Louis Bolk Instituut

Effecten van een oplopende graslandnorm op de levering van ecosysteemdiensten

Jan de Wit
Jeroen Pijlman
Lennard de Jong
Nick van Eekeren



© 2025 Louis Bolk Instituut

Effecten van een oplopende graslandnorm op de levering van ecosysteemdiensten

Jan de Wit, Jeroen Pijlman, Lennard de Jong,
Nick van Eekeren

Publicatienummer 2025-6648-LbD

66 pagina's

Deze publicatie is beschikbaar via
www.louisbolk.nl/publicaties

www.louisbolk.nl
info@louisbolk.nl
T 0343 523 860
Kosterijland 3-5
3981 AJ Bunnik
@LouisBolk

Louis Bolk Instituut: Onderzoek en advies ter bevordering van duurzame landbouw, voeding en gezondheid

Voorwoord

Herkauwers zijn geweldige dieren die voor de mens moeilijk of niet te verteren gewassen zoals gras kunnen omzetten in hoogwaardig voedsel. Echter het areaal grasland per koe daalt in Nederland al decennia. Dat is zorgelijk omdat meerjarige gewassen zoals gras juist ook een belangrijke bijdrage leveren aan bijvoorbeeld bodemkwaliteit, waterkwaliteit en biodiversiteit.
Dit rapport is een verkenning, in opdracht van het Ministerie van LVVN, van de gevolgen van het omzetten van gras- in akkerland plus de mogelijke effecten van een graslandnorm daarop. Bepaald geen sinecure, vooral vanwege de vele onduidelijkheden over, de ontwikkelingen in, de arealen gras- en akkerland.

PS Dit is een tweede versie. In een eerdere versie van dit rapport was de inschatting van kunstmestgebruik op maisland hoger dan de toegestane gift binnen de N-gebruiksruimte. Dit is aangepast in deze versie.

De auteurs danken het Ministerie van LVVN voor het bieden van de mogelijkheid om de verschillende aspecten nauwkeuriger in kaart te brengen en het aanleveren van de benodigde data.

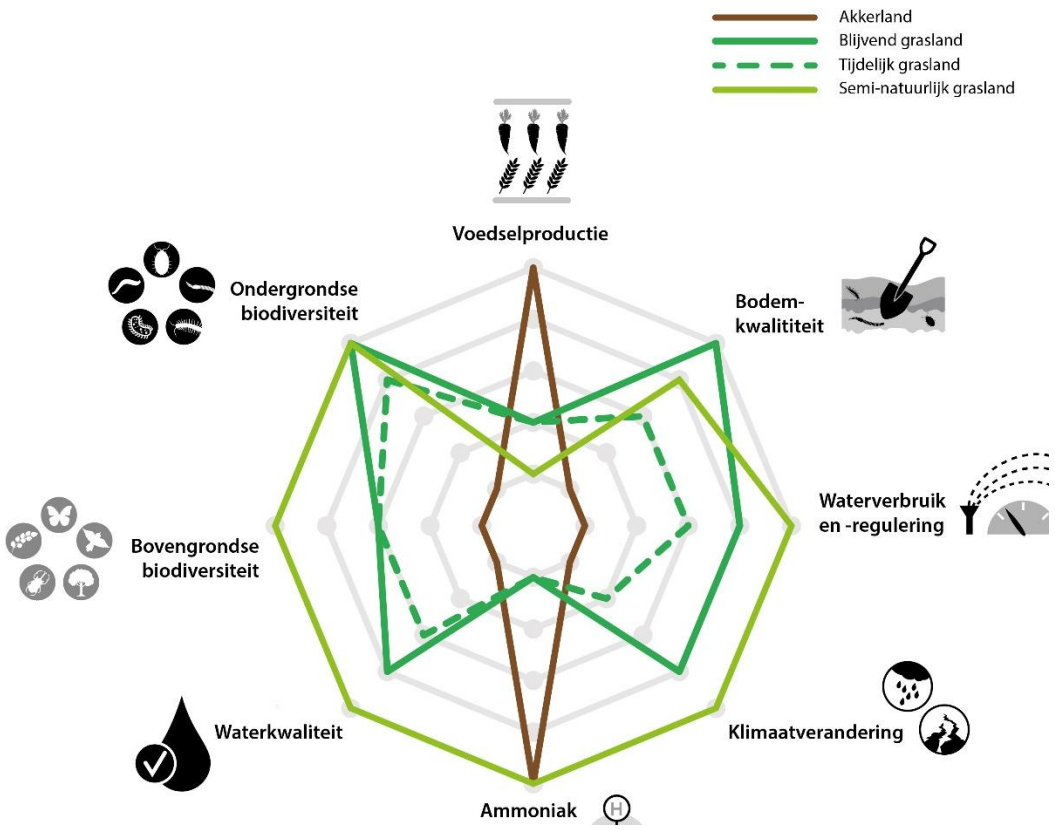
Samenvatting

Om te kunnen beoordelen op welke wijze de afspraken met de Europese Commissie over grondgebondenheid ingevuld kunnen worden, wil het huidige kabinet ter verkenning van de mogelijke inhoud van een wetsvoorstel inzicht verkrijgen in verschillende belangrijke effecten van grondgebondenheid via een graslandnorm. Een graslandnorm is een maat voor de veebezetting en kan worden uitgedrukt in hectare grasland per grootvee-eenheid (GVE). In dit onderzoek zijn, middels literatuurstudie en data-analyse, de effecten van een graslandnorm verkend op het areaal grasland in Nederland en op belangrijke ecosysteemdiensten die gekoppeld zijn aan dit landgebruik.
De hoogte van de graslandnorm varieerde in deze verkenning van 0,15ha tot 0,4ha per GVE. Daarvoor:

