrekenfactoren uit het tabblad 'Parameters' in het bijgevoegde kringloopmodel

$NO_3^- \rightarrow N$	0,226
$N \rightarrow NO_3^-$	4,426
$P_2O_5 \rightarrow P$	0,436
$K_2O \rightarrow K$	0,830
$NH_3 \rightarrow N$	0,822

Mest
Mest wordt binnen het huidige beleid gezien als afval. Dit komt doordat in Nederland een overschot is aan dierlijke mest. Er wordt meer mest geproduceerd dan dat er op de bodem geplaatst kan worden. Mest bevat essentiële elementen en organische stoffen die in de kringloopgedachte zorgen voor een verrijking van de bodem, onder de voorwaarde dat het op de juiste plek, op het juiste moment, met de juiste hoeveelheid en het juiste product wordt toegediend. Het is van belang dat er een goede kwaliteit mest wordt geproduceerd die de bodem waar nodig aanvult en ervoor zorgt dat de gewassen bemest kunnen worden naar behoefte. De soorten mest waar in dit onderzoek naar gekeken wordt, is mest van rundvee, varkens en pluimvee. Er is gerekend met de forfaitaire gehaltes van de mest van deze diergroepen, zie de begrippenlijst voor toelichting (RVO, 2020 c).

Een andere belangrijk onderwerp als het gaat over mest is kunstmest. Er zijn drie vormen van kunstmest die stikstof kunnen leveren aan de bodem, namelijk nitraat, ammonium en ureum (De Commissie Bemesting Akkerbouw/Vollegrondsgroententeelt, 2020). De eigenschappen van deze drie vormen worden in het onderzoek verder onderbouwd. Fosfaat en kali kunstmest blijft buiten het scope. Bij de berekeningen wordt er gerekend op basis van NPK.

Gevoeligheidsanalyse van de verkregen data
Op basis van het huidige landbouwsysteem worden er drie invullingen van kringlooplandbouw doorgerekend. Het eerste scenario is geen aanvoer meer van kunstmest, het tweede scenario is het aanpassen van het percentage humane voeding. Wanneer het huidige areaal landbouwgrond afneemt door bijvoorbeeld zonne-energie of industrie wordt in het derde scenario bekeken. In hoofdstuk zes worden deze scenario’s verder toegelicht en onderbouwd. Deze modellen kunnen dan vervolgens worden getest met behulp van een gevoeligheidsanalyse. Om de uitkomsten te toetsen op betrouwbaarheid is het uitvoeren van deze analyse wenselijk. Kritieke en gevoelige waarden kunnen door middel van de gevoeligheidsanalyse in kaart gebracht worden (Nederlandse Encyclopedie, 2020).

3. Kringlooplandbouw

In dit hoofdstuk wordt er antwoord gegeven op de deelvraag: Wat is kringlooplandbouw? Eerst wordt het huidige systeem toegelicht en vervolgens worden invullingen gegeven van kringlooplandbouw. Tot slot wordt verteld wat de transitie richting kringlooplandbouw betekent voor de verandering in de samenleving, waarbij enkele dubbeldoelgewassen worden toegelicht.

3.1 Huidig landbouwsysteem

Bij het huidige Gemeenschappelijke Landbouw Beleid (GLB) ligt de focus op kostprijsverlaging en productieverhoging. In Nederland en in Europa ligt de focus op een zo'n efficiënt mogelijke productie met een redelijk inkomen voor de boer. Het voedsel wordt geproduceerd in lineaire ketens, van grondstof tot eindproduct. Met dit huidige beleid, wat ontwikkeld is door landbouwminister Sicco Mansholt, heeft Nederland zich ontwikkeld tot tweede exportland ter wereld op agrarisch gebied. Efficiënte productie blijft noodzakelijk, omdat de vraag naar voedsel en agrarische productie alleen maar zal toenemen als de wereldbevolking stijgt. In 2050 zijn er naar schatting zo'n 9 miljard mensen op de aarde. Dit vraagt om een voedselstijging van maar liefst 70 procent (Thijssen, 2019).

Het is tijd voor een transitie, die ervoor zorgt dat er geen kostbare biomassa meer wordt verspild. Het begrip efficiëntie wordt steeds belangrijker, vooral op ecologisch gebied. Zuiniger omgaan met grondstoffen en slimmer gebruik van natuurlijke processen staan hierbij centraal. Een aantrekkelijk landschap en waardering voor de boeren moeten een verdienmodel creëren (Thijssen, 2019). De ketens van akkerbouw en veehouderij moeten verbonden worden, waarin de restromen van de ene keten de grondstof voor de andere keten wordt. Een circulaire kringloop waarin mest, dier, plant en bodem in balans zijn. Mensen krijgen de delen die ze kunnen eten en dieren krijgen de reststromen. Specifiek gaat dit over de vertering. Sommige delen van planten kunnen mensen niet verteren en dieren wel. Dit zijn bijvoorbeeld resten uit de voedingsindustrie en voedsel dat uiteindelijk overblijft, wat mensen niet willen of kunnen eten. Grasland blijft in dit verhaal belangrijk, omdat sommige dieren wel gras kunnen verteren, maar mensen niet. Via de mest van deze dieren kunnen er waardevolle stoffen terug op de grond gebracht worden, zodat er nieuwe gewassen kunnen gaan groeien. Op deze manier is de cirkel rond en kan er voedsel worden geproduceerd, zonder dat de aarde wordt overvraagd (Hakkenes, 2019)

3.2 Invullingen van kringlooplandbouw

Samenwerking sectoren

Agrarische biomassa met zijn voedingsstoffen wordt vastgehouden in het voedselsysteem binnen kringlooplandbouw. Door zorgvuldiger om te gaan met deze grondstoffen, hoeven er minder voedingsstoffen te worden aangevoerd vanuit het buitenland. Dit kan zijn in de vorm van kunstmest of geïmporteerd veevoer. De beschikbaarheid van grondstoffen bepaalt de productiecapaciteit en de mogelijkheden voor consumptie.

Akkers worden gebruikt voor de primaire productie van voedselgewassen. Het areaal wordt hierin volledig benut. Teeltwisseling maakt het mogelijk om een jaar rond gewassen te telen. Hierdoor is de akker het grootste deel van het jaar begroeid. Daarnaast kunnen dubbeldoelgewassen een belangrijke rol binnen kringlooplandbouw spelen.

Een ander voorbeeld is een samenwerking met een melkveehouder en een akkerbouwer. De akkerbouw teelt bieten die de veehouder kan voeren en de mest van deze koeien gebruikt de akkerbouwer om op zijn plek zijn land te bemesten. Dit is een snelle sluiting van de kringloop op regionaal niveau, dat kan zorgen voor minder geïmporteerde grondstoffen voor veevoer uit het buitenland. Evenzeer heeft kringloopsluiting ook een positief effect op de akkerbouwer. Als de akkerbouwer op een perceel gaat telen, waar al 5 jaar koeien hebben gegraasd, profiteert deze van veel beworteling en plantaardig materiaal in de grond. Grond met veel structuur en beworteling is uitstekend geschikt om veel droogte en neerslag te kunnen verwerken. Hierdoor wordt de samenwerking benut om op deze manier de landbouw bestand te maken tegen klimaatverandering. Een goede bodemvruchtbaarheid zorgt er namelijk voor dat sporenelementen, nutriënten en water beter vastgehouden kunnen worden. Bovendien is er dan sprake van een lage ziektedruk en zorgt een hoog gehalte aan organische stof ervoor dat er meer CO_2 in de bodem opgeslagen kan worden.

Invulling van het landschap

Gras voor de veestapel wordt alleen geteeld in gebieden waar geen akkerbouw mogelijk is. Onder grasland vallen niet alleen verschillende soorten grassen, maar ook verschillende soorten kruiden en vlinderbloemige gewassen. Vlinderbloemige gewassen kunnen stikstof uit de lucht binden. Het ruwvoer van eigen land zal verder worden aangevuld met reststromen uit de akkerbouw, tuinbouw en de voedingsindustrie. De hoeveelheid aan deze reststromen is echter beperkt beschikbaar. Hierdoor zit er ook een grens aan de hoeveelheid dierlijke producten die geproduceerd kan worden (Zanten, 2018). Dieren eten bijvoorbeeld granen die ook voor menselijke consumptie kan worden gebruikt. Dit past niet in het beeld van kringlooplandbouw. Echter heeft ieder dier zijn unieke eigenschappen en bepaalde behoeftes om voer om te kunnen zetten in vlees, melk of eieren. (Os, 2018)

Het stimuleren van het bodemleven vindt plaats via dierlijke mest, compost en gewasresten. Kunstmest mag alleen ingezet worden als de bodem vraagt om extra voeding. Bevordering van veerkracht in de gewassen wordt ingezet om de biodiversiteit in, op en rond de akkers te stimuleren. Natuurlijke bestuiving door bijen en natuurlijke vijanden kunnen zich schuil houden in akkerranden. Een stap die hierin verdergaat, is natuurinclusieve landbouw. Deze vorm van landbouw betekent niet alleen dat de natuur optimaal wordt gebruikt, maar deze ook spaart en verzorgt (Groen Kennisnet, 2020). Dit soort vormen van landbouw dragen bij aan een gewaardeerd boerenlandschap. Strokenteelt of mengteelten kunnen ook zorgen voor een veerkrachtig gewas. Verschillende gewassen worden naast elkaar of door elkaar geteeld. Het huidige machinepark beperkt dit, omdat deze vooral zijn ingericht op het grootschalig telen van specifieke gewassen. Nieuwe uitkomsten in technologie en robotica bieden wel mogelijkheden voor de toekomst.

Volwaardige productie van gewassen staat of valt met een juist bodemleven. Daarnaast is de structuur van de grond erg belangrijk. Beschikbaarheid van nutriënten en de kwaliteit van het organische materiaal in de grond bepaalt dit voor een groot deel. De voedingsstoffen die essentieel zijn voor mens, dier en gewas zijn stikstof, fosfor, kalium en een reeks van micronutriënten (Wageningen University & Research, 2020). Het verlies van deze nutriënten uit de kringloop leidt tot vervuiling van de lucht, de bodem en het water. Dit resulteert uiteindelijk in een verminderde biodiversiteit. Om uitspoeling te voorkomen, dient er minder kunstmest gebruikt te worden. Hier tegenover staat dat drijfmest een laagwaardige organische stof is. Daarom moeten er andere manieren worden bedacht om de mest te scheiden en er een hoogwaardige meststof van te maken. Urine en feces zijn gescheiden van elkaar beter inzetbaar, omdat urine rijk is aan kalium en stikstof terwijl vaste mest rijk is aan fosfaat.

Maximaal hergebruik van nutriënten voorkomt niet dat er verliezen van deze nutriënten optreden in de kringloop. Verliezen die uiteindelijk worden afgebroken zorgen voor schadelijke stoffen in de natuur, zoals de uitstoot van lachgas, koolstofdioxide en methaan. Productie van kunstmest zorgt voor uitstoot van CO_2. Door vermindering van kunstmest en door een beter bodemleven kan de grond meer koolstof (C) vastleggen. Dit zorgt voor een grote klimaatwinst, omdat deze koolstof niet de lucht in gaat in de vorm van CO_2 (Sukkel, 2018). Om deze verliezen verder in te perken is het gebruik van precisiebemesting een uitkomst. Hierdoor kan er op plantniveau mest worden toegediend (Sukkel, 2018). Binnen kringlooplandbouw staat de gezondheid van het gewas en het dier centraal. Robuuste planten en dieren zijn beter bestand tegen klimaatverandering en ziektes/plagen. Hier kunnen genetische inzichten bij helpen.

3.3 Impact omgeving

Kringlooplandbouw is een gezamenlijke zoektocht van boeren, burgers, bedrijven en onderzoekers naar een optimale combinatie van ecologische principes en moderne technologie. Het is niet alleen gericht op zuinig gebruik van energie en grondstoffen en een goede opbrengst, maar ook op een zo klein mogelijke belasting van klimaat, milieu en natuur. Binnen kringlooplandbouw worden kringlopen op verschillenden niveaus gesloten. Dit omvat in principe de hele wereld. Een doel is om niet alle restromen de wereld rond te laten gaan, maar wel dat de kringlopen op nationaal en mondiaal niveau worden gesloten. Daarnaast heeft de samenleving bepaalde waarden en normen met hoe er tegen voedsel en tegen voedselproductie aangekeken wordt (Termeer, 2019). Partijen in de keten hebben een bepaalde overtuiging en routine ontwikkeld die veranderd moet worden. Dit wil zeggen dat het een hele uitdaging wordt voor agrarisch Nederland om deze omwenteling waar te maken. Boeren spelen de hoofdrol in het verhaal, maar kunnen het zeker niet alleen. Deze transitie vraagt om technische, economische, wettelijke en maatschappelijke barrières te overwinnen (Termeer, 2019).

3.4 Dubbeldoelgewassen

Dubbeldoelgewassen bieden kans voor een circulaire voedselproductie. Akkerbouwgrond kan met deze gewassen efficiënter benut worden, waardoor een vermindering van emissies gelinkt aan agrarisch grondgebruik haalbaar is. De meest gangbare zijn voederbieten, vezelhennep en vlinderbloemige gewassen. Er zijn nog meer dubbeldoelgewassen, zoals maïsstrooisel,

koolzaadschroot, zonnebloempitschroot en lijnzaadschilfers, maar deze worden hier buiten beschouwing gelaten.

Voederbieten voor rundvee
Voederbieten hebben een positief effect op de melkproductie en -kwaliteit. Dit komt doordat de goede smakelijkheid van de bieten zorgt voor een hogere ruwvoeropname (LG, 2020). Een voordeel van voederbieten is dat deze meer stikstof kan vastleggen in vergelijking met snijmaïs. Zo is uit een onderzoek gebleken dat voederbieten 125 kilogram vrijgekomen stikstof per hectare extra uit gescheurd grasland benutten dan snijmaïs. Het gewas kan de stikstofbenutting op bedrijfsniveau verhogen (Bloemberg- van der Hulst, 2019). De stikstofbenutting kan verder worden geoptimaliseerd als ook het bietenblad gevoerd wordt. Op deze manier wordt ook het vastgelegde stikstof in de plant benut in de bedrijfsvoering. Een nadeel van voederbieten is dat de teelt meer aandacht vraagt dan de teelt van snijmaïs. Ook zijn de kosten hoger, maar deze kosten worden ruimschoots gecompenseerd door de hoge opbrengsten. Ook kunnen voederbieten vanwege een hoog energiegehalte een deel van het krachtvoer vervangen (Pijlman, Eekeren, Hilhorst, Gerner, & Kessel, 2016).

Vezelhennep
Vezelhennep is een akkerbouwgewas die ieder jaar opnieuw wordt ingezaaid om te worden verwerkt tot houtjes, vezel, voedingsproducten en diervoeding. De houtige kern van de plant en de bastvezel dienen als grondstof voor verschillende industriële toepassingen. Uit het zaad wordt spijsolie geperst. De perskoek en de bloemen van vrouwelijke planten leveren een eiwitrijk diervoeder op (Meijering, 2018). Vezelhennep kan ook als gehele plant silage gehakseld worden. Het gehakselde product dient dan als structuurbron voor melkvee (Pantanova, 2020).

Er zijn meerdere voordelen aan de teelt van vezelhennep. Zo groeit het gewas snel, waardoor onkruid weinig of geen kans maakt om te groeien. De sterke, buigzame stengel in ongeveer 120 dagen uitgroeien tot een hoogte van 2,5 tot 4 meter. De plant groeit niet alleen boven de grond hard, maar ook onder de grond. Het wortelgestel van hennepvezel kan wel 1,5 meter diep gaan. Hierdoor kunnen water en mineralen uit diepere bodemlagen worden benut. De structuur en kwaliteit van de bodem verbeteren door de ontwikkeling van de wortelhaartjes. Door de wortels wordt er zuurstof en organisch materiaal toegevoegd in de bodem, waardoor microbacteriën zich hier beter kunnen ontwikkelen. Naast een goed wortelstelsel is de plant nagenoeg resistent tegen plagen en ziekten. Het gevolg hiervan is dat er geen bestrijdingsmiddelen nodig zijn om onkruid of plagen en ziekten te bestrijden. Een ander voordeel van vezelhennep is dat het gewas weinig mineralen vereist. Voor een maximalisatie van de oogst volstaat de grond met enkel drijfmest. Kunstmest kan gedeeltelijk of helemaal achterwege blijven (Pantanova, 2020).

De plant bestaat uit een sterke bastvezel die een holle houtige kern beschermt. De bastvezel is in Nederland de primaire teelt. Jaarlijks kan de opbrengst variëren tussen de 7 en 15 ton droog stro per hectare. De opbrengst is echter afhankelijk van het doel van de teelt, het klimaat en de bodemkwaliteit. Wanneer vezelhennep dik wordt gezaaid, is de opbrengst aan bastvezel hoger en wanneer vezelhennep dun wordt gezaaid, is de opbrengst aan zaad en biomassa hoger. Een doel van de teelt van vezelhennep kan bodembedekking zijn voor dieren. Door het grote

absorptievermogen van hennephout is dit interessant als bodembedekking in ligboxen bij koeien (Pantanova, 2020).

Vlinderbloemige gewassen

Vlinderbloemige gewassen zijn in staat om stikstof uit de lucht te binden. Op deze manier kunnen deze gewassen nutriënten uit de bemesting in evenwicht brengen. Met dierlijke mest alleen kan niet een evenwichtige voorziening van nutriënten worden bereikt, omdat óf de stikstofvoorziening onvoldoende is óf de fosfaat- en kalivoorziening de behoefte overschrijden. Vlinderbloemige gewassen kunnen dus bijdragen aan het terugdringen van de milieubelasting als gevolg van bemesting.

Er zijn meerdere gewassen die stikstof kunnen binden, zoals erwten, veldbonen en lupinen. Ook luzerne is een vlinderbloemige die gedurende drie tot vier jaar te oogsten is. Naast het vermogen om stikstof te kunnen binden, wortelt luzerne diep. Hierdoor kan dit gewas niet alleen diep uit de bodem vocht en nutriënten halen, maar wordt ook de structuur van de bodem verbeterd. Grasklaver wortelt minder diep, maar zeer intensief en levert op deze manier een bijdrage aan het verbeteren van de bodemvruchtbaarheid en de structuur van de bodem. Grasklaver benut veel minerale stikstof uit de bouwvoor, waardoor er minder stikstof overblijft na het oogsten. Een oplossing hiervoor is om de laatste snede niet te oogsten en op deze manier een hoeveelheid organische stof en stikstof in de bodem te brengen. De stikstof uit zowel grasklaver als luzerne komt geleidelijk beschikbaar en dit zal over meerdere jaren verdeeld worden.

Een andere mogelijkheid van enkele vlinderbloemige gewassen is om deze als onderzaai te gebruiken bij bijvoorbeeld granen. Zo kan klaver worden gezaaid, wanneer het graangewas ongeveer 20 centimeter hoog is. De klaver hoeft enkel te overleven en kan gaan groeien als het graangewas geoogst is. De hoeveelheid stikstof die klaver kan toevoegen kan oplopen tot 145 kilogram stikstof per hectare (Holwerda, Wel, & Sukkel, 2008)

4. Visies betrokken partijen

In dit hoofdstuk worden visies van verschillende partijen die invloed uitoefenen rondom het huidige landbouwbeleid toegelicht. Ook worden er visies toegelicht van boeren met verschillende bedrijven. De deelvraag wie de belanghebbende partijen zijn en wat zijn de visies hiervan zijn, wordt beantwoord.

4.1 Onderzoekers, boeren en beleidsmakers

Jaap van Bruchem, voormalig onderzoeker aan Wageningen UR, zag dat de stikstofbenutting in de landbouw door de jaren heen heel erg gedaald is, terwijl eerst de veronderstelling was dat alles beter ging dan voorheen. De discussie over nitraat en ammoniak in de landbouw speelt nog steeds. Uit een onderzoek bleek dat de stikstofbenutting in de landbouw gedaald was van 45 procent naar circa 20 procent door de externe input van buitenaf. Deze externe input is vooral gelinkt aan krachtvoer en kunstmest. Er is stikstof toegevoegd in deze vormen, maar naar verhouding kwamen deze hoeveelheden niet terug in opbrengsten, zoals melk, vlees en eieren. Onbenutte stikstof komt vervolgens in het milieu. Dit kan zijn in de vorm van ammoniak naar de lucht of in de vorm van nitraat naar het grondwater (Bruchem, 2020). Van Bruchem ziet koolstof als hoofdelement binnen de verduurzaming van de landbouw. Als er meer koolstof in mest zit, verhoogt dit de C/N ratio in de bodem. De meest effectieve maatregel om dit te realiseren was volgens Van Bruchem een betere bodembenutting en minder kunstmest.

Arnout Venekamp, senior beleidsadviseur in de provincie Drenthe, zag de aanleiding naar kringlooplandbouw vooral door het ammoniakprobleem. Venekamp vindt dat er veel natuur en landbouw in Drenthe is, maar deze gingen niet altijd goed samen. Doordat er veel veehouderij is, werd de ammoniakuitstoot te hoog. Er moest daarom een andere integrale aanpak komen met de bodem als basis. Venekamp: *“Wat de bodem ons geeft, moet de koe het mee doen. Daarom is het noodzaak om de bodem te voeden, zodat we uiteindelijk onszelf en de koeien kunnen voeden.”*

Bouke Meijer is kringloopboer. Hij heeft een melkveebedrijf in Friesland. Meijer gaf een paar punten aan die hij in zijn bedrijfsvoering heeft opgenomen om kringloopboer te zijn. Hij gaf aan dat er meer structuur in de pens moet komen om deze op gang te houden. Daarom probeert hij later te maaien, zodat er minder ruw eiwit in het gras zit. Kringlooplandbouw is volgens hem een model met knoppen waaraan gedraaid kan worden, waardoor er niet op elk onderdeel goed gescoord kan worden. Daarom zorgt hij ervoor dat er een evenwicht in zijn bedrijf wordt gevonden. Meijer: *“Dit is een leerproces, waar geen antwoord op is, daar is elke dag werk voor nodig.”*

Rik Meulenbroeks heeft een intensief melkveebedrijf gelegen naast een Natura 2000 gebied. Het bedrijf is bezig om in de natuurinclusieve landbouw te stappen. Meulenbroeks: “*Ik denk dat elke boer die vee en grond onder zijn bedrijf heeft sowieso niet om kringlooplandbouw heen kan.”* Hij denkt aan verbetering op de punten toediening van mest, het buiten werking stellen van kunstmest en omgang met mineralen (Bruchem, 2020).

4.2 Adviescommissie stikstofproblematiek

Een aantal deelgroepen binnen de landbouw zorgen voor een belasting richting de natuur door middel van verzuring, vermesting en verdroging. Daarnaast neemt de landschappelijke variatie af en zijn er zorgen richting de gezondheid van de mens. Dit uit zich in luchtkwaliteit, fijnstof, water en leefomgeving. Het gat tussen de stad en het platteland wordt groter, waardoor het draagvlak van de samenleving richting de agrariër afneemt. Er is wel een deel van de samenleving die affiniteit heeft met de agrariër, maar daarnaast is ook een deel wat een steeds grotere afkeer krijgt tegen de intensieve veehouderij. De stikstofproblematiek vraagt de Nederlandse landbouw om een integrale transitie. Volgens de Adviescommissie Stikstofproblematiek staat de huidige landbouw op een keerpunt: het moet en het kan anders volgt het motto. Hierin moet een concreet beleid zijn waar boeren naartoe kunnen werken en de middelen die hier voor nodig zijn moeten voor langere termijn geborgd worden. De aanpak moet gebaseerd zijn op een transparant doelenbeleid en een zo groot mogelijk draagvlak. Kringlooplandbouw biedt hierin nieuwe perspectieven om de stikstofbelasting richting de natuur te verlagen. Dit moet in te vullen zijn voor hoogproductieve landbouwbedrijven, maar ook voor extensieve bedrijven (Adviescollege Stikstofproblematiek, 2020).

Vaak wordt er ruimschoots boven de behoefte van de gewassen aan meststoffen bemest met traditionele kunstmest op basis van de generieke gebruiksnormen. Dit wordt mede ingegeven door de praktijk, omdat laagwaardige drijfmest en gewasresten door economische perspectief gezien worden als afval. Een radicale verandering is nodig bij de adviezen van erfbetreders die nu nog gericht zijn op de algemene gangbare praktijk van diervoeding, bemesting en mestverwerking (Adviescollege Stikstofproblematiek, 2020).

Advies aan het ministerie van LNV

Kern van de aanpak moet gebaseerd worden op de mineralenbalans. De input (voer, dierlijke mest, kunstmest) en output (hoeveelheid melk, vlees en eieren en geproduceerde gewassen) moeten in balans gebracht worden. Daarnaast is het verstandig om het mestbeleid te moderniseren. Het huidige mestbeleid is ingericht op het gebruik van kunstmest en drijfmest, waarbij drijfmest een milieubelastend mestoverschot vormt. Kunstmest wordt verkozen boven mest van dierlijke oorsprong. Dit vraagt om een aanpassing in de wetgeving op Europees niveau. Ook het ruimtelijke aspect binnen Nederland moet veranderen. Gronden die voor landbouw geschikt zijn, kunnen dat blijven door hogere producties te realiseren. Gronden die minder geschikt zijn voor landbouwgrond passen bij een extensievere manier van boeren door natuur en landschap te verbinden (Adviescollege Stikstofproblematiek, 2020).

4.3 De kern van kringlooplandbouw: de bodemkundige

“De bodem is een van de belangrijkste fundamenten onder ons bestaan”, aldus Gera van Os, bodemkundige aan de Aeres Hogeschool in Dronten (zie bijlage 1.2). In het huidige landbouwsysteem neemt de bodemvruchtbaarheid af door een maximale input aan grondstoffen en het behalen van maximale opbrengsten. Een verminderd bodembeheer kan niet meer gecorrigeerd worden door kunstmest. De bodem moet op lange termijn ook nog kunnen produceren en dit besef begint bij ondernemers steeds meer te komen. Er moet een bodembeheer komen wat een lange droogteperiode of een hoge neerslag in korte tijd kan verwerken. De definitie

van een goede kwaliteit van de bodem wordt bepaald door het organische stof gehalte, ontwatering, vocht leverend vermogen, capaciteit, levering van nutriënten en onkruiddruk (Os, 2018).

Het huidige landbouwsysteem heeft een gebrekkige kringloop. Een kringloop realiseren is cruciaal voor het vernieuwen van de landbouw, maar ook voor het landschap. Kringlooplandbouw is een manier van landbouw die de maatschappij niet gewend is. Alle sectoren en belanghebbenden zoals de consument, supermarkt, boer en transporteur moeten veranderen. De uitdaging hier is om het op eenzelfde manier te communiceren naar elkaar, zodat iedereen elkaar begrijpt. Daarnaast is er geen standaard definitie van kringlooplandbouw. Iedereen geeft er zijn of haar invulling aan.

Er zijn veel verschillende manieren om naar fosfaat te kijken. Er liggen uitdagingen om fosfaat terug te winnen uit het riool. Kringlooplandbouw wordt belangrijk om deze verliezen te beperken. Daarnaast is fosfaat een cruciaal element voor mens en dier. Fosfaat in de bodem is stabiel om een reden. Het is chemisch gebonden aan andere elementen en is alleen beschikbaar voor de plant als het oplost in het grondwater. Niet alle fosfaat in de bodem is dus beschikbaar voor de plant.
De huidige fosfaatvoorraad in de bodem is groot, mede door aanvoer in de afgelopen jaren. Deze kan niet zomaar weggehaald worden, ook niet als er minder mest wordt aangevoerd. De kringloop kan niet sluitend gemaakt worden als de stroom van humane voeding niet via het riool terug komt in de kringloop.

Interessant binnen kringlooplandbouw is dat de ene grondsoort beter geschikt is voor intensieve landbouw dan de andere. Elke grondsoort vraagt om verschillende benodigdheden aan input. Deze verschillen zijn te kenmerken aan bijvoorbeeld het waterbergend vermogen, de koolstofvastlegging en de biodiversiteit. Grondsoorten die vragen om veel input, zijn minder geschikt voor intensieve teelt van akkerbouwgewassen, aldus Gera van Os (zie bijlage 1.2).

5. Capaciteit Nederlandse landbouw

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de deelvraag: Wat is de capaciteit van de Nederlandse landbouw? Allereerst worden de landschappen toegelicht en de bijbehorende grondsoorten. Vervolgens wordt er uitgebreider ingegaan op de bodemeigenschappen van deze grondsoorten. Tot slot wordt op basis van kunstmest, dierlijke mest en groenbemester gekeken wat aanvullende bemestingsmogelijkheden zijn.

5.1 Nederland en zijn landschap

De landschappenkaart (zie figuur 5.1) toont de fysisch geografische regio's van Nederland. De data is gebaseerd op de bodemkaart 1:50000 (Esri Nederland, 2016). Er is gekozen voor deze kaartweergave, omdat dit een globale indeling geeft van de Nederlandse landschappen.

Het Nederlandse landschap is ontstaan uit verschillende fysische en natuurkundige processen. Het is gevormd door ijs, wind, rivieren, zee, tektoniek, leven en de mens. De geologische krachten die actief zijn geweest in Limburg, hebben heuvels gecreëerd. Door opheffing en insnijding van rivieren is het heuvelland ontstaan. Het zandgebied is ontstaan door de werking van wind en ijs. De kustzone kenmerkt zich ook door de grondsoort zand, maar is door opstuwing van de wind en zee ontstaan. Het laagveengebied is ontstaan, doordat de grond onder water stond. Hierdoor verliep de afbraak van organische materiaal langzaam, waardoor er ophoping van plantenresten ontstond. Rivier- en zeeklei gebieden zijn ontstaan door overstromingen door zee- en rivierwater dat grind, zand en lutumdeeltjes vervoerde (Wesselingh, 2007).

Figuur 5.1 De landschappenkaart toont de fysisch geografische regio's van Nederland (Esri Nederland, 2016)

De landschappenkaart komt overeen met de grondsoortenkaart. Beide kaarten zijn op basis van de Nederlandse bodem gemaakt. Het Nederlandse landschap wordt sterk beïnvloed door de mens. Iedere grondsoort en zo ook ieder landschap vraagt om een specifieke benadering en toepassing.

Klei

Binnen de kleigronden zijn er grote verschillen per regio. Hoe meer lutum (klei), hoe zwaarder de kleigrond. Het aandeel kalk in deze grond bepaalt voor een deel de eigenschappen. Zeeklei bestaat uit zeer kleine deeltjes die dicht op elkaar plakken. Hierdoor is zeeklei moeilijk te bewerken, maar door het aandeel aan kalk van schelpdieren in de bodem is deze wel geschikt voor akkerbouwgewassen. Meer kalk in de bodem zorgt namelijk voor een betere bewerkbaarheid.

Rivierklei heeft een iets grovere structuur dan zeeklei en is hierdoor ook geschikt voor het gebruik van akkerbouwgewassen.

Klei bestaat uit plaatjes met een gemiddelde doorsnede van 2 micrometer. Het is een vochtige grondsoort die slecht water doorlaat, maar wel goed samendrukt door de dichte structuur (Nutrinorm, 2013). Kleigrond heeft meer organische stof dan andere grondsoorten, omdat de lutumdeeltjes het bodemleven tegenhoudt om organische stof af te breken. Kleigrond is gevoelig voor verdichting. Daarom is de bewerkbaarheid van kleigrond moeilijker dan de bewerking van bijvoorbeeld zandgrond (Trikt & Ahrens, 2020 b).

Het zeekleigebied is vooral open en vlak. Het landschap is uiterst geschikt voor landbouw, in het bijzonder akkerbouw. De afwatering in het gebied is geoptimaliseerd. Dankzij de aanleg van dijken en hiermee droogleggen van gebieden is er veel land aangewonnen dat het landschap heeft gevormd (Berendsen, 2008).

Het rivierengebied is veelal gevormd door de stroomgebieden van de Maas en de Rijn. Het gebied heeft een aantal kenmerkende landschapselementen, waaronder uiterwaarden, oeverwallen en dijken. Het rivierengebied biedt mogelijkheden voor landbouw vanwege de vruchtbare gronden. Het rivierengebied is zowel geschikt voor grasland als voor akkerbouw. Het gebied biedt ook goede opties voor tuinbouw. Grasland domineert in het huidige landgebruik (Berendsen, 2008).

Zand

Deze grondsoort bestaat uit korrels met een doorsnede van 0,06 tot 2 millimeter. Bij droge zandgronden zakt water er makkelijk doorheen, waardoor ook voedingsstoffen uitspoelen. De structuur is bijna niet samendrukbaar, doordat korrels niet samenhangen. Deze gronden zijn organisch arm en onvruchtbaar. De kustzone is een beschermd natuurgebied, waar vrijwel geen agrarische doeleinden worden uitgeoefend. Binnen het landschap zandgebied zijn grote verschillen te onderscheiden. Het noordelijk deel (Friesland, Drenthe en Groningen) bevat veel laaggebieden met een deel kleileem.

Door het organische stof gehalte op peil te houden, wordt vocht beter vastgehouden. Zandgronden zijn vaak zuur, wat de vruchtbaarheid bemoeilijkt. Deze grond is het beste geschikt voor grasland. Ongeveer 70 tot 80 procent van het areaal zandgrond in Nederland wordt agrarisch gebruikt. Voor akkerbouw kan de lage grondwaterstand problemen opleveren. Voor het behoud van deze gronden is het belangrijk dat er aandacht wordt besteed aan loswoelen, organische stofbeheer, ontwatering (drainage) en het gebruik van groenbemesters (Nutrinorm, 2013).

Het zandgebied is het meest dominante landschap. Toch is hier niet de hoogste landbouwproductiviteit te behalen. Het zandgebied is van oorsprong al een moeilijk bebouwbaar gebied. Menselijk ingrijpen heeft door de jaren heen toch geholpen om landbouw mogelijk te maken op zandgronden. Naast akkers zijn er ook veel weide- en grasland te vinden. Op zandgebied werd ook veel bos aangeplant waardoor veel Nederlandse bossen in het zandgebied gelegen zijn. Het zandgebied kan worden onderverdeeld in de volgende gebieden: Het zuidelijk zandgebied, midden-Nederlandse zandgebied, oostelijk zandgebied en het noordelijk zandgebied. De

deelgebieden verschillen in uiterlijk. Zo is het zuidelijk zandgebied relatief vlak en bestaat het midden-Nederlandse zandgebied uit relatief hoge stuwwallen. Het landgebruik is vooral zeer gevarieerd. De lagere, vochtige, zandgrondenbieden een mogelijkheid voor grasland, middelhoge gronden voor akkerbouw en hogere gronden zijn in gebruik als bos of grasland (Berendsen, 2008).

De kustzone wordt gevormd door duingebied en Waddeneilanden. De Waddeneilanden bieden geringe mogelijkheden voor landbouw en veeteelt. De bodem is maar beperkt geschikt voor agrarisch gebruik, dus is de landbouwproductie relatief laag. Het duingebied heeft zeker geen hogere productie. Dit gebied wordt veelal beschermt omdat de duinen voornamelijk als zeewering dienen. Daarnaast wordt het duingebied ook als natuurgebied beschouwd. De kustzone is dus nauwelijks geschikt voor landbouw. De arme grond, variabele waterstanden en andere factoren spelen hierbij een rol. De oude duinen en strandwallen bieden wel mogelijkheden voor bloembollenteelt (Berendsen, 2008).

Löss

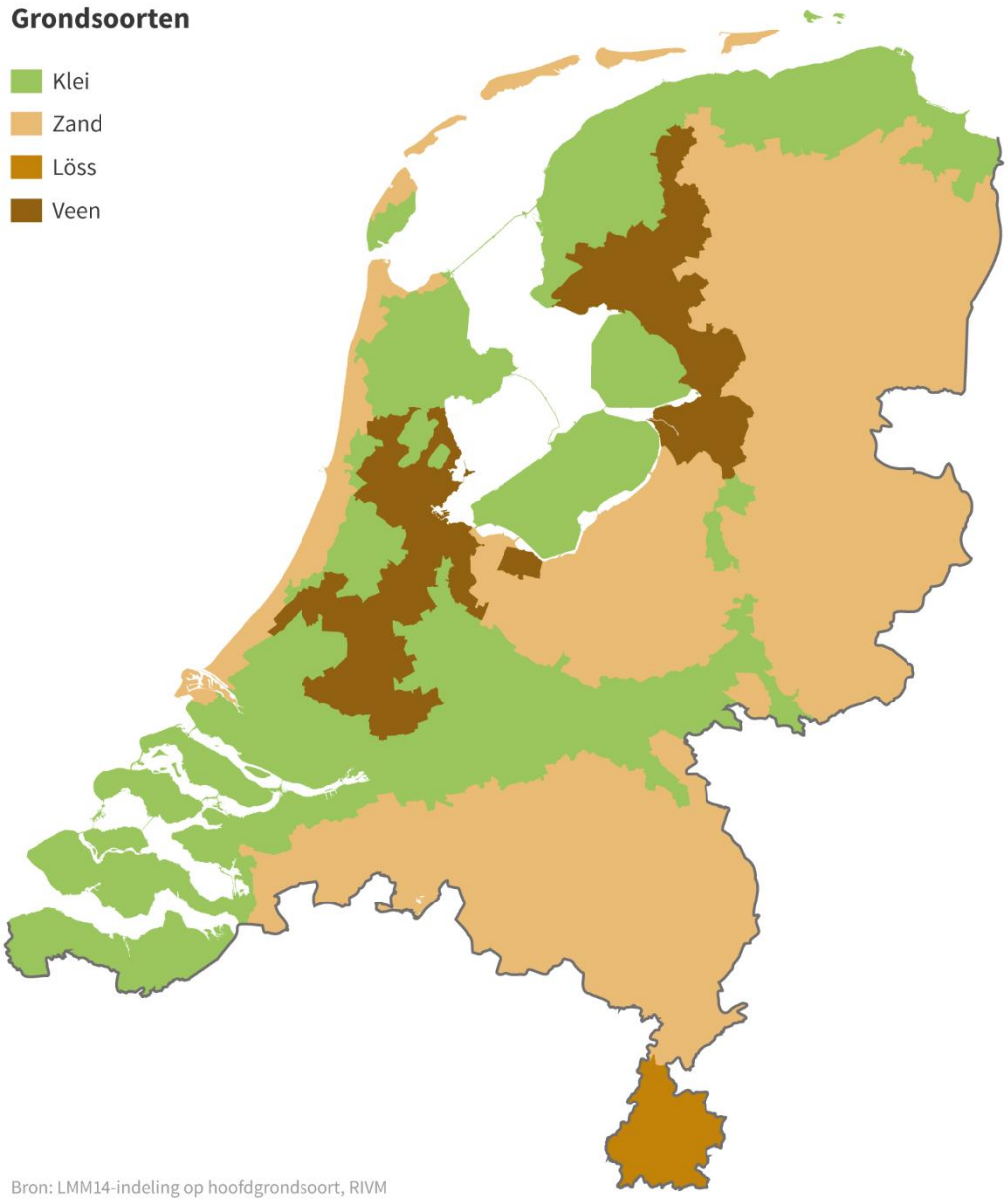
Een andere benaming voor löss is ook wel leem. Deze grondsoort bevindt zich vooral in het heuvelachtig Zuid-Limburg. Het bestaat uit korrels van zand en klei, heeft een geelbruine tot roodachtige kleur en is over het algemeen kalkrijk. De korrelgrootte ligt hiermee ook tussen klei en zand in met 0,002 tot 0,06 millimeter. Door het hoge aandeel kalk kunnen wortels goed ontwikkelen in deze grond en heeft het een diepe/open structuur. Löss houdt over het algemeen veel vocht vast en is hierdoor organisch rijk en zeer vruchtbaar. Het is geschikt voor akkerbouw en fruitteelt. Bodembedekking van gewassen en ondiepe bewerking van de grond kan de erosiegevoeligheid van deze grond inperken (Bokhorst, 2013).

Heuvelland wordt gekenmerkt door een relatief sterk reliëf. Het landschap wordt ook herkend aan de hand van plateauvormen. De plateaus bieden een goede ondergrond voor akkerbouwgewassen. De lössbodem, die overigens dikker is op de plateaus, vormt een goede akkerbouwgrond vanwege de redelijke waterdoorlaatbaarheid en de gemakkelijke opname van regenwater. De randen van de plateaus zijn vaak steiler en bieden hierom een betere ondergrond voor bos en weiland. (Berendsen, 2008)

Veen

Veengrond komt voor in verschillenden soorten. Het is drassige grond en het bestaat uit plantenresten. Het is slecht waterdoorlatend en kan goed samendrukken. Het is een grondsoort die deels organisch rijk en deels organisch arm is. De grond is erg vruchtbaar en hierdoor geschikt voor grasland, akkerbouw en tuinbouw. 71 procent van de veengrond in Nederland wordt agrarisch gebruikt. Om de draagbaarheid van deze grond te vergroten, wordt er vaak zand toegevoegd aan de bovenste laag. De onderste lagen zijn gevoelig voor verwering, rijping en veraarding. Bij verwering komt er zuurstof bij de grond en wordt de grond zwart door het oxidatieproces. Bodemdaling is een gevolg van dit oxidatieproces. Veen bevat veel water. Bij indroging gaan de deeltjes tegen elkaar zitten. Dit proces wordt rijping genoemd en is onomkeerbaar. De grond kan dan geen water meer opnemen. De veraarde laag bepaalt de kwaliteit van de bodem. Dit is de laag waar lucht opgenomen kan worden en plantenresten verteerd worden (Bokhorst, 2013).

Het laagveengebied is sterk aan het afnemen. Het oppervlak aan veen neemt af vanwege de afname aan organische stof en het dunner worden van veenlagen. De gebieden van oorsprong zijn erg nat, waardoor er veel weide aanwezig is. Daarnaast is er een dicht netwerk van sloten om voor voldoende afwatering te zorgen. Op dalgronden, waar lagen veen worden afgegraven, is veelal landbouw mogelijk. De gebieden bestaan uit moderne rationele verkaveling en wordt gekenmerkt door een grote openheid en veel water in een groen landschap. Hiernaast heeft het landschap een groot aantal cultuurhistorische elementen, zoals molens. Zeker in dit landschap is de menselijke geschiedenis duidelijk zichtbaar (Berendsen, 2008).



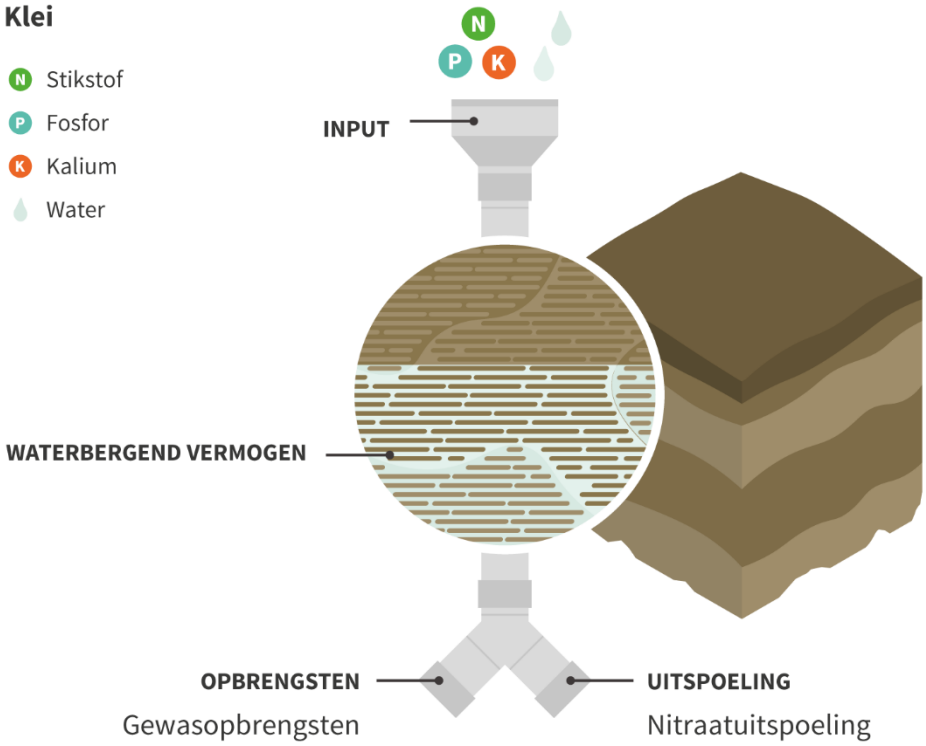
Figuur 5.2 De grondsoortenkaart toont de verdeling van de grondsoorten in Nederland aan (Jong, C de, persoonlijke communicatie, juni 2020)

De grondsoortenkaart, zie figuur 5.2, die is verwerkt in het onderzoek, is afkomstig van het rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu (RIVM). De verschillende bodems in Nederland bestaan uit meerdere grondsoorten. Binnen het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) worden de grondsoorten in vier regio's gegroepeerd, namelijk klei, zand, löss en veen. De vier regio's zijn bepaald aan de hand van de meest voorkomende grondsoort. In werkelijkheid komen er ook andere grondsoorten voor en lopen de grondsoorten meer door elkaar. De indeling is een sterke vereenvoudiging (Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid, 2019).

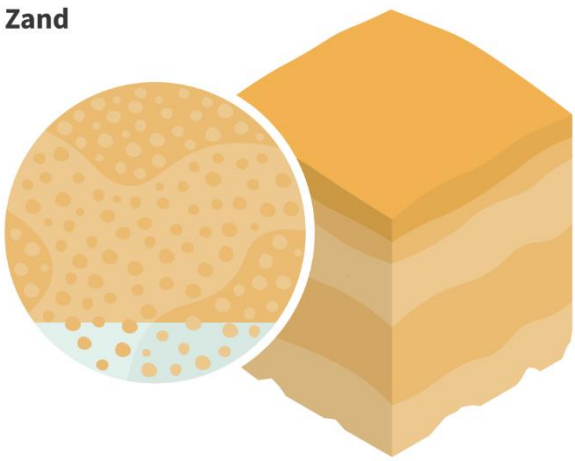
De LMM14-kaart is een samengevoegd bestand van de bodemkaart 1:50000 en de postcode-4 gebieden versie 2010 (Jong, C de, persoonlijke communicatie, juni 2020). Er is gekozen voor deze kaartweergaven omdat dit de meest globale indeling van de grondsoorten in Nederland is. Deze indeling van hoofdgrondsoorten is ook als basis genomen voor de analyses.

5.2 Eigenschappen van de bodem

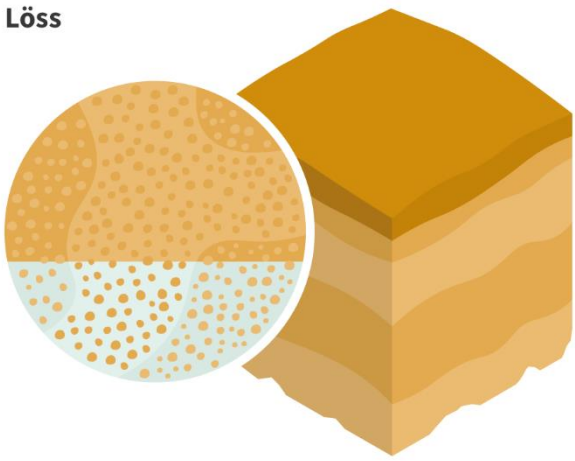
De bodem is in optimale toestand als het voldoende stikstof, fosfaat, kalium, water en micronutriënten kan geven om aan de gewasbehoefte te voldoen. De bodemkwaliteit is opgebouwd uit chemische, biologische en fysische eigenschappen die in balans moeten zijn. Cruciale rol op chemisch vlak is de bodem niet overvragen en mineralen toe te voegen op het juiste moment, juiste plek, juiste product en de juiste hoeveelheid. De chemische, biologische en fysische eigenschappen worden in deze paragraaf toegelicht. In figuur 5.3 is een zeer globale weergave te zien van de input, opbrengsten en uitspoeling van de gemiddelde bodem. De kleibodem geeft hierbij een beeld van de toestand die voor iedere bodem geldt. De bodems verschillen wel in waterbergend vermogen. Dit is ook te zien in figuur 5.4 tot en met figuur 5.6.



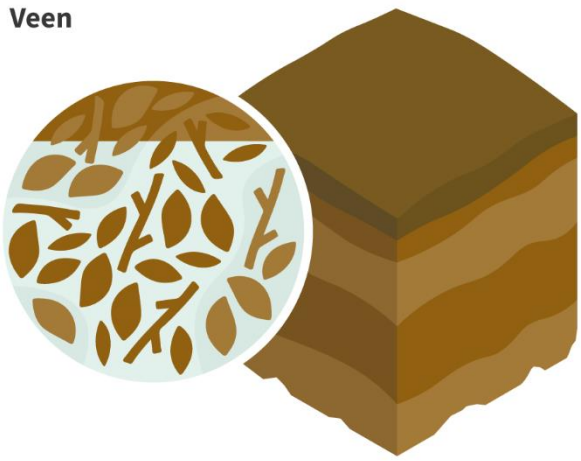
Figuur 5.3 Bodemvisualisatie van kleigrond met een globale weergave van de input en de output. Kleigrond heeft het op één na hoogste waterbergend vermogen van alle grondsoorten.



Figuur 5.4 Bodemvisualisatie van zand. Zandgrond heeft laagste waterbergend vermogen van alle grondsoorten.



Figuur 5.5 Bodemvisualisatie van löss. Lössgrond heeft het op één na laagste waterbergend vermogen van alle grondsoorten.



Figuur 5.6 Bodemvisualisatie van veen. Veengrond heeft het hoogste waterbergend vermogen van alle grondsoorten.

Chemische eigenschappen

Het organische stof gehalte (OS-gehalte) in de bodem is de toplaag, ook wel humuslaag genoemd. Organische stof is een verzamelnaam voor verschillende soorten organisch materiaal, wat voor een groot deel uit vastlegging van koolstof bestaat. Het is gunstig voor de bodemvruchtbaarheid, bodemstructuur, waterhuishouding en beïnvloedt daarnaast de gewasopbrengsten en de bodembiodiversiteit. Bij de afbraak van organische stof door het bodemleven komen er nutriënten vrij zoals koolstof, stikstof, fosfor en zwavel. Deze kan het gewas opnemen. Anderzijds is er de kans dat de elementen uitspoelen naar het oppervlakte- en grondwater. Bij afbraak ontstaan er ook milieubelastende stoffen, zoals lachgas en methaan (Os, 2018). Organische stof wordt voortdurend

afgebroken. Bij afbraak van organische stof daalt het organische stof gehalte op de bodem weer snel. Daarom moet er voldoende organische stof worden aangevoerd.

Organische stof kan worden gecategoriseerd worden in drie soorten van afbreekbaarheid. Makkelijk afbreekbaar, matig stabiel en zeer stabiel. Een vruchtbare bodem heeft alle drie de soorten. Makkelijk afbreekbaar materiaal draagt bij aan de ontwikkeling van het bodemleven en levert voedingsstoffen voor de plant. Afbraak van matig tot stabiele organische stof leidt tot een regelmatigere gift aan de bodem en de plant gedurende het hele groeiseizoen. Daarnaast zorgt het voor een gevarieerd bodemleven en verbetering van de structuur. Het zeer stabiele gedeelte van de organische stof houdt vooral vocht, kalium en sporenelementen vast (Louis Bolk instituut & CLM, 2020).

De koolstof/stikstof (C/N)-verhouding van organisch materiaal is een indicator die aangeeft hoe snel organische stof wordt afgebroken. Wanneer de C/N-verhouding laag is, kan deze makkelijk worden afgebroken. Voorbeelden hiervan zijn drijfmest en gewasresten. Wanneer de C/N-verhouding hoog ligt, wordt deze minder snel afgebroken. Een voorbeeld hiervan is stro. Dit blijft langer in de bodem. Veengrond heeft een hogere C/N-verhouding (>20 procent) dan bijvoorbeeld zandgronden, waar de verhouding tussen de 10 à 15 procent ligt (Louis Bolk instituut & CLM, 2020).

Compost kan helpen om het lange termijn OS-gehalte van de grond omhoog te brengen. De organische stof uit compost is namelijk stabiel en heeft daarom een lange termijn effect. De huidige regelgeving beperkt dit, omdat de helft van de aangevoerde compost meetelt in de gebruiksnorm aan fosfaat. Het is dan voor een melkveehouder met een overschot aan mest economisch minder interessant om compost aan te voeren (Meijering, 2017).

Het OS-gehalte wat wenselijk is voor de bodem, ligt rond de drie procent in de akkerbouw. Voor zwaardere klei ligt deze iets hoger, namelijk vier procent. Een waarde hoger dan vijf procent is niet gunstig. Er ontstaat dan onkruiddruk en de grond is minder goed bewerkbaar. Organische stof die binnen een jaar is afgebroken levert wel voedingsstoffen voor het bodemleven, maar zorgt niet voor een opbouwend effect aan organische stof. Om handhaving van het organische stof gehalte in de bodem te stimuleren moet de balans juist zijn. Er moet dan evenveel effectieve organische stof (EOS) worden aangevoerd en evenveel organische stof (humuslaag) worden afgebroken. EOS is deel van de bodemorganische stof en bevindt zich één jaar na toediening nog in de grond. Aanvoerbronnen kunnen achtergebleven gewasresten, organische mest en ingewerkte groenbemesters zijn. De snelheid waarmee organische stof wordt afgebroken is van veel verschillende factoren afhankelijk, namelijk de grondsoort, de aard/hoogte/ouderdom van de organische stof, kleigehalte, de C/N-verhouding, de pH, en de ontwateringstoestand van het perceel

Verstuiving van de grond treedt op als het organische stof gehalte van de bodem te laag is en wanneer de bodem niet bedekt is met een gewas. Het treedt vooral op bij droge zandgronden. Zandgrond heeft een geringe samenhang aan het oppervlak. Op het moment dat er forse wind ontstaat, gaan meststoffen, zaden en bodemdeeltjes verloren (De Commissie Bemesting Akkerbouw/Vollegrondsgroententeelt, 2020)

Het klei-humus complex ook wel CEC (cation exchange capacity) is een goede indicator voor de vruchtbaarheid van de bodem. Het is een maatstaf die weergeeft wat de bodem kan vasthouden aan nutriënten en water en wat hiervan gedurende het groeiseizoen vrijgegeven kan worden. Klei- en humusdeeltjes hebben een negatieve lading en kunnen hierdoor positieve ionen binden in de bodem. Dit zijn kalium (K^+), magnesium (Mg^{2+}) calcium (Ca^{2+}), ammonium (NH_4^+) en natrium (Na^+). Wanneer deze nutriënten gebonden zijn aan het klei-humus complex, zijn ze niet direct beschikbaar voor de plant. De mate waarin er uitwisseling optreedt, wordt weergeven in de eenheid CEC. Bij een hoge CEC worden er meer nutriënten vastgehouden, die uiteindelijk weer terug gegeven kunnen worden aan het gewas. Nutriënten die dus niet gebonden zijn spoelen uit (Eurofins Agro, 2018).

Biologische eigenschappen

In en op de bodem speelt biodiversiteit zich zowel ondergronds als bovengronds af. Biodiversiteit in de bodem wordt ook wel bodemleven genoemd. In de bodem wordt onderscheid gemaakt in een vijftal groepen bodemorganismen, namelijk schimmels, bacteriën, protozoën, regenwormen en potwormen. Alle organismen die zich in de bodem bevinden zijn op een bepaalde manier met elkaar verbonden. Deze onderliggende samenhang wordt ook wel een voedsel web genoemd. De onderliggende bodembiodiversiteit bestaat uit microflora, zoals onder andere bacteriën en schimmels. Bacteriën en schimmels worden gegeten door de opeenvolgende laag, de fauna. Dit zijn aaltjes, wormen en mijten. Wormen kunnen de gewasopbrengst gemiddeld met 25 procent verhogen, met name bij een beperkte toevoer van stikstof. Ze breken organisch materiaal af en zorgen voor een goede structuur door het graven van gangen. Hierdoor neemt de dichtheid van de grond af (Louis Bolk instituut & CLM, 2020).

De humuslaag is voor het bodemleven het voedsel en wanneer ze dit voedsel verteren, komen nutriënten vrij voor het gewas. De hoeveelheid aan levende organismen in de bodem is afhankelijk van het bodemgebruik en van de grondsoort. In kalkrijke kleibodems zitten veel bacteriën die organische materiaal snel kunnen afbreken, terwijl in zuurdere zandgronden schimmels actief zijn, die organisch materiaal kunnen afbreken tot humus. Blijvend grasland bevat bijvoorbeeld veel wormen, terwijl bij een maisteelt van een aantal jaar bijna geen wormen meer voorkomen. Niet kerende grondbewerking en bewerken met lichte machines kan verdichting voorkomen en spaart het bodemleven. Een belangrijk aspect binnen de gewaskeuze is vooral de afwisseling tussen rooi- en diep wortelende maaigewassen.

Fysische eigenschappen

Een vruchtbare bodem heeft ook een juiste waterhuishouding nodig. Bodem en water zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. De bodem bepaalt hoe de neerslag die op de bodem valt in het grondwater terecht komt. De snelheid waarmee het water door de bodem gaat, wordt bepaald door de grondsoort en de eigenschappen hiervan. Afgelopen decennia is de snelheid waarmee het water wordt afgevoerd hoger geworden, waardoor er minder water geborgen blijft. De kwaliteit van de bodem bepaalt in hoeverre de bodem water kan bergen, gedurende natte perioden. Door de klimaatverandering komen er langere periodes met droogte of kunnen er hevige regenbuien ontstaan, waardoor er veel water valt in een korte periode. Wateroverlast kan schade aanrichten aan het gewas, doordat de groei vertraagd wordt. De bodem kan mogelijk dichtslempen, waardoor

er geen lucht meer in de bodem kan komen. Organische stof en het opheffen van bodemverdichting zorgen voor betere kwaliteit van de bodem, waardoor negatieve effecten voorkomen kunnen worden (Os, 2018).

Een bodem met zowel grote als kleine poriën heeft een juiste bodemstructuur. Kleine poriën kunnen water vasthouden, terwijl grote poriën zorgen voor luchttoevoer en het afvoeren van het overtollige water. Wortels moeten zich goed kunnen ontwikkelen in de bodem. Daarom moet een gewas zo weinig mogelijk weerstand ondervinden tijdens de groei. Hoe hoger de weerstand, hoe minder wortels er kunnen ontwikkelen en hoe minder nutriënten uiteindelijk ook opgenomen kunnen worden. De juiste verhouding in de bodem is 50 procent poriën en 50 procent vaste bodemdeeltjes. Er zijn verschillende knelpunten die een negatief effect hebben op de bodemstructuur, bijvoorbeeld verslemping en verdichting.

Lichte klei- en lössgrond is gevoelig voor slempvorming. Als regendruppels samenklonteren met kleideeltjes, zakken deze tussen de grovere poriën, waardoor er een korst ontstaan. Dit zorgt voor een verminderende uitwisseling van vocht en lucht. De korst hindert daarnaast fijnere wortels, waardoor niet alle gewassen sterk genoeg zijn om door te dringen. De grond kan door verslemping langer vochtig blijven, waardoor deze moeilijker bewerkbaar is (Louis Bolk instituut & CLM, 2020).

Als bodemdeeltjes dichter op elkaar gedrukt zijn dan dat wenselijk is, spreekt men over bodemverdichting. De poriën die zich tussen de gronddeeltjes bevinden, zorgen voor lucht, watertoevoer en beworteling voor de plant. Als deze poriën kleiner worden door verdichting, neemt het infiltratiecapaciteit van de bodem af, waardoor er minder waterberging mogelijk is (Os, 2018).

Figuur 5.7 Weergave van verdichting in de teeltlaag, met als gevolg een slechtere ontwikkeling van het wortelstelsel en een slechtere waterdoorlaatbaarheid.

Verdichting kan ontstaan doordat de grond bewerkt wordt met te zware machines. Het kan ook ontstaan wanneer er laat in het najaar wordt geoogst. In het najaar is de draagkracht van de bodem een stuk lager dan in de zomer door de natte omstandigheden. Als een bodem veel poriën en organische stof bevat, zal de draagkracht verminderen. Dit heeft te maken met de dichtheid van de poriën in de bodem. Wanneer de vochtgraad in een bodem hoog is, wordt de draagkracht ook minder. Hoge grondwaterstanden kunnen dus een negatief effect hebben op de draagkracht van de bodem. Als de toplaag van de bodem na bewerken of berijden insporing of vervorming laat zien, dan is de draagkracht gering (Gurp, Geurts, & Bil, 2020).

Op zwaardere kleigronden is er vooral risico op verdichting in de teeltlaag (zie figuur 5.7), ook wel bouwvoor genoemd. Lichtere zandgronden hebben risico op ondergrondverdichting, de zogeheten ploegzool raakt dan verdicht, De grond kan minder goed bewerkt worden en kan ook minder vocht vasthouden. Watertransport naar diepere lagen wordt beperkt, waardoor er meer kans is op uitspoeling van nutriënten. Verdichting in de teeltlaag kan makkelijker bewerkt worden door gangbare bodembewerking, dan verdichting in de ondergrond. Verdichting in de ondergrond kan zelfs blijvend zijn, als er geen maatregelen worden getroffen (Remmelink, Middelkoop, Ouweltjes, & Wemmenhove, 2018/2019).

5.3 Bemesting

Gebruiksnormen mest

Dierlijke mest bestaat uit verschillende nutriënten. De hoofdelementen zijn stikstof (N) en fosfaat (P). Rijksdienst voor ondernemend Nederland (RVO) heeft voor deze nutriënten een gebruiksnorm bepaald. Dit staat beschreven in het mestbeleid. Dit mestbeleid is opgesteld aan de hand van de Europese nitraatrichtlijn. Deze normen zijn er, omdat een overmaat aan mest ervoor zorgt dat deze

nutriënten uitspoelen naar het oppervlaktewater. Vooral een overschot aan fosfaat en stikstof zorgt voor vervuiling van het oppervlaktewater en het grondwater (RVO, 2019). De gebruiksnormen zijn verder toegelicht in hoofdstuk 6.2.

Groenbemesters

Groenbemesters bedekken de bodem en zorgen ervoor dat voedingsstoffen vastgehouden blijven in de grond. Daarnaast geven ze voeding aan het bodemleven, zorgt het ervoor dat de grond los blijft en draagt het bij aan organische stof opbouw. Het soort groenbemester bepaalt wat er met de grond gebeurt. Binnen groenbemesters kunnen er 3 verschillende soorten worden onderscheiden, namelijk veel wortels, veel loof en penwortel. Granen en grassen hebben veel wortels en dit zorgt ervoor dat het organische stof gehalte in de bodem stijgt. Loof draagt bij aan stimulans van bodemleven, maar zorgt niet voor structuur/humusopbouw. Penwortel heeft een stevige wortel, maar maakt de grond nauwelijks los. Het maakt gebruikt van de gangen die gemaakt zijn door een worm. Iedere groenbemester heeft dus zo zijn eigenschappen wat het toevoegt aan de bodem. Het is dus cruciaal dat er per grondsoort de juiste groenbemester wordt gekozen. In principe kan op iedere grondsoort gele mosterd, bladrammenas, rogge en Italiaans raaigras worden geteeld. Op kleigrond kunnen klavers en wikken worden geteeld en op zandgrond lupine, serradelle en tagetes (Jan Bokhorst, 2020).

Minerale meststoffen (kunstmest)

Planten nemen stikstof (N) op in de vorm van nitraat (NO_3^-) of ammonium (NH_4+). De gangbare kunstmeststoffen bevatten daarom één van deze vormen of een combinatie. Ook zijn verbindingen als ureum of amide mogelijk. Deze verbindingen moeten eerst worden omgezet in ammonium, waarbij kans op vervluchtiging in de vorm van ammoniak ontstaat. Deze omzetting kan zorgen voor 20 procent stikstofverlies. Ureum is net als nitraat ook gevoelig voor uitspoeling. Ammonium wordt als de temperatuur oploopt omgezet in nitraat. Dit proces verloopt in het vroege voorjaar langzamer dan in de zomer. Dit is gunstig, omdat ammonium minder snel uitspoelt dan nitraat. Nitraat is de stikstofvorm die het snelste opneembaar is voor de plant. Door de mobiliteit van nitraat, spoelt deze ook makkelijk uit. Naast nitraat kan de plant kan ook ammonium opnemen, maar ammonium wordt voor een groot deel eerst door micro-organismen in de bodem omgezet in nitraat. Hierdoor is ammonium trager opneembaar. De positieve lading van ammonium zorgt ervoor dat deze stikstof goed wordt geadsorbeerd door organische stof en kleideeltjes. Hierdoor is de kans op uitspoeling lager dan bij nitraat. Bij ammonium is er wel een risico van ammoniakvervluchtiging, vooral op gronden met een hoge pH (Handboek bodem & bemesting , 2020 c).

Kunstmeststoffen die gebaseerd zijn op nitraat of ammonium geven de hoogste stikstofopname en -benutting en de laagste ammoniakemissie. Een nadeel is dat nitraat- en ammoniummeststoffen onder natte omstandigheden de hoogste emissie hebben van distikstofoxide, oftewel lachgas (N_2O). Daarnaast is er onder natte omstandigheden kans op nitraatuitspoeling. Om de kans op nitraatuitspoeling te verkleinen is het verstandig om in het vroege voorjaar te kiezen voor een meststof met een groter ammoniumaandeel. Een bijkomend voordeel van een groter aandeel ammonium is dat planten vooral bij lage temperaturen een voorkeur hebben voor een

stikstofopname in de vorm van ammonium. In tabel 3 staat een overzicht van de stikstofvormen in verschillende meststoffen (Handboek bodem & bemesting , 2020 c).

Tabel 3 Stikstofvormen in meststoffen (Nutrinorm, 2020 a)

Meststof	Nitraatstikstof NO_3^- - N (%)	Ammoniumstikstof NH_4+ - N (%)	Amidestikstof Amide - N (%)
Kalkamonsalpeter (KAS)	50	50	
Ammoniumnitraat (AN)	50	50	
Ammonsulfaatsalpeter	30	70	
Ammoniumsulfaat (ZA, zwavelzure ammoniak)		100	
NPK 15-15-15	42	58	
NTS	24	28	48
Ureum			100
Urean	25	25	50

Stikstofgift bodem zonder bemesting

De totale hoeveelheid stikstof in de bodem en de koolstof/stikstof (C/N) verhouding bepalen het stikstof leverend vermogen (NLV) van de bodem. Het NLV geeft aan hoeveel stikstof het gewas op zou kunnen nemen zonder dat er bemest wordt. Hoe hoger dit kengetal, hoe minder er bemest hoeft te worden. Het NLV kan per perceel veel verschillen, maar er zijn wel gemiddeldes per grondsoort (zie tabel 4) (Nutrinorm, 2016). In het model is alleen uitgegaan van toevoeging op basis van meststoffen en niet wat de bodem kan geven aan nutriënten.

Tabel 4 Gemiddeld stikstof leverend vermogen (NLV) in Nederland per grondsoort (Nutrinorm, 2016)

Grondsoort	NLV (in kg N/ha/jaar)
Klei	130,5
Zandgrond	96
Lössgrond	86
Veengrond	228

Bemestingsadvies behoefte gewas

Het aanbod aan beschikbare stikstof voor het gewas is voornamelijk afkomstig uit dierlijke mest, kunstmest en het stikstof leverend vermogen van de bodem. Bemestingsadviezen worden daarom bepaald aan de hand van de stikstofjaargift en het NLV van de bodem . De stikstofjaargift geeft de totale hoeveelheid aan stikstof aan dat er in dat betreffende jaar toegediend kan worden om de juiste opbrengsten te behalen. Deze stikstofjaargift is opgebouwd uit kunstmest en de werkzame stikstof uit dierlijke mest (Voedergewassen, 2019).

Wat het totale aandeel aan stikstof in de bodem is, wordt ook wel het minerale stikstofvoorraad genoemd (N-min). De bodem bepaalt voor een deel wat een gewas kan opnemen. Dit wordt ook wel de bodemvoorraad genoemd. De bodemvoorraad is niet direct beschikbaar voor de plant, maar vanuit het klei-humuscomplex in de bodem kan dit wel vrijgemaakt worden. Deze voorraad wordt niet aangevuld door één keer mest uitrijden, maar door meerdere keren. Daarnaast heeft

neerslag ook veel invloed op het stikstofaandeel in de bodem. Als er in de winter veel neerslag is gevallen, dan is het aandeel stikstof in de bodem veel lager dan wanneer er bijna geen neerslag is gevallen. Temperatuurschommelingen hebben ook invloed op het N_{min}-voorraad van de bodem. Als de temperaturen hoger worden, kan er meer organische stof worden gemineraliseerd. Dit betekent meer beschikbare nutriënten voor de plant (Verhoeff, 2019).

6. Transitie naar kringlooplandbouw

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de deelvraag wat de gevolgen zijn van deze invullingen op de Nederlandse landschappen. Allereerst worden de uitgangspunten weergeven die van belang zijn bij de omschakeling naar kringlooplandbouw. Vervolgens wordt het basis kringloopmodel toegelicht aan de hand van visualisaties en bijlagen. Bij het kringloopmodel zijn daarna meerdere scenario's doorgerekend, waarbij de effecten worden benoemd.

6.1 Nutriënteneigenschappen (NPK)

De meest belangrijke uitgangspunten die van belang zijn bij de omschakeling naar kringlooplandbouw zijn de nutriënten stikstof, fosfor en kalium. Hieronder worden de eigenschappen van deze nutriënten toegelicht.

Stikstof (N)

Stikstof is de belangrijkste voedingsstof voor de plant en heeft de meeste invloed op de productie van het gewas. Het is een heel bewegelijk element in de bodem en in de lucht en het maakt onderdeel uit van de vorming van eiwitten, bladgroen, enzymen en hormonen (Meststoffen Nederland, 2020)

Stikstof kan verloren gaan in verschillende vormen. Zo kan het verloren gaan in vervluchtiging van de gassen stikstofgas (N_2), lachgas (N_2O) en stikstofoxide (NO). Daarnaast kan het verloren gaan in de vorm van nitraatuitspoeling (NO_3^-) of vervluchtiging van ammoniak (NH_3). Vervluchtiging van ammoniak ontstaat door het contact van urine met mest. Hierdoor is een groot deel van de ammoniakemissie afkomstig uit de veehouderij (RIVM, 2020). Op het moment dat dierlijke mest wordt toegediend aan de bodem, vervluchtigt opnieuw een deel van de stikstof in de vorm van ammoniak. Dit gebeurt ook als koeien in de wei lopen, alleen dan in mindere mate, omdat urine en mest minder stel met elkaar in contact komen (CBS, 2018 a). De emissie van ammoniak naar de lucht betekent niet dat deze stikstof in de lucht blijft. De verbindingen met stikstof kunnen door regen neerslaan op de grond en in de bodem terechtkomen. Dit zijn vooral de stikstofoxide (NO_x) en de ammoniak verbindingen (NH_3). Dit wordt natte stikstofdepositie genoemd. Niet alle planten zijn in staat om N_2 op te nemen uit de lucht, maar de ammoniakverbindingen en de oxide verbindingen kunnen wel worden opgenomen door de planten. Het opnemen van deze verbindingen wordt droge depositie genoemd (RIVM, 2020). Regionaal komen er verschillende niveaus van stikstofdepositie voor. In het zuidoosten van Nederland zijn vooral intensieve bedrijven (varkens en kippen) gevestigd. Hierdoor is aangetoond dat de depositie in deze gebieden ook hoger is dan in bijvoorbeeld Zeeland (Leefomgeving, 2019). Gemiddeld slaat in Nederland 1263 mol stikstof per hectare neer. Rekening houdend met de molmassa van 17 gram per mol en de omrekenfactor van NH_3 naar N (zie parameters) komt dit neer op 18 kilogram stikstofdepositie per hectare. Om de totale stikstofdepositie in Nederland te berekenen is dit vermenigvuldigd met het totaal aantal landbouwgrond in Nederland.

→ *18 kg/ha * 1665373 ha = 29 mln kg N*

De akkerbouwsector is een bron van nitraatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Twee derde van de grond in Nederland is landbouwgrond. Langs deze gronden loopt een groot deel oppervlaktewater. Een hoog gehalte aan nitraat in het oppervlaktewater zorgt ervoor dat algengroei ontstaat. Doordat algen gaan groeien, slokken deze organismen het zuurstof op in het water. Vissen en andere organismen gaan dood, omdat er niet genoeg zuurstof aanwezig is. Overmaat aan nutriënten in het oppervlak- en grondwater wordt eutrofiëring genoemd (Rozemeijer, 2008).

Gewassen zoals aardappelen en groenvoedergewassen laten veel stikstof achter in de bodem en worden ook geteeld op uitspoelinggevoelige, lichte gronden (Haanstra, 2011). Geen enkel gewas is in staat om de totale hoeveelheid aangeboden stikstof op te nemen. Een overschot aan stikstof is niet goed voor de plant. Deze overtollige stikstof kan niet meer opgenomen worden en blijft dus in de bodem. Een gevolg hiervan is dat de bodem verzuurt. Gewassen kunnen nutriënten minder goed opnemen in een zuurdere grond. Bij een overmaat aan stikstof in de bodem gaan bepaalde plantensoorten overheersen en deze verdringen dan de andere planten soorten, waardoor het soortenrijkdom daalt.

Fosfor (P)
Fosfor is het tweede belangrijkste mineraal voor de plant. Niet alleen planten, maar ook dieren kunnen niet zonder dit nutriënt. Voor levende wezens geldt dat fosfor noodzakelijk is voor het celmateriaal. Het is nodig voor de energieoverdracht tussen cellen, waardoor groei, ontwikkeling en voortplanting kan plaatsvinden. Fosfor komt in de natuur het meest voor in fosfaatverbindingen. Dit zijn verbindingen met fosfor en zuurstof. Momenteel wordt fosfaat gewonnen uit de ertsen, maar deze voorraad is eindig. Daarnaast is fosfaat niet vervangbaar door een andere hulpbron (Schoumans & Middelkoop, 2020).

Fosfaat is een stabiele factor in de bodem, dit komt doordat fosfaat zich sterk bindt aan de vaste bodemdeeltjes. Overtollige gift van fosfaat stapelt zich op in de bodem, als het gewas het niet meer op kan nemen. Van nature zijn de fosfaatgehalten van de grondsoorten in Nederland laag. Bemesting is dan nodig om een gewas te laten groeien. Een overmaat aan nutriëntengift uit mest zorgt dus voor ophoping. Hierdoor is er kans op uit- en afspoeling van fosfaat. Op het moment dat de fosfaattoestand hoger wordt in de bodem, neemt de mogelijkheid voor de bodem om nog meer fosfaat te binden af. Daarnaast zorgt deze fosfaatbuffer voor gevoeligheid van uitspoeling, ook wanneer er geen extra fosfaat wordt toegevoegd aan de bodem (Compendium voor de Leefomgeving, 2008).

In kalkarme zand-, klei- en veengronden is fosfaat gebonden aan ijzer en aluminium. Deze gronden kunnen tot wel 65 procent fosfaat binden. De overige 35 procent is beschikbaar fosfaat voor de plant. Kalkrijke gronden zijn daarentegen wel gevoelig voor uitspoeling. De capaciteit om fosfaat te binden ligt veel lager, waardoor het fosfaat wat beschikbaar is voor de plant veel hoger ligt. Daarnaast heeft het bemesten van de bodem geen voordelen als de fosfaattoestand een P_w-getal heeft van 60. De productie en kwaliteit gaan niet achteruit als er niet bemest wordt. Op dat moment zit er nog genoeg fosfaat in de bodem, wat het gewas kan opnemen. Voor grasland geldt bij een PAL-getal van 55 dat er geen fosfaattoevoeging nodig is.

Op het moment dat de fosfaataanvoer door mest en de fosfaatafvoer door het gewas gelijk zijn, daalt toch de totale fosfaattoestand van de bodem. Fosfaat gaat in de bodem namelijk reacties aan met bestandsdelen uit de bodem. Een deel van deze fosfaat wordt omgezet in andere vormen die op korte termijn niet meer beschikbaar zijn voor de plant. Fosfaat wordt ook als organische stof opgeslagen en een klein deel spoelt uit naar de sloot of het grondwater onder de bouwvoor (Schoumans, Duinhoven, & Willems, 2008).

Kalium (K)

Kalium is na stikstof de meest opgenomen stof in de plant. Kalium bevindt zich niet in het organische stofgedeelte van de plant, maar komt voor als kaliumionen in het celvocht van de plant. Hierdoor speelt het een belangrijke rol in de vochthuishouding en de stofwisselingsprocessen. Kalium heeft niet alleen een gunstig effect op de opbrengst van de gewassen, maar ook op de kwaliteit van het gewas. De eigenschappen van kalium zijn divers. Zo zorgt kalium ervoor dat het gewas minder gevoelig is voor vorst, droogte en schimmels. De opbrengst is kwalitatief beter, het product is langer houdbaar en heeft een betere geur, kleur en smaak. Voor gras geldt dat het langzamer groeit, wanneer er een tekort aan kalium optreedt (Beer, 2020) (Nutrinorm , 2020 c).

Een gewas neemt kalium op in de vorm van Kali (K_2O). De variatie in de hoeveelheid aan kali wat een gewas kan opnemen is groot. Kali kan vrij gemakkelijk uitspoelen, met name op lichte gronden. Als er veel neerslag valt in een korte periode, verdwijnt de plant beschikbare kali uit de grond. Het gewas heeft op dat moment alleen beschikking over de kalium uit nalevering van het klei-humuscomplex en de kali uit dierlijke mest (Beer, 2020).

6.2 Schematische kringloop

Het kringloopmodel bevat meerdere doorrekentabbladen, waarin de onderwerpen worden doorgerekend. In het model is er gerekend met de maximale bodemcapaciteit, dus wat kan de bodem maximaal vasthouden aan nutriënten. Dit is een verschil met het huidige landbouwsysteem, waarbij er wordt gestreefd naar maximale gewasopbrengsten.

Bodem

De draagkracht van de bodem is berekend in het tabblad Mineralenbalans bodem. Als uitgangspunt van de bodem is fosfaat (P_2O_5) gebruikt. Dit komt doordat fosfaat de meest stabiele factor is in de bodem (interview met Gera van Os, zie bijlage 1.2). Stikstof en kalium zijn veel gevoeliger voor uitspoeling of vervluchtiging. De totale fosfaatcapaciteit bedraagt 132 miljoen kilogram. Dit is op basis van de fosfaattoestand in Nederland berekend in het tabblad Fosfaattoestand in Nederland. In het onderzoek van Oenema is alle landbouwgrond van Nederland in kaart gebracht met de bijbehorende fosfaattoestand van de bodem. Hierdoor is bekend hoeveel fosfaat er kan worden toegevoegd (O. Oenema, 2016). Deze data is gebruikt om de totale gebruiksruimte te berekenen. Dit is zowel in de vorm van dierlijke mest als in de vorm van anorganische meststoffen. Om cijfers in het tabblad Schematische kringloop te kunnen vergelijken, wordt overal de hoeveelheid fosfaat omgerekend naar de hoeveelheid fosfor. Kalium wordt omgerekend naar kali en stikstof verandert niet.

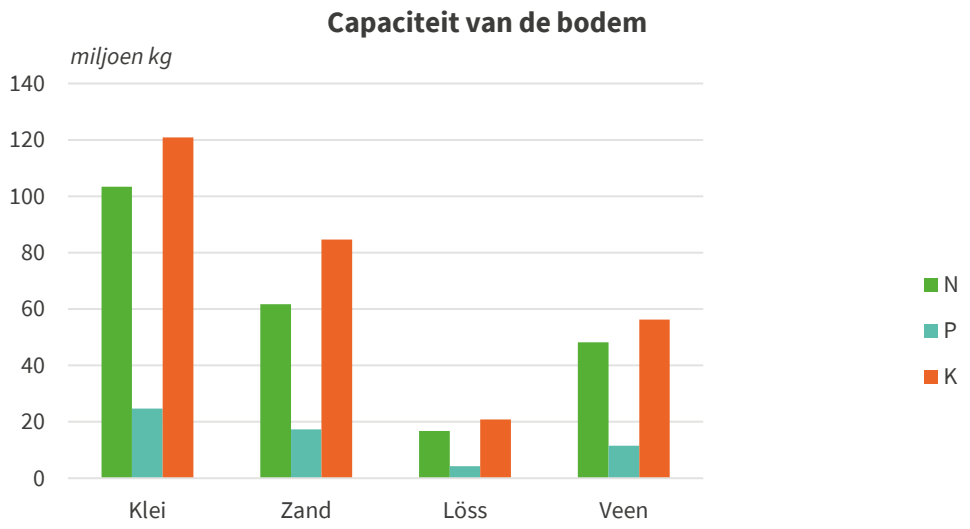
132 miljoen kilogram fosfaat is omgerekend naar fosfor, door de hoeveelheid te vermenigvuldigen met de factor 0,4364. Deze factor is gebaseerd op de moleculaire massa van fosfor en is terug te vinden in het tabblad Parameters (Nutrinorm, 2020 b).

→ *132 miljoen kg fosfaat * 0,4364 = 58 miljoen kg fosfor*

De draagkracht van de Nederlandse bodem bedraagt 58 miljoen kg fosfor. Er vanuit gaande dat fosfor de beperkende factor is, zijn ook de twee andere elementen stikstof en kalium uitgerekend. Om deze hoeveelheden te kunnen berekenen, zijn de gemiddelde forfaitaire normen nodig. Bij het berekenen van de gemiddelde forfaitaire norm is er rekening gehouden met mest van rundvee, varkens en kippen, waarbij er ook onderscheid is gemaakt in dunne mest en dikke mest. De gemiddelde forfaitaire normen zijn berekend door de mestproductie per diersoort te vermenigvuldigen met de forfaitaire norm per diersoort en dat vervolgens te delen door de totale mestproductie. De berekende gemiddelde forfaitaire norm bedraagt van stikstof 4,7 kilogram (kg), van fosfaat 1,0 kg en van kali 4,7 kg per 1000 kg mest. De 58 miljoen kilogram fosfor bodemplaatsingsruimte wordt omgerekend naar stikstof en kalium, door de bodemplaatsingsruimte van fosfor te delen door de gemiddelde forfaitaire norm van fosfor en vervolgens te vermenigvuldigen met de gemiddelde forfaitaire norm van stikstof respectievelijk kalium. De totale bodemplaatsingsruimte, oftewel capaciteit van de bodem, staat weergegeven in figuur 6.1.

→ *(58 miljoen kg P / 1,0 kg P/kuub) * 4,7 kg N/kuub = 284 miljoen kg N bodemplaatsingsruimte*

→ *(58 miljoen kg P / 1,0 kg P/kuub) * 4,7 kg K/kuub = 284 miljoen kg K bodemplaatsingsruimte*



Figuur 6.1 De capaciteit van NPK staat weergegeven per grondsoort (Berende, Hoop, & Scherff, 2020)

In figuur 6.1 is de NPK capaciteit weergegeven per grondsoort. Om de capaciteit per grondsoort te berekenen, is de totale gebruiksruimte per element vermenigvuldigd met het percentage van

iedere grondsoort in Nederland ten opzichte van het totale areaal (zie 2. Theoretische kader voor de percentages). Daarnaast is er rekening gehouden met het verzadigingspercentage per grondsoort. Deze verzadingspercentages staan in het tabblad Parameters, wat betekent dat deze aangepast kunnen worden. In het huidige kringloopmodel zijn we uitgegaan van de percentages zoals weergegeven in tabel 5.

Tabel 5 Fosfaat verzadigingspercentage per grondsoort, zoals deze zijn meegenomen in het huidige kringloopmodel (Berende, Hoop, & Scherff, 2020)

Grondsoort	Verzadigingspercentage
Klei	50%
Zand	20%
Veen	20%
Löss	10%

De totale gebruiksruimte van fosfor bedraagt 58 miljoen kilogram fosfor. Zoals eerder genoemd, is deze gebruiksruimte berekend aan de hand van de huidige fosfaattoestanden in Nederland. Na het toevoegen van de verzadigingspercentages moet de totale gebruiksruimte dus nog 58 miljoen kilogram fosfor bedragen. De totale gebruiksruimte per grondsoort is berekend door het aantal kilogram fosfor per grondsoort te vermenigvuldigen met 100% minus het verzadigingspercentage. Het verzadingspercentage vermenigvuldigd met het aantal kilogram fosfor per grondsoort wordt vervolgens in dezelfde verhouding als de verzadingspercentages verdeeld over de overige grondsoorten. Hieronder staat als voorbeeld de gebruiksruimte van fosfor op zandgrond, waarbij de verzadingspercentages zijn meegenomen. Om het duidelijk te krijgen is de formule verdeeld in 4 onderdelen, namelijk per grondsoort.

*→ Zand: (100% - 50%) * 27 mln kg P = 13,5 mln kg P*
*Klei: ((50% / (50% + 20% + 10%)) * (20% * 24 mln kg P)) = 3 mln kg P*
*Veen: ((50% / (50% + 20% + 10%)) * (20% * 6 mln kg P)) = 0,75 mln kg P*
*Löss: ((50% / (50% + 20% + 20%)) * (10% * 1 mln kg P)) = 0,05 mln kg P*
Totaal: 13,5 + 3 + 0,75 + 0,05 = 17 mln kg P

Op dezelfde manier zijn de gebruiksruimte van de overige grondsoorten en de gebruiksruimte van N en K berekend. Tot slot is er rekening gehouden met nitraatuitspoeling, omdat stikstof verloren gaat uit de kringloop. Ook bij deze uitspoeling kunnen de percentages per grondsoort aangepast worden in het tabblad Parameters. In tabel 6 staan de percentages die meegenomen zijn in het huidige model. Het percentage nitraatuitspoeling op zandgrond bedraagt 27,5 procent en op kleigrond 15 procent (Haanstra, 2011). Voor veen en löss is er een aanname gemaakt op basis van de korrelstructuur en de gegeven waterdoorlaatbaarheid van de bodem

Tabel 6 Nitraatuitspoeling per grondsoort, zoals deze zijn meegenomen in het huidige kringloopmodel (Berende, Hoop, & Scherff, 2020)

Grondsoort	Nitraatuitspoeling
Klei	27,50%
Zand	15%
Veen	15%
Löss	20%

Als voorbeeld wordt hieronder de nitraatuitspoeling berekend op zandgrond. Om de stikstof gebruiksruimte te kunnen corrigeren met de nitraatuitspoeling, moet stikstof omgerekend worden naar nitraat (NO_3^-). Vervolgens wordt het percentage nitraatuitspoeling van de totale hoeveelheid nitraat afgehaald. Tot slot wordt de hoeveelheid nitraat weer teruggerekend naar de hoeveelheid stikstof. Voor deze berekening moet gebruik worden gemaakt van de moleculaire massa als omrekenfactor. Deze zijn weergegeven in het tabblad Parameters (Nutrinorm, 2020 b). Dit betekent dat 85 miljoen kilogram N gelijk staat aan 377 miljoen kilogram NO_3^- Van deze hoeveelheid wordt het percentage uitspoeling afgehaald.

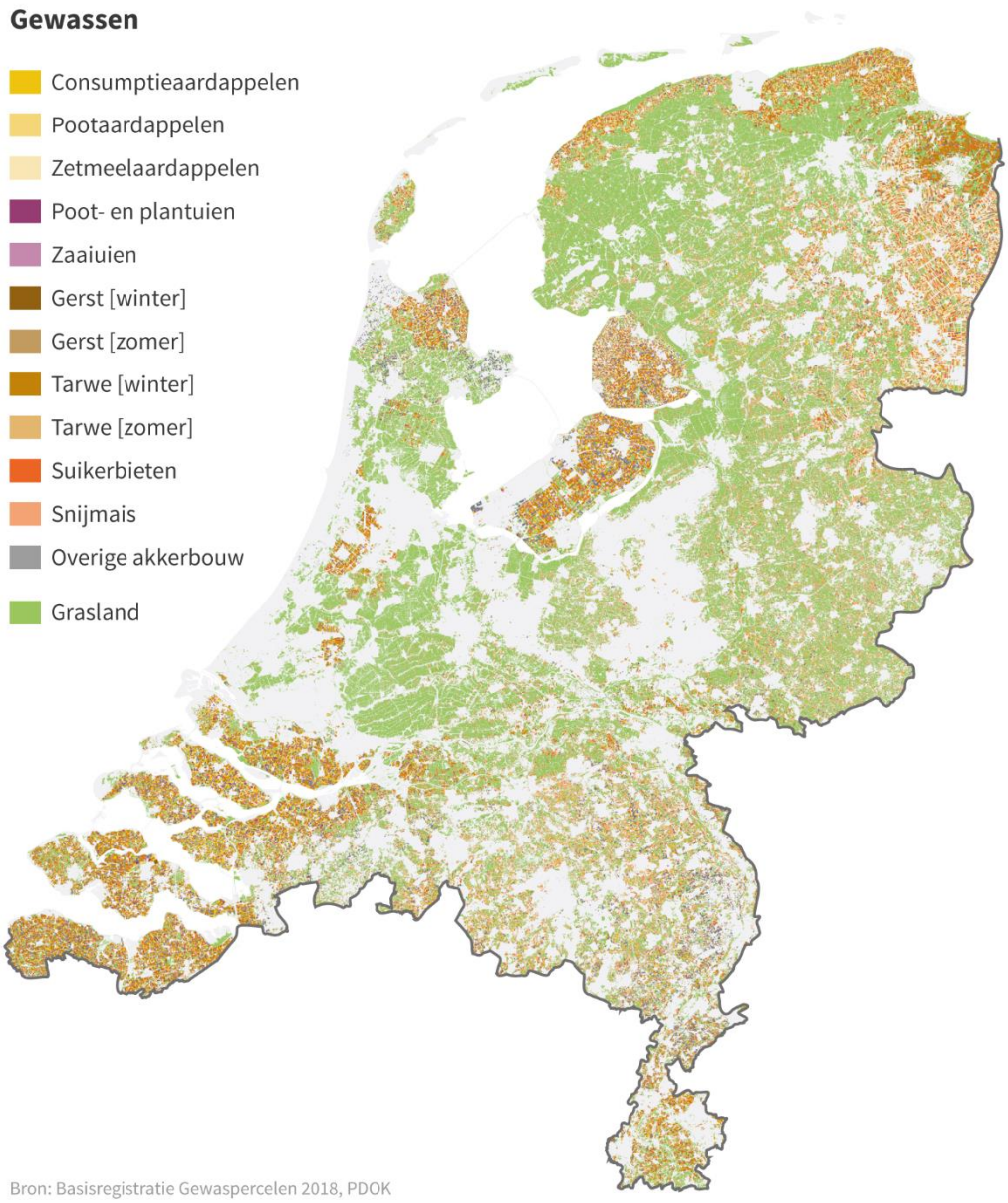
→ *377 mln kg* NO_3^- ** (100% - 27,5%) = 273 mln kg* NO_3^-

De hoeveelheid NO_3^- staat gelijk aan 62 miljoen kilogram N. Dit is de gebruiksruimte van stikstof die de bodemcapaciteit aangeeft, zie figuur 6.1.

Gewas

Het totale areaal aan landbouwgrond in Nederland is 1,66 miljoen hectare. Deze hectares landbouwgrond zijn onderverdeeld in grasland en akkerbouwgrond. In 2018 was er een totaal aan 0,93 miljoen hectare grasland en 0,73 miljoen hectare akkerbouwgrond (Compendium voor de Leefomgeving, 2019). Grasland wordt onderverdeeld in grasland met beweiden en grasland zonder beweiden. Dit is noodzakelijk aangezien op grasland met beweiden al dierlijke mest komt door grazende dieren. Hierdoor mag er minder mest worden toegediend. Het aantal hectares grasland met beweiden wordt bepaald aan de hand van een percentage. Ongeveer 70 procent van de bedrijven past weidegang toe in zijn bedrijfsvoering (CBS, 2018 b). De akkerbouwgrond is opgedeeld in de meest gangbare gewassen, zoals vermeld in het theoretisch kader. In figuur 6.2 staat de gewassenkaart met deze gewassen. De gewassenkaart toont de gewassen van het jaar 2018 die meegenomen zijn in de analyses. Deze gewasindeling is niet meer actueel. Het is immers belangrijk om gewassen jaarlijks af te wisselen. Dit wordt gedaan om de bodem gezond te houden en grondgebonden ziekten te beperken (Jager, 2018).

De Basisregistratie Gewaspercelen (BRP), waar de kaart van afgeleid is, bestaat uit de plaatsen van landbouwpercelen met het daarop geteelde gewas. De begrenzingen zijn gebaseerd op het Agrarisch Areaal Nederland (AAN) (Esri Nederland, 2018).



Figuur 6.2 Gewassenkaart van Nederland, waarin de gewassen staan die meegenomen zijn in het huidige kringloopmodel (Dataset: Basisregistratie Gewaspercelen (BRP), 2018)

Behoefte

Om de nutriëntenbehoefte van de gewassen te bepalen, is gekeken naar de stikstofgebruiksnormen. Ieder gewas heeft zijn eigen gebruiksnorm en deze gebruiksnorm is bepaald aan de hand van de behoefte van het gewas (interview met Jan Buwalda, zie bijlage 1.1). Binnen de tabel stikstof gebruiksnormen in het tabblad Gebruiksnormen is er verder gespecificeerd op grondsoort en de mate waarin de grondsoort de toegevoegde nutriënten kan vasthouden. Kleigrond kan meer stikstof vasthouden dan bijvoorbeeld zandgrond, door onder andere een hoger organische stof gehalte. Daarom ligt de maximale gift aan stikstof hoger op kleigrond dan op zandgrond (RVO, 2020 a).

In het tabblad Mineralenbalans mest is er voor de vier grondsoorten per gewas het aantal hectare in Nederland vermenigvuldigd met de verschillende stikstofnormen. Dit zegt iets over het totaal aan stikstof wat er op de bodem mag worden toegediend. Een deel hiervan mag bestaan uit dierlijke mest. Het maximum dat er per hectare aan dierlijke mest mag worden toegevoegd is 170 kilogram stikstof per hectare. Als de totale stikstofbehoefte van het gewas onder deze norm ligt, geldt dit maximum dus niet. Een voorbeeld hiervan is het gewas zomergerst. Dit gewas vraagt maar om 80 kilogram stikstof per hectare, dus mag er ook maar 80 kilogram stikstof uit dierlijke mest op worden gereden. Vervolgens is het aantal hectare per gewas per grondsoort vermenigvuldigd met maximale normen dierlijke mest per hectare. De maximale norm is dus of de stikstofnorm die afhankelijk is van de grondsoort, of de gewasbehoefte. Het resultaat van deze som is een totaal van 268 miljoen kilogram aan stikstof. Zie tabel 7 voor de plaatsingsruimte op basis van dierlijke mest.

Het nutriënt kali is op dezelfde manier berekend als stikstof. Dit totaal komt neer op 141 miljoen kilogram kali. Het nutriënt fosfor is bepaald door het totaal areaal aan grasland en het totaal areaal aan akkerbouwgrond te vermenigvuldigen met de gebruiksnormen van grasland respectievelijk akkerbouwgrond. Het totaal aan fosfor is 43 miljoen kilogram. Om dit vervolgens per grondsoort te bepalen is er gerekend via een kruistabel in dezelfde verhouding van stikstof (zie tabel 7). Op kleigrond betekent dit dat er 18 miljoen kilogram op geplaatst kan worden.

→ *112 kg N / 268 kg N * 43 kg P = 18 miljoen kg P op kleigrond*

Tabel 7 De plaatsingsruimte van de gewasbehoefte op basis van dierlijke mest (Berende, Hoop, & Scherff, 2020)

	N	**P**	**K**
Klei	112	18	56
Zand	122	20	68
Veen	4	1	3
Löss	30	5	15
Totaal	**268**	**43**	**141**

Werkingscoëfficiënt dierlijke mest

Niet alle stikstof uit organische mest wat op de bodem wordt toegediend, kan door de plant worden opgenomen. Dit komt omdat bij de injectie van deze organische mest ammoniak vervluchtigt. Daarnaast komt een deel van de stikstof pas vrij op het moment dat het gewas het niet meer kan opnemen of al geoogst is. De groeiperiode van het gewas bepaalt ook voor een groot deel hoeveel stikstof er onttrokken wordt. Daarom is er aan organische mest een werkingscoëfficiënt gekoppeld. Dit is een percentage werkzame stikstof van de totale stikstofgift. Bij het overgrote deel van de gewassen ligt dit percentage rond de 60 procent. De werkzame stikstof uit dierlijke mest kan worden aangevuld met kunstmest tot de gewasbehoefte of de stikstofnormen per grondsoort (RVO, 2017).

Als voorbeeld heeft grasland een behoefte van 345 kilogram stikstof per hectare per jaar (RVO, 2020 a) Er mag maximaal 170 kilogram stikstof per hectare per jaar aan dierlijke mest worden aangevoerd. Er is gegeven dat 60 procent van deze 170 kilogram werkzaam is. Dit betekent dat er

102 kilogram aan organische mest mag worden aangevoerd. Het verschil tussen de behoefte van het grasland en de hoeveelheid organische mest kan worden aangevuld met kunstmest.

→ *345 kg N / ha / jaar – 102 kg N uit dierlijke mest = 243 kg kunstmest / ha / jaar*

Organische mest heeft daarom een meerjarig effect op de bodem en het gewas wat het jaar erop wordt geteeld. Doordat er elk jaar organische mest wordt gebruikt, blijft er stikstof achter in de bodem en dit bouwt zich op. Dit is in tegenstelling tot kunstmest, dat bestaat uit direct beschikbare nutriënten, waardoor snelle opname mogelijk is. De werkingscoëfficiënt van kunstmest is daarom 100 procent.

<u>Opbrengsten</u>

De gewasopbrengsten van de akkerbouwgewassen zijn gebaseerd op basis van de mineralengehaltes NPK in kilogram per ton vers product (Dijk, 2005). Om de opbrengst per hectare uit te rekenen zijn de gehaltes vermenigvuldigd met de opbrengsten per gewas en per grondsoort. Om de gehaltes te bepalen voor het areaal overige akkerbouw is het gemiddelde gehalte aan NPK genomen van alle gewassen die meegenomen zijn in het model. Daarnaast is ook de gemiddelde opbrengst van deze gewassen bepaald.

Als voorbeeld wordt hieronder de berekening gegeven van de opbrengsten van consumptieaardappelen op kleigrond. Het gehalte aan stikstof in consumptieaardappel bevat 3,3 kilogram stikstof per ton vers product en de gemiddelde opbrengst per hectare voor aardappelen ligt rond de 50,4 ton per hectare. Dit heeft betrekking op kleigrond (Dijk, 2005).

→ *50,4 ton/ha * 3,3 kg/ton = 166 kg/ha*

Voor grasland is de opbrengst bepaald via een andere bron. Hier is de gemiddelde opbrengst in de praktijk per hectare bepaald voor klei, zand en veen (Aarts, Daatselaar, & Holshof, 2005).

In 2018 bedroegen de totale opbrengsten van alle gewassen samen 382 miljoen stikstof. In deze som is het aantal hectare per gewas vermenigvuldigd met de totale gehaltes per hectare. Dit is voor alle grondsoorten bepaald en bij elkaar opgeteld. Om het effect van de bodembeperking weer te geven in de gewasopbrengsten is de toevoeging van dierlijke mest, kunstmest en stikstofdepositie weergegeven. Vanuit deze gegevens kan er een factor worden berekend die iets zegt over de maximale opbrengsten uit 2018, tegenover het feit dat de bodem als beperkend gezien wordt. De verhouding is de som van dierlijke mest, kunstmest en stikstofdepositie op basis van bodem gedeeld door de vers gewasopbrengsten uit het jaar 2018.

→ *226 miljoen N / 382 miljoen N * 100 % = 59 %*

Er kan dus 59 procent van de huidige productie behaald worden aan de hand van de bodemcapaciteit.

Er is in dit model echter uitgegaan dat 30 procent van de opbrengsten van de akkerbouwgewassen wordt gebruikt voor humane consumptie (Wageningen University & Research, 2020). Dit betekent dat bij zowel de verse gewasopbrengsten als de gewasopbrengsten uit de toevoeging van dierlijke mest en kunstmest 30 procent opbrengsten voor humane voeding niet meegenomen zijn in deze cijfers. In het tabblad Parameters kan het percentage wat bestemd is voor humane voeding worden aangepast, waardoor ook de opbrengsten veranderen.

Vee

Om de mineralenefficiëntie van de diergroepen uit te rekenen is de totale opname, de vastlegging en de excretie van stikstof, fosfaat en kali in kaart gebracht. Hierbij zijn de individuele getallen per dier verkregen (CBS, 2018 a) en vermenigvuldigd met het aantal dieren. Deze mogelijke variatie in de diergroepen is weergegeven in het tabblad Parameters onder het kopje Kengetallen mineralenbalans dier. De tabel ernaast geeft ook de hoeveelheden per diersoort aan, alleen dan uit een andere bron (Voskuilen, 2019).

Input

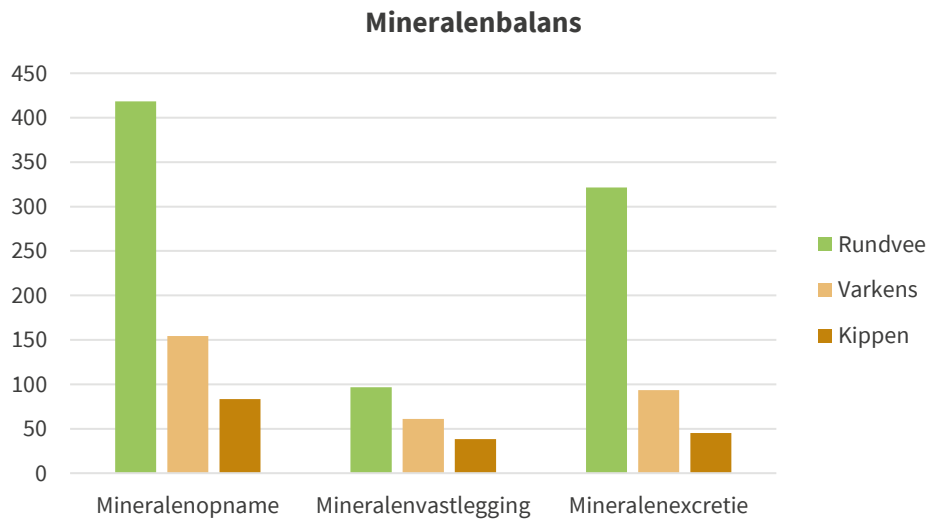
De opname is gebaseerd op de opname via voer. Dit omvat zowel krachtvoer, ruwvoer als bijproducten. Aan de hand van deze mineralenopname is ook de input berekend bij de veestapel. Deze input kan bestaan uit krachtvoer en bijproducten en wordt berekend door de mineralenopbrengst uit vers gewas van de totale mineralenopname af te halen. Als voorbeeld staat hieronder de input van stikstof berekend.

→ *656 mln kg N – 382 mln kg N = 274 mln kg N*

Naast de opname is ook de totale vastlegging van deze mineralen vastgesteld. Deze vastlegging omvat de dierlijke productie, zoals de productie van melk, eieren en vlees. Dit is een uitgaande stroom uit de kringloop. De geboortes van nieuwe dieren die hiervoor noodzakelijk zijn, zijn ook meegenomen bij de mineralenvastlegging. De verhouding tussen de mineralenopname en mineralenvastlegging wordt benutting genoemd. Deze zijn per diersoort berekend en staan weergegeven in het tabblad Mineralenbalans dier. Deze zijn per nutriënt weergegeven in tabel 8. De opname en vastlegging van mineralen staan per diersoort weergegeven in figuur 6.3.

Tabel 8 De benutting per diersoort per nutriënt (Berende, Hoop, & Scherff, 2020)

	N	P	K
Benutting rundvee	23%	35%	7%
Benutting varkens	40%	45%	10%
Benutting pluimvee	46%	41%	15%



Figuur 6.3 De opname, vastlegging en excretie van mineralen per diersoort (Berende, Hoop, & Scherff, 2020)

Om de excretie van rundvee, varkens en pluimvee uit te rekenen, is de totale opname afgehaald van de totale vastlegging (CBS, 2018 a). Bij fosfor en kalium treden verwaarloosbare verliezen op. Voor stikstof ligt dit anders. Bij het opslaan en aanwenden van mest treden er verliezen op in de vorm van ammoniak, gassen en spuiwater uit luchtwassers. Hierdoor staat de samenstelling van de mest niet gelijk aan de excretie van de dieren. De verliezen die optreden zijn ongeveer 15 procent van de totale excretie (CBS, 2018 a). De stikstofexcretie verminderd met de totale verliezen van stikstof naar de lucht wordt de stikstofproductie genoemd. Als voorbeeld staat hieronder de berekening van de totale mestproductie van stikstof. De totale mineralenexcretie per diersoort staat in figuur 6.3.

→ *460 mln kg N excretie – 64 mln kg N verlies = 395 mln kg N mestproductie*

Mest

Stikstofnormen

De maximale hoeveelheid aan dierlijke stikstof dat er jaarlijks op de grond mag worden gebracht is 170 kilogram per hectare. Voor bedrijven met graasdieren geldt een uitzondering, namelijk derogatie. Er mag dan onder bepaalde voorwaarden meer mest worden uitgereden dan de standaard gebruiksnorm. Derogatie is in het model niet toegepast, omdat het model gericht is op nationaal niveau. Immers verschilt derogatie per provincie en per grondsoort. Het is wel mogelijk om in het tabblad Parameters de stikstofnorm van 170 kilogram aan te passen.

De hoeveelheid stikstof in deze dierlijke mest wordt bepaald aan de hand van een berekening. De overheid heeft hiervoor forfaitaire normen opgesteld. Voor de melkveesector zijn deze afhankelijk van de gemiddelde melkproductie en het ureumgehalte in melk. Voor de andere sectoren zijn er excretienormen vastgesteld. In het model is uitgegaan van de gemiddelde forfaitaire norm in Nederland per diergroep, zie tabel 9. Ook de forfaitaire normen van fosfaat en kali staan in deze tabel. Om deze te kunnen gebruiken in het model, worden deze omgerekend naar fosfor en kalium.

Tabel 9 Gemiddelde forfaitaire normen van NPK in Nederland (Berende, Hoop, & Scherff, 2020). Hierbij is per diersoort onderscheid gemaakt in dunne en vaste mest (RVO, 2020 c)

Forfaitaire normen	kg N / 1000 kg mest	kg P / 1000 kg mest	kg K / 1000 kg mest
Dunne mest - Rundvee	4	0,7	4,5
Varkens	6,4	1,7	4,4
Kippen	9,9	2,7	5,3
Vaste mest - Rundvee	6,4	1,4	5,1
Varkens	8,1	3,5	6,6
Kippen	26	9,1	16,6
Gemiddelde	**4,7**	**1,0**	**4,7**

Naast de berekening van de mestproductie op basis van de excretie van de veestapel is de mestproductie berekend door de mestproductie per diersoort te vermenigvuldigen met bijbehorende forfaitaire norm. De huidige mestproductie staat in het tabblad Mestproductie vee. Er is onderscheid gemaakt in dunne mest en vaste mest. Allereerst is met de huidige veestapel uit het tabblad Parameters de mestproductie per dier berekend. Op deze manier is het mogelijk om de nieuwe mestproductie te berekenen, wanneer de grootte van de huidige veestapel aangepast wordt. Vervolgens is per diersoort de mestproductie vermenigvuldigd met het aantal dieren en met bijbehorende forfaitaire norm. Zie bijlage 2 voor de totale productie van NPK uit dierlijke mest. Hieronder staat als voorbeeld de berekening voor de hoeveelheid stikstof in dunne rundveemest.

*→ 3897 mln koeien * 15576 kg mestproductie per koe * 4 kg N / 1000 kg mest = 243 mln kg N mestproductie*

Voor elk bedrijf is de totale ruimte qua mestplaatsing verschillend. De gebruiksnormen dienen los van elkaar opgeteld worden, hierin wordt onderscheid gemaakt in drie categorieën:

- Gebruiksnorm voor de hoeveelheid stikstof uit dierlijke mest
- Gebruiksnorm voor de hoeveelheid stikstof uit alle soorten mest
- Gebruiksnorm voor de hoeveelheid fosfaat uit alle soorten mest (Sonnema, 2019)

Als de agrariër meer mest produceert dan hij op zijn eigen bedrijf kan plaatsen, is hij verplicht om een deel van deze mest te laten verwerken. Dit kan door export naar het buitenland, maar ook het maken van mestkorrels is toegestaan.

Fosfaatnormen

De normen van fosfaat zijn op basis van de bodem en niet op plantniveau. Voor 2020 zijn de normen vastgesteld op maximaal 75 kilogram fosfaat per hectare op grasland. Daarnaast geldt voor bouwland een lagere norm, namelijk 40 kilogram fosfaat per hectare. De afkomst mag uit alle mestsoorten komen, dus dit geldt voor zowel kunstmest als voor dierlijke mest (RVO, 2020 b).

Onder bepaalde voorwaarden mag er meer fosfaat worden uitgereden. Dit is afhankelijk van de fosfaattoestand van de grond. Voor grasland is dit uitgedrukt in het PAL-getal en voor bouwland in het P_w-getal (mg P_2O_5 per liter) Wanneer de grond een lage PAL of P_w waarde heeft, mag er meer fosfaat gebruikt worden. Een PAL-waarde wordt als hoog gezien, wanneer deze boven de 50 komt. Onder de 50 mag er dus meer fosfaat gebruikt worden. Het P_w-getal heeft een hoge waarde als deze boven de 55 komt. Onder deze waarde mag er meer fosfaat worden gebruikt (Schoumans, Duinhoven, & Willems, 2008).

Het PAL-getal is een capaciteitsindicator die een beeld geeft van de totale hoeveelheid fosfaat in de bodem. Dit wordt ook wel de bodemvoorraad genoemd. Het P-CaCl getal wat ook op een bodemuitslag is te vinden is een intensiteitsindicator. Die geeft een indicatie van de beschikbare hoeveelheid fosfaat in de bodem. Dit wordt ook wel het P-PAE-getal genoemd. Om erachter te komen wat deze waardes zijn, moet de grond worden bemonsterd en geanalyseerd volgens een protocol door een geaccrediteerd laboratorium (RVO, 2020 b). Zoals eerder vermeld is dit de methode waarop de totale gebruiksruimte in Nederland is bepaald. Dit is dus de basis van het model.

Ruimte dierlijke mest op basis van de beperkende factor
Om de gevolgen van de maximale bodemcapaciteit uit te drukken, is deze gekoppeld aan de mestplaatsingsruimte op basis van de gewasbehoefte dierlijke mest. Hiervoor geldt dat er altijd één beperkende factor is, ofwel de bodem ofwel het gewas. Wanneer de bodem de beperkende factor is, betekent dit dat er niet meer dierlijke mest mag worden aangevoerd dan wat de bodem kan vasthouden. Als de gewasbehoefte de beperkende factor is, betekent dit dat er ook niet meer dierlijke mest aangevoerd mag worden, ook al kan de bodem het vasthouden. Het gewas heeft op dat moment deze mineralen niet nodig, waardoor het uiteindelijk resulteert in verliezen van deze nutriënten.

Er is gekeken of de maximale bodemcapaciteit of de maximale gewasbehoefte per grondsoort beperkend is. In het huidige model geldt op kleigrond dat de bodemcapaciteit van 103 miljoen kilogram stikstof lager is dan de gewasbehoefte van 112 miljoen kilogram stikstof. Deze functie geldt als stikstof de beperkende factor is. De hoeveelheid stikstof gedeeld door de gemiddelde forfaitaire norm van stikstof komt immers lager uit dan de hoeveelheid fosfor gedeeld door de gemiddeld forfaitaire norm van fosfor, zoals te zien is in onderstaande berekening.

→ *103 mln kg N / 4,7 kg N / 1000 kg mest = 21.915 ton mest*
→ *25 mln kg P / 1,0 kg P / 1000 kg mest = 25.000 ton mest*

Binnen de functie Ruimte dierlijke mest op basis van beperkende factor is ook rekening gehouden met het aanbod van dierlijke mest. Als de veestapel kleiner wordt, wordt er ook minder mest geproduceerd en is er dus ook minder dierlijke mest beschikbaar voor de gewassen. In de huidige situatie is er een mestoverschot, maar als er een mesttekort is, wordt de beschikbare dierlijke mest verdeeld in verhouding over de grondsoorten op basis van de bodemcapaciteit. Een kanttekening bij deze berekening is dat er geen rekening gehouden is met de beperkende factor. In tabel 10 staat de totale plaatsingsruimte dierlijke mest op basis van de beperkende factor. Een mestoverschot of een mesttekort wordt berekend door de plaatsingsruimte van dierlijke mest af te halen van de totale mestproductie op basis van excretie. Hieronder staat een voorbeeld voor stikstof.

→ *395 mln kg N in mest – 199 mln kg N plaatsingsruimte = 197 mln kg N overschot*

Tabel 10 Totale ruimte voor dierlijke mest, waarbij rekening is gehouden met de beperkende factor (Berende, Hoop, & Scherff, 2020)

	N	**P**	**K**
Klei	103	21	103
Zand	62	13	61
Veen	4	1	4
Löss	30	6	29
Totaal	**199**	**40**	**198**

Het verschil tussen de gift van dierlijke mest en de bodemcapaciteit óf de gewasbehoefte wordt aangevuld met kunstmest. Er zijn dus twee mogelijkheden om de kunstmestgift te berekenen. Als voorbeeld dat de bodemcapaciteit beperkend is, wordt kleigrond toegelicht. Om toe te lichten dat de gewasbehoefte beperkend is, wordt lössgrond toegelicht.

Kleigrond heeft als bodemcapaciteit 103 miljoen kilogram stikstof, zoals hierboven weergegeven. Deze is beperkend en dus wordt er niet meer stikstof uit dierlijke mest aangevoerd dan 103 miljoen kilogram. Om vervolgens de kunstmestgift uit te rekenen moet eerst de werkzame stikstof uit dierlijke mest berekend worden. Deze wordt afgehaald van de beperkende bodemcapaciteit. Hieronder volgt de berekening.

→ *Bodemcapaciteit 103 mln kg N – (103 mln kg N uit dierlijke mest * werkingscoëfficiënt 60%) = 41 mln kg N uit kunstmest*

In het geval van lössgrond, is de bodemcapaciteit (17 miljoen kilogram stikstof) hoger dan de gewasbehoefte (4 miljoen kilogram stikstof). De gewasbehoefte is de beperkende factor en hierdoor mag er niet meer dierlijke mest worden geplaatst dan 4 miljoen kilogram stikstof. De hoeveelheid kunstmest wordt berekend door de werkzame stikstof uit dierlijke mest van de dierlijke mestgift af te halen. Hieronder volgt de berekening.

→ *Gewasbehoefte 4 mln kg N – (4 mln kg N uit dierlijke mest * werkingscoëfficiënt 60%) = 2 mln kg N uit kunstmest*

6.3 Scenario's

Hieronder worden allereerst de knoppen, oftewel parameters, van dit kringloopmodel genoemd en uitgelegd. Vervolgens worden drie scenario's doorgerekend. De scenario's zijn 0 procent kunstmest, een hoger aandeel voor humane voeding en het aandeel landbouwgrond neemt af. Deze scenario's zijn tot stand gekomen na een overleg met het ministerie van LNV (zie bijlage 1.3).

Parameters

Het tabblad Parameters bevat alle 'knoppen' in het model die aangepast kunnen worden. Deze parameters zijn gekozen op basis van de knelpunten in de kringloop. Deze knelpunten zijn gevormd door het objectief door rekenen van alle kengetallen die in de huidige situatie bekend zijn.

De toegestane dierlijke mestgift is in verhouding met kunstmest een klein aandeel van de totale gebruiksnormen. Er is echter wel een overschot aan dierlijke mest die niet geplaatst kan worden op de bodem. Daarnaast daalt de productie van de gewassen, omdat de bodem een beperkte capaciteit heeft. Met de huidige veestapel is er input nodig aan NPK, omdat de huidige productie van de gewassen niet aan de behoefte van de dieren kan voldoen. Tot slot treden er nog verliezen op in de kringloop. Vooral stikstof is gevoelig hiervoor en verdwijnt in de keten door de opslag en aanwending van dierlijke mest.

Vanuit deze knelpunten zijn er parameters ontworpen die de effecten van veranderingen in het model laten zien. De parameters zijn:

1. Gebruiksnorm dierlijke mest
2. Capaciteit bodem
3. Kunstmest
4. Aandeel humane voeding
5. Areaal landbouwgrond

6. Forfaitaire normen
7. Veestapel
8. Nitraatuitspoeling
9. Fosfaatverzadigingsgraad

De parameters percentage kunstmest (3), humane voeding (4) en areaal aan landbouwgrond (5) worden later uitgediept binnen de scenario's.

1. De gebruiksnormen dierlijke mest kunnen aangepast worden. In het huidige model staat deze op 170 kg stikstof per hectare. Voor fosfaat geldt een norm van 40 kg per hectare voor bouwland en 75 kg/ha voor grasland. Aangezien in het model gerekend is met fosfor zijn de waardes omgerekend naar fosfor.

2. Het uitgangspunt de bodem is gezet op 58 miljoen kilo fosfor, dit getal kan aangepast worden om de bodemcapaciteit te verhogen of te verlagen.

6. De gehaltes aan stikstof, fosfaat en kali in de mest bepalen grotendeels hoeveel mest er geplaatst kan worden. Wanneer de gehaltes lager zijn kan er dus meer mest worden geplaatst.

7. De hoeveelheid aan dieren binnen dit model kan veranderd worden aan de hand van een percentage. Het effect hiervan laat zich zien in de aangevoerde hoeveelheid voer en in de hoeveelheid geproduceerde mest.

8. Sommige grondsoorten zijn gevoeliger voor uitspoeling dan andere grondsoorten. Daarom is er per grondsoort een percentage aan gehangen. Door nieuwe technieken, die passen binnen kringlooplandbouw, op het gebied van het aanwenden van mest of het toevoegen van meer organische stof, kan dit percentage verminderen. Als dit percentage lager wordt, betekent dit dat de bodemcapaciteit toeneemt en dat er dus meer mest geplaatst mag worden.

9. Door de jaren heen is er een overmaat aan dierlijke mest gegeven. Sommige gronden konden dit minder goed vasthouden dan andere gronden. Daarom is hier een percentage bepaald om onderscheid te maken in de grondsoorten in hoeverre deze fosfaatverzadigd is. Dit bepaalt uiteindelijk de plaatsingsruimte per grondsoort.

Kunstmestgift beperken
In overleg met het ministerie van LNV (zie bijlage 1.3) is voor het eerste scenario gekozen om de input van kunstmest op 0 te zetten. Wanneer dit wordt toegepast in het basismodel, verandert het gemiddelde percentage akkerbouwgewasopbrengsten ten opzichte van het jaar 2018 van 59 procent naar 44 procent. Dit betekent dat er enerzijds meer voer geïmporteerd moet worden om de huidige veestapel te kunnen voeden of anderzijds de veestapel moet krimpen. Binnen dit kringloopmodel staat echter de bodem centraal en zijn er aannames gemaakt waarin data meegenomen is, die uitgaat van maximale gewasopbrengsten en maximale productie van de veestapel. Dit wordt verder toegelicht in de discussie. Binnen dit onderzoek wordt er vanuit de

bodem beredeneerd en daarom is er binnen dit scenario voor gekozen om mogelijke aanpassingen aan te dragen voor het tekort aan gewasopbrengsten.

De eerste mogelijke aanpassing is de nitraatuitspoeling. Kunstmest bevat NO_3^- en deze nitraat kan uitspoelen (Handboek bodem & bemesting , 2020 c). Er is binnen dit scenario voor gekozen om de huidige nitraatuitspoeling te verminderen met 10 procent, wanneer er geen gebruik meer wordt gemaakt van kunstmest. Het lager gebruik van stikstof wat uitspoelbaar is, is hier de verklaring voor. Een tweede aanpassing is de gebruiksnorm van dierlijke mest. De gewassen krijgen minder nutriënten, wanneer geen gebruik wordt gemaakt van kunstmest. Deze nutriënten dienen vervangen te worden om voldoende gewasproductie te behalen. Aangezien er een mestoverschot is, kan er meer dierlijke mest bij de gewassen worden toegediend ter vervanging van de kunstmest. Daarom is er in dit scenario voor gekozen om de gebruiksnorm dierlijke mest te verhogen van 170 kilogram stikstof per hectare per jaar naar 250 kilogram stikstof per hectare per jaar. Een derde aanpassing die binnen dit scenario is toegepast is het verhogen van de gebruiksruimte op basis van fosfaat van 58 miljoen kilogram fosfor naar 71 miljoen kilogram fosfor. Dit betekent dat de bodemcapaciteit wordt verhoogd. In het huidige model is uitgegaan van fosfaat als beperkende factor. Eerder in dit rapport is uitgelegd hoe de bodemcapaciteit van stikstof is berekend. Deze komt neer op ongeveer 139 kilogram stikstof per hectare. Dit is onder de gebruiksnorm van 170 kilogram per hectare en daarom is in dit scenario de gebruiksruimte verhoogd, totdat de bodemcapaciteit neerkomt op 170 kilogram stikstof per hectare per jaar.

Deze mogelijke oplossingen ter vervanging van het kunstmestgebruik zijn doorberekend in het kringloopmodel en zijn te zien in tabel 11. Het gevolg van deze aanpassingen is een stijging van de akkerbouwgewasopbrengsten ten opzichte van 2018 van 44 procent naar 58 procent. Dit komt in de buurt van de huidige situatie, waar nog wel gebruik wordt gemaakt van kunstmest. Als Nederland in de toekomst af wil van kunstmest, maakt dit kringloopmodel inzichtelijk dat er andere verandering mogelijk en noodzakelijk zijn als er nog gewassen geproduceerd moeten worden.

Tabel 11 Mogelijke invulling van kringlooplandbouw met nagenoeg gelijke gewasopbrengsten, wanneer de kunstmestgift verdwijnt (Berende, Hoop, & Scherff, 2020).

	Huidige situatie	**Scenario 1**
Percentage toegestane kunstmestgift	100%	0%
Nitraatuitspoeling	100%	-10%
Gebruikersnorm dierlijke mest	170	250
Gebruiksruimte op basis van fosfaat	58	71
Opbrengsten kringloop tegenover de vers opbrengsten in 2018	58%	59%

Akkerbouwgewassen meer gericht op humane voeding

"De wereldbevolking voeden met alleen maar plantaardig voedsel is niet effectief, maar de huidige consumptie van dierlijk eiwit moet zeker in de rijkere landen flink terug om landbouwgrond zo efficiënt mogelijk te benutten," aldus Imke de Boer, hoogleraar Dierlijke productiesystemen aan

Wageningen Universiteit (Knaap, 2018). In het kringloopmodel is uitgegaan dat 30 procent van de huidige akkerbouwgewassenopbrengst bestemd is voor humane voeding (Wageningen University & Research, 2020). De achterliggende gedachte achter kringlooplandbouw is om gewassen primair voor humane voeding te gebruiken en de reststromen te benutten als veevoer. Gras kan worden geteeld in gebieden waar het telen van akkerbouwgewassen lastig is, zoals het veenweidegebied. Herkauwers kunnen gras verwaarden door biomassa die de mens niet kan of wil eten om te zetten in dierlijke eiwitten en mest (Knaap, 2018).

Om binnen het kringloopmodel te bekijken wat de mogelijkheden zijn, wordt in dit scenario het percentage humane voeding veranderd in 70 procent in plaats van 30 procent. Dit is in overleg met het ministerie van LNV besproken (zie bijlage 1.3). Alle andere variabelen blijven gelijk. De gevolgen van het veranderen van het percentage humane voeding zijn:

- De gewasopbrengsten op basis van de bodem nemen af (zie tabel 12).

Tabel 12 De gewasopbrengsten zijn berekend aan de hand van de beperkende factor (bodemcapaciteit of gewasbehoefte) voor stikstof, fosfor en kali. Er is onderscheid gemaakt in 30% humane voeding en 70% humane voeding (Berende, Hoop, & Scherff, 2020).

Toevoeging op basis van bodem	N (70% humaan)	N (30% humaan)	P (70% humaan)	P (30% humaan)	K (70% humaan)	K (30% humaan)
Klei	43	101	7	17	35	81
Zand	26	61	5	12	40	93
Löss	2	4	1	3	1	3
Veen	13	31	3	8	9	21
Totaal	114	226	47	70	114	227

- De vers gewasopbrengsten uit het jaar 2018 nemen af (zie tabel 13).

Tabel 13 De vers gewasopbrengsten uit het jaar 2018 zijn berekend aan de hand van de gehaltes en het landbouwareaal voor stikstof, fosfor en kali. Er is onderscheid gemaakt in 30% humane voeding en 70% humane voeding (Berende, Hoop, & Scherff, 2020).

Vers gewasopbrengst	N (70% humaan)	N (30% humaan)	P (70% humaan)	P (30% humaan)	K (70% humaan)	K (30% humaan)
Klei	121	146	16	20	12	29
Zand	164	188	22	25	15	34
Löss	0	0	0	0	0	0
Veen	47	47	6	6	0	0
Totaal	332	382	44	51	27	62

- Dit heeft als gevolg dat het gemiddelde percentage gewasopbrengsten dat kan worden gehaald ten opzichte van het jaar 2018 verlaagd met 25% van 59% tot 34%.
- De totale input van krachtvoer / aangevoerd eiwit neemt toe.

In dit model is gewerkt met aannames en op deze manier ontstaan er ook beperkingen. Het percentage humane voeding is berekend op basis van alle akkerbouwgewassen die zijn

meegenomen in dit model. Niet alle akkerbouwgewassen zijn echter geschikt voor humane voeding. Ook is er geen koppeling tussen minder akkerbouwgewassen voor dierlijke consumptie en minder opname van de huidige veestapel. De opname staat namelijk vast in de huidige situatie en deze verandert alleen als de veestapel aangepast wordt. Op dit moment wordt de gewasopbrengsten aangevuld met krachtvoer / aangevoerd eiwit tot de opname van de huidige veestapel.

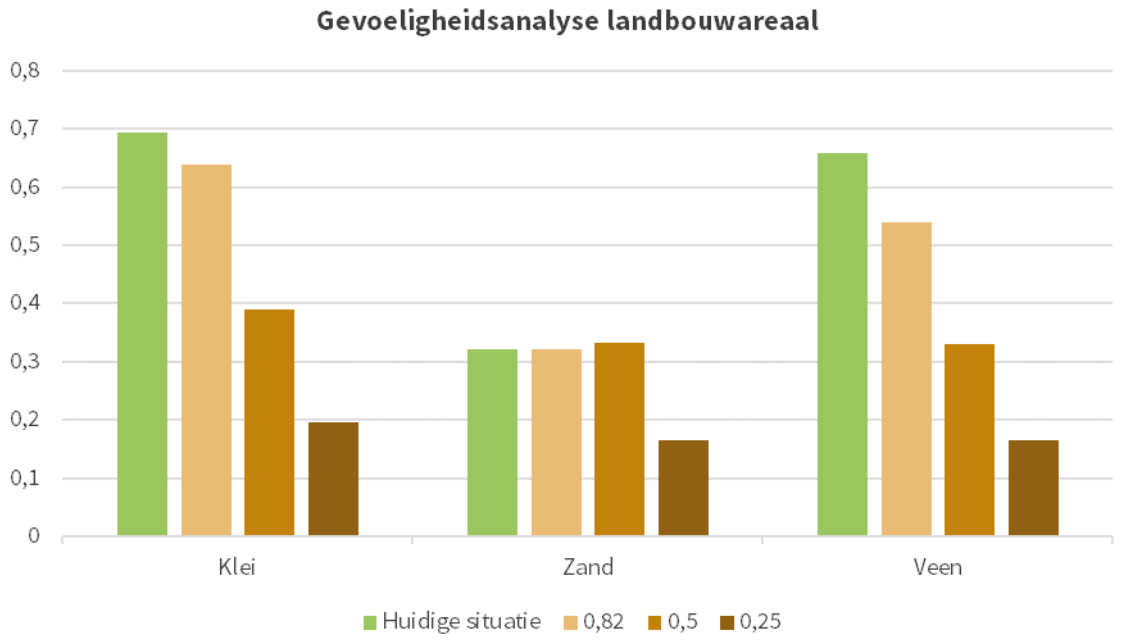
Inkrimpen van het landbouwareaal

Het huidige landbouwareaal neemt steeds verder af. Vanaf 1950 is er 525.000 hectare af en de verwachting is dat in 2050 er nog eens 300.000 hectare vanaf is. Er zijn vier drijfveren die strijden om de grond, namelijk verstedelijking, investeringen in duurzame energie, klimaatmaatregelen en aanleg en omvorming van natuur (Essink, 2020). Daarom is het laatste scenario dat doorgerekend wordt het areaal landbouwgrond. Wat zijn de gevolgen wanneer het huidige landbouwareaal wordt verminderd met 300.000 hectare? Dit staat gelijk aan het 82 procent van het huidige landbouwareaal.

In figuur 6.4 staat het belangrijkste gevolg van de vermindering van het landbouwareaal. Hier staat per grondsoort het percentage van de gewasopbrengsten die behaald kan worden ten opzichte van het jaar 2018. De groene staven wijzen op het percentage in het basismodel en de licht oranje staven laten het percentage in de nieuwe situatie zien. In deze situatie is het percentage waarmee het areaal verminderd wordt verdeeld over alle gewassen. Dit wil zeggen dat bij ieder gewas op elke grondsoort hetzelfde percentage in mindering wordt gebracht. In de figuur is te zien dat de gewasopbrengsten op zandgrond gelijk blijven. Dit is te verklaren doordat op zandgrond de bodem de beperkende factor blijft, terwijl de daling van het aantal hectare bij de andere grondsoorten ervoor zorgt dat de gewasbehoefte op basis van dierlijke mest de beperkende factor wordt. Naast het invullen van dit derde scenario, zijn er nog twee percentages ingevuld, namelijk 50 procent en 25 procent. Dit is gedaan om te bekijken wat voor gevolgen het heeft op de gewasopbrengsten, wanneer het landbouwareaal vermindert. Lössgrond is uit de figuur weggelaten, omdat er geen data bekend is van de gewasopbrengsten in 2018. Te zien is dat bij zandgrond de opbrengsten pas zichtbaar afnemen bij een landbouwareaal van 25 procent. Dit betekent dat eerst de bodemcapaciteit beperkend is en dat pas in het laatste geval de gewasbehoefte de beperkende factor is. Bij klei vindt deze omslag eerder plaats. Zo is te zien dat bij een landbouwareaal van 50 procent de gewasopbrengsten nog net iets meer zijn dan 50 procent. Bij veen is het precies de helft, wanneer ook het landbouwareaal gehalveerd wordt. Dit komt doordat bij veengrond in de huidige situatie de gewasbehoefte al de beperkende factor is en bij klei is de bodemcapaciteit beperkend in de huidige situatie.

Minder landbouwareaal betekent kortweg minder hectares om gewassen op te telen en dus minder gewasopbrengsten. Daarnaast betekent het minder hectares om mest op te kunnen plaatsen. De totale plaatsingsruimte aan dierlijke mest neemt af. Het gevolg hiervan is dat wanneer de huidige veestapel gelijk blijft het mestoverschot toeneemt en er meer voer aangekocht moet worden om de veestapel te kunnen voeden.

Het kengetal verhouding gras/akkerbouw zegt iets over de bewerkbaarheid van de grond. Als dit percentage hoger ligt, betekent dit dat er meer gras geteeld wordt.
Gras is een zeer gewaardeerd ruwvoer. Het voordeel van grasland is dat het onder de meest uiteenlopende omstandigheden kan groeien. Wanneer de omstandigheden goed zijn, kan het ook een hoge voederopbrengst opleveren. Gras is flexibel als het gaat om oogsttijdstip en de gebruikswijze. Bovendien kan gras jaren achter elkaar worden geteeld zonder dat de bodem achteruit gaat. Sommige grondsoorten zijn echter alleen geschikt voor de teelt van gras, zoals zware klei en natte veengronden.



Figuur 6.4 Gevoeligheidsanalyse op basis van de vermindering van het landbouwareaal. De huidige situatie wordt weergegeven en daarnaast verschillende percentages, om inzichtelijk te maken wat het gevolg van een vermindering van het landbouwareaal is per grondsoort (Berende, Hoop, & Scherff, 2020).

7. Landschap van de toekomst

In dit hoofdstuk wordt de deelvraag hoe ziet het landschap van de toekomst eruit beantwoord. Het landschap van de toekomst wordt geschetst door de infographic. Daarnaast worden de gevolgen op de gewasproductie van de scenario's uit hoofdstuk 6.3 toegelicht per grondsoort aan de hand van de eigenschappen van de grondsoort. Löss wordt niet meegenomen in de infographic, aangezien maar 2 procent van het areaal uit löss bestaat en er geen goede data beschikbaar is voor deze grondsoort. De scenario's zijn:

1. Kunstmestgift beperken
2. Akkerbouwgewassen meer gericht op humane voeding
3. Inkrimpen van het landbouwareaal

Het landschap van de toekomst

Het huidige landbouwsysteem in Nederland is gericht op maximale productie. Om de omslag te realiseren naar een maximale benutting van het landbouwsysteem is het cruciaal dat de kringloop tussen vee, mest, bodem en gewas zo veel mogelijk gesloten wordt. Hiervoor is minimalisatie van de input en output nodig. De volgende uitgangspunten kunnen het landschap van de toekomst ontwikkelen bij een transitie naar kringlooplandbouw:

KUNSTMESTGIFT BEPERKEN

Kunstmest draagt niet bij aan de stimulans van het bodemleven, waardoor het niet past binnen kringlooplandbouw. Een gevolg van het beperken van de kunstmestgift is dat de gewasopbrengsten zullen dalen. Desalniettemin kunnen door het beperken van de nitraatuitspoeling en het vergroten van het gebruik aan dierlijke mest de gewasopbrengsten gelijk blijven.

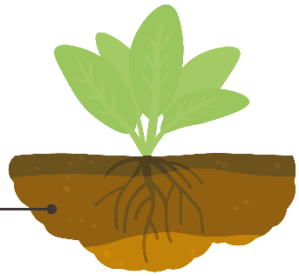
AKKERBOUWGEWASSEN MEER GERICHT OP HUMANE VOEDING

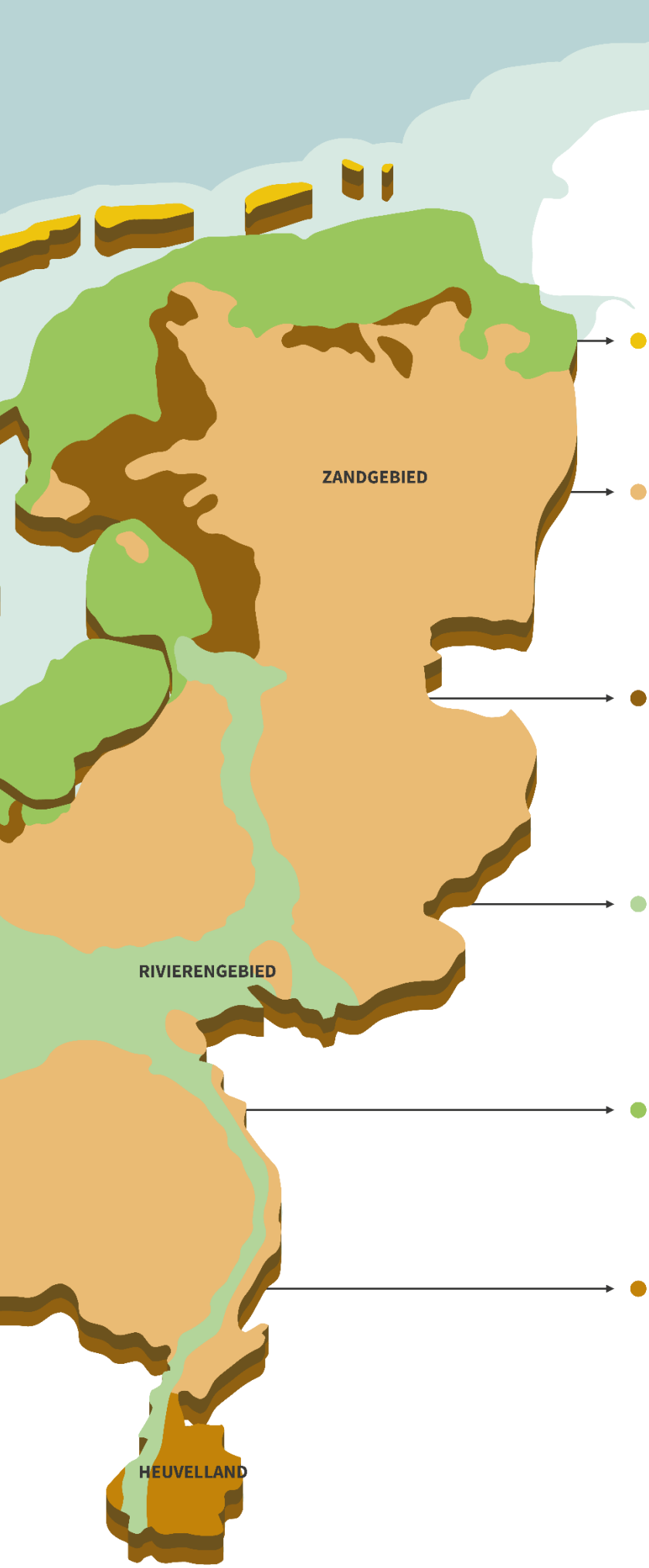
De gewasbeschikbaarheid voor dieren daalt sterk, als gevolg van dit uitgangspunt. Echter is niet ieder akkerbouwgewas geschikt voor humane consumptie. Het aantal dieren hoeft niet te verminderen als de benutting per dier stijgt op basis van stikstof en fosfaat.

INKRIMPEN VAN LANDBOUWAREAAL

Het landbouwareaal maakt plaats voor andere invullingen en neemt hierdoor af. De gewasopbrengsten zullen sterk afnemen en er kan minder dierlijke mest geplaatst worden in Nederland.

De bodem is cruciaal in de kringlooplandbouw.





KUSTZONE
Weinig tot geen mogelijkheden voor landbouw. De uitgangspunten spelen hierbij geen rol.

ZANDGEBIED
Zand is makkelijk te bewerken, maar heeft veel input nodig om gewenste opbrengsten te behalen. Hierdoor is het minder geschikt voor het telen van gewassen en daarom moet de landbouw hier extensiveren.

LAAGVEENGEBIED
Veen is lastig te bewerken door een lage draagkracht van de bodem. Daarom is deze grond vooral geschikt voor grasland en hierdoor is het laagveengebied een goed gebied voor melkveehouders.

RIVIERENGEBIED
Rivierklei heeft een slechtere ontwatering en is daarom lastiger te bewerken. De kans op verdichting is relatief groot. Daarom is het rivierengebied meer geschikt voor grasland dan voor akkerbouwgewassen.

ZEEKLEIGEBIED
Zeeklei heeft een betere ontwatering en is daarom beter te bewerken. Deze grond is uitermate geschikt voor het telen van akkerbouwgewassen.

HEUVELLAND
Gebied met veel reliëf en met zowel akkerbouw- als graslandmogelijkheden.

Eerder in het rapport is de koppeling gemaakt tussen de grondsoorten en de landschapstypes. In de infographic staan de gevolgen van de scenario's per landschapstype uitgewerkt. Alle gevolgen, zowel per grondsoort als per landschapstype, worden genoemd voor stikstof, aangezien dit de beperkende factor is op basis van de bodemcapaciteit en de gewasbehoefte.

Klei
Kleigrond heeft een hoog vochtvasthoudend vermogen en kan naast water ook nutriënten binden door het hoge organische stof gehalte. De kans op uitspoeling is klein, omdat de bodemstructuur vast en samendrukkend is. Kleigrond is geschikt voor gras- en akkerbouwgewassen, al moet er rekening gehouden worden met verdichting tijdens bewerking onder te natte omstandigheden. Wanneer kleigrond goed behandeld wordt, is dit de meest geschikte grondsoort voor akkerbouwgewassen.

1. Akkerbouwgewasproductie daalt van 69 procent naar 50 procent. Na het verlagen van de nitraatuitspoeling, het verhogen van de gebruiksnorm dierlijke mest en het verhogen van de gebruiksruimte op basis van fosfaat blijft het percentage ongeveer gelijk.

2. Akkerbouwgewasproductie daalt van 69 procent naar 36 procent. Aantal dieren kan gelijk blijven, wanneer er niet maximaal geproduceerd wordt, maar wel maximaal benut.

3. Akkerbouwgewasproductie daalt van 69 procent naar 64 procent. Het mestoverschot neemt toe bij een gelijkblijvende productie en dit kan worden voorkomen door de gebruiksnormen dierlijke mest te verhogen. Efficiënter omgaan met nutriënten zorgt ook voor een lagere mestproductie.

Zand
Zandgrond heeft een laag vochtvasthoudend vermogen en kan moeilijk water en nutriënten binden. Dit komt door een laag organische stof gehalte. De kans op uitspoeling is groot, omdat de bodemstructuur open is en er weinig samenhang is tussen de bodemdeeltjes. Zandgrond is droogtegevoelig, maar met voldoende toediening van vocht, bemesting en organische stof kunnen bijna alle gras- en akkerbouwgewassen geteeld worden. Een voordeel van zandgrond is dat het makkelijk te bewerken is. Door de benodigde aanvoer van water en nutriënten is het aannemelijk om zandgrond te laten extensiveren. Dit houdt in dat deze grond minder intensief gebruikt wordt, waardoor rekening gehouden wordt met de beperkte bodemcapaciteit van zand (Kuenen, 2020). Door extensivering van zandgrond is een groter areaal nodig om dezelfde opbrengsten te kunnen behalen. Een vermindering van het areaal is niet de oplossing, maar het minder intensief gebruik wel.

1. Akkerbouwgewasproductie daalt van 32 procent naar 23 procent. Na het verlagen van de nitraatuitspoeling, het verhogen van de gebruiksnorm dierlijke mest en het verhogen van de gebruiksruimte op basis van fosfaat blijft het percentage gelijk.

2. Akkerbouwgewasproductie daalt van 32 procent naar 16 procent. Aantal dieren kan gelijk blijven, wanneer er niet maximaal geproduceerd wordt, maar wel maximaal benut.

3. Akkerbouwgewasproductie blijft 32 procent. Het mestoverschot neemt toe bij een gelijkblijvende productie en dit kan worden voorkomen door de gebruiksnormen dierlijke mest te verhogen. Efficiënter omgaan met nutriënten zorgt ook voor een lagere mestproductie.

Veen
Veengrond heeft net als kleigrond een hoog vochtvasthoudend vermogen en kan naast water ook nutriënten binden door een zeer hoog organische stof gehalte. De kans op uitspoeling is klein, omdat de bodemstructuur samendrukkend is. Veengrond is vruchtbaar en heel goed geschikt voor gras. Vanwege minder goede bewerkbaarheid en een lagere draagkracht is het telen van akkerbouwgewassen lastiger op veengrond. Daarom is het verstandig om hoofdzakelijk gras te telen op veengrond en hier is dus ruimte voor melkveehouders.

1. Akkerbouwgewasproductie daalt van 65 procent naar 44 procent. Na het verlagen van de nitraatuitspoeling, het verhogen van de gebruiksnorm dierlijke mest en het verhogen van de gebruiksruimte op basis van fosfaat blijft het percentage ongeveer gelijk.

2. Akkerbouwgewasproductie daalt van 65 procent naar 28 procent. Aantal dieren kan gelijk blijven, wanneer er niet maximaal geproduceerd wordt, maar wel maximaal benut.

3. Akkerbouwgewasproductie daalt van 65 procent naar 54 procent. Het mestoverschot neemt toe bij een gelijkblijvende productie en dit kan worden voorkomen door de gebruiksnormen dierlijke mest te verhogen. Efficiënter omgaan met nutriënten zorgt ook voor een lagere mestproductie.

8. Conclusie

In dit onderzoek is antwoord gezocht op de hoofdvraag '*Wat zijn de consequenties, knelpunten en kansen van kringlooplandbouw voor Nederland?*' Dit is gedaan aan de hand van 6 deelvragen.

Kringlooplandbouw is een gezamenlijke zoektocht van boeren, burgers, bedrijven en onderzoekers naar een optimale combinatie van ecologische principes en moderne technologie. Het is niet alleen gericht op zuinig gebruik van energie en grondstoffen, maar ook op een zo klein mogelijke belasting van klimaat, milieu en natuur. Alle belanghebbende partijen hebben, hoewel het anders omschreven wordt, overeenkomsten in de visies, namelijk het efficiënt gebruik van voedingsstoffen voor een productie zonder extra inkomende stromen en zonder belasting voor het milieu. Dit is te bereiken door de bodem centraal te stellen.

Nederland wordt in zes landschapstypen en vier grondsoorten verdeeld in dit onderzoek. Iedere grondsoort heeft specifieke eigenschappen en kenmerken. Zo spoelen nutriënten op zandgrond met een grove structuur eerder uit, waardoor hier geen intensieve teelt gewenst is. Op veengrond kan het beste gras geteeld worden vanwege inklinking van de grond door grondbewerking. Op kleigrond en op lössgrond is het telen van akkerbouwgewassen gewenst. Door het relatief hoge organische stof gehalte, de dichte structuur en de samendrukbaarheid spoelen nutriënten minder snel uit.

De bodem is binnen dit kringloopmodel de basis en die toont door de beperkte bodemcapaciteit aan dat een omslag naar kringlooplandbouw nodig is om over te kunnen schakelen naar kringlooplandbouw. De bodemcapaciteit van de vier grondsoorten is bepaald. Hieruit blijkt dat kleigrond de grootste capaciteit heeft, ondanks dat zand een groter landbouwareaal heeft. Bij zowel klei- als zandgrond is in de huidige situatie de bodemcapaciteit de beperkende factor. Bij löss en veen is de gewasbehoefte de beperkende factor. In de gevoeligheidsanalyse wordt zichtbaar dat bij een vermindering van het landbouwareaal eerst bij kleigrond en later bij zandgrond, de gewasbehoefte de beperkende factor wordt.

De inputstromen krachtvoer en kunstmest passen niet binnen de gedachtegang van gesloten kringlooplandbouw. Daarom is het cruciaal dat zowel gewassen als dieren efficiënt om kunnen gaan met de beschikbare nutriënten. De huidige gedachtegang van maximale productie moet dus veranderen. De opname, vastlegging en excretie van nutriënten door de verschillende diergroepen is in het huidige landbouwbeleid niet efficiënt. Bij rundvee is de benutting het laagst, namelijk 23 procent. Dit komt doordat de opname aan nutriënten hoog is en de vastlegging laag.

Ondanks de consequenties en knelpunten van kringlooplandbouw, zijn er ook kansen. Deze kansen zijn per landschapstype gevisualiseerd in de infographic. Zo kan er geconcludeerd worden dat het laagveengebied en het rivierengebied vooral geschikt zijn voor grasland en dus voor melkveehouders. Het zeekleigebied en het heuvelland zijn niet alleen geschikt voor grasland, maar ook geschikt voor het telen van akkerbouwgewassen. Kustzone heeft daarentegen weinig tot geen

mogelijkheden voor landbouw. Het zandgebied heeft wel mogelijkheden voor landbouw, maar vraagt veel input. Door de benodigde aanvoer van water en nutriënten is het aannemelijk om zandgrond te laten extensiveren. Dit houdt in dat deze grond minder intensief gebruikt wordt, waardoor rekening gehouden wordt met de beperkte bodemcapaciteit van zand.

9. Discussie

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste discussiepunten van dit onderzoek genoemd. Deze punten worden onderbouwd met meerdere voorbeelden. Ook wordt er aangegeven op welke punten vervolgonderzoek zinvol is.

In het huidige landbouwbeleid staat maximale productiecapaciteit centraal, zowel op gewasniveau als dierniveau. Na het lezen van dit rapport, wat uitgaat van de bodem, wordt duidelijk dat kringlooplandbouw niet gaat over maximale productiecapaciteit. De bodem is de beperkende factor en moet dus goed behandeld worden. Als de bodem goede kerneigenschappen heeft, zoals een goede structuur en een goed organische stof gehalte, dan kan deze bodem meer nutriënten vasthouden. Dit zorgt voor meer nutriënten beschikbaarheid voor de plant. Op plant- en dierniveau zijn veranderingen nodig om de bodem centraal te kunnen stellen. In dit onderzoek is actuele data gebruikt uit het jaar 2018, maar deze data gaat uit van maximale plant- en dierproductie. Er is geen rekening gehouden met een lager productieniveau, omdat niet bekend is wat daar de gevolgen van zijn. Zo is het op dierniveau aannemelijk dat de productie daalt wanneer minder voer opgenomen wordt. Echter daalt dan niet alleen het productieniveau, maar ook de hoeveelheid mest die geproduceerd wordt en de gehaltes die hierin zitten. Het is zinvol om een vervolgonderzoek te doen naar de omslag op plant- en dierniveau van maximale productiecapaciteit naar efficiënte productie en de gevolgen hiervan inzichtelijk te maken.

Een ander belangrijk discussiepunt die samenhangt met de bodem is de berekening van de bodemcapaciteit. In het onderzoek is gebruik gemaakt van verschillende bronnen, waardoor er enige verschillen kunnen zijn ontstaan. Het uitgangspunt bij de berekening van de bodemcapaciteit is fosfaat. De bodemcapaciteit van stikstof en kalium zijn berekend op basis van de gemiddelde forfaitaire normen uit de mest. De forfaitaire normen komen niet altijd overeen met de werkelijke gehaltes, zoals te zien is in tabblad Schematische kringloop. Hier staat de mest op basis van de excretie in vergelijking met de mest die berekend is op basis van de forfaitaire normen. Dat de op deze manier berekende bodemcapaciteit laag uitvalt, is te zien wanneer de totale bodemcapaciteit van stikstof wordt teruggerekend naar de stikstofhoeveelheid. Deze hoeveelheid komt uit op 139 kilogram stikstof per hectare, terwijl de gebruiksnorm 170 kilogram stikstof per hectare is. Vooral op zandgrond komt de bodemcapaciteit laag uit. Dit betekent dat een mogelijkheid is om binnen het zandgebied de landbouw te extensiveren. Dit is tegenstrijdig met de visie dat het landbouwareaal in 2050 met 300.000 hectare afgenomen is. Ook is bij de bodemcapaciteit een onjuiste berekening gemaakt bij het meenemen van de verzadigingspercentages. Als na de berekende hoeveelheid fosfaat per grondsoort, rekening houdend met het verzadigingspercentage, wordt gedeeld door het aantal hectare, wordt de fosfaat gebruiksnorm overschreden. Dit komt doordat de totale hoeveelheid fosfaat gelijk blijft en het overtollige deel van het verzadigingspercentage wordt verdeeld over de andere grondsoorten.

Stikstof komt in de bodem voor in verschillende vormen, zoals NO_3^- en NH_4^+. Het verschil hiertussen is dat NO_3^- kan uitspoelen en NH_4^+ niet. Dit is in dit rapport niet meegenomen bij de

nitraatuitspoeling. Als dit wel meegenomen was, zou de uitspoeling kleiner zijn. Indien rekening gehouden was met de hoeveelheid niet-uitspoelbare stikstof, zou dat percentage over een kleinere hoeveelheid berekend worden. Hierdoor zou de hoeveelheid uitspoeling lager zijn en de bodemcapaciteit hoger. Daarnaast is de stikstofdepositie die meegenomen is in het kringloopmodel gebiedsafhankelijk. Waar de concentratie van het aantal veebedrijven hoger is, is de stikstofdepositie ook hoger. In het kringloopmodel is alleen het totaal aan depositie meegenomen over heel Nederland.

Aan het begin van dit onderzoek is een berekening gemaakt om inzicht te krijgen in het aantal benodigde hectares ter vervanging van het aangevoerde eiwit. Het totale verbruik van sojaschroot in Nederland is 1,8 miljard kilogram. Als voorbeeld is gekeken naar de mogelijkheden van het huidige areaal van Nederland om het huidige geïmporteerde eiwit te vervangen door andere eiwitbronnen. Specifiek wordt dit gemeten door middel van soja, een eiwitrijk product. Soja wordt gebruikt in veevoer voor intensieve veehouderijbedrijven. Deze intensieve bedrijven hebben minder of geen land waar voedsel geproduceerd kan worden en daardoor hebben deze bedrijven ook geen mestplaatsing.

Vanuit het totale sojaverbruik is de opname per diergroep bepaald aan de hand van percentages die de verhouding per diergroep weergeven. Het percentage voor rundvee is 24 procent. Dit betekent dat de totale tak rundvee een sojaverbruik heeft van 0,43 miljard kilogram. De sojaboon bestaat uit sojaschroot, sojahullen en sojaolie. Het uiteindelijk eiwitpercentage dat hiervan overblijft is 42 procent. Rundvee verbruikt dan 0,18 miljard kilogram eiwit afkomstig uit soja. Om deze hoeveelheid eiwit om te rekenen naar gras is gebruik gemaakt van de gemiddelde grasopbrengst per hectare. Met het gemiddelde eiwitpercentage in gras kan vervolgens het benodigd aantal hectare berekend worden. Tot slot is dit omgezet naar een percentage door het aantal hectare te vergelijken met het huidige aantal hectares gras. Voor rundvee geldt een percentage van 110 procent. Dit betekent dat er 10 procent groei nodig is ten opzichte van het huidige areaal grasland. Voor alle diersoorten samen geldt een percentage van 141 procent. Dit houdt in dat het huidige areaal grasland met 41 procent moet toenemen. Een kanttekening hierbij is dat de berekening is gemaakt op basis van het eiwitgehalte in gras. Varkens en kippen eten geen gras (Bruinhorst, 2014).

In het kringloopmodel zijn niet alle gegevens bekend. Waar geen gegevens bekend zijn, is een liggend streepje (-) ingevuld. Hier kunnen later nog gegevens worden toegevoegd. De berekeningen en formules zijn wel in het rekenmodel verwerkt. Dit is het geval voor kalium bij de vers opbrengsten, maar ook voor lössgrond. Deze zijn binnen de analyses als ongeldig verklaard door middel van een rode arcering.

Bibliografie

Aarts, H., Daatselaar, C., & Holshof, G. (2005). *Bemesting en opbrengst van productiegrasland*. Opgehaald van Tabel 9: https://edepot.wur.nl/20296

Adviescollege Stikstofproblematiek. (2020, juni 8). *Niet alles kan overal*. Opgehaald van Eindadvies over structurele aanpak: file:niet+alles+kan+overal%20(2).pdf

Beer, M. d. (2020). Beschikbaarheid kali onder druk. *Boerderij*.

Berende, R., Hoop, S. d., & Scherff, H. (2020, juni). Kringloopmodel. Noord-Brabant, Nederland.

Berendsen, H. (2008). *Landschappelijk Nederland.* Assen: Van Gorcum & Comp. B.V.

Bloemberg- van der Hulst, M. (2019, maart 25). *Voederbiet telen voordeliger dan aankoop*. Opgehaald van Nieuwe Oogst: https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2019/03/25/voederbiet-telen-voordeliger-dan-aankoop

Bokhorst, J. (2013). *Bodems beoordelen en verbeteren* . Opgehaald van https://maken.wikiwijs.nl/bestanden/165933/Bodembeoordelding%20versie%20juli%202013.pdf

Bruchem, J. v. (2020). *Wageningen UR*. Opgehaald van Winst met kringlooplandbouw: https://www.youtube.com/watch?v=brx19spJXZM&t=501s

Bruinhorst, H. v. (2014). *Sojaschroot: hoogwaardige eiwitbron*. Opgehaald van https://www.pluimveeweb.nl/artikel/173198-sojaschroot-hoogwaardige-eiwitbron/?fbclid=IwAR075W450I6wCfPV7MumxdmRiyWfXyz1cfusYqTIC8tpKR_KIpw1px94Sr4

CBS. (2018 a). *Dierlijke mest en mineralen 1990-2018*. Opgehaald van https://longreads.cbs.nl/dierlijke-mest-en-mineralen-2018/resultaten/

CBS. (2018 b, juli 12). *Weer meer melkkoeien in de wei*. Opgehaald van CBS: https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/28/weer-meer-melkkoeien-in-de-wei

Compendium voor de Leefomgeving. (2008). *Fosfaatverzadiging landbouwgronden*. Opgehaald van https://www.clo.nl/indicatoren/nl0267-fosfaatverzadiging-van-landbouwgronden

Compendium voor de Leefomgeving. (2019). *Land- en tuinbouw: ruimtelijke spreiding, grondgebruik en aantal bedrijven, 1980-2018*. Opgehaald van https://www.clo.nl/indicatoren/nl2119-agrarisch-grondgebruik-

Dataset: Basisregistratie Gewaspercelen (BRP). (2018). Opgehaald van pdok.nl: https://www.pdok.nl/introductie/-/article/basisregistratie-gewaspercelen-brp-

De Commissie Bemesting Akkerbouw/Vollegrondsgroententeelt. (2020). *Gewas en bodem*. Opgehaald van Handboek bodem en bemesting: https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting.htm

Dijk, W. v. (2005). *Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw en vollegrondsgroentegewassen*. Opgehaald van Mineralengehalten in geoogste product van akkerbouw- en vollegrondsgroente: https://edepot.wur.nl/119911

Esri Nederland. (2016, augustus 1). *PDOK Fysisch-Geografische Regios (WMS)*. Opgehaald van arcgis.com: https://www.arcgis.com/home/item.html?id=6e923d29c3cc449c8680555b4693570e

Esri Nederland. (2018, november 14). *BRP - Gewaspercelen*. Opgehaald van https://www.arcgis.com/: https://www.arcgis.com/home/item.html?id=4d9e864a198f426ba359be57e5836d54

Essink, S. (2020, januari 14). *300.000 hectare minder landbouwgrond in 2050*. Opgehaald van Boerderij: https://www.boerderij.nl/Home/Achtergrond/2020/1/300000-hectare-minder-landbouwgrond-in-2050-524841E/

Eurofins Agro. (2018). *CEC is het voorraadvat van de bodem*. Opgehaald van https://www.eurofins-agro.com/uploads/downloads/Bemesting/EA_2p_CEC_NL_LR.pdf

Groen Kennisnet. (2020, juni 4). *Natuurinclusieve landbouw*. Opgehaald van Groen Kennisnet: https://www.groenkennisnet.nl/nl/groenkennisnet/dossier/Dossier-Natuurinclusieve-landbouw.htm

Groenendijk, P., Wösten, H., Postma, R., & Ruijtenberg, R. (2019). Organische stof: de moeite waard voor waterbeheer? *Water matters*, 28-31.

Groot, D., & Woudenberg, E. (2017). *Lectoraat Innovatief Ondernemen met Natuur*. Opgehaald van https://has.nl/nl/kenniscentrum/lectoraten/innovatief-ondernemen-met-natuur

Gurp, v. M., Geurts, P., & Bil, L. (2020). *Overige fysische factoren*. Opgehaald van Vruchtbare bodem: https://www.vruchtbarebodem.nl/nl/bodem--bemesting/fysische-eigenschappen/overige-eigenschappen

Haanstra, J. (2011). *Masterplan Mineralenmanagement*. Opgehaald van Wat u moet weten over stikstof : https://edepot.wur.nl/171879

Hakkenes, E. (2019). *Kringlooplandbouw: wat is het precies en wat zijn de gevolgen ervan voor de boeren?* Opgehaald van Trouw: https://www.trouw.nl/duurzaamheid-natuur/kringlooplandbouw-wat-is-het-precies-en-wat-zijn-de-gevolgen-ervan-voor-de-boeren~b4490a99/

Handboek bodem & bemesting . (2020 c). *Bodemstructuur*. Opgehaald van https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting.htm

Handboek bodem en bemesting. (2020 b, maart 25). *Effect pH op het bodemleven*. Opgehaald van Handboek bodem en bemesting : https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/pH-en-bekalking/Effect-pH-op-bodemleven.htm

Holwerda, J., Wel, C. v., & Sukkel, W. (2008). *Vlinderbloemigen brengen bemesting in.* Wageningen: Wageningen UR.

Jager, J. e. (2018, oktober). *Schets van de akkerbouw in Nederland: Structuur-, landschaps- en milieukenmerken die een relatie hebben tot biodiversiteit.* Opgehaald van edepot.wur.nl: https://edepot.wur.nl/463816#:~:text=De%20belangrijkste%20akkerbouwgewassen%20in%20Nederland,de%20uien%20het%20grootste%20aandeel.

Jan Bokhorst. (2020). *Goed bodembeheer*. Opgehaald van https://www.goedbodembeheer.nl/

Knaap, J. v. (2018). 'Veehouderij onmisbaar. *Veeteelt*, 22-24.

Kuenen, K. (2020). *Stadszaken.* Opgehaald van Beschikbaarheid grond voorwaarde voor extensivering landbouw: https://stadszaken.nl/artikel/2592/beschikbaarheid-grond-voorwaarde-voor-extensivering-landbouw

Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid. (2019, april 12). Opgehaald van rivm.nl: https://www.rivm.nl/landelijk-meetnet-effecten-mestbeleid/organisatie-van-lmm/regionale%20aanpak

Leefomgeving, C. v. (2019). *Stikstofdepositie, 1990-2018*. Opgehaald van Rijksoverheid: https://www.clo.nl/indicatoren/nl0189-stikstofdepositie

LG. (2020, april 1). *Voederbieten*. Opgehaald van LG: https://www.lgseeds.nl/ruwvoerteelt/voederbieten

Louis Bolk instituut & CLM. (2020). *Bodemacademie*. Opgehaald van http://bodemacademie.nl/

Meijering, L. (2017). *Zo verhoog je het gehalte organische stof*. Opgehaald van Boerderij: https://www.boerderij.nl/Akkerbouw/Achtergrond/2017/12/Zo-verhoog-je-het-gehalte-organische-stof-218930E/?dossier=201373&widgetid=2

Meijering, L. (2018, oktober 31). *Teelt van vezelhennep eenvoudig en kansrijk*. Opgehaald van Boerderij: https://www.boerderij.nl/Akkerbouw/Achtergrond/2018/10/Teelt-van-vezelhennep-eenvoudig-en-kansrijk-352144E/

Meststoffen Nederland. (2020). *Voeding van de plant 'stikstof'*. Opgehaald van https://www.meststoffennederland.nl/dossiers/voeding-van-de-plant/de-belangrijkste-elementen/stikstof

Nederlandse Encyclopedie. (2020). Opgehaald van https://www.encyclo.nl/begrip/gevoeligheid_analyse

Nutrinorm . (2020 c). *Hoofdelementen, waarom heeft een plant kalium nodig*. Opgehaald van https://www.nutrinorm.nl/nl-nl/Paginas/Hoofdelementen---Waarom-heeft-een-plant-kalium-nodig.aspx#.XuvZ9Wj7TIU

Nutrinorm. (2013). *Bodem*. Opgehaald van https://www.nutrinorm.nl/nl-nl/bodem/aandachtspunten-op-bodems/kleigronden

Nutrinorm. (2016). *Bemestingsadvies mede gebaseerd op basis N-leverend vermogen bodem*. Opgehaald van BLGG / Eurofins Agro, 2007: https://www.nutrinorm.nl/nl-nl/bodem/de-bodemanalyse/het-stikstofleverend-vermogen-(nlv)

Nutrinorm. (2020 a, maart 23). *De belangrijkste vormen van kunstmest*. Opgehaald van Nutrinorm: https://www.nutrinorm.nl/nl-nl/Paginas/Kunstmest-De-belangrijkste-soorten-kunstmest.aspx#.XniSB6hKjIU

Nutrinorm. (2020 b). *Atoomgewichten en omrekening van elementen*. Opgehaald van Nutrinorm: https://www.nutrinorm.nl/nl-nl/Paginas/Kunstmest-Atoomgewichten-en-omrekening-van-elementen.aspx#.XuNEMDozbIU

O. Oenema, J. M.-D. (2016). *Klassenindelingen voor de fosfaattoestand*. Opgehaald van Alterra Wageningen UR: file:///C:/Users/Berende/Downloads/klassenindelingen_voor_de_fosfaattoestand_van_de_-wageningen_university_and_research_390048%20(1).pdf

Os, G. v. (2018). *Met je kop in het zand, inversteren in kapitaal onder het maaiveld*. Opgehaald van Lectoraat duurzaam bodembeheer aeres hogeschool dronten: met_je_kop_in_het_zand_investeren_in_kapitaal_ond-groen_kennisnet_398440.pdf

Pantanova. (2020, april 6). *Wat is vezelhennep?* Opgehaald van Pantanova: https://pantanova.nl/missie/wat-is-vezelhennep

Pijlman, J., Eekeren, N. v., Hilhorst, G., Gerner, L., & Kessel, T. v. (2016). Minder stikstofverliezen na scheuren grasland. *V-focus*, 32-33.

Plas, C. v. (2019, augustus 31). *Carola Schouten: 'Nederlander mag gewoon vlees en zuivel blijven consumeren'*. Opgehaald van Melkvee: https://www.melkvee.nl/artikel/217036-carola-schouten-nederlander-mag-gewoon-vlees-en-zuivel-blijven-consumeren/

Remmelink, G., Middelkoop, J. v., Ouweltjes, W., & Wemmenhove, H. (2018/2019). *Handboek Melkveehouderij*. Opgehaald van http://edepot.wur.nl/458502

RIVM. (2020). *Wat is stikstof?* Opgehaald van De zorg voor morgen begint vandaag: https://www.rivm.nl/stikstof

Rozemeijer, J. (2008). *Strategie voor de aanpak van eutrofiëring*. Opgehaald van Deltares: https://www.deltares.nl/nl/issues/monitoring-en-modellering-van-ecosystemen/monitoring-en-modellering-van-ecosystemen/

RVO. (2017). *Tabel 3 Werkingscoëfficiënt*. Opgehaald van https://www.rvo.nl/sites/default/files/2015/04/Tabel%203%20Werkingsco%C3%ABffici%C3%ABnt%20dierlijke%20en%20andere%20organische%20meststoffen%202014-2017%281%29.pdf

RVO. (2019). *Hoeveel mest gebruiken. hoe rekent u dat uit?* Opgehaald van https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/11/Hoeveel%20mest%20uitrijden%20hoe%20rekent%20u%20dat%20uit%2028-11-19%20v1.pdf

RVO. (2020 a). *Tabel 2 Stikstof landbouwgrond*. Opgehaald van Mestbeleid: https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/02/Tabel-2-Stikstof-landbouwgrond-2019-2021.pdf

RVO. (2020 b). *Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit*. Opgehaald van https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-landbouw-natuur-en-voedselkwaliteit

RVO. (2020 c). *Tabel 11 Normen en mestcodes aanvoer en afvoer (dierlijke) mest.* Opgehaald van Mestbeleid: https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/04/Tabel-5-Forfaitaire-stikstof-en-fosfaatgehalten-in-dierlijke-mest-2018.pdf

Schoumans, O., & Middelkoop, J. v. (2020). *Fosfaat*. Opgehaald van WUR: https://www.wur.nl/nl/Dossiers/dossier/Fosfaat-1.htm

Schoumans, O., Duinhoven, G. v., & Willems, J. (2008). *30 vragen en antwoorden over fosfaat*. Opgehaald van Alterra: http://content.alterra.wur.nl/webdocs/internet/corporate/prodpubl/boekjesbrochures/30vragen_fosfaat.pdf

Sonnema, M. (2019). *Mest, een waardevolle grondstof*. Opgehaald van Wageningen Livestock Research: https://edepot.wur.nl/498087

Sukkel, W. (2018). *Kringlooplandbouw: De rol van de bodem | WUR*. Opgehaald van https://www.youtube.com/watch?v=wjGSAp94OW8&list=PLpHeQy15q-08R9HULmH4W7a8cQyyVCE9a&index=5

Termeer, K. (2019). *Het bewerkstelligen van een transitie naar kringlooplandbouw*. Opgehaald van WUR: https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/500675

Thijssen, d. A. (2019). *Kringlooplandbouw: een nieuw perspectief voor de Nederlandse landbouw*. Opgehaald van https://www.wur.nl/nl/show-longread/Kringlooplandbouw-een-nieuw-perspectief-voor-de-Nederlandse-landbouw.htm

Tönjes, J. (2019, April). *Terugwinnen fosfaat uit rioolwater maakt import kunstmest bijna overbodig*. Opgehaald van Akkerwijzer: https://www.akkerwijzer.nl/artikel/192115-terugwinnen-fosfaat-uit-rioolwater-maakt-import-kunstmest-bijna-overbodig/

Triferto. (2020). *Fosfor of fosfaat*. Opgehaald van https://www.triferto.eu/nl/nieuws/236/fosfor-of-fosfaat

Trikt, J. v., & Ahrens, H. (2020 b). *Bodems*. Opgehaald van Geologie van Nederland: https://www.geologievannederland.nl/ondergrond/bodems

Verhoeff, T. (2019). *Vergeet de N-voorraad in de bodem niet*. Opgehaald van PPP agro advies : https://ppp-agro.nl/actueel/vergeet-de-n-voorraad-in-de-bodem-niet/

Voedergewassen, C. B. (2019). *Bemestingsadvies*. Opgehaald van https://edepot.wur.nl/413891

Voskuilen, M. (2019). *Agrimatie*. Opgehaald van Ontwikkeling veestapel: https://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2286&indicatorID=2922

Wageningen University & Research. (2020). *Kringlooplandbouw: een nieuw perspectief voor de Nederlandse landbouw*. Opgehaald van https://www.wur.nl/nl/show-longread/Kringlooplandbouw-een-nieuw-perspectief-voor-de-Nederlandse-landbouw.htm

Wesselingh, F. (2007). *Geologie van Nederland*. Opgehaald van https://www.geologievannederland.nl/

Zanten, H. v. (2018). *Kringlooplandbouw: De rol van dieren in een circulair voedselsysteem | WUR*. Opgehaald van https://www.youtube.com/watch?v=0Tld1da_k34

Bijlage 1. Interviews

1.1 Diepte interview met Jan Buwalda (docent en bodemkundige)

April 2020

Is het betrouwbaar om berekeningen te maken met de forfaitaire norm, of zijn er nog meer manieren om berekeningen te maken met de werkelijke gehaltes in de mest?

De website van het RVO is belangrijk, kan aangenomen worden als basis bij berekeningen. Daarnaast is dit de veiligste optie om aan te nemen. Variatie hierin is enorm binnen mestsoorten. Anders wordt het onderzoeken per boerderij en daarvan analyses op vragen van percelen. Kanttekening hierbij is dat betrouwbaarheid hiervan niet te garanderen is. Er zit heel veel spreiding in, ik kan nu al voorspellen dat er minder stikstof in de mest uit zal komen, doordat de eiwittoevoer anders zal gaan. Mede doordat er efficiënter gevoerd gaat worden. Daarnaast kun je gaan stellen dat fosfaat in mest minder zal gaan worden. DSM heeft een middel bedacht om de koe efficiënt om te laten gaan met stikstof. En plantveredelaars zijn ook bezig om planten meer op te laten nemen, koeien zullen dus meer op gaan nemen en minder fosfaat uitscheiden. Alles is er dus op gericht om het dier efficiënter te maken. Belangrijk om hiermee rekening te houden is dat een koe het minst efficiënt is, een kip het meest efficiënt. Hier zie ik nu beweging in. Stel dat het nu rond 1,4 zit voor fosfaat, dan is het aannemelijk dat dit naar 1,2 zal gaan. Bij stikstof zit je met koeien nu gemiddeld op 4, en dit zal waarschijnlijk naar 3,5 gaan.

Hoeveel mest kan er geplaatst worden per grondsoort? (gebruiksnorm)

Vanuit het RVO is bepaald dat er maximaal 170 kg stikstof per hectare mag worden uitgereden. Afhankelijk van de grondsoort en het gewas mag dit verder aangevuld worden met kunstmest. Daarnaast geldt voor derogatie dat ik hoop dat deze uitzondering voor Nederland mag blijven. Wanneer Nederland deze uitzonderingspositie niet mag aannemen zie je dat er een gigantisch overschot komt. Daarnaast zijn er laatst al publicaties geweest waarin er is aangegeven dat er fosfaatverzadiging optreedt en die gronden mogen niet meer extra bemest worden.

Daarnaast kan Nederland niet vergeleken worden met Frankrijk of Duitsland waar ze enorme oppervlakte aan grond hebben in verhouding tot het aantal dieren wat ze hebben. Dus dan is er binnen Nederland maar 1 oplossing en dat is dat het aantal dieren moet verminderen. Niemand durft dit te benoemen, omdat het een heel gevoelig onderwerp is. Rabobank ziet dat er steeds minder ruimte komt om vlees te produceren. Dus al er dan geproduceerd wordt hoe kan dit op een verantwoorde manier. In 2030 is de voorspelling dat er 30 procent minder kippen varkens en koeien in Nederland zullen zijn. Rabobank heeft Interviews gehad met supermarkten en die zeggen ook dat het schap met vegetarische artikelen veel harder groeit dan bijvoorbeeld vlees of biologisch. Daar zie je dus ook die beweging en het is dan niet verantwoord om tegen de markt in te produceren.

Als je het objectief bekijkt, wil ik ook graag dat de veehouderijsector behouden blijft. En de vraag naar regionaal produceren wordt alleen maar sterker. Dus in die zin is het van belang dat het ook in Nederland blijft. Ter discussie is alleen hoeveel en voor welke landen moet er geproduceerd worden. Momenteel wordt 80 procent van de agrarische sector geëxporteerd naar het buitenland. Agrarische kennis staat in Nederland voorop dus de positieve kijk is dat het wel in Nederland zal blijven.

Hoeveel mest kan er geplaatst worden per gewas? Hoeveel kan een gewas opnemen?
Elk gewas heeft een bepaalde hoeveelheid stikstof en fosfaat nodig, dit is een gemiddelde wat vanuit het RVO is bepaald. Gras heeft bijvoorbeeld rond de 250 kg per h nodig om 5 snede te kunnen leveren, en mais zit rond de 200 ongeveer. Dit is allemaal afgeleid van de behoefte van het gewas. Vanaf de jaren 60 zijn we gewend om altijd het maximale te geven waarin we altijd een beetje overschot in de grond laten zitten, zodat de plant nooit tekort heeft. De nieuwe bemesting adviezen zijn steeds meer gericht op de bodem, wat zit er nog in de bodem en wat voor gewas ga je er op telen, dit hangt af van het perceel. Waarin je dus niet kunt spreken van alle bodems zijn gelijk, wat is de toestand van die grond en op welk moment en wat kan die leveren. Per grondsoort löss, zand, klei en veen is veel te algemeen. Vanuit de bodem spreek je van het voeden van de bodem en de plant haalt er wel uit wat deze nodig heeft. Misschien is het straks wel nodig om gewassen te gaan veredelen die beter gedijen op bijvoorbeeld klei of zandgrond. En dat je niet dezelfde gewassen op dezelfde grondsoorten plaatst. Bekijk het aantal hectares en de gewassen die er geteeld worden, dit is wel een theoretische verhaal, bijvoorbeeld door de toevoeging van klaver. Klaver levert weer veel stikstof wat eigenlijk dan niet uit mest mag komen. Daarnaast groenbemesters zijn verplicht na elk gewas, die leveren weer stikstof aan de bodem, en dat is wel noodzakelijk om mee te nemen.

Welke factoren hebben invloed op de nutriëntenbehoefte?

Waar staat het gewas? Krijgt het genoeg zon, water? Hoe is het management? Zit er verdichting in de bodem? Worden er bestrijdingsmiddelen gebruikt? Hoe is de onkruiddruk? Zijn er genoeg vijanden in de bodem? Hoe staat het met het bodemleven? Zijn er genoeg wortels? Welke grassoort is het precies? Dit zijn allemaal factoren die te maken hebben met de nutriëntbehoefte. Bodemleven is een hele belangrijke graadmeter. Tegenwoordig zijn ze bezig om te meten hoeveel bodemleven er aanwezig is, om een kengetal aan bodemleven te hangen.

Hoe staat de nutriëntenbehoefte in verhouding tot grondsoorten? (N-leverend mogen, Nmineraal)
Grove berekening maken en normen hier voor zoeken, klei en veen hebben een hoog stikstof leverend vermogen en zand een stuk lager. Hoe hoger het leverde vermogen hoe minder er aangevoerd hoeft te worden. Hoge normen zoals Pal en Pw betekent dat er minder fosfaat mag worden aangevoerd.

1.2 Diepte interview met Gera van Os (lector Duurzaam bodembeheer)

April 2020

Wat vind u van onze aanpak?

De kijk naar fosfor is zeer terecht. Het is een cruciaal component voor mens en dier. Hier liggen wel uitdagingen, zoals fosfaat terugwinnen uit rioolzuiveringen. Nadeel is dat je de kringloop op deze manier niet gesloten krijgt. Afbakening in jullie onderzoek is daarom noodzaak. Fosfaat lekt uit het systeem en op deze manier krijg je de kringloop niet sluitend als je het riool er niet bij betrekt.

Een nadeel is dat voor de aanvoer van fosfaat gebruiksnormen gelden. Dit heeft ook effect op hoeveel organische stof aangevoerd kan worden uit dierlijke mest. Organische stof heeft een veel bredere functie voor de bodem. Daarnaast is fosfaat stabiel om een reden. Fosfaat zit gebonden aan chemische deeltjes en kan dus niet uitspoelen. Het moet eerst oplossen in het grondwater om werkbaar te zijn voor de plant. De fosfaatvoorraad in de bodem van Nederland is zeer groot, door de grote aanvoer de afgelopen 50 jaar. Deze voorraad haal je niet zomaar weg en dit kan ook bijna niet versneld plaatsvinden. Het verminderen van de aangepaste aanvoer van fosfaat heeft weinig effect om deze voorraad kleiner te maken. Fosfaatbeschikbaarheid voor de plant wordt aangevuld door opgeloste fosfaat. Maximale productie behaal je door onbeperkt meststoffen toe te dienen.

Om een tip te geven gebruik veel afbeeldingen en plaatjes om de boodschap duidelijk te maken. De lezer kijkt eerst naar de titel en de plaatjes. Dit geeft een positieve en pakkende uitstraling. Daarnaast is het zaak om dichtbij de belevingswereld van doelgroep zitten. Kies de definitie afgestemd op doelgroep.

Hoe kijkt u tegen kringlooplandbouw aan?

De kringloop is cruciaal voor vernieuwen van landbouw/landschap. Alle sectoren (consument, supermarkt, boer, transporteur enz.) moeten hierin meepraten en veranderen. Uitdaging hierbij is miscommunicatie. Er is niet een standaard definitie van kringlooplandbouw. Kringlooplandbouw is een manier die we allemaal niet gewend zijn (met hele maatschappij erbij). Daarnaast moeten boeren gecompenseerd worden als het betekent dat de opbrengsten lager worden als gevolg van kringlooplandbouw. De verdienmodellen moeten aangepast worden.

Hoe ziet u kringlooplandbouw als mogelijkheid?

Interessant is dat de ene grondsoort beter geschikt is als intensieve landbouw dan andere. Per landschap/grondsoort verschillende benodigdheden aan input.

Per landschap bepalen waar wil je een hoge en waar wil je een lage productie hebben (verschillen in waterberging, koolstofvastlegging, biodiversiteit, nutriënten kringloop). Niet het maximale halen uit alle grondsoorten/landschappen. Per landschap en bedrijf is dit maatwerk! Nooit een boer alle doelen opleggen, dit zorgt voor teveel sturing.

Als we als maatschappij gesloten kringloop landbouw willen bereiken, kunnen niet alle boeren maximaal blijven produceren.

1.3 Diepte interview met Micha Lubbers (coördinator platform kringlooplandbouw) en Tim Verhoef (beleidscoördinator ministerie van LNV)

Juni 2020

Tijdens het gesprek met het ministerie van LNV hebben we eerst een korte toelichting gegeven op onze afstudeeropdracht. Aan de hand van een korte PowerPoint is toegelicht wat we gedaan hebben, welke data we hiervoor hebben gebruikt en waarom we dat zo hebben aangepakt. Zo hebben we duidelijk gemaakt dat het uitgangspunt van het kringloopmodel de bodem is en dat hierdoor minder gewasopbrengsten behaald kunnen worden. Vervolgens hebben we de knelpunten uit het kringloopmodel toegelicht. Deze knelpunten zijn:

- Gebruiksnormen dierlijke mest (derogatie) à kunstmest

Tot gebruiksnormen aanvullen met kunstmest, waarom niet meer dierlijke mest?
Vanuit Europeesbeleid/nitraatrichtlijnen is er een maximale gift aan dierlijke mest bepaald, dit is dus een politieke discussie, hiervoor moet er een wetswijziging komen.

- Productiedaling gewas door beperkte capaciteit bodem
- Input NPK nodig voor de huidige veestapel

Huidige veestapel heeft niet voldoende N,P,K uit gewasopbrengsten, moet aangevoerd worden door middel van krachtvoer/bijproducten.
Input kant kan niet dicht worden gezet in dit model, dit geeft een vertekend beeld, omdat de huidige veestapel is ingesteld is op high input, high output

- Overschot dierlijke mest op basis van de bodem
- Verliezen uit kringloop

Verliezen van de veestapel (stikstof verliezen, vervluchtiging van ammoniak)

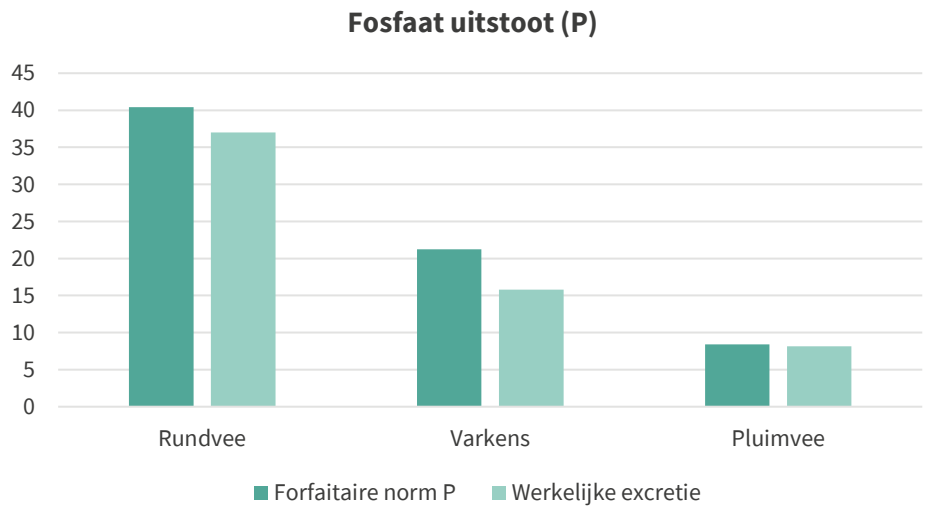
Vanuit deze knelpunten zijn we een open discussie gestart over wat het ministerie belangrijke draaiknoppen vindt. Hier kwam naar voren dat grondgebruik, mest en de veestapel als belangrijk worden gezien. Na deze open discussie hebben we de parameters van het kringloopmodel toegelicht. Vervolgens hebben we om input gevraagd voor meerdere scenario's die wij konden meenemen in ons rapport. De volgende invullingen kwamen naar boven en zijn meegenomen in het rapport:

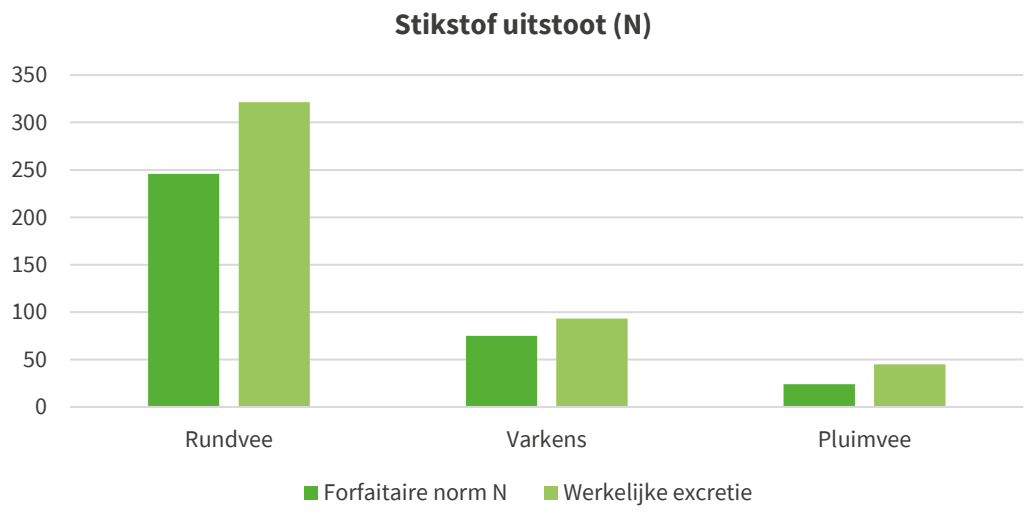
1. Kunstmest afbouwen
2. Prioriteit aan humane voeding
3. Verminderde beschikbaarheid landbouw areaal

Bijlage 2. Mestproductie per diergroep

Mest	**Aantal dieren**	**Dunne mest**							
		productie miljard kg	productie per dier kg	Forfaitaire norm N kg N / 1000 kg mest	Totaal N miljoen kg N	Forfaitaire norm P kg P / 1000 kg mest	Totaal P miljoen kg P	Forfaitaire norm K kg K / 1000 kg mest	Totaal K miljoen kg K
Rundvee	3.897	61	**15576**	4	**243**	0,7	**40**	4	**272**
Varkens	12.167	10	**825**	6,4	**64**	1,7	**17**	4	**44**
Pluimvee	92.987	0	**0**	9,9	**0**	2,7	**0**	5	**0**
					307		**56**		**316**
		Vaste mest							
		productie miljard kg	productie per dier kg	forfaitaire norm N kg N / 1000 kg mest	Totaal N miljoen kg N	forfaitaire norm P kg N / 1000 kg mest	Totaal P miljoen kg P	Forfaitaire norm K kg K / 1000 kg mest	Totaal K miljoen kg K
		0,5	**125**	6,4	**3**	1,4	**0,7**	5	**2,5**
		1,3	**108**	8,1	**11**	3,5	**4,6**	7	**8,7**
		1,0	**10**	26	**24**	9,1	**8,4**	17	**15,3**
					38		**14**		**26**
				Totaal	**345**		**70**		**343**

Bijlage 3. Fosfaat en stikstof uitstoot





HAS Kennistransfer en Bedrijfsopleidingen

Onderwijsboulevard 221
Postbus 90108
5200 MA ’s-Hertogenbosch
(088) 890 36 37