



Ontwikkeling van een model voor het optimaliseren van bouwplanscenario's op melkveebedrijven met betrekking tot economie, klimaat en milieu

Wouter Spek, Marcia Stienezen, Mariska Tol, Timo Sprangers, Wim van Dijk, Joachim Deru, en Rommie van der Weide

OPENBAAR
RAPPORT 1521



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Ontwikkeling van een model voor het optimaliseren van bouwplanscenario's op melkveebedrijven met betrekking tot economie, klimaat en milieu

Wouter Spek¹, Marcia Stienezen¹, Mariska Tol², Timo Sprangers², Wim van Dijk², Joachim Deru³, en Rommie van der Weide²

1 Wageningen Livestock Research

2 Wageningen Plant Research

3 Louis Bolk Instituut

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het publiek-private samenwerkingsprogramma "Ruwvoer, Bodem en Kringlooplandbouw" (LWV19195)

Wageningen Livestock Research

Wageningen, oktober 2024

Rapport 1521

Spek, J.W., M.W.J. Stienezen, M.E. Tol, T. Sprangers, W. van Dijk, J.G.C. Deru, en R.Y. van der Weide²
2024. *Ontwikkeling van een model voor het optimaliseren van bouwplanscenario's op melkveebedrijven met betrekking tot economie, klimaat en milieu*; Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1521.

Samenvatting NL

Het doel van deze studie was tweeledig. Ten eerste om een model te ontwikkelen dat bouwplanscenario's voor melkveebedrijven in Nederland kan optimaliseren, rekening houdend met grenswaarden voor kritische prestatie indicatoren (KPI's) zoals broeikasgasemissies, eiwit van eigen bodem, nutriëntenbenutting en bodemgezondheid. Ten tweede om dit model te testen op een hypothetisch melkveebedrijf in Brabant op zandgrond. Het model optimaliseerde bouwplannen bij verschillende melkproductieniveaus en intensiteiten, zonder rekening te houden met derogatie. Zestien gewassen werden getest, en rekenregels van de Kringloopwijzer (2022) werden gebruikt voor KPI-berekeningen. Resultaten tonen onder meer dat de intensieve melkveehouderij, naast grasland, baat heeft bij hoogproductieve energierijke gewassen zoals snijmais en voederbieten. Aanbevolen wordt het model verder te gebruiken voor het optimaliseren van scenario's onder variërende landbouwomstandigheden en doelstellingen m.b.t. KPI's.

Summary UK

The aim of this study was twofold. First, to develop a model that is able to optimize cropping plans for dairy farms in the Netherlands, considering thresholds for critical performance indicators such as greenhouse gas emissions, homegrown protein, nutrient utilization, and soil health. Second, to test this model on a hypothetical dairy farm in Brabant on sandy soil. The model optimized crop rotations under different milk production levels and intensities, without considering derogation. Sixteen crops were tested, using the Kringloopwijzer (2022) for critical performance indicator calculations. Results indicate that intensive dairy farming benefits from high-yield, energy-rich crops like silage maize and fodder beets alongside grassland. Further use of the model is recommended for optimizing scenarios for varying agricultural conditions and goals with respect to critical performance indicators.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/676578> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2024

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	10
2 Materiaal en Methoden	11
2.1 Regio, grondsoort, areaal, melkproductieniveau en aantal melkoeien	11
2.2 Samenstelling melkveestapel, tussenkalfperiode, lactatieperiode en afvoer van dieren	11
2.3 Diergewichten en groei	12
2.4 Samenstelling melk en vastlegging mineralen in dierlijke producten	13
2.5 Beweiding en vers gras opname	13
2.6 Jaarlijkse nutriëntbehoeften op veestapelniveau	16
2.7 Correctiefactoren voor berekende nutriëntopnames	17
2.8 Gewassen/voedermiddelen	17
2.9 Bemesting van gewassen en aanvoer van kunstmest	21
2.10 Afvoer van dierlijke mest	22
2.11 Teeltkosten van gewassen	23
2.12 Overige kosten en opbrengsten	24
2.13 Kritische prestatie indicatoren (KPI's)	26
2.14 Berekenen van het optimale bouwplan	28
3 Resultaten	29
4 Discussie	32
4.1 Bouwplannen	32
4.1.1 Scenario INT-80%-GRAS	32
4.1.2 Scenario INT-SALDO	32
4.1.3 Scenario INT-65%-RE	33
4.1.4 Scenario EXT-80%-GRAS	33
4.1.5 Scenario EXT-SALDO	33
4.2 KPI's	34
4.2.1 Eiwit van eigen land	34
4.2.2 NH ₃ -emissie	34
4.2.3 CO ₂ -eq-emissie	35
4.2.4 EOS aanvoer	35
4.2.5 Fosfaat- en stikstofbalans	35
4.3 Saldo	36
5 Conclusies en Aanbevelingen	37
6 Disclaimer	38
Literatuur	39
Bijlage A Gebruikte rekenregels voor het berekenen van nutriëntbehoeften	41
Bijlage B Overzicht van bewerkingen en kosten per gewas	44
Bijlage C Gebruikte rekenregels voor het berekenen van NH₃, N₂O, NO, N₂, NO_x, NO₃, N-uitspoeling, CH₄, CO₂-eq, en EOS	52
Bijlage D Scenario 1: INT-80%-GRAS	58
Bijlage E Scenario 2: INT-SALDO	62

Bijlage F	Scenario 3: INT-65%-RE	66
Bijlage G	Scenario 4: EXT-80%-GRAS	70
Bijlage H	Scenario 5: EXT-SALDO	74



Woord vooraf

Vruchtwisseling en bodembeheer spelen een belangrijke rol bij het oplossen van diverse problemen. Met een meer gevarieerd bouwplan is beter gebruik te maken van de beschikbare input (licht, mineralen, water, CO₂) t.b.v. de teelt van kwalitatief hoogwaardig (ruw)voer. Door de afwisseling van gewassen wordt ziektedruk verminderd en onkruidbeheersing makkelijker. Ook de lange termijn productiviteit van de bodem en de biodiversiteit zal beter gediend worden met een meer gevarieerd bouwplan.

In de PPS ruwvoeder en bodem is een model ontwikkeld voor verkenning van optimale bouwplannen op melkveehouderijbedrijven, rekening houdend met diverse doelen. Voor deze doelen werden in aanpalende projecten Kritische Prestatie Indicatoren (KPI's) ontwikkeld. Op dit moment kan in het ontwikkelde model, naast sturen op economie, ook gestuurd worden op KPI's als ammoniakemissie, stikstofoverschot, effectieve organische stofaanvoer en broeikasgasemissies door in het model voor deze KPI's grenswaarden op te leggen. In deze studie is het model verder toegepast voor een hypothetisch melkveebedrijf op zuid Nederlandse zandgrond en gevuld met kennis die opgedaan werd in experimenten binnen de PPS ruwvoer en bodem en kennis en expertise van de partners in deze PPS.

Dit model is een belangrijke samenvattende deliverable die in de PPS ruwvoeder en bodem ontwikkeld werd en die we in komende trajecten verder hopen te gebruiken. Dit verslag beschrijft het model en de eerste berekeningen ermee.

Rommie van der Weide

Samenvatting

Het eerste doel van deze studie was om een model te ontwikkelen dat het mogelijk maakt om bouwplansen scenario's te optimaliseren voor melkveebedrijven in Nederland met daarbij de mogelijkheid om eisen op te leggen m.b.t. minimum- en maximumgrenswaarden voor kritische prestatie indicatoren (KPI's). Deze KPI's bestaan uit broeikasgasemissies, eiwit van eigen land, bodemgezondheid, gewasdiversiteit, emissie van stikstof, en benutting van N en fosfaat (P_2O_5) op dierniveau en op bedrijfsniveau. Het tweede doel van deze studie was om de geschiktheid van dit model te testen op een hypothetisch melkveebedrijf met een gemiddeld landbouwareaal op zandgrond in Brabant en voor dit bedrijf het optimale bouwplan vast te stellen. Het optimale bouwplan is vervolgens geoptimaliseerd bij twee vooraf ingestelde intensiteiten (melkproductieniveaus per ha) waarbij geen rekening is gehouden met derogatie. In de huidige studie zijn 16 gewassen getest. Voor het afstemmen van behoefte aan nutriënten (energie en eiwit) van de melkveestapel met het aanbod van nutriënten uit de gewassen zijn CVB Tabelwaarden en rekenregels gebruikt. Voor de berekening van de meeste KPI's zoals broeikasgasemissies zijn rekenregels van de Kringloopwijzer (2022) gebruikt. De kostprijzen van aangekochte voedermiddelen zijn gebaseerd op 'Voederwaardeprijzen Rundvee' van Wageningen Livestock Research terwijl kosten voor de teelt van gewassen en van kunstmest zijn gebaseerd op KWIN voor de veehouderij. Een 5-tal scenario's is doorgerekend m.b.t. intensiteit (kg melk/ha), minimum aandeel gras (80% versus geen restricties) en aandeel ruw eiwit (RE) van eigen grond. De resultaten voor de 5 scenario's waren zoals verwacht kan worden bij de ingestelde bedrijfsopzet en randvoorwaarden. Conclusies o.b.v. de modelresultaten van de 5 scenario's zijn onder andere dat:

1. voor de intensieve melkveehouderij de teelt van hoogproductieve energieleverende gewassen zoals snijmais en voederbieten financieel aantrekkelijk is
2. verhogen van het aandeel RE van eigen land niet noodzakelijk hoeft te leiden tot een toename van het aandeel DVE van eigen land.
3. het loslaten van de eis van minimaal 80% grasland van het totale landbouwareaal en een vrije keuze uit gewassen resulteert in 1) een toename van het aandeel snijmais ten koste van grasland, 2) een substantiële verlaging van NH_3 -emissie, 3) een substantiële verlaging van het gebruik van kunstmest-N, 4) een substantiële toename van voer van eigen land, 5) een geringe afname van de aanvoer van effectieve organische stof (EOS).
4. de keuze van de weergave van emissies van NH_3 en CO_2 -eq per ha of per kg FPCM niet veel verschil maakt voor CO_2 -eq maar wel voor NH_3 . Dit kan voor een groot deel verklaard worden uit het feit dat voor afgevoerde dierlijke mest geen emissie van NH_3 wordt toegerekend als gevolg van uitrijden op landbouwgrond. Dit heeft als resultaat dat voor intensieve bedrijven, waar veel dierlijke mest wordt afgevoerd, de relatieve bijdrage van NH_3 -emissie van uitgereden dierlijke mest lager is dan voor extensieve bedrijven die weinig of geen dierlijke mest hoeven af te voeren.
5. het minimaliseren van RE- en OEB-gehalten van het rantsoen gunstig is voor het saldo vanwege een verlaging in mestafvoerkosten

Aanbevolen wordt om het in deze studie ontwikkelde model in een vervolgstudie te gebruiken als een tool om scenario's door te rekenen voor melkveehouderijbedrijven m.b.t. de keuze en optimale mix van bestaande en nieuwe gewassen onder verschillende omstandigheden zoals melkproductieniveaus (kg melk/koe/jaar), intensiteit (kg melk/ha), grondsoort, regenval, en eco-subsidies (gemeenschappelijk landbouwbeleid van de Europese Unie). Tevens kunnen analyses uitgevoerd worden m.b.t. het effect van opleggen van beperkingen t.a.v. maximale emissies, minimale bodemgezondheid, en minimaal percentage eiwit van eigen land op zaken als saldo, gewaskeuze en trade-offs tussen KPI's.

1 Inleiding

Deze studie is uitgevoerd in het werkpakket Duurzaam Bouwplan van het PPS-project "Ruwvoer, bodem en kringlooplandbouw". Deze PPS heeft als doel om de productie van gras en voedergewassen in Nederland te verduurzamen. Het doel van het werkpakket Duurzaam Bouwplan is om te onderzoeken wat de mogelijkheden zijn om de (ruw)voerproductie via het bouwplan op een duurzame manier te optimaliseren m.b.t. economie (opbrengsten en kosten), bodembeheer, klimaat, biodiversiteit en sluiten van kringlopen.

Deze studie is een vervolg op de studies Verkenning vruchtwisselingsopties met voedergewassen op melkveebedrijven (van Dijk et al. 2020a) en Effecten van klimaatverandering, eiwittransitie, en gezamenlijk grondgebruik op akkerbouw- en melkveebedrijven (van Dijk et al., 2020b).

In deze eerdere studies was de teelt van de gewassen het uitgangspunt en het effect op het geproduceerde voer een resultante. In deze eerdere studies is aangenomen dat melkveebedrijven meedoen aan derogatie wat inhoudt dat ten minste 80% van het gewasareaal uit gras bestaat. Daarnaast zijn slechts een beperkt aantal gewassen met elkaar vergeleken en is vooraf een keuze gemaakt m.b.t. de uitwisseling van gewassen. Vanaf 2023 wordt de derogatiemogelijkheid stap voor stap afgebouwd, wat inhoudt dat de mogelijkheid om meer dan 170 kg N uit dierlijke mest per ha aan te wenden, vanaf 2026 verleden tijd is. In deze studie is de voerbehoefte van het melkveehouderijbedrijf het uitgangspunt en wordt gekeken wat de beste invulling van het bouwplan is binnen de aan de bedrijfsvoering gestelde randvoorwaarden.

Het eerste doel van de huidige studie is om een model te ontwikkelen dat het mogelijk maakt om bouwplanscenario's te optimaliseren voor een melkveebedrijf in Nederland met daarbij de mogelijkheid om eisen op te leggen m.b.t. minimum en maximumgrenswaarden voor kritische prestatie indicatoren (KPI's) zoals broeikasgasemissies, eiwit van eigen land, bodemgezondheid, gewasdiversiteit, emissie van stikstof, en benutting van N en fosfaat (P_2O_5) op dierniveau en bedrijfsniveau. Een belangrijk verschil met de voorgaande studies waarin vooraf een bouwplan is vastgesteld, berekent dit model het optimale bouwplan o.b.v. inputs zoals gewassen, kosten van inputs, en vooraf ingestelde beperkingen met betrekking tot beschikbare gewassen, aantal ha, minimale en maximale waarden van KPI's, en rantsoeneisen om de gewenste melkproductie te behalen.

Het tweede doel van de huidige studie is om de geschiktheid van dit model te testen op een hypothetisch melkveebedrijf met een gemiddeld landbouwareaal op zandgrond in Brabant en voor dit bedrijf het optimale bouwplan vast te stellen bij twee vooraf ingestelde intensiteiten (melkproductie per ha). Bij het testen van het in deze studie ontwikkelde model is de derogatievoorwaarde van minimaal 80% grasland losgelaten. Het loslaten van de minimale eis van 80% grasland geeft namelijk veel vrijheid om alternatieve bouwplannen vast te stellen en nieuwe inzichten op te doen m.b.t. optimale combinaties van gewassen om KPI's te behalen.

Ten opzicht van de vorige studies is in de huidige studie een aantal nieuwe gewassen toegevoegd zoals productief kruidenrijk grasland (kuil), extensief kruidenrijk grasland (kuil), een combinatie van een vroeg geogst triticale/erwt vanggewas (kuil) gevolgd door snijmais, een combinatie van een vroeg geogste gehele planten silage (GPS, kuil) gewas gevolgd door teelt met gras/klaver (kuil), een mengteelt van gras en luzerne (kuil), corn cob mix met spil (CCM), een mengteelt van triticale en winterveldbonen (geogst voor zaad), sorghum (kuil), en gerst (geogst voor zaad).

2 Materiaal en Methoden

De mogelijkheden voor de invulling van het bouwplan worden sterk bepaald door de regio waar het bedrijf is gelegen, de bedrijfsopzet en de voorwaarden die aan de bedrijfsvoering worden gesteld. Hieronder zijn de uitgangspunten zoals in studie gebruikt beschreven.

2.1 Regio, grondsoort, areaal, melkproductieniveau en aantal melkoeien

Bij het vaststellen van een hypothetisch melkveebedrijf voor het doorrekenen van bouwplanscenario's is geprobeerd om een melkveebedrijf samen te stellen die overeenkomt met melkveebedrijven in de praktijk op zandgronden. Bij de keuze van regio is in eerste instantie is gezocht naar regio's met een hoge dichtheid aan melkveehouderijen. Daarnaast is onderscheid gemaakt in grondsoort (veen, klei en zand). Op veengrond wordt voornamelijk gras geteeld en is daarom niet geschikt als grondsoort in dit onderzoek vanwege de beperkte vruchtwisselingsmogelijkheden. Ook de zware kleigronden zijn beperkt in vruchtwisselingsopties. De minder zware kleigronden zijn in het algemeen geschikt voor een grote range aan vruchtwisselingsopties maar hebben als beperkende factor dat in veel gebieden deze grond veelal gebruikt wordt voor akkerbouw. Daarom is besloten om de bouwplanscenario's te baseren op zandgrond. Hierbij zijn in eerste instantie drie regio's geselecteerd die overeenkomen met de regio indeling van het CBS (2020). Deze regio's zijn Twente, de Achterhoek en Maaskant & land van Cuijk. Uiteindelijk is gekozen voor de regio Maaskant en Land van Cuijk in Noord Oost Brabant. Op basis van CBS statistieken uit de periode 2020 resulteert dit in een melkveebedrijf met gemiddeld 48.2 ha. Daarnaast zijn voor dit melkveebedrijf 3 melkproductie-intensiteiten vastgesteld en 3 melkproductieniveaus per koe zoals weergegeven in Tabel 1 resulterend in 4 combinaties van gemiddeld 79.3 tot 97.6 aanwezige Holstein Friesian melkkoeien op het bedrijf.

Tabel 1 Overzicht van totaal aanwezige melkkoeien (exclusief jongvee) op het bedrijf bij twee melkproductieniveaus per ha en 3 melkproductieniveaus per koe.

Melkproductie (kg melk/ha/jaar)	Melkproductie (kg melk/koe/jaar)		
	7000	9754	12000
9997	68.9	49.5	
19.730		97.5	79.3

2.2 Samenstelling melkveestapel, tussenkalfperiode, lactatieperiode en afvoer van dieren

Van de aanwezige Holstein Friesian melkkoeien weergegeven in Tabel 1 is aangenomen dat 29.7, 25.2, 19.3, 13.0 en 12.8% bestonden uit respectievelijk pariteit 1, 2, 3, 4 en ≥ 5 koeien. Deze percentages komen overeen met CRV data uit de periode 1-9-2019 tot en met 31-8-2020. Daarnaast is aangenomen dat de koeien voor het eerst afkalven op een leeftijd van 24 maanden, dat het aantal pinken (leeftijd 12 – 24 maanden) 102% is van het aantal aanwezige eerstekalkskoeien (2 procent afvoer per jaar van het aantal aanwezige pinken) en dat het aantal kalveren (leeftijd 0 – 12 maanden) 104% is van het aantal aanwezige pinken (4 procent afvoer per jaar van het aantal aanwezige kalveren).

De gemiddelde tussenkalfperiode is vastgesteld op 408 dagen op basis van CRV (2019), er is een droogstandsperiode van 54 dagen aangehouden, en een lactatieperiode van 354 dagen voor alle pariteiten (gebaseerd op CRV (2019)). Het aantal afgevoerde koeien per pariteit per jaar is berekend uit het verschil in aantal koeien tussen twee opeenvolgende pariteiten en omgerekend van resultaten per tussenkalfperiode (408 d) naar jaar (365) door het verschil in aantal dieren te vermenigvuldigen met de factor ($365/408 = 0.89$). Verder is aangenomen dat koeien zijn afgevoerd bij 254 dagen in lactatie. Het aantal afgevoerde pinken is berekend uit het verschil tussen het aantal vaarzen en pinken en de leeftijd van afvoer is gezet op 574 dagen (1 jaar en 7 maanden) bij een gewicht van 459 kg. Het aantal afgevoerde vaarskalveren die niet in de eerste twee weken leeftijd zijn afgevoerd is berekend uit het verschil tussen het aantal pinken en kalveren en de leeftijd van afvoer is gezet op 364 dagen bij een gewicht van 307 kg. Het aantal geboren stierkalveren dat binnen twee weken na geboorte met een gewicht van 44 kg is afgevoerd is berekend als de som van alle kalveren geboren uit pariteiten 1 – 5 en omgerekend van tussenkalfperiode naar jaarperiode met de factor 0.89 (met uitzondering voor pariteit 1 koeien waarbij deze correctie niet heeft plaatsgevonden) en vervolgens vermenigvuldigd met de factor 0.5. Het aantal afgevoerde vaarskalveren is berekend uit het verschil tussen het jaarlijks aantal geboren kalveren vermenigvuldigd met de factor 0.5 waarna vervolgens het aantal aanwezige aangehouden kalveren op het bedrijf is afgetrokken. Omwille van het beperkte aantal beschikbare uren voor dit project was het nodig om het aantal te onderzoeken scenario's te beperken. In deze studie is er daarom voor gekozen met twee intensiteiten (9.997 en 19.730 kg melk per ha) en één melkproductieniveau per koe (9.751 kg melk per koe per jaar, 3.61% melkeiwit, 4.43% melkvet, omgerekend komt dit neer op 10410 kg vet-en-eiwit-gecorrigeerde melk). Een overzicht van de aanwezige dieren op het bedrijf voor de twee combinaties van melkproductieniveaus per ha is weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2 *Overzicht van de aantallen dieren per productiestadium voor de twee combinaties van melkproductieniveaus per ha.*

Melkproductie (kg/ha/jaar)	Melkproductie (kg/koe/jaar)	Melkkoeien per pariteit					pinken	kalveren
		1	2	3	4	>=5		
9997	9754	14.7	12.4	9.5	6.4	6.3	15.0	15.3
19730	9754	29.0	24.6	18.8	12.7	12.5	29.5	30.1

2.3 Diergewichten en groei

Het gewicht van aanwezige dieren op het bedrijf en de groei van deze dieren is van belang voor het inschatten van de energie- en eiwitbehoefte en daaraan gekoppeld de hoeveelheid benodigd voer. Ook zijn koegewichten van belang m.b.t. het berekenen van de vastlegging van de mineralen N en P₂O₅ in het dier. Voor het berekenen van koegewichten en (jeugd)groei berekeningen is gebruik gemaakt van CVB (2022b) Documentatierapport nr. 78. De gebruikte koegewichten en jeugdgroei zijn weergegeven in Tabel 3.

De dagelijkse groei van een kalf en pink is zo gekozen dat een pink op een leeftijd van 24 maanden een gewicht van 572 kg heeft bereikt.

Tabel 3 Overzicht van toegepaste koegewichten en groei (kg/dag gedurende periode tussen twee afkalvingen).

Diergroep ¹	Gewicht (kg)	Jeugdgroei (kg/dag)	Bron
Kalf (dag 1)	44 ¹	0.723	
Pink (dag 366)	308	0.723	
Pariteit 1	572	0.199	CVB 2022b
Pariteit 2	653	0.100	CVB 2022b
Pariteit 3	694	0.037	CVB 2022b
Pariteit 4	709	0.037	CVB 2022b
Pariteit 5	724	0.000	CVB 2022b

¹Geboortegewicht van 44 kg is gebaseerd op CVB (1997; Documentatierapport nr. 19).

2.4 Samenstelling melk en vastlegging mineralen in dierlijke producten

De vet- en eiwitgehalten in melk zijn van belang voor het berekenen van het energiegehalte van melk en de berekening van de energiebehoefte voor melkproductie. Gemiddelde melkvet- en melkeiwitgehalten van respectievelijk 4.43 en 3.61% zijn aangehouden welke zijn gebaseerd op CRV (2019). Voor het vaststellen van de benutting van N en P op dier en bedrijfsniveau is het nodig om te weten wat de vastlegging van deze mineralen is in de melk en in het lichaam. Daarnaast is het van belang om te weten wat de afvoer van K is in dierlijke producten om op bedrijfsniveau de K-balans te kunnen berekenen en om vast te stellen hoeveel K in de vorm van kunstmest aangevoerd moet worden om de K-balans minimaal op nul te houden. In Tabel 4 is een overzicht gegeven van de gehanteerde N, P en K gehalten van melk en lichaamswefsel.

Tabel 4 Overzicht gehanteerde mineralengehalten van stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K) in afgevoerde dierlijke producten.

	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Bronnen
melk	5.63 ¹	1.012	1.6	Koning en Šebek (2019; voor P), CVB (2005; voor K)
Kalf (44 en 307 kg)	29.4	8.0	2.0	
Pink (459 kg)	24.1	7.4	1.6	KLW (2022; voor N en P), CVB (2005; voor K)
Koeien ²	22.5	7.4	1.6	

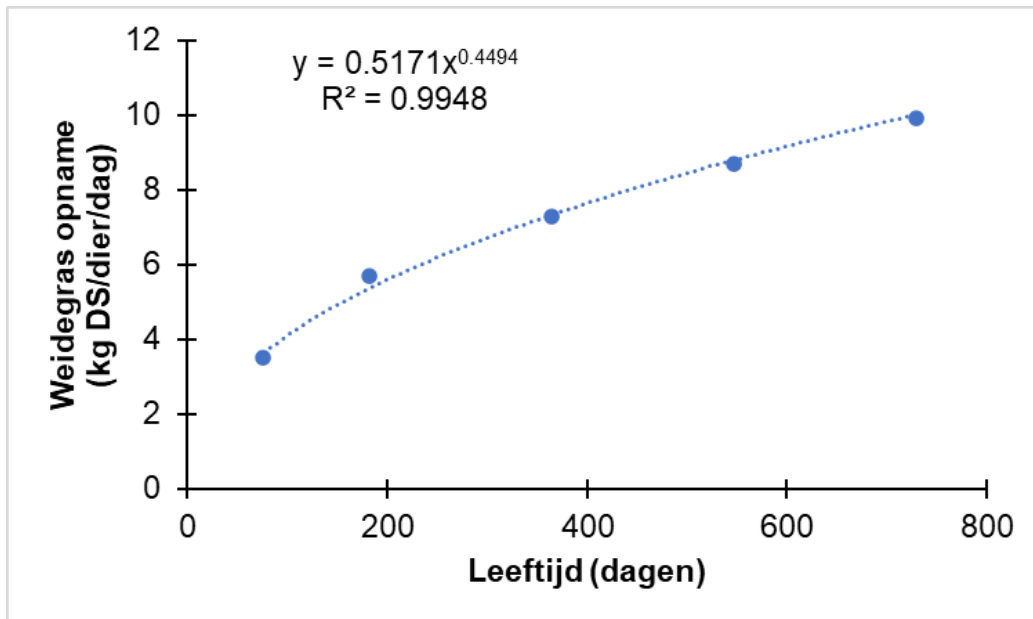
¹Berekend als: % melkeiwit (=3.59%) × 10 / 6.38 volgens KLW (2019).

²Berekende gewichten afgevoerde koeien: pariteit 1 = 622 kg, pariteit 2 = 678 kg, pariteit 3 = 703 kg, pariteit 4 = 718 kg, pariteit 5 en groter = 724 kg.

2.5 Beweiding en vers gras opname

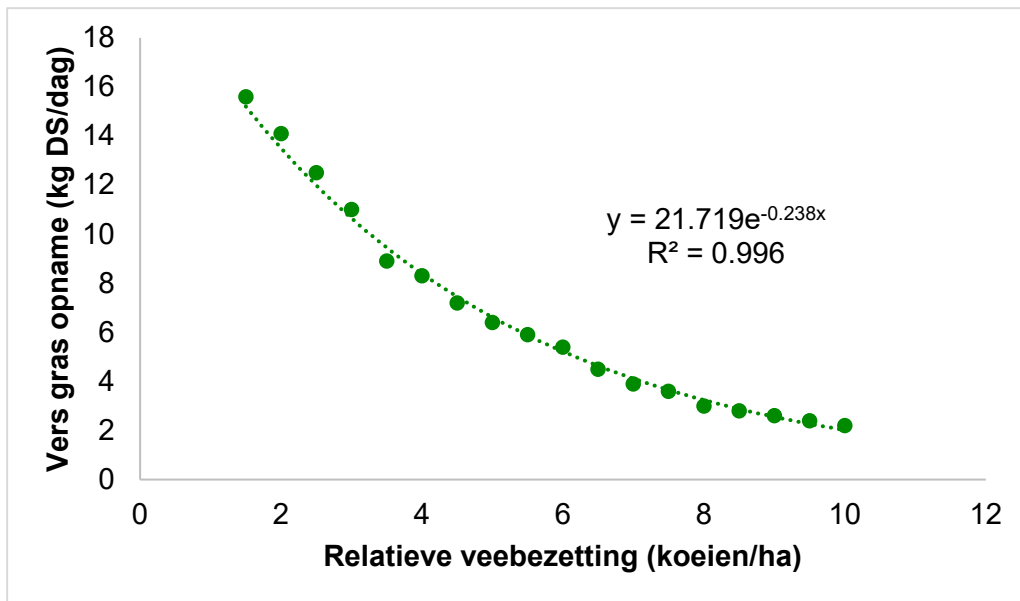
Van de 48.2 ha grond is aangenomen dat 34.8 uit huiskavel bestaat en 13.4 ha van de grond op afstand van het bedrijf ligt wat een beperking legt op het maximale aantal ha dat beweid kan worden door de melkkoeien. Daarbij is aangenomen dat pinken gedurende een periode van 100 dagen per jaar weiden en kalveren gedurende een periode van 50 dagen tussen 6 en 12 maanden leeftijd.

De vers grasopname voor kalveren en pinken is gebaseerd op de relatie tussen leeftijd en weidegras opname weergegeven in Fig. 1. Deze relatie is gebaseerd op gegevens uit het Handboek Melkveehouderij (2020/2021). Voor pinken is daarbij is eerst de cumulatieve vers gras opname berekend voor alle dagen van de leeftijdsperiode van 366 tot en met 730 dagen waarna vervolgens deze hoeveelheid is gedeeld door 365 dagen en vermenigvuldigd met 100 dagen om een gewogen jaarlijkse vers gras opname te berekenen per pink. Voor kalveren is een soortgelijke actie ondernomen maar dan is de cumulatieve vers gras opname berekend voor de leeftijdsperiode van 182 tot en met 365 dagen waarna vervolgens de hoeveelheid is gedeeld door 183 dagen en vermenigvuldigd met 5 dagen. De aldus totale berekende vers gras opname is 1314 kg DS per pink en 341 kg DS per kalf.



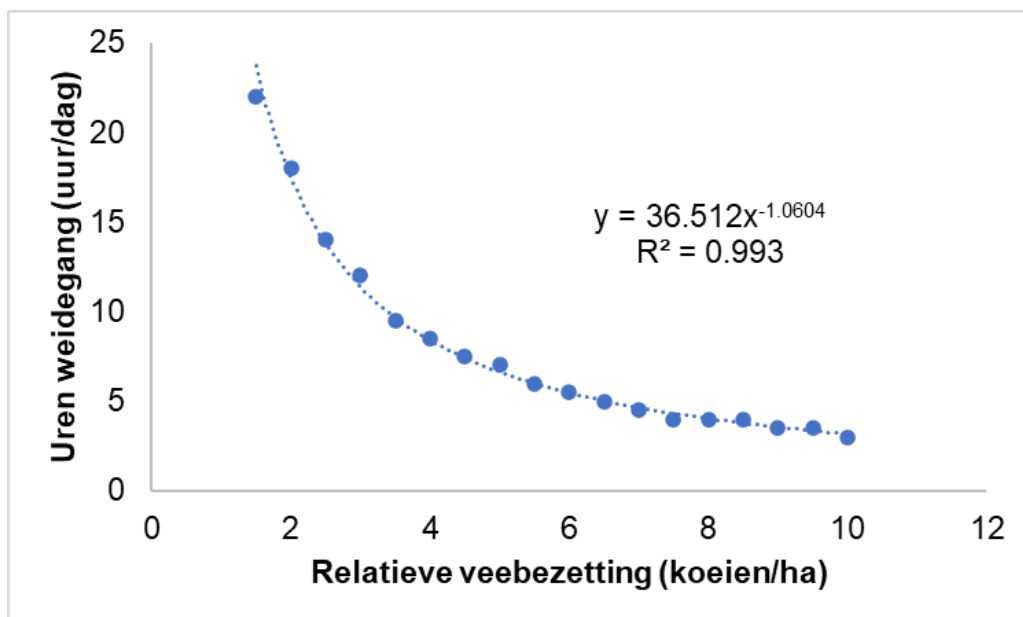
Figuur 1 Relatie tussen leeftijd in dagen van jongvee en weidegras opname (kg DS/dier/dag) voor jongvee op basis van data uit Handboek Melkveehouderij (2020/2021).

Voor koeien wordt aangehouden dat ze voldoen aan de eis van het keurmerk Weidemelk waarbij koeien ten minste 120 dagen per jaar minimaal 6 uur per dag in de wei lopen (in totaal 720 uur per jaar buiten). Afhankelijk van de beperkingen die opgelegd worden aan het model kan het zijn dat dieren echter meer uren dan het minimale aantal uren van 720 uur buiten lopen. Verder wordt in eerste instantie aangenomen dat, gedurende de periode dat koeien buiten zijn, de koeien onbeperkte toegang hebben tot gras en dat de lengte van het gras dusdanig hoog is dat ze maximaal gras kunnen opnemen. In een eerste rekenstap is de grasopname in kg DS per koe per dag uitgerekend o.b.v. de relatie tussen relatieve veebezetting (aantal koeien per ha) en vers gras opname (in kg DS) zoals weergegeven in Fig. 2 waarbij de maximale berekende DS opname is gelimiteerd tot 16 kg DS en de maximale relatieve veebezetting is gelimiteerd tot 10 koeien per ha (in werkelijkheid kan de maximale relatieve veebezetting in een scenario hoger zijn dan 10 koeien per ha maar dan wordt in de formule gerekend met 10 koeien per ha).



Figuur 2 Relatie tussen relatieve veebezetting (koeien/ha) en vers gras opname (kg DS/dag).

De relatie in Fig. 2. is gebaseerd op het werk van Van den Pol-van Dasselaar et al. (2015). De relatieve veebezetting is berekend als het aantal melkkoeien gedeeld door het aantal ha weidegras. In een tweede rekenstap is het aantal uur per dag buiten berekend op basis van de relatie weergegeven in Fig 3. De relatie in Fig. 3 is, net als de relatie in Fig. 2, gebaseerd op het werk van Van den Pol-van Dasselaar et al. (2015). In een derde rekenstap is berekend wat het aantal weidedagen is dat dat de koeien buiten lopen. Dit aantal dagen is berekend als de hoeveelheid vers gras (aantal ha weidegras × opbrengst aan weidegras in kg DS/ha) gedeeld door het aantal melkkoeien maal de hoeveelheid vers grasopname per koe per dag berekend in de eerste rekenstap. In een vierde rekenstap is het aantal weidedagen vermenigvuldigd met het aantal uren per dag buiten zoals berekend in de tweede rekenstap om te komen tot een totaal aantal uren buiten. Het is belangrijk om te beseffen dat dit berekende aantal uur buiten een aantal uren is voor een situatie met waarin een maximale grasopname mogelijk is. In het geval het berekend aantal uur minder is dan de minimale 720 uur dan is het aantal uur vastgezet op 720 uur. Dit betekent dat in zo'n situatie de koeien minder gras opnemen dan wat onder optimale omstandigheden mogelijk is. Als ondergrens is verder gesteld dat de minimale DS opname aan vers gras 2.0 kg per koe per graasdag (minimaal 120 graasdagen/jaar). Het aantal uur buiten is van belang in de berekeningen omdat dit invloed heeft op berekende N-emissies, de hoeveelheid geproduceerde drijfmest op stal en de bijbehorende kosten voor aanwending van drijfmest op het land.



Figuur 3 Relatie tussen relatieve veebezetting (koeien/ha) en uren weidegang (uur/dag).

2.6 Jaarlijkse nutriëntbehoeften op veestapelniveau

Om het bouwplانسenario te optimaliseren is het noodzakelijk om in te schatten wat de jaarlijkse nutriëntbehoeften op veestapelniveau zijn t.a.v. nutriënten zoals metaboliseerbare energie (ME; MJ/jaar), darm verteerbaar eiwit (DVE; kg/jaar), de minimale onbestendig eiwit balans op pensniveau (OEB; kg/jaar), de minimale hoeveelheid structuurwaarde (SW; SW per jaar) voor een gezonde spijsvertering en de maximale voeropname capaciteit (VOC; VOC/jaar). Voor het berekenen van deze behoefte is in eerste instantie voor elke dag in de periode van dag 1 tot en met dag 364 voor een individueel kalf de behoefte aan ME, DVE, SW berekend alsmede de VOC. Vervolgens zijn de berekende behoeften per dag voor de periode van dag 1 tot en met dag 364 dagen vermenigvuldigt met het aantal aangehouden kalveren op het bedrijf en zijn de berekende nutriëntbehoeften per dag voor alle aanwezige kalveren voor de periode van 1 – 364 dagen gesommeerd om te komen tot een jaarlijkse nutriëntbehoefte voor alle kalveren. Vervolgens is dezelfde procedure toegepast om de jaarlijkse nutriëntbehoeften te berekenen voor alle pinken op het bedrijf in de leeftijd van 365 tot en met 729 dagen.

Voor een individuele 1^e pariteit koe is voor elke dag van de lactatie (354 dagen) en voor elke dag van de droogstand (54 dagen) de nutriëntbehoefte berekend waarna de op dagbasis berekende nutriëntbehoeften zijn vermenigvuldigt met het aantal aanwezige 1^e pariteit koeien om te komen tot nutriëntbehoeften voor alle 1^e pariteit koeien op een bedrijf per tussenkalfperiode. Dezelfde procedure als is toegepast voor de 1^e pariteit koeien is ook toegepast voor de 2^e, 3^e, 4^e en >= 5^e pariteit koeien. De som van de berekende nutriëntbehoefte voor alle pariteiten voor alle dagen van de tussenkalfperiode is vervolgens vermenigvuldigt met de factor 0.895 (= 365 / (354 + 54)) om te komen tot nutriëntbehoeften voor alle melkkoeien op jaarbasis. De som van alle nutriëntbehoeften voor zowel de kalveren, pinken als melkkoeien zijn vervolgens bij elkaar opgeteld om te komen tot jaarlijkse nutriëntbehoeften op bedrijfsniveau.

De gehanteerde rekenregels om ME-behoeften voor kalveren, pinken en koeien te berekenen m.b.t. onderhoud, groei, melkproductie en dracht zijn gebaseerd op CVB rekenregels (CVB 1997; CVB 2022a, CVB 2022c) en zijn weergegeven in Bijlage A. Ook de gehanteerde rekenregels om DVE-behoeften voor kalveren, pinken en koeien te berekenen zijn weergegeven in Bijlage A.

Voor de SW van een rantsoen is een minimum waarde van 1.0 per kg DS gehanteerd zoals geadviseerd door CVB (CVB 2022c). Voor OEB balans is een minimumwaarde van 0.0 g/kg DS gehanteerd zodat er op pensniveau geen tekort aan onbestendig eiwit ontstaat. Verder is er een minimum fosfor (P)-gehalte gesteld aan het gemiddelde rantsoen van 2.8 g/kg DS om een tekort aan P te voorkomen. Het minimale ruw eiwit (RE)-gehalte van het rantsoen is ingesteld op 140 g/kg DS en het maximum gehalte op 180 g/kg DS. Maximaal 25% van het krachtvoer mag uit palmpitschilfers bestaan. Het percentage ureum in krachtvoer mag maximaal 0.5% zijn. Het krachtvoer mag maximaal 5% vinasse bevatten. Het zetmeel (ZETam)-gehalte van het totale rantsoen mag maximaal 190 g/kg DS zijn en het minimale ZETam-gehalte 80 g/kg DS. Voor het gewas voederbieten is aangenomen dat deze vers gevoerd worden en dat deze gedurende een periode van 6 maanden per jaar gevoerd kunnen worden met een maximum van 3 kg DS/dag aan voederbieten per melkkoe. Deze beperkingen voor voederbieten maakt dat slechts een beperkt areaal aan voederbieten geteeld kan worden. Verder is ernaar gestreefd om het krachtvoerpercentage van het gemiddeld rantsoen niet hoger te laten zijn dan 25% (% in DS). In het geval dit niet haalbaar was is dit percentage omhoog gezet.

De VOC waarden zijn gebaseerd op CVB Documentatierapport nr. 51 (CVB 2007):

$$VOC = [8,743 + 3,563x(1 - e^{-1,140xa})]xe^{0,3156x(1 - e^{-0,05889xd})}x(1 - 0,05529x(g/220))$$

waarin:

VOC	=	Voeropnamecapaciteit (VW/dag)
a	=	Lactatieleeftijd = pariteit - 1 + lactatiedagen/365
d	=	Lactatiedagen
g	=	Dagen drachtig

De VOC voor jongvee kan niet berekend worden omdat daar geen rekenregels voor beschikbaar zijn. Daarom is besloten om de VOC waarde te baseren op de VOC : kVEM-opname ratio van rond de 0.72 voor melkkoeien en de VOC waarde te berekenen als kVEM-opname × 0.72.

2.7 Correctiefactoren voor berekende nutriëntopnames

Uit een validatiestudie van de nieuwe VEM2022 behoefteformules op data van lacterende koeien op praktijkbedrijven blijkt dat gemiddeld de geobserveerde energieopname 4 – 5% hoger ligt dan de berekende energiebehoefte is ervoor gekozen om de berekende ME-behoefte te vermenigvuldigen met een factor 1.04. Daarnaast is er ook voor gekozen om de berekende VOC te vermenigvuldigen met een factor 1.05 vanwege het feit dat de dataset waarop de VOC formule is gebaseerd is gebaseerd op koeien met een gemiddeld koegewicht van 611 kg terwijl in onze studie het gemiddelde koegewicht 673 kg bedroeg. De aanname is dat grotere/zwaardere koeien ook meer voer kunnen opnemen.

2.8 Gewassen/voedermiddelen

Een totaal van 16 gewassen zijn meegenomen in dit onderzoek. Deze gewassen zijn weergegeven in Tabel 5. Een uitgebreider overzicht met gegevens over deze gewassen is te vinden in Bijlage B inclusief de bronnen waarop de waarden zijn gebaseerd m.b.t. opbrengstniveaus, N-binding, teeltkosten en landbouwbewerkingen.

De keuze voor opbrengstniveaus per gewas is gebaseerd op opbrengstniveaus zoals weergegeven in KWIN-V (2021-2022), KWIN-AGV (2022), resultaten uit onderzoeksprojecten van Wageningen Research en het Louis Bolk Instituut, literatuuronderzoek en 'expert judgments' van een aantal personen die werkzaam zijn in het onderzoek of werkzaam zijn voor bedrijven die diensten/producten leveren aan de aan akkerbouwbedrijven zoals coöperaties en zaadveredelingsbedrijven. Bij het kiezen van opbrengstniveaus is ook rekening gehouden met de onderlinge verhoudingen van opbrengsten van de gewassen en dat deze verhoudingen redelijk zijn. Bij de keuze van de opbrengstniveaus is uitgegaan van de opbrengstniveaus behorende bij zandgrond in de regio Brabant.

Tabel 5 *Overzicht van gewassen die zijn meegenomen in het optimaliseren van het bouwplan inclusief de teeltduur, de bruto opbrengst, de netto opbrengst (over de dam), de opbrengst na conserveren en de stikstofbinding van deze gewassen. Indien twee gewassen na elkaar zijn verbouwd in hetzelfde seizoen dan zijn deze onder elkaar weergegeven en zijn vervolgens de totalen van deze gewassen bij elkaar opgeteld.*

Gewas	Vorm	Opbrengst ¹ (Ton DS/ha)			Teeltduur (jaar)	N-binding ² (kg N/ha)
		Bruto	Netto	Na conserveren		
Snijmais + vanggewas	Kuil	17.3	17.0	16.3	1	0
Sorghum + vanggewas	Kuil	13.3	13.0	12.5	1	0
Luzerne	Kuil	11.1	10.5	9.5	4	300
Kuilgras	Kuil	12.2	11.6	10.4	4	0
Gras (kuilgras/weidegras)	Kuil+vers	10.3	9.4	8.8	7	0
Prod. kruidenrijk grasland	Kuil	13.2	12.5	11.3	4	135
Ext. kruidenrijk grasland	Kuil	6.3	6.0	5.4	8	45
Luzerne/gras	Kuil	11.6	11.0	9.9	4	210
Gras/rode klaver	Kuil	13.2	12.5	11.3	4	300
Erwt/triticale (vanggewas) ³	Kuil	5.3	5.0	4.5		30
Snijmais ³	Kuil	12.2	12.0	11.5	1	0
Totaal		17.5	17.0	16.0		30
GPS (graan)	Kuil	6.8	6.5	5.9		0
Gras/rode klaver	Kuil	4.7	4.5	4.1	1	151
Totaal		11.6	11.0	9.9		
Veldbonen	Droog	6.1	6.0	5.8	1	100
Voederbieten	Vers	18.9	18.5	17.8	1	0
CCM (met spil)	Kuil	12.2	12.0	11.5	1	0
Gerst (winter)	Droog	6.6	6.5	6.2	1	0
Veldbonen	Droog	3.4	3.3	3.2		60
Tarwe (winter)	Droog	2.2	2.2	2.1	1	0
Totaal		5.6	5.5	5.3		60

¹Verschillen tussen bruto, netto, en na conserveren opbrengsten zijn gebaseerd op Tabel 1.1 van het document K LW (2022).

²De N-binding is gebaseerd op de K LW (2022) waarbij voor luzerne en veldbonen de vaste waarden van respectievelijk 300 en 100 kg per ha zijn overgenomen. Voor productief kruidenrijk grasland is aangenomen dat het 3 ton DS aan klaver produceert met een N-leverend vermogen van 45 kg N per ton DS klaver. Het gewas luzerne/gras bevat 70% luzerne en de stikstoflevering is berekend als 0.7×300 (300 is de N-levering van een monocultuur luzerne). Voor extensief kruidenrijk grasland is aangenomen dat het 1 ton aan klaver produceert met een N-leverend vermogen van 45 kg N per ton DS klaver. Voor de N-lering van gras/rode klaver (71% rode klaver) is dezelfde N-levering als voor een monocultuur luzerne aangehouden van 300 kg N/ha. Voor de combinatie veldbonen/wintertarwe met een veldbonenpercentage van 60% is een N-levering aangehouden van 60% van een monocultuur van veldbonen van 100 kg N/ha, namelijk 60 kg N/ha. Voor de combinatie erwt/triticale is een inschatting gemaakt van 30 kg N/ha, dit is de helft van de N-levering voor vlinderbloemige groenbemesters in de K LW (2022). Voor het gewas gras/rode klaver als volggewas na een GPS gewas is de N-binding berekend als 45 kg N per kg DS aan vlinderbloemigen bij een gras/rode klaver gewas met 71% rode klaver.

³Het erwt/triticale gewas wordt eind mei geoogst om de opbrengst van het vanggewas te maximaliseren waarna een snijmaiskas met een ultrakort groeiseizoen wordt ingezaaid waardoor de opbrengst van het maaisgewas lager is dan gebruikelijk. De aannames hiervoor zijn gebaseerd op een studie van Sleiderink et al. (2024).

In Tabel 6 is een overzicht gegeven van de belangrijkste nutriënt- en voederwaardegehalten van de in Tabel 5 genoemde gewassen die ook zijn gebruikt in het optimaliseren van het bouwplan inclusief de VEM en DVE opbrengstniveaus per ha. De nutriëntgehalten en voederwaarden zijn grotendeel gebaseerd op CVB (2022d). Voor een aantal voedermiddelen zoals kruidenrijk grasland, erwt/triticale vanggewas en luzerne/gras mengsels zijn geen CVB gegevens beschikbaar.

In die gevallen is een inschatting gemaakt gebaseerd op data van Eurofins (met als kanttekening dat deze Eurofins uitslagen zijn gebaseerd op NIR metingen die gebruik maken van een ijklijn die niet is gebaseerd op het product zelf en daarom ook mogelijk niet correct zijn) of op basis van data van verwante voedermiddelen.

Tabel 6 Overzicht van de gebruikte nutriëntgehalten en voederwaarden van de gewassen die gebruikt zijn in het optimaliseren van het bouwplan.

Gewas	RAS (g/kg DS)	RE (g/kg DS)	P (g/kg DS)	K (g/kg DS)	VEM (/kg DS)	DVE (g/kg DS)	OEB (g/kg DS)
Snijmais	36	72	1.9	10.2	956	51	-40
Sorghum	44	78	1.9	14.6	914	41	-42
Luzerne	141	189	3.3	32.9	680	45	66
Kuilgras	97	174	4.0	34.1	929	80	19
Gras (kuilgras/weidegras)	101	184	4.0	34.7	946	87	23
Prod. kruidenrijk grasland	114	175	4.0	34.1	859	71	25
Ext. kruidenrijk grasland	97	135	2.9	25.8	808	61	-1
Luzerne/gras	128	185	3.5	33.3	755	56	52
Gras/rode klaver	114	166	3.2	37.3	718	53	47
Erwt/triticale (GPS)	48	85	2.2	12.8	943	49	-27
Snijmais ¹							
GPS (graan)	93	140	3.1	26.7	763	48	20
Gras/rode klaver ²							
Veldbonen (zaad)	38	293	5.8	13.9	1173	124	116
Voederbieten	95	78	2.0	22.9	1056	92	-86
CCM (met spil)	21	99	3.0	4.0	1149	67	-19
Gerst (zaad)	24	117	3.7	5.6	1122	90	-27
Veldbonen/Wintertarwe (zaad) ³	30	233	4.9	10.9	1177	113	67

¹De nutriëntgehalten van Erwt/triticale en snijmais zijn gebaseerd op een verhouding van 28% erwtr/triticale kuil en 72% snijmaiskuil (in de DS). Voor snijmaiskuil zijn dezelfde gehalten aangehouden als voor snijmais en voor erwtr/triticale kuil zijn de volgende nutriëntgehalten (in DS) aangehouden: RE = 118 g/kg, P = 3.0 g/kg, K = 19.4 g/kg, VEM = 908 VEM/kg, DVE = 43 g/kg en OEB = 6 g/kg DS.

²De nutriëntgehalten van GPS (graan) en gras/rode klaver zijn gebaseerd op een verhouding van 59% GPS en 41% gras/rode klaver (in de DS).

³De nutriëntgehalten van veldbonen en wintertarwe zijn gebaseerd op een verhouding van 60% veldbonen en 40% wintertarwe (in de DS).

In de meeste gevallen is de behoefte aan energie en eiwit van de gesimuleerde veestapel groter dan wat er beschikbaar komt van het land via de geteelde gewassen. In dat geval is het noodzakelijk om voer (grotendeels krachtvoergrondstoffen) van buitenaf aan te kopen. In deze studie heeft het model de mogelijkheid om een tekort aan nutriënten te voorkomen door te kiezen uit het inrekenen van nutriënten via de aangekochte voedermiddelen mais (korrel), tarwe (korrel), raapzaadschroot, palmpitschilfers, sojahullen, bietenpulp, bestendig raapzaadschroot, sojaschroot, bestendig sojaschroot, zonnebloemzaadschroot, vinasse, tarwestro, ureum, sojaolie, monocalciumfosfaat, snijmaiskuil en kuilgras. De nutriëntgehalten en voederwaarden van deze voedermiddelen zijn gebaseerd op CVB (2022d). De gebruikte nutriëntgehalten en voederwaarden van deze voedermiddelen zijn weergegeven in Tabel 7 (en voor snijmaiskuil en kuilgras in Tabel 6).