- zijn belangrijke ecosysteemdiensten vergeleken van drie verschillende types grasland en akkerland, als gemiddelde van het huidig gebruik (hoofdstuk 2) en de gevolgen van een mogelijke verandering van landgebruik nader gekwantificeerd voor de verwachte uitspoeling van nitraat, broeikasgas- en ammoniakemissie, per hectare netto verandering en in totaal voor Nederland (hoofdstuk 4).
- is een inschatting gemaakt van de mogelijke netto-verandering van het graslandareaal in Nederland voor 2030 (hoofdstuk 3) en belangrijke onzekerheden daarin nader geduid (§5.2).

De globale verschillen in ecosysteemdiensten per landgebruikstype, als gemiddelde van het huidig gebruik, zijn weergegeven in Figuur 1, en betreffen in het kort samengevat:

- De voedselproductie van één hectare akkerland is hoger dan van één hectare tijdelijk of blijvend grasland, terwijl de voedselproductie van semi-natuurlijk grasland laag is.
- Dankzij lage niveaus van bemesting en permanente vegetatie scoren semi-natuurlijke graslanden beter dan akkerland voor de meeste ecosysteemdiensten, behalve voor ammoniakemissies: die zijn op akkerland vergelijkbaar laag zijn met semi-natuurlijk grasland vanwege de gebruikte emissiearme methoden van organische meststoftoepassing.
- Tijdelijk en blijvend grasland hebben een positie tussen akkerland en semi-natuurlijke grasland voor veel ecosysteemdiensten, met uitzondering van ammoniak. Blijvend grasland scoort vergelijkbaar of beter dan semi-natuurlijk grasland op bodemkwaliteit en ondergrondse biodiversiteit, en is voornamelijk geassocieerd met een hoge en stabiele organische stoftoevoer naar de bodem en weinig bodembewerkingen.



Figuur 1: Score van verschillende landgebruiksvormen op verschillende ecosysteem-indicatoren (samenvattend overzicht; score op schaal 1-5, waarbij beste resp. slechtste gebruiksvorm 5 resp. 1 punt scoort, en overige gebruiksvormen relatief ten opzichte van deze uitersten worden gescoord).

In hoofdstuk 3 is een inschatting gemaakt van mogelijke veranderingen in het graslandareaal. Enerzijds het areaal grasland waarvoor omzetting naar akkerland een reële mogelijkheid is (zonder graslandnorm). En anderzijds van het graslandareaal wat beschermd wordt of extra wordt gecreëerd door melkveebedrijven om aan een graslandnorm te voldoen.
Het areaal grasland in Nederland wat zonder graslandnorm mogelijk wordt omgezet naar akkerland bedraagt 45.000ha (op korte termijn naar vooral snijmais; op basis van recente wijzigingen in landgebruik) tot 153.000ha (op langere termijn ook andere gewassen; op basis van verschil tussen derogatie en niet-derogatiebedrijven). Dit komt overeen met circa 2,5% tot 8,5% respectievelijk 4,7% tot 16% van het totaal areaal cultuurgrond respectievelijk grasland in Nederland.
Op basis van RVO-data van alle melkveebedrijven in 2023 is in een QuickScan het tekort aan grasland berekend voor melkveebedrijven, evenals het tekort aan landbouwgrond nadat *de bedrijven alle akkerland hebben omgezet naar grasland*. Deze berekening is gebaseerd op het gemiddelde landgebruik en aantal GVE's per bedrijf voor de verschillende intensiteitsklasses voor de 65 landbouwregio's. Belangrijk hierbij is dat gronden die niet als **landbouwgrond** (=cultuurgrond met mestplaatsingsruimte) zijn aangemerkt (zoals bufferstroken en natuurgrasland), niet zijn meegenomen in de data. Ook de effecten van recente opkoopregelingen zijn niet opgenomen in deze data.

Het tekort aan grasland loopt op van circa 5.300ha bij een graslandnorm van 0,15ha per GVE tot 134.000ha bij een norm van 0,4ha per GVE. Dit is het areaal grasland wat bij een oplopende graslandnorm beschermd wordt tegen omzetting of extra moet worden gecreëerd (door omzetting van akkerland naar grasland), bij een gelijkblijvende omvang van de veestapel.
Vanaf 0,25ha gras per GVE als norm is er (nadat alle eigen grond tot grasland is omgezet) een tekort aan landbouwgrond berekend op het gemiddelde van de geraakte bedrijven, oplopend van 3.700 ha (bij 0,25ha per GVE) tot circa 56.000ha bij een norm van 0,4ha gras per GVE.
De netto-areaal verandering als resultaat van deze QuickScan wordt weergegeven in tabel 2, waarbij het aandeel van de netto verandering in graslandareaal op zandgrond die gevoelig is voor nitraatuitspoeling, wordt ingeschat op 70%.

