



**Vlaamse
overheid**

Kringlooplandbouw in de melkveehouderij

Kansen voor het beperken van stikstofverliezen

Kurt Sannen, Myriam Dumortier, Peter Van Gossum

INBO.be
VLM.be

Auteurs:

Kurt Sannen , Myriam Dumortier , Peter Van Gossum 

Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Reviewers:

Stefaan De Neve (*Universiteit Gent*)

Thijs Van den Nest, Karoline D'Haene, Karen Goossens, Annelise Bakelants en Koen Willekens (*Instituut voor Landbouw, Visserij- en Voedingsonderzoek*)

Monique Van Oeckel (*Vlaamse Landmaatschappij*)

Roel Vaes (*Boerenbond*)

Ilse Van Den Broeck (*Hooibeekhoeve*)

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) is het Vlaams onderzoeks- en kenniscentrum voor natuur en het duurzame beheer en gebruik ervan. Het INBO verricht onderzoek en levert kennis aan al wie het beleid voorbereidt, uitvoert of erin geïnteresseerd is.

Vestiging:

Herman Teirlinckgebouw

INBO Brussel

Havenlaan 88, 1000 Brussel

vlaanderen.be/inbo

e-mail:

kurt.sannen@inbo.be

Wijze van citeren:

Sannen K., Dumortier M. & Van Gossum P. (2024). Kringlooplandbouw in de melkveehouderij. Kansen voor het beperken van stikstofverliezen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2024 (30). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

DOI: [D/2024/3241/234](https://doi.org/10.22024/INBO.2024.3241/234)

Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2024 (30)

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Hilde Eggermont

Foto cover:

Francis Turkelboom

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van:

de Vlaamse Landmaatschappij in uitvoering van een Samenwerkingovereenkomst tussen Vlaamse Landmaatschappij en Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

VLAAMSE
LAND
MAATSCHAPPIJ



Dit werk valt onder een [Creative Commons Naamsvermelding-GelijkDelen 4.0 Internationaal-licentie](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Kringlooplandbouw in de melkveehouderij

Kansen voor het beperken van stikstofverliezen

Kurt Sannen, Myriam Dumortier en Peter Van Gossum

Studie in opdracht van de Vlaamse Landmaatschappij in uitvoering van de Samenwerkingovereenkomst tussen Vlaamse Landmaatschappij en Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

doi.org/10.21436/inbor.105911118

Dankwoord

Dit rapport kwam tot stand in het kader van een samenwerkingsovereenkomst tussen de Vlaamse Landmaatschappij en het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek ter ondersteuning van het mestbeleid.

Wij wensen de Vlaamse Landmaatschappij te bedanken om ons deze opdracht toe te vertrouwen, in het bijzonder Dirk Van Gijsegem en Koen Desimpelaere voor de nauwe opvolging ervan. Verder bedanken we de reviewers Stefaan De Neve (Universiteit Gent), Thijs Van den Nest, Karoline D'Haene, Karen Goossens, Annelise Bakelants en Koen Willekens (allen Instituut voor Landbouw, Visserij- en Voedingsonderzoek)¹, Monique Van Oeckel (Vlaamse Landmaatschappij), Roel Vaes (Boerenbond)² en Ilse Van Den Broeck (Hooibeekhoeve) voor het kritisch nazicht van de tekst en de waardevolle suggesties.

¹ Vanuit ILVO is er de policy dat een review niet noodzakelijk betekent dat het volledig eens met de inhoud van het rapport

² Vanuit Boerenbond is er de policy dat een review niet noodzakelijk betekent dat Boerenbond het volledig eens met de inhoud van het rapport



Samenvatting

Wereldwijd zijn stikstof- en fosforcycli zodanig verstoord dat ze zich buiten de veilige planetaire grenzen bevinden. Vlaanderen behoort tot de regio's met hoge stikstofdruk. Om hieraan te verhelpen werden, onder impuls van het Europese beleid, onder andere de Programmatische Aanpak Stikstof en de Mestactieplannen ingezet. Deze instrumenten werken vooral effectgericht, terwijl het besef groeit dat ook een brongerichte aanpak nodig is. Daarin staat kringlooplandbouw centraal. Dit rapport focust op kringlooplandbouw in de melkveehouderij. Het verkent de bijdrage die kringlooplandbouw zou kunnen leveren aan de vermindering van de stikstofdruk.

Stikstof komt in verschillende vormen voor in het landbouwecosysteem. De ruwe eiwitten uit veevoeder breken af in de pens en vervolgens in de darmen van het rund. Onbenutte eiwitten komen via mest en urine in de omgeving terecht. Via het ruw eiwitgehalte in het voeder kunnen we mestverliezen sturen. Meer weidegang zorgt voor minder ammoniakemissie, minder voederverliezen en een betere stikstofefficiëntie op bedrijfsniveau, maar tijdens periodes van hoge ruw eiwitgehalten in het gras is voorzichtigheid geboden. Bij bemesting hebben het type mest, de hoeveelheid mest en de wijze en het tijdstip van toediening veel invloed op de stikstofverliezen. Er is discussie over bovengronds uitrijden van mest versus injecteren, voor- en nadelen wisselen elkaar af en zijn contextafhankelijk. Ook bij mestopslag is er ruimte voor reductie van stikstofverliezen. Ten slotte is de bodemkwaliteit van groot belang om stikstofverliezen op te vangen.

Kringlooplandbouw minimaliseert verliezen van grondstoffen en nutriënten, waaronder stikstof, door de kringloop binnen het landbouwsysteem zoveel mogelijk te sluiten. Dit betekent: akkerbouw voor menselijke voeding, veevoeding op basis van gras en gewasresten, bemesting met organische mest, zorg voor de bodem en vermijden van verspilling. Kringlooplandbouw minimaliseert de milieu-impact. Bij een bredere invulling is er ook aandacht voor sociale bekommernissen, zoals een fair inkomen voor de boer.

In Nederland wordt al enkele decennia geëxperimenteerd met kringlooplandbouw in de melkveehouderij.

- De Vereniging tot Behoud van Boer en Milieu certificeert landbouwers aan de hand van tien thema's. Door de resultaten samen met collega veehouders te bespreken stimuleren ze hen om van elkaar te leren en elkaar te stimuleren om verder te verduurzamen. Een van de toegepaste technieken is het bovengronds toedienen van mest, een maatregel waar discussie over bestaat.
- Noordelijke Friese Wouden zet zich in voor het Friese landschap. Omdat hun kleinschalige percelen doorsneden zijn met vele sloten en greppels hebben ze problemen met emissiearme aanwending van mest. Ze combineren bovengrondse toediening met een eiwitarm en een structuurrijk rantsoen, minder kunstmest, minder graslandvernieuwing en



- Case 2 - Standaard melkveebedrijf met groter areaal (kringloop): Deze case is een kringloopversie van de eerste case, waarbij we kringlooplandbouw mogelijk maken door de oppervlakte te laten toenemen.
- Case 3 - Gemengd melkveebedrijf met beperkte akkerbouwvlak: Deze case vertrekt van een gemengd melkveebedrijf met een beperkte akkerbouwvlak en iets minder productieve melkkoeien.
- Case 4 - Gemengd melkveebedrijf met beperkte akkerbouwvlak met minder dieren (kringloop): Deze case is een kringloopversie van de derde case, waarbij we kringlooplandbouw mogelijk maken door het aantal dieren te laten dalen in overeenstemming met het beschikbare bedrijfsareaal.
- Case 5 — Geoptimaliseerd gemengd melkveebedrijf met beperkte akkerbouwvlak met minder dieren (kringloop): Deze case is een variant op case 4 waarbij we deze bedrijfseconomisch optimaliseren.

Eerst beschrijven we de vijf cases aan de hand van de statistieken van het Agentschap Landbouw en Zeevisserij, aangepast en/of verfijnd aan de hand van aannames. Cases 1 en 3 zijn gemiddelde bedrijven op basis van de statistieken, verder verfijnd met gegevens relevant voor stikstof. Cases 2, 4 en 5 zijn kringloopversies, uitgewerkt aan de hand van de uit de literatuur afgeleide inzichten. Om de verschillen scherp te stellen gaan we uit van, in tegenstelling tot de Nederlandse voorbeelden, 100% kringlooplandbouw, wat wil zeggen dat de bedrijven volledig grondgebonden zijn en hun ruwvoeder, eiwitten en mest zelf produceren.

Bij de overgang naar kringlooplandbouw (van case 1 naar 2, en van case 3 naar 4 en 5) vermindert het aantal dieren per hectare en daalt de melkproductie per dier, waardoor het inkomen uit melk daalt. Dit kan worden opgevangen:

- door een hogere melkprijs dankzij het biolabel of dankzij sommige melkverwerkende bedrijven die een beloning voorzien voor duurzaamheid;
- door verminderde inputkosten, in de eerste plaats een vermindering van de krachtvoerderskosten dankzij eigen eiwitteelt;
- door landbouwpremies, als ze kringlooplandbouw stimuleren. Waar ze effectgerichte maatregelen ondersteunen, zoals bijvoorbeeld emissiearme stallen, sturen ze in de tegenovergestelde richting.

De grondlast neemt toe, hetgeen deels kan worden opgevangen door samen te werken met natuurbeheerders.

Naargelang deze factoren heeft een omslag naar kringlooplandbouw meer of minder negatieve impact op het familiaal arbeidsinkomen. In case 5 wordt het bedrijfsmodel bijgesteld zodat kringlooplandbouw het familiaal arbeidsinkomen niet langer ondermijnt. Vooral in case 5 spelen ondernemerschap en vakmanschap een belangrijke rol in de rendabiliteit van het bedrijf.

Ten slotte evalueren we voor elke case de stikstofdruk aan de hand van:

- de stikstofbalans



- de nitraatverliezen naar grond- en oppervlaktewater op basis van het teeltplan.

Het gaat hier om ruwe schattingen. De berekening van de nitraatverliezen houdt bijvoorbeeld geen rekening met veranderingen in het rantsoen, waardoor ze de voordelen van kringlooplandbouw onderschatten.

De berekeningen bevestigen de resultaten uit de literatuur: het sluiten van nutriëntenkringlopen op een melkveebedrijf biedt tal van kansen om de stikstofverliezen op bedrijfsniveau en per hectare te verminderen. Dit is te danken aan het uitsluiten van krachtvoeder en kunstmest, het geringer aantal dieren per hectare, de geringere melkproductie per koe, de geringere bemesting per hectare, de geringere oppervlakte teelten met grotere nitraatresiduen (zoals maïs), meer beweiding, meer eigen eiwitteelt met vlinderbloemigen en een beter bodembeheer.

Een systeembenadering, waarbij stikstofverliezen naar lucht, bodem en water integraal worden beschouwd, in samenhang met de gehele bedrijfsvoering, laat toe om de stikstofverliezen op een melkveebedrijf aanzienlijk te verminderen. Het is wel zo dat kringlooplandbouw stikstofverliezen niet helemaal kan uitschakelen. Het is ook zo dat externe input evenmin helemaal kan worden uitgeschakeld. De geëxporteerde nutriënten moeten steeds worden aangevuld. De vergelijking met 100% kringlooplandbouw was zinvol om sterktes en zwaktes van kringlooplandbouw scherp te stellen. In de praktijk is een geleidelijke transitie naar meer circulariteit aangewezen, zoals ook de Nederlandse initiatieven tonen.

Met deze studie hebben we vier hefboomen voor een vermindering van de stikstofverliezen via kringlooplandbouw in de melkveehouderij in beeld gebracht:

- Het **rantsoen**, dat zo veel mogelijk ter plaatse wordt geproduceerd, waardoor extern krachtvoeder minder nodig is. Vlinderbloemigen zorgen voor lokaal ruw eiwit. Mits een goed rantsoen- en graslandbeheer blijft het gehalte ruw eiwit lager, waardoor de stikstofverliezen ook geringer zijn.
- De **bemesting**, die beperkter is, die zo veel mogelijk ter plaatse wordt geproduceerd, waarbij boerderijcompost en stalmest voorkeur verdienen boven drijfmest, waarbij vlinderbloemigen een rol spelen, waardoor kunstmest minder nodig is.
- Het **teeltplan**, met meer grasland en meer eiwitteelten, waaronder meer vlinderbloemigen, meer weidegang, minder dieren per hectare, waarbij het aandeel maïs met zijn hoog nitraatresidu lager is.
- De **zorg voor een structuurrijke bodem**, met meer vlinderbloemigen en andere groenbedekkers met diepe beworteling, met een optimaal gehalte organisch materiaal, met minder bodembewerking met lichtere machines.

Grondgebondenheid is daarbij de leidraad. Het resultaat zal zowel de landbouw als het klimaat en de biodiversiteit ten goede komen.



Aanbevelingen voor beleid

Zorg voor een **geïntegreerd beleidskader** waarin de Programmatische Aanpak Stikstof, het Mestactieplan en maatregelen ter vermindering van enterische emissies (uitstoot van methaan door herkauwers) worden samengevoegd en afgestemd met de landbouwondersteuning (ecoregelingen, agromilieuklimaatmaatregelen, beheerovereenkomsten, Vlaams investeringsfonds, conditionaliteitsvereisten), de Vlaamse eiwitstrategie en ander verwant beleid (waterbeleid, biodiversiteitsbeleid). Daarin staat het streven naar kringlooplandbouw centraal, die aanstuurt op een (geleidelijk) afbouwen van de externe aanvoer van nutriënten via krachtvoeder en kunstmest, het grondgebonden maken van de veestapel en de inzet van eigen eiwitteelt. Zo kan Vlaanderen zijn stikstofverliezen in de melkveehouderij echt verminderen, terwijl tegelijkertijd een duurzame en veerkrachtige landbouwsector vorm krijgt, met minder negatief effect of zelfs een positief effect op biodiversiteit, klimaat en andere beleidsdoelen.

Zorg dat de **PAS-maatregelen op kringlooplandbouw aansturen**, bijvoorbeeld:

- Stimuleer een eiwitarm rantsoen voor melkkoeien³.
- Stimuleer eigen eiwitteelten en stuur aan op de afbouw van het gebruik van krachtvoeder en kunstmest.
- Voeg maatregelen toe die gericht zijn op landgebruik en bodembeheer, waaronder de reductie van de bemesting per hectare, het invoeren van diverse gewasrotaties en het bevorderen van rustgewassen, zoals eiwitgewassen, om de bodemgezondheid te verbeteren.

Ontwikkel een **beloningssysteem voor kringloopmelkveebedrijven** met een gradueel afwegingskader met minimumdrempel, te beoordelen met een puntensysteem op basis van indicatoren, zoals:

- aantal dieren per hectare (totale veestapel in grootvee-eenheden in verhouding tot de totale bedrijfsoppervlakte);
- eigen eiwitteelt (aandeel eigen geteelde eiwitten/totale eiwitbehoefte veestapel);
- eiwitarm rantsoen (aandeel ruw eiwit in totaal rantsoen rundvee (gram ruw eiwit per kilogram droge stof);
- weidegang (aantal uur per jaar);
- gebruik van externe mest (kunstmest, dierlijke mest van buiten het bedrijf) (kilogram stikstof per hectare)
- stikstofbodemoverschot voor grasland, maisland en bouwland (kilogram stikstof per hectare).

Kringlooplandbouw is niet eenvoudig. De motivatie, kennis en ervaring van de bedrijfsleider en de concrete praktijken en omstandigheden op het landbouwbedrijf zijn een cruciale factor in het

³ De controleerbaarheid van laag eiwit voeding is moeilijk, maar bij kringlooplandbouw blijkt het eiwitgehalte ook uit de bedrijfsvoering.



beperken van de stikstofverliezen. Dit onderstreept het belang van goede **voorlichting, begeleiding en ondersteuning**. Gezien de gevoeligheid van het beperken van de input van nutriënten op een melkveebedrijf - cruciaal voor een kringloopaanpak - voor bepaalde marktspelers, is het aangewezen om **onafhankelijke** bedrijfsadviseurs en/of de praktijkcentra en voorlichtingsinitiatieven in te zetten.

English abstract

Circular agriculture in dairy farming - Opportunities for reducing nitrogen losses

Globally, nitrogen and phosphorus cycles are disturbed to the extent that they are outside safe planetary boundaries. Flanders is among the regions with high nitrogen pressure. To remedy this, under the impetus of European policy, the Programme Approach to Nitrogen and the Manure Action Plans, among others, were deployed. These instruments work mainly effect-oriented, while there is growing awareness that a source-oriented approach is also needed. Circular agriculture is addressing this. This report focuses on circular agriculture in dairy farming. It explores the contribution that circular agriculture could make to reducing nitrogen pressure.

Nitrogen occurs in various forms in the agricultural ecosystem. Raw proteins from cattle feed break down in the rumen and then in the bovine intestines. Unused proteins enter the environment via manure and urine. Through the crude protein content in feed, we can control manure losses. Grazing can help reduce nitrogen losses, but caution is needed during periods of high crude protein levels in grass. Concerning fertilisation, the type of fertiliser, the amount of fertiliser and the method and timing of application have a lot of influence on nitrogen losses. There is debate about above-ground application of manure versus injection, advantages and disadvantages alternate and are context-dependent. There is also scope for reducing nitrogen losses in manure storage. Finally, soil quality is very important to absorb nitrogen losses.

Circular agriculture minimises losses of resources, including nitrogen, by closing the loop within the farming system as well as possible. This means: arable farming for human food, livestock feed based on grass and crop residues, fertilisation with organic fertilisers, caring for the soil and avoiding wastage. Circular agriculture minimises environmental impact. A broader interpretation of the concept also pays attention to social concerns, such as a fair income for the farmer.

The Netherlands has been experimenting with circular agriculture in dairy farming for several decades.



- The Association for the Conservation of Farmers and the Environment certifies farmers based on ten themes. By discussing the results with fellow livestock farmers, they encourage them to learn from each other and encourage each other to become more sustainable. One of the techniques applied is the above-ground application of manure, a measure that is subject to debate.
- Noordelijke Friese Wouden is committed to the Frisian landscape. Because their small-scale plots are intersected with many ditches and ditches, they have problems with low-emission application of manure. They combine above-ground application with a low-protein and high-texture feed, less artificial fertiliser, less grassland renewal and close-to-ground applicatoin of small gifts of manure in rainy weather. This resulted in a similar nitrogen pressure as with low-emission application.
- Sustainable Farming Drenthe implements circular agriculture through an innovative reward system based on measurable objectives. Applied measures include low-protein and high-texture cattle feed, stopping manure spreading earlier in the growing season and using less artificial fertilisers or concentrate feed. In their pursuit of low crude protein content in the feed, they restrict grazing.
- In the Koeien en Kansen initiative, intensive dairy farmers and researchers are jointly investigating opportunities to make dairy farming more sustainable. They reduce losses by using less artificial fertilisers, making optimal use of their own animal manure, reducing grazing, keeping fewer young stock, lowering the crude protein content in feed and combining silage maize with a catch crop.

Initial evaluations of these initiatives show a reduction in nitrogen losses, even though there are many variations in the results.

Organic farming also has experience with circular measures. On the land, no artificial fertilisers are used, animal manure is used sparingly, more leguminous plants are used and great care is taken of the soil, leading to less nitrate leaching. For livestock, concentrates are limited and there is more grazing. Generally, organic dairy farms score better than conventional farms on nitrogen losses per hectare.

None of the Dutch initiatives work with a strict definition, they support farmers in a transition to a more circular system. From the above, we derive a series of building blocks for more circular dairy farming in Flanders:

- preference for low-protein and high-texture feed, as much as possible from own farm (more protein crops, less maize) and avoidance of external concentrates;
- more grazing because of lower ammonia emissions, lower feed losses and better nitrogen efficiency, even if caution is needed during periods of high crude protein content in grass;
- less fertilisation of preferably organic manure, in the case of livestock manure best farmyard manure or farm compost, preferably from own farm, and avoid chemical fertiliser;
- much attention to soil structure and organic carbon content (leguminous plants, thoughtful crop rotation, reduced tillage, thoughtful manure application);



- nitrogen balances;
- nitrate losses to ground and surface water based on the cultivation plan.

These are rough estimates. The calculation of nitrate losses, for example, does not take into account changes in rations, so they underestimate the benefits of circular farming.

The calculations confirm the results from the literature: closing nutrient cycles on a dairy farm offers numerous opportunities to reduce nitrogen losses. This is due to the exclusion of concentrate feed and artificial fertilisers, lower number of animals per hectare, lower milk production per cow, lower fertilisation per hectare, lower area of crops with high nitrate residues (such as maize), more grazing, more own protein cultivation with leguminous plants and better soil management.

A systems approach, in which nitrogen losses to air, soil and water are considered holistically, in conjunction with the entire farm management, allows nitrogen losses on a dairy farm to be significantly reduced. It is true, however, that circular farming cannot eliminate nitrogen losses altogether. It is also true that external inputs cannot be completely eliminated either. Exported nutrients must always be replenished. The comparison with 100% circular farming was useful to highlight strengths and weaknesses of circular farming. In practice, a gradual transition to more circularity is needed, as the Dutch initiatives show us.

With this study, we have identified four levers for reducing nitrogen losses through circular agriculture in dairy farming:

- The **cattle feed**, produced as much as possible on site, with a lot of input of leguminous plants, with lower crude protein content, reducing the need for external concentrates;
- **Fertilisation**, which is more limited, produced on-site as much as possible, with farm compost and farmyard manure preferred to slurry, with leguminous crops playing a role, reducing the need for artificial fertilisers;
- The **cropping plan**, with more grassland and more protein crops, including more leguminous crops, more grazing, fewer animals per hectare, with a lower proportion of maize with its high nitrate residue;
- **Soil care**, with more leguminous and other green cover crops with deep rooting, with optimal organic matter content, with less tillage with lighter machinery.

Land based dairy farming is the guiding principle. The result will benefit agriculture as well as climate and biodiversity.



3.4.2. Kringloopcases.....	52
4. Resultaten.....	54
4.1. Beschrijving van de cases.....	54
4.1.1. Case 1 - Standaard melkveebedrijf.....	55
4.1.2. Case 2 - Standaard melkveebedrijf met groter areaal (kringloop).....	56
4.1.3. Case 3 - Gemengd melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtak.....	58
4.1.4. Case 4 - Gemengd kringloop melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtak met minder dieren (kringloop).....	59
4.1.5. Case 5 - Geoptimaliseerd gemengd kringloop melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtak met minder dieren (kringloop).....	59
4.2. Bedrijfseconomische aspecten.....	61
4.2.1. Case 1 - Standaard melkveebedrijf.....	63
4.2.2. Case 2 - Standaard melkveebedrijf met groter areaal (kringloop).....	64
4.2.3. Case 3 - Gemengd melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtak.....	64
4.2.4. Case 4 - Gemengd kringloop melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtak met minder dieren (kringloop).....	66
4.2.5. Case 5 - Geoptimaliseerd gemengd kringloop melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtak met minder dieren (kringloop).....	66
4.3. Stikstofbalansen.....	68
4.3.1. Aanvoer.....	68
4.3.1.1. Krachtvoeder.....	68
4.3.1.2. Bijproducten.....	69
4.3.1.3. Kunstmest.....	69
4.3.1.4. Stikstofixatie.....	70
4.3.1.5. Stikstofdepositie.....	70
4.3.1.6. Stro en mest.....	70
4.3.2. Afvoer.....	70
4.3.2.1. Dieren.....	70
4.3.2.2. Melk.....	72
4.3.2.3. Akkerbouwproducten.....	73
4.3.2.4. Mest.....	73
4.3.3. Stikstofbalansen.....	74
4.4. Nitraatresiduen.....	77
5. Discussie en conclusies.....	79
5.1. Bedrijfseconomische evaluatie.....	79
5.2. Evaluatie van de kansen voor het beperken van stikstofverliezen.....	81
5.3. Conclusies.....	83
5.4. Verder onderzoek.....	85
Referenties.....	87



5 ten opzichte van case 3) (donkerrood = heel erg negatief, rood = erg negatief, roze = negatief, oranje = licht negatief, geel = neutraal, lichtgroen = licht positief, groen = positief, donkergroen = erg positief, groenzwart = heel erg positief, wit = niet van toepassing).....	68
Tabel 19: Voederwaarde van sojaschroot en evenwichtig krachtvoeder (DS = droge stof, RE = ruw eiwit) (Curial et al., 2018).....	69
Tabel 20: Gemiddelde verbruik van kunstmest in kilogram stikstof per hectare voor enkele akkerbouwteelten in 2018 (Bron: landbouwcijfers, Agentschap Landbouw en Zeevisserij).....	71
Tabel 21: Overzicht van de berekeningen per case van de stikstofafvoer op een melkveebedrijf via de afvoer van dieren (NUKA = nuchtere kalveren).....	73
Tabel 22: Afvoer van stikstof via melk per case.....	74
Tabel 23: Productiviteit, ruw eiwitgehalte en stikstofafvoer per gewas (Bronnen: Agentschap Landbouw en Zeevisserij en Centraal Veevoederbureau).....	74
Tabel 24: Stikstofbalans voor de vijf cases.....	75
Tabel 25: Stikstofbalansen voor drie andere melkveebedrijven.....	77
Tabel 26: Overzicht berekende nitraatresiduen in case 1 - Standaard melkveebedrijf.....	78
Tabel 27: Overzicht berekende nitraatresiduen in case 2 - Standaardmelkveebedrijf met groter areaal (kringloop).....	78
Tabel 28: Overzicht berekende nitraatresiduen in case 3 - Gemengd melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtak.....	79
Tabel 29: Overzicht berekende nitraatresiduen in case 4 - Gemengd melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtak met minder dieren (kringloop).....	79
Tabel 30: Overzicht berekende nitraatresiduen in case 5 - Geoptimaliseerd gemengd melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtak met minder dieren (kringloop)...	80
Tabel 31: Overzicht van de resultaten voor de vijf cases.....	83



Lijst van figuren

Figuur 1: Eiwitvertering en stikstofstromen bij rundvee (Bron: Brusselman et al., 2016)....	21
Figuur 2: Gemeten gemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater voor grasland op zand bij kringloopbedrijven in Drenthe (blauw), in vergelijking met de gemiddelde nitraatconcentratie uit het provinciaal meetnet (rood) (Bron: Holster et al., 2014).....	35
Figuur 3: Elementen van de stikstofbalans van een melkveebedrijf (Bon: Verbrugge et al., 2003).....	50



1. Inleiding

1.1. Context

De wereldwijde stikstof- en fosforstromen zijn dermate verstoord dat de **veilige planetaire grens overschreden** is (Richardson et al., 2023). In dit rapport focussen we op het nutriënt stikstof. Grote overschrijdingen in onder andere Europa en China staan tegenover tekorten in andere regio's in de wereld zoals Zuid-Amerika en Afrika, waar juist meer stikstof nodig is voor de voedselproductie. Daar worden gronden uitgeput doordat er voedingsstoffen worden onttrokken, zonder deze voldoende aan te vullen, waardoor de bodem degradeert en in extreme gevallen ongeschikt raakt voor voedselproductie (Schulte-Uebbing et al., 2022).