Tabel 7 Overzicht van de gebruikte nutriëntgehalten en voederwaarden (in g/kg product tenzij anders vermeld) van de aangekochte voedermiddelen die zijn gebruikt zijn in het optimaliseren van het bouwplan.

Gewas	RAS (g/kg)	RE (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	VEM (/kg)	DVE (g/kg)	OEB (g/kg)
Mais	12	75	2.5	3.3	1085	83	-43
Tarwe	15	110	3.0	3.8	1033	81	-17
Palmpitschilfers	42	159	5.9	6.6	1044	123	-27
Sojahullen	46	105	1.2	12.9	905	91	-46
Bietenpulp	67	88	0.7	6.5	932	94	-61
Raapzaadschroot	80	383	10.6	12.5	852	148	162
Bestendig raapzaadschroot	67	333	10.9	13.0	828	275	-12
Sojaschroot	65	469	6.7	22.1	1016	253	176
Bestendig sojaschroot	63	462	6.4	21.7	991	397	15
Zonnebloemzaadschroot	66	368	11.6	15.6	786	142	165
Vinasse	176	206	1.2	68.6	572	31	132
ureum	0	2920	0.0	0.0	0	0	2920
Sojaolie	0	0	0.0	0.0	3514	-8	7
Monocalciumfosfaat	805	0	224.0	0.0	0	0	0
Tarwestro ¹	73	36	0.8	13.0	373	9	-36

¹Gehalten per kg DS.

2.9 Bemesting van gewassen en aanvoer van kunstmest

In het geval er geen sprake is van derogatie mag maximaal 170 kg N uit dierlijke mest aangewend worden per ha (RVO, 2023a). Bovenstaande is van toepassing op bedrijfsniveau maar op perceelsniveau kan de situatie anders zijn. Bijvoorbeeld, in het geval van bonen die in de herfst worden ingezaaid zal er geen dierlijke mest worden uitgereden. Een ander voorbeeld is dat bij het gewas CCM 30 m³ drijfmest/jaar toegediend wordt vanwege de lagere behoefte aan nutriënten. Voor extensief kruidenrijk grasland wordt er gerekend met een drijfmestgift van 25 m³ per jaar zonder een stikstofgift uit kunstmest vanwege de lage productiviteit van dit gewas en de noodzaak van een lage bemesting voor het handhaven van een gewas met een hoog aantal kruiden (van Eekeren en Visser, 2019). In de scenario's waarin bonen, CCM en/of extensief kruidenrijk grasland gekozen worden als gewassen zal de beschikbare maar niet toegediende dierlijke mest voor het perceel met bonen, CCM en extensief kruidenrijk worden verdeeld over het graslandareaal. Verder wordt gerekend met de wettelijke maximale werkzame N-bemestingsnormen die er zijn voor de verschillende gewassen. Deze zijn weergegeven in Tabel 8 en gebaseerd op Tabel 2 van RVO (RVO, 2023b) en gelden voor de categorie zuidelijk zand. Omdat in alle scenario's sprake is van beweiding wordt gerekend met een werkingscoëfficiënt van dierlijke mest van 45% (RVO, 2023c). Het verschil tussen de werkzame N-ruimte op bedrijfsniveau en de maximaal mogelijke hoeveelheid N uit dierlijke mest die op bedrijfsniveau aangewend mag worden is in de scenarioberekeningen opgevuld door de aankoop van kunstmest-N om aan de gewasbehoefte te voldoen.

De bemesting met fosfaat (P₂O₅) is gebonden aan regels. De maximale hoeveelheid P₂O₅ die per ha aangewend mag worden is gewasafhankelijk en ook afhankelijk van de fosfaattoestand van de bodem. In de huidige scenarioberekeningen is uitgegaan van grond met de klasse 'laag'. De toegestane maximale bemesting van P₂O₅ per gewas per ha is dan 105 kg voor grasland en 80 kg voor bouwland (RVO, 2023d). In het geval er geen sprake is van derogatie dan is het toegestaan om te bemesten met kunstmestfosfaat. In de scenario's zonder derogatie is op bedrijfsniveau berekend wat het verschil is tussen afvoer van P₂O₅ van het land en de aanvoer van P₂O₅ via dierlijke mest.

Het verschil wordt opgevuld door aankoop van P₂O₅ uit kunstmest waarbij de grens van toegestane aanwending van P₂O₅ niet wordt overschreden.

Voor kalium (K₂O) wordt de onttrekking uit de bodem middels de afvoer via gewas en uitspoeling (aangenomen dat K₂O uitspoeling op zandgrond 50 kg/ha/jaar bedraagt (Van de Ven et al. 2013)) gecompenseerd door de bemesting met dierlijke mest. Indien de hoeveelheid kalium toegediend met dierlijke mest de onttrekking niet compenseert wordt het verschil ingevuld met kalium bemesting uit kunstmest.

Tabel 8 Overzicht van wettelijke toegestane kg werkzame N en P₂O₅ per ha voor de verschillende gewassen voor zuidelijk zand met een P₂O₅ klasse 'laag'.

Gewas	kg N/ha (werkzaam)	kg P ₂ O ₅ /ha
Snijmais	112	80
Sorghum	112 ¹	80
Luzerne	10 ²	80
Kuilgras	320	105
Gras (Kuilgras/weidegras)	250	105
Productief kruidenrijk grasland	320	105
Extensief kruidenrijk grasland	320	105
Luzerne/gras (70% luzerne op DS-basis)	10 ²	80
Gras/rode klaver (71% rode klaver op DS-basis)	10 ²	105
Erwt/triticale (vanggewas) gevolgd door snijmais	112 ¹	80
GPS (graan) gevolgd door gras/rode klaver	160 ⁴	80
Veldbonen	40	80
Voederbieten	132	80
CCM (met spil)	112 ¹	80
Gerst	140	80
Veldbonen/wintertarwe	40	80

¹Dezelfde waarde als voor snijmais aangehouden.

²Vierjarige teelt waarbij 1^e jaar 40 kg werkzame N mag worden aangewend en de overige 3 jaar niets. Voor de combinatie luzerne/gras en gras/rode klaver is dezelfde waarde als voor luzerne aangehouden.

³Voor extensief kruidenrijk grasland is een zelfde waarde als voor de gras (kuilgras/weidegras) aangehouden

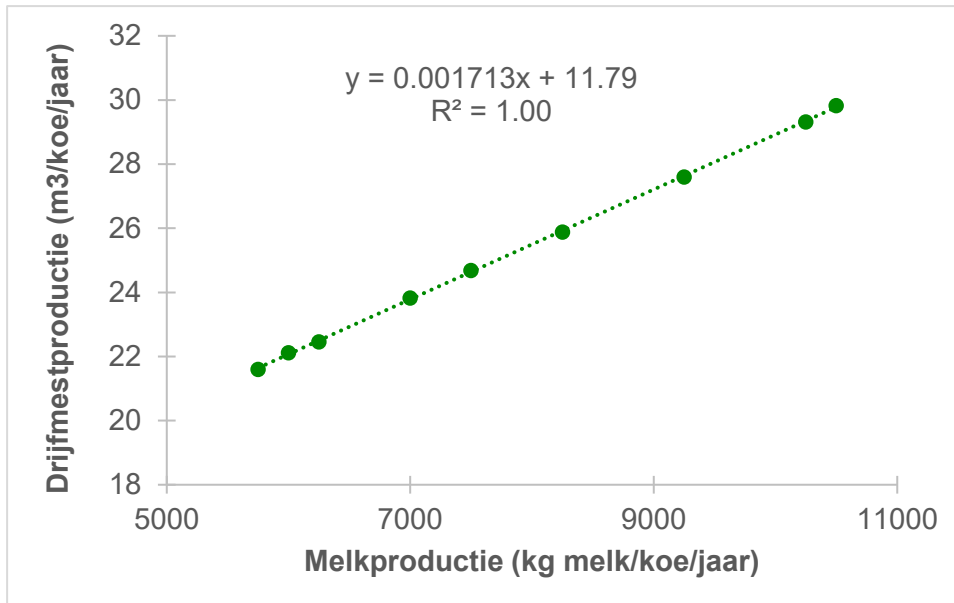
⁴Bemestingsnorm voor wintertarwe aangehouden.

2.10 Afvoer van dierlijke mest

Een substantiële kostenpost voor een melkveebedrijf is de afvoer van dierlijke mest wat door wetgeving niet op het bedrijf zelf gebruikt mag worden. Het is daarom belangrijk om de hoeveelheid afgevoerde dierlijke mest te kunnen berekenen. Daarnaast is de afgevoerde hoeveelheid dierlijke mest ook van belang om de afvoer van de mineralen N, P₂O₅ en K₂O te bepalen. Eerst is o.b.v. het geoptimaliseerde rantsoen en bouwplan berekend wat er aan N, P en K is opgenomen via het voer. Vervolgens wat er aan N, P en K is vastgelegd in melk en dierweefsel. Vervolgens is aangenomen dat het verschil tussen opname via voer en vastlegging in dierlijke producten wordt uitgescheiden in de mest. Vervolgens wordt middels de KLV (2022) rekensystematiek berekend welk percentage van de N in de mest via de urine wordt uitgescheiden en welk percentage van de N in de urine en in de mest verloren gaat via ammoniak (NH₃) en overige gasvormige verliezen (N₂O, NO en N₂) in de stal, als NH₃ in de externe opslag en als NH₃ tijdens beweiden. De aldus berekende gasvormige N-verliezen worden afgetrokken van de totale N-uitscheiding in de mest resulterend in de netto N-excretie.

Voor zowel P_2O_5 als de netto N in mest wordt vervolgens berekend wat er via dierlijke mest aangewend mag worden op het land en hoeveel P_2O_5 en netto N afgevoerd moet worden (berekend als het verschil tussen netto N en P_2O_5 uitgescheiden in mest en netto-N en P_2O_5 aangewend op het bouwland).

Om te weten hoeveel kuub drijfmest er vervolgens afgevoerd moet worden o.b.v. N en P_2O_5 is het nodig om de gehalten van N en P_2O_5 in de drijfmest te kennen. Hiervoor kunnen forfaitaire waarden worden gebruikt maar het volume aan mest kan ook worden berekend aan de hand van de relatie tussen mestproductie (m^3 per 7 maanden per lacterende koe) en melkproductieniveau in kg melk per koe per jaar gebaseerd op Tabel 6a van RVO (2022). Deze relatie is weergegeven in Fig. 4. Het is belangrijk om te realiseren dat deze drijfmestproductie niet alleen de drijfmestproductie van de lacterende koe is maar dat ook de drijfmestproductie van de droogstaande koeien en jongvee hierin is inbegrepen.



Figuur 4 Relatie tussen melkproductie (kg melk/koe/jaar) en (drijf)mestproductie (feces + urine) (m^3 /koe per jaar).

De hoeveelheid aan uitgescheiden N, P_2O_5 en K_2O in mest op stal is vervolgens gedeeld door het aantal berekende kubieke meters mest geproduceerd op stal om te komen tot gemiddelde N, P_2O_5 en K_2O gehalten in de drijfmest.

Vervolgens kan berekend worden hoeveel m^3 aan drijfmest afgevoerd moet worden o.b.v. N en op basis van P_2O_5 . De hoogste waarde wordt vervolgens genomen en vervolgens wordt berekend wat er middels afvoer van N, P_2O_5 en K_2O wordt afgevoerd van het bedrijf via drijfmest.

2.11 Teeltkosten van gewassen

Voor de geteelde gewassen is het voor de scenarioberekeningen van belang om de kostprijs te weten bestaande uit inputs zoals zaaizaad, gewasbeschermingsmiddelen, inkuiladditieven, opslagkosten (plastic zeil/grondzeil/silo) en bewerkingen zoals ploegen, eggen, zaaïen, oogsten, bekalken, drijfmest toedienen en slepen/rollen. Een overzicht van deze kosten voor de gewassen is weergegeven in Bijlage B. De kosten zijn grotendeels gebaseerd op getallen uit KWIN-V (2021 - 2022) gepresenteerd in hoofdstukken 1.5.6, 2.3.3, 2.3.4, 2.4.1 en hoofdstuk 2.4.5. In het geval er geen kosten beschikbaar waren zijn inschattingen gemaakt en is gebruik gemaakt van informatie uit de klankbordgroep die deze studie inhoudelijk heeft begeleid.

2.12 Overige kosten en opbrengsten

Tabel 9 geeft een overzicht van de kostprijzen van de in deze studie gebruikte voedermiddelen. Dit betreft de aankooprijzen van krachtvoergrondstoffen en ruwvoer en de kostprijs van de op het bedrijf zelf geteelde ruwvoerders. Er is voor gekozen te rekenen met de aankooprijzen van de aangekochte krachtvoer grondstoffen die op 9 maart 2021 zijn gepubliceerd in de Voederwaardeprijzen van voedermiddelen zoals die 4-wekelijks worden gepubliceerd door Wageningen Livestock Research (Anonymus 2021). Voor aangekocht ruwvoer (snijmais of kuilgras) is de berekende kostprijs voor graskuil en maaskuil na inkuilen zoals berekend in deze studie als uitgangspunt genomen en vervolgens vermenigvuldigt met een factor 1.3. De kostprijs van de op het bedrijf zelf geteelde voedergewassen is berekend door de teeltkosten (zie Bijlage B) te delen door de drogestofopbrengst na conservering (drogestofopbrengsten van gewassen na conserveren zijn weergegeven in Tabel 5).

De som van de hoeveelheid aangekocht voer en geteelde gewassen is hoger dan de opgenomen hoeveelheid voer door de dieren omdat rekening wordt gehouden met vervoederingsverliezen. Deze vervoederingsverliezen bedragen 2% voor de aangekochte krachtvoergrondstoffen en voor de gewassen veldbonen, gerst en velbonen/wintertarwe; 0% voor vers weidegras, 3% voor voederbieten en CCM; en 5% voor de overige gewassen. Deze vervoederingsverliezen zijn gebaseerd op Tabel 1.1 van de KLV (2022).

Tabel 9 Overzicht kostprijzen voor in studie gebruikte voedermiddelen.

Aangekochte voedermiddelen	€/kg product	Geteelde gewassen op bedrijf		
		€/ha	€/kg DS	
Mais (korrel)	0.247	Snijmais	1940	0.119
Tarwe (korrel)	0.245	Voederbieten	2334	0.131
Raapzaadschroot	0.322	Erwt/triticale/snijmais	2139	0.134
Palmpitschilfers	0.190	CCM (met spil)	1880	0.163
Sojahullen	0.213	Sorghum	1673	0.134
Bietenpulp	0.250	Extensief kruidenrijk grasland	707	0.131
Raapzaadschroot bestendig	0.338	Gras (kuilgras/weidegras)	1358	0.155
Sojaschroot	0.449	Productief kruidenrijk grasland	1656	0.147
Sojaschroot, bestendig	0.463	Luzerne/gras	1408	0.142
Zonnebloemzaadschroot	0.335	Gras/rode klaver	1543	0.137
Vinasse	0.130	Kuilgras	1959	0.188
Ureum	0.262	Luzerne	1464	0.155
Sojaolie	1.025	Veldbonen/wintertarwe	1511	0.286
Monocalciumfosfaat	0.600	Gerst	1706	0.273
Tarwestro ¹	0.110	Veldbonen	1687	0.293
Snijmais ¹	0.151	GPS (graan)/gras/rode klaver	1990	0.201
Kuilgras ¹	0.234			

¹prijs per kg DS.

Voor het verklaren van keuzes voor gewassen en krachtvoergrondstoffen door de solver is het belangrijk om een goed idee te hebben over de kVEM prijs en kDVE prijs van de verschillende gewassen omdat bij het optimaliseren is geoptimaliseerd op saldo en prijzen voor kVEM en kDVE zeer bepalend zijn voor uitkomsten. De in Tabel 9 genoemde prijzen in €/kg product voor krachtvoergrondstoffen en €/kg DS voor ruwvoerders zijn met behulp van de VEM en DVE voederwaarde van de diverse producten (CVB, 2022d) omgerekend naar €/kVEM en €/kDVE prijzen voor de gewassen (Tabel 10) en krachtvoergrondstoffen (Tabel 11) om een idee te geven welke voedermiddelen en gewassen interessant zijn om ingezet te worden vanuit een economisch standpunt.

Tabel 10 Overzicht van kVEM en kDVE prijzen van de verschillende gewassen

Gewas	€/kDVE	€/kVEM
Snijmais	2.304	0.123
Voederbieten	1.455	0.127
CCM (met spil)	2.335	0.136
Erwt/triticaal (vanggewas) gevolgd door snijmais	2.704	0.140
Sorghum	3.368	0.151
Gras (kuilgras/weidegras)	1.730	0.160
Extensief kruidenrijk grasland	2.195	0.166
Productief kruidenrijk grasland	2.178	0.180
Luzerne/gras (70% luzerne op DS-basis)	2.474	0.182
Gras, alleen maaien	2.305	0.199
Gras/rode klaver (71% rode klaver op DS-basis)	2.737	0.202
Luzerne	3.294	0.218
GPS (graan) gevolgd door gras/rode klaver	3.527	0.223
Gerst	3.082	0.247
Veldbonen/wintertarwe	2.636	0.253
Veldbonen	2.409	0.255

Tabel 11 Overzicht van kVEM en kDVE prijzen van de verschillende krachvoergrondstoffen

Gewas	€/kDVE	€/kVEM
Palmpitschilfers	1.54	0.182
Mais	2.97	0.227
Vinasse	4.19	0.227
Sojahullen	2.34	0.235
Tarwe	3.02	0.237
Bietenpulp	2.66	0.268
Sojaolie		0.292
Tarwestro	12.22	0.295
Raapzaadschroot	2.18	0.378
Raapzaadschroot, bestendig	1.23	0.408
Zonnebloemzaadschroot	2.36	0.426
Sojaschroot	1.77	0.442
Sojaschroot, bestendig	1.17	0.467

De melkprijs is gebaseerd op de Friesland Campina garantieprijs van maart 2021 van 35.25 cent per kg melk (FC, 2021) plus 0.46 cent weidepremie (deelweidegang) per kg melk. De mestafvoerkosten zijn gesteld op 16 euro per kuub op basis van prijsinformatie van het NCM (Nederlands Centrum Mestverwaarding) op 31-01-2022 waarbij een range van 15 – 18 euro per ton werd aangegeven (NCM, 2022). De opbrengst van afgevoerde dieren is gebaseerd op hoofdstuk 2.1.6 van KWIN-V (2021-2022) met opbrengsten van 15 euro voor een vaarskalf, 55 euro voor stierkalf, 235 euro voor een kalf van 307 kg (resultaat van interpolatie tussen de prijs van een vaarskalf en een pink van 2 jaar), 470 euro voor een pink van 2 jaar en 615 euro voor een gemiddelde slachtkoe. Verder is aangenomen dat van de afgevoerde kalveren 93% van de dieren levend is afgevoerd, en dat de genoemde opbrengst alleen geldt voor de levend afgevoerde dieren.

De kostprijs voor kunstmest is gebaseerd op hoofdstuk 2.3 van KWIN-V-2021-2022) en bedragen 0.90 euro per kg N, 0.85 euro per kg P₂O₅ en 0.55 euro per kg K₂O.

2.13 Kritische prestatie indicatoren (KPI's)

In deze studie worden de scenario's die worden doorgerekend getoetst op zogenaamde Kritische Prestatie Indicatoren (KPI's). Tabel 12 geeft een overzicht van de in deze studie gebruikte KPI's en de berekeningswijze. Het vertrekpunt van deze lijst is het rapport Integraal sturen op doelen voor duurzame landbouw via KPI's (Van Doorn *et al.*, 2021) De lijst met KPI's is opgesteld in samenspraak met de leden van de klankbordgroep van de PPS ruwvoer, bodem en kringlooplandbouw. De berekening van emissies van NH₃, N₂O, CH₄ en CO₂-eq zijn gebaseerd op K LW (2022) rekenregels. De gebruikte rekenregels zijn weergegeven in Bijlage C.

Tabel 12 Overzicht van berekende kritische prestatie indicatoren (KPI's) in de scenarioberekeningen. De berekening van emissies van NH₃, N₂O, CH₄ en CO₂-eq zijn gebaseerd op KLV (2022) rekenregels. De gebruikte rekenregels zijn weergegeven in Bijlage C.

KPI	Formule
Financieel	
Saldo (€/jaar)	Opbrengst verkoop melk en dieren minus kosten teelt/oogst/opslag van geteelde gewassen en aankoop van kunstmest en krachtvoer
Voer van eigen land	
% DS	
% RE	
% DVE	DS, RE, DVE, ME van eigen land (na conserveren) als % van totaal gevoerde DS, RE, DVE, ME aan de dieren (inclusief voerverliezen)
% DV-LYS + DV-MET	
% ME	
N-efficiëntie	
Bedrijf (%)	Afvoer van N via melk en dieren als % van N uit aangekocht voer en kunstmest, N uit depositie, N uit vastgelegd N door leguminose, minus N uit afgevoerde drijfmest
Dier (%)	Afvoer van N via melk en dieren als % van N geconsumeerd door de dieren (exclusief voerverliezen)
N-balans (kg N/ha)	N-aanvoer (weidemest + drijfmest + voerresten + kunstmest + fixatie door leguminose + depositie) minus N-afvoer (geogst gewas + NH ₃ -verlies uit kunstmest/oogstverliezen/weidemest/drijfmest)
NH₃ emissie¹	
kg NH ₃ -N/ha	(kg NH ₃ -N uit stal + externe opslag + beweiding + oogstverliezen + kunstmest + weidemest + drijfmest) / 48.2
kg NH ₃ -N/GVE ²	(kg NH ₃ -N uit stal + externe opslag + beweiding + oogstverliezen + kunstmest + weidemest + drijfmest) / GVE
g NH ₃ -N/kg FPCM ³	kg NH ₃ -N uit stal + externe opslag + beweiding + oogstverliezen + kunstmest + weidemest + drijfmest) / FPCM
CO₂ emissie¹	
kg CO ₂ -eq/ha	(kg CO ₂ -eq uit kunstmest + krachtvoerders + gewassen + CH ₄ -enterisch + CH ₄ -mest + CH ₄ -voerverliezen + CH ₄ -NO ₂) / ha (=48.2), GVE, GVE, FPCM
kg CO ₂ -eq/GVE	
kg CO ₂ -eq/kg FPCM ³	
P₂O₅-efficiëntie	
Bedrijf (%)	Afvoer van P ₂ O ₅ via melk en dieren als % van (P uit aangekocht voer en kunstmest minus P ₂ O ₅ uit afgevoerde drijfmest)
Dier (%)	Afvoer van P ₂ O ₅ via melk en dieren als % van P ₂ O ₅ geconsumeerd door de dieren (exclusief voerverliezen)
P ₂ O ₅ -balans (kg N/ha)	P ₂ O ₅ -aanvoer (weidemest + drijfmest + voerresten + kunstmest) minus P ₂ O ₅ -afvoer als geogst gewas
EOS-aanvoer ⁴ (kg/ha)	Aanvoer van EOS per ha

¹Bij de berekening van de emissie van NH₃ en CO₂ per kg FPCM is rekening gehouden met de allocatie van emissies naar melk en naar afgevoerde levende dieren. De volgende formule is hiervoor gebruikt, gebaseerd op de KLV (2022): $1 - 6.04 \times \text{gewicht productie levend gewicht (kg/jaar)} / \text{productie FPCM (kg/jaar)}$. Voor een toelichting op de berekening van emissies van NH₃ en CO₂-eq, zie Bijlage C.

²GVE = grootvee eenheid waarbij een kalf een GVE waarde van 0.5 heeft en pinken en koeien een waarde 1.

³FPCM = fat and protein corrected milk = vet- en eiwitgecorrigeerde melk volgens CVB (2022c).

⁴EOS = effectieve organische stof. Zie Bijlage C voor meer informatie over de berekening van EOS.

2.14 Berekenen van het optimale bouwplan

Via de Excel solver tool wordt een gemiddeld rantsoen doorgerekend voor het hele bedrijf waarbij geoptimaliseerd wordt op een maximaal saldo waarbij het saldo is berekend als de opbrengst van melk en afgevoerde dieren (vaste waarde) minus kosten voor de teelt (zoals bewerkingen als ploegen, zaaien, spuiten, bemesten, oogsten) van de gewassen, de opslag van het geoogste gewas, inputs zoals zaaizaad, gewasbeschermingsmiddelen en kunstmest en de aankoop van (kracht)voer om het verschil in voerbehoefte van de dieren en de voeropbrengst van het land te dekken en de afvoerkosten van drijfmest.

Daarbij wordt een aantal beperkingen/grenzen opgelegd aan het model. Deze zijn:

1. dat via voer (de som van gewassen geteeld op het bedrijf en aangekocht (kracht)voer aan de vereiste nutriënten ME, DVE, OEB, SW en VOC voldaan moet worden (voor ME en VOC opname betekent dit dat de behoefte exact gelijk is aan de hoeveelheid opgenomen via voer terwijl voor DVE, OEB en SW de waarden gelijk aan of hoger dan de berekende behoeften moeten zijn).
2. dat er maximaal 48.2 ha aan gewassen geteeld mag worden
3. een maximaal aandeel veldbonen in het bouwplan van 6.0 ha om een rotatie mogelijk te maken met een lage ziektedruk
4. voor het gemiddelde rantsoen: een minimaal OEB-gehalte van 0.0 g/kg DS, een minimaal P-gehalte van 2.8 g/kg DS, minimale en maximale ZETam-gehaltenes van respectievelijk 125 en 190 g/kg DS en minimale en maximale RE-gehaltenes van respectievelijk 130 en 180 g/kg DS.
5. Dat van het aandeel krachtvoer maximaal 25% bestaat uit palmpitschilfers, maximaal 0.5% bestaat uit ureum, maximaal 5% bestaat uit vinasse en maximaal 2.5% bestaat uit sojaolie.
6. Een minimaal aandeel aan grasland om de onbeperkte beweiding van kalveren en pinken mogelijk te maken en om te garanderen dat melkkoeien minimaal 2 kg DS aan vers gras per koe gedurende 120 dagen per jaar kunnen opnemen.
7. Maximaal 25% krachtvoer (op DS basis) in het rantsoen

Er zijn 5 scenario's geoptimaliseerd waarbij minimum of maximum niveaus van KPI's zijn opgelegd zoals bijvoorbeeld 65% eiwit van eigen land en een minimum van 80% grasland.

Geteste scenario's

De volgende scenario's zijn getest:

1. hoge intensiteit (19730 kg melk/ha/jaar) en hoge melkproductie per koe (9754 kg melk/koe/jaar) met 80% gras (er mag gekozen worden uit gras (kuilgras/weidegras), kuilgras (100% maaien), productief kruidenrijk grasland, extensief kruidenrijk grasland, gras/rode klaver, en gras/luzerne) en de keus voor 20% andere gewassen (scenario 1, afgekort als **INT-80%-GRAS**)
2. hoge intensiteit en hoge melkproductie per koe (9754 kg melk/koe/jaar) waarbij enkel geoptimaliseerd wordt op een maximaal saldo (scenario 2 afgekort als **INT-SALDO**)
3. hoge intensiteit en hoge melkproductie per koe (9754 kg melk/koe/jaar) met minimaal 65% eiwit van eigen land (scenario 3, afgekort als **INT-65%-RE**)
4. lage intensiteit (9997 kg melk/ha/jaar) en hoge melkproductie per koe (9754 kg melk/koe/jaar) met 80% gras (er mag gekozen worden uit gras (kuilgras/weidegras), kuilgras (100% maaien), productief kruidenrijk grasland, extensief kruidenrijk grasland, gras/rode klaver, en gras/luzerne) en de keus voor 20% andere gewassen (scenario 4, afgekort als **EXT-80%-GRAS**)
5. lage intensiteit (9997 kg melk/ha/jaar) en hoge melkproductie per koe (9754 kg melk/koe/jaar) zonder verdere restricties (scenario 5, afgekort als **EXT-SALDO**)

3 Resultaten

Met de in deze studie ontwikkelde rekenmethodiek zijn 5 scenario's doorgerekend. De resultaten en tussenresultaten van de berekeningen die zijn gedaan voor Scenario 1 t/m Scenario 5 zijn weergegeven in Bijlagen D t/m H.

Het aantal dieren dat op het bedrijf kan worden gehouden is afhankelijk van het vooraf ingestelde niveau van de melkproductie in kg/koe/jaar en de melkproductie in kg/ha/jaar (Tabel 13).

Het aantal grootvee eenheden (GVE) dat op het bedrijf kan worden gehouden is in Scenario INT-80%-GRAS, INT-SALDO en INT-65%-RE 142.1 GVE (Tabel 13). Het GVE dat op het bedrijf kan worden gehouden is in Scenario EXT-80%-GRAS en scenario EXT-SALDO 72.0 GVE. Door de vooraf gemaakte keuze dat het jongvee op het bedrijf wordt gehouden zijn er in alle scenario's kalveren, pinken en koeien op het bedrijf aanwezig (Tabel 13). Het aantal melkkoeien is 97.5 in scenario's INT-80%-GRAS, INT-SALDO en INT-65%-RE. Het aantal melkkoeien is 49.4 in scenario's EXT-80%-GRAS en scenario EXT-SALDO.

Tabel 13 Aantal kalveren, aantal pinken, aantal koeien, GVE, melkproductie in kg/koe/jaar en melkproductie in kg/ha/jaar voor scenario 1 t/m scenario 5

	Scenario				
	1	2	3	4	5
	INT-80%-GRAS	INT-SALDO	INT-65%-RE	EXT-80%-GRAS	EXT-SALDO
kalveren (n)	30.1	30.1	30.1	15.3	15.3
pinken (n)	29.5	29.5	29.5	15.0	15.0
koeien (n)	97.5	97.5	97.5	49.4	49.4
GVE (n)	142.1	142.1	142.1	72.0	72.0
melkproductie (kg/koe/jaar)	9754	9754	9754	9754	9754
melkproductie per ha (kg/ha/jaar)	19730	19730	19730	9997	9997

In Tabel 14 zijn de geoptimaliseerde bouwplannen voor de 5 scenario's weergegeven. De geoptimaliseerde bouwplannen voor de 5 scenario's worden besproken in Hoofdstuk 4.

Tabel 14 Geoptimaliseerde bouwplannen voor de 5 scenario's.

	Scenario				
	1	2	3	4	5
	INT-80%-GRAS	INT-SALDO	INT-65%-RE	EXT-80%-GRAS	EXT-SALDO
Snijmais	6.64	24.92			
Gras (maaieren/weiden)	38.56	20.28	20.28	17.16	25.16
Voederbieten	3.00	3.00	3.00		1.52
CCM (met spil)			0.11		6.18
Prod. kruidenrijk gras (maaieren)			24.80		
Veldbonen (gedroogd)				6.00	5.67
Gerst (korrel)					0.74
Ext. kruidenrijk grasland (maaieren)				21.40	
Veldbonen/wintertarwe (gedroogd)				3.64	8.93

In Tabel 15 zijn de nutriëntgehalten van de gemiddelde rantsoenen van de 5 scenario's weergegeven. Bij een aantal rantsoenen wordt tegen de gestelde nutriëntgrenzen aangelopen zoals het maximale ZETam-gehalte van 190 g/kg DS en een minimaal OEB-gehalte van 0 g/kg DS.

Tabel 15 Nutriëntgehalten van de gemiddelde rantsoenen van de 5 scenario's

	Scenario				
	1	2	3	4	5
	INT-80%-GRAS	INT-SALDO	INT-65%-RE	EXT-80%-GRAS	EXT-SALDO
ZETam	190	190	175	190	190
P	4	3	4	4	4
RE	152	151	153	175	175
OEB	0	0	0	18	18
DVE	87	86	87	94	92
DV-MET	2.1	2.0	2.0	2.0	2.1
DV-LYS	5.4	5.4	5.1	5.9	6.0
SW	1.51	1.39	1.72	1.76	1.45
VW	0.73	0.72	0.72	0.73	0.75
VEM	1026	998	1017	1035	1051

In Tabel 16 zijn de KPI's weergegeven van de 5 scenario's. De KPI's van de geoptimaliseerde bouwplannen voor de 5 scenario's worden besproken in Hoofdstuk 4.

Tabel 16 KPI's van de 5 scenario's.

KPI	Eenheid	Scenario				
		1	2	3	4	5
		INT-80%-GRAS	INT-SALDO	INT-65%-RE	EXT-80%-GRAS	EXT-SALDO
Voer van eigen land (DS)	%	58.4	72.8	59.1	74.0	95.2
eiwit van eigen land (RE)	%	57.4	50.5	65.0	76.7	95.6
eiwit van eigen land (DVE)	%	53.6	55.2	54.0	66.0	93.5
energie van eigen land (ME)	%	55.2	70.6	54.0	68.2	94.0
eiwit:energie ratio eigen bedrijf	DVE (g) : ME (MJ)	7.2	5.8	7.4	7.7	7.6
%DV-LYS en DV-MET van eigen land	%	56.8	57.8	56.4	68.4	95.1
stikstof efficiëntie bedrijf	%	47.6	52.8	35.5	21.7	41.6
stikstof efficiëntie dier	%	29.4	29.0	28.9	25.5	25.9
stikstofbalans	kg N/ha	92	75	174	184	55
NH ₃ -emissie	kg NH ₃ -N/ha	32.9	25.7	35.7	32.1	26.4
NH ₃ -emissie	kg NH ₃ -N/GVE	11.2	8.7	12.1	21.5	17.6
NH ₃ -emissie	g NH ₃ -N/kg FPCM	1.37	1.07	1.48	2.63	2.16
CO ₂ -eq-emissie	kg CO ₂ -eq/ha	24403	26983	24838	14442	10317
CO ₂ -eq-emissie	kg CO ₂ -eq/GVE	8278	9153	8425	9649	6893
CO ₂ -eq-emissie	kg CO ₂ -eq/FPCM	1.01	1.12	1.03	1.18	0.84
Fosfaat efficiëntie bedrijf	%	100	100	100	100	100
Fosfaat efficiëntie dier	%	38.6	38.6	37.1	35.9	34.1
Fosfaat balans	kg P ₂ O ₅ /ha	0	0	0	0	0
EOS aanvoer	kg EOS/ha	3919	3361	4106	3864	3523
% krachtvoer	% (DS)	26.0	25.0	31.0	39.0	25.0

In Tabel 17 is een overzicht gegeven van saldo's (opbrengst minus kosten), opbrengsten voor melk en afgevoerde dieren, kosten voor aangekocht voer en kunstmest, kosten voor eigengeteeld voer en kosten voor afvoer van drijfmest weergegeven voor de 5 scenario's.

Tabel 17 Overzicht van saldo's (opbrengst minus kosten) in euro's per jaar, opbrengsten voor melk en afgevoerde dieren, kosten voor aangekocht voer en kunstmest, kosten voor eigengeteeld voer en kosten voor afvoer van drijfmest voor de 5 scenario's.

	Scenario				
	1	2	3	4	5
	INT-80%-GRAS	INT-SALDO	INT-65%-RE	EXT-80%-GRAS	EXT-SALDO
Opbrengst minus kosten	163106	180065	155621	81747	100556
opbrengst melk	339599	339599	339599	172412	172412
opbrengst afgevoerde dieren	18859	18859	18859	9574	9574
kosten aangekocht voer	100685	73130	97187	38599	5555
Kosten kunstmest K ₂ O	4069	3548	5412	1251	1762
Kosten kunstmest P ₂ O ₅	1070	1008	1555	327	872
kosten eigengeteeld voer	70808	80682	78433	60061	73241
kosten afvoer mest	18719	20025	20249	0	0

De resultaten in Tabellen 14 – 17 bevat slechts een deel van de resultaten. Een vollediger overzicht van de resultaten per scenario (waaronder bijvoorbeeld overzichten van de berekende benodigde hoeveelheden individuele voedermiddelen (in kg DS/jaar), bronnen van emissies/verliezen aan N en CH₄, bedrijfsbalansen voor de mineralen N, P en K, en gebruik/afvoer van (kunst)mest) is opgenomen in bijlage D voor scenario 1: INT-80%-GRAS), in bijlage E voor scenario 2: INT-SALDO, in bijlage F voor scenario 3: INT-65%-RE, in bijlage G voor scenario 4: EXT-80%-GRAS, en in bijlage H voor scenario 5: EXT-SALDO.

4 Discussie

4.1 Bouwplannen

4.1.1 Scenario INT-80%-GRAS

De verplichte 80% grasland van het landbouwareaal bestaat geheel uit gras (kuilgras/weidegras) (38.56 ha). De overige 20% van het beschikbare landbouwareaal (6.64 ha) bestaat uit snijmais. Daarbij is het belangrijk om te realiseren dat 20.28 ha gras (kuilgras/weidegras) het verplichte minimum is om te voldoen aan de behoefte voor vers gras voor kalveren, pinken en melkkoeien om te kunnen grazen. Dit betekent dus dat het gekozen areaal aan gras (kuilgras/weidegras) groter is dan het minimum. Dit resultaat valt voor een deel te verklaren uit het feit dat weiden van koeien economisch gezien rendabel is vanwege de besparing in kosten voor kuilopslag en oogstkosten. Wat ook meespeelt is de hogere voederwaarde van vers gras t.o.v. kuilgras. Bovenstaande twee factoren resulteren in een lagere kostprijs per kg DVE en VEM voor gras (kuilgras/weidegras) t.o.v. de overige grasgewassen bestaande uit gras, alleen maaien, productief kruidenrijk grasland, extensief kruidenrijk grasland en gras/rode klaver (Tabel 10). Wat verder opvalt is dat maximaal ureum in het rantsoen is ingerekend (zie Bijlage D voor ingerekende hoeveelheid ureum en percentage ureum in het krachtvoer) en dat tegen de ondergrens voor OEB-gehalte van 0 g/kg DS wordt aangelopen (Tabel 15). Dit kan verklaard worden uit het feit dat drijfmest afgevoerd moet worden vanwege een overschot aan stikstof (Bijlage D). Dit resulteert in een geoptimaliseerd rantsoen met een minimaal RE- en OEB-gehalte en daardoor een minimale excretie van N in mest en afvoer van drijfmest. Het geoptimaliseerde bouwplan van scenario INT-80%-GRAS weerspiegelt ook de praktijk van melkveebedrijven in Brabant die meedoen of meededen aan derogatie dat in veel gevallen 20% van het landbouwareaal wordt benut voor de teelt van snijmais. Naast import van krachtvoergrondstoffen om het gat tussen berekende energie- en eiwitbehoeften en energie- en eiwitopbrengst van gewassen op te vullen wordt in dit scenario ook 136.6 ton DS aan maiskuil aangekocht (zie Bijlage D) om te voldoen aan het gewenste maximale krachtvoerpercentage van 25% in de DS van het gemiddelde rantsoen.

4.1.2 Scenario INT-SALDO

In dit scenario is de restrictie voor 80% grasland van het totale landbouwareaal komen te vervallen. Dit resulteert in een geoptimaliseerd bouwplan waarin alleen het minimale aandeel aan kuilgras/vers gras van 20.28 ha is ingerekend (Tabel 14). Deze 20.28 is de ondergrens om weiden van kalveren, jongvee en koeien mogelijk te maken. Naast dit verplichte aandeel gras is de rest van de resterende beschikbare grond gevuld met 24.92 ha snijmais en 3.00 ha voederbieten (Tabel 14). De 3.0 ha voederbieten is de bovengrens voor voederbieten vanwege de restricties m.b.t. het maximale aandeel in het rantsoen om pensverzuring te voorkomen en de beperkte bewaarduur (ongeveer een half jaar) van verse voederbieten. De reden dat maximaal voederbieten en snijmais wordt ingerekend valt goed te verklaren uit de lage kostprijs van VEM en DVE voor snijmais en voederbieten in vergelijking met andere gewassen (Tabel 10).

Verder valt op dat maximaal ureum in het rantsoen wordt ingerekend (zie Bijlage E voor de ingerekende hoeveelheid ureum en percentage ureum in het krachtvoer) en dat tegen de ondergrens voor OEB-gehalte van 0 g/kg DS wordt aangelopen (Tabel 15). Dit kan verklaard worden uit het feit dat drijfmest afgevoerd moet worden vanwege een overschot aan stikstof (Bijlage E). Om de kosten van af te voeren drijfmest te reduceren wordt een rantsoen geoptimaliseerd met een minimaal RE- en OEB-gehalte en daardoor een minimale excretie van N in mest. In tegenstelling tot het scenario INT-80%-GRAS bleek het voor dit scenario niet noodzakelijk om ruwvoer aan te kopen om te voldoen aan het gewenste maximale krachtvoerpercentage van 25% in de DS van het gemiddelde rantsoen.

Het laten vervallen van de restrictie van 80% grasland zal tot gevolg hebben dat veel organische stof uit de bodemvoorraad verloren gaat bij het omzetten van grasland naar bouwland. Daarnaast scoort grasland in het algemeen beter op ecosysteemdiensten zoals bodemkwaliteit, waterregulering, waterkwaliteit en bovengrondse en ondergrondse biodiversiteit (van den Hout et al., 2023).

4.1.3 Scenario INT-65%-RE

In dit scenario is de restrictie ingevoerd van 65% RE van eigen land. Om 65% RE van eigen land te realiseren bestaat een groot deel (93.5%) van het bouwplanareaal uit grasland waarvan het minimale aandeel kuilgras/vers gras van 20.28 ha en 24.80 ha uit productief kruidenrijk grasland. Het resterende aandeel bouwland bestaat uit 3.00 ha voederbieten en 0.11 ha CCM. Om aan de randvoorwaarde de voldoen van 65% RE van eigen bodem wordt ervoor gekozen om maximaal productief kruidenrijk grasland als gewas in te zetten. Dit is logisch gezien het feit dat productief kruidenrijk grasland de hoogste opbrengst aan RE geeft per ha. Nadat voldaan is aan de 65% RE eis wordt de resterende ruimte van het landbouwareaal ingevuld met energierijke gewassen. Naast import van krachtvoergrondstoffen om het gat tussen berekende energie- en eiwitbehoeften en energie- en eiwitopbrengst van gewassen op te vullen wordt in dit scenario 90 ton DS aan maiskuil aangekocht (zie Bijlage F) om te voldoen aan het gewenste maximale krachtvoerpercentage van 25% in de DS van het gemiddelde rantsoen.

4.1.4 Scenario EXT-80%-GRAS

Van de 80% aan gras van het totale landbouwareaal bestaat 44.5% uit gras (kuilgras/weidegras) (17.16 ha) en 55.5% uit extensief kruidenrijk grasland (21.40 ha). De overige 20% bestaat uit veldbonen gedroogd (6 ha) en veldbonen/wintertarwe (3.64 ha). Ten opzichte van de 3 intensieve scenario's (INT-80%-GRAS, INT-SALDO en INT-65%-GRAS) verschilt dit scenario (EXT-80%-GRAS) in het feit dat de melkproductie per ha 9997 kg melk bedraagt i.p.v. 19730 kg. De eerste verwachting was dat dit scenario daarom zou resulteren in een substantieel hoger aandeel voer van eigen land t.o.v. de intensieve scenario's. Dit bleek echter in mindere mate het geval te zijn als aanvankelijk verwacht aangezien het aandeel DS van eigen land van 74.0% ongeveer gelijk bleek aan het percentage in scenario INT-SALDO van 72.8% (Tabel 16). De oorzaak hiervan is de eis van minimaal 80% grasland van het totale landbouwareaal. Dit betekent dat een aanzienlijk deel van het bouwlandareaal moet bestaan uit ruwvoer met een relatief hoge verzadigingswaarde. Omdat de koeien een hoge melkproductie hebben en daardoor noodzakelijk ook een rantsoen nodig hebben met een lage verzadigingswaarde (zodat er veel voer opgenomen kan worden) was het noodzakelijk om een groot aandeel van het graslandareaal te laten bestaan uit extensief kruidenrijk grasland met een lage opbrengst per ha. Dit beperkt het aanbod aan voer met een hoge verzadigingswaarde zodat er voldoende ruimte overblijft om krachtvoer te importeren met een lage verzadigingswaarde zodat de dieren een rantsoen aangeboden krijgen wat voldoende is om de vereiste melkproductie te halen. Dit resulteert dan ook in een gemiddeld rantsoen met een hoog aandeel krachtvoer van 39% (Tabel 16). Omdat er voldoende ruimte is om alle dierlijke mest op het eigen bedrijf te plaatsen was het niet nodig om het RE-gehalte van het rantsoen te minimaliseren. Dit resulteerde daarom ook in een gemiddeld rantsoen met een RE-gehalte van 175 g/kg DS en een OEB-gehalte van 18 g/kg DS). Een optie om import van krachtvoer te beperken is het verlagen van de melkgift per koe per jaar. Dit maakt het mogelijk om het percentage krachtvoer in het gemiddelde rantsoen te verlagen doordat koeien in dat geval ook met een rantsoen met een lager ME- of VEM-gehalte toe kunnen. Hoe dit echter uitpakt voor het totaalplaatje is onduidelijk aangezien deze optie ook inhoudt dat er meer dieren nodig zijn om de gewenste melkproductie per ha te behalen, wat ook betekent dat er meer voer voor onderhoud nodig is.

4.1.5 Scenario EXT-SALDO

In dit scenario is de restrictie voor 80% grasland van het totale landbouwareaal komen te vervallen. Het geoptimaliseerde bouwplan bestaat uit 25.16 ha graskuil/vers gras, 8.93 ha veldbonen/wintertarwe, 6.18

ha CCM, 5.67 ha veldbonen en 1.52 ha voederbieten. Het aandeel voederbieten was tevens het maximum aandeel.

In eerste instantie bevatte het geoptimaliseerde bouwplan een aandeel veldbonen van 16.55 ha veldbonen. Vanwege het onrealistisch hoge aandeel veldbonen wat vanuit een rotatiestandpunt niet realistisch is, is daarom gekozen om het maximale aandeel veldbonen in het bouwplan te maximaliseren op 6.0 ha.

Omdat er voldoende ruimte is om alle dierlijke mest op het eigen bedrijf te plaatsen was het niet nodig om het RE-gehalte van het rantsoen te minimaliseren. Dit resulteerde daarom ook in een gemiddeld rantsoen met een RE-gehalte van 175 g/kg DS en een OEB-gehalte van 18 g/kg DS).

4.2 KPI's

4.2.1 Eiwit van eigen land

De Commissie Grondgebondenheid heeft op verzoek van de NZO en de LTO-vakgroep Melkveehouderij in 2018 een breed gedragen advies opgesteld over de grondgebonden melkveehouderij met 4 bouwstenen. Eén bouwsteen is dat minimaal 65% van het eiwit in het rantsoen van de koe afkomstig moet zijn van eigen grond of de directe omgeving van de melkveehouder. Dat betekent dus dat elk melkveebedrijf grotendeels moet kunnen voorzien in zijn eigen eiwitbehoefte. Uit de 5 scenario's blijkt dat voor de twee extensieve scenario's (EXT-80%-GRAS en EXT-SALDO) deze doelstelling ruimschoots gehaald wordt zonder dat erop gestuurd hoeft te worden (Tabel 16). Voor de intensieve scenario's moet er doelbewust gestuurd worden om deze doelstelling of bouwsteen te behalen zoals gedaan wordt in scenario INT-65%-RE. Een interessante observatie is verder dat als naar het aandeel DVE van eigen land wordt gekeken dan blijkt dat het percentage DVE van eigen bodem voor scenario INT-65%-RE van 54.0 nauwelijks verschilt van het percentage DVE van eigen bodem voor scenario INT-80%-GRAS van 53.6% en zelfs iets lager is dan het percentage DVE van eigen bodem voor scenario INT-SALDO van 55.2% (Tabel 16). Een minimum eis op DVE van eigen bodem i.p.v. RE van eigen bodem is mogelijk logischer omdat in het algemeen de import van eiwithoudende voedermiddelen op melkveebedrijven gebaseerd is op het aanvullen van DVE tekorten en voedermiddelen aangekocht worden o.b.v. DVE-waarden. Verder blijkt dat sturen op 65% RE van eigen bodem in scenario INT-65%-RE resulteert in een NH₃-emissie per kg FPCM van 1.48 welke waarde hoger is dan de waarden voor scenario INT-80%-GRAS van 1.37 en INT-SALDO van 1.07 g NH₃-N per kg FPCM (Tabel 16). Uit Tabel 16 blijkt verder dat de N-efficiëntie op bedrijfsniveau voor scenario INT-65%-RE van 35.5% substantieel lager is dan de efficiëntie van 47.6% voor INT-80%-GRAS en 52.8% van INT-SALDO. De belangrijkste reden voor deze lagere N-efficiëntie t.o.v. de andere twee intensieve scenario's is 1) de bijdrage van N-fixatie door klaver in het gewas productief kruidenrijk grasland en 2) dat de N-gebruiksruimte van productief kruidenrijk grasland geen rekening houdt met N-fixatie van klaver en 3) dat het model zo is ingericht dat de volledige wettelijk toegestane N-gebruiksruimte wordt benut. Indien ervoor gekozen zou worden om rekening te houden met N-fixatie en de volledige N-gebruiksruimte niet volledig uit te putten zou dit resulteren in een lagere N-bemesting met kunstmest en een minder lage N-efficiëntie op bedrijfsniveau.

4.2.2 NH₃-emissie

Resultaten in Tabel 16 laten zien dat het uitmaakt of een KPI voor NH₃-emissie wordt uitgedrukt per kg FPCM (of GVE) of per ha. Bijvoorbeeld, scenario EXT-SALDO heeft, t.o.v. de scenario's INT-80%-GRAS, INT-65%-RE en EXT-80%-GRAS een lage NH₃-emissie van 26.4 kg NH₃-N per ha. Aan de andere kant, in het geval de NH₃-N-emissie is uitgedrukt per kg FPCM heeft EXT-SALDO een hoge emissie van 2.16 g NH₃-N/kg FPCM in vergelijking met scenario's INT-80%-GRAS, INT-SALDO en INT-65%-RE. Resultaten in Tabel 16 maken duidelijk dat de extensieve scenario's resulteren in substantieel hogere NH₃-N-emissies per kg FPCM (2.16 – 2.63 g NH₃-N/kg FPCM) t.o.v. de intensieve scenario's (1.07 – 1.48 g NH₃-N/kg FPCM). Deze verschillen in resultaten kunnen grotendeels verklaard worden door de emissie van NH₃ van aangewende drijfmest op het veld.

In de extensieve scenario's kan alle drijfmest toegediend worden op het land terwijl voor de intensieve scenario's een deel van de drijfmest afgevoerd wordt van het bedrijf en voor deze afgevoerde drijfmest geen NH₃-emissie toegerekend wordt voor toediening op het land.

Een tweede reden voor de verschillen wordt veroorzaakt door de hogere RE-gehalten van rantsoenen in de 2 extensieve scenario's met als gevolg een toename in TAN-excretie en NH₃-emissie.

De NH₃-emissie per kg FPCM van de INT-SALDO scenario van 1.07 g NH₃-N/kg FPCM is substantieel lager dan de NH₃-emissie van de INT-80%-GRAS en INT-65%-RE scenario's van respectievelijk 1.37 en 1.48 g NH₃-N/kg FPCM.

Ook is de NH₃-emissie per kg FPCM van de EXT-SALDO scenario van 2.16 g NH₃-N/kg FPCM substantieel lager dan de NH₃-N-emissie van de EXT-80%-GRAS scenario van 2.63 g NH₃-N/kg FPCM. Deze verschillen zijn met name het gevolg van verschillen in aandelen snijmais, CCM en voederbieten in het bouwplan. Ten opzichte van grasgewassen met een NH₃-emissie van 17% van TAN in aangewende drijfmest is voor snijmais, CCM en voederbieten gerekend met een NH₃-emissie van 2% van het aandeel TAN in de aangewende drijfmest als gevolg van het diep injecteren van drijfmest in de grond met als gevolg een lagere NH₃-emissie.

4.2.3 CO₂-eq-emissie

Resultaten in Tabel 16 laten zien dat het uitmaakt of een KPI voor CO₂-eq-emissie wordt uitgedrukt per kg FPCM (of GVE) of per ha. Resultaten in Tabel 16 maken duidelijk dat de 2 extensieve scenario's resulteren in CO₂-eq-emissies per ha (10317 en 14442 kg CO₂-eq/ha) die ruwweg 2 keer kleiner zijn dan CO₂-eq-emissies in de intensieve scenario's (24403 - 26983 kg CO₂-eq/ha). In het geval CO₂-eq-emissies uitgedrukt worden per kg FPCM verdwijnen de gemiddelde verschillen in CO₂-eq-emissies tussen de 3 intensieve scenario's (1.01 - 1.12 kg CO₂-eq/ha) en de 2 extensieve scenario's (0.84 en 1.18 kg CO₂-eq/ha) bijna geheel. Verder zijn verschillen in CO₂-eq-emissies binnen de intensieve scenario's en de extensieve scenario's grotendeels te verklaren door verschillen in CO₂-eq-waarden van gewassen en krachtvoerders. Het is interessant om in een vervolgstudie te analyseren wat het effect is van sturen op CO₂-eq-emissie per kg FPCM op bouwplan en keuze van krachtvoergrondstoffen.

4.2.4 EOS aanvoer

Resultaten in Tabel 16 laten zien dat EOS aanvoer uitgedrukt in kg EOS per ha het laagst zijn voor de 2 SALDO scenario's (3361 kg EOS/ha voor de INT-SALDO scenario en 3523 kg EOS/ha voor de EXT-SALDO scenario) t.o.v. EOS aanvoer van de overige 3 scenario's (3864 - 4106 kg EOS/ha). Deze verschillen kunnen verklaard worden uit het feit dat de bijdrage van grasgewassen aan EOS in de vorm van gewasresten groter is dan aanvoer van EOS uit overige (akkerbouwmatige) gewassen.

4.2.5 Fosfaat- en stikstofbalans

In alle 5 de scenario's was de fosfaatbalans 0 kg. Dit betekent dat in alle gevallen er meer fosfaat via gewas van het land werd afgevoerd dan er via dierlijke mest werd aangevoerd. In dat geval is het verschil tussen afvoer van fosfaat via gewassen en aanvoer van fosfaat via dierlijke mest aangevuld met fosfaat uit kunstmest.

Er zijn substantiële verschillen in stikstofbalansen tussen scenario's. De stikstofbalansen zijn het kleinst voor de 2 SALDO scenario's (Tabel 16). Dit is met name te verklaren uit:

1. het feit dat de N-bemestingsruimte voor graslandgewassen hoger is dan voor de meer akkerbouwmatige gewassen
2. dat in alle gevallen de maximale N-bemestingsruimte voor gewassen is benut terwijl in de N-bemestingsruimte voor mengsels van gras en klaver geen rekening is gehouden met N-fixatie van N uit lucht door klaver

-
3. dat voor de 2 SALDO scenario's het aandeel grasland substantieel lager lag (20.28 ha voor INT-SALDO en 25.16 ha voor EXT-SALDO) dan voor de overige scenario's (38.56 ha voor scenario's INT-80%-GRAS en EXT-80%GRAS en 45.08 ha voor INT-65%-RE).

In de praktijk zal wellicht niet altijd de volledige N-bemestingsruimte voor graslandgewassen benut worden. Dit zal met name het geval zijn als grasland naast gras ook klaver bevat. In dat geval zal het volledig benutten van de N-bemestingsruimte een nadelig effect hebben op de aanwezigheid van klavers.

4.3 Saldo

Het loslaten van de eis van minimaal 80% grasland van het totale landbouwareaal in scenario INT-SALDO heeft als gevolg dat het saldo met 16959 euro/jaar stijgt (stijging van 10%) t.o.v. scenario INT-80%-GRAS (Tabel 17). Daarnaast leidt het stellen van de eis voor 65% RE van eigen land (scenario INT-65%-RE) tot een daling in saldo van 7485 euro (daling van 5%) t.o.v. scenario INT-80%-GRAS en tot een daling in saldo van 24444 euro (daling van 16%) t.o.v. scenario INT-65%-RE (Tabel 17). Het verlies van de derogatie zal daarom mogelijk resulteren in een afname van het areaal gras op melkveebedrijven.

De saldi voor de extensieve scenario's EXT-80%-GRAS en EXT-SALDO van respectievelijk 81747 en 100556 euro per jaar zijn substantieel lager dan de berekende saldi voor de intensieve scenario's variërend van 155621 tot 180065 euro/jaar (Tabel 17). Dit maakt duidelijk dat het voor melkveehouders op dit moment niet aantrekkelijk is om te extensiveren. Of in de toekomst extensiveren voor melkveehouders wel aantrekkelijk wordt zal bepaald worden door een mix van factoren zoals afzetkosten van mest, subsidiebeleid en eisen m.b.t. maximale emissies van ammoniak en methaan.

5 Conclusies en Aanbevelingen

In dit rapport is een model ontwikkeld en beschreven wat gebruikt kan worden om bouwplannen voor zowel intensieve als extensieve melkveehouderijbedrijven te optimaliseren o.b.v. het saldo met inachtneming van eisen zoals bijvoorbeeld maximale emissies t.a.v. CO₂-eq en NH₃, eiwit van eigen land, voer van eigen land, aandeel gras in het bouwplan, bodemgezondheid (o.b.v. effectieve organische stof, EOS), en gewasdiversiteit (aantal gewassen).

Een 5-tal scenario's zijn doorgerekend m.b.t. intensiteit (kg melk/ha), minimum aandeel grasland van het totale landbouwareaal (80% versus geen restricties) en aandeel RE van eigen grond. De resultaten voor de 5 scenario's waren zoals verwacht kan worden bij de ingestelde bedrijfsopzet en randvoorwaarden.

Conclusies o.b.v. de modelresultaten van de 5 scenario's zijn onder andere dat:

1. voor de intensieve melkveehouderij de teelt van hoogproductieve energieleverende gewassen zoals snijmais en voederbieten financieel aantrekkelijk is
2. verhogen van het aandeel RE van eigen land niet noodzakelijk hoeft te leiden tot een toename van het aandeel DVE van eigen land.
3. het loslaten van de eis van minimaal 80% grasland van het totale landbouwareaal en een vrije keuze uit gewassen resulteert in 1) een toename van het aandeel snijmais ten koste van grasland, 2) een substantiële verlaging van NH₃-emissie, 3) een substantiële verlaging van het gebruik van kunstmest-N, 4) een substantiële toename van voer van eigen land, 5) een geringe afname van de aanvoer van EOS.
4. de keuze van de weergave van emissies van NH₃ en CO₂-eq per ha of per kg FPCM niet veel verschil maakt voor CO₂-eq maar wel voor NH₃. Dit kan voor een groot deel verklaard worden uit het feit dat voor afgevoerde dierlijke mest geen emissie van NH₃ wordt toegerekend als gevolg van uitrijden op landbouwgrond. Dit heeft als resultaat dat voor intensieve bedrijven, waar veel dierlijke mest wordt afgevoerd, de relatieve bijdrage van NH₃-emissie van uitgereden dierlijke mest lager is dan voor extensieve bedrijven die weinig of geen dierlijke mest hoeven af te voeren.
5. het minimaliseren van RE- en OEB-gehalten van het rantsoen gunstig is voor het saldo vanwege een verlaging in mestafvoerkosten

Een beperking van het model is dat geen rekening wordt gehouden met vruchtwisselingseisen. Een voorbeeld is het feit dat bij scenario EXT-saldo in eerste instantie 16.55 ha (34.3% van beschikbare landbouwareaal) werd ingerekend met veldbonen. Dit is vanuit een vrucht-wisselingsstandpunt niet realistisch. Deze beperking kan overigens opgelost worden door het hanteren van een maximum voor het toegestane aantal ha van een bepaald gewas.

Aanbevolen wordt om dit model in een vervolgstudie te gebruiken als een tool om scenario's door te rekenen voor melkveehouderijbedrijven m.b.t. de keuze en optimale mix van bestaande en nieuwe gewassen onder verschillende omstandigheden zoals melkproductieniveau (kg melk/koe/jaar), intensiteit (kg melk/ha), grondsoort, droogte, en eco-subsidies (gemeenschappelijk landbouwbeleid van de Europese Unie). Voor combinaties van bovengenoemde omstandigheden kan doorgerekend worden wat het effect van opleggen van beperkingen t.a.v. emissies, bodemgezondheid, en percentage eiwit van eigen land is op het optimale bouwplan, saldo, en mogelijke trade-offs tussen KPI's.

6 Disclaimer

Het is belangrijk om te realiseren dat de in deze studie beschreven optimale bouwplانسenario's het resultaat zijn van aannames die zijn gemaakt en dat een aanpassing van deze aannames waarschijnlijk zal leiden tot gewijzigde bouwplانسenario's. Een aantal van deze aannames zijn hieronder weergegeven.

De hierboven beschreven modelresultaten zijn het resultaat van optimalisaties waarbij het saldo op een hypothetisch melkveebedrijf op zandgrond door het model is geoptimaliseerd. De berekening van dit saldo is gebaseerd op berekende inkomsten voor melk en verkoop van dieren minus kosten voor teelt van gewassen, aankoop van voer en kunstmest, en afvoerkosten van drijfmest. In de saldoberekening zijn geen subsidies opgenomen van het Gemeenschappelijk landbouwbeleid zoals vastgelegd in de eco-regeling. Indien deze subsidies worden meegenomen in de saldoberekening zal dit mogelijk resulteren in gewijzigde optimale bouwplانسenario's. De subsidies zijn niet meegenomen in deze studie vanwege het feit dat deze subsidies van jaar tot jaar kunnen verschillen.

De opbrengstprijzen van melk en kostprijzen voor de teelt van gewassen en de aankoop van voedermiddelen en kunstmest en de afvoer van drijfmest zijn gebaseerd op prijsniveaus van 2021. De opbrengst en kostprijzen zijn sinds 2021 substantieel gewijzigd. Een voorbeeld hiervan is dat door de opheffing van de derogatieregeling melkveehouders meer drijfmest zullen gaan afvoeren wat waarschijnlijk zal leiden tot toenemende afvoerkosten van drijfmest.

Aannames m.b.t. opbrengstniveaus van gewassen zijn gebaseerd op data van opbrengsten op zandgronden zonder droogtetekort. Opbrengstenniveaus tijdens droge jaren en voor kleigronden in het noorden van het land liggen op een ander niveau. Ook zijn er aannames gemaakt m.b.t. het aantal jaren dat meerjarige gewassen zoals gras en luzerne geteeld worden op hetzelfde perceel. Alternatieve keuzes m.b.t. opbrengstniveaus van gewassen en het aantal jaar dat een meerjarig gewas geteeld wordt op hetzelfde perceel heeft invloed op berekende optimale bouwplانسenario's.

Bij de modelaannames is gerekend met Holstein Friesian koeien met een zeker melkproductieniveau per koe en ha, met een zeker vervangingspercentage, en is aangenomen dat jongvee opgroeit op het melkveebedrijf. Voor individuele melkveebedrijven kan de situatie heel anders zijn m.b.t. koeras, melkproductieniveau, vervangingspercentage en opfok van jongvee op het eigen bedrijf waardoor voorzichtigheid geboden is om resultaten van deze studie één op één toe van toepassing te verklaren voor alle melkveebedrijven.

In het model is gerekend met een gemiddeld rantsoen voor alle dieren terwijl in werkelijkheid rantsoeneisen voor hoogproductieve koeien anders zijn dan rantsoenen voor droogstaande koeien en pinken en dat er ook beperkingen zijn m.b.t. het samenstellen van krachtvoersamenstellingen (i.v.m. perseneigenschappen van voedermiddelen). Dit kan betekenen dat in werkelijkheid de keuze van aangekochte voedermiddelen enigszins anders zal zijn dan berekend in deze studie.

Een beperking van het model is dat geen rekening wordt gehouden met vruchtwisselingseisen. Een voorbeeld is het feit dat bij scenario 5 in eerste instantie 16.55 ha (34.3% van beschikbare landbouwareaal) werd ingerekend met veldbonen. Dit is vanuit een vruchtwisselingsstandpunt niet realistisch. Deze beperking kan overigens opgelost worden door het hanteren van een maximum voor het toegestane aantal ha van een bepaald gewas.

De gemodelleerde bouwplانسenario's geven het maximale saldo bij de vooraf vastgestelde eisen. In theorie kan het echter het geval zijn dat een minimale aanpassing aan één van de aannames t.a.v. opbrengstniveaus van gewassen, teeltkosten van gewassen, opgelegde grenzen t.a.v. nutriënteisen en KPI's kunnen leiden tot substantiële verschuivingen in keuzes van gewassen. Analyses om deze verschuivingen in beeld te krijgen zijn gewenst.

Literatuur

- Anonymus 2021 Voederwaardeprijzen Rundvee, <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/livestock-research/producten/voederwaardeprijzen-rundvee.htm>
- CBS 2020. Anonymus. <https://opendata.cbs.nl/statline>
- CVB 2022a. Geactualiseerde energiebehoefthenormen voor Holstein Friesian melkkoeien. CVB Documentatierapport nr. 79.
- CVB 2022b. Body weight of Holstein Friesian cows. CVB Documentation report nr. 78.
- CVB 2022c. Tabellenboek Voeding Herkauwers 2022; voedernormen Rundvee, Schapen, Geiten en voederwaarden voedermiddelen voor Herkauwers. CVB-reeks nr. 65.
- CVB 2022d. Voederwaardecalculator. <https://vvdv.cvbdiervoeding.nl/Manage/Tools/VwCalc.aspx>
- CVB 2007. Voeropnamemodel Melkvee, versie 2007. CVB Documentatierapport nr. 51.
- CVB 2005. Reviews on the mineral provision in ruminants (V): potassium metabolism and requirements in ruminants. CVB Documentation report nr. 37.
- CVB 1997. Energie- en eiwitnormen voor de voederbehoefte van vrouwelijk jongvee bestemd voor de melkveehouderij. CVB documentatierapport nr. 19.
- CRV 2019. Jaarstatistieken 2019 voor Nederland. <https://www.cooperatie-crv.nl/wp-content/uploads/2020/02/Jaarstatistieken-2019-NL-totaal.pdf>.
- FC 2021. FrieslandCampina-garantieprijs maart 2021. [FrieslandCampina-garantieprijs maart 2021](https://www.frieslandcampina.nl/garantieprijs-mar-2021).
- Handboek Bodem en Bemesting 2023. <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Organische-stofbeheer/Organische-stofbalans/Aanvoerbronnen-effectieve-organische-stof.htm>. Commissie Bemesting Akkerbouw/Vollegroententeelt.
- Handboek Melkveehouderij 2020/2021. Hoofdstuk 3. Grasland en voedergewassen.
- KLW 2022. Rekenregels van de KringloopWijzer 2021. Achtergronden van BEX, BEA, BEP en BEC: actualisatie van de 2021-versie. Wageningen Research, Rapport WPR-1206.
- Koning, L. & L. Šebek 2019. Jaarrond gemiddeld fosforgehalte in melk. Wageningen Livestock Research, Rapport 1166.
- KWIN-AGV 2022. Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegroententeelt. Handboek 31.
- KWIN-V 2021-2022. Kwantitatieve Informatie Veehouderij. Handboek 45. September 2021.
- NCM 2022. Lagere afzettarieven voor drijfmest dan vorig jaar. [Lagere afzettarieven voor drijfmest dan vorig jaar \(mestverwaarding.nl\)](https://www.ncm.nl/afzettarieven-voor-drijfmest-dan-vorig-jaar).
- RVO 2023a. RVO website: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/mest/derogatie#derogatie-in-2023-en-daarna>. Bekeken op 9-6-2023.
- RVO 2023b. Tabel 2. Stikstof landbouwgrond. <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2023-02/Tabel-2-Stikstof-landbouwgrond-2023.pdf>.
- RVO 2023c. Tabel 9. Werkzame stikstof landbouwgrond. <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2023-02/Tabel-9-Werkzame-stikstof-landbouwgrond-2023.pdf>.
- RVO 2023d. Fosfaatdifferentiatie. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/mest/gebruiken-en-uitrijden/fosfaat-landbouwgrond/differentiatie>. Bekeken op 9-6-2023.
- RVO 2022. Tabel 6 Stikstof en fosfaat per melkkoe.
- Sleiderink, J., J.G.C. Deru, R. van der Weide, & N. van Eekeren. 2024. Effects of reduced tillage and prolonged cover cropping in maize on soil quality and yield. Soil and Tillage Research. Volume 244, 106196. <https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106196>.
- Van den Hout, M., J. de Wit, M. Bruinenberg, N. Hoekstra, P. Struyk, J. Pijlman, & N. van Eekeren. 2023. Grasland maakt het verschil. Extra waarden -boven productie- in stikstofdiscussies en verder. Publicatienummer 2023-013 lbD. Louis Bolk Instituut.

-
- Van den Pol-van Dasselaar, A., P.W. Blokland, T.J.A. Gies, G. Holshof, M.H.A. de Haan, H.S.D. Naeff, & A.P. Philipsen, 2015. Beweidbare oppervlakte en weidegang op melkveebedrijven in Nederland. Wageningen Research, Rapport 917.
- Van de Ven, A. Schellekens, L. Ooms, J. Bries, W. Odeurs, A. De Vlieger, J. Latré, N. Luyx & M. Abts. 2013. Optimalisatie bemesting van mais. Versie 2013. Landbouwcentrum voor Voedergewassen.
- Van Dijk, W., M.W.J. Stienezen, R.L.M Zom & R.Y. van der Weide, 2020a. Verkenning vruchtwisselingsopties met voedergewassen op melkveebedrijven. Wageningen Research, Rapport WPR-844.
- Van Dijk, W., P. Brinkman, J.W. Bijker, D. Verstand, M.W.J. Stienezen, R.L.M Zom & A. Dawson, 2020. Effecten van klimaatverandering, ewittransitie, en gezamenlijk grondgebruik op akkerbouw- en melkveebedrijven. Wageningen Research, Rapport WPR-1062.
- Van Doorn, A. 2021, J. Reijs, J.W. Erisman, F. Verhoeven, D. Verstand, W. de Jong, K. Andeweg, N. van Eekeren, A.C. Hoes, H. van Kernebeek, C. Koopmans, J.P. Wagenaar, en P. de Wolf. Integraal sturen op doelen voor duurzame landbouw via KPI's. <https://doi.org/10.18174/548327>
- Van Eekeren, N, & T. Visser, 2019. Memo: Invulling kruidenrijk grasland – Definitie, randvoorwaarden en borging. Publicatienummer 2019-018 LbD.

Bijlage A Gebruikte rekenregels voor het berekenen van nutriëntbehoeften

Tabel 18 Rekenregels om metaboliseerbare energie (ME) behoeften te schatten voor jongvee (kalveren en pinken) voor onderhoud, groei en dracht.

	Rekenregel ¹	Bron
NE _m (kJ/dier/dag) ²	$330 \times LG^{0.75}$	CVB (1997)
NE _g (kJ/dier/dag) ³	Als LG < 150 dan: $8368 \times GLG \times 1.15$ Anders: $((500 + 6 \times LG) \times 4.184 * GLG) / (1 - GLG \times 0.3)) \times 1.15$	
q ⁴	$ME / BE \times 100$	
k _{l_oud} ⁵	$0.463 + 0.00240 \times q$	
k _m ⁶	$0.554 + 0.00287 \times q$	
k _f ⁷	$0.006 + 0.00780 \times q$	
ME _m ⁸ (kJ/dier/dag)	$= NE_m / k_m$	
ME _g ⁹ (kJ/dier/dag)	NE_g / k_f	
ME _{preg} ¹⁰ (kJ/dier/dag)	$0.455 \times \exp(0.01634 \times dd)$	
ME _{graz} ¹¹ (kJ/dier/dag)	$0.3 \times ME_m \times 0.290$ (voor kalveren in de periode 6 – 12 mnd. $0.3 \times ME_m \times 0.411$ (voor pinken in de periode 12 – 24 mnd.	CVB (2022a)

¹Afkortingen in rekenregels zijn als volgt: LG = lichaamsgewicht (kg), GLG = dagelijkse groei (kg/d);

²Netto energiebehoefte voor onderhoud,

³Netto energiebehoefte voor groei.

⁴q = metaboliseerbare energie : bruto energie × 100 van het rantsoen. q = 70 bij een LG lager dan 75 kg, 60 bij een gewicht tussen 70 en 237 kg, en 55 bij een LG groter dan 237 kg.

⁵k_{l_oud} = de efficiëntie waarmee metaboliseerbare energie uit voer wordt omgezet in melk voor het oude VEM systeem (van vóór 2023).

⁶k_m = de efficiëntie waarmee metaboliseerbare energie uit voer wordt benut voor onderhoud.

⁷k_f = de efficiëntie waarmee metaboliseerbare energie uit voer wordt benut voor groei.

⁸ME_m = metaboliseerbare energiebehoefte voor onderhoud

⁹ME_g = metaboliseerbare energiebehoefte voor groei

¹⁰ME_{preg} = metaboliseerbare energiebehoefte voor dracht waarbij 'dd' staat voor dagen drachtig. Voor dracht is een drachtperiode van 280 dagen aangenomen.

¹¹ME_{graz} = metaboliseerbare energietoeslag voor de extra energiebehoefte voor grazen t.o.v. stal gevoerde dieren tijdens dagen dat jongvee onbepaald beweid wordt. Omdat kalveren gedurende een periode van 53 dagen beweiden worden in de periode van 6 – 12 maanden is de voor alle dagen in de periode 6 – 12 maanden berekende ME_{graz} waarden vermenigvuldigt met de ratio (53 / 183 = 0.290). Omdat pinken gedurende een periode van 150 dagen per jaar beweiden worden is de voor alle dagen berekende ME_{graz} waarden vermenigvuldigt met de ratio (150 / 365 = 0.411).

Tabel 19 Rekenregels om metaboliseerbare energie (ME) behoeften te schatten voor lacterende koeien en droogstaande koeien.

	Rekenregel ¹	Bron
FPCM ² (kg/d)	$(0.337 + 0.116 \times \% \text{melkv} + 0.06 \times \% \text{melkeiwit}) \times \text{kg melk/d}$	CVB (2022c)
E _{milk} ³ (kJ/kg FPCM)	3050	
NE _g ⁴ (kJ/dier/dag) ³	$(500 + 6 \times \text{LG}) \times 4.184 * \text{GLG} / (1 - \text{GLG} \times 0.3)$	CVB (1997)
q ⁵	ME / BE × 100	
k _r ⁶	$0.006 + 0.00780 \times q$	
ME _g ⁷ (kJ/dier/dag)	NE _g / k _r	
k _{l_nieuw} ⁸	$0.405 + 0.00418 \times q$	CVB (2022a)
ME _m ⁹ (kJ/dier/dag) ²	$1.1 \times 562 \times \text{LG}^{0.75}$ (lacterend) $1.0 \times 614 \times \text{LG}^{0.75}$ (droog)	
ME _{milk} ¹⁰ (kJ/dier/dag)	$3505 / k_{l_new} \times \text{FPCM}$	
ME _{preg} ¹¹ (kJ/dier/dag)	$0.455 \times \exp(0.01634 \times \text{dd})$	
ME _{graz} ¹² (kJ/dier/dag)	$0.15 \times \text{ME}_m \times 0.329$ (beperkt weiden)	

¹Afkortingen in rekenregels zijn als volgt: LG = lichaamsgewicht (kg), GLG = dagelijkse groei (kg/d).

²FPCM = vet- en eiwitgecorrigeerde melk.

³E_{milk} = bruto energiegehalte per kg FPCM.

⁴Netto energiebehoefte voor groei.

⁵q = metaboliseerbare energie : bruto energie × 100 van het rantsoen. Een q-waarde van 63.6 is aangehouden in deze studie voor rantsoenen voor lacterende koeien en een waarde van 56.0 voor droogstaande koeien.

⁶k_r = de efficiëntie waarmee metaboliseerbare energie uit voer wordt benut voor groei.

⁷ME_g = metaboliseerbare energiebehoefte voor groei.

⁸k_{l_nieuw} = de efficiëntie waarmee metaboliseerbare energie uit voer wordt omgezet in melk voor het recent geactualiseerde VEM2022 systeem (geïntroduceerd in 2022).

⁹ME_m = metaboliseerbare energiebehoefte voor onderhoud.

¹⁰ME_{milk} = metaboliseerbare energiebehoefte voor melkproductie.

¹¹ME_{preg} = metaboliseerbare energiebehoefte voor dracht waarbij 'dd' staat voor dagen drachtig. Voor dracht is een drachtperiode van 280 dagen aangenomen.

¹²ME_{graz} = metaboliseerbare energietoeslag voor de extra energiebehoefte voor grazen t.o.v. stal gevoerde dieren tijdens dagen dat lacterende koeien beweiden. Er wordt in de berekeningen uitgegaan van beperkt weiden gedurende 120 dagen per jaar. Daarom is de voor ieder dag berekende ME_{graz} waarde vermenigvuldigt met de ratio (120/365 = 0.329).

Tabel 20 Rekenregels om darm verteerbaar eiwit (DVE) behoeften te schatten voor onderhoud, groei, dracht en melkproductie.

	Rekenregel ¹	Bron
EA ² (g/dier/d)	$149.4 \times \text{GLG} + 4.6505$	CVB (1997)
Ke ³	$0.7862 / (1 + \exp(0.005286 \times (\text{LG} - 417.7)))$	
DVE _m ⁴ (g/dier/d)	$((2.75 \times \text{LG}^{0.5}) + (0.2 \times \text{LG}^{0.6}) / 0.67$	
DVE _g ⁵ (g/dier/d)	EA / Ke	
DVE _{preg} ⁶ (g/dier/d)	$(34.375 \times \exp((8.5357 - 13.1201 \times \exp(-0.00262 \times \text{dd}) - 0.00262 \times \text{dd})) / 0.50$	
DVE _{milk} ⁷ (g/dier/d)	$1.396 \times \text{melkeiwit} + 0.000195 \times \text{melkeiwit}^2$	CVB (2022c)

¹Afkortingen in rekenregels zijn als volgt: LG = lichaamsgewicht (kg), GLG = dagelijkse groei (kg/d).

²EA = eiwitaanzet als gevolg van groei.

³efficiëntie waarmee DVE wordt benut voor eiwitaanzet in het lichaam.

⁴DVE-behoefte voor onderhoud.

⁵DVE-behoefte voor groei.

⁶DVE-behoefte voor dracht waarbij 'dd' staat voor dagen drachtig. Voor dracht is een drachtperiode van 280 dagen aangenomen en de formule start op dag 141 van de drachtperiode.

⁷DVE-behoefte voor melkeiwitproductie waarbij 'melkeiwit' in de rekenregel de eenheid g/dier/dag heeft.

Bijlage B Overzicht van bewerkingen en kosten per gewas

Producten (€/ha/jaar)	CCM				Snijmais (kuil)			
	Freq.	Tijdstip	Kosten	Bron (kosten)	Freq.	Tijdstip	Kosten	Bron (kosten)
zaaizaad	1		205	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1		225	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
kunstmest-N (0.90 €/kg N)	1		42	KWIN-V 2021-2022 blz. 142	1		42	KWIN-V 2021-2022 blz. 142
gewasbeschermingsmiddelen	1		76	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1		76	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
zaaizaad vanggewas	1		65	KWIN-V 2021-2022 blz. 152	1		65	KWIN-V 2021-2022 blz. 152
toevoegmiddel; zuren	1		130	Commercieel inkuilmiddel	0			
Bewerkingen (€/ha/jaar)								
drijfmesttoediening (4.33 €/m ³)	1	eind april	105	KWIN-V 2021-2022 blz. 94	1	eind april	153	KWIN-V 2021-2022 blz. 94
ploegen	1	eind april	134	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	eind april	134	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
Zaaibedbereiding (gewas en vanggewas)	2	eind apr. en eind sept.	126	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	2	eind apr. en eind sept.	126	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
zaaien vanggewas	1	eind sept.	45	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	eind sept.	45	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
Zaaien mais	1	eind april	80	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	eind april	80	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
kunstmest strooien	0	eind april	0		0	eind april	0	
bespuitingen	1	begin juni	40	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	begin juni	40	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
oogsten	1	2 ^e helft sept.	550	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	2 ^e helft sept.	535	KWIN-V 2021-2022 blz. 95
aanrijden	0.5	.	36	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	2 ^e helft sept.	71	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
slootonderhoud	1	eind okt.	28	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	eind okt.	28	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
vernietigen vanggewas voorjaar	1	maart	63	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	maart	63	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
Voeropslagkosten (€/ha/jaar)	1		116	KWIN-V 2021-2022 blz. 154	1		296	KWIN-V 2021-2022 blz. 147*
Totaal (€/ha)			1803				1917	

*O.b.v. opslagkosten graskuil alleen maaien in KWIN-V 2021-2022 op blz 147 en dan gecorrigeerd voor verschil in DS tussen kuilgras en maiskuil.

Producten (€/ha/jaar)	Luzerne (kuil; 4-jarig gewas)				Luzerne/gras (kuil; 4 jarig gewas)			
	Freq.	Tijdstip	Kosten	Bron (kosten)	Freq.	Tijdstip	Kosten	Bron (kosten)
zaaizaad	0.25		118	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	0.25		98	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
kunstmest-N (0.90 €/kg N)	0.25		9	KWIN-V 2021-2022 blz. 142	0.25		9	KWIN-V 2021-2022 blz. 142
gewasbeschermingsmiddelen	1		50	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1			KWIN-V 2021-2022 blz. 151
toevoegmiddel; zuren	1		92	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1		92	
Bewerkingen (€/ha/jaar)								
drijfmesttoediening (4.33 €/m ³)	2	mrt - juni	153	KWIN-V 2021-2022 blz. 94	2	mrt - juni	173	KWIN-V 2021-2022 blz. 94
ploegen	0.25	eind april	34	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	0.25	eind april	34	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
zaaibedbereiding	0.25	eind april	16	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	0.25	eind april	16	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
zaaien	0.25	eind april	26	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	0.25	eind april	26	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
kunstmest strooien	0.25	eind april	14	KWIN-V 2021-2022 blz. 94	0.25	eind april	14	KWIN-V 2021-2022 blz. 94
bespuitingen	0.5	begin juni	20	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	0.5	begin juni	0	
maaïen	4	mei – sept.	148	KWIN-V 2021-2022 blz. 95	4	mei – sept.	148	
schudden/omkeren gewas	4	mei – sept.	100	Aanname	4	mei – sept.	100	
wiersen	4	mei – sept.	92	KWIN-V 2021-2022 blz. 95	4	mei – sept.	92	
oprapen	4	mei – sept.	240	KWIN-V 2021-2022 blz. 95	4	mei – sept.	240	
aanrijden	1	mei – sept.	60	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	mei – sept.	60	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
bekalken	0.25	april	14	Kunstmeststrooien kosten	0.25	april	14	
slootonderhoud	1	eind okt.	28	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	eind okt.	28	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
Voeropslagkosten (€/ha/jaar)	1		183	KWIN-V 2021-2022 blz. 147*	1		188	KWIN-V 2021-2022 blz. 154*
Totaal (€/ha)			1401				1360	

* O.b.v. opslagkosten graskuil alleen maaïen in KWIN-V 2021-2022 op blz 147 en dan gecorrigeerd voor verschil in DS tussen kuilgras en luzerne of luzerne/gras.

Producten (€/ha/jaar)	Gras alleen maaien (kuil; 4-jarig gewas)				Kuilgras/vers gras (7-jarig gewas)			
	Freq.	Tijdstip	Kosten	Bron (kosten)	Freq.	Tijdstip	Kosten	Bron (kosten)
zaaizaad	0.25		50	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	0.14		29	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
kunstmest-N (0.90 €/kg N)	1		71	KWIN-V 2021-2022 blz. 142	1		64	KWIN-V 2021-2022 blz. 142
gewasbeschermingsmiddelen	1		14	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1		14	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
toevoegmiddel; zuren	1		31	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1		17	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
afrastering					1		90	KWIN-V 2021-2022 blz. 145
Bewerkingen (€/ha/jaar)								
drijfmesttoediening (4.33 €/m ³)	2	mrt - juni	253	KWIN-V 2021-2022 blz. 94	1	mrt - juni	200	KWIN-V 2021-2022 blz. 94
ploegen	0.25	eind april	34	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	0.14	eind april	19	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
zaaibedbereiding	0.25	eind april	16	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	0.14	eind april	9	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
zaaien	0.25	eind april	26	KWIN-V 2021-2022 blz. 102	0.25	eind april	15	KWIN-V 2021-2022 blz. 102
kunstmest strooien	4	april - sept.	228	KWIN-V 2021-2022 blz. 94	3	april - sept.	171	KWIN-V 2021-2022 blz. 94
bespuitingen	0.38	begin juni	15	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	0.39	begin juni	16	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
maaien	5	mei - sept.	185	KWIN-V 2021-2022 blz. 95	2	mei - sept.	74	KWIN-V 2021-2022 blz. 95
schudden/omkeren gewas	10	mei - sept.	250	Aannname	4	mei - sept.	100	Aannname
wiersen	5	mei - sept.	115	KWIN-V 2021-2022 blz. 95	2	mei - sept.	46	KWIN-V 2021-2022 blz. 95
opraperen	5	mei - sept.	300	KWIN-V 2021-2022 blz. 95	2	mei - sept.	120	KWIN-V 2021-2022 blz. 95
aanrijden	1	mei - sept.	66	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	mei - sept.	37	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
slepen	0.5	mei - sept.	12	KWIN-V 2021-2022 blz. 94.	0.5	mei - sept.	12	KWIN-V 2021-2022 blz. 94.
rollen	0.5	mei - sept.	12	Zelfde prijs als wiedeggen	0.5	mei - sept.	12	Zelfde prijs als wiedeggen
bloten	0	mei - sept.	0		1	mei - sept.	23	Als wiersen
bekalken	0.25	april	19	KWIN-V 2021-2022 blz. 94	0.25	april	19	KWIN-V 2021-2022 blz. 94
slootonderhoud	1	eind okt.	28	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	eind okt.	28	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
Voeropslagkosten (€/ha/jaar)	1		201	KWIN-V 2021-2022 blz. 147	1		118	KWIN-V 2021-2022 blz. 147
Totaal (€/ha)			1917				1323	

	Productief kruidenrijk grasland (kuil; 4-jarig gewas)				Extensief kruidenrijk grasland (kuil; 8-jarig gewas)			
Producten (€/ha/jaar)	Freq.	Tijdstip	Kosten	Bron (kosten)	Freq.	Tijdstip	Kosten	Bron (kosten)
zaaizaad	0.25		81	DSV	0.14		41	DSV
kunstmest-N (0.90 €/kg N)	1		54	KWIN-V 2021-2022 blz. 142	1		0	
gewasbeschermingsmiddelen	1		0		1		0	
toevoegmiddel; zuren	1		31	als voor gras alleen maaien	1		16	Helft van gras alleen maaien
Bewerkingen (€/ha/jaar)								
drijfmesttoediening (4.33 €/m ³)	2	mrt - juni	238	KWIN-V 2021-2022 blz. 94	1	maart	81	KWIN-V 2021-2022 blz. 94
ploegen	0.25	eind april	34	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	0.13	eind april	17	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
zaaibedbereiding	0.25	eind april	16	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	0.13	eind april	8	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
zaaien	0.25	eind april	26	KWIN-V 2021-2022 blz. 102	0.13	eind april	13	KWIN-V 2021-2022 blz. 102
kunstmest strooien	1	april	57	KWIN-V 2021-2022 blz. 94	0		0	
bespuitingen								
maaien	5	mei – sept.	185	KWIN-V 2021-2022 blz. 95	2	mei – sept.	74	KWIN-V 2021-2022 blz. 95
schudden/omkeren gewas	10	mei – sept.	250	Aanname	4	mei – sept.	100	Aanname
wiersen	5	mei – sept.	115	KWIN-V 2021-2022 blz. 95	2	mei – sept.	46	KWIN-V 2021-2022 blz. 95
oprapen	5	mei – sept.	300	KWIN-V 2021-2022 blz. 95	2	mei – sept.	120	KWIN-V 2021-2022 blz. 95
aanrijden	1	mei – sept.	66	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	mei – sept.	34	Helft van gras alleen maaien
bekalken	0.25	april	19	KWIN-V 2021-2022 blz. 94	0.25	april	19	KWIN-V 2021-2022 blz. 94
slootonderhoud	1	eind okt.	28	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	eind okt.	28	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
Voeropslagkosten (€/ha/jaar)	1		201	KWIN-V 2021-2022 blz. 147	1		104	Helft van gras alleen maaien
Totaal (€/ha)			1740				723	

Producten (€/ha/jaar)	Gras/rode klaver (kuil; 4-jarig gewas)				Voederbieten (vers)			
	Freq.	Tijdstip	Kosten	Bron (kosten)	Freq.	Tijdstip	Kosten	Bron (kosten)
zaaizaad	0.25		50	Als voor gras alleen maaien	1		300	Rundveeloket België en vruchtbare kringloop Achterhoek
kunstmest-N (0.90 €/kg N)	1		14	KWIN-V 2021-2022 blz. 142	1		36	
gewasbeschermingsmiddelen	1		0		1		450	Rundveeloket België en vruchtbare kringloop Achterhoek
toevoegmiddel; zuren	1		92	als voor luzerne			0	
Bewerkingen (€/ha/jaar)								
drijfmesttoediening (4.33 €/m ³)	2	mrt - juni	153	KWIN-V 2021-2022 blz. 94	1	maart	153	KWIN-V 2021-2022 blz. 94
ploegen	0.25	eind april	34	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	maart	134	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
zaaibedbereiding	0.25	eind april	16	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	maart	102	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
zaaien	0.25	eind april	26	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	april	80	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
kunstmest strooien	1	april	57	KWIN-V 2021-2022 blz. 94	1	maart	57	KWIN-V 2021-2022 blz. 94
bespuitingen			0		5	mei - juli	200	
maaien	5	mei – sept.	185	KWIN-V 2021-2022 blz. 95	0		0	
schudden/omkeren gewas	10	mei – sept.	250	Aanname	0		0	
wiersen	5	mei – sept.	115	KWIN-V 2021-2022 blz. 95	0		0	
opraperen/oogsten	5	mei – sept.	300	KWIN-V 2021-2022 blz. 95	1	sept. – nov.	468	KWIN-V 2021-2022 blz. 151 (MKS)
aanrijden	1	mei – sept.	66	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	0		0	
bekalken	0.25	april	19	KWIN-V 2021-2022 blz. 94	0		0	
slootonderhoud	1	eind okt.	28	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	eind okt.	28	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
Voeropslagkosten (€/ha/jaar)	1		201	KWIN-V 2021-2022 blz. 147	1		371	KWIN-V 2021-2022 blz. 154
Totaal (€/ha)			1632				2378	

Producten (€/ha/jaar)	Sorghum (kuil)				Gerst (korrel)			
	Freq.	Tijdstip	Kosten	Bron (kosten)	Freq.	Tijdstip	Kosten	Bron (kosten)
zaaizaad	1		125	DSV	1		104	KWIN-AVG (2022)
kunstmest-N (0.90 €/kg N)	1		42	KWIN-V 2021-2022 blz. 142	1		57	KWIN-V 2021-2022 blz. 142
gewasbeschermingsmiddelen	1		76	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1		309	KWIN-AVG (2022)
zaaizaad vanggewas	1		65	KWIN-V 2021-2022 blz. 152				
toevoegmiddel; zuren	0			Commercieel inkuilmiddel				
Bewerkingen (€/ha/jaar)								
drijfmesttoediening (4.33 €/m ³)	1	eind april	130	KWIN-V 2021-2022 blz. 94	1	Maart	153	KWIN-V 2021-2022 blz. 94
ploegen	1	eind april	134	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	september	134	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
zaaibedbereiding (sorghum en vanggewas)	2	eind apr. en eind sept.	126	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	september	63	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
zaaien vanggewas	1	eind sept.	45	KWIN-V 2021-2022 blz. 151				
zaaien sorghum/gerst	1	eind april	80	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	september	102	KWIN-V 2021-2022 blz. 102
kunstmest strooien	0	eind april	0		1	voorjaar	57	KWIN-V 2021-2022 blz. 94
bespuitingen	1	begin juni	40	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	3	Maart - juni	120	KWIN-AVG (2022)
oogsten	1	2 ^e helft sept.	535	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	juli	488	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
aanrijden	1	.	71	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	0		0	
slootonderhoud	1	eind okt.	28	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	eind okt.	28	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
vernietigen vanggewas voorj.	1	maart	63	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	0		0	
Voeropslagkosten (€/ha/jaar)	1		226	KWIN-V 2021-2022 blz. 154			116	Als voor CCM
Totaal (€/ha)			1723				1731	

	Veldbonen (droog)				Veldbonen-wintertarwe mix (droog)			
Producten (€/ha/jaar)	Freq.	Tijdstip	Kosten	Bron (kosten)	Freq.	Tijdstip	Kosten	Bron (kosten)
zaaizaad	1		270	Boerderij oogst 2022 blz 73	1		330	LG
kunstmest-N (0.90 €/kg N)	1		36	KWIN-V 2021-2022 blz. 142	1		0	KWIN-V 2021-2022 blz. 142
gewasbeschermingsmiddelen	1		218	Boerderij oogst 2022 blz 73	1		226	LG
Bewerkingen (€/ha/jaar)								
drijfmesttoediening (4.33 €/m ³)	1	maart	108	KWIN-V 2021-2022 blz. 94	0		0	
ploegen	1	maart	134	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	oktober	134	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
Zaaibedbereiding	1	.maart	63	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	oktober	63	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
Zaaien	1	maart	80	Als voor mais	1	oktober	80	Als voor mais
kunstmest strooien	0		0		1		57	KWIN-V 2021-2022 blz. 94
bespuitingen	3		120	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	4	nov - juni	160	LG
oogsten	1	aug. - sept.	488	Als gerst	1	juli	320	LG
aanrijden	0	.	0		0		0	
slootonderhoud	1	eind okt.	28	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	eind okt.	28	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
Voeropslagkosten (€/ha/jaar)	1		116	Zelfde waarde als CCM			116	Als voor CCM
Totaal (€/ha)			1721				1571	

Producten (€/ha/jaar)	Erwt/triticale-GPS + snijmais				GPS + gras/klaver (kuil)			
	Freq.	Tijdstip	Kosten	Bron (kosten)	Freq.	Tijdstip	Kosten	Bron (kosten)
zaaizaad	1		343	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1		218	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
kunstmest-N (0.90 €/kg N)	1		18	KWIN-V 2021-2022 blz. 142	1		75	KWIN-V 2021-2022 blz. 142
gewasbeschermingsmiddelen	1		76	Als voor snijmais	1		0	
Bewerkingen (€/ha/jaar)								
drijfmesttoediening (4.33 €/m ³)	1	eind mei	153	KWIN-V 2021-2022 blz. 94	1	maart	153	KWIN-V 2021-2022 blz. 94
ploegen	1	eind mei	134	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	juni	134	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
Zaaibedbereiding	2	sept. en mei	126	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	2	sept. en juni	126	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
Zaaien	2	sept. en juni	149	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	2	sept. en juni	173	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
kunstmest strooien	1	begin april	57		1	april	57	KWIN-V 2021-2022 blz. 94
bespuitingen	1	begin juli	40	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	0		0	
maaïen	1	eind mei	37	KWIN-V 2021-2022 blz. 95	2	juni – sept.	74	KWIN-V 2021-2022 blz. 95
schudden/omkeren gewas	1	eind mei	25	Aanname	5	juni – sept.	125	Aanname
wiersen	1	eind mei	23	KWIN-V 2021-2022 blz. 95	3	juni – sept.	69	KWIN-V 2021-2022 blz. 95
Oprapen/oogsten	1	mei/sept.	537	KWIN-V 2021-2022 blz. 95	3	juni – sept.	180	KWIN-V 2021-2022 blz. 95
aanrijden	1		71	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1		71	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
bekalken	0		0		0.25		19	KWIN-V 2021-2022 blz. 94
slootonderhoud	1	eind okt.	28	KWIN-V 2021-2022 blz. 151	1	eind okt.	28	KWIN-V 2021-2022 blz. 151
Voeropslagkosten (€/ha/jaar)	1		296	als voor snijmaiskuil	1		201	
Totaal (€/ha)			2112				1686	

Bijlage C Gebruikte rekenregels voor het berekenen van NH₃, N₂O, NO, N₂, NO_x, NO₃, N-uitspoeling, CH₄, CO₂-eq, en EOS

De gebruikte rekenregels zijn gebaseerd op KLW (2022) rekenregels

N-excretie in urine ook wel TAN genaamd (totaal ammoniakaal N) is van belang omdat TAN gerelateerd is aan NH₃-emissie:

$N\text{-urine (kg)} = \text{TAN (kg)} = N\text{-opname (kg)} \times (\text{VC-RE} / 100 \times 0.91) - N\text{-vastlegging (kg) in melk en groei}$

N-excretie in mest wordt berekend als

$N\text{-feces (kg)} = N\text{-opname (kg)} - N\text{-urine (kg)} - N\text{-vastlegging (kg)}$

NH₃-N-emissie

De volgende NH₃-N-emissies worden berekend:

1. NH₃-N-emissie-stal-stalperiode (winter) afkomstig van TAN gedurende de periode zonder beweiding (winterperiode)
2. NH₃-N-emissie-stal-zomerperiode uit de stal afkomstig van TAN gedurende de weideperiode dat koeien op stal staan (zomerperiode)
3. NH₃-N-emissie-weide-weideperiode in de weide afkomstig van TAN gedurende de uren dat koeien buiten lopen (zomerperiode)
4. NH₃-N-emissie externe opslag
5. NH₃-N-emissie-drijfmest
6. NH₃-N-emissie-kunstmest
7. NH₃-N-emissie-oogst/beweidingsverliezen

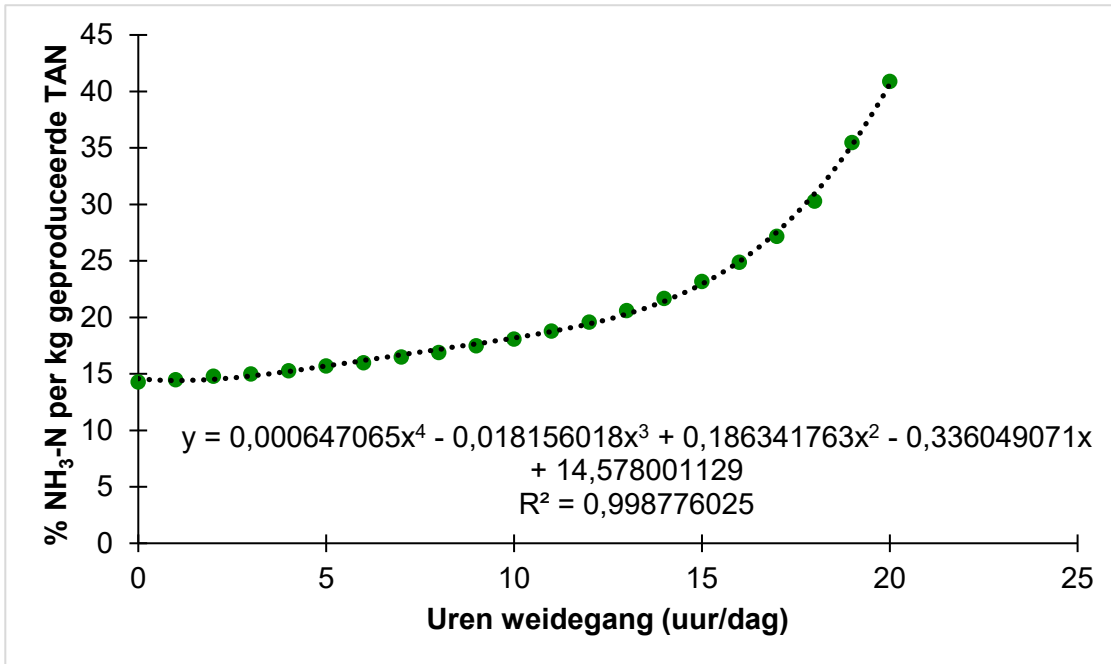
NH₃-N-emissie-stal-stalperiode (winter)

NH₃-N emissie in de stal zonder beweiding (bijvoorbeeld de winterperiode) wordt berekend als:

$NH_3\text{-N stal (kg N)} = 14.3\% / 100 \times \text{kg TAN}$

NH₃-N-emissie-stal-zomerperiode

De formule om NH₃-N emissie in de stal te schatten in het geval een gedeelte van de dag beweid wordt is gebaseerd op Tabel 3.3 in KLW (2022) op de relatie tussen uren weidegang per dag en de emissiefactor (% NH₃-N per kg geproduceerde TAN) en is weergegeven in Fig. 5.



Figuur 5 Relatie tussen uren weidegang en % NH₃-N emissie in de stal per kg geproduceerd urine stikstof (TAN).

NH₃-N stal tijdens beweiding(kg N) = % NH₃-N (o.b.v. formule in Fig. 5) / 100 × kg TAN (geproduceerd in de stal).

Bijvoorbeeld: in het geval koeien gedurende 10 uur buiten lopen dan staan de koeien 14 uur per dag op stal en wordt 14 / 24 = 58% van de berekende geproduceerde dagelijks TAN toegeschreven aan TAN geproduceerd in de stal. En 42% van de TAN in de weide.

NH₃-N-emissie-weide-weideperiode

NH₃-N emissie in de weide wordt berekend als:

NH₃-N weide = 4.0% / 100 × TAN (geproduceerd tijdens beweiding)

NH₃-N-emissie externe opslag

Vanuit de KLV (2022) wordt aangenomen dat 20% van de geproduceerde mest extern, buiten de stal wordt opgeslagen en dat 1% van de totale stikstof in die mest (zowel urine-N als fecale-N verloren gaat in de vorm van NH₃. De volgende formule wordt hiervoor toegepast:

NH₃-N externe opslag = 0.01 × 0.20 × (N-feces + N-urine geproduceerd op stal)

NH₃-N-emissie-drijfmest

Van de geproduceerde drijfmest tijdens de stalperiode wordt de maximale hoeveelheid drijfmest uitgereden op het land. Bij het uitrijden vinden ook verliezen plaats. Deze variëren in deze studie van 17% van de hoeveelheid TAN in drijfmest bij gebruik van een zodebemester tot 2% bij diepe injectie (> 10 cm diep) (KLV 2022; Tabel 3.13). In Bijlage B wordt bij elk gewas weergegeven welk verliespercentage is ingerekend.

Nu wordt in de KLV (2022) ook rekening gehouden met mineralisatie van organisch gebonden N (N afkomstig van feces) naar TAN van 10%. De hoeveelheid TAN in drijfmest inclusief TAN uit mineralisatie wordt berekend met de volgende formule:

TAN-min = urine-N (stalperiode) + Fecaal-N (stalperiode) × 0.1

Bij het berekenen van NH₃-N-emissie-drijfmest is het daarom nodig om te rekenen met TAN-min.

NH₃-N-emissie drijfmest = 0.02 – 0.17 × TAN-min (van de op het bedrijf uitgereden N)

NH₃-N-emissie-kunstmest

In Tabel 3.14 van de K LW (2022) worden NH₃-emissiefactoren weergegeven voor de verschillende kunstmesttypen variërend van 0 (100% nitraat) tot 14.3% (ureum zonder urease-remmer). In de scenarioberekeningen van deze studie is gerekend met een combinatie van ammonium en nitraat met een emissiefactor van 2.5%. De NH₃-N emissie van kunstmest wordt daarom als volgt berekend:

$$\text{NH}_3\text{-N-emissie kunstmest} = 0.025 \times \text{kunstmest-N}$$

NH₃-N-emissie-oogst/beweidingsverliezen

De K LW (2023) becijfert NH₃ verliezen uit oogst- en beweidingsverliezen op 3%. De oogst en beweidingsverliezen zijn berekend als het verschil tussen bruto en netto opbrengst van gewassen weergegeven in Tabel 5. De NH₃-N emissie van oogst en beweidingsverliezen worden als volgt berekend:

$$\text{NH}_3\text{-N-emissie oogst/beweidingsverliezen} = 0.03 \times \text{N-oogst/beweidingsverliezen}$$

N₂O-N-emissie

Emissie van N₂O betekent niet alleen een verlies van stikstof maar levert ook een substantiële bijdrage aan de berekende hoeveelheid CO₂-eq emissie. De volgende N₂O-N emissies worden berekend volgens de K LW (2022; Tabellen 4.4 en 4.5):

1. N₂O-N emissie-drijfmest in de stal (0.2% van drijfmest-N (TAN + fecaal N))
2. N₂O-N emissie mest (urine + feces) in de weide (2.4% van drijfmest-N (TAN + fecaal N))
3. N₂O-N emissie van drijfmest toegediend op het land (0.3% van drijfmest-N op grasland en 1.3% van drijfmest-N op akkerland)
4. N₂O-N emissie van kunstmest toegediend op het land (0.8% van kunstmest-N op zowel grasland als akkerland)
5. N₂O-N emissie N-gefixeerd door leguminose (0.3% van gefixeerd-N bij mengcultuur en 1.3% van gefixeerd-N bij monocultuur)
6. N₂O-N emissie van N in oogst- en beweidingsverliezen/ondergewerkt vanggewas/gewasresten (stoppel en wortels) (0.3% van N voor grasland en 1.3% voor akkerland)
7. N₂O-N emissie als gevolg van vervluchtiging van NH₃ van oogst- en beweidingsverliezen en toegediende drijfmest (1.0% van NH₃-N emissie van N in oogst- en beweidingsverliezen en van N in toegediende drijfmest)
8. N₂O-N emissie als gevolg van uitspoeling (0.75% van N-uitspoeling)
9. N₂O-N emissie uit voerresten (0.5% van N in voerresten)

Bij bovenstaande emissies wordt onder grasland de volgende gewassen gerekend:

Kuilgras, gras (kuilgras/weidegras), productief kruidenrijk grasland, extensief kruidenrijk grasland, gras/rode klaver, luzerne/gras. Onder akkerland worden de overige gewassen gerekend: snijmais, sorghum, luzerne, erwt/triticaal (vanggewas) gevolgd door snijmais, GPS (graan) gevolgd door gras/rode klaver, veldbonen, voederbieten, CCM, gerst en veldbonen/wintertarwe. Bij de berekening van N₂O-N emissie N-gefixeerd door leguminose worden de volgende gewassen onder een mengcultuur geschaard: productief kruidenrijk grasland, extensief kruidenrijk grasland, gras/luzerne kuil, gras/rode klaver, erwt/triticaal. De overige gewassen: luzerne en veldbonen (droog) worden als een monocultuur beschouwd.

N-uitspoeling is berekend als: 59% van het N-bodemoverschot voor bouwland en 29% van het N-bodemoverschot van grasland (uitgaande van de grondsoort matig droog zand in Tabel 4.3 van de K LW (2022)). Onder grasland wordt gerekend: kuilgras, gras (kuilgras/weidegras), productief kruidenrijk grasland, extensief kruidenrijk grasland, gras/luzernekuil, gras/rode klaver. De overige gewassen zijn onder bouwland geschaard.

Het N-bodemoverschot is berekend als:

N-aanvoer (gewasresten (stoppels + wortels) + weidemest + drijfmest + voerresten + kunstmest + fixatie door leguminose + depositie) minus N-afvoer (geoogst gewas + NH₃-verliezen uit kunstmest/oogstverliezen/weidemest/drijfmest)

Voor voerresten wordt een N₂O-N emissie percentage gebruikt die ook wordt toegepast voor vaste mest.

NO-N en N₂-N-emissie uit de stal

De NO-N en N₂-N emissies uit drijfmest in de stal wordt berekend als $2.2\% / 100 \times \text{drijfmest-N (fecaal N + urine-N)}$

NO_x-N en N₂-N-emissie uit kuilen

Tijdens de conservering van gewassen vindt emissie van N plaats in de vorm van NO_x-N en N₂-N.

Deze verliezen worden als volgt berekend voor de gewassen snijmais, sorghum en CCM:

NO_x-N en N₂-N-emissie = $0.01 \times \text{netto N-geogst}$

Deze verliezen worden als volgt berekend voor het gewas voederbieten:

NO_x-N en N₂-N-emissie = $0.015 \times \text{netto N-geogst}$

Deze verliezen worden als volgt berekend voor de gewassen luzerne, kuilgras, productief kruidenrijk grasland, extensief kruidenrijk grasland, gras/luzerne, gras/rode klaver, erwt+triticale (GPS) en GPS:

NO_x-N en N₂-N-emissie = $0.03 \times \text{netto N-geogst}$

Voor de droog geogste gewassen gerst, veldbonen en veldbonen/wintertarwe is aangenomen dat er geen sprake is van N-emissie.

N-uitspoeling als NO₃-N

Voor de berekening van nitraatuitspoeling is in eerste instantie het N-bodemoverschot (kg/ha nodig). Het N-bodemoverschot is berekend als:

N-aanvoer (gewasresten (stoppels + wortels) + weidemest + drijfmest + voerresten + kunstmest + fixatie door leguminose + depositie) minus N-afvoer (geogst gewas + NH₃-verliezen uit kunstmest/oogstverliezen/weidemest/drijfmest)

Vervolgens wordt de N-uitspoeling berekend als:

N-uitspoeling (kg N/ha) = N-bodemoverschot (kg N/ha) \times UF (kg N/kg N)

Waarbij:

UF = uitspoelfractie = 0.29 voor grasland en 0.59 voor bouwland gebaseerd op matig droog zand (Tabel 4.3 in KLW 2022).

Onder grasland word gerekend (kuilgras, gras (kuilgras/weidegras), productief kruidenrijk grasland, extensief kruidenrijk grasland, luzerne/gras, gras/rode klaver. De overige gewassen worden beschouwd als bouwland.

CH₄-emissie

CH₄ is een broeikasgas en daarom van belang om te kwantificeren. Er zijn twee vormen van CH₄. Enterische emissie (hoofdzakelijk gevormd in de pens van de koe) en emissie uit drijfmest in de stal. Voor de berekening van de enterische CH₄-emissie en de emissie uit drijfmest zijn de rekenregels in de KLW (2022; hoofdstuk 6.3) gebruikt. Deze rekenregels worden hier niet opnieuw weergegeven maar zijn één op één overgenomen uit de KLW (2022). Voor de berekeningen van de CH₄-emissies van gewassen/krachtvoerders is gebruik gemaakt van Bijlage 4 in de KLW (2022) en van de specifieke rekenregels voor snijmais en geconserveerd gras beschreven in hoofdstuk 6.3. Voor sorghumkuil zijn dezelfde CH₄-emissie rekenregels aangehouden als voor snijmaiskuil. Voor productief kruidenrijk grasland en extensief kruidenrijk grasland zijn dezelfde emissie rekenregels aangehouden als voor kuilgras. Voor gras/rode klaver is de CH₄-emissie gebaseerd op $0.29 \times$ de waarde voor kuilgras en $0.71 \times$ de waarde voor rode klaver kuil. Voor gras/luzerne is de CH₄-emissie gebaseerd op $0.30 \times$ de waarde voor kuilgras en $0.70 \times$ de waarde voor luzerne kuil. Voor de combinatie van veldbonen/wintertarwe is de CH₄-emissie gebaseerd op $0.60 \times$ de waarde voor paardebonden bontbloeiend en $0.40 \times$ de waarde voor tarwe. Voor de combinatie van erwt/triticale/snijmais is de CH₄-emissie gebaseerd op $0.28 \times$ de waarde voor GPS (granen) en $0.72 \times$ de waarde voor snijmais.

Voor de combinatie van GPS/gras/rode klaver is de CH₄-emissie gebaseerd op 0.59 × de waarde voor GPS (granen) en 0.41 × de waarde voor gras/rode klaver.

CO₂-eq emissies kunstmest

Gebruikte kunstmeststoffen in deze studies zijn calcium ammonium nitraat (voor N-bemesting), triple superfosfaat (voor P₂O₅ bemesting) en kaliumchloride (voor K₂O-bemesting). Voor deze 3 kunstmeststoffen zijn CO₂-eq waarden aangehouden die ook worden gehanteerd in de K LW (2022). Omdat het niet is toegestaan deze CO₂-eq. waarden te vermelden zijn deze daarom niet weergegeven in deze studie.

CO₂-eq waarden (kracht)voeders

De CO₂-eq waarden van de aangekochte (kracht)voeders zijn gebaseerd op de CO₂-eq (g/kg) waarden in Bijlage 4 van de K LW (2022).

Voor de op het bedrijf geteeld gewassen zijn de CO₂-eq per ha berekend op basis van:

1. Landbouwactiviteiten (zoals ploegen, zaaien, oogsten) en het bijbehorende directe energieverbruik (diesel) en indirecte energieverbruik (elektrisch, gas, kerosine en kolen) als gevolg van het maken en onderhouden van de landbouwmachines o.b.v. Tabellen 6.7, 6.12 en 6.13 van de K LW (2022).
2. Het voeren van de gewassen aan de dieren en de bijbehorende directe energieverbruik (diesel) en indirecte energieverbruik (elektrisch, gas, kerosine en kolen) als gevolg van het maken en onderhouden van de voermachines o.b.v. Tabellen 6.9 en 6.14 van de K LW (2022).
3. Afdek materiaal van de kuilen o.b.v. Tabel 6.17 van de K LW (2022) en een waarde van 3053 g CO₂-eq per kg plastic.
4. Gebruik van gewasbeschermingsmiddelen o.b.v. Tabel 6.15 van de K LW (2022) en Bijlage 5 van de K LW (2022). Omdat het niet is toegestaan de CO₂-eq. waarden te vermelden die horen bij het gebruik van de verschillende gewasbeschermingsmaatregelen zijn deze daarom niet weergegeven in deze studie. De inschatting voor de gewasbeschermingsmiddelen is overigens heel generiek (alleen onderscheid tussen grasland en bouwland) en een verdere verfijning naar type gewas is gewenst.
5. Transport van producten zoals plastic, diesel, voer en kunstmest. Voor het toekennen van een CO₂-eq voor transport is Tabel 6.18 van de K LW (2022) gebruikt.

omrekeningsfactoren

De omrekening van CH₄ (in kg) naar CO₂-eq (in kg) vindt plaats door de berekende hoeveelheid CH₄ (in kg) te vermenigvuldigen met een factor 34. De omrekening van N₂O-N (in kg) naar CO₂-eq (in kg) gebeurt door N₂O-N om te rekenen naar N₂O door te delen door (28 / 44) en vervolgens de hoeveelheid N₂O (in kg) te vermenigvuldigen met een factor 298.

EOS-aanvoer per ha

De berekening van effectieve organische stof aanvoer (EOS) van drijfmest en gewassen is voor een deel gebaseerd op het Handboek Bodem en Bemesting (2023). Er worden 3 bronnen van EOS onderscheiden, namelijk EOS uit drijfmest, gewasresten en vanggewas (ondergewerkt). De gehanteerde EOS waarden zijn weergegeven in Tabel 21.

Tabel 21 Effectieve organische stof (EOS) waarden voor drijfmest, gewasresten en vanggewassen die zijn gebruikt in deze studie.

Bron	Eenheid	Waarde (kg EOS)	Bron
Drijfmest	m ³	50	Tabel 9.3 van HBB ¹
Snijmais + vanggewas	ha	792 + 650 ²	Tabel 9.1 en 9.4 van HBB ¹
Sorghum + vanggewas	ha	792 + 650 ²	Als voor snijmais
Luzerne	ha	(1350 + 3 × 2050) / 4	Tabel 9.1 van HBB ¹
Kuilgras	ha	(1160 + 2560 + 2 × 3960) / 4	Tabel 9.1 van HBB ¹
Gras (kuilgras/weidegras)	ha	(1160 + 2560 + 2 × 3960) / 4	Tabel 9.1 van HBB ¹
Productief kruidenrijk grasland	ha	(1160 + 2560 + 2 × 3960) / 4	Zelfde als voor kuilgras
Extensief kruidenrijk grasland	ha	(1160 + 2560 + 2 × 3960) / 4	Zelfde als voor kuilgras
Luzerne/gras (70% luzerne op DS-basis)	ha	0.7 × EOS-Luzerne (kg/ha) + 0.3 × EOS-kuilgras (kg/ha)	
Gras/rode klaver (71% rode klaver op DS-basis)	ha	0.7 × EOS-Luzerne (kg/ha) + 0.3 × EOS-kuilgras (kg/ha)	
Erwt/tritcale (vanggewas) gevolgd door snijmais	ha	1550 (waarde voor tritcale) + 792 (waarde voor snijmais)	Tabel 9.1 van HBB ¹
GPS (graan) gevolgd door gras/rode klaver	ha	1550 (waarde voor tritcale)	Tabel 9.1 van HBB ¹
Veldbonen	ha	660 (waarde voor stamslaboon)	Tabel 9.1 van HBB ¹
Voederbieten	ha	840 (waarde voor suikerbiet)	Tabel 9.1 van HBB ¹
CCM (met spil)	ha	2370 (waarde voor korrelmais)	Tabel 9.1 van HBB ¹
Gerst	ha	2651 (wintergerst, stro achtergelaten)	Tabel 9.1 van HBB ¹
Veldbonen/wintertarwe	ha	0.6 × 660 (waarde voor stamslaboon) + 0.23 × 3054 (waarde voor wintertarwe, stro achtergelaten)	Tabel 9.1 van HBB ¹

¹HBB = Handboek Bodem en Bemesting (2023)

²EOS van vanggewas is berekend als 1092 kg EOS per ha (o.b.v. Italiaans raaigras) vermenigvuldigd met 0.5 om rekening te houden met het feit dat een vanggewas een korte groeiseizoen heeft.

Bijlage D Scenario 1: INT-80%-GRAS

Diergegevens	Uitkomst
kalveren (n)	30.1
pinken (n)	29.5
koeien (n)	97.5
GVE (n)	142.1
melkproductie (kg/koe/jaar)	9754
melkproductie per ha (kg/ha/jaar)	19730

Geoptimaliseerd bouwplan	Ha
Totaal	48.20
snijmais	6.64
kuil/vers gras	38.56
voederbieten	3.00

Geoptimaliseerd rantsoen	kg DS/jaar	% van DS totaal	% van krachtvoer
snijmais	108406	12.7	
kuil/vers gras	337600	39.5	
voederbieten	53235	6.2	
Maiskuil, aangekocht	136644	16.0	
Mais	105847	12.4	48.4
palmpitschilfers	54743	6.4	25.0
sojaschroot	23161	2.7	10.6
raapzaadschroot	17347	2.0	7.9
vinasse	10949	1.3	5.0
sojaolie	4858	0.6	2.2
ureum	1095	0.13	0.5
sojahullen	973	0.1	0.4
Totaal	854857		

Nutriëntgehalten (gem. rantsoen)	Gem.	min	max
ZETam (g/kg DS)	190	125	190
P (g/kg DS)	3.51	2.80	
RE (g/kg DS)	152	130	180
OEB (g/kg DS)	0.0	0	
DVE (g/kg DS)	87.4		
DV-MET (g/kg DS)	2.05		
DV-LYS (g/kg DS)	5.42		
SW (/kg DS)	1.51	1.0	
VW (/kg DS)	0.73		
VEM (/kg DS)	1026		

Kengetallen	eenheid	resultaat
Voer van eigen land (DS)	%	58.4
eiwit van eigen land (RE)	%	57.4
eiwit van eigen land (DVE)	%	53.6
energie van eigen land (ME)	%	55.2
eiwit:energie ratio eigen bedrijf	DVE (g) : ME (MJ) ratio	7.2
%DV-LYS en DV-MET van eigen land	%	56.8
Stikstofefficiëntie bedrijf	%	47.6
Stikstofefficiëntie dier	%	29.4
stikstofbalans	kg N/ha	91.7
NH ₃ -emissie	kg NH ₃ -N/ha	32.9
NH ₃ -emissie	kg NH ₃ -N/GVE	11.2
NH ₃ -emissie	g NH ₃ -N/kg FPCM	1.37
CO ₂ -eq-emissie	kg CO ₂ -eq/ha	24403
CO ₂ -eq-emissie	kg CO ₂ -eq/GVE	8278
CO ₂ -eq-emissie	kg CO ₂ -eq/FPCM	1.01
Fosfaatefficiëntie bedrijf	%	100
Fosfaatefficiëntie dier	%	39
Fosfaatbalans	kg P ₂ O ₅ /ha	0.0
EOS-aanvoer	kg EOS/ha	3919
% krachtvoer	% (DS)	26.0

NH₃ emissie	kg N/jaar	% van Totaal
NH ₃ emissie totaal	1586	100
NH ₃ emissie van het land (inclusief drijfmest)	596	37.6
NH ₃ emissie stal stalperiode	585	36.9
NH ₃ emissie stal weideperiode	352	22.2
NH ₃ emissie externe opslag	22	1.4
NH ₃ emissie urine tijdens beweiding	31	2.0

CO₂-eq emissie	kg CO₂-eq/jaar	% van totaal
Totaal	1176247	100
eigen voer (via N ₂ O)	90916	7.7
eigen voer (overig; inclusief van N-kunstmest)	65811	5.6
aangekocht voer	314489	26.7
methaan (rantsoen)	541349	46.0
methaan (mest)	144660	12.3
methaan (voerverlies)	2829	0.2
mestopslag (via N ₂ O)	10470	0.9
kunstmest (K ₂ O)	4180	0.4
kunstmest (P ₂ O ₅)	1543	0.1

Opbrengsten/kosten (euro/jaar)	Euro/jaar
Opbrengst minus kosten	163106
opbrengst melk	339599
opbrengst afgevoerde dieren	18859
kosten aangekocht voer	100685
Kosten kunstmest K ₂ O	4069
Kosten kunstmest P ₂ O ₅	1070
kosten eigen geteeld voer	70808
kosten afvoer mest	18719

Weide indicatoren

grasopname kg DS/koe/dag (theoretisch)	11.90
uren weidegang per dag (theoretisch)	13.65
dagen buiten (theoretisch)	71
uren totaal weidegang (theoretisch)	974

Gebruik drijfmest	Totaal/jaar	per ha
drijfmest (m ³ /jaar) (geprod. in stal)	1300	27.0
kg N per m ³ drijfmest	4.03	
kg P ₂ O ₅ per m ³ drijfmest	1.47	
kg K ₂ O per m ³ drijfmest	6.96	
af te voeren drijfmest (m ³ /jaar)	1170	

Gebruik kunstmest	Totaal/jaar	per ha
N (kg N/jaar)	7092	147.1
P (kg P ₂ O ₅ /jaar)	1259	26.1
K (kg K ₂ O/jaar)	7398	153.5

Bedrijfsbalans (N)	kg N/jaar
Aanvoer van buiten	
krachtvoer	8800
kunstmest	7092
depositie	1159
fixatie	0
Afvoer	
melk	5381
dieren	496
drijfmest	4715
uitspoeling	1477
Aanvoer minus afvoer	4983

Vluchtige N-verliezen	kg N/jaar	% van N-balans (Aanvoer minus Afvoer)
N-NH ₃ -stal-stalperiode	585	11.74
N-NH ₃ -stal-weideperiode	352	7.06
N-NH ₃ -externe opslag	22	0.45
NH ₃ -veld (incl. NH ₃ -drijfmesttoediening)	596	11.96
N-N ₂ O/NO/N ₂ -stal-stalperiode	181	3.64
N-N ₂ O/NO/N ₂ -stal-weideperiode	65	1.30
N-N ₂ O mestopslag	22	0.45
N-N ₂ O/NO/N ₂ -voerresten	22	0.45
N-verliezen kuil (N-N ₂ , N-No _x)	207	4.15
N ₂ O-N bodem-kunstmest (cf)	57	1.14
N ₂ O-N bodem-org. mest (of)	32	0.64
N ₂ O-N bodem-gewasresten (cr)	23	0.46
N ₂ O-N beweiding (an)	71	1.42
N ₂ O-N vlinderbloemigen (cl)	0	0.00
N ₂ O-N uitspoeling (lea)	11	0.22
N ₂ O-N volatilization (vol)	6	0.12
Totaal		45.2

Bedrijfsbalans (P₂O₅)	kg P₂O₅/jaar
Aanvoer van buiten	
krachtvoer	3023
kunstmest	1259
Afvoer	
melk	2204
dieren	361
drijfmest	1717
Aanvoer minus Afvoer	0

Bedrijfsbalans (K₂O)	kg K₂O/jaar
Aanvoer van buiten	
krachtvoer	5036
kunstmest	7398
Afvoer	
melk	1833
dieren	51
drijfmest	8140
uitspoeling	2410
Aanvoer minus Afvoer	0

Bijlage E Scenario 2: INT-SALDO

Diergegevens	Uitkomst
kalveren (n)	30.1
pinken (n)	29.5
koeien (n)	97.5
GVE (n)	142.1
melkproductie (kg/koe/jaar)	9754
melkproductie per ha (kg/ha/jaar)	19730

Geoptimaliseerd bouwplan	Ha
Totaal	48.20
snijmais	24.92
kuil/vers gras	20.28
voederbieten	3.00

Geoptimaliseerd rantsoen	kg DS/jaar	% van DS totaal	% van krachtvoer
snijmais	406671	46.5	
kuil/vers gras	177590	20.3	
voederbieten	53235	6.1	
Kuilgras (aangekocht)	22854	2.6	
palmpitschilfers	53686	6.1	25.0
raapzaadschroot	48185	5.5	22.4
sojahullen	37588	4.3	17.5
sojaschroot	33243	3.8	15.5
mais	26968	3.1	12.6
vinasse	10737	1.2	5.0
sojaolie	3262	0.4	1.5
ureum	1074	0.12	0.5
Totaal	875093		

Nutriëntgehalten (gem. rantsoen)	Gem.	min	max
ZETam (g/kg DS)	190	125	190
P (g/kg DS)	3.45	2.80	
RE (g/kg DS)	151	130	180
OEB (g/kg DS)	0.0	0	
DVE (g/kg DS)	85.7		
DV-MET (g/kg DS)	1.97		
DV-LYS (g/kg DS)	5.42		
SW (/kg DS)	1.39	1.0	
VW (/kg DS)	0.72		
VEM (/kg DS)	998		

Kengetallen	eenheid	resultaat
Voer van eigen land (DS)	%	72.8
eiwit van eigen land (RE)	%	50.5
eiwit van eigen land (DVE)	%	55.2
energie van eigen land (ME)	%	70.6
	DVE (g) : ME (MJ)	
eiwit:energie ratio eigen bedrijf	ratio	5.8
%DV-LYS en DV-MET van eigen land	%	57.8
Stikstofefficiëntie bedrijf	%	52.8
Stikstofefficiëntie dier	%	29.0
stikstofbalans	kg N/ha	74.6
NH ₃ -emissie	kg NH ₃ -N/ha	25.7
NH ₃ -emissie	kg NH ₃ -N/GVE	8.7
NH ₃ -emissie	g NH ₃ -N/kg FPCM	1.07
CO ₂ -eq-emissie	kg CO ₂ -eq/ha	26983
CO ₂ -eq-emissie	kg CO ₂ -eq/GVE	9153
CO ₂ -eq-emissie	kg CO ₂ -eq/FPCM	1.12
Fosfaatefficiëntie bedrijf	%	100
Fosfaatefficiëntie dier	%	39
Fosfaatbalans	kg P ₂ O ₅ /ha	0.0
EOS-aanvoer	kg EOS/ha	3361
% krachtvoer	% (DS)	25.0

NH₃ emissie	kg N/jaar	% van Totaal
NH ₃ emissie totaal	1241	100
NH ₃ emissie van het land (inclusief drijfmest)	253	20.4
NH ₃ emissie stal stalperiode	596	48.1
NH ₃ emissie stal weideperiode	345	27.8
NH ₃ emissie externe opslag	23	1.8
NH ₃ emissie urine tijdens beweiding	24	1.9

CO₂-eq emissie	kg CO₂-eq/jaar	% van totaal
Totaal	1300557	100
eigen voer (via N ₂ O)	103536	8.0
eigen voer (overig; inclusief van N-kunstmest)	60265	4.6
aangekocht voer	408129	31.4
methaan (rantsoen)	549865	42.3
methaan (mest)	159780	12.3
methaan (voerverlies)	3209	0.2
mestopslag (via N ₂ O)	10676	0.8
kunstmest (K ₂ O)	3645	0.3
kunstmest (P ₂ O ₅)	1452	0.1

Opbrengsten/kosten (euro/jaar)	Euro/jaar
Opbrengst minus kosten	180065
opbrengst melk	339599
opbrengst afgevoerde dieren	18859
kosten aangekocht voer	73130
Kosten kunstmest K ₂ O	3548
Kosten kunstmest P ₂ O ₅	1008
kosten eigen geteeld voer	80682
kosten afvoer mest	20025

Weide indicatoren

grasopname kg DS/koe/dag (theoretisch)	6.92
uren weidegang per dag (theoretisch)	6.91
dagen buiten (theoretisch)	30
uren totaal weidegang (theoretisch)	208

Gebruik drijfmest	Totaal/jaar	per ha
drijfmest (m ³ /jaar) (geprod. in stal)	1299	26.9
kg N per m ³ drijfmest	3.98	
kg P ₂ O ₅ per m ³ drijfmest	1.47	
kg K ₂ O per m ³ drijfmest	6.01	
af te voeren drijfmest (m ³ /jaar)	1252	

Gebruik kunstmest	Totaal/jaar	per ha
N (kg N/jaar)	4570	94.8
P (kg P ₂ O ₅ /jaar)	1185	24.6
K (kg K ₂ O/jaar)	6451	133.8

Bedrijfsbalans (N)	kg N/jaar
Aanvoer van buiten	
krachtvoer	10375
kunstmest	4570
depositie	1162
fixatie	0
Afvoer	
melk	5381
dieren	496
drijfmest	4986
uitspoeling	1683
Aanvoer minus afvoer	3561

Vluchtige N-verliezen	kg N/jaar	% van N-balans (Aanvoer minus Afvoer)
N-NH ₃ -stal-stalperiode	596	16.75
N-NH ₃ -stal-weideperiode	345	9.70
N-NH ₃ -externe opslag	23	0.64
NH ₃ -veld (incl. NH ₃ -drijfmesttoediening)	253	7.09
N-N ₂ O/NO/N ₂ -stal-stalperiode	185	5.19
N-N ₂ O/NO/N ₂ -stal-weideperiode	66	1.85
N-N ₂ O mestopslag	23	0.64
N-N ₂ O/NO/N ₂ -voerresten	23	0.64
N-verliezen kuil (N-N ₂ , N-No _x)	149	4.20
N ₂ O-N bodem-kunstmest (cf)	37	1.03
N ₂ O-N bodem-org. mest (of)	63	1.77
N ₂ O-N bodem-gewasresten (cr)	35	1.00
N ₂ O-N beweiding (an)	72	2.04
N ₂ O-N vlinderbloemigen (cl)	0	0.00
N ₂ O-N uitspoeling (lea)	13	0.35
N ₂ O-N volatilization (vol)	3	0.07
Totaal		53.0

Bedrijfsbalans (P₂O₅)	kg P₂O₅/jaar
Aanvoer van buiten	
krachtvoer	3222
kunstmest	1185
Afvoer	
melk	2204
dieren	361
drijfmest	1842
Aanvoer minus Afvoer	0

Bedrijfsbalans (K₂O)	kg K₂O/jaar
Aanvoer van buiten	
krachtvoer	5361
kunstmest	6451
Afvoer	
melk	1833
dieren	51
drijfmest	7518
uitspoeling	2410
Aanvoer minus Afvoer	0

Bijlage F Scenario 3: INT-65%-RE

Diergegevens	Uitkomst
kalveren (n)	30.1
pinken (n)	29.5
koeien (n)	97.5
GVE (n)	142.1
melkproductie (kg/koe/jaar)	9754
melkproductie per ha (kg/ha/jaar)	19730

Geoptimaliseerd bouwplan	Ha
Totaal	48.20
kuil/vers gras	20.28
productief kruidenrijk grasland	24.80
voederbieten	3.00
CCM (met spil)	0.11

Geoptimaliseerd rantsoen	kg DS/jaar	% van DS totaal	% van krachtvoer
productief kruidenrijk grasland	279047	32.3	
kuil/vers gras	177590	20.5	
voederbieten	53235	6.2	
CCM (met spil)	1317	0.2	
Maiskuil (aangekocht)	90115	10.4	
mais	167647	19.4	63.6
palmpitschilfers	65933	7.6	25.0
vinasse	13187	1.5	5.0
Sojaschroot, bestendig	6626	0.8	2.5
Sojaschroot	4137	0.5	1.6
sojaolie	4885	0.6	1.9
ureum	1319	0.15	0.5
Totaal	870912		

Nutriëntgehalten (gem. rantsoen)	Gem.	min	max
ZETam (g/kg DS)	175	125	190
P (g/kg DS)	3.62	2.80	
RE (g/kg DS)	153	130	180
OEB (g/kg DS)	0.0	0	
DVE (g/kg DS)	86.5		
DV-MET (g/kg DS)	1.96		
DV-LYS (g/kg DS)	5.06		
SW (/kg DS)	1.72	1.0	
VW (/kg DS)	0.72		
VEM (/kg DS)	1017		

Kengetallen	eenheid	resultaat
Voer van eigen land (DS)	%	59.1
eiwit van eigen land (RE)	%	65.0
eiwit van eigen land (DVE)	%	54.0
energie van eigen land (ME)	%	54.0
eiwit:energie ratio eigen bedrijf	DVE (g) : ME (MJ) ratio	7.4
%DV-LYS en DV-MET van eigen land	%	56.4
Stikstofefficiëntie bedrijf	%	35.5
Stikstofefficiëntie dier	%	28.9
stikstofbalans	kg N/ha	173.7
NH ₃ -emissie	kg NH ₃ -N/ha	35.7
NH ₃ -emissie	kg NH ₃ -N/GVE	12.1
NH ₃ -emissie	g NH ₃ -N/kg FPCM	1.48
CO ₂ -eq-emissie	kg CO ₂ -eq/ha	24838
CO ₂ -eq-emissie	kg CO ₂ -eq/GVE	8425
CO ₂ -eq-emissie	kg CO ₂ -eq/FPCM	1.03
Fosfaatefficiëntie bedrijf	%	100
Fosfaatefficiëntie dier	%	37
Fosfaatbalans	kg P ₂ O ₅ /ha	0.0
EOS-aanvoer	kg EOS/ha	4106
% krachtvoer	% (DS)	31.0

NH₃ emissie	kg N/jaar	% van Totaal
NH ₃ emissie totaal	1718	100
NH ₃ emissie van het land (inclusief drijfmest)	743	43.2
NH ₃ emissie stal stalperiode	589	34.2
NH ₃ emissie stal weideperiode	341	19.8
NH ₃ emissie externe opslag	23	1.3
NH ₃ emissie urine tijdens beweiding	23	1.4

CO₂-eq emissie	kg CO₂-eq/jaar	% van totaal
Totaal	1197212	100
eigen voer (via N ₂ O)	98700	8.2
eigen voer (overig; inclusief van N-kunstmest)	86370	7.2
aangekocht voer	285332	23.8
methaan (rantsoen)	560614	46.8
methaan (mest)	144758	12.1
methaan (voerverlies)	2949	0.2
mestopslag (via N ₂ O)	10688	0.9
kunstmest (K ₂ O)	5560	0.5
kunstmest (P ₂ O ₅)	2241	0.2

Opbrengsten/kosten (euro/jaar)	Euro/jaar
Opbrengst minus kosten	155621
opbrengst melk	339599
opbrengst afgevoerde dieren	18859
kosten aangekocht voer	97187
Kosten kunstmest K ₂ O	5412
Kosten kunstmest P ₂ O ₅	1555
kosten eigen geteeld voer	78433
kosten afvoer mest	20249

Weide indicatoren

grasopname kg DS/koe/dag (theoretisch)	6.92
uren weidegang per dag (theoretisch)	6.91
dagen buiten (theoretisch)	30
uren totaal weidegang (theoretisch)	208

Gebruik drijfmest	Totaal/jaar	per ha
drijfmest (m ³ /jaar) (geprod. in stal)	1285	26.7
kg N per m ³ drijfmest	3.99	
kg P ₂ O ₅ per m ³ drijfmest	1.56	
kg K ₂ O per m ³ drijfmest	7.90	
af te voeren drijfmest (m ³ /jaar)	1266	

Gebruik kunstmest	Totaal/jaar	per ha
N (kg N/jaar)	9730	201.9
P (kg P ₂ O ₅ /jaar)	1830	38.0
K (kg K ₂ O/jaar)	9840	204.2

Bedrijfsbalans (N)	kg N/jaar
Aanvoer van buiten	
krachtvoer	7391
kunstmest	9730
depositie	1157
fixatie	3349
Afvoer	
melk	5381
dieren	496
drijfmest	5055
uitspoeling	2471
Aanvoer minus afvoer	8224

Vluchtige N-verliezen	kg N/jaar	% van N-balans (Aanvoer minus Afvoer)
N-NH ₃ -stal-stalperiode	589	7.16
N-NH ₃ -stal-weideperiode	341	4.14
N-NH ₃ -externe opslag	23	0.28
NH ₃ -veld (incl. NH ₃ -drijfmesttoediening)	743	9.03
N-N ₂ O/NO/N ₂ -stal-stalperiode	186	2.26
N-N ₂ O/NO/N ₂ -stal-weideperiode	65	0.80
N-N ₂ O mestopslag	23	0.28
N-N ₂ O/NO/N ₂ -voerresten	27	0.33
N-verliezen kuil (N-N ₂ , N-No _x)	344	4.18
N ₂ O-N bodem-kunstmest (cf)	78	0.95
N ₂ O-N bodem-org. mest (of)	21	0.25
N ₂ O-N bodem-gewasresten (cr)	18	0.22
N ₂ O-N beweiding (an)	74	0.89
N ₂ O-N vlinderbloemigen (cl)	2	0.02
N ₂ O-N uitspoeling (lea)	19	0.23
N ₂ O-N volatilization (vol)	7	0.09
Totaal		31.1

Bedrijfsbalans (P₂O₅)	kg P₂O₅/jaar
Aanvoer van buiten	
krachtvoer	2712
kunstmest	1830
Afvoer	
melk	2204
dieren	361
drijfmest	1977
Aanvoer minus Afvoer	0

Bedrijfsbalans (K₂O)	kg K₂O/jaar
Aanvoer van buiten	
krachtvoer	4445
kunstmest	9840
Afvoer	
melk	1833
dieren	51
drijfmest	9992
uitspoeling	2410
Aanvoer minus Afvoer	0

Bijlage G Scenario 4: EXT-80%-GRAS

Diergegevens	Uitkomst
kalveren (n)	15.3
pinken (n)	15.0
koeien (n)	49.4
GVE (n)	72.0
melkproductie (kg/koe/jaar)	9754
melkproductie per ha (kg/ha/jaar)	9997

Geoptimaliseerd bouwplan	Ha
Totaal	48.20
kuil/vers gras	17.16
extensief kruidenrijk grasland	21.40
Veldbonen (gedroogd)	6.00
Veldbonen/wintertarwe (gedroogd)	3.64

Geoptimaliseerd rantsoen	kg DS/jaar	% van DS totaal	% van krachtvoer
kuil/vers gras	150271	34.8	
extensief kruidenrijk grasland	115540	26.8	
Veldbonen gedroogd	34560	8.0	20.8
Veldbonen/wintertarwe (gedroogd)	19230	4.5	11.6
mais	84306	19.5	50.8
sojaschroot	16874	3.9	10.2
sojaolie	4151	1.0	2.5
palmpitschilfers	2644	0.6	1.6
bietenpulp	1399	0.3	0.8
sojahullen	1301	0.3	0.8
vinasse	997	0.2	0.6
raapzaadschroot	391	0.1	0.2
raapzaadschroot, bestendig	176	0.0	0.1
Totaal	431840		

Nutriëntgehalten (gem. rantsoen)	Gem.	min	max
ZETam (g/kg DS)	190	125	190
P (g/kg DS)	3.80	2.80	
RE (g/kg DS)	175	130	180
OEB (g/kg DS)	18.5	0	
DVE (g/kg DS)	93.7		
DV-MET (g/kg DS)	2.04		
DV-LYS (g/kg DS)	5.88		
SW (/kg DS)	1.76	1.0	
VW (/kg DS)	0.73		
VEM (/kg DS)	1035		

Kengetallen	eenheid	resultaat
Voer van eigen land (DS)	%	74.0
eiwit van eigen land (RE)	%	76.7
eiwit van eigen land (DVE)	%	66.0
energie van eigen land (ME)	%	68.2
eiwit:energie ratio eigen bedrijf	DVE (g) : ME (MJ) ratio	7.7
%DV-LYS en DV-MET van eigen land	%	68.4
Stikstofefficiëntie bedrijf	%	21.7
Stikstofefficiëntie dier	%	25.5
stikstofbalans	kg N/ha	184.3
NH ₃ -emissie	kg NH ₃ -N/ha	32.1
NH ₃ -emissie	kg NH ₃ -N/GVE	21.5
NH ₃ -emissie	g NH ₃ -N/kg FPCM	2.63
CO ₂ -eq-emissie	kg CO ₂ -eq/ha	14442
CO ₂ -eq-emissie	kg CO ₂ -eq/GVE	9649
CO ₂ -eq-emissie	kg CO ₂ -eq/FPCM	1.18
Fosfaatefficiëntie bedrijf	%	100
Fosfaatefficiëntie dier	%	36
Fosfaatbalans	kg P ₂ O ₅ /ha	0.0
EOS-aanvoer	kg EOS/ha	3864
% krachtvoer	% (DS)	39.0

NH₃ emissie	kg N/jaar	% van Totaal
NH ₃ emissie totaal	1549	100
NH ₃ emissie van het land (inclusief drijfmest)	877	56.6
NH ₃ emissie stal stalperiode	396	25.5
NH ₃ emissie stal weideperiode	246	15.9
NH ₃ emissie externe opslag	14	0.9
NH ₃ emissie urine tijdens beweiding	16	1.0

CO₂-eq emissie	kg CO₂-eq/jaar	% van totaal
Totaal	696102	100
eigen voer (via N ₂ O)	79418	11.4
eigen voer (overig; inclusief van N-kunstmest)	65625	9.4
aangekocht voer	178713	25.7
methaan (rantsoen)	290198	41.7
methaan (mest)	72511	10.4
methaan (voerverlies)	1332	0.2
mestopslag (via N ₂ O)	6549	0.9
kunstmest (K ₂ O)	1285	0.2
kunstmest (P ₂ O ₅)	471	0.1

Opbrengsten/kosten (euro/jaar)	Euro/jaar
Opbrengst minus kosten	81747
opbrengst melk	172412
opbrengst afgevoerde dieren	9574
kosten aangekocht voer	38599
Kosten kunstmest K ₂ O	1251
Kosten kunstmest P ₂ O ₅	327
kosten eigen geteeld voer	60061
kosten afvoer mest	0

Weide indicatoren

grasopname kg DS/koe/dag (theoretisch)	10.93
uren weidegang per dag (theoretisch)	11.88
dagen buiten (theoretisch)	62
uren totaal weidegang (theoretisch)	741

Gebruik drijfmest	Totaal/jaar	per ha
drijfmest (m ³ /jaar) (geprod. in stal)	1291	26.8
kg N per m ³ drijfmest	4.78	
kg P ₂ O ₅ per m ³ drijfmest	1.65	
kg K ₂ O per m ³ drijfmest	7.38	
af te voeren drijfmest (m ³ /jaar)	0	

Gebruik kunstmest	Totaal/jaar	per ha
N (kg N/jaar)	7973	165.4
P (kg P ₂ O ₅ /jaar)	384	8.0
K (kg K ₂ O/jaar)	2275	47.2

Bedrijfsbalans (N)	kg N/jaar
Aanvoer van buiten	
krachtvoer	2815
kunstmest	7973
depositie	1159
fixatie	1781
Afvoer	
melk	2732
dieren	252
drijfmest	0
uitspoeling	2395
Aanvoer minus afvoer	8350

Vluchtige N-verliezen	kg N/jaar	% van N-balans (Aanvoer minus Afvoer)
N-NH ₃ -stal-stalperiode	396	4.74
N-NH ₃ -stal-weideperiode	246	2.95
N-NH ₃ -externe opslag	14	0.17
NH ₃ -veld (incl. NH ₃ -drijfmesttoediening)	877	10.50
N-N ₂ O/NO/N ₂ -stal-stalperiode	112	1.34
N-N ₂ O/NO/N ₂ -stal-weideperiode	42	0.50
N-N ₂ O mestopslag	14	0.17
N-N ₂ O/NO/N ₂ -voerresten	13	0.16
N-verliezen kuil (N-N ₂ , N-No _x)	164	1.96
N ₂ O-N bodem-kunstmest (cf)	64	0.76
N ₂ O-N bodem-org. mest (of)	26	0.31
N ₂ O-N bodem-gewasresten (cr)	17	0.20
N ₂ O-N beweiding (an)	41	0.49
N ₂ O-N vlinderbloemigen (cl)	4	0.05
N ₂ O-N uitspoeling (lea)	18	0.22
N ₂ O-N volatilization (vol)	9	0.10
Totaal		24.6

Bedrijfsbalans (P₂O₅)	kg P₂O₅/jaar
Aanvoer van buiten	
krachtvoer	918
kunstmest	384
Afvoer	
melk	1119
dieren	183
drijfmest	0
Aanvoer minus Afvoer	0

Bedrijfsbalans (K₂O)	kg K₂O/jaar
Aanvoer van buiten	
krachtvoer	1092
kunstmest	2275
Afvoer	
melk	931
dieren	26
drijfmest	0
uitspoeling	2410
Aanvoer minus Afvoer	0

Bijlage H Scenario 5: EXT-SALDO

Diergegevens	Uitkomst
kalveren (n)	15.3
pinken (n)	15.0
koeien (n)	49.4
GVE (n)	72.0
melkproductie (kg/koe/jaar)	9754
melkproductie per ha (kg/ha/jaar)	9997

Geoptimaliseerd bouwplan	Ha
Totaal	48.20
kuil/vers gras	25.16
Veldbonen/wintertarwe (gedroogd)	8.93
CCM (met spil)	6.18
Veldbonen (gedroogd)	5.67
Voederbieten	1.52
Gerst, korrel	0.74

Geoptimaliseerd rantsoen	kg DS/jaar	% van DS totaal	% van krachtvoer
kuil/vers gras	220306	52.0	
CCM (met spil)	71211	16.8	
Veldbonen/wintertarwe (gedroogd)	47163	11.1	45.0
veldbonen gedroogd	32631	7.7	31.1
voederbieten	27027	6.4	
Gerst, korrel	4625	1.1	4.4
palmpitschilfers	18794	4.4	17.9
sojaolie	1630	0.4	1.6
Totaal	423387		

Nutriëntgehalten (gem. rantsoen)	Gem.	min	max
ZETam (g/kg DS)	190	125	190
P (g/kg DS)	4.05	2.80	
RE (g/kg DS)	175	130	180
OEB (g/kg DS)	18.4	0	
DVE (g/kg DS)	91.7		
DV-MET (g/kg DS)	2.09		
DV-LYS (g/kg DS)	5.98		
SW (/kg DS)	1.45	1.0	
VW (/kg DS)	0.75		
VEM (/kg DS)	1051		

Kengetallen	eenheid	resultaat
Voer van eigen land (DS)	%	95.2
eiwit van eigen land (RE)	%	95.6
eiwit van eigen land (DVE)	%	93.5
energie van eigen land (ME)	%	94.0
eiwit:energie ratio eigen bedrijf	DVE (g) : ME (MJ) ratio	7.6
%DV-LYS en DV-MET van eigen land	%	95.1
Stikstofefficiëntie bedrijf	%	41.6
Stikstofefficiëntie dier	%	25.9
stikstofbalans	kg N/ha	54.7
NH ₃ -emissie	kg NH ₃ -N/ha	26.4
NH ₃ -emissie	kg NH ₃ -N/GVE	17.6
NH ₃ -emissie	g NH ₃ -N/kg FPCM	2.16
CO ₂ -eq-emissie	kg CO ₂ -eq/ha	10317
CO ₂ -eq-emissie	kg CO ₂ -eq/GVE	6893
CO ₂ -eq-emissie	kg CO ₂ -eq/FPCM	0.84
Fosfaatefficiëntie bedrijf	%	100
Fosfaatefficiëntie dier	%	34
Fosfaatbalans	kg P ₂ O ₅ /ha	0.0
EOS-aanvoer	kg EOS/ha	3523
% krachtvoer	% (DS)	25.0

NH₃ emissie	kg N/jaar	% van Totaal
NH ₃ emissie totaal	1272	100
NH ₃ emissie van het land (inclusief drijfmest)	632	49.7
NH ₃ emissie stal stalperiode	390	30.7
NH ₃ emissie stal weideperiode	201	15.8
NH ₃ emissie externe opslag	14	1.1
NH ₃ emissie urine tijdens beweiding	35	2.7

CO₂-eq emissie	kg CO₂-eq/jaar	% van totaal
Totaal	497260	100
eigen voer (via N ₂ O)	69276	13.9
eigen voer (overig; inclusief van N-kunstmest)	47905	9.6
aangekocht voer	20905	4.2
methaan (rantsoen)	284544	57.2
methaan (mest)	64074	12.9
methaan (voerverlies)	1153	0.2
mestopslag (via N ₂ O)	6337	1.3
kunstmest (K ₂ O)	1810	0.4
kunstmest (P ₂ O ₅)	1257	0.3

Opbrengsten/kosten (euro/jaar)	Euro/jaar
Opbrengst minus kosten	100556
opbrengst melk	172412
opbrengst afgevoerde dieren	9574
kosten aangekocht voer	5555
Kosten kunstmest K ₂ O	1762
Kosten kunstmest P ₂ O ₅	872
kosten eigen geteeld voer	73241
kosten afvoer mest	0

Weide indicatoren

grasopname kg DS/koe/dag (theoretisch)	13.60
uren weidegang per dag (theoretisch)	17.82
dagen buiten (theoretisch)	91
uren totaal weidegang (theoretisch)	1618

Gebruik drijfmest	Totaal/jaar	per ha
drijfmest (m ³ /jaar) (geprod. in stal)	1150	23.9
kg N per m ³ drijfmest	5.22	
kg P ₂ O ₅ per m ³ drijfmest	1.78	
kg K ₂ O per m ³ drijfmest	7.33	
af te voeren drijfmest (m ³ /jaar)	0	

Gebruik kunstmest	Totaal/jaar	per ha
N (kg N/jaar)	4381	90.9
P (kg P ₂ O ₅ /jaar)	1026	21.3
K (kg K ₂ O/jaar)	3204	66.5

Bedrijfsbalans (N)	kg N/jaar
Aanvoer van buiten	
krachtvoer	520
kunstmest	4381
depositie	1161
fixatie	1102
Afvoer	
melk	2732
dieren	252
drijfmest	0
uitspoeling	552
Aanvoer minus afvoer	3629

Vluchtige N-verliezen	kg N/jaar	% van N-balans (Aanvoer minus Afvoer)
N-NH ₃ -stal-stalperiode	390	10.76
N-NH ₃ -stal-weideperiode	201	5.55
N-NH ₃ -externe opslag	14	0.37
NH ₃ -veld (incl. NH ₃ -drijfmesttoediening)	632	17.43
N-N ₂ O/NO/N ₂ -stal-stalperiode	109	3.01
N-N ₂ O/NO/N ₂ -stal-weideperiode	40	1.09
N-N ₂ O mestopslag	14	0.37
N-N ₂ O/NO/N ₂ -voerresten	12	0.33
N-verliezen kuil (N-N ₂ , N-No _x)	138	3.81
N ₂ O-N bodem-kunstmest (cf)	35	0.97
N ₂ O-N bodem-org. mest (of)	39	1.07
N ₂ O-N bodem-gewasresten (cr)	24	0.66
N ₂ O-N beweiding (an)	42	1.16
N ₂ O-N vlinderbloemigen (cl)	3	0.10
N ₂ O-N uitspoeling (lea)	4	0.11
N ₂ O-N volatilization (vol)	6	0.17
Totaal		47.0

Bedrijfsbalans (P₂O₅)	kg P₂O₅/jaar
Aanvoer van buiten	
krachtvoer	276
kunstmest	1026
Afvoer	
melk	1119
dieren	183
drijfmest	0
Aanvoer minus Afvoer	0

Bedrijfsbalans (K₂O)	kg K₂O/jaar
Aanvoer van buiten	
krachtvoer	163
kunstmest	3204
Afvoer	
melk	931
dieren	26
drijfmest	0
uitspoeling	2410
Aanvoer minus Afvoer	0

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wur.nl/livestock-research

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