Tabel 2: Verandering van graslandareaal (in hectares) bij een oplopende graslandnorm.

		0	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
Grasland met risico op omzetting	Korte termijn (A) [1]	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
	Lange termijn (B) [2]	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
Grasland beschermd of extra (C) [3]		0	5.270	12.220	24.493	45.492	81.085	134.195
Netto verandering grasland	Korte termijn (C-A)	-45.000	-39.730	-32.780	-20.507	492	36.085	89.195
	w.v in uitspoelingsgevoelige zandgrond	-31.500	-27.811	-22.946	-14.355	344	25.260	62.437
	Lange termijn (C-B)	-153.000	-147.730	-140.780	-128.507	-107.508	-71.915	-18.805

1) Aantal hectares grasland met risico op omzetting op korte termijn is gebaseerd op recente veranderingen in grondgebruik (§3.2.1).
2) Aantal hectares grasland met risico op omzetting op lange termijn is gebaseerd op verschil in grondgebruik tussen derogatie en niet-derogatie bedrijven (§3.2.2).
3) Aantal hectares beschermd of extra is gebaseerd op berekening van het areaal grasland wat melkveebedrijven in 2023 tekort kwamen om aan betreffende graslandnorm te voldoen (§3.3).

In hoofdstuk 4 zijn de gevolgen van een verandering van landgebruik voor de uitspoeling van nitraat, broeikasgas- en ammoniakemissies nader gekwantificeerd. Daarvoor is beargumenteerd dat veranderingen in landgebruik op korte termijn hoofdzakelijk grasland en maisland 'op afstand' betreffen, wat naast kunstmest alleen drijfmest ontvangt (geen weidemest). Op basis hiervan, en methodisch aansluitend op eerdere analyses van verwachte veranderingen in emissies, waarin deze veranderingen in landgebruik niet zijn meegenomen (zoals Groenendijk et al., 2023), wordt ingeschat dat een netto-verandering van grasland naar maisland gemiddeld resulteert in:

- Een extra broeikasgasemissie van 5,24 ton CO_2-eq per ha per jaar (in de eerste 20 jaar na verandering van landgebruik).

- Een vermindering van de ammoniakemissie van 16,9 kg NH_3-N oftewel 20,5 kg ammoniak per hectare per jaar.
- Een nitraatuitspoeling die 40mg/l per hectare hoger is voor maisland dan voor grasland als gewogen gemiddelde voor uitspoelingsgevoelige zandregio's.

Een netto-verandering van maisland naar grasland resulteert in omgekeerde waardes, met uitzondering van de broeikasgasemissie (een vermindering met 4,94 ton CO_2-eq per jaar) aangezien verondersteld wordt dat de lachgasemissie niet extra zal dalen indien er organische stof wordt opgebouwd.

In tabel 4.3 zijn de effecten per jaar van een oplopende grasland norm gegeven, door de netto verandering in graslandareaal op korte termijn te combineren met de verwachte effecten per hectare voor de eerste 20 jaar. Indien er geen graslandnorm wordt ingevoerd dan wordt er circa 45.000ha grasland omgezet naar m.n. maisland (2,5% van het areaal cultuurgrond), waardoor de ammoniakemissie vanuit de gehele landbouw met 1,1% zal dalen, maar de broeikasgasemissie en de nitraatuitspoeling zullen stijgen met 1,5 resp. 3,9%. Bij een norm van 0,3ha gras per GVE is de berekende netto areaalverandering nihil, waardoor er ook geen netto-effect is op de emissies. Dit alles zonder eventuele effecten van een graslandnorm op de omvang van de veestapel.

Tabel 4.3: De berekende effecten per jaar van een oplopende graslandnorm op het areaal grasland (zie §3.4), ammoniakemissies (§4.3), broeikasgasemissies (§4.2; in de eerste 20jaar na een verandering in landgebruik) en nitraatuitspoeling (§4.4); absoluut en als % van de referentieraming voor de gehele landbouw (het scenario 'afbouw derogatie' in 2030; Groenendijk et al., 2023 en 2024).

Graslandnorm (ha gras per GVE)		**0**	**0,15**	**0,2**	**0,25**	**0,3**	**0,35**	**0,4**	**Referentie**
Netto grasareaal (ha)	Totale verandering	-45.000	-39.730	-32.780	-20.507	492	36.085	89.195	
	w.v. in nitraatgevoelig zandgebied	-31.500	-27.811	-22.946	-14.355	344	25.260	62.437	
NH_3	effect per ha (kg NH_3)	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	
	totaal (ton NH_3)	-923	-814	-672	-420	10	740	1.828	81.800
	% t.o.v. referentieraming	-1,1%	-1,0%	-0,8%	-0,5%	0,0%	0,9%	2,2%	
Broeikasgasemissie	effect per ha (ton CO_2-eq)	5,2	5,2	5,2	5,2	-4,9	-4,9	-4,9	
	totaal (kton CO_2-eq)	236	208	172	107	-2	-178	-441	15.990
	% t.o.v. referentieraming	1,5%	1,3%	1,1%	0,7%	0,0%	-1,1%	-2,8%	
Nitraatuitspoeling	Nitraat (verschil mg NO_3/l per ha; gras min mais)	-40,0	-40,0	-40,0	-40,0	-40,0	-40,0	-40,0	
	Verandering in uitspoelingsgevoelig zandgebied (mg/l per ha)	1,6	1,4	1,2	0,7	0,0	-1,3	-3,2	41,0
	% t.o.v. referentieraming	3,9%	3,4%	2,8%	1,8%	0,0%	-3,1%	-7,7%	

In hoofdstuk 5 zijn de belangrijkste onzekerheden bediscussieerd. De effecten van de graslandnorm op nitraatuitspoeling en broeikasgasemissies per hectare zijn conservatief en mogelijk te laag ingeschat, m.n. in de eerste jaren. Belangrijkste onzekerheid betreft echter het areaal

grasland wat wordt beschermd door of extra gecreëerd bij een oplopende graslandnorm. Dit areaal is lager berekend dan aannemelijk is omdat een fors deel van de bedrijven met te weinig grasland de veestapel enigszins zal inkrimpen. Ook zal een deel van de zwaarder geraakte bedrijven onvoldoende toekomstperspectief hebben om door te gaan. In beide gevallen zal de veestapel verminderen waardoor er tegelijkertijd minder grasland wordt beschermd door een graslandnorm. Ook het aantal hectares grasland waarvoor een risico bestaat op omzetting, is onderschat, tot mogelijk meer dan 100.000ha op langere termijn.

Door deze twee factoren (minder areaal beschermd tegen omzetting door een graslandnorm én een groter areaal met risico op omzetting) is de netto verandering van het graslandareaal negatiever dan berekend. Hierdoor zullen de effecten op nitraatuitspoeling en broeikasgasemissies ook negatiever zijn dan berekend in tabel 4.3 en het effect op ammoniakemissie positiever. Ook zullen de verschillen tussen de oplopende varianten van een graslandnorm kleiner zijn dan berekend. Verwacht wordt dat een gelijkblijvend graslandareaal slechts bereikt wordt bij een norm van minimaal 0,35ha per GVE (gelijk aan het huidige gemiddelde) in plaats van de berekende 0,3ha.
Dit is echter ook afhankelijk van de vormgeving van de graslandnorm, samen met bredere economische trends: indien de concurrentiepositie van de melkveehouderij sterk verslechtert ten opzichte van andere landgebruikers, zullen meer melkveebedrijven stoppen dan voorzien, waardoor er ook netto minder grasland wordt beschermd door een graslandnorm. Belangrijke factoren bij de vormgeving van de norm, naast de te kiezen hoogte, zijn: de consequenties bij niet-voldoen aan de norm en een actualisatie van de definitie van een 'grootvee-eenheid' (GVE).
Een verbeterde definiëring van de GVE, per melkproductieklasse, is van belang om de stijging van de melkproductie per dier, mede als gevolg van de invoering van een graslandnorm, te beperken. Bij een stijgende productie per dier stijgen namelijk ook de emissies per dier. Daarnaast is de werkelijke grondgebondenheid minder sterk dan wordt gesuggereerd indien de graslandnorm gebaseerd is op een GVE ongeacht de productie per dier.
Afgezien van dit eventuele 'GVE-effect' zijn de effecten van een graslandnorm op broeikasgasemissie, N-excretie en melkproductie per dier waarschijnlijk beperkt.
Tenslotte moet een heffing op overige (kracht)voeders worden overwogen, als aanvulling op een graslandnorm. Hoewel met een heffing geen directe grondgebondenheid wordt bewerkstelligd, kan het als onderdeel van een bonus/malus-systeem, dus in samenhang met de 'subsidie behoud grasland', bijdragen om de trend naar minder grasland per GVE bij niet geraakte bedrijven om te buigen.

Inhoud

Voorwoord **3**

Samenvatting **4**

1 Inleiding **11**
1.1 Aanleiding 11
1.2 Afbakening en deelvragen 11
1.3 Leeswijzer 12

2 Ecosysteemdiensten van graslanden en akkerland kwalitatief vergeleken **13**
2.1 Afbakening en methode 13
2.2 Algemene kenmerken van grasland en akkerland 14
2.2.1 Grasland- en akkerlandareaal *15*
2.3 Voedselproductie 16
2.4 Bodemkwaliteit 18
2.5 Waterhuishouding 19
2.5.1 Waterverbruik *19*
2.5.2 Waterregulering *20*
2.6 Broeikasgassen 21
2.6.1 CO_2 *22*
2.6.2 Lachgas *23*
2.7 Ammoniak 25
2.8 Waterkwaliteit 26
2.8.1 Nitraat *26*
2.8.2 Fosfaat *27*
2.8.3 Gewasbeschermingsmiddelen *28*
2.9 Biodiversiteit 29
2.9.1 Bovengrondse biodiversiteit *29*
2.9.2 Ondergrondse biodiversiteit *30*
2.10 Samenvatting ecosysteemdiensten per type landgebruik 31