Vlaanderen behoort, samen met andere delen van Noordwest Europa, tot een **regio met grote overschrijdingen**. Dit heeft belangrijke negatieve gevolgen voor de oppervlaktewater-, grondwater- en bodemkwaliteit (Vlaamse Landmaatschappij, 2022a). Een te hoge atmosferische stikstofdepositie tast de kwaliteit van natuurlijke habitats in onder meer de Europees beschermde natuurgebieden aan (Paelinckx et al., 2019).

Landbouw heeft een belangrijke rol in deze stikstofproblematiek, naast transport, industrie, energie en huishoudens (Vlaamse Milieumaatschappij, 2022b). Stikstof is een belangrijk nutriënt voor plant en dier, onmisbaar voor de voedselproductie. Eeuwenlang probeerden landbouwers nutriëntenverliezen tegen te gaan en kringlopen te sluiten, omdat er schaarste was. In onze streken werd de bodemvruchtbaarheid in stand gehouden door onder meer het drieslagstelsel, het heidelandbouwsysteem en de aanvoer van menselijke mest uit de steden. Noodgedwongen zijn de oude landbouwsystemen voorbeelden van kringlooplandbouw (Lindemans, 1994; Haaland et al., 2004). De invoer van guano in de 19de eeuw was een eerste vorm van externe aanvoer van nutriënten. Sinds de ontdekking van het Haber-Boschproces om stikstof uit de lucht om te zetten in ammoniak met behulp van de fossiele brandstof aardgas, alsook de invoer van granen en later ook soja als veevoeder, evolueerde onze landbouw van een stikstofonttrekker uit de omgeving naar een belangrijke bron van stikstofverliezen. De landbouw kende een ongekende productiestijging, waardoor voldoende voedsel voor de bevolking kon voorzien worden aan lage prijzen, maar de keerzijde hiervan was een overmatige druk op natuur, milieu en gezondheid.

Ter bescherming van waterkwaliteit is er sinds de jaren negentig van vorige eeuw de Europese Nitraatrichtlijn⁴, in Vlaanderen vertaald in het mestbeleid (Mestactieplan of MAP). De **Mestactieplannen** richten zich in hoofdzaak op de vermindering van stikstof- en fosforverliezen naar grond- en oppervlaktewater. De eerste decennia verminderden deze verliezen. Deze gunstige trend zet zich evenwel niet verder. De nitraatgehalten in het oppervlaktewater verbeteren onvoldoende, de

⁴ Richtlijn 91/676/EEG van de Raad van 12 december 1991 inzake de bescherming van water tegen verontreiniging door nitraten uit agrarische bronnen



nitraatgehalten in het freatische grondwater stagneren of verslechteren zelfs en de nitraatresiduen in de bodem vertonen door weersinvloeden grote schommelingen en onvoldoende positieve trend (Vlaamse Landmaatschappij, 2022b). Klimaatverandering draagt bij aan dit gebrek aan verbetering. Tijdens droogte in het groeiseizoen bijvoorbeeld, wordt de toegediende stikstof onvoldoende opgenomen, waardoor deze uitspoelt.

In het kader van de Europese Habitatrichtlijn, ter bescherming van de biodiversiteit, heeft Vlaanderen sinds een decennium een **Programmatische Aanpak Stikstof (PAS)**. Deze richt zich in eerste instantie op de reductie van de stikstofverliezen naar de lucht vanuit de stal. Het doel is de stikstofdeposities te verminderen om de gunstige staat van instandhouding te kunnen realiseren van stikstofgevoelige habitats en soorten in Speciale Beschermingszones⁵. Binnen de Programmatische Aanpak Stikstof bestaat een lijst met ammoniak-emissiereducerende maatregelen die landbouwers kunnen gebruiken om de bijdrage van hun bedrijf aan de kritische deposities te verminderen.

Zowel het Mestactieplan als de Programmatische Aanpak Stikstof bestaan in de eerste plaats uit **effectgerichte maatregelen**: via technologische maatregelen (mestverwerking, emissiearme stallen, kunstmest) en regels in verband met het toedienen van mest wordt getracht de verliezen van nutriënten te verminderen (Sannen, 2023). Tot op heden is er nog maar beperkte aandacht voor brongerichte maatregelen. Veruit de belangrijkste bronnen van stikstof in de landbouw in Vlaanderen zijn de import van veevoeder en de netto import/productie van stikstofkunstmest.

In **Nederland** stelden Oenema et al. (2019) dat de mogelijke vermindering van de stikstofemissies door technische maatregelen onvoldoende lijkt om de vooropgestelde doelen te halen en dat er brongerichte maatregelen nodig zijn. Zij stelden dat voor een voldoende vermindering van de stikstofdepositie op de Speciale Beschermingszones en van de stikstofbelasting van grondwater en oppervlaktewater een **integrale aanpak nodig** is. Zij zien een synergie met het klimaatbeleid, de circulaire economie, de kringlooplandbouw, het gemeenschappelijk landbouwbeleid en het luchtbeleid (Oenema et al., 2019). Een jaar eerder al beklemtoonden Scholten et al. (2018) de **rol van kringlooplandbouw** bij het bereiken van de klimaat- en biodiversiteitsdoelen. Zo werd onder meer een link gelegd tussen het zoveel mogelijk sluiten van kringlopen in de landbouw en het minimaliseren van de stikstofverliezen naar de omgeving. Reeds sinds het begin van de 21ste eeuw lopen er diverse projecten rond kringlooplandbouw (meer specifiek melkveehouderij) in Nederland (zie onder meer Hees et al., 2019).

In de Vlaamse mestactieplannen wordt geleidelijk meer aandacht besteed aan aspecten die ook in kringlooplandbouw aan bod komen, zoals beter bodembeheer, koolstof in de bodem en positieve discriminatie van stal mest en compost. Ook in het PAS-akkoord van 2023 wordt een bijzondere rol weggelegd voor kringlooplandbouw, zij het eerder als flankerende maatregel naast het in hoofdzaak inzetten op vrijwillige stopzetting en het aanwenden van emissieverlagende maatregelen in

⁵ Dit zijn de Speciale Beschermingszones in uitvoering van de Richtlijn 92/43/EEG van de Raad van 21 mei 1992 inzake de instandhouding van de natuurlijke habitats en de wilde flora en fauna en Richtlijn 2009/147/EG van het Europees Parlement en de Raad van 30 november 2009 inzake het behoud van de vogelstand



veestallen. In **Vlaanderen** staat **kringlooplandbouw nog in zijn kinderschoenen**. Het ontbreken van een overkoepelende aanpak en een systeemgerichte kijk op de nutriëntenproblematiek ligt aan de basis hiervan. Kringlooplandbouw behelst aspecten van het natuurbeleid, mestbeleid, beleid inzake atmosferische stikstofverliezen, milieubeleid, afvalstoffenbeleid, landbouwbeleid en economisch beleid. Tot op heden is er slechts een beperkte afstemming tussen deze beleidsvelden en ontbreekt een overkoepelende visie op de rol en toekomst van landbouw hierin. Dit maakt het voor landbouwers extra moeilijk om kringlooplandbouw in de praktijk toe te passen. Een voorbeeld hiervan is de moeilijke afstemming van de diverse regels met betrekking tot compostering.

Deze studie legt de **focus op stikstof**. Ook het nutriënt fosfor is van belang in deze kwestie en vele maatregelen voor het beperken van stikstofverliezen leiden ook tot het beperken van fosforverliezen. Een specifieke benadering voor fosfor wordt in deze studie niet verder uitgewerkt. Ook het element koolstof speelt een belangrijke rol in de kringlooplandbouw. Ook hieraan wordt in dit rapport maar beperkt aandacht besteed. Het strekt tot aanbeveling om in vervolgonderzoek omtrent kringlooplandbouw zeker ook aandacht aan fosfor en koolstof te besteden.

1.2. Vlaamse beleidsontwikkelingen

De **Programmatische Aanpak Stikstof** wil een beleid introduceren om de stikstofemissie van landbouw en industrie te verminderen om zo de stikstofdepositie op de stikstofgevoelige habitats in de Speciale Beschermingszones onder de kritische depositiewaarde te brengen. Boven deze kritische depositiewaarde kan geen gunstige staat van instandhouding worden bereikt voor deze specifieke habitats. Het gaat hierbij onder meer om habitattypes als oligotrofe en mesotrofe vennen, droge en natte heide, heischrale graslanden en zuurminnende eikenbossen op zand. Deze habitats komen voor op schralere gronden en de kenmerkende biodiversiteit is er afgestemd op stikstofarme omstandigheden. Een teveel aan nutriënten doet de typische hieraan gebonden soorten verdwijnen ten voordele van meer algemene stikstofminnende soorten. Het realiseren van een gunstige staat van instandhouding is een verplichting vanuit de Europese Vogel- en Habitatrichtlijnen, omgezet in Vlaamse regelgeving door het decreet betreffende het natuurbehoud en het natuurlijk milieu. Een eerste versie van de Programmatische Aanpak Stikstof was al in voege sinds 2014. Het arrest van 25 februari 2021 van de Raad voor Vergunningsbetwistingen plaatste echter vraagtekens bij de toenmalige PAS-aanpak. Dit resulteerde in 2023 in een nieuw Stikstofakkoord met in 2024 een nieuw Stikstofdecreet.

Het **Stikstofdecreet van 2024** stelt een generieke reductie voorop bij alle rundveehouderijen vanaf een bepaalde stikstofuitstoot, aangevuld met extra aandacht voor veehouderijen met een te hoge impactscore en deze in maatwerkgebieden. Deze regelgeving erkent dat er in Vlaanderen een breed gamma van bedrijfsconcepten voorkomt, zoals kleinere bedrijven en bio-landbouwbedrijven waar de voorgestelde PAS-maatregelen moeilijk toepasbaar zijn. Door hun specifieke productiesysteem kunnen dergelijke bedrijven vaak op een andere manier dan met de ‘klassieke’ technieken bijdragen tot verminderde ammoniakemissies naar de lucht. Voor deze bedrijven dient volgens het



PAS-akkoord onderzocht te worden welke afwijkingen kunnen worden toegestaan en onder welke voorwaarden er toch maximaal emissiereducties gerealiseerd kunnen worden.

Volgende paragraaf uit het PAS-akkoord van 2023 verwijst naar **kringlooplandbouw**: *“In dat kader wordt voorzien in de uitwerking van een PAS-maatregel op maat van grondgebonden, circulaire veehouderijen met een maximaal gesloten stikstofhuishouding. Deze PAS-maatregel bouwt verder op reeds bestaande managementmaatregelen in de veehouderij, en breidt die uit met criteria inzake eigen ruwvoederproductie, het gebruik van lokale reststromen, een maximale veebezetting per hectare beschikbare grond en het niet-gebruik van kunstmest.”*

Deze paragraaf uit het PAS-akkoord geeft een specifieke invulling aan kringlooplandbouw. De focus ligt op het **zoveel mogelijk sluiten van de stikstofkringloop**. De tekst lijkt in eerste instantie te focussen op het bedrijfsniveau, maar legt ook een link met lokale aanbieders van reststromen. Hierbij kan gedacht worden aan reststromen uit de voedingsindustrie, maar eventueel ook samenwerking met akkerbouwers of andere landbouwbedrijven. Het is niet duidelijk of met deze reststromen alleen stromen die dienstig kunnen zijn als veevoeder worden bedoeld of ook reststromen die kunnen worden gebruikt voor het maken van compost (bijvoorbeeld groenafval of houtsnippers). Het benoemen van een maximale veebezetting per hectare beschikbare grond en de eigen ruwvoederproductie (gras, maïs, bieten en andere) voor het bedrijf, onderstrepen nogmaals het belang dat wordt gehecht aan het zoveel mogelijk sluiten van de kringlopen op het bedrijf zelf.

Het PAS-akkoord van 2023 stelt dat voor deze grondgebonden en circulaire veehouderijen criteria moeten ontwikkeld worden om als **PAS-maatregel** te gelden. Dit geeft handvatten om hiermee invulling te geven aan het ontwikkelen van een beleid om grondgebonden, circulaire veehouderijen te stimuleren om zo de algemene stikstofdruk in Vlaanderen te verlagen. Hierop wordt verder in het rapport dieper ingegaan. Voorlopig is er maar één aan kringlooplandbouw gerelateerde PAS-maatregel, met name “beweiding in groep”. Deze maatregel geldt voor melk- en kalfkoeien ouder dan twee jaar en vrouwelijk jongvee tot twee jaar. Voorwaarde bij deze PAS-maatregel is dat het deel van de huisvesting waarin de dieren zich normaal bevinden geen dieren meer bevat tijdens de weidegang. In het geval van een dichte vloer, moet deze bij het buitengaan van de dieren onmiddellijk worden vrijgemaakt van mest (Instituut voor Landbouw-, Voeding- en Visserijonderzoek, 2018).

In het Stikstofdecreet is geen verwijzing meer opgenomen naar de paragraaf over kringlooplandbouw uit het PAS-akkoord van 2023. In het **Landbouwakkoord** van februari 2024, dat de Vlaamse regering sloot met de landbouworganisaties Boerenbond en Algemeen Boerensyndicaat, werd wel opnieuw een paragraaf opgenomen over het stimuleren van circulaire landbouw.

Het **Mestactieplan** wil de negatieve impact van stikstof en fosfor vanuit de landbouw op de kwaliteit van oppervlaktewater, grondwater en bodem verminderen. Waar in de eerste plannen de nadruk werd gelegd op het reguleren van de meststromen door bemestingsnormen (waar, hoeveel, welke mest), uitrijregeling (wanneer) en mestverwerking (verwijderen nutriënten uit Vlaanderen), is er in

////////////////////////////////////

de latere plannen geleidelijk ook aandacht voor de **rol van een goed bodembeheer** in het terugdringen van nutriëntenverliezen in de landbouw. Het Mestactieplan 6 en het ontwerp Mestactieplan 7 voorzien een gebiedsgerichte benadering afhankelijk van de waterkwaliteit en een bedrijfsbenadering. Vernieuwend is dat nu stalmest en compost worden gestimuleerd. Dit zijn allemaal elementen die veel aandacht krijgen in kringlooplandbouw en waar -zoals we verder zullen zien- de bodem centraal staat. In de bemestingsnormen van het Mestactieplan, ook in het ontwerp Mestactieplan 7, is voorzien dat wie kunstmest gebruikt, meer nutriënten kan toedienen dan wie alleen dierlijke mest gebruikt. Met het **kunstmestregister** wordt evenwel de registratie van de verhandeling en het gebruik van kunstmest verplicht. Hiermee is het ondermeer mogelijk de bijdrage van kunstmest aan de totale nutriëntendruk in Vlaanderen in beeld te brengen. Het Mestactieplan lijkt voorzichtig de eerste stappen te zetten om kringloopdenken als een uitweg te zien.

1.3. Onderzoeksvraag

In dit rapport ligt dus de **focus op melkveehouderij**. Twee derde van het landbouwareaal in Vlaanderen is in gebruik voor voedergewassen (in hoofdzaak grasland en maïs) (Vlaamse Landmaatschappij, 2022a). Deze voedergewassen worden grotendeels ingezet voor de rundveehouderij, waarvan de melkveehouderij de belangrijkste tak is (Departement Landbouw en Visserij, 2018). Met de focus op de melkveehouderij bestrijken we een groot deel van het landbouwareaal. Daarenboven heeft de melkveehouderij een belangrijk aandeel in de stikstofuitstoot en heeft ze door haar grondgebondenheid ook een grote potentie om mee oplossingen aan te reiken voor de stikstofproblematiek.

De **centrale vraag** in deze studie is of en in welke mate kringlooplandbouw in de melkveehouderij een positief effect heeft op het terugdringen van stikstofverliezen naar lucht en naar oppervlakte- en grondwater.

Eerst proberen we via een **literatuurstudie** zicht te krijgen op wat we in Vlaanderen en Nederland al weten omtrent kringlooplandbouw. De **focus op de Nederlandse en de Vlaamse situatie** is te verantwoorden omdat beide geconfronteerd worden met een omvangrijke stikstofproblematiek en ze een gelijkaardige beleidsrespons kennen. Vlaanderen en Nederland lijken ook sterk op elkaar wat betreft bodem, natuur, verstedelijking, economie (wereldhavens) en landbouw, hoewel er natuurlijk ook verschillen zijn zoals ruimtelijke ordening en beleidscultuur. Dat neemt niet weg dat ook andere regio's in Europa inspirerend kunnen zijn, wat in vervolgonderzoek aan bod kan komen.

Vervolgens trachten we ook de impact van kringlooplandbouw op de stikstofverliezen in de melkveehouderij te kwantificeren. Dit doen we via **virtuele cases**. De eerste case is een standaard melkveebedrijf in Vlaanderen dat een vrij intensieve uitbating kent. De tweede case is een minder intensief melkveebedrijf met een beperkte akkerbouwtek. Voor beide cases baseren we ons op statistieken van het Agentschap Landbouw en Zeevisserij. We rekenen telkens zowel de huidige situatie als een kringloopalternatief door. Voor de tweede case rekenen we ook een economisch



geoptimaliseerd kringloopalternatief door. Hieruit proberen we enkele voorzichtige conclusies te trekken en formuleren we aanbevelingen voor verder onderzoek en voor het beleid.

2. Literatuurstudie

In dit hoofdstuk gaan we in op de stikstofkringloop in de melkveehouderij, op kringlooplandbouw en op hoe kringlooplandbouw de stikstofverliezen kan verminderen. We baseren ons vooral op Nederlandse literatuurbronnen. Opvallend is dat in Vlaanderen tot op heden wel al wetenschappelijk onderzoek gebeurde naar deelaspecten van kringlooplandbouw, maar nog maar weinig naar de impact van een totaalaanpak, eigen aan kringlooplandbouw. Uit deze literatuurstudie leiden we bouwstenen af voor kringlooplandbouw in de Vlaamse melkveehouderij.

2.1. Stikstofkringloop in de melkveehouderij

De stikstofkringloop op een melkveebedrijf omvat een reeks complexe processen waarbij stikstof in verschillende vormen circuleert. Stikstof komt in het landbouwsysteem via kunstmest, stikstofbinding door vlinderbloemigen, stikstofdepositie en veevoeder. Het wordt uit het landbouwsysteem geëxporteerd met landbouwproducten (melk, vlees, gewassen) en (verwerkte) mest (Van Selm et al., 2023). Stikstof gaat verloren bij het houden van vee, bij de mestopslag en bij het bemesten van land. Het gaat om lachgas (N_2O), ammoniak (NH_3) en stikstofoxiden (NO_x). Op het land leiden ook mineralisatie van organisch materiaal (inclusief van oogstresten en van veengronden⁶) en de teelt van vlinderbloemigen tot stikstofverliezen. Wanneer vlinderbloemige gewassen worden ondergeploegd, kan een deel van de stikstof die ze hebben gefixeerd, weer vrijkomen in de bodem en uiteindelijk verloren gaan in de vorm van gassen zoals lachgas (N_2O) of stikstofgas (N_2).

2.1.1. Voeder

Stikstof komt het lichaam van een koe binnen via het voeder (Figuur 1). In de pens van de koe bevinden zich micro-organismen die complexe koolhydraten en eiwitten afbreken tot eenvoudigere verbindingen. De voedereiwitten worden door bacteriën en protozoa voor een groot deel afgebroken tot peptiden, aminozuren, ammoniak en resterende koolstofskeletten. Aminozuren en ammoniak kunnen onmiddellijk opnieuw gebruikt worden voor de opbouw van microbieel eiwit. Dit proces staat bekend als **microbiële fermentatie**. De ammoniakverliezen in de pens kunnen echter aanzienlijk zijn, omdat de microbiële afbraak van voedereiwit sneller verloopt dan de synthese van microbieel eiwit (Brusselman et al., 2016). Het darmverteerbaar eiwit (DVE) is eiwit dat in de dunne darm terechtkomt en daar verteerbaar is. Het darmverteerbaar eiwit is onder meer afkomstig van eiwit dat niet in de pens werd afgebroken, van microbieel eiwit en van lichaamseiwit dat afkomstig is van

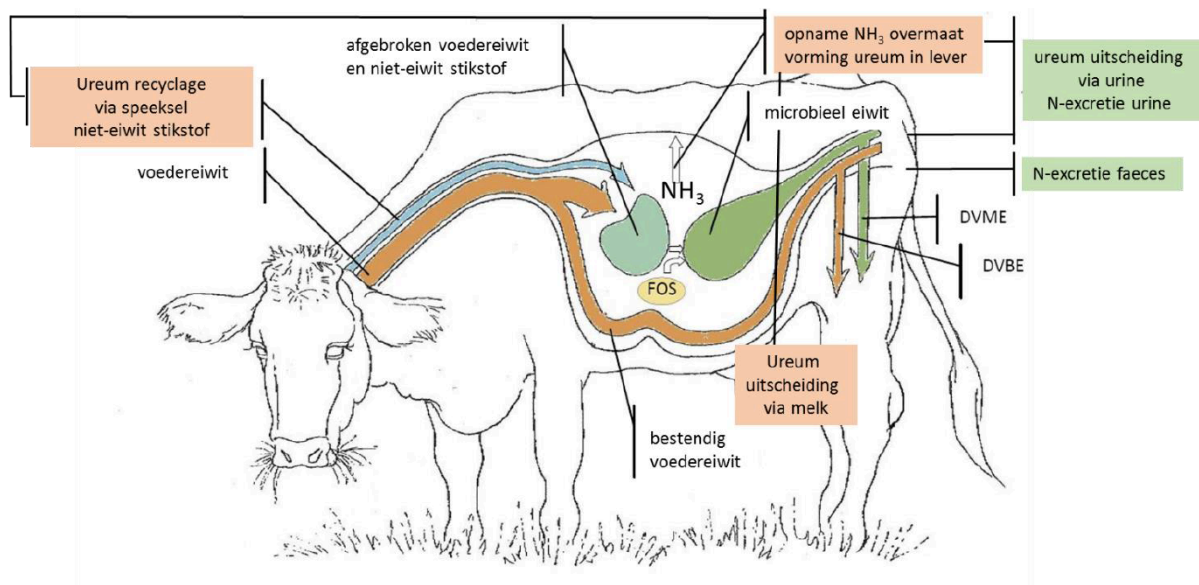
⁶ Natuurlijke veengronden bevatten grote hoeveelheden organisch materiaal, zoals dood plantenmateriaal, dat langzaam afbreekt en mineraliseert onder invloed van micro-organismen. Tijdens dit proces wordt organisch stikstof omgezet in anorganische vormen van stikstof, zoals ammonium (NH_4^+) en nitraat (NO_3^-). Deze anorganische stikstofverbindingen zijn vatbaar voor verlies. Ontwatering van veengronden versnelt de mineralisatie.



afstervende cellen en slijmvlies (Boerenverstand, 2014). In de dunne darm worden deze eiwitten verteerd tot aminozuren, de bouwstenen van eiwitten, en vervolgens geabsorbeerd in de bloedsomloop.

Ureum ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) wordt gevormd in de lever en komt daarna in het bloed terecht. Een deel van dit ureum kan van daaruit gesecreteerd worden in het speeksel en zo gerecycleerd worden naar de pens waar het na afbraak tot ammoniak door de pensorganismen gebruikt kan worden. Een groot deel van het ureum wordt echter in de urine uitgescheiden en gaat dus verloren in de omgeving. Naast urinaire excretie van ureum afkomstig van overtollig ammoniak uit de pens is er ook nog stikstofverlies door de excretie van onverteerbaar en endogeen eiwit in de darm via faeces en urinaire excretie van geabsorbeerd maar niet benut eiwit (Brusselman et al., 2016).

Met het **rantsoen kan gestuurd worden** om de stikstoffefficiëntie in de koe zo optimaal mogelijk te laten gebeuren. De microbiële fermentatie kan maar goed verlopen wanneer de juiste hoeveelheid fermenteerbare organische stof aanwezig is. Als de hoeveelheid eiwit, die beschikbaar komt, gelijk is aan de hoeveelheid die de microben nodig hebben voor hun groei, dan is de onbestendige eiwitbalans in evenwicht. Een positieve onbestendige eiwitbalans betekent dat er meer eiwit beschikbaar is in de pens. Dit overschot moet de koe via de lever wegwerken, wat leidt tot een hoog ureumgehalte in de melk en in de urine.



Figuur 1: Eiwitvertering en stikstofstromen bij rundvee (Bron: Brusselman et al., 2016)

Het **gehalte ruw eiwit** in het voeder is een belangrijke factor in het terugdringen van stikstofverliezen. Ruw eiwit bestaat uit stikstofhoudende organische stoffen. Het stikstofoverschot in het voeder wordt uitgescheiden via de mest en de urine, onder de vorm van eiwitten (organisch gebonden stikstof), ureum, urinezuur en ammonium. De verdeling van de stikstof over deze componenten en de pH van de mest en de urine bepalen mee het uiteindelijke ammoniakverlies



(Brusselman et al., 2016). Het verlagen van het ruw eiwitgehalte in het rantsoen tot een optimaal niveau resulteert doorgaans in een efficiënter stikstofgebruik en in een verschuiving van urinair stikstof naar fecaal stikstof met minder ammoniakemissie als resultaat. Daarnaast leidt een verminderde stikstofaanvoer in het voeder ook tot een verhoogde stikstofrecyclage vanuit het bloed, via het speeksel naar de pens, waardoor de stikstofefficiëntie⁷ gevoelig stijgt (Hristov et al., 2011). Voor een gemiddeld melkveebedrijf wordt geschat dat door daling van het ruw eiwitgehalte van 15-16 % naar 14-15%, de ammoniakemissie met 10-15% verlaagd kan worden (Brusselman et al., 2016). Een eiwitarm rantsoen leidt zo tot minder stikstofemissies uit de stal. Eiwitarm voederen en meer grasklaver hebben een positieve impact op de stikstofefficiëntie op melkveebedrijven (Van den Bossche, 2023). Sommige studies pleiten ook voor **structuurrijk voeder**. Dit stimuleert het samentrekken van de pens en de herkauwing, wat de spijsvertering ten goede komt. We vonden evenwel onvoldoende literatuur over de concrete impact daarvan op de stikstof-excretie.

Het aanbod ruw eiwit kan verlaagd worden door te kiezen voor meer gras en **vlinderbloemigen**, en minder maïs en extern krachtvoeder (Erisman & Verhoeven, 2019; Boerenverstand, 2014), alsook door het gras minder te bemesten. Hier moeten enkele kanttekeningen bij geplaatst worden omdat het graslandbeheer en het rantsoenbeheer hierin een grote rol spelen. Weersomstandigheden, maaitijdstip en hoeveelheid en aard van bemesting beïnvloeden het eiwitgehalte en de eiwitkwaliteit van het gras. De samenstelling van het rantsoen heeft een grote impact op het totale ruw eiwitgehalte van dat rantsoen. Er zijn verschillende manieren om te sturen op ruw eiwitgehalte. Het nadeel van gras is dat het minder ‘stuurbaar’ is op eiwitgehalte. Kringlooplandbouw, zoals wij het in deze studie benaderen, vertrekt vanuit een systeemaanpak waarbij gelijktijdig wordt ingezet op een diverse set aan parameters die gezamenlijk een positieve impact hebben op diverse maatschappelijke noden, waaronder de stikstofproblematiek. Het is vanuit deze aanpak dat kan gesteld worden dat wanneer op een melkveebedrijf het aandeel gras en vlinderbloemigen toeneemt, minder krachtvoeder wordt aangekocht en het grasland minder bemest wordt en de veehouder daarenboven de juiste keuzes maakt in graslandbeheer en rantsoensamenstelling, het ruw eiwitgehalte in het rantsoen daalt. Een hoger grasaandeel zal daarenboven de niet-humaan eetbaar eiwit efficiëntie en het aandeel ruwvoermelk doen toenemen.

Maïs is een zetmeelrijk ruwvoeder dat arm is aan eiwitten, waardoor het met eiwitrijk krachtvoeder moet worden gecombineerd. Terwijl een gemiddeld Vlaams melkveebedrijf een groot deel van het ruwvoeder (gras of maïs) op het bedrijf zelf teelt, wordt krachtvoeder grotendeels van buiten het bedrijf aangevoerd. De aankoop van krachtvoeder vormt voor een gemiddeld Vlaams melkveebedrijf bijna een kwart van de totale bedrijfskosten (Departement Landbouw en Visserij, 2018⁸). Een vermindering van de afhankelijkheid van extern krachtvoeder betekent dus ook een aanzienlijke kostenbesparing. Vlinderbloemigen kunnen de rol van extern krachtvoeder overnemen. Ze hebben het unieke vermogen om stikstof uit de atmosfeer te binden met behulp van symbiotische bacteriën in hun wortelknobbeltjes. Dit proces verrijkt de bodem met beschikbare stikstof, wat de nood aan kunstmest vermindert en zorgt voor een eiwitrijk gewas. Vlinderbloemigen zorgen zo voor een

⁷ Stikstofefficiëntie = de ratio van de stikstofafvoer via de landbouwproducten over de stikstofaanvoer

⁸ Meest recente cijfers



aanvoer van stikstof naar de landbouw (Vingerhoets et al., 2021). Verschillende vlinderbloemigen kunnen in het teeltplan opgenomen worden, bijvoorbeeld rode klaver, witte klaver, luzerne, veldbonen, voedererwten of voederlupinen. Deze kunnen in zuivere teelt geteeld worden, in combinatie met grassen of kruiden (bijvoorbeeld gras-klaver, grasluzerne of gras-klaver met luzerne en kruiden) of in mengteelt (bijvoorbeeld veldbonen/triticale, méteil). De teelt van veldbonen en voedererwten is evenwel geen eenvoudige teelt en kan tot wisselende opbrengsten leiden. Samenwerking tussen melkveehouders en akkerbouwers kan hierbij helpen.

Weidegang heeft ook invloed op stikstofverliezen, maar dit kan zowel in de positieve als in de negatieve zin gebeuren.

- Meer weidegang zorgt voor minder ammoniakemissie, minder voederverliezen en een betere stikstoffefficiëntie. Als mest en urine met elkaar in contact komen ontstaat ammoniak. Het overgrote deel van de ammoniak komt vrij binnen de eerste 15 minuten na het contact (Holster et al., 2014). Bij beweiding komen vaste mest en urine doorgaans niet op dezelfde plek terecht, waardoor er minder ammoniakverliezen zijn dan in de stal. Omdat het vee minder op stal staat, zijn er minder verliezen vanuit de stal en zal bovendien minder drijfmest of stalmest moeten worden uitgereden, waardoor er ook minder verliezen zijn op het land, althans wanneer er geen mest van buiten het bedrijf wordt aangevoerd en het gras optimaal benut wordt door het vee. Beweiding is de enige kringloopmaatregel die opgenomen is op de lijst van maatregelen binnen de Programmatische Aanpak Stikstof.
- Het is evenwel ook mogelijk om kringlopen te sluiten zonder beweiding toe te passen. Bij deze keuze moet er worden gewaakt om het vrijkomen van ammoniak uit mest zo veel mogelijk te voorkomen. Op momenten met hoog eiwitgehalte in het gras kan weidegang trouwens minder gunstig zijn en tot grotere stikstofexcretie door het vee leiden. Weidegang biedt zo minder kansen om het ruw eiwitgehalte in het veevoeder te sturen.

2.1.2. Bemesting

Stikstof is 's werelds meest toegediende nutriënt bij bemesting. Het komt op het land terecht via dierlijke mest, kunstmest, vlinderbloemigen, stikstofdeposities en organisch materiaal (inclusief oogstresten). Het gaat om verschillende stikstofverbindingen, waaronder ammonium (NH_4^+) en organische stikstof. Wereldwijd wordt slechts de helft van de toegediende stikstof opgenomen door gewassen, de rest wordt opgeslagen of gaat verloren naar de omgeving (Govindasamy et al., 2023). De belangrijkste processen die een rol spelen bij stikstofverliezen zijn:

- Wanneer ammonium wordt omgezet naar **ammoniak (NH_3)** **vervluchtigt** het. Dit gebeurt tijdens de opslag (mestopslag, mestkelders en stalvloeren) en aanwending van mest op het land. Vooral ureumgebaseerde meststoffen zijn gevoelig voor vervluchtiging via ammoniak.
- Via **hydrolyse van ureum** komt ammoniak tot stand. Het is de laatste stap in de mineralisatie van organische stikstof.
- **Nitraatuitspoeling** (NO_3^-) gebeurt vooral na de toediening van meststoffen op het land. Door zijn negatieve lading wordt nitraat niet vastgehouden door de bodem. Vooral tijdens regenperiodes en in periodes van geringe gewasgroei spoelt nitraat uit. Vooral zandige bodems zijn gevoelig voor nitraatuitspoeling.



- **Nitrificatie** is het proces waarbij ammonium wordt omgezet in nitraat. Nitrificatie gebeurt in aërobe omstandigheden, met optimaal vochtgehalte. Ook onder meer bodemtemperatuur en bodem-pH spelen een rol. Dit nitraat spoelt uit, wordt opgenomen door planten of geïmmobiliseerd door bodemorganismen.
- **Denitrificatie** gebeurt in anaerobe omstandigheden. Daarbij wordt nitraat gereduceerd tot stikstofgas (N₂), met tussenstappen via lachgas (N₂O), stikstofdioxide (NO₂) en stikstofmonoxide (NO). Lachgas is een broeikasgas met een hoog aardopwarmingsvermogen 'global warming potential'. Ook stikstofdioxide heeft een klimaatimpact, maar deze is veel lager dan bij lachgas. Denitrificatie hangt ook af van vochtgehalte, de aanwezigheid van oplosbare koolstof en nitraat, temperatuur en tijdstip.
- **Bodemerosie en runoff** worden beïnvloed door hellingsgraad, neerslag, bodemtype en vegetatie. Ze kunnen gereduceerd worden door de bodembewerking te reduceren en bodembedekkers te zaaien.
- **Fixatie in kleimineralen** kan ammoniumionen blokkeren, waardoor ze niet verder reageren en niet verloren gaan in de omgeving.
- Wanneer stalmest en oogstresten worden toegediend, zal mineralisatie de stikstof vrijmaken onder de vorm van ammoniumionen. Dit proces wordt beïnvloed door de C/N-verhouding. Bij een C/N-verhouding hoger dan 30 is er geen mineralisatie en is de **stikstof voorlopig geïmmobiliseerd**.

Onder meer het type mest (dierlijke mest of kunstmest, samenstelling van deze mest), de manier waarop die wordt opgeslaan en uitgereden op het land en eigenschappen van de bodem beïnvloeden de omvang en de vorm van stikstof die verloren gaat.

- **Type mest** - Dierlijke mest, kunstmest en compost verschillen in hun stikstofgehalte, mineralisatie- en nitrificatiesnelheden en nutriëntenbalans, wat directe en indirecte effecten heeft op stikstofverliezen. Dierlijke mest kan worden toegepast onder de vorm van stalmest of drijfmest. Soms wordt ook nog gier gebruikt. Deze soorten dierlijke mest hebben elk hun eigen kenmerken en stikstofdynamiek. De stikstofconcentratie in de verschillende vormen van dierlijke mest kan sterk variëren, afhankelijk van de diersoort, voederrantsoen, strooiselgebruik en opslagcondities. Stalmest heeft een lager watergehalte en een hoger droge stofgehalte, met een langzamere mineralisatie en nitrificatie en een lager risico op ammoniakverlies. Naast het type mest beïnvloedt de **mestsamenstelling** de stikstofdynamiek en de potentiële stikstofverliezen. Deze wordt onder meer beïnvloed door het rantsoen. Rantsoenen met een hoog aandeel ruw eiwit leiden tot mest met een hoger stikstofgehalte wat het risico op stikstofverliezen vergroot. De eiwit- en energiewaarde van het rantsoen beïnvloeden deze stikstofverliezen. Een geïntegreerde benadering van mestmanagement, inclusief het gebruik van verschillende meststoffen met verschillende stikstofvormen en mineralisatiesnelheden, en het aanpassen van het rantsoen van de melkkoeien om de nutriëntenbalans te optimaliseren, kan stikstofverliezen minimaliseren en de efficiëntie van stikstofgebruik in kringlooplandbouw van de melkveehouderij optimaliseren (Reijs, 2007; Hees, 2009).



- **Manier van opslaan**⁹ - Ammoniakvervluchtiging is het dominante proces dat verantwoordelijk is voor stikstofverlies tijdens mestopslag. De mate van ammoniakvervluchtiging hangt af van diverse factoren, zoals het type mest, de opslagmethode, de temperatuur en de pH van de mest. Naast ammoniakvervluchtiging kan er ook stikstofverlies optreden door denitrificatie, een proces waarbij nitraat (NO₃⁻) wordt omgezet in stikstofgas (N₂). Denitrificatie vindt vooral plaats in de anaerobe omstandigheden in de diepere delen van een mesthoop. De mate van denitrificatie hangt af van factoren zoals vochtgehalte, temperatuur en de aanwezigheid van denitrificerende bacteriën. Het minimaliseren van stikstofverliezen uit mestopslag kan worden bereikt via diverse emissiereducerende maatregelen en technieken in de mestopslag onder de veestallen zoals aangepaste emissiearme roostervloeren en reinigen met mestschuif, of door het afdekken van de opslag van stalmest. Ook de behandeling van de drijfmest in de mestopslag heeft een invloed op de stikstofverliezen. Regelmatige agitatie van de mest kan denitrificatie verminderen. Het toevoegen van absorberende materialen, zoals strooisel, kan ammoniakvervluchtiging verminderen door het oppervlak van de mest te vergroten. (Fan Yang et al., 2022; Monteny & Erisman, 1998; Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, 2006).
- **Manier van toediening** - Er is veel discussie over bovengronds uitrijden versus emissiearm aanwenden. De stelling dat bovengronds uitrijden bij regen niet meer ammoniakemissie veroorzaakt dan emissiearm aanwenden is gecontesteerd. Daar komt bij dat ‘alleen mest aanwenden bij gunstige weersomstandigheden’ niet controleerbaar is. Bovengronds aanwenden geeft meer geurhinder en meer risico op afspoeling van nutriënten, maar minder risico op uitspoeling. Afspoeling kan vermeden worden door beperkte giften en door afstand te houden van water. De stikstofefficiëntie bij bovengronds uitrijden is lager, maar de broeikasgasemissies zijn ook lager. Er is dus een combinatie van voor- en nadelen (Rougoo et al., 2023).
- **Tijdstip van toediening** - Het tijdstip van mesttoediening van stalmest is bepalend voor de benutting van de stikstof door het daarop volgende gewas. Mesttoediening tijdens het groeiseizoen in kleine giften, afgestemd op de gewasbehoefte, vermindert stikstofverliezen. Ook het moment van mest toedienen ten opzichte van het moment van zaaien, planten of oogsten speelt een rol. Kunstmest, drijfmest en stalmest vragen hierin een verschillende aanpak. Stalmest bijvoorbeeld dient eerst afgebroken en omgezet te worden door het bodemleven vooraleer er een stikstofwerking van uitgaat. Te kort voor het zaaien of planten toegediende verse stalmest kan vanwege de afbraakactiviteit een rem zetten op de beginontwikkeling van het gewas, wat de gewasopbrengst sterk kan hypothekeren en de stikstofbenutting dus vermindert. Najaarstoepassing van stalmest in goede bodemomstandigheden waarbij een groenbedekker wordt uitgezaaid vertoont een duidelijke stikstofwerking voor het gewas geteeld in het daarop volgende teeltseizoen.

⁹ Gezien de mestopslag geen specifieke differentiërende factor is tussen kringloop- en niet kringloop-melkveebedrijven gaan we hier niet in op het verschil tussen mestopslag intern in de stal en externe mestopslag.



Ook het weer speelt hierin een rol. Mesttoediening in periodes met veel regen of lage bodemtemperatuur leidt tot hogere verliezen (Tits, 2023).

- **Bodem eigenschappen** - Door de bodemstructuur te verbeteren en het organische stofgehalte op het juiste niveau te brengen¹⁰, hetgeen mogelijk is door goed bodembeheer, zoals minder bewerkingen en de juiste toevoer van organisch materiaal, kunnen stikstofverliezen verminderd worden (Migchels et al., 2023). Op zandige grond zijn de verliezen sowieso hoger dan op kleigrond.

2.1.3. Milieu-impact

De uitdaging bestaat eruit de **milieu-impact** van de landbouwbedrijfsvoering te beperken. Milieu-impact is de (negatieve) invloed die menselijk handelen op de natuurlijke omgeving en op de ecosystemen uitoefent. Milieu-impact staat los van de productie. Het staat in relatie tot de omgeving waarop de milieu-impact inwerkt. Zo wordt bijvoorbeeld het vermestend effect van een bedrijf bepaald door de hoeveelheid stikstof die het doet neerslaan op kwetsbare natuur. Het is de absolute waarde die telt omdat de stikstofuitdaging gerelateerd is aan de maximale stikstofbelasting die stikstofgevoelige habitats kunnen verdragen, uitgedrukt in een kritische depositiewaarde van kilogram stikstof per hectare per jaar (Hens & Neiryck, 2013).

Milieu-efficiëntie is de milieu-impact per productie-eenheid (bijvoorbeeld milieu-impact per liter melk). Deze indicator wordt regelmatig ten onrechte gebruikt om de milieu-impact te evalueren. Wanneer de milieu-impact wordt uitgedrukt per geproduceerde liter melk, zullen landbouwsystemen die door het intensief gebruik van externe inputs maximaal produceren sterk scoren. Hun negatieve milieu-impact wordt als het ware 'virtueel verdund' door de hoge productie, maar voor een kwetsbaar ecosysteem brengt dit geen beterschap. Bovendien wordt beter gekeken naar de milieu-impact per hoeveelheid beschikbare voeding voor de mens. Indien de milieu-efficiëntie van een productieproces wordt beoordeeld, dient er ook over te worden gewaakt dat alle elementen van die productie worden meegenomen. Bij een volledige beoordeling van de efficiëntie van bijvoorbeeld melkproductie moeten ook de voorafgaande plantaardige productie en de voedselverliezen en voedselverspilling mee in rekening worden gebracht. Bij het verhogen van de efficiëntie geldt ook de 'Jevons-paradox' (Polimeni et al., 2008; Jevons, 1865). Voor melkproductie zou dit betekenen dat hoe efficiënter melk wordt geproduceerd, hoe meer melk geconsumeerd én verspild wordt. Dit dreigt de veestapel alleen maar te vergroten.

2.2. Definitie van kringlooplandbouw

Het sluiten van kringlopen kan helpen om stikstofverliezen te verkleinen. Hieronder geven we enkele definities van kringlooplandbouw, waarbij de eerste twee meer technisch van aard zijn en de laatste meer systemisch is.

¹⁰ Te hoge organische stofgehalten kunnen ook leiden tot een verhoging van het risico op nitraatuitspoeling.



2.2.1. Wageningen University and Research

Scholten et al. (2018) bieden een **ruime omschrijving** van kringlooplandbouw:

“Binnen een kringlooplandbouw wordt gestreefd naar minimale verliezen van grondstoffen bij de productie van biomassa door de kringloop van stoffen en geproduceerde biomassa binnen het landbouwsysteem zoveel mogelijk te sluiten. De inperking van verliezen kan worden gerealiseerd door reststromen (gewasresten, voedselresten, procesafval, mest, compost) te benutten en op te waarderen tot nuttige grondstoffen in het landbouwsysteem, zodat de invoer van buiten het landbouwsysteem zo klein mogelijk is. Kringlooplandbouw is een integraal onderdeel van een circulair voedselsysteem (inclusief de periferie rond de landbouw) binnen een “biobased” samenleving en vergt derhalve een systeembenadering in plaats van een ketenbenadering. Een systeembenadering vereist denken op verschillende ruimte- en tijdschalen. De kringloop sluiten op lokaal niveau vormt daarbij de basis, maar voor optimalisatie van een nationaal of mondiaal voedselproductiesysteem moeten lokale kringlopen worden geschakeld. (Scholten M. , 2018)

Een belangrijk principe is dat er niet meer land en grondstof wordt gebruikt dan strikt noodzakelijk om voedsel te produceren. Dat gebeurt door: op akkers primair voedingsgewassen te produceren, graslanden daar te realiseren waar geen akkerbouw mogelijk of landschappelijk gewenst is, vee primair te voederen met diervoeders geproduceerd van grassen, gewas- en voedingsresten en landbouwgrond primair met hoogwaardige organische bemestingsproducten op basis van gewasresten of dierlijke mest te verrijken. Heterogeniteit, diversiteit en veelzijdigheid binnen het landbouwsysteem bieden de beste mogelijkheden voor circulaire integratie van biomassastromen en sluiten van kringlopen van stoffen.”

Deze omschrijving plaatst kringlooplandbouw in de context van een circulaire economie waarbij de diverse stromen in het voedselsysteem niet verloren gaan, maar gebruikt of hergebruikt worden. Dit sluiten van kringlopen gebeurt best zo lokaal mogelijk zonder een landelijke of internationale context uit het oog te verliezen. De focus in deze omschrijving ligt op het **‘technische’ aspect**. In de nota wordt ook benoemd dat een goed bodembeheer centraal staat in kringlooplandbouw en hoe deze een bijdrage kan leveren aan de klimaat- en biodiversiteitsdoelen.

Ze beschrijven vier basisprincipes voor kringlooplandbouw:

1. Waar voedselgewassen geteeld worden dient zo veel mogelijk voedsel voor de mens te worden geproduceerd en geen veevoeder.
2. Grasland hoort thuis waar niet aan akkerbouw kan worden gedaan of waar dit vanuit landschapsoogpunt gewenst is.
3. Vee moet primair gevoederd worden met gras en reststromen van het voedselsysteem.
4. Bemesten moet in eerste instantie gebeuren met dierlijke mest en/of gewasresten.



2.2.2. SPLENDID-project

De typering van kringlooplandbouw in het SPLENDID-project (Spatial Planning for Environmentally Diverse Circular Development, 2021) bouwt voort op de benadering van Scholten et al. (2018). Ook zij identificeren vier principes:

1. Gezondheid van de bodem staat voorop.
2. Mest wordt geïntegreerd in het eigen systeem.
3. De reststromen uit de gewasteelt en uit eigen voeding worden hergebruikt om vee te voederen of te composteren.
4. Verspilling (van onder andere voedsel) wordt zo veel mogelijk teruggebracht.

Op basis daarvan onderscheiden ze drie hoofdtypes met meerdere varianten¹¹:

1. Natuurinclusieve kringlooplandbouw
 - a. Extensieve akkerbouw
 - b. Extensieve veeteelt
 - c. Gemengde bedrijven
2. Intensieve grondgebonden kringlooplandbouw
 - a. Precisielandbouw
 - b. Intensieve gewasteelt met reststromen
 - c. Intensieve melkveehouderij
 - d. Intensieve hokdierbedrijven met veevoederproductie
3. Hoogtechnologische, niet-grondgebonden kringlooplandbouw
 - a. Agropark met nadruk op dierlijke productie
 - b. Agropark met nadruk op tuinbouw

Voor elk van de types werd een samenvattend duurzaamheidsprofiel uitgewerkt met de volgende vier onderdelen: landbouwproductie, milieuaspecten, biodiversiteit en andere ecosysteemdiensten en leefbaarheid op het platteland.

De eerste groep 'natuurinclusieve kringlooplandbouw' scoort volgens het Splendidproject het beste op de categorie 'biodiversiteit en andere ecosysteemdiensten', waar al de andere types kringlooplandbouw zwak op scoren. Ook inzake de milieuaspecten scoort de 'natuurinclusieve kringlooplandbouw' het best. Intensieve hokdierbedrijven met veevoederproductie en de twee agroparken scoren matig tot goed op de milieuaspecten. Precisielandbouw, intensieve gewasteelt met reststromen en de intensieve melkveehouderij scoren het zwakst op de milieuaspecten. Op landbouwproductie daarentegen scoren de natuurinclusieve kringlooptypes het zwakst en de andere het sterkst. Wat betreft leefbaarheid op platteland scoorden de Splendidonderzoekers de natuurinclusieve kringlooptypen en het agropark met nadruk op tuinbouw het best. De andere types scoorden hierop zwakker (Splendid, 2021).

¹¹ Of al deze types echt kringlooplandbouw kunnen worden genoemd is discutabel. We geven hier evenwel gewoon de benadering in deze studie weer.



Kringlooplandbouw kan volgens hen het beste ingevuld worden met een strategie van het structureel verlagen van inputs (kunstmest, krachtvoeder, bestrijdingsmiddelen, financiering), gekoppeld aan een strategie van maximale hulpbronnefficiëntie. Bedrijfsrendement wordt hierbij versterkt evenals de zorg voor natuur, klimaat en milieu. Bodem en goed bodembeheer staan centraal, net als de keuzes voor de juiste teelten, teelttechnieken (strokenteelt, mozaïekbeheer), teeltplan en -rotatie. In de melkveehouderij wijzen ze op het belang van de keuze voor kruidenrijk grasland en het best passende koeienras (Erisman & Verhoeven, 2019).

2.3. Kringlooplandbouw in de Nederlandse melkveehouderij

Sinds enkele decennia lopen er op diverse plekken in Nederland initiatieven rond kringlooplandbouw in de melkveehouderij. Wat opvalt hierbij is dat de aandacht niet gaat naar melkveehouderijen die hun kringlopen helemaal sluiten op bedrijfsniveau, maar naar het stimuleren van melkveebedrijven die hun **kringlopen, vooral inzake nutriënten, meer sluiten dan hun niet-kringloop collega's**. Het gaat daarbij om het opzetten van processen waarbij melkveehouders hun afhankelijkheid van externe inputs (in hoofdzaak krachtvoeder en kunstmest) afbouwen en begeleid worden naar het bewuster omgaan met bodem- en mestbeheer.

Het adviesbureau Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM) maakte in 2009 een review van kringlooplandbouw in de Nederlandse melkveehouderij. Op basis van interviews en bronnenonderzoek geven ze een omschrijving van kringlooplandbouw in de melkveehouderij (Hees et al., 2009): *“Een bedrijfsvoering die optimaal is afgestemd op het gebruik van op het bedrijf aanwezige en geproduceerde hulpbronnen en voorraden (zonlicht, organische stof, mineralen, arbeid, water, energie, landschap, ervaringskennis, etc.) en zo selectief mogelijk gebruik maakt van externe input, met realisatie van een inkomen over lange termijn en met respect voor natuurlijke systemen.”*

Deze benadering sluit het best aan bij Erisman en Verhoeven (2019), waar het landbouwbedrijf centraal staat en kringlooplandbouw in een bredere duurzaamheidscontext wordt geplaatst. Deze heeft aandacht voor nutriëntenstromen, diverse economische en sociale aspecten, energie, biodiversiteit, landschap en andere.

CLM onderscheidt in haar rapport verschillende varianten (of gradaties) van kringlooplandbouw, met uiteenlopende combinaties van:

- inzet van lagere doses dan in gangbare bedrijven (mineralenbalans);
- inzet van hightech (nieuwe input) maar nu gericht op herstel kringloop;
- inzet van ervaringskennis (soms op basis van een black-box) naast wetenschappelijke kennis;
- inzet van low-tech / toevoegingen (mineralen, energiestromen).

Dit leidt tot een aantal aanbevolen landbouwpraktijken:

- verrijken van bodemstructuur en -samenstelling;
- composteren van eigen mest;
- eiwitarmer voederen;



- optimale (vaak bovengrondse) mestaanwending¹²;
- zelf telen en mengen van krachtvoeder;
- gemiddeld oudere veestapel/minder jongvee opfokken;
- stro in plaats van zaagsel in de stal;
- minder gestreste bedrijfsvoering;
- rendement over langere termijn.

Er zijn ook een aantal verschillen tussen de praktijken:

- de schaal (hoe groot is het systeem: bedrijf, bedrijven, regio);
- de lengte van de kringloopketen (welke schakels maken er deel van uit: de verwerking, de consument?);
- de integratie in en met de omgeving (maken natuur, landschap en biodiversiteit deel uit van de kringloop?);
- de integratie van energiestromen (gaat het louter om biologische aspecten en fysische stromen of maken ook energiestromen deel uit van de kringloop?).

Interessant is dat in deze studie op de concrete toepassing van kringlooplandbouw in de melkveehouderij wordt ingegaan. De onderzoekers reiken zo ook parameters aan waarmee het sluiten van kringlopen op een melkveebedrijf kan worden benaderd. Hieronder geven we enkele inspirerende initiatieven die in deze studie aan bod komen. Eind vorige eeuw ontstonden Vereniging tot Behoud van Boer en Milieu (1998) en Noordelijke Friese Wouden (voorlopers vanaf 1992) als tegenreactie op het prille stikstofbeleid en in een zoektocht om mestbeheer en landschapszorg in eigen handen te nemen. Tussen 1996 en 1998 begonnen ook Bedreven Bedrijven Drenthe (later Duurzaam Boeren Drenthe) en Koeien en Kansen met kringlooplandbouw te experimenteren.

2.3.1. Vereniging tot Behoud van Boer en Milieu

De Vereniging tot Behoud van Boer en Milieu¹³, opgericht in 1989, ijvert al meerdere decennia voor kringlooplandbouw in Nederland. Ze focussen op het melkveebedrijf, waarbij het bedrijf streeft naar een zo natuurlijk mogelijke kringloop, die positieve effecten heeft op het bedrijf zelf, de directe omgeving, de samenleving en de consumenten.

De Vereniging tot Behoud van Boer en Milieu stelt de kringloop centraal: bodem, plant, dier en producten worden met zo weinig mogelijke externe input en op een zo natuurlijk mogelijke manier beheerd. Ze ondersteunt de bedrijfskringloop met zo weinig mogelijk kunstmest en het **bovengronds uitrijden van dierlijke mest**. Het gaat hier over het uitrijden op de oude manier, met spreiden vanaf de spuitkop van de mestton. Randvoorwaarden zijn onder meer verdunning met water en uitrijden bij regenweer. Zoniet wordt een te hoge ammoniakemissie geconstateerd (Sonneveld, 2008).

¹² Een optimale mestaanwending is deze waarbij de nutriënten zo goed mogelijk worden opgenomen door het gewas en er zo min mogelijk verliezen zijn. In Noord-Nederland leeft heel sterk dat het bovengronds uitrijden van mest op grasland bij regenweer beter is voor het bodemleven en op die manier ook weinig stikstofverliezen zou hebben. Zie ook hieronder bij Noordelijke Friese Wouden.

¹³ <https://devbbm.nl/>



De Vereniging tot Behoud van Boer en Milieu heeft in 2006 een **vorm van certificering** opgezet waarmee het kringloopsysteem van melkveehouders wordt beschreven. Een getuigschrift toont aan de hand van tien thema's de inspanningen van de gecertificeerde boeren. Ondertussen is het een management-instrument dat inzichtelijk maakt waar verbetering in de kringloop te behalen is. Door de resultaten samen met collega veehouders te vergelijken en te bespreken stimuleert de Vereniging tot Behoud van Boer en Milieu dat boeren van elkaar leren en elkaar stimuleren om verder te optimaliseren en zo verder economisch en ecologisch te verduurzamen. De certificering begon in 2006 met een twintigtal deelnemers, ondertussen is er een zestigtal boeren met een 'getuigschrift'. Hieronder geven we de duurzaamheidscriteria weer die ze hanteren:

1. Verantwoord mineraal stikstofgebruik:
 - stikstofoverschot;
 - stikstof uit kunstmest per hectare grasland per jaar.
2. Verantwoord mineraal fosforgebruik:
 - fosfoverschot.
3. Verantwoord dierlijk drijfmest gebruik:
 - C/N verhouding drijfmest;
 - hoeveelheid aangewende ammoniakale stikstof uit rundveedrijfmest per hectare;
 - gemiddelde ureumgehalte in de melk over vier maanden stalperiode.
4. Verantwoord antibioticagebruik:
 - gemiddeld antibioticagebruik.
5. Verantwoord duurzame veestapel:
 - gemiddelde leeftijd koeien bij afvoer.
6. Verantwoord watergebruik:
 - Gemiddeld nitraatresidu in bodem bedrijf.
7. Verantwoord CO₂ management:
 - CO₂-equivalenten per kilo melk gemeten met Kringloopwijzer.
8. Verantwoorde voetprint:
 - percentage van de behoefte van het vee aan energie (VEM) en eiwit (RE) voor de melk- en vleesproductie, ten opzichte van de gevoederde energie en eiwit, die geproduceerd is op het eigen bedrijf.
9. Verantwoorde weidegang:
 - aandeel van VEM uit weidegras ten opzichte van de VEM-behoefte in het jaarrantsoen.
10. Verantwoord biodiversiteitsbeleid:
 - score op 12 biodiversiteitsthema's.

2.3.2. Noordelijke Friese Wouden

Noordelijke Friese Wouden is een vereniging van boeren en particulieren in het noorden van Friesland. Ze willen met (agrarisch) natuur- en landschapsbeheer zorgen voor het behoud en de ontwikkeling van het bijzondere Friese landschap en de boerenlandvogels. Aandacht voor biodiversiteit en kringlooplandbouw is voor Noordelijke Friese Wouden van groot belang voor het



voortbestaan van de agrarische sector die zorgt voor voedselproductie, werkgelegenheid en de leefbaarheid in het gebied. Daarnaast maakt het behoud en de ontwikkeling van de cultuurhistorische waarde en de natuur het gebied aantrekkelijk voor bewoners en bezoekers. De vereniging Noordelijke Friese Wouden streeft naar een vitale landbouw die is vervlochten met het cultuurhistorische landschap met bijbehorende natuurwaarden.

Sinds 1993 is het wettelijk verplicht om in Nederland dierlijke mest 'emissiearm' aan te wenden. In Noord-Friesland hadden heel wat melkveebedrijven hier moeite mee omdat hun kleinschalige percelen doorsneden waren met vele sloten en greppels. De lokale vereniging voor Natuur- en Landschapsbeheer werkte een alternatief spoor uit om te onderzoeken of de doelstellingen inzake het terugdringen van ammoniakemissie kunnen gerealiseerd worden met **bovengronds uitrijden van drijfmest** en dus niet emissie-arm. De doelstelling van het onderzoek was om te zien of toepassing, verdieping en wellicht verdere ontwikkeling van het alternatieve spoor kan leiden tot een terugdringen van de ammoniakemissie die vergelijkbaar is met de wettelijk verplichte voorschriften. Tegelijkertijd dient inzicht te worden verkregen in andere emissieroutes en effecten om te zien of er geen sprake is van afwentelingen. De deelnemende bedrijven worden daarom systematisch op alle milieuaspecten opgevolgd.

Het alternatieve spoor bestaat uit een combinatie van de volgende maatregelen (Hees et al., 2009):

- Het voederspoor. Een belangrijk aandachtspunt hierbij is een **eiwitarm en een structuurrijk rantsoen**, waardoor de mest meer organisch en minder anorganisch gebonden stikstof bevat. Deze kwalitatief goede mest geeft minder ammoniakemissie dan de "normale" mest en heeft een positief effect op het bodemleven en -structuur, wat een positief effect heeft op het stikstofleverend vermogen van de bodem. Structuurrijk voeder wordt verkregen door later te maaien. Verder wordt zoveel mogelijk eiwitarm krachtvoeder toegediend.
- Een vermindering van het gebruik van stikstofkunstmest.
- Het vermijden van graslandvernieuwing.
- De mogelijkheid van bovengronds uitrijden, maar wel zo dicht mogelijk boven de grond om de emissie te beperken. De bodem wordt hierbij niet verstoord en er kan gebruik worden gemaakt van lichtere en kleinere machines die beter passen in het kleinschalige landschap.
- Zo veel mogelijk uitrijden bij bewolkt en/of regenachtig weer en werken met relatief kleine giften, om de emissie zo beperkt mogelijk te houden .

In Nederland is het sinds enkele jaren mogelijk voor veehouders om een vrijstelling aan te vragen voor het bovengronds uitrijden van mest. Deze vrijstelling geldt alleen voor mest die op het eigen bedrijf is geproduceerd en op eigen grasland wordt uitgereden. Deze vrijstelling kan niet gecombineerd worden met de derogatie.

Dit alternatieve spoor werd in 2009 geëvalueerd (Sonneveld et al., 2009). De deelnemende ontheffingsbedrijven werden vergeleken met een referentiegroep. De grote spreiding in de kengetallen binnen de twee groepen maakte harde conclusies moeilijk. De ammoniakemissie van ontheffings- en referentiebedrijven liep uiteen van 5,2 tot 14,1 kilogram per ton melk. Voorzichtig



kon er van uitgegaan worden dat het bovengronds uitrijden van mest kan resulteren in een emissie van ammoniak die uitgedrukt per ton melk niet of nauwelijks verschilt van de emissie op referentiebedrijven die emissiearm aanwenden. Ook de gemiddelde nitraatconcentraties gemeten op de ontheffingsbedrijven en referentiebedrijven bleven ver onder de nitraatnorm van 50 milligram nitraat per liter (of 11,3 milligram stikstof per liter). Bovendien bleek het geschat percentage van het oppervlak waarbinnen de nitraatnorm in het grondwater wel wordt overschreden niet significant te verschillen tussen de ontheffingsbedrijven en de referentiebedrijven.

In 2012 (de Boer et al., 2012) verscheen een vergelijking van negen kringloopbedrijven met een spiegelgroep van gangbare bedrijven. Het stikstofoverschot in de bodem bleek bij de kringloopbedrijven (138 kilogram stikstof per hectare) significant lager dan bij de gangbare spiegelgroep (168 kilogram stikstof per hectare). De koolstofopslag in de bodem bij de kringloopbedrijven (186 ton koolstof per hectare) lag significant hoger dan bij de spiegelgroep (152 ton koolstof per hectare). De nitraatconcentratie in het grondwater is op de kringloopbedrijven (12 milligram per liter) lager dan op de gangbare spiegelbedrijven (22 milligram per liter), alhoewel dit verschil niet significant was door de grote variatie tussen de bedrijven binnen de groepen.

2.3.3. Duurzaam Boeren Drenthe

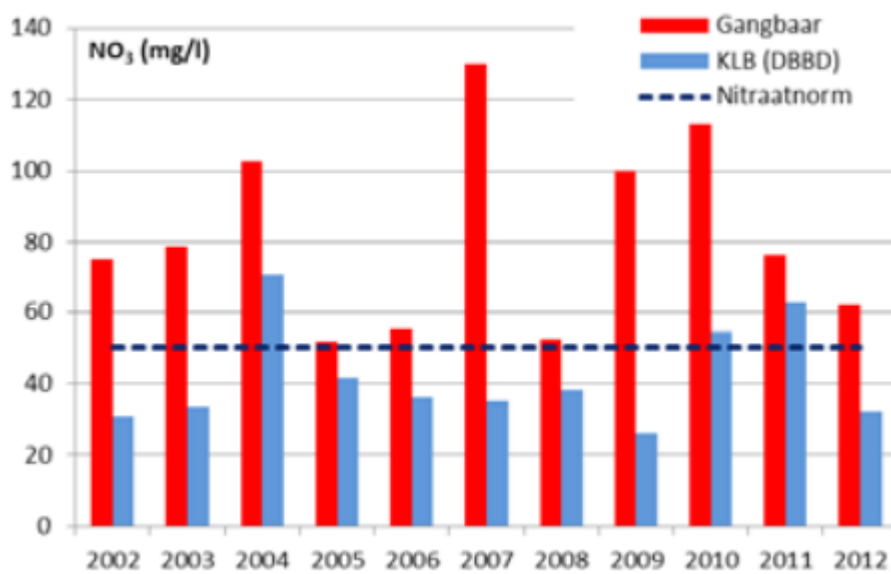
[Duurzaam Boeren Drenthe](#) (voorheen Bedreven Bedrijven Drenthe en Duurzaam Boer Blijven in Drenthe) is een initiatief van de Provincie Drenthe en partners uit landbouw, natuur en milieu om kringlooplandbouw te bevorderen, als essentieel onderdeel van hun missie om de landbouw in de regio te verduurzamen en in te zetten op biodiversiteit en landschapskwaliteit. De organisatie stimuleert boeren in Drenthe om een circulaire benadering van landbouwpraktijken te omarmen, waarbij het streven is om zoveel mogelijk gebruik te maken van natuurlijke hulpbronnen en de impact op het milieu te minimaliseren. Duurzaam Boeren Drenthe biedt ondersteuning en educatie aan boeren om hen bewust te maken van duurzame praktijken, waaronder efficiënt gebruik van meststoffen, het bevorderen van biodiversiteit op het boerenerf, en het verminderen van de ecologische voetafdruk. Door het delen van kennis, het organiseren van workshops en het faciliteren van netwerken, draagt Duurzaam Boeren Drenthe bij aan een duurzame toekomst voor de agrarische sector in Drenthe, waarbij kringlooplandbouw centraal staat.

Duurzaam Boeren Drenthe implementeert kringlooplandbouw via een **innovatief beloningssysteem gebaseerd op Key Performance Indicators** om boeren aan te moedigen tot meer duurzame praktijken. Door middel van meetbare doelstellingen, zoals het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen, het minimaliseren van chemische inputs, en het bevorderen van bodemgezondheid, worden boeren gestimuleerd om concrete stappen te zetten in de richting van kringlooplandbouw. Duurzaam Boeren Drenthe beloont deelnemende boeren financieel of met andere incentives, afhankelijk van de behaalde resultaten ten opzichte van de gestelde KPI's. Dit motiveert boeren om duurzamer te opereren en creëert ook een meetbare impact die bijdraagt aan een veerkrachtig en duurzaam agrarisch ecosysteem in Drenthe.



De maatregelen die door de boeren werden genomen zijn een combinatie van **eiwitarmen en structuurrijk voederen**. De deelnemers hebben nog andere maatregelen genomen ter verbetering van de stikstofefficiëntie, zoals eerder in het groeiseizoen stoppen met mest uitrijden, minder kunstmest en krachtvoeder gebruiken. Het **beperken van weidegang** werd toegepast om het ruw eiwitgehalte van het totale rantsoen laag genoeg te houden.

Tijdens het voorafgaand project Duurzaam Boer Blijven in Drenthe (DBBD) streefden ongeveer 120 melkveehouders naar het terugdringen van de stikstofverliezen via kringloopmaatregelen, zoals eerder in het groeiseizoen stoppen met mest uitrijden, minder kunstmest en krachtvoeder gebruiken en beperktere weidegang. Metingen van de nitraatconcentraties in het grondwater toonden dat de kringloopbedrijven duidelijk beter scoorden dan de gangbare bedrijven (Figuur 2). Bij kringlooplandbouw bleef de nitraatconcentratie in bijna alle jaren onder de norm, terwijl bij de gangbare landbouw de concentratie elk jaar werd overschreden. De verschillen variëren per jaar van ongeveer 25% lager tot meer dan 60% lager.



Figuur 2: Gemeten gemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater voor grasland op zand bij kringloopbedrijven in Drenthe (blauw), in vergelijking met de gemiddelde nitraatconcentratie uit het provinciaal meetnet (rood) (Bron: Holster et al., 2014)

2.3.4. Koeien en Kansen

[Koeien en Kansen](#) is een gezamenlijk initiatief van Wageningen University and Research, diverse provincies en een groep melkveehouders. In het project 'Koeien & Kansen' zoekt een groep van zestien enthousiaste melkveehouders samen met onderzoekers naar de mogelijkheden van een duurzame en maatschappelijk geaccepteerde melkveehouderij. Om deze doelen te meten en te bereiken, worden verschillende **indicatoren en meetinstrumenten** gebruikt, zoals de **KringloopWijzer**. Deze tool evalueert de mineralenkringloop op individuele melkveebedrijven en helpt boeren bij het optimaliseren van hun bedrijfsvoering op het gebied van mestgebruik, voeding



en graslandmanagement. Het onderzoek binnen Koeien en Kansen is systeemonderzoek op bedrijfsniveau. Ondernemer en onderzoeker opereren als gelijkwaardige partners met elk hun eigen expertise. Vanuit bestaande kennis en concrete doelen wordt een systeemaanpak op het bedrijf in de praktijk toegepast. Dit wordt vervolgens intensief onderzocht en op basis van resultaten continu bijgesteld.

Verbruik en benutting van mineralen zijn de belangrijkste thema's op de zestien voorloperbedrijven in het project Koeien & Kansen. Deze bedrijven anticiperen op de regelgeving die binnen drie à vijf jaar in het mestbeleid wordt verwacht. De voorloperbedrijven uit Koeien & Kansen zijn intensiever dan het gemiddelde Nederlandse bedrijf. Maatregelen die de voorloperbedrijven hebben genomen om de mineralenverliezen te beperken zijn vooral gericht op het optimaliseren van verschillende onderdelen binnen de kringloop, om zodoende minder afhankelijk te worden van de aanvoer van mineralen via voeder en kunstmest. Als belangrijkste maatregelen gelden: (1) verlagen van kunstmestgebruik, (2) optimaal gebruik maken van eigen dierlijke mest, (3) minder weidegang, (4) minder jongvee aanhouden, (5) verlagen van ruw eiwitgehalte in rantsoen en (6) toepassen en beheren van vanggewas in snijmaïs. De mogelijkheden om het mineralenmanagement te verbeteren zijn bedrijfsspecifiek. Lokale omstandigheden (bijvoorbeeld grondsoort) en mogelijkheden, maar ook vakmanschap van de melkveehouder zijn hierin bepalend.

Ook van dit project vinden we enkele resultaten. Terwijl de Nederlandse melkveehouderij tussen 1990 en 2009 een reductie van bijna 19% aan lachgas en methaanemissie realiseerde, was dat voor het gemiddelde Koeien en Kansen bedrijf bijna 29%. De reductie werd voor het merendeel gerealiseerd voor lachgas (N₂O) en in mindere mate voor methaan (CH₄) (Holster et al., 2014).

2.4. Kringlooplandbouw in de biologische melkveehouderij

Kringlooplandbouw en biologische landbouw kunnen niet gelijkgesteld worden. Toch zijn er een aantal parallellen die ons kunnen helpen om de impact van kringlooplandbouw op stikstofverliezen beter te begrijpen. We bekijken de stikstofverliezen vanuit biologische akkerbouw en melkveehouderij.

2.4.1. Biologische akkers

Ammoniak- en nitraatemissies naar lucht en grondwater door de biologische akkerbouw zijn minder in kaart gebracht dan bij de gangbare akkerbouw. De werkwijze in biologische akkerbouw is diverser. Dit maakt het in kaart brengen van de stikstofstromen complexer. In biolandbouw kan via dierlijke mest maximaal 170 kilogram stikstof per hectare worden bemest. Kunstmest is niet toegestaan. Daardoor is er meestal minder stikstof in omloop en zullen de verliezen vaak geringer zijn.

De biologische sector kent de noodzaak om de stikstof zo goed mogelijk vast te houden in het systeem en niet verloren te laten gaan. Het binden van stikstof via vlinderbloemige planten om de stikstofvoorraad in de bodem op peil te houden is belangrijk in nagenoeg elk biologisch teeltplan. De



stikstoffixatie door vlinderbloemige gewassen leidt tot organische stikstofverbindingen, die langzaam vrijkomen in de bodem. Dit draagt bij aan een gestage en efficiënte beschikbaarheid van stikstof, waardoor de behoefte aan externe stikstofbronnen vermindert. Dit kan resulteren in een meer gebalanceerde stikstofvoorziening en minimaliseert het risico op overbemesting en daarmee gepaard gaande ammoniakemissies. Onder bepaalde omstandigheden kan er wel een verhoogd risico zijn op nitraatuitspoeling. Het ploegen van tijdelijk grasland bijvoorbeeld is een grote potentiële bron van nitraatverliezen. Het tijdstip van ploegen en het volggewas zijn hierbij bepalend. De investeringen die in biologische akkerbouw worden gedaan in de bodem (bijvoorbeeld minder bewerkingen, meer organische toevoer) zorgen evenwel voor een betere structuur en organische stofgehalte, waardoor nitraatuitspoeling wordt beperkt (Migchels et al., 2023).

Bij de akkerbouw speelt voornamelijk de uitspoeling van nitraat. De uitspoeling naar het grondwater bij biologische akkerbouw is lager dan bij de gangbare akkerbouw (Sukkel et al., 2011). Er zijn geen data gevonden waaruit blijkt dat in de biologische akkerbouw de ammoniakemissie geringer is dan in de gangbare akkerbouw (Sukkel et al., 2011). Tabel 1 en Tabel 2 geven, op basis van literatuur, respectievelijk een overzicht van voor- en nadelen van biologische akkerbouw en een vergelijking met gangbare akkerbouw.

Tabel 1: Overzicht van voor- en nadelen van biologische akkerbouw op basis van literatuur (Bron: Migchels et al., 2023)

Indicator	Biologische Akkerbouw	
	Voordelen	Nadelen
N-bodemoverschot	Lagere bemesting met relatief grote oogsten geeft over het algemeen een lager N- bodemoverschot	-
NH₃	Biologische rundermest heeft een lagere TAN (stikstof dat in potentie als NH ₃ kan emitteren)	-
NO₃	Een laag N-bodemoverschot zorgt voor minder nitraatuitspoeling	Een groter aandeel vlinderbloemigen in het teeltplan kan leiden tot extra nitraatuitspoeling. Met het juiste (bodem)management is dit risico fors kleiner.

Tabel 2: Prestaties op bedrijfsniveau van biologische akkerbouw ten opzichte van gangbare akkerbouw op basis van literatuur (Bron: Migchels et al., 2023)

Indicator	Prestatie	Toelichting
Stikstofoverschot / ha	Lager	Minder inputs bij biologisch en relatief hoge opbrengsten
NO₃ uitspoeling	Lager	Door beter bodembeheer en lagere bemestingsniveaus is nitraatuitspoeling bij biologisch lager

////////////////////////////////////

2.4.2. Biologische melkveehouderij

Ook de uitstoot per hectare van stikstof vanuit biologische melkveehouderij ligt lager dan in de gangbare melkveehouderij. Dit is te danken aan het niet gebruiken van kunstmest, het minder gebruiken van krachtvoeder en de lagere bemesting per hectare (Migchels et al. 2023).

Dankzij meer weidegang brengen de koeien meer mest zelf in de wei. Daar komen de urine en de mest nagenoeg niet bij elkaar en vindt er dus minder ammoniakemissie plaats. In de stal vormen de urine en mest samen drijfmest die tot meer ammoniakemissie leidt. Bij meer weidegang is er niet alleen minder emissie uit de stal, maar is er ook minder emissie bij het uitrijden van drijfmest omdat er minder mest is om uit te rijden.

De melkproductie van een biologische melkkoe is over het algemeen lager dan bij een gangbare melkkoe. Daarnaast heeft een biologische melkkoe ook een lagere stikstofexcretie¹⁴. Dit betekent minder mest in de stal, minder mest om uit te rijden en dus minder ammoniakemissie op bedrijfsniveau.

In Nederland is het bovengronds uitrijden van drijfmest onder een aantal voorwaarden toegestaan, onder andere minimaal 85% grasland, een stikstofoverschot van maximaal 100 kilogram per hectare, maximale melkproductie van 14.000 kilogram per hectare en minimaal 900 uur weidegang. Dit wil zeggen dat het alleen is toegestaan voor extensievere melkveebedrijven met veel gras. Veel biologische melkveebedrijven voldoen hieraan en kiezen relatief vaak voor het bovengronds uitrijden. Bovengronds uitrijden leidt doorgaans tot meer ammoniakemissie dan emissiearme methoden (zoals sleepvoet met verdunning en zodenbemester). Veel biologische bedrijven die hun drijfmest bovengronds uitrijden doen dit naar eigen zeggen vaak met verdunde mest en onder weersomstandigheden die zorgen voor minder emissie (lagere temperatuur, windstil, regenachtig).

Biologische melkveebedrijven hebben gemiddeld gezien een laag bodemoverschot van stikstof en minder nitraatuitspoeling. Biologische bedrijven hebben veel gras-klaver die stikstof zelf uit de lucht haalt. Via goed bodemmanagement (zoals blijvend grasland en minder bodembewerking) verkleinen ze het risico op extra uitspoeling. Veel weidegang kan in het najaar op droge zandgronden ook leiden tot meer nitraatuitspoeling (Migchels, 2023). Tabel 3 en Tabel 4 geven, op basis van literatuur, respectievelijk een overzicht van voor- en nadelen van biologische melkveehouderij en een vergelijking met gangbare akkerbouw.

¹⁴ https://www.vlm.be/nl/SiteCollectionDocuments/Publicaties/mestbank/Bemestingsnormen_2024.pdf



Tabel 3: Overzicht van voor- en nadelen van biologische melkveehouderij op basis van literatuur (Bron: Migchels et al., 2023)

Indicator	Biologische Melkveehouderij	
	Voordelen	Nadelen
Stikstofbodemoverschot	Lagere bemesting per ha, lagere krachtvoergift per koe	-
NH ₃	- Meer weidegang - Lagere stikstofexcretie per dier - Lagere TAN (totaal ammoniakale stikstof)	Groter aandeel van de bedrijven rijdt de drijfmest bovengronds uit.
NO ₃	Een laag N-bodemoverschot zorgt voor minder nitraatuitspoeling	Een groter aandeel vlinderbloemigen (m.n. grasklaver) kan leiden tot extra nitraatuitspoeling. Met het juiste (bodem)management is dit risico fors kleiner. Veel weidegang kan in het najaar leiden tot nitraatuitspoeling. Met name op droge zandgronden. Dit vraagt om aandacht bij veel weiden.

Tabel 4: Prestaties op bedrijfsniveau van biologische akkerbouw ten opzichte van gangbare melkveehouderij op basis van literatuur (Bron: Migchels et al., 2023)

Indicator	Prestatie	Toelichting
Stikstofoverschot / ha	Lager	Minder inputs bij biologische en relatief hoge opbrengsten bij biologisch
NH ₃ emissie / ha	Lager	Zowel de stal- als de veldemissies zijn lager. De emissies zijn ruwweg 40-50% lager per ha
NO ₃ uitspoeling / ha	Lager	Door lagere bemestingsniveaus is nitraatuitspoeling bij biologisch lager

2.5. Bouwstenen voor kringlooplandbouw in de Vlaamse melkveehouderij

Een harde definitie met duidelijke normen en richtwaarden voor een kringlooplandbouw in de melkveehouderij komt niet naar boven uit dit literatuuronderzoek. Het dichtst hierbij komt het certificeringssysteem van de Vereniging tot Behoud van Boer en Milieu. Zij hanteren echter geen strikte definitie maar een set aan criteria waarop de deelnemende boer een minimum aantal punten moet scoren. Landbouwers worden begeleid om steeds beter te scoren op deze criteria. Een gelijkaardige aanpak zien we bij de beloningsregeling voor de Drentse melkveehouders, waarbij een set aan kritische prestatieindicatoren gebruikt wordt om de mate waarin een melkveebedrijf op weg is naar meer kringlooplandbouw te evalueren (en te belonen).

Kringlooplandbouw wordt gezien als **een richting** die melkveehouders kiezen voor hun bedrijf en waarbij ze een weg afleggen op een pad dat leidt tot minder afhankelijkheid van externe inputs met minder negatieve milieu-impact op de omgeving. Dit moet leiden tot minder verliezen van nutriënten naar water en natuur en een positief effect op biodiversiteit en klimaat, alsook op toegang tot



gezonde voeding, fair inkomen, en andere. Een harde grens kan dus niet getrokken worden tussen landbouwbedrijven die wel of niet aan kringlooplandbouw doen.

Het is duidelijk dat kringlooplandbouw, ook in de melkveehouderij, bekeken dient te worden vanuit een **systemaanpak**. Het vertrekt vanuit een holistische visie op de verduurzaming van het voedselsysteem. Kringlooplandbouw kijkt naar de fundamentele oorzaken van de diverse duurzaamheidsuitdagingen. Deze worden bij de bron aangepakt. Kringlooplandbouw kan daarom moeilijk beperkt blijven tot alleen maar het landbouwbedrijf. Ook de andere spelers in het agro-voedingscomplex, van de toeleveranciers, verwerkers en retail tot de consument, kunnen een rol opnemen in kringlooplandbouw. Vanuit die systemaanpak is het ook belangrijk om de rol van veehouderij in het voedselsysteem mee te nemen. Veehouderij heeft een belangrijke rol als verwerker van reststromen en als leverancier van nutriënten en grondstoffen voor het plantaardige productiesysteem. Herkauwers moeten daarom in eerste instantie ingezet worden om gras om te zetten in hoogwaardige menselijke voeding (melk en vlees). De rol van varkens en kippen daarentegen is in eerste instantie reststromen uit het voedselsysteem om te zetten in vlees en eieren. Eiwitgewassen, grasklaver, voedergranen, mengteelten en dergelijke worden in eerste instantie ingezet om de bodemvruchtbaarheid te verbeteren in functie van de voedselproductie en in tweede instantie als veevoeder, net zoals reststromen van de verwerking van akkerbouwgewassen zoals bierdraf en bietenpulp dienstig kunnen zijn als veevoeder.

Sluiten van meerdere kringlopen is de essentie van kringlooplandbouw. De nutriënten stikstof en fosfor zijn cruciaal in het voedselsysteem. Een tekort hindert voldoende voedselvoorziening en een te veel leidt tot negatieve impact op milieu en natuur. Ook koolstof is een belangrijke bouwsteen, alsook de hoofdelementen kalium, calcium, magnesium en natrium, de micronutriënten en water. Er is een groot verschil tussen enerzijds koolstof en stikstof, die respectievelijk via fotosynthese en biologische stikstoffixatie vrijwel onbeperkt vanuit de atmosfeer kunnen worden vastgelegd, en anderzijds de overige nutriënten, die veel beperkter voorradig zijn. Kringlooplandbouw streeft naar een symbiose tussen bodemleven en gewas, waarbij het bodemleven de nutriëntenvoorziening ondersteunt en onnodige verliezen helpt voorkomen. Onvermijdelijk zal op langere termijn ook gekeken moeten worden naar het hergebruiken van de reststromen na consumptie door de mens, in het bijzonder menselijke fecaliën en urine.

Sluiten van kringlopen kan zeer lokaal gebeuren, maar kan ook internationaal en zelfs mondiaal bekeken worden. Het is echter duidelijk dat kringlooplandbouw kiest voor het zo lokaal mogelijk sluiten van kringlopen. Dit is het meest duurzaam en zorgt voor het minste negatieve neveneffecten ten gevolge van transport, energieverbruik en verliezen. Zo kan kringlooplandbouw gebeuren op **landbouwbedrijfsniveau**, door op het bedrijf zoveel mogelijk in te staan voor de productie van grondstoffen als mest, ruwvoeder en krachtvoeder. **Samenwerking tussen landbouwbedrijven**, waarbij bijvoorbeeld akkerbouwers en veehouders samenwerken om kringlopen inzake veevoeder en mest lokaal af te stemmen, heeft ook veel voordelen. Waar mogelijk kunnen ook reststromen uit de verwerking van lokale landbouwproducten worden ingeschakeld, zoals bijvoorbeeld bierdraf, bietenpulp, groenteresten, kaaswei en reststromen van de verwerking van granen en aardappelen.

//

Tot slot kunnen kringlopen ook op **bovenlokaal niveau** gesloten worden tussen de schakels in de agrovoedingssector. Hier wordt vertrokken vanuit de bestaande situatie in de landbouw-, landbouwtoeleverings- en voedselverwerkende sectoren. De nutriëntenstromen uit de verschillende sectoronderdelen worden zoveel mogelijk aan elkaar gekoppeld zodat zo weinig mogelijk deelstromen verloren gaan.

De eerste initiatieven omtrent kringlooplandbouw in Nederland waren ingegeven vanuit het streven naar een **vermindering van de milieu-impact**, meer in het bijzonder het verminderen van de stikstofdruk vanuit de landbouw. Er wordt daarbij van uitgegaan dat de maatregelen verbonden aan kringlooplandbouw, zoals het verminderen van het gebruik van kunstmest en krachtvoeder en een beter bodembeheer, leiden tot het verminderen van de stikstofverliezen in de landbouw. Er wordt niet alleen gestreefd naar het beperken van nutriëntenverliezen maar ook naar het verminderen van andere negatieve milieu-impacten (bijvoorbeeld gewasbeschermingsmiddelen en antibiotica), het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen, een positief effect op biodiversiteit en sociale en economische aspecten als recht op voedsel, een eerlijk landbouwinkomen en betrokkenheid consument en burger.

Kringlooplandbouw plaatst zich in het denken rond een **circulaire economie**. Hierbij kunnen twee verschillende invalshoeken ontwaard worden, die niet noodzakelijk tegenover elkaar hoeven te staan:

- Aan de ene kant is er een meer **technisch-wetenschappelijke benadering** waarbij vertrokken wordt van de bestaande gespecialiseerde, intensieve landbouwproductiesystemen en het agrovoedingscomplex dat hiermee verweven is. Externe inputs op het bedrijf moeten in deze invalshoek zoveel mogelijk van andere lokale bedrijven in de brede agrovoedingssector komen. De nadruk ligt dus minder op het verminderen van externe inputs. Intensieve grondgebonden kringlooplandbouw en hoogtechnologische, niet-grondgebonden kringlooplandbouw vertrekken vanuit deze zienswijze. Precisietechnieken, schakelen van reststromen tussen landbouwbedrijven en agrovoedingsbedrijven, innovatieve technologie, agroparken in stedelijke omgeving om kringlopen zo efficiënt mogelijk te sluiten, sluiten hierbij aan. Het blijft hierbij een grote uitdaging om voldoende vermindering van de negatieve milieu-, natuur- en klimaatimpact te realiseren op lange termijn (Splendid, 2021).
- Aan de andere kant is er de invalshoek om meer in te zetten op **natuurlijke processen**. Deze invalshoek wil kringlopen zo kort mogelijk sluiten op het bedrijf of in samenwerking tussen landbouwbedrijven. De klemtoon ligt op het verminderen van externe inputs, het verstandig omspringen met eigen mest en doordacht bodembeheer. **De aanpak die wij in dit rapport verder onderzoeken vertrekt vanuit deze invalshoek.** Landbouw heeft een aantal sterke troeven inzake circulaire economie. Als geen andere sector is landbouw in staat om met weinig externe inputs te zorgen voor productie. In principe is het mogelijk om continu voedsel te produceren, gebruikmakend van enkel bodem, water en zon. Voorwaarde is dat geen elementen verloren gaan in dit proces en steeds opnieuw hergebruikt worden.

De ervaringen in de Nederlandse melkveehouderij en in de biologische landbouw laten zien dat



kringlooplandbouw, waarbij zowel krachtvoeder, ruwvoeder als mest zoveel mogelijk op het eigen bedrijf (of naburige bedrijven) worden geproduceerd, effectief is voor het verminderen van stikstofverliezen. Uit deze literatuurstudie leiden we volgende bouwstenen af voor de uitbouw van kringlooplandbouw in de melkveehouderij in Vlaanderen:

- **Grondgebondenheid** - Grondgebondenheid betekent dat niet meer vee kan gehouden worden dan dat kan gevoed worden door het eigen bedrijfsareaal of in samenwerking met andere landbouwers in de nabijheid. Eventueel kunnen tekorten aangevuld worden vanuit bepaalde reststromen uit de akkerbouw of de voedingsindustrie, zoals draf of pulp. Er mag ook niet meer vee worden gehouden dan het aantal waarvan de excretie correct kan worden ingezet voor de bemesting op eigen gronden of bij naburige landbouwers. Wanneer het vee meer nutriënten uitscheidt dan nodig voor een oordeelkundige bemesting van het land, moet mest worden verwerkt of afgevoerd van het bedrijf. Voor een kringloopboer met vee in evenwicht met zijn land zijn nutriëntenverliezen een kostenpost, die hij vanuit economisch oogpunt zo veel mogelijk wil vermijden. Nutriënten die niet opgenomen worden door het gewas of het vee hebben bij een volledig gesloten kringloopbedrijf impact op de landbouwproductie, omdat er geen aanvulling kan gebeuren van buitenaf. Dit is een sterke stimulans om de nutriënten zo efficiënt mogelijk op het kringloopbedrijf te gebruiken. Een landbouwbedrijf met een mestoverschot ervaart deze stimulans uiteraard niet in die mate.
- **Eiwitarmer rantsoen** - Op een kringloopbedrijf is er enerzijds meer gras en vlinderbloemigen, en anderzijds minder maïs en minder extern krachtvoeder. Doordat het grasland minder bemest wordt is het eiwitarmer, hetgeen resulteert in minder overtollig eiwit in het dieet van het vee, en daardoor lagere concentraties ureum in de urine. Dit vermindert het risico op stikstofverliezen in de vorm van ammoniak. Een eiwitarmer rantsoen resulteert ook algemeen in minder stikstofuitscheiding door het vee. Wanneer het rantsoen evenwichtig is en voldoet aan de voedingsbehoeften van het vee, wordt het eiwit efficiënter benut voor de melkproductie en het lichaamsonderhoud. Dit resulteert in minder onbenutte stikstof die via de mest wordt uitgescheiden. De eiwitkwaliteit van het rantsoen mag hierbij niet uit het oog verloren worden. Gras met een hoge onbestendige eiwitbalans zal bij eenzelfde ruw eiwitgehalte leiden tot grotere stikstofverliezen dan gras met veel bestendig eiwit. Ook bij een eiwitarmer rantsoen is het daarom belangrijk dat de veehouder stuurt op een correcte onbestendige eiwitbalans van het rantsoen. In het praktijkproject “Graslandmanagement en reductie methaan en ammoniak” van Wageningen University and Research¹⁵ wordt gesteld dat het ruwvoermanagement de succesfactor is voor een laag ruw eiwitgehalte in het rantsoen. Afhankelijk van de bedrijfsopzet, grondsoort en regio kan verschillend worden gestuurd met aandeel aan graskuil, vers gras en maïs. Dat legt de basis, per seizoen, voor een goed rantsoen wat zo dicht mogelijk ligt bij de streefwaarden voor een lagere ammoniakemissie. Het graslandgebruik en het graslandmanagement zijn daarbij de sleutel.

15

<https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/livestock-research/show-wlr/grasland-beheer-als-maatregel-om-de-uitstoot-van-methaan-en-ammoniak-te-verminderen.htm>



- **Meer weidegang** - In de besproken voorbeelden van kringlooplandbouw werd de weidegang verminderd. In biologische landbouw, alsook in andere voorbeelden van kringlooplandbouw¹⁶ wordt weidegang uitgebreid. Weidegang kan stikstofverliezen verlagen of verhogen, naargelang beheerpraktijk en rantsoen.
 - Enerzijds zorgt meer weidegang voor minder ammoniakemissie omdat urine en vaste mest niet bij elkaar komen. Omdat de dieren minder op stal staan, zijn er minder verliezen vanuit de stal. Er zijn ook minder verliezen op het land, omdat er minder mest moet worden uitgereden.
 - Anderzijds laat weidegang minder sturing toe aan het ruw eiwitgehalte in het rantsoen. Op bepaalde momenten in het jaar bevat het gras hogere ruw eiwitgehaltenes, hetgeen tot grotere stikstofverliezen kan leiden. Ook als weidegang gepaard gaat met te veel bemesting of onvoldoende benutting van gras door het vee, kan er meer nitraatuitspoeling zijn.

Rekening houdend met deze voor- en nadelen, stellen hier voor om voor meer weidegang te kiezen, ook omwille van andere maatschappelijke meerwaarden, zoals biodiversiteit. Via een juiste bemesting, een juist teeltplan en beweidingsschema en waar nodig een bijsturing van het rantsoen om het ruw eiwitgehalte te verlagen, kunnen de nadelen van meer beweiding worden opgevangen. Bij meer weidegang bevat het teeltplan vaak (maar niet noodzakelijk) minder maïs. Maïs heeft als groot nadeel dat het leidt tot meer nitraatverliezen in vergelijking met grasland. Een beter teeltplan bevat grasklaver, hetgeen tot minder stikstofverliezen leidt en waarmee een goed rantsoen voor het vee kan opgebouwd worden met het juiste gehalte ruw eiwit. Ook bij weidegang gaan de melkkoeien nog elke dag minstens twee keer naar de stal om gemolken te worden, of blijven ze een deel van de dag op stal. Daar krijgen ze meestal nog aanvullende voeding. Dit laat toe toch op het ruw eiwitgehalte te sturen. Op momenten met hoog eiwitgehalte in het gras, wordt in de stal best eiwitarm bijgevoerd.

- **Andere en minder bemesting en anders bemesten** - Het Mestactieplan schrijft de vier J's voor: bemesten op het juiste tijdstip, met de juiste mestsoort, in de juiste dosis en met de juiste techniek. Kringloopbedrijven trekken deze vier J's nog wat verder door.
 - Andere bemesting - Op een kringloopmelkveebedrijf wordt gestreefd naar een gesloten kringloop van voedingsstoffen en worden externe inputs als kunstmest verminderd of geminimaliseerd. Kunstmest, dat stikstof snel afgeeft, wordt vervangen door organische mest, zoals dierlijke mest en compost, dat de stikstof veel geleidelijker vrijgeeft. Organische mest betekent ook input van organische stof, waardoor het organische stofgehalte van de bodem toeneemt, hetgeen gunstig is voor het bodemleven, het vochthoudend vermogen en het vasthouden van nutriënten. Het verkleint ook de kans op verdichting, erosie, verslemping en uitspoeling van nutriënten. Stalmest en boerderijcompost verdienen bovendien

¹⁶ Voorbeelden: :

<https://www.provincie.drenthe.nl/duurzaamboerendrenthe/kennisitems/peter-oosterhof-werkt-samen-drentse/> ;

<https://www.provincie.drenthe.nl/duurzaamboerendrenthe/kennisitems/erik-lucy-boerma-verduurzamen-stap-stap/>



voorkeur boven drijfmest, omdat zij meer organisch materiaal bevatten en minder ammoniak verliezen.

- Minder bemesten - Bij kringlooplandbouw wordt minder bemest. Het Mestactieplan bepaalt dat wanneer geen kunstmest wordt gebruikt er minder stikstof per hectare bemest mag worden. De grootste reden om minder te bemesten is evenwel dat het stikstofbodemoverschot dan daalt, wat zorgt voor minder nitraatuitspoeling. Bij vlinderbloemigen mag nog minder worden bemest, aangezien de stikstoffixatie ook al heel wat stikstof in het systeem brengt. Het eiwitarmere voeder leidt ook tot een efficiëntere benutting van stikstof door het vee, waardoor de mest minder stikstof bevat.
- Anders bemesten - Er is veel discussie over bovengronds uitrijden versus mestinjectie. Bovengronds uitrijden van drijfmest kan de ammoniakemissies doen dalen, indien dit uitrijden laag bij de grond gebeurt, met kleine verdunde giften en bij regenweer. Op meer extensieve bedrijven met voldoende grasland en met mest met een laag ureumgehalte kan bovengronds uitrijden met die randvoorwaarden een optie zijn. Vroeger in het seizoen stoppen met uitrijden helpt ook. Omwille van de vele onzekerheden stellen we het bovengronds uitrijden niet voor als bouwsteen.
- **Meer vlinderbloemigen** - Een kringloopbedrijf maakt meer gebruik van vlinderbloemigen. Ze binden stikstof uit de atmosfeer en zetten die om in organische vormen die beschikbaar zijn voor andere planten. Die organische vormen van stikstof zijn minder gevoelig voor uitspoeling dan de anorganische vormen uit de kunstmest. Samen met de vermindering van de nood aan bemesting, zorgt dit voor een vermindering van het risico op nitraatuitspoeling¹⁷ en een verhoging van de stikstofefficiëntie op melkveebedrijven (Van den Bossche, 2023). Daarenboven dringen de wortels van vlinderbloemige planten diep in de bodem door en verbeteren ze de bodemstructuur, waardoor de doorlaatbaarheid voor water en lucht toeneemt en de gezondheid van de bodem verbetert. Door vlinderbloemigen op te nemen in het teeltplan van melkveebedrijven, kunnen boeren dus profiteren van verbeterde bodemgezondheid, verminderde afhankelijkheid van externe stikstofmeststoffen en een verminderde kans op stikstofverliezen naar de omgeving. Met vlinderbloemigen in het teeltplan kunnen hoogproductieve melkveebedrijven op een stikstofefficiënte manier ruwvoeder telen met een hoge eiwitkwaliteit en zo hun behoefte aan kunstmest en krachtvoeder verlagen.
- **Beter bodembeheer** - De bodem is de plek waar de nutriënten afkomstig van het vee gerecycleerd worden tot voeding voor mens en dier. Daarbij gaan best zo weinig mogelijk nutriënten verloren. Een goede bodemstructuur en voldoende organisch materiaal dragen bij aan een betere stikstofretentie, en een meer geleidelijk vrijkomen van stikstof, waardoor het risico op uitspoeling vermindert. Doordat de waterinfiltratie verbetert, is er ook minder risico op oppervlakkige bodemafspoeling en de daarbij behorende stikstofverliezen. Dit alles wordt bevorderd door:

¹⁷ Ook al kunnen vlinderbloemigen soms tot nitraatverliezen leiden, inpassing op bedrijfsniveau leidt globaal tot minder nitraatverliezen.



- een verschuiving van kunstmest naar organische mest, waarbij stalmest en boerderijcompost de voorkeur krijgen boven drijfmest, vanwege hun bodemverbeterende eigenschappen;
- de toediening van kwaliteitsvolle mest, met een laag ureumgehalte;
- de toediening van minder mest, zodat de stikstofinput zo goed mogelijk in balans is met de gewasbehoefte;
- meer vlinderbloemigen in de teeltrotatie, net zo belangrijk voor de bodem dan voor de aanvoer van eiwitten in het rantsoen van het vee;
- teeltplan en teeltrotatie in functie van bodemzorg;
- gereduceerde bodembewerking met lichte machines;
- een groter aandeel grasland.

Een betere bodemkwaliteit zorgt ten slotte ook voor een betere productie, vooral in jaren met ongunstige weersomstandigheden, en beperkt ook zo de stikstofverliezen.

- **Lagere melkproductie** - Doorgaans zal op een kringloopbedrijf de melkproductie per koe lager zijn. In welke mate dit het geval is hangt enerzijds af van de mate waarin het melkveebedrijf de externe input van krachtvoeder en (kunst)mest heeft afgebouwd en anderzijds van hoe het er in is geslaagd de stikstofefficiëntie van het bedrijf te verbeteren. Door de lage externe input van nutriënten is een kringloopmelkveebedrijf verplicht de stikstofefficiëntie op het bedrijf te verhogen. Het zal ook meer focussen op het saldo per liter melk (of per hectare) dan op het realiseren van een maximale melkopbrengst. De bedrijfseconomisch optimale melkproductie per koe ligt op kringloopbedrijven doorgaans lager dan op meer gangbare melkveebedrijven. Minder melkproductie per koe betekent ook minder stikstofuitscheiding per koe, zoals te zien is in de forfaitaire uitscheidingscijfers die jaarlijks door de mestbank worden gepubliceerd in de nota met normen en richtwaarden (Vlaamse Landmaatschappij, 2024).

Kringlooplandbouw kan het bedrijfsinkomen versterken en het bedrijf meer weerbaar maken voor de toekomst, door een grotere autonomie en een meer veerkrachtige bedrijfsvoering. Dit zou ook moeten leiden tot meer rechtszekerheid voor de landbouwer, omdat pro-actief wordt ingespeeld op de te verwachten beleidsontwikkelingen. Goede kennis en informatie zijn cruciaal. Onafhankelijk advies is nodig van adviseurs die het belang van de boer en de maatschappij voor ogen hebben en niet de omzetcijfers van een toeleverende of afnemende sector. Uit tal van initiatieven omtrent kringlooplandbouw blijkt het belang van voortdurende begeleiding van kringloopboeren, om hen te stimuleren om steeds verder te groeien in de verschillende duurzaamheidsaspecten.

3. Onderzoeksmethodiek

Nu we de bouwstenen voor kringlooplandbouw in de Vlaamse melkveehouderij kennen, willen we inschatten wat deze kunnen betekenen voor de bedrijfsvoering en de stikstofverliezen. Om dit inzichtelijk te maken werken we vijf virtuele cases uit: twee uitgangssituaties en drie kringloopvarianten. Deze vijf cases laten we zo dicht mogelijk bij de realiteit aansluiten door ons te baseren op cijfers van het Agentschap voor Landbouw en Zeevisserij.



Met deze cases doen we geen uitspraak over hoe een standaard melkveebedrijf of kringloopbedrijf er in Vlaanderen uitziet of zou kunnen uitzien, noch willen we een uitspraak doen over de kwantitatieve impact van kringlooplandbouw op de stikstofuitdagingen. We willen wel op een kwalitatieve manier inschatten of en hoe een kringloopaanpak in de melkveehouderij een bijdrage kan leveren aan de stikstofuitdagingen.

3.1. Beschrijving van de cases

Voor de beschrijving van de cases vertrekken we van cijfers van een gemiddeld melkveebedrijf in Vlaanderen op basis van de gegevens van het Agentschap voor Landbouw en Zeevisserij voor de jaren 2017-2021 (case 1). Op basis van dezelfde dataset beschrijven we ook een minder intensief melkveebedrijf met een kleine akkerbouwtaak (case 3). Zo hebben we twee verschillende uitgangssituaties.

Op basis van de inzichten uit voorgaand literatuuronderzoek, werden deze twee uitgangssituaties omgevormd naar kringloopbedrijven. Ze werden volledig grondgebonden gemaakt door ofwel het areaal te laten toenemen (case 2) of door de veestapel te laten dalen (case 4 en 5). Case 4 en 5 zijn 2 varianten vertrekkende vanuit dezelfde uitgangssituatie (case 3). In de eerste variant laten we eenvoudig de melkveestapel dalen zonder enige verandering aan de bedrijfseconomische aanpak. In de tweede variant doen we bijkomend een bedrijfseconomische optimalisatie via natuurgebaseerde oplossingen.

We vertrekken dus van twee herkenbare melkveebedrijven voor Vlaanderen (cases 1 en 3) en berekenen voor elk van die twee bedrijven kringloopalternatieven (cases 2, 4 en 5):

- **Case 1 - Standaard melkveebedrijf:** Deze case is gebaseerd op het gemiddelde melkveebedrijf in Vlaanderen wat een vrij intensieve uitbating kent met hoogproductieve melkkoeien en een teeltplan met in hoofdzaak gras en maïs.
- **Case 2 - Standaard melkveebedrijf met groter areaal (kringloop):** Deze case is een kringloopversie van de eerste case, waarbij we kringlooplandbouw mogelijk maken door de oppervlakte te laten toenemen.
- **Case 3 - Gemengd melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtaak:** Deze case vertrekt van een gemengd melkveebedrijf met een beperkte akkerbouwtaak en iets minder productieve melkkoeien.
- **Case 4 - Gemengd melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtaak met minder dieren (kringloop):** Deze case is een kringloopversie van de derde case, waarbij we kringlooplandbouw mogelijk maken door het aantal dieren te laten dalen in overeenstemming met het beschikbare bedrijfsareaal.
- **Case 5 - Geoptimaliseerd gemengd melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtaak met minder dieren (kringloop):** Deze case is een variant op case 4 waarbij we deze bedrijfseconomisch optimaliseren.



3.2. Aannames bij de kringloopcases

Bij de kringloopcases (case 2, 4 en 5) gaan we uit van een 100 % gesloten kringloopmelkveebedrijf. De literatuur beschrijft vooral een geleidelijke evolutie naar kringlooplandbouw, zoals de vermindering van krachtvoeder en kunstmest en de toename van voederproductie op eigen land. Er werden daarbij geen concrete omslagpunten of grenzen benoemd. Hier kiezen we voor een vergelijking tussen herkenbare bedrijven en 100% kringloopbedrijven, om het contrast tussen kringloop en niet-kringloop duidelijk te maken en ook omdat de berekeningen zelf nog veel onzekerheden kennen.

De aannames zijn de volgende:

- Alle ruwvoeder en alle eiwitten voor het rantsoen van alle rundvee worden op het bedrijf zelf geteeld.
- Er wordt geen krachtvoeder aangekocht.
- Er wordt geen ruwvoeder aangekocht.
- Er worden geen stikstofmeststoffen aangevoerd van buiten het bedrijf. Er wordt dus ook geen kunstmest gebruikt.
- Volgende producten kunnen nog wel aangekocht worden:
 - kunstmelk,
 - reststromen, zoals bierdrif en bietenpulp,
 - mineralen en vitaminen,
 - hulpmeststoffen, zoals calcium en magnesium.

Op basis van deze uitgangspunten construeren we rantsoenen om de volledige veestapel te kunnen voeden met voldoende eiwitten en ruwvoeder van eigen land (Tabel 5 voor de zomer en Tabel 6 voor de winter).



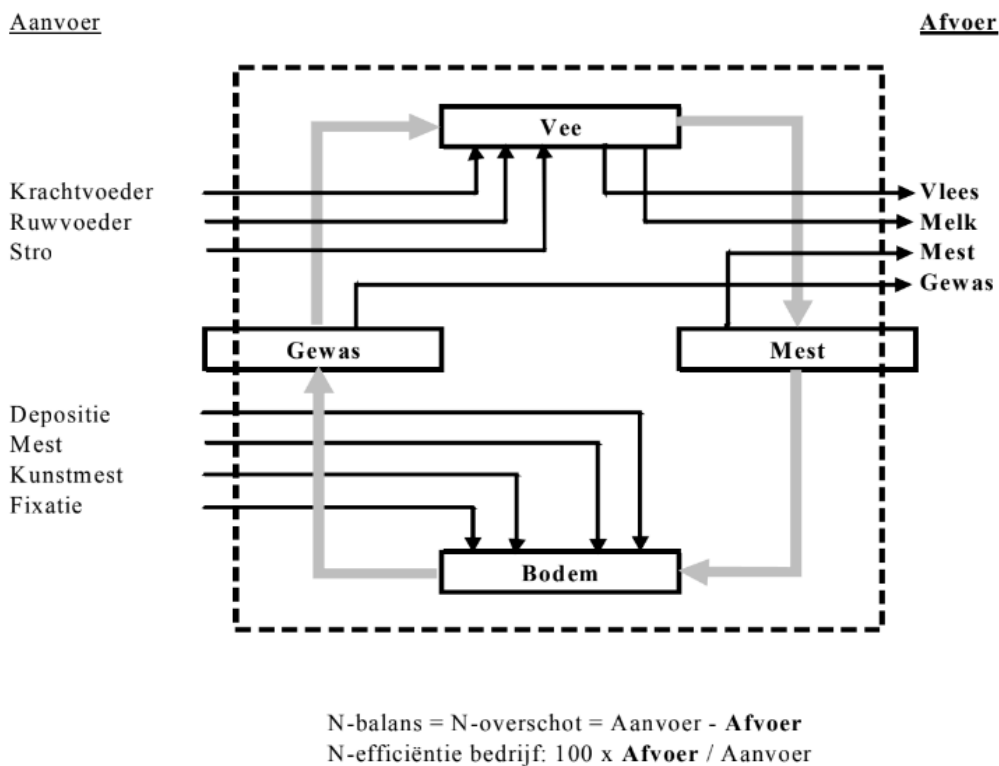
Er kunnen nog andere rantsoenen worden bedacht die bijvoorbeeld meer aansluiten bij een standaard melkveebedrijf. Er kan bijvoorbeeld ook een rantsoen met maïskuil worden uitgewerkt. We kozen ervoor om geen maïs op te nemen in het rantsoen en dus ook niet in het teeltplan, om zo de rol van maïs op de stikstofuitspoeling zichtbaar te maken.

Een nadeel van het voorgestelde rantsoen is dat het moeilijker stuurt op ruw eiwitgehalte en eiwitkwaliteit. Het rantsoen vloeit voort uit de componenten die beschikbaar zijn en uit de schommelingen ten gevolge van bijvoorbeeld grondsoort, weer of teelttechniek. Vlinderbloemigen zijn rijk aan onbestendig eiwit, waardoor dit rantsoen tot een overschot aan deze eiwitten kan leiden. Tussen de verschillende snedes grasklaver zijn er grote verschillen in eiwitgehalte. Dit is daarenboven ook sterk afhankelijk van het weer, tijdstip van maaien, bemesting en andere. Er moet voor gezorgd worden dat het rantsoen voldoende energie bevat, om het eiwit uit het gras zo goed mogelijk te valoriseren. Ook bij de rol van natuurgras in het rantsoen horen kanttekeningen. We opteerden ervoor om natuurgras op te nemen omdat hierdoor de kansen voor biodiversiteitsmeerwaarden toenemen (perceelsranden met gras, weidevogelpercelen, botanisch beheer, natuurbeheerpercelen) en dit in een specifieke context een goede aanvulling kan zijn in het rantsoen voor melkvee (Indeherberg et al., 2018). De reële samenstelling van natuurgras kan evenwel zeer sterk verschillen tussen de verschillende types natuurgraslanden, de historiek, het beheerregime, de snede en andere. Dit alles vraagt veel vakmanschap van de veehouder.

3.3. Opmaak van stikstofbalansen

Om de gevolgen van de vijf cases voor stikstof te evalueren, maken we voor elk van de cases een stikstofbalans op bedrijfsniveau. Een stikstofbalans geeft inzicht in de stikstofstromen op een bedrijf. De stikstofbalans van een melkveebedrijf berekenen we als stikstofaanvoer minus stikstofafvoer via de landbouwproducten. De balans is steeds positief en stelt een overschot voor. Hoe lager het overschot, hoe lager de kans op verliezen. We drukken de stikstofbalans van het melkveebedrijf uit in een stikstofoverschot in kilogram per hectare. De efficiëntie van het stikstofgebruik definiëren we als $100 \times \text{stikstofafvoer} / \text{stikstofaanvoer}$ (Verbruggen et al., 2003).





Figuur 3: Elementen van de stikstofbalans van een melkveebedrijf (Bon: Verbrugge et al., 2003)

3.4. Berekening van nitraatresiduen

3.4.1. Uitgangssituaties

We maken een inschatting van de nitraatresiduen op basis van het Nitraatresidurapport van 2022 (Vlaamse Landmaatschappij, 2022b). Dit bevat de nitraatresiduen per teeltgroep. Een teeltgroep omvat diverse teelten die onder één noemer kunnen geplaatst worden. Zo bevat de teeltgroep graangewassen bijvoorbeeld de teelten wintergerst, zomergerst, wintertarwe en triticale. Bij de teeltgroep aardappelen horen de vroege en de niet-vroege aardappelen. De teeltgroep grasland omvat zowel gewoon grasland, grasklaver als graszoden¹⁸. De teeltgroep maïs omvat zowel silomaïs als korrelmaïs.

De cijfers voor 2015-2022 tonen variaties binnen de teeltgroepen ten gevolge van het weer. Dit weerseffect is meer uitgesproken bij de nitraatgevoelige teeltgroepen zoals aardappelen, maïs en groenten, waarschijnlijk vanwege de hogere nitraatresiduen. Teeltgroepen met minder variatie in het gemiddelde nitraatresidu doorheen de jaren zijn graangewassen, bieten, grasland, sierteelt en boomkwekerij. Het verschil tussen teeltgroepen is groter dan binnen een teeltgroep (Vlaamse Landmaatschappij, 2022b). Het gemiddelde nitraatresidu per teelt of teeltgroep in de periode

¹⁸ Graszoden is de teelt van grasmatten voor sier- en speelgazon, sport- en recreatietoepassingen en andere.



2015-2022 geeft dus een goede indicatie van het verschil in nitraatverliezen tussen de teelten of teeltgroepen (Tabel 7).

Tabel 7: Gemiddelde residuen nitraatstikstof per teelt of teeltgroep in 2015-2022 zoals gehanteerd in de uitgangssituaties (Bron: Vlaamse Landmaatschappij, 2022b)

Teelt	Gemiddelde nitraatresidu in kg N/ha (2015-2022)
Grasland	51,5
Gras-klover	44,5
Silomaïs	87,1
Voederbieten	47,8
Suikerbieten	49
Aardappelen	127,3
Graangewassen	64,1

In het teeltplan dat we voorzien voor de uitgangssituaties specificeren we voor aardappelen niet verder of het over vroege, niet-vroege of andere aardappelen gaat, maar nemen we het nitraatresidu van de teeltgroep 'aardappelen'. Ook bij granen maken we geen verder onderscheid tussen wintergranen of zomergranen of tussen tarwe, gerst of triticale, maar nemen we het nitraatresidu van de teeltgroep 'graangewassen'. We maken wel onderscheid tussen grasland en grasklover en tussen suikerbieten en voederbieten en werken met silomaïs in het teeltplan (en niet met korrelmaïs). Daarom gebruiken we voor deze teelten de specifieke waarden. In het nitraatresidurapport 2022 staan voor deze specifieke teelten evenwel alleen nitraatresiduwwaarden voor 2022 en niet het gemiddelde voor 2015-2022. Daarom namen we de verhouding van de nitraatresiduen voor de teelten 'grasland' en 'grasklover' in 2022 ten opzichte van het gemiddelde nitraatresidu voor de teeltgroep grasland in 2022 (respectievelijk x 1,023 en x 0,884 van het gemiddelde nitraatresidu voor de teeltgroep grasland in 2022), en berekenden dezelfde verhouding door voor de gemiddelden voor 2015-2022. Zo komen we tot de waarden van respectievelijk 51,5 en 44,5 kilogram stikstof per hectare voor de teelten grasland en grasklover, afgeleid van het gemiddelde nitraatresidu voor 2015-2022 van 50,38 kilogram stikstof per hectare voor de teeltgroep grasland (Tabel 7). Vervolgens pasten we dezelfde redenering toe om het gemiddelde nitraatresidu voor de teeltgroep 'bieten' uit te splitsen in een waarde voor de teelten voederbieten en suikerbieten. Omdat het nitraatresidu voor de teelt silomaïs in 2022 niet verschilt van het gemiddelde voor de ganse teeltgroep maïs, kunnen we voor het gemiddelde voor 2015-2022 de waarde van de teeltgroep maïs gelijkstellen aan deze van silomaïs.



3.4.2. Kringloopcases

In de kringloopcases is goed bodembeheer cruciaal. Voor deze cases kunnen we daarom niet dezelfde nitraatresiduen gebruiken als voor standaard cases. Er wordt geen kunstmest gebruikt en vooral, er wordt ook minder bemest. De beschikbare dierlijke mest per hectare is voor de kringloopcases heel wat lager dan voor de standaard cases, omdat er minder dieren per hectare worden gehouden. Kringloopbedrijven werken wel met een teeltrotatie met vlinderbloemigen, om zo de productiecapaciteit van de bodem op peil te houden.

Concrete cijfers voor de nitraatresiduen voor 100 % kringloopbedrijven werden niet gevonden. De bemestings- en bodembeheerstrategieën in de voorgestelde kringloopcases komen sterk overeen met die voor biologische landbouw, zoals geen kunstmest, teeltrotatie met vlinderbloemigen, minder dan 170 kilogram stikstof per hectare en meer beweiding. Daarom durven we argumenteren dat nitraatresiduen in de biologische landbouw een aanvaardbare indicatie geven voor de situatie bij deze kringlooplandbouw.

De Beoordelingscommissie Equivalente Maatregelen ('equivalente maatregelen' voor de verplichting om extra vanggewassen in te zaaien na de hoofdteelt, maatregel van het zesde Mestactieplan) concludeerde, op basis van alle nitraatresiduen van alle teelten op biologische landbouwbedrijven, dat het nitraatresidu bij biolandbouw gemiddeld 23 kilogram per hectare lager ligt dan bij conventionele landbouw (Vlaamse Landmaatschappij, 2023). Gemiddeld (over alle bodemtypes heen) leidt dit per hectare tot 15 kilogram minder uitspoeling van nitraatstikstof. Er kan aangenomen worden dat een kringloopbedrijf, dat sterk aanleunt bij de principes van de biologische landbouw, gelijkaardige resultaten behaalt. In de conclusie van deze beoordelingscommissie werd onder andere rekening gehouden met het onderzoek van De Neve et al. (2006). Zij stellen dat biologische landbouwpraktijken het risico op nitraatuitspoeling lijken te verlagen. Dit is waarschijnlijk te danken aan het verschil in bemestingsstrategie tussen conventionele en biologische landbouwpraktijken. De bemestingsstrategie van biologische landbouwbedrijven is meer gericht op langetermijneffecten en het aanbrengen van grotere hoeveelheden koolstof, terwijl in de conventionele landbouw de bemesting in hoofdzaak gericht is op de behoeften van het gewas op het moment en dus meer gericht is op korte termijn impact. De studie besluit dat er voldoende aanwijzingen zijn om aan te nemen dat nutriëntenverliezen, in het bijzonder nitraatstikstof, doorgaans kleiner zijn op biologische dan op conventionele landbouwbedrijven in Vlaanderen (De Neve et al., 2006).



Tabel 8: Gemiddelde residuen nitraatstikstof voor de verschillende teeltgroepen voor het totale profiel (0-90 cm) in biologische (De Neve et al., 2006) en gangbare bedrijven in Vlaanderen (Salomez, 2004) (Bron: De Neve et al., 2006)

Land use	Average mineral N content (kg NO ₃ ⁻ -N ha ⁻¹)	
	Organic fields	Salomez (2004)
Arable	52.4	94.4
Fruit	25.2	/
Grassland	20.0	68.2
Vegetables	86.9	93.7

Op basis van deze resultaten voor biologische landbouwpraktijken (Tabel 8) en met toepassing van dezelfde verhoudingen tussen de verschillende teelten en teeltgroepen zoals we die kunnen afleiden uit het nitraatresidurapport van 2022 (Vlaamse Landmaatschappij, 2022b), komen we tot aannames voor de nitraatresiduen voor de twee kringloopcases (Tabel 9).

Tabel 9: Residuen nitraatstikstof gehanteerd in de kringloopcases

Teelt	Nitraatresidu in kg N/ha
Natuurgrasland	13,4
Gras-klover(kruiden)	13
Bieten	26,5
Granen	35,6
Mengteelt wintergraan/vlinderbloemige	41,6
Mengteelt zomergraan/vlinderbloemige	55,5

Het gebruik van cijfers van biologische landbouwbedrijven is een ruwe benadering, want er zijn uiteraard ook wel wat verschillen. We hebben om de robuustheid van onze benadering te testen, de berekeningen voor de drie kringloopcases ook uitgevoerd uitgaande van de Vlaamse gemiddelde nitraatresiduen. Dit gaf uiteraard een belangrijk verschil voor de totale nitraatresiduen. Ondanks deze aanpassing bleven de drie kringloopcases per hectare een lager risico op stikstofverliezen hebben dan de twee standaard cases. De voornaamste reden hiervoor is dat het teeltplan minder teelten bevatte met hogere nitraatuitspoeling, zoals maïs.

//

Tabel 11: Teeltplan voor de vijf cases

Teelt (ha)	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
Grasland (zowel tijdelijk als permanent)	25	0	25	0	0
Maïs	23	0	21	0	0
Gras-klover (kruiden)	5	49	4	37,5	33
Natuurgrasland	0	18	0	6	9
Voederbieten	1	2	0	1,5	1
Granen	0	9	6	7	8
Mengteelt wintergranen/veldbonen	0	18	0	12	13
Mengteelt zomergranen/veldbonen	0	2	0	3	3
Niet-productief areaal	2	0	2	0	0
Aardappelen	0	0	6	0	0
Suikerbieten	0	0	3	0	0
Totaal (zonder natuurgrasland)	56	80	67	61	56
Totaal (met natuurgrasland)	56	98	67	67	67

4.1.1. Case 1 - Standaard melkveebedrijf

Dit standaard melkveebedrijf is grotendeels gebaseerd op een melkveebedrijf zoals dat naar boven komt uit de cijfers van het Agentschap Landbouw en Zeevisserij voor 2017-2021¹⁹ (Sannen et al., 2024). Uit deze data halen we de gemiddelde bedrijfsoppervlakte, melkproductie, aantal melkkoeien, familiale arbeidskrachten en een bedrijfseconomisch overzicht van de omzet, de kosten en het familiaal arbeidsinkomen.

¹⁹ www.vlaanderen.be/landbouwcijfers



We verfijnen deze informatie om tot voldoende concrete kengetallen te komen. Zo specificeren we de samenstelling van de veestapel, zodat we ook het jongvee en de andere runderen kennen. We maken het bedrijfsareaal concreter door een verdeling van de teelten in het teeltplan te voorzien. We nemen ook een niet-productief areaal op, zodat voldaan wordt aan de conditionaliteiten voor landbouwsteun. Op die manier proberen we een beeld te schetsen van een melkveebedrijf dat herkenbaar is voor de situatie in Vlaanderen (Tabel 10 en Tabel 11).

Met dit teeltplan kan dit melkveebedrijf een rantsoen samenstellen met, in droge stof uitgedrukt, in hoofdzaak maïskuil en graskuil, aangevuld met voederbieten. In dit rantsoen ontbreken nog heel wat componenten, die moeten aangekocht worden. Het gaat om een grote hoeveelheid eiwitrijk krachtvoeder, evenwichtige brok²⁰, mineralen en eventueel nog bietenpulp en stro.

4.1.2. Case 2 - Standaard melkveebedrijf met groter areaal (kringloop)

Deze case is een kringloopvariant van de eerste case. Dit maken we mogelijk door in eerste instantie het areaal te vergroten (Tabel 10). Dit doen we in die mate dat het bedrijf de bestaande melkveestapel volledig van ruwvoeder en eiwitten van eigen land kan voorzien. In deze case willen we dus de veestapel niet verkleinen. We doen hier geen uitspraken in hoeverre het al dan niet realistisch, haalbaar en economisch verantwoord is voor een melkveebedrijf om zoveel extra landbouwgrond aan het bedrijf toe te voegen. Afhankelijk van de situatie dient het landbouwbedrijf daardoor uit te breiden van 56 hectare in de uitgangssituatie naar 80 à 98 hectare in de kringloopsituatie.

Om alle eiwitten en ruwvoeder op het bedrijf zelf te telen, dienen rantsoen en teeltplan grondig bijgestuurd te worden. De vooropgestelde producties moeten haalbaar zijn op basis van teeltrotatie met vlinderbloemigen en de aanwezige dierlijke mest. Uit het aantal dieren en de voedercomponenten die zij nodig hebben, leiden we het rantsoen af dat het bedrijf moet kunnen produceren. Op basis van een realistische opbrengst per gewas en per hectare²¹, rekening houdend met de lagere bemesting, bekomen we het benodigde bedrijfsareaal voor de verschillende teelten (Tabel 12). Op basis van de resultaten uit Tabel 12 passen we het teeltplan aan (Tabel 11). Achter het teeltplan zit een realistische teeltrotatie die de bodemvruchtbaarheid op peil moet houden, zodat het haalbaar is om met de voedergewassen de vooropgestelde opbrengsten te realiseren.

²⁰ Het doel van evenwichtige brokken is om een algeheel uitgebalanceerd dieet te leveren, niet alleen gericht op de eiwitbehoefte, maar ook op andere belangrijke voedingsstoffen.

²¹ vergelijkbaar met de opbrengsten bij biolandbouw



Tabel 12: Vereist rantsoen per voedercomponent en berekening van de vereiste oppervlakte voor het standaard melkveebedrijf met groter areaal (kringloop) (case 2)

Voedercomponent	Vereist rantsoen (kg droge stof)	Verwachte opbrengst (kg droge stof per ha)	Oppervlakte (ha)
Bieten	28.835	15.000	2
Gras-klaver	182.500	10.000	18
Gras-klaverkuil	309.520	10.000	31
Graansilage	73.183	10.000	7
Natuurgras	110.778	6.000	18
Granen	59.404	5.000	12
Veldbonen	47.724	5.000	10
Mineralen	4.216		

We zien dat de bedrijfsoppervlakte drastisch moet toenemen om alle ruwvoeder en eiwitten op het bedrijf zelf te kunnen telen. We nemen ook 18 hectare natuurgrasland op in het teeltplan. Wanneer het bedrijf een overeenkomst kan sluiten met terreinbeherende organisatie kan op die manier extra oppervlakte worden voorzien, zonder dat deze moet worden aangekocht. Ook kunnen bepaalde verplichtingen uit het Gemeenschappelijke Landbouwbeleid ingevuld worden via bijvoorbeeld grasstroken, perceelsranden en natuurgraslanden, die op deze manier bedrijfseconomisch kunnen gevaloriseerd worden. Indeherberg et al. (2018) beschreven de meerwaarde van natuurgraslanden in het rantsoen van melkvee. Daarbij werd voor een optimaal rantsoen de vuistregel van grootteorde 1 hectare per 10 melkkoeien gehanteerd. Het natuurgrasland kan gebruikt worden voor de weidegang van het jongvee en de droge koeien. Het kan ook als hooi geoogst worden en gevoederd worden aan het jongvee en de droge koeien en/of om het structuurgehalte van het rantsoen voor het lacterend melkvee op peil te houden.

Met een natuurgrasland bedoelen we een grasland dat niet wordt bemest, behalve de uitscheiding van het grazend vee. Veelal kennen ze ook een latere inscharringsdatum en gebeurt de eerste maaisnede later dan bij landbouwkundig graslandbeheer. De voederwaarden en de opbrengsten van deze natuurgraslanden zijn een heel stuk lager dan deze van landbouwgraslanden. De voederwaarde en de opbrengsten van natuurgraslanden kunnen bovendien onderling heel sterk variëren. Natuurgraslanden in overstroombare vallei gebieden hebben betere opbrengsten en voederwaarden dan deze op schralere en drogere gronden. Ook de beheervereisten spelen een rol. Wanneer vroeger kan gemaaid worden heeft dit een positief effect op de voederwaarden. De oppervlakte natuurgrasland die we hier naar voor schuiven gaat uit van een productie van 6000 kilogram droge



stof per hectare met een gemiddelde voederwaarde van natuurgrasland²². Deze oppervlakte kan dus toe- of afnemen naargelang de droge stof opbrengst per hectare en de voederwaarde van het natuurgras varieert.

De bestaande veestallen worden behouden maar in deze kringloopcase gaan de melkkoeien wel grazen op de weilanden. We kiezen dus voor de combinatie van 1400 uur grazen met een emissiearme vloer. Dit geeft als PAS-maatregel de mogelijkheid om een ammoniakemissiereductie van 35 % in rekening te brengen. Voor het jongvee en de droge koeien veranderen we niets aan de stal en de beweiding in vergelijking met de uitgangssituatie. Ook in deze kringloopcase is er geen vaste mest en wordt alle vloeibare mest uitgereden met zodeninjectie (dus geen bovengrondse toediening).

4.1.3. Case 3 - Gemengd melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtak

Met deze case willen we een melkveebedrijf in beeld brengen met een grotere bedrijfsoppervlakte, maar minder intensief dan het gemiddelde Vlaamse melkveebedrijf. Naast de melkveehouderij voorzien we dat het bedrijf ook een kleine akkerbouwtak heeft. We denken hierbij aan een melkveehouderij die beperkt werd in de groeimogelijkheden door de omgeving (bodem, landschap) en regelgeving. Net zoals in de rest van Vlaanderen heeft de specialisatie zich ook hier doorgezet en werden op dit type melkveebedrijf de andere takken verminderd of afgestoten ten voordele van de melkveehouderij. Vaak zie je echter dat er nog één of meerdere andere bedrijfstakken aanwezig zijn, zoals varkenshouderij of akkerbouw. In ons voorbeeld gaan we ervan uit dat er nog een beperkte akkerbouwtak aanwezig is.

We vullen deze informatie aan om tot voldoende concrete kengetallen te komen. Zo specificeren we de veestapel, zodat we ook het jongvee en de andere runderen kennen. We verfijnen de bedrijfsbeschrijving met een concreet teeltplan. Daarin is er ook niet-productief areaal, zodat voldaan is aan de conditionaliteiten voor landbouwsteun. We gaan uit van 77 melkkoeien die minder productief zijn dan de gemiddelde melkveehouderij, met nog eens 15 hectare akkerbouw erbij. Met dit teeltplan kan dit melkveebedrijf een rantsoen voorzien met, in droge stof uitgedrukt, in hoofdzaak maïskuil en graskuil, aangevuld met perspulp van de suikerbieten. In dit rantsoen ontbreken nog heel wat componenten zoals vooral eiwitten en mineralen die moeten aangekocht worden. Het gaat om een grote hoeveelheid eiwitrijk krachtvoeder, evenwichtige brok en mineralen.

²² De droge stofproductie per hectare van natuurgraslanden evenals de voederwaarde van het geogoste gras kunnen sterk verschillen tussen de verschillende halfnatuurlijke graslandtypes. Er is eveneens een daling van de opbrengst en de kwaliteit doorheen de jaren, naarmate een onbemest grasland verder verschaalt.



Deze koeien zijn erg geschikt voor het grasgebaseerde systeem in deze case. Ze hebben een hoog voederconversierendement, wat betekent dat ze minder voeder nodig hebben om dezelfde hoeveelheid melk te produceren. Dit soort dubbeldoelrassen is doorgaans ook robuuster en vraagt minder zorgen en veeartskosten dan een productiever melkveeras. Ook lokale dubbeldoelrassen als witblauw dubbeldoel of witrood van Oost-Vlaanderen zouden in aanmerking kunnen komen.

Om maximaal het dubbeldoel karakter van dit ras te valoriseren, kiezen we ervoor om jaarlijks 19 afgemeste stieren en koeien te slachten en in thuisverkoop te verwaarden als rundvlees. Dit vergt een belangrijke inspanning en investering van de landbouwer. Het bedrijf zal nu het mannelijk jongvee aanhouden en afmesten tot een leeftijd van 30 maanden. Ook een aantal reforme²³ koeien zal afgemest en geslacht worden. Om de investering in geld en tijd niet te verhogen, gaan we er in deze case van uit dat de dieren door een erkende beenhouwer in loonwerk worden versneden en verpakt. Het volstaat dan voor het landbouwbedrijf om te voorzien in een koelruimte (bijvoorbeeld een koelwagen). Het bedrijf zal ook moeten investeren in marketing om klanten aan te trekken en er dient een verkoopruimte te worden voorzien.

Gezien het bedrijf geen kunstmest gebruikt, een robuuster runderras heeft en teelten heeft waar onkruidbestrijding zonder chemische bestrijdingsmiddelen haalbaar is, lijkt het een zinvolle optie dat we in deze case kiezen voor een biologische bedrijfsvoering. Het biologische lastenboek legt nog enkele extra voorwaarden op, zoals het verbod op gewasbeschermingsmiddelen, minimale staloppervlakte, beweiding en grondgebondenheid. Deze voorwaarden zijn al grotendeels ingevuld in de voorgestelde case. De keuze voor bio heeft in deze case een positief effect op het familiaal arbeidsinkomen door de gemiddeld hogere melkprijs voor bio en de extra biopremies vanuit het Gemeenschappelijke Landbouwbeleid. Biohoevevlees is echter niet voor elke landbouwer weggelegd. Het vraagt specifieke vaardigheden en investeringen. Daarenboven is de markt voor biohoevevlees beperkt. Deze case is dan ook maar voor een kleine groep veehouders weggelegd.

In deze kringloopcase vertrekken we van het bestaande bedrijfsareaal van 67 hectare om van daaruit, via het voederrantsoen, het aantal dieren te berekenen die zo kunnen worden gehouden (Tabel 14). Op basis van de resultaten uit Tabel 14 passen we het teeltplan aan (Tabel 11). Achter het teeltplan zit een realistische teeltrotatie die de bodemvruchtbaarheid op peil moet houden, zodat het haalbaar is om met de voedergewassen de vooropgestelde opbrengsten te realiseren.

²³ reformkoeien zijn melkkoeien die door ouderdom of andere redenen onvoldoende productief zijn geworden voor de melkveehouderij



Tabel 14: Vereist rantsoen per voedercomponent en berekening van de vereiste oppervlakte voor het bedrijfseconomisch geoptimaliseerde gemengd melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtaak met minder dieren (kringloop) (case 5)

Voedercomponent	Vereist rantsoen (kg droge stof)	Verwachte opbrengst (kg droge stof per ha)	Oppervlakte (ha)
Bieten	14.235	15.000	1
Gras-klover	121.910	10.000	12
Gras-kloverkuil	185.785	10.000	19
Graansilage	58.583	10.000	6
Natuurgras	67.708	6.000	11
Granen	49.914	5.000	10
Veldbonen	39.329	5.000	8
Mineralen	3.249		

4.2. Bedrijfseconomische aspecten

We hebben de cases ontwikkeld zonder naar de bedrijfseconomische consequenties te kijken. Uiteraard is het bedrijfseconomisch resultaat de parameter die het succes van de bedrijfsvoering zal bepalen. We proberen hier een inschatting te maken van de bedrijfseconomische gevolgen van de kringloopaanpak, ten opzichte van de bestaande aanpak, volgens de methodiek toegepast in Sannen et al. (2024). We vertrekken van het bedrijfseconomisch overzicht van de twee uitgangssituaties. Per omzet- of kostenpost wordt ingeschat wat de gevolgen zijn van de transformatie naar de drie kringloopcases. De beoordeling gebeurt met kleuren (Tabel 15).



Tabel 15: Negendelige schaal voor de voorstelling van de verandering in bedrijfsresultaten bij omschakeling naar kringlooplandbouw

Procentuele verandering van de absolute cijfers in het bedrijfseconomisch overzicht	Schaal
Meer dan 100% toename	Heel sterke stijging opbrengsten Heel sterke daling kosten
Tussen 25% en 100% toename	Sterke stijging opbrengsten Sterke daling kosten
Tussen 10% en 25%	Stijging opbrengsten Daling kosten
Tussen 1% en 25%	Lichte stijging opbrengsten Lichte daling kosten
Tussen - 1% en + 1%	Gelijk
Tussen -1% en -10%	Lichte daling opbrengsten Lichte stijging kosten
Tussen - 10% en -25%	Daling opbrengsten Stijging kosten
Tussen -25% en -100%	Sterke daling opbrengsten Sterke stijging kosten
Meer dan -100%	Heel sterke daling opbrengsten Heel sterke stijging kosten



De belangrijkste parameter is het familiaal arbeidsinkomen. Dat is wat de landbouwersfamilie ontvangt. Gemiddeld werken er bijna twee voltijdse equivalenten op een melkveebedrijf, vaak in familiale context. Het netto bedrijfsresultaat is voor 2017-2021 gemiddeld negatief. Niet alle familiaal ingezette arbeid wordt dus vergoed. Er zijn echter wel grote schommelingen in het netto bedrijfsresultaat van deze bedrijven, ten gevolge van het dalen of stijgen van de melkprijs en de gestage stijging van de kosten. Bovendien zijn er ook grote verschillen tussen de melkveebedrijven. De landbouwpremies spelen een belangrijke rol en zorgen voor meer dan een kwart (29%) van het familiaal arbeidsinkomen. De grootste uitgavenpost van een melkveehouderij (28%) is de aankoop van veevoeder, vooral de aankoop van krachtvoeder. Daarna volgen de afschrijvingen en intresten van de investeringen in gebouwen, infrastructuur en materieel van het bedrijf (21%) (Sannen et al., 2024).

4.2.3. Case 2 - Standaard melkveebedrijf met groter areaal (kringloop)

Case 2 is de kringloopvariant van het gemiddelde Vlaamse melkveebedrijf, op basis van uitbreiding van het bedrijfsareaal en met behoud van de veestapel. Door het veranderde rantsoen daalt de melkproductie per koe. Dit leidt tot een belangrijke daling van de opbrengsten uit de verkoop van melk. De toegenomen landbouwpremies (productieve graskruidenmix, eiwitteelten, grasstroken en perceelsranden) compenseren het verlies aan melkopbrengsten onvoldoende, zodat er een lichte daling is van de totale omzet van het bedrijf.

De variabele kosten dalen sterk. Dit komt door de heel grote besparing op de krachtvoederkost. De kosten voor zaad- en pootgoed, energie en loonwerk nemen sterk toe doordat het areaal toeneemt. Geen kunstmest gebruiken betekent ook een kostenbesparing. Door het kleinere areaal waar chemische onkruidbestrijding mogelijk is²⁴, daalt het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen licht. De vaste kosten nemen sterk toe. Dit komt vooral door de toegenomen grondlasten en de investeringen in nieuw landbouwmaterieel.

Of het arbeidsinkomen versterkt dan wel daalt hangt af van de mate waarin de bedrijfsleider erin slaagt de daling van de melkproductie onder controle te houden. Deze factor is zeer cruciaal voor de rendabiliteit. De landbouwer kan hieraan werken door het optimaliseren van het rantsoen en van de eigen teelt van de voedergewassen. Ook de landbouwpremies zijn hier een belangrijke factor (Tabel 18).

4.2.2. Case 3 - Gemengd melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtaak

Voor het gangbaar melkveebedrijf van case 3 vertrokken we van een gemengd melkveebedrijf met een kleine akkerbouwtaak in een omgeving met wat meer ruimtelijke en juridische beperkingen (bijvoorbeeld Vlaamse Ardennen of Voerstreek).

²⁴ Grasklaver en mengteelten van een graan met een vlinderbloemige zijn teelten met zowel een één- als een tweezaadlobbige. De meeste onkruidbestrijdingsmiddelen zijn selectief tegen ofwel één- ofwel tweezaadlobbigen.



Vergoeding eigen arbeid	€ -88.025
Netto bedrijfsresultaat	€ -9.473

Dit landbouwbedrijf heeft een arbeidsinkomen vergelijkbaar met case 1. De familiale arbeidsinput op dit bedrijf is wat groter door het grotere areaal en de grotere complexiteit van een gemengd bedrijf. Ook hier zijn de kosten voor het aangekochte veevoeder de grootste uitgavenpost. Door de akkerbouwtaak en de eigen ruwvoederdeelt zijn de kosten voor aangekochte zaden, meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen hoger. Door het grotere areaal heeft dit bedrijf nauwelijks mestafzetkosten. Ook hier vormen de landbouwpremies een belangrijk deel van het arbeidsinkomen. Deze zijn hoger dan in case 1 door het grotere areaal, aangezien de meeste landbouwpremies hectaregebonden zijn.

4.3.4. Case 4 - Gemengd kringloop melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtaak met minder dieren (kringloop)

Case 4 is de kringloopvariant van case 3, het gemengde melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtaak, gerealiseerd door het dalen van de veestapel en het behoud van het bedrijfsareaal. Het verlies aan melkopbrengsten door de kleinere veestapel werkt hier sterk door. De totale omzet gaat sterk achteruit. De toegenomen landbouwpremies kunnen dit onvoldoende compenseren. Er is een sterke besparing in de variabele kosten. Enerzijds dalen de veegebonden kosten door de kleinere veestapel en anderzijds kan heel sterk bespaard worden op de voederkosten. Geen kunstmest gebruiken betekent ook een kostenbesparing. Door het grotere areaal grasklaver daalt het gebruik aan gewasbeschermingsmiddelen. De vaste kosten dalen heel lichtjes. Ondanks de daling in de kosten weegt het verlies aan omzet sterk door, zodat uiteindelijk het arbeidsinkomen sterk onder druk komt te staan (Tabel 18).

4.3.5. Case 5 - Geoptimaliseerd gemengd kringloop melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtaak met minder dieren (kringloop)

Omdat we vaststelden dat case 4 een sterk negatieve impact heeft op het arbeidsinkomen, creëerden we een extra case, waarbij wordt ingezet op een kleinere veestapel met melk- en vleesproductie via een dubbeldoelras. Net als in case 4 dalen de inkomsten uit de verkoop van melk heel sterk. Dit wordt een beetje opgekrikt dankzij de omschakeling naar bio en de iets hogere melkprijs. Elk jaar worden op dit bedrijf een 19-tal eigen runderen afgemest en als vlees in thuisverkoop verkocht. Hierdoor nemen de opbrengsten uit neventakken heel sterk toe en stijgen ook de kosten voor slachthuis, beenhouwerij en thuisverkoop. Deze nieuwe neventak betekent een belangrijke positieve toegevoegde waarde voor het bedrijf en zorgt zo voor een zeer belangrijke compensatie voor de gedaalde melkopbrengsten. Net als in de andere kringloopcases stijgen de landbouwpremies. Alles samen maakt dat hierdoor de totale opbrengsten nagenoeg gelijk kunnen blijven aan case 3.



Ondanks de grote neventakkosten dalen de variabele kosten door de heel sterk gedaalde krachtvoederkosten. De vaste kosten nemen wel sterk toe door de gestegen investeringen in enerzijds de uitrusting voor de thuisverkoop van vlees en anderzijds het materieel voor mechanische onkruidbestrijding in bio. Al deze optimalisaties maken het mogelijk om het arbeidsinkomen overeind te houden in vergelijking met de Ausgangssituatie (Tabel 18).

Tabel 18: Bedrijfseconomische evaluatie van de drie kringloopcases ten opzichte van de twee gangbare Ausgangssituaties (case 2 ten opzichte van case 1, cases 4 en 5 ten opzichte van case 3) (donkerrood = heel erg negatief, rood = erg negatief, roze = negatief, oranje = licht negatief, geel = neutraal, lichtgroen = licht positief, groen = positief, donkergroen = erg positief, groenzwart = heel erg positief, wit = niet van toepassing)

	Case 2	Case 4	Case 5
Totale opbrengsten	Oranje	Rood	Geel
Verkoop melk	Roze	Donkerrood	Donkerrood
Verkoop dieren	Geel	Roze	Roze
Akkerbouwgewassen	Lichtgroen	Rood	Rood
Neventakken	Geel	Geel	Donkergroen
Premies	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen
Variabele kosten	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen
Krachtvoeder	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen
Bijproducten (zoals ruwvoeder)	Geel	Geel	Geel
Dierenarts	Geel	Donkergroen	Donkergroen
Mestafzet	Lichtgroen	Lichtgroen	Lichtgroen
Zaad en pootgoed	Rood	Geel	Rood
Meststoffen	Donkergroen	Donkergroen	Donkergroen
Gewasbeschermingsmiddelen	Lichtgroen	Donkergroen	Donkergroen
Energie	Rood	Donkergroen	Geel
Werk door derden en seizoensarbeid	Rood	Geel	Geel
Neventakkosten	Wit	Wit	Donkerrood
Vaste kosten	Rood	Lichtgroen	Rood



Wanneer we het aantal melkkoeien van case 1 en case 3 vermenigvuldigen met het gemiddelde krachtvoedergebruik per koe per jaar, kennen we het totale krachtvoedergebruik van dat bedrijf. Door dit te vermenigvuldigen met het gehalte aan stikstof van dit krachtvoeder, kennen we de totale import in kilogram stikstof via krachtvoeder. Wanneer we dit delen door het aantal hectare kennen we de aanvoer in kilogram stikstof per hectare via krachtvoeder van de onderzochte case. De formule die we hanteren is dus:

$$\text{Aanvoer krachtvoeder/ha} = (\text{gemiddelde krachtvoederverbruik per koe per jaar} * \text{aantal koeien bedrijf} * \text{kg N/kg krachtvoeder}) / \text{bedrijfsoppervlakte}$$

4.3.1.2. Bijproducten

Op basis van dezelfde landbouwcijfers van het Agentschap Landbouw en Zeevisserij weten we dat het gemiddelde Vlaamse melkveebedrijf (2017-2021) 664 kilogram bijproducten gebruikt per koe per jaar. In overeenstemming met het in 4.3.1.1. beschreven rantsoen (Curial et al., 2018), gaan we ervan uit dat het hier om perspulp gaat. Volgens het Centraal Veevoerbureau (2022)²⁵ heeft deze voedercomponent een gemiddeld stikstofgehalte van 0,014 kilogram stikstof per kilogram product. We hanteren een gelijkaardige formule als in 4.3.1.1. om de aanvoer aan stikstof via de bijproducten per hectare te kunnen berekenen:

$$\text{Aanvoer bijproducten/ha} = (\text{gemiddeld verbruik van bijproducten per koe per jaar} * \text{aantal koeien op het bedrijf} * \text{kg N/kg bijproducten}) / \text{bedrijfsoppervlakte}$$

4.3.1.3. Kunstmest

Om voor case 1 het verbruik van kunstmest per hectare te kennen, vertrekken we van het totale verbruik aan kunstmest in de gespecialiseerde melkveehouderij in Vlaanderen. Uit de landbouwcijfers van het Agentschap Landbouw en Zeevisserij²⁶ blijkt dit voor 2018 om 18.700 ton stikstof te gaan. In 2018 waren er volgens dezelfde landbouwcijfers 2.802 gespecialiseerde melkveebedrijven met een gemiddelde oppervlakte van 52,77 hectare. Hieruit kunnen we concluderen dat op een gespecialiseerd melkveebedrijf gemiddeld 126 kilogram stikstof per hectare aan kunstmest wordt verbruikt. Omdat er geen gemiddelden bestaan van het kunstmestverbruik voor de jaren 2017-2021 hanteren we de cijfers voor 2018. Dit zijn de meest recente gegevens van het Agentschap Landbouw en Zeevisserij.

Case 3 is een gemengd melkveebedrijf met een kleine akkerbouwtak. Voor het areaal grasland en maïs hanteren we hetzelfde kunstmestverbruik als in case 1. Om het kunstmestverbruik van het akkerbouwgedeelte van het bedrijf te kennen, kijken we naar het gemiddelde kunstmestverbruik voor de teelten vermeld in het teeltplan van case 3. Ook hier gebruiken we de landbouwcijfers van

²⁵ <https://www.cvbdiervoeding.nl/pagina/10640/voederwaardecalculator-en-productbladen.aspx>

²⁶ <https://landbouwcijfers.vlaanderen.be/landbouw/melkvee/kunstmestgebruik-melkvee-stikstof>



2018 (Tabel 20). Als we deze kunstmestgift verdelen over het teeltplan van deze case komen we uit op een gemiddelde kunstmestgift van 128 kilogram stikstof per hectare.

Tabel 20: Gemiddelde verbruik van kunstmest in kilogram stikstof per hectare voor enkele akkerbouwteelten in 2018 (Bron: landbouwcijfers, Agentschap Landbouw en Zeevisserij)

suikerbieten	93
graan	168
aardappelen	121,5

De drie kringloopcases gebruiken geen kunstmest.

4.3.1.4. Stikstoffixatie

In Hoofdstuk 2 legden we de rol van de stikstoffixatie uit in kringlooplandbouw. Vlinderbloemigen nemen stikstof uit de lucht op en zetten deze om in plantopneembare stikstofverbindingen. Op die manier zorgen zij voor een aanvoer van extra stikstof op het bedrijf. Conform Verbruggen et al. (2003) hanteren we hier 60 kilogram stikstoffixatie per hectare voor grasklaver.

4.3.1.5. Stikstofdepositie

We gebruiken de gemiddelde stikstofdepositie in Vlaanderen berekend door de Vlaamse Milieumaatschappij²⁷. Voor 2021 is dit 22,5 kilogram stikstof per hectare.

4.3.1.6. Stro en mest

In de cases hebben we geen aanvoer van stro en dierlijke mest voorzien.

4.3.2. Afvoer

4.3.2.1. Dieren

Om het aantal afgevoerde dieren te kennen baseren we ons op de kengetallen voor gespecialiseerde melkveebedrijven in de landbouwcijfers van het Agentschap Landbouw en Zeevisserij²⁸. We baseren ons op de gemiddelden voor de jaren 2017-2021 en passen telkens de berekeningswijze toe zoals beschreven in 4.1.

²⁷ <https://www.vmm.be/lucht/stikstof/stikstofdepositie>

²⁸ <https://landbouwcijfers.vlaanderen.be/bedrijfseconomische-resultaten-bedrijfstakingen>



We berekenen de aantallen afgevoerde reforme koeien, andere runderen (vaarzen, jonge stieren) en nuchtere kalveren²⁹. Deze aantallen vermenigvuldigen we met het gemiddelde gewicht voor deze drie diercategoriën om zo de afgevoerde kilo's vlees te kennen. We gebruiken een factor 0,0253 kilogram stikstof per kilogram levend gewicht (Van der Hoek, 1990) om de stikstofafvoer te berekenen (Verbruggen et al., 2003).

Om het aantal afgevoerde nuchtere kalveren te kennen, berekenen we het aantal levend geboren kalveren op het bedrijf aan de hand van de kalvingsindex en het percentage levend geboren kalveren uit de landbouwcijfers. Op basis van de beschrijving van de cases in 4.1. weten we hoeveel vaarzen er zijn in de leeftijdscategorie jonger dan 1 jaar. Zo weten we ook hoeveel vrouwelijke vaarskalveren er al verkocht werden als nuchtere kalveren.

Het aantal afgevoerde vrouwelijke reforme runderen kunnen we berekenen aan de hand van het vervangingspercentage uit de kengetallen van de landbouwcijfers van het Agentschap Landbouw en Zeevisserij. Rekening houdend met het sterftepercentage kunnen we ook het aantal afgevoerde andere runderen (vaarzen, mannelijke volwassen runderen) berekenen.

In Tabel 21 worden deze berekeningen overzichtelijk per case weergegeven.

²⁹ Nuchtere kalveren zijn kalveren van ongeveer 14 dagen oud.



Tabel 21: Overzicht van de berekeningen per case van de stikstofafvoer op een melkveebedrijf via de afvoer van dieren (NUKA = nuchtere kalveren)

	case 1	case 2	case 3	case 4	case 5
oppervlakte	56	98	67	67	67
aantal melkkoeien	88,58	88,58	77	66	49
aantal lacterende koeien	79	79	69	60	44
aantal vrouwelijke vaarzen < 1 jaar	32	32	28	25	18
Percentage levend geboren kalveren melkvee	94,64	94,64	94,64	94,64	94,64
Sterftepercentage kalveren melkkoeien (< 1 maand)	7,96	7,96	7,96	7,96	7,96
Kalvingsindex melkkoeien	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
aantal levend geboren stierkalveren	43,6	43,6	37,9	32,5	24,1
aantal levend geboren vaarskalveren	40,2	40,2	35,0	30,0	22,2
aantal levende stierkalveren op 1 maand	40,1	40,1	34,9	29,9	22,2
aantal levende vaarskalveren op 1 maand	37,02	37,02	32,18	27,58	20,48
aantal verkochte NUKA per jaar	45,13	45,13	39,05	32,47	0,00
gewicht NUKA in kg	45	45	45	45	55
kg N per kg levend rund	0,0253	0,0253	0,0253	0,0253	0,0253
totaal kg N via afgevoerde NUKA	51,4	51,4	44,5	37,0	0,0
Vervangingspercentage melkkoeien	30,74	30,74	30,74	30,74	30,74
aantal afgevoerde volwassen runderen per jaar	27,23	27,23	23,67	20,29	19,00
levend gewicht afgevoerde koe in kg	650	650	650	650	750
kg N per kg levend rund	0,0253	0,0253	0,0253	0,0253	0,0253
totaal kg N via afgevoerde levende runderen	447,8	447,8	389,3	333,7	360,5
sterftepercentage runderen > 1 maand	6,4%	6,4%	6,4%	6,4%	6,4%
aantal afgevoerde andere runderen per jaar	15,2	15,2	13,4	12,4	28,1
levend gewicht afgevoerde andere runderen in kg	425,0	425,0	425,0	425,0	475,0
totaal afgevoerd gewicht in kg	6451,9	6451,9	5681,4	5267,5	13338,0
kg N per kg levend rund	0,0253	0,0253	0,0253	0,0253	0,0253
totaal kg N via afgevoerde andere runderen	163,2	163,2	143,7	133,3	337,5
Totaal afgevoerde N via dieren	662	662	577	504	698
per ha	12	7	9	8	10

4.3.2.2. Melk

De afvoer via melk kennen we door de geproduceerde hoeveelheid melk te berekenen aan de hand van de beschrijving van de cases in 4.1. Dit vermenigvuldigen we met een gehalte van 0,0054 kilogram stikstof per kilogram melk³⁰ om de afvoer aan stikstof via melk te kennen (Smolders & Laurysen, 2022). Het resultaat bevindt zich in Tabel 22.

³⁰ We vonden geen indicatie dat het gehalte aan stikstof in de melk anders zou zijn bij bedrijven met lagere bemesting of minder krachtvoer.



hot					
Stikstof-efficiëntie	45%	72%	35%	75%	65%

Verbrugge et al. (2003) geven een beeld van de evolutie van de stikstofbalans op Vlaamse gespecialiseerde melkveebedrijven, aan de hand van de gemiddelde cijfers van 1989 tot 2001 van het toenmalige Centrum voor Landbouweconomie (het huidige monitoringsnetwerk van het Agentschap Landbouw en Zeevisserij). In Tabel 25 laten we de cijfers zien voor het begin- en eindjaar. Het gemiddelde bedrijfsoverschot daalde in die periode met 37 % en de stikstofefficiëntie nam toe van 15% tot 22%. De afname van het stikstofoverschot was voornamelijk het resultaat van een verminderde aanvoer van kunstmest en een afname van het krachtvoederverbruik. De afvoer van stikstof in vlees, melk en akkerbouwgewassen bleef stabiel. Merk op dat de stikstofdepositie in die periode meer dan dubbel zo hoog was als nu. De vergelijking van de stikstofbalansen van onze twee uitgangssituaties (case 1 en 3 in Tabel 24) met de Vlaamse gegevens voor 1989 en 2001 (Tabel 25), leert ons dat de stikstofefficiëntie op de gemiddelde Vlaamse melkveebedrijven in positieve zin is geëvolueerd.

We ontvingen van ir. M.H.A. de Haan van Wageningen University and Research de ingevulde kringloopwijzer voor 2022 van het proefbedrijf De Marke. Ook hieruit konden we een stikstofbalans afleiden. Het agro-innovatiecentrum De Marke is gevestigd in Hengelo (Nederland) op 55 hectare lichte zandgrond en omvat een diverse melkveehouderij met 80 melkkoeien en 42 stuks jongvee. Het bedrijf produceert jaarlijks 800.000 kilogram melk met een gemiddelde van 9.800 kilogram melk per koe. De bedrijfsvoering richt zich op duurzaamheid en productiviteit, met een focus op een lage emissie van stikstof, ammoniak, fosfaat en methaan, en een beperkte beweiding om nitraatuitspoeling te voorkomen. Het teeltplan omvat 14 hectare blijvend grasland, 20 hectare tijdelijk grasland, 13 hectare snijmais, 4 hectare maiskolvensilage, 2 hectare luzerne en 2 hectare proef- en demoveldjes. Op 18,54 hectare grasland is klaver aanwezig met een gemiddelde bezettingsgraad van 6,6 %, zeer beperkt dus. Mest wordt gescheiden en gericht ingezet op basis van bodemwaarden en gewasbehoeften, met proefvelden voor innovatieve oplossingen zoals bodemverbetering en klimaatverandering. Het bedrijf streeft naar een evenwichtige productie die natuurlijke hulpbronnen respecteert en milieu-impact minimaliseert. In vergelijking met het Vlaamse gemiddelde melkveebedrijf is het krachtvoederverbruik lager, maar vooral het kunstmestgebruik is veel lager. Dit bedrijf staat dus een stuk verder in kringlooplandbouw dan het gemiddelde melkveebedrijf. Het bedrijf zet ook in op eigen eiwitteelt met grasklaver en luzerne. De melkproductie is zeer hoog. Toch heeft het bedrijf een stikstofoverschot. Het Nederlandse proefbedrijf De Marke (Tabel 25) scoort maar iets beter dan de huidige Vlaamse situatie (Tabel 24, cases 1 en 3). De huidige Vlaamse situatie staat al veel dichter bij dit Nederlandse proefbedrijf dan bij de Vlaamse situatie in 1989 en 2001. Er is dus al een heel traject afgelegd in de Vlaamse



Tabel 28: Overzicht berekende nitraatresiduen in case 3 - Gemengd melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtaak

Teelten	Oppervlakte (ha)	Nitraatresidu 2015-2022 in kg N/ha	Totaal nitraatresidu in kg N
Grasland	25	51,5	1288
Gras-klover	4	44,5	178
Maïs	21	87,1	1829
Suikerbieten	3	49	147
Aardappelen	6	127	762
Granen	6	64,1	385
Totaal		68	4588

Tabel 29: Overzicht berekende nitraatresiduen in case 4 - Gemengd melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtaak met minder dieren (kringloop)

Teelten	Oppervlakte (ha)	Nitraatresidu 2015-2022 in kg N/ha	Totaal nitraatresidu in kg N
Natuurgrasland	6	13,4	80
Gras-klover	37,5	13	488
Bieten	1,5	26,5	40
Granen	7	35,6	250
Mengteelt wintergraan/veldbonen	12	41,6	499
Mengteelt zomergraan/veldbonen	3	55,5	167
Totaal	67	23	1523



Tabel 30: Overzicht berekende nitraatresiduen in case 5 - Geoptimaliseerd gemengd melkveebedrijf met beperkte akkerbouwtak met minder dieren (kringloop)

Teelten	Oppervlakte (ha)	Nitraatresidu 2015-2022 in kg N/ha	Totaal nitraatresidu in kg N
Natuurgrasland	11	13,4	147
Gras-klover	31	13	403
Bieten	1	26,5	27
Granen	8	35,6	285
Mengteelt wintergraan/veldbonen	13	41,6	541
Mengteelt zomergraan/veldbonen	3	55,5	167
Totaal		23	1569

5. Discussie en conclusies

5.1. Bedrijfseconomische evaluatie

Het is niet het doel van deze studie om een bedrijfseconomische evaluatie te maken van kringlooplandbouw. Toch hebben we op een ruwe manier willen afoetsen wat bedrijfseconomische gevolgen kunnen zijn en hoe hierop ingespeeld kan worden. Kringlooplandbouw wordt immers maar realistisch wanneer het bedrijfseconomisch plaatje klopt. Uit de berekeningen leiden we volgende vaststellingen af.

De opbrengsten uit verkoop van melk dalen - Welke weg er ook gekozen wordt, kringlooplandbouw zal in meer of mindere mate de inkomsten uit de verkoop van melk doen dalen omdat minder dieren per hectare kunnen worden gehouden en de melkproductie per koe daalt. De samenstelling van het rantsoen en een goede teelt van eigen voeders zijn zeer cruciale factoren die de rendabiliteit beïnvloeden. Goed bodembeheer, een goede teeltrotatie, het optimaal gebruik van vlinderbloemigen in de rotatie, het beperken van stikstofverliezen in de stal, tijdens de mestopslag en op het land zijn cruciaal om de melkproductie op een voldoende hoog niveau te houden. Een hogere verkoopprijs voor de melk heeft een belangrijk milderend effect op het dalen van het verkochte melkvolume. Dat maakt een biolabel interessant omdat dan doorgaans een hogere melkprijs kan worden bekomen. Sommige melkverwerkende bedrijven geven hun leveranciers ook een surplus wanneer bepaalde duurzaamheidsindicatoren worden gehaald. Zo kan de markt ook een rol spelen in het stimuleren van kringlooplandbouw.

////////////////////////////////////

Landbouwpremies en vergoedingen zijn sturend - In het nieuwe gemeenschappelijk landbouwbeleid werden enkele ecoregelingen, agro-milieuklimaatmaatregelen en beheerovereenkomsten voorzien die aansluiten bij een kringloopaanpak in de melkveehouderij. Het gaat onder meer over:

- ecologisch beheerd grasland, behoud meerjarig grasland;
- verhoging organische koolstofgehalte;
- eenjarige vlinderbloemige teelten en mengteelten;
- gras-klaver, gras-luzerne, gras-kruidenmengsel;
- vruchtafwisseling met vlinderbloemigen;
- mechanische onkruidbestrijding;
- biopremie;
- bufferstroken, perceelsranden, botanisch beheer van graslanden en weidevogelbeheer.

Ook het Vlaams Investeringsfonds en de Programmatische Aanpak Stikstof zijn sturend op bedrijfsniveau. Deze twee regelingen zijn soms steunend voor een kringloopaanpak³², maar stimuleren landbouwbedrijven nog vaak om meer in te zetten op effectgerichte maatregelen, zoals emissiearme stallen. Deze ontwikkelrichting is moeilijker combineerbaar met de kringloopaanpak. Wanneer het ondersteuningsbeleid vooral inzet op effectgerichte maatregelen wordt het kringloopalternatief minder interessant.

Beloningssystemen, zoals in Nederland toegepast, kunnen ook bijdragen - Mogelijke prestatie-indicatoren zijn:

- aantal dieren per hectare (totale veestapel in grootvee-eenheden in verhouding tot de totale bedrijfsoppervlakte);
- eigen eiwitteelt (aandeel eigen geteelde eiwitten/totale eiwitbehoefte veestapel);
- eiwitarm rantsoen (aandeel ruw eiwit in totaal rantsoen rundvee (gram ruw eiwit per kilogram droge stof);
- weidegang (aantal uur per jaar);
- gebruik van externe mest (kunstmest, dierlijke mest van buiten het bedrijf) (kilogram stikstof per hectare)
- stikstofbodemoverschot voor grasland, maisland en bouwland (kilogram stikstof per hectare).

Besparing op krachtvoeder en andere variabele kosten - De grote bedrijfseconomische motor voor de kringloopaanpak is de besparing op de aankoop van krachtvoeder. Op gangbare bedrijven is dit wel de helft van de variabele kosten. Als dit volledig kan worden vervangen door de eigen teelt van eiwitten, levert dit een zeer grote besparing op³³. Door minder afhankelijk te zijn van duur krachtvoeder, kunnen melkveehouders hun saldo per liter melk verbeteren. Dit komt doordat de

³² Het Vlaams Investeringsfonds bevat bijvoorbeeld de maatregel 'opstart van of omschakeling naar een toekomstgerichte duurzame ondernemingsstrategie op een landbouwbedrijf' kan landbouwers ondersteunen in de richting van een kringloopaanpak, verbreding en korte keten.

³³ Uiteraard betekent meer eiwitten van eigen land dat ofwel meer land nodig is, ofwel dat er minder eigen ruwvoer kan worden geteeld. De teelt van eiwitgewassen zoals grasklaver, luzerne, veldbonen, en andere brengt ook eigen teeltkosten met zich mee.



kosten per liter geproduceerde melk dalen, terwijl de verkoopprijs van melk doorgaans stabiel blijft of - in het geval van bio - toeneemt. Een kringlooppaanpak stimuleert daarenboven efficiënt gebruik van beschikbare middelen op het landbouwbedrijf. Kosten als mestafzet, bestrijdingsmiddelen en dierenarts kunnen in meer of minder mate dalen. Door deze efficiëntie hebben melkveehouders minder input nodig om dezelfde hoeveelheid melk te produceren, wat de variabele kosten per liter melk verlaagt. Of het uiteindelijk leidt tot een stijging of een daling van het arbeidsinkomen hangt af van de mate waarin het toegenomen saldo per liter melk het verlies aan geproduceerd volume melk compenseert.

Grondlast weegt sterk door - Een kringlooppaanpak betekent minder dieren per hectare. Ofwel moet het bedrijf een grotere oppervlakte hebben (case 2) ofwel kan er minder vee gehouden worden (case 4 en 5). Extra grond pachten of kopen weegt sterk door in de rendabiliteit. In case 2 hebben we de toename van grond zichtbaar gemaakt door een gestegen pacht. Dit kan ook via aankoop gebeuren, met bijgevolg een sterke stijging van de kosten voor afschrijvingen en intresten. In het veerantsoen voorzagen we een aandeel natuurbeheerhooi. Dit heeft niet alleen voedertechische voordelen (structuur), maar ook bedrijfseconomische voordelen. Er kunnen gebruiksovereenkomsten worden gesloten met natuurbeheerders. Doorgaans zijn deze gratis, zodat extra areaal aan het bedrijf kan worden toegevoegd, zonder dat dit leidt tot een verhoging van de grondlast.

Ondernemerschap en vakmanschap bepalen succes kringlooppaanpak - Deze berekeningen op basis van gemiddelde cijfers kunnen ons niet vertellen of kringlooplandbouw al dan niet rendabel is. Gemiddelde cijfers zijn gebaseerd op een brede waaier aan verschillende landbouwbedrijven met elk hun eigen specifieke kenmerken. Deze gemiddelden kunnen ons wel helpen om bepaalde trends in beeld te brengen en te identificeren welke de voornaamste veranderingen in inkomsten en kosten zijn. Het ondernemerschap van de bedrijfsleider en de specifieke bedrijfskenmerken zullen bepalen of een kringlooppaanpak wel of niet zal leiden tot een versterking van het familiaal arbeidsinkomen. In case 5 zorgen diversificatie, verbreding en ketenverkorting voor een aanzienlijke verbetering van het familiaal arbeidsinkomen in vergelijking met case 4.

5.2. Evaluatie van de kansen voor het beperken van stikstofverliezen

Tabel 31 bevat een overzicht van de resultaten van de vijf onderzochte cases. Het is belangrijk om te benadrukken dat er veeleer naar de relatieve verhoudingen dan naar de absolute waarden moet worden gekeken.



Tabel 31: Overzicht van de resultaten voor de vijf cases

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
Basisgegevens					
Kringloop	nee	ja	nee	ja	ja
Aantal melkkoeien	88	88	77	66	49
Aantal grootvee-eenheden	117	117	102	88	91
Oppervlakte (ha)	56	98	67	67	67
Bemeste oppervlakte (ha)	54	80	65	62	56
Totale stikstofexcretie veestapel (kg N)	13.480	11.900	11.375	8.979	8.510
Stikstofbalans					
Stikstofbalans (kg N per ha)	150	15	157	15	19
Stikstofefficiëntie	45%	72%	35%	75%	65%
Nitraatresidu					
Nitraatresidu (kg N)	3.561	2.111	4.588	1.523	1.568
Nitraatresidu (kg N per ha)	64	22	68	23	23

Stikstofefficiëntie verbetert en nitraatresiduen verminderen - De berekeningen tonen aan dat alle kringloopcases aanzienlijk beter scoren dan hun uitgangssituaties voor wat betreft stikstofefficiëntie en nitraatresiduen. Dit bevestigt dat de kringloopaanpak in de melkveehouderij kan bijdragen aan het verminderen van de stikstofdruk op de omgeving. De factoren die hier aan de basis van liggen zijn:

- geen of minder krachtvoeder;
- meer vlinderbloemigen voor eigen eiwitteelt en voor bodemzorg;
- minder bemesting per hectare;
- geen of minder kunstmest;
- minder drijfmest en meer vaste mest;
- minder dieren per hectare;
- minder melkproductie per koe;
- minder teelten met hoge nitraatresiduen (maïs);
- meer weidegang.



Deze factoren houden alle verband met een grondgebonden bedrijfssysteem. Het effect van eiwitarmere rantsoenen kon niet worden meegenomen in de berekeningen. Daardoor zijn de voordelen van het kringloopsysteem misschien zelfs nog groter.

Veel minder stikstof per hectare - In een kringloopbedrijf daalt de totale stikstofexcretie per hectare door de daling van het aantal dieren per hectare en door de daling van de melkproductie per koe. Hierdoor wordt er op een kringloopbedrijf minder stikstof geproduceerd, wat een gunstig effect heeft op mogelijke stikstofverliezen. De hoeveelheid beschikbare stikstof uit dierlijke mest per bemeste oppervlakte daalt sterk. In case 4 en 5 wordt ook stalmest gebruikt en in verhouding minder drijfmest. Daarenboven wordt deze dierlijke bemesting niet aangevuld met kunstmest waardoor de totale bemestingsdruk per hectare op kringloopbedrijven nog meer daalt.

Aangepast teeltplan - Het teeltplan heeft directe gevolgen voor de nitraatresiduen. Het verminderen van maïs, een teelt met gemiddeld hoge nitraatverliezen, is hiervoor verantwoordelijk. Een kringloopbedrijf teelt zelf meer eiwitten omdat er geen eiwitrijk krachtvoeder wordt aangekocht. Vlinderbloemigen spelen hierin een belangrijke rol. Maïs is een teelt die vooral zetmeel bevat en weinig eiwitten. Daarom zullen kringloopbedrijven meer eiwitrijke teelten in hun teeltplan opnemen en minder maïs.

Beter bodembeheer - We simuleerden de effecten van het beter bodembeheer door de gemiddelde nitraatresiduen onder biologische landbouw te nemen. We argumenteren dit omdat een aantal verplichte praktijken uit de biologische landbouw dicht aansluit bij de noodzakelijke aanpassingen in onze kringloopcases zoals geen kunstmest, maximum 170 kilogram stikstof per hectare en meer vlinderbloemigen in het teeltplan. In de kringloopcases is het nitraatresidu per hectare meer dan de helft minder dan in de uitgangssituatie. Dit is een opvallende verbetering. In biologische landbouw geldt naast de hoger vermelde verplichte praktijken ook een verbod op het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Dit is geen element dat in dit onderzoek naar voren werd geschoven als onderdeel van de kringloopaanpak.

5.3. Conclusies

De resultaten uit de literatuurstudie en uit de berekeningen bevestigen elkaar. Kringlooplandbouw biedt **veel kansen voor de vermindering van stikstofverliezen naar de omgeving.**

Kringlooplandbouw verhoogt de stikstofefficiëntie en verlaagt de stikstofresiduen. Een groter deel van de toegediende stikstof wordt dus effectief benut en omgezet in melk of andere producten, wat gunstig is voor zowel de landbouwpraktijk als de omgeving.

De vier hefbomen die de melkveehouder in handen heeft zijn:

- Het **veevoeder**, dat zo veel mogelijk ter plaatse wordt geproduceerd, met veel inbreng van vlinderbloemigen, met een lager gehalte ruw eiwit, waardoor extern krachtvoeder minder nodig is;



- De **bemesting**, die beperkter is, die zo veel mogelijk ter plaatste wordt geproduceerd, waarbij boerderijcompost en stalmest voorkeur verdienen boven drijfmest, waarbij vlinderbloemigen een rol spelen, waardoor kunstmest minder nodig is;
- Het **teeltplan**, met meer grasland en meer eiwitteelten, waaronder meer vlinderbloemigen, meer weidegang, minder dieren per hectare, waarbij het aandeel maïs met zijn hoog nitraatresidu lager is;
- De **zorg voor een structuurrijke bodem**, met meer vlinderbloemigen en andere groenbedekkers met diepe beworteling, met een optimaal gehalte organisch materiaal, met minder bodembewerking met lichtere machines op het gepaste tijdstip.

Deze hefbomen zijn alle nauw met elkaar verbonden. Zo leidt minder bemesting tot eiwitarmere veevoeding, waardoor de mest opnieuw minder stikstof bevat. Vlinderbloemigen ondersteunen alle hefbomen. Kringlooplandbouw vergt ingrepen in alle schakels van een melkveebedrijf, het vergt een **stelsysteem**. Daarbij is **grondgebondenheid** sturend. De veestapel staat in verhouding tot het lokaal beschikbare veevoeder en de bemestingsruimte. Dit kan binnen een bedrijf gebeuren of door een samenwerking tussen bedrijven.

Zoektocht naar optima - Een kringlooplandbouwsysteem wordt als het ware 'ont-stikstof', hetgeen zowel tot minder stikstofverliezen als minder productie leidt. Dankzij de bodemkwaliteit, met meer organisch materiaal, wordt stikstof ook beter vastgehouden en meer geleidelijk vrijgegeven. Het kringlooplandbouwsysteem bevat veel meer organisch materiaal, maar ook weer niet té veel. De uitdaging bestaat erin de optima te vinden, met meer organisch materiaal en minder stikstof in circulatie, waarbij de productie de veehouder toch voldoende inkomen bezorgt. De veel geringere inputkosten, door het uitfaseren van kunstmest en externe krachtvoeder, zorgen ervoor dat minder productie niet noodzakelijk tot minder inkomen leidt.

Transitiepad - In de onderzochte kringloopcases zagen we dat de mest van de eigen veestapel net voldoende was om voeder voor die veestapel te produceren. Zonder extra input van stikstof via vlinderbloemigen kan het systeem niet blijven voortbestaan. Enerzijds kunnen stikstofverliezen nooit volledig worden uitgeschakeld, anderzijds worden er in een landbouwsysteem sowieso nutriënten afgevoerd onder de vorm van landbouwproducten. De onderzochte kringloopcases zonder aanvoer van nutriënten van buitenaf zijn interessante theoretische modellen, maar kunnen niet in die vorm in de praktijk worden omgezet. Wat nodig is, is een zoektocht naar hoe de input van externe nutriënten af te bouwen, zoals ook in de Nederlandse voorbeelden gebeurt. Daarbij wordt gezocht hoe nutriënten, die anders verloren zouden gaan, te recupereren. Dit kan zowel binnen het bedrijf als in de directe omgeving. Ook groenafval, natuurbeheerresten en reststromen van lokale voedselverwerkers kunnen een plaats krijgen in kringlooplandbouw. Ten slotte moet ook worden nagedacht over hoe nutriënten die door mensen worden uitgescheiden terug in het systeem te krijgen. Kringlooplandbouw is dus een ontwikkelrichting.

Talrijke voordelen - Kringlooplandbouw biedt niet alleen kansen voor de vermindering van stikstofverliezen (in de eerste plaats ammoniak en nitraat), maar vermindert ook de emissies van broeikasgassen (zoals lachgas, stikstofmonoxide en methaan) en legt meer koolstof vast (organisch



materiaal in de bodem). Door de kortere ketens en de gereduceerde bodembewerking met lichtere machines is het verbruik van fossiele brandstoffen ook geringer. De vermindering van de stikstofverliezen en het afremmen van klimaatverandering dragen bij aan natuurherstel. Ook het groter graslandareaal en het hoger gehalte organisch materiaal in de bodem zijn gunstig voor natuurherstel. Kringloopmelkveehouderij heeft talrijke voordelen voor de samenleving (Van Selm et al. 2022, Danckaert et al. 2013, Riera et al. 2019). Ze gaat gepaard met een geringere productie dierlijke eiwitten, hetgeen aansluit bij een dieet dat gezonder is voor mens en planeet³⁴.

5.4. Verder onderzoek

In deze studie focusten we op stikstof, maar het is nodig om ook de stofstromen van in de eerste plaats **fosfor en koolstof** te onderzoeken en de effecten van deze gezamenlijke kringlopen op biodiversiteit en klimaat. Ook fosfor bevindt zich immers buiten de veilige planetaire grenzen en de ontregeling van de koolstofkringlopen brengt het wereldwijde klimaat in gevaar. Melkveehouderij heeft op beide impact.

In Nederland werd de **kringloopwijzer** ontwikkeld. Dit is een model dat de stikstofstromen in de melkveehouderij in beeld brengt. Het betreft de veestapel, het teeltplan en de grondsoort van het bedrijf. Het rantsoen wordt bepaald door de aankopen van krachtvoeder, bijproducten, ruwvoeder en mineralen, samen met de oogsten en voorraden van de eigen voederwinning. Ook mestbewerking, de aanvoer van dierlijke mest en kunstmest van buiten het bedrijf worden meegeteld. Er wordt rekening gehouden met het huisvestingstype en het energiegebruik. De kringloopwijzer brengt daarmee een bedrijfs-, vee- en bodembalans in beeld voor stikstof en fosfor en geeft inzicht in de mineralenkringloop en de benutting ervan. Deze Nederlandse kringloopwijzer werkt met een uitgebreide set aan wetenschappelijk onderbouwde rekenregels die geregeld worden geupdated. Er blijken wel nog beperkingen te zijn. Voor bedrijven met een atypische bedrijfsvoering lijkt de kringloopwijzer niet altijd goed te werken. Het lijkt ons zinvol om ook voor Vlaanderen een dergelijk model te ontwerpen, waarbij rekening wordt gehouden met deze tekortkomingen. Dit zal helpen om de effecten van kringlooplandbouw als PAS-maatregel aantoonbaar te maken.

Dit rapport was enkel een desktopanalyse. Het vraagt om verdere verfijning met **praktijkonderzoek en metingen**. Dit kan gebeuren op proefcentra maar ook op reële melkveebedrijven. Het lijkt zinvol om op participatieve wijze een groep van melkveebedrijven met een kringloopaanpak te vergelijken met meer gangbare bedrijven. Best worden stikstofverliezen via in situ metingen bepaald en niet via rekenmodellen die ontwikkeld zijn om een beeld te geven van de Vlaamse landbouw als geheel. De verliezen naar lucht en naar grond- en oppervlaktewater dienen in kaart te worden gebracht. De stikstofcyclus van het ganse bedrijf dient in beeld te worden gebracht via voederanalyse, mestanalyse, bodemanalyse en eventueel grondwater- en oppervlaktewaterstalen. Het is aangewezen om in dergelijk praktijkonderzoek ook de fosfor- en koolstofcyclus mee te nemen, evenals de biodiversiteitsimpact. Door een totaalaanpak zou het mogelijk moeten zijn om een aantal factoren die nu nog onvoldoende gekend zijn meer in beeld te brengen, zoals bijvoorbeeld de relatie

³⁴ <https://eatforum.org/eat-lancet-commission/the-planetary-health-diet-and-you/>



tussen een kringloopaanpak en het bodembeheer, de mestsamstelling en eventueel het effect van het gebruik van andere types runderen of rassen (bijvoorbeeld dubbeldoelrassen)³⁵. Een aspect dat in dit rapport onvoldoende aan bod is gekomen is de rol van de landbouwer en de grote verschillen tussen de melkveebedrijven. Dit blijkt ook bijvoorbeeld uit het praktijkonderzoek in Noord-Friesland (Sonneveld et al., 2009) en in Drenthe (Kros et al., 2007). De slechtste kringloopbedrijven scoren op sommige stikstofparameters slechter dan de beste gangbare bedrijven. Daarom is het belangrijk dit praktijkonderzoek op zeer **participatieve wijze** uit te voeren.

Een beperking in dit rapport is de beperkte aandacht voor de **bedrijfseconomische impact** van een kringloopaanpak. Landbouwers gaan maar een bepaalde ontwikkelrichting inslaan wanneer hier voldoende bedrijfszekerheid en landbouwinkomen aan gekoppeld is. De voorgestelde kringloopcases werden op basis van bedrijfseconomische gemiddelden afgetoetst. Dit is evenwel onvoldoende om een helder antwoord te kunnen geven op de vraag wanneer en hoe een kringloopaanpak een bedrijfseconomisch duurzame ontwikkelrichting is voor een specifiek melkveebedrijf. Het is aanbevolen om hier nog diepgaander onderzoek naar te doen. Dit is één van de belangrijkste kritische succesfactoren voor het realiseren van meer kringlooplandbouw in Vlaanderen en bijgevolg het terugdringen van stikstofverliezen in de melkveehouderij. De keuze voor een kringloopaanpak hangt voor een melkveebedrijf af van een complex samenspel van economische factoren, duurzaamheidsdoelen, regelgeving en marktvraag. Het is belangrijk dat melkveehouders een weloverwogen beslissing kunnen nemen op basis van hun specifieke bedrijfssituatie en doelstellingen. Goed onderbouwde verdienmodellen kunnen hierbij een leidraad zijn om dit in de praktijk te brengen.

Sommige specifieke aspecten verdienen nader onderzoek. We denken hierbij aan:

- de **effecten van verschillende onderdelen van het rantsoen** op stikstofverliezen. Dit omvat bijvoorbeeld het effect van veldbonen (al dan niet getoast), erwten, het verminderen van het maïsaandeel, het verhogen van grasinname, het toevoegen van kruiden, en het verbeteren van de structuur in het rantsoen. Een verdere analyse van deze elementen kan inzicht verschaffen in hun invloed op de stikstofefficiëntie op melkveebedrijven.
- het **optimaliseren van rantsoenen** voor kringloopbedrijven die hun eigen eiwitten telen. Dit onderzoek kan zich concentreren op het bereiken van een optimaal evenwicht tussen eigen geteelde eiwitten in het rantsoen, met als doel het beperken van stikstofverliezen en tegelijkertijd het optimaliseren van melkproductie. Het is van belang om de interacties tussen verschillende voedingselementen en de impact op de stikstofefficiëntie grondig te begrijpen om praktische richtlijnen te kunnen bieden aan melkveehouders die streven naar een duurzame en efficiënte kringloopbenadering.

Door dergelijke gedetailleerde onderzoeken uit te voeren, kunnen wetenschappelijke inzichten worden gegenereerd die de melkveehouderijsector kunnen ondersteunen bij het nemen van weloverwogen beslissingen voor verbeterde kringlooppraktijken.

³⁵ In Nederland loopt momenteel een onderzoek naar de meerwaarde van dubbeldoelrassen voor natuurinclusieve kringlooplandbouw: <https://www.wur.nl/nl/nieuws/Onderzoek-naar-fokdoel-en-runderrassen-voor-natuurinclusieve-kringlooplandbouw.htm>



In het licht van de onvermijdelijke stikstofverliezen in het voedselproductieproces is er nood aan meer onderzoek naar het **optimaliseren van de nutriëntenkringloop op regionale schaal** in het licht van een circulaire economie, evenals de bevordering van samenwerking tussen de plantaardige en veesector in de landbouw. Door gezamenlijke inspanningen kunnen beide sectoren profiteren van een betere benutting van nutriënten en een meer gebalanceerde kringloop. Onderzoek naar geïntegreerde landbouwsystemen waarbij gezamenlijk wordt gekeken naar de teelt van gewassen en veeteelt op een bedrijf of tussen bedrijven, kan inzicht bieden in de optimale synergieën tussen beide sectoren. Dit omvat bijvoorbeeld onderzoek naar de voordelen, nadelen en praktische mogelijkheden van het gebruik van reststromen uit de akkerbouw, het opnemen van voedergewassen in het teeltplan van akkerbouwbedrijven en het gebruik van meer dierlijke mest in plaats van kunstmest zonder verhoging van de stikstofverliezen. Hierbij zal moeten nagedacht worden over mogelijkheden voor de recuperatie van nutriënten in de verschillende stadia van het voedselproductieproces.

Tot slot is het duidelijk dat een **systeemaanpak** aanzienlijk kan bijdragen aan de wetenschappelijke kennis over kringlooplandbouw in de melkveehouderij. Deze omvat het geïntegreerd bestuderen van alle relevante componenten van het melkveebedrijf, waaronder voeding, mestbeheer, bodemgezondheid en gewasteelt, samen met bedrijfseconomische, macro-economische, sociale en maatschappelijke aspecten. Door deze aspecten als onderling verbonden delen van een geheel te beschouwen, kan een dieper begrip ontstaan van hoe veranderingen in één component invloed kunnen hebben op het hele systeem. Systeemwetenschap benadrukt het belang van continue monitoring en metingen op verschillende niveaus van het agrarische systeem. Door het gedrag van verschillende variabelen in de tijd te volgen, kunnen trends geïdentificeerd worden en kan begrepen worden hoe specifieke ingrepen het systeem beïnvloeden.

Een systeemaanpak vraagt om een **interdisciplinaire aanpak** waarbij niet alleen landbouwkundigen, biologen en milieukundigen, maar ook andere expertises (bijvoorbeeld economie, sociologie of psychologie) aan bod komen. Een systeemaanpak moedigt praktijkgericht onderzoek aan, waarbij wetenschappers direct samenwerken met melkveehouders om real-world situaties te bestuderen. Dit zorgt ervoor dat onderzoeksresultaten beter aansluiten op de praktijk, wat essentieel is voor de toepasbaarheid van kringlooplandbouw. Dit is ook noodzakelijk voor een alomvattende benadering van kringlooplandbouw. Door feedbackmechanismen te identificeren en te begrijpen, kan wetenschappelijk inzicht verkregen worden in hoe het melkveesysteem reageert op veranderingen. Dit helpt bij het verbeteren van de effectiviteit van interventies en het optimaliseren van de kringlooppraktijken.



Vlaamse Landmaatschappij (2024). Normen en richtwaarden 2024, versie januari 2024. Vlaamse Landmaatschappij, Brussel.

Fan Y., Yuhua H., Haitao B., Xiao W., Wenhai L., Guoxue L. (2022). Ammonia emissions and their key influencing factors from naturally ventilated dairy farms. Chemosphere, Volume 307, Part 1, 2022, 135747, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135747>.