3 Veranderingen in graslandareaal **33**
3.1 Afbakening en methode 33
3.2 Hectares grasland met risico op omzetting 34
3.2.1 Veranderingen in grasland-areaal in het verleden *34*
3.2.2 Verschil in aandeel gras op derogatie- versus niet-derogatiebedrijven *35*
3.2.3 Afname areaal grasland door krimp melkveestapel *36*
3.3 Hectares grasland extra of beschermd door graslandnorm 36
3.4 Samenvatting: netto verandering graslandareaal in Nederland bij een oplopende graslandnorm 41

4 Verandering van gemiddeld grasland naar maisland en *vice versa*: broeikasgassen, ammoniak en nitraat nader gekwantificeerd. **42**
4.1 Afbakening en methode 42
4.2 Broeikasgasemissies 42
4.3 Ammoniakemissie 44
4.4 Nitraatuitspoeling 45
4.5 Samenvatting: kwantitatieve effecten op nationaal niveau 46

5 Discussie **48**
5.1 Kwantitatieve effecten per hectare veranderend landgebruik 48
5.2 Aantal hectares waarvan het landgebruik veranderd 49
5.2.1 Hectares met risico op omzetting *49*
5.2.2 Hectares grasland beschermd of extra: regionale mogelijkheden *49*
5.2.3 Hectares grasland beschermd of extra: gras voor hoeveel grootvee-eenheden? *51*
5.2.4 Graslandareaal in referentieramingen *52*
5.2.5 Vormgeving van een graslandnorm *53*
5.3 Overige effecten 55
5.3.1 Broeikasgasemissie en N-excretie per koe *55*
5.3.2 Melkproductie per koe *56*
5.4 Overige mogelijke maatregelen om de afname van het graslandareaal te beperken 57
5.5 Samenvattende discussie 58

6 Conclusie **59**

7 Literatuur **61**
Bijlage: Indeling van landbouwgebieden in Nederland in groepen 66

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het addendum van het 7e Actieprogramma Nitraatrichtlijn is aangegeven dat het kabinet een wijziging van de Meststoffenwet in procedure zal brengen waarmee wordt vastgelegd dat de melkveehouderij binnen 10 jaar volledig grondgebonden moet zijn. Om te kunnen beoordelen op welke wijze de afspraken met de Europese Commissie over grondgebondenheid ingevuld kunnen worden, wil het huidige kabinet ter verkenning van de mogelijke inhoud van een wetsvoorstel eerst de economische effecten, de ruimtelijke aspecten en de 'bijeffecten' op emissies (zoals broeikasgas) van grondgebondenheid via een graslandnorm in beeld brengen, waarvoor onderzoek nodig is. Conform de offerteaanvraag en offerte, goedgekeurd dd. 13-3-2025 door het Ministerie van LVVN, concentreert deze studie zich op broeikasgasemissies, ammoniakemissie en waterkwaliteit als 'bijeffect' van de mogelijke invoering van een graslandnorm, naast de 'bijeffecten' op bodemkwaliteit, waterregulering en biodiversiteit, in meer kwalitatieve zin. Hierbij wordt voortgebouwd op het onderzoek Oltmer & Daatselaar (2025) naar de bedrijfseconomische effecten van een graslandnorm, inclusief de daar gebruikte schaal en bandbreedte van de graslandnorm (0,15 - 0,20 - 0,25 - 0,30 - 0,35 - 0,40 hectare per grootvee-eenheid, GVE).
Een eerste ruw concept van dit rapport (dd. 24-4-2025) is besproken met het ministerie van LVVN, waarbij slechts beperkte verhelderende vragen en redactionele opmerkingen naar voren kwamen. Deze zijn meegenomen in het definitieve concept (dd. 3-6-2025), waarop nog enkele kleine verbeteringen zijn doorgevoerd.

1.2 Afbakening en deelvragen

In deze studie wordt:

A. een vergelijking gemaakt van de ecosysteemdiensten die grasland (blijvend en tijdelijk) en éénjarige akkerbouwmatige teelten leveren. Het vergelijk wordt gemaakt per hectare. De te betrekken ecosysteemdiensten zijn:
    i. broeikasgasemissies, ammoniakemissie en waterkwaliteit, waarvoor een **kwantitatieve** inschatting per hectare wordt gemaakt, en
    ii. bodemkwaliteit, waterregulering en -verbruik, ondergrondse en bovengrondse biodiversiteit, waarvoor een meer **kwalitatieve** inschatting wordt gemaakt.

    Deze vergelijking wordt gemaakt op basis van literatuuronderzoek.
B. een analyse gemaakt van het mogelijke effect op het graslandareaal in Nederland van de verschillende niveaus van een graslandnorm. Hiertoe wordt:
    i. een inschatting gemaakt van het areaal waarvoor omzetting een reële mogelijkheid is.
    ii. per variant van de graslandnorm een inschatting gemaakt van het areaal dat behouden kan blijven door uitbreiding van het graslandareaal binnen en buiten het

eigen bedrijf (door aankoop en m.n. pacht) het graslandareaal dat niet zal worden omgezet in éénjarige teelten als gevolg van een 'graslandnorm'.

Deze analyse wordt gemaakt op basis van recente literatuur (o.a. Oltmer en Daatselaar, 2025; De Koeijer et al., 2022; Groenendijk et al., 2023) en data aangaande dieraantallen en gewas-arealen per landbouwregio en op gespecialiseerde melkveebedrijven, niet gespecificeerd per regio/graslandnormklasse (langjarig, CBS-data) en van melkveebedrijven per regio/graslandnormklasse in 2023 (RVO-data, verkregen via de opdrachtgever).

C. het totaal effect van de varianten van de graslandnorm gekwantificeerd. Deze wordt verkregen door de resultaten van A) en B) met elkaar te vermenigvuldigen en te vergelijken met de uitkomsten van eerdere onderzoeken aangaande de verwachte emissies uit de landbouw in 2030.

Overige mogelijke effecten van de graslandnorm, zoals veranderingen in dier-aantallen en melkvee-rantsoenen worden niet uitgewerkt maar slechts indicatief geduid.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt het verschil tussen verschillende vormen van landgebruik, wat betreft het gemiddeld huidig gebruik, kwalitatief geduid voor alle genoemde ecosysteemdiensten (broeikasgasemissies, ammoniakemissie, waterkwaliteit, bodemkwaliteit, waterregulering en -verbruik, ondergrondse en bovengrondse biodiversiteit). Hierin wordt voortgebouwd op het artikel "The societal role of grasslands in NW-Europe; permanent grasslands make all the difference in terms of ecosystem services" (van Eekeren et al., 2025; in print).

In hoofdstuk 3 wordt de analyse gemaakt van het mogelijke effect op het graslandareaal in Nederland van de verschillende niveaus van een graslandnorm. Voortbouwend op de kwalitatieve analyse in hoofdstuk 2 worden in hoofdstuk 4 eerst de mogelijke effecten op broeikasgasemissies, ammoniakemissie en nitraatuitspoeling nader gekwantificeerd. Dit betreft de gemiddelde effecten per hectare grasland en akkerland welke mogelijk kunnen worden omgezet van grasland naar akkerland en *vice versa*. Vervolgens worden deze effecten per hectare gekoppeld aan het mogelijke effect op het graslandareaal van de verschillende niveaus van een graslandnorm uit hoofdstuk 3. Dit resulteert in een berekening van de totale effecten op broeikasgasemissies, ammoniakemissie en nitraatuitspoeling die worden vergeleken met de totale verwachte uitstoot in 2030.

Belangrijke onzekerheden in deze berekening worden in hoofdstuk 5 bediscussieerd evenals enkele andere gevolgen van een graslandnorm.

In aanvulling op §1.2. wordt aan het begin van elk hoofdstuk nadere informatie gegeven over de afbakening en methode.

2 Ecosysteemdiensten van graslanden en akkerland kwalitatief vergeleken

2.1 Afbakening en methode

In dit hoofdstuk, gebaseerd op eerder literatuuronderzoek (van Eekeren et al., 2025; in print), worden de effecten op belangrijke ecosysteemdiensten vergeleken van drie verschillende types grasland en akkerland (wat betreft het gemiddeld huidige gebruik), als belangrijkste landgebruiksvormen in Nederland.
Ecosysteemdiensten kunnen worden gedefinieerd als de goederen en diensten die ecosystemen nu en in de toekomst aan de mens leveren. Het concept van ecosysteemdiensten is productief geweest in het vestigen van de aandacht op het belang van verwaarloosde diensten en functies van (agro-)ecosystemen, vooral sinds de formalisering van het concept in de Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005).

Hoewel veel verschillende ecosysteemdiensten van belang kunnen zijn, vaak onderling gerelateerd, hebben wij 8 ecosysteem indicatoren geselecteerd als meest relevant voor de vergelijking van verschillende types van landgebruik in Nederland (tabel 2.1).

De vergelijking van deze landgebruiksvormen is kwalitatief; er wordt gescoord op basis van een literatuur-analyse en expert-kennis. De gebruiksvorm met de hoogste score krijgt 5 punten, de laagste 1 punt; de andere landgebruiksvormen worden relatief ten opzichte van deze uitersten gescoord.
De focus ligt vooral op het landgebruik en ecosysteemdiensten op perceelsniveau. Het uiteindelijke effect op ecosysteemdiensten is ook afhankelijk van het gehele melkveehouderijsysteem (inclusief dier, productieniveau, etc.), de relatieve omvang van, en techniek in, de verschillende bedrijfssystemen (onder welke omstandigheden wordt welk voedsel geproduceerd in de andere systemen) en consumptievraag (verschuiving van het aandeel dierlijk naar plantaardig). Een dergelijke integrale analyse van 'de rundveehouderij' ligt echter buiten de scope van deze notitie. Hier willen wij de effecten van alleen het landgebruik centraal stellen omdat rundveehouderij en landgebruik niet 1-op-1 gekoppeld zijn: een rundveehouderij is ook mogelijk zonder of met veel minder grasland. Bovendien is ook de belangrijkste insteek van de beleidsvraag om grondgebondenheid los te zien van de omvang van de veehouderij.

Tabel 2.1 Indicatoren en ecosysteemdiensten

Ecosysteem indicator	Gerelateerd aan volgende (belangrijkste) ecosysteemdiensten
Voedselproductie	Voedselproductie
Bodemkwaliteit	Behoud van een (goede) bodem voor toekomstig gebruik
Waterregulering en waterverbruik	In stand houden van hydrologische systemen die kunnen omgaan met situaties van watertekort en -overschot.
Broeikasgassen	Regulering van het wereldwijde klimaat voor toekomstig gebruik; tevens beschermen van ecosystemen, plant- en diersoorten die mensen van belang vinden.
Ammoniak	Behoud /beschermen van natuurgebieden en plant-/diersoorten.
Waterkwaliteit	Behoud /beschermen van waterkwaliteit voor toekomstig gebruik en voor ecosystemen, plant- en diersoorten die mensen van belang vinden.
Bovengrondse biodiversiteit	Behoud /beschermen van (ecologische omstandigheden voor) plant- en diersoorten (bijv. weidevogels) en de kwaliteiten van ecosystemen (bijv. weidende dieren) die mensen van belang vinden
Ondergrondse biodiversiteit	Idem. Maar ondergrondse biodiversiteit heeft ook een cruciale rol in het functioneren van ecosystemen, welke ook andere functies beïnvloedt zoals bodemkwaliteit, waterregulering en bovengrondse biodiversiteit.

2.2 Algemene kenmerken van grasland en akkerland

Relevante kenmerken van akkerland zijn:

- Een afwisseling van gewassen die korter dan één-jaar op de akker staan met periodes zonder bodembedekking er tussen;
- Veelvuldige verstoring van de bodem/het bodemleven door grondbewerkingen;
- Géén continue aanvoer van voeding voor het bodemleven;

Grasland wordt juist gekenmerkt door:

- Het is een meerjarig gewas;
- Het bedekt de bodem het hele jaar;
- Het heeft een hoge continue aanvoer van gewas- en wortelresten wat o.a. dient als voeding voor het bodemleven.

Graslanden in Nederland verschillen onderling in de intensiteit van gebruik, wat gevolgen heeft voor verschillende ES'en, maar globaal zijn er grote overeenkomsten:

- Zowel blijvend als tijdelijk grasland betreft grasland met als hoofddoel de productie van veevoer;
- Het bestaat met name uit Engels raaigras en ontvangt volledige bemesting, jaarlijks tot circa 350kg stikstof per hectare (waarvan na het wegvallen van de derogatie max 170kg stikstof uit dierlijke mest);
- Af en toe worden er gewasbeschermingsmiddelen (herbiciden) gebruikt.

Belangrijk onderscheid binnen graslanden is de mate van grondbewerking en productiedoel:

- Bij blijvend grasland wordt er op een perceel permanent gras geteeld als voer voor herkauwers. Daarbij is verstoring van de bodem door grondbewerking minimaal, enkel

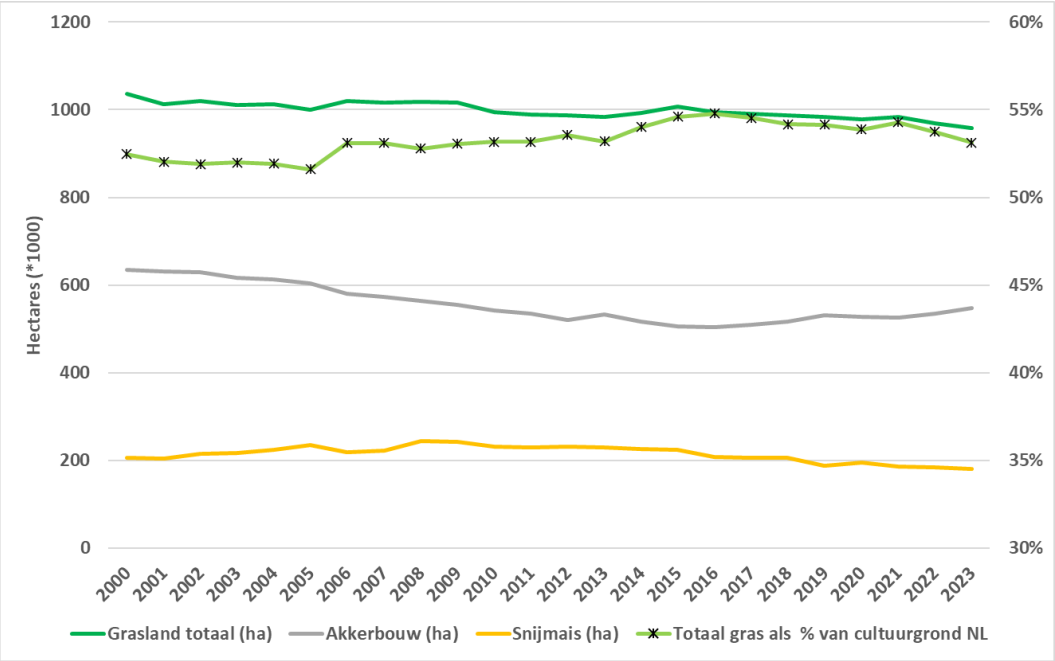
bij graslandvernieuwing, wat circa één keer per 10 à 30 jaar voorkomt (CDM, 2017), hoewel ook lagere percentages voor grondbewerking voor graslandvernieuwing worden gegeven (2% per jaar; Vonk et al., 2023). Bij blijvend grasland volgt na de grondbewerking wederom gras ('gras-op-gras').

- Officieel wordt tijdelijk grasland gedefinieerd als grasland dat (i) niet ouder is dan vijf jaar en (ii) wordt opgevolgd door akkerland in de gewasrotatie. Ook bij tijdelijk grasland is voerproductie het hoofddoel, maar er vinden minimaal twee grondbewerkingen per zes jaar plaats.
- Semi-natuurlijk grasland [1]heeft als hoofddoel het verbeteren van biodiversiteit en natuurwaarden, en komt vooral in en rond natuurgebieden voor. Productie (hoeveelheid en voerkwaliteit) komt bij dit type grasland op een tweede plaats. Deze graslanden ontvangen weinig of geen bemesting, om verschraling te stimuleren, en er vindt veelal geen grondbewerking plaats (uitgezonderd herinrichtingen ed.). Daarnaast heeft semi-natuurlijk grasland beperkingen op de intensiteit van het gebruik (o.a. uitgestelde maaidatum en/of extensieve beweiding).

2.2.1 Grasland- en akkerlandareaal

Grasland is de grootste vorm van landgebruik in Nederland en beslaat circa 957.000 hectare, oftewel 53% van alle cultuurgrond. Akkerbouwgewassen en snijmais beslaan ruim 30 respectievelijk 10% van cultuurgrond; overige cultuurgrond betreft m.n. (glas)tuinbouw en fruitteelt (CBS, 2023). Van al het grasland is circa 70% blijvend, 21% tijdelijk en 9% natuurlijk grasland (CBS, 2023). In de afgelopen 25 jaar is het totale graslandareaal afgenomen, maar als aandeel van de cultuurgrond in Nederland juist licht toegenomen (zie Figuur 2.1).

[1] De term semi-natuurlijk grasland is niet bedoeld als streng gedefinieerde administratieve of juridische term. Naast formeel gedefinieerd natuurlijk grasland, waarbij gedurende meerdere jaren geen enkel beheer (drainage, bemesting of onkruidbestrijding) mag worden uitgevoerd gericht op het handhaven van de landbouwkundige productie, kan dit bijvoorbeeld ook ANLB-gronden omvatten waarop weinig wordt bemest ondanks dat dit wel is toegestaan (zoals kruidenrijk grasland of grasland met een lange rustperiode), aangezien dit voor de ecosysteemdiensten sterk vergelijkbaar is met formeel natuurlijk grasland.



Figuur 2.1: Areaal snijmais, overige akkerbouw en grasland (totaal en als % van cultuurgrond) in Nederland van 2000 tot 2023. Bron: Eigen bewerking van CBS data(Statline; www. opendata.cbs.nl).

2.3 Voedselproductie

De productie van voedsel of veevoer is het hoofddoel van veel landbouwgrond; dit wordt in dit vergelijk als uitgangspunt genomen. Grasland produceert veevoer waarvan door de koe melk gemaakt wordt. Akkerland levert ofwel veevoer (meestal in de vorm van snijmais of granen of eiwitrijke gewassen) ofwel voedsel wat direct voor humane consumptie gebruikt wordt.

Gemiddeld kunnen van een hectare akkerland meer mensen gevoed worden dan van een hectare grasland (Spedding, 1988). Om hiervan een voorbeeld te geven is een sterk versimpelde berekening gemaakt van de opbrengsten van een hectare tarwe, aardappelen en melk (uit gras) in Nederland (zie Tabel 2.2). Er wordt geen directe vergelijking gemaakt met de opbrengst van gras, omdat hier eerst melk van gemaakt moet worden voordat het door de mens geconsumeerd kan worden (zie Kader Berekening productie).

Tabel 2.2 Productie van eiwit en energie uit melk, tarwe en aardappelen (zie Kader voor berekening en referenties).

Voedingsmiddelen	Opbrengst/ha (ton product)	Eiwit/ha (ton)	Energie (miljoen kcal /ha)
Melk (uit gras)	9,3	0,33	6
Tarwe	8,8	1,10	29
Aardappelen	48,5	1,00	41

Berekening productie

De gemiddelde melkproductie is in Nederland ongeveer 16.000kg melk per hectare (BINternet, z.d. b). Echter deze productie is inclusief aangekocht krachtvoer, en dus niet geheel afkomstig van eigen grasland. Van het totale rantsoen komt gemiddeld 58% van het eiwit van het eigen land (van der Meulen, 2022). Dit resulteert in een geschatte productie van 9,3ton melk per hectare grasland. Vermenigvuldigd met een gemiddelde inhoud van 3,58% eiwit (BINternet, z.d. b) en de energiewaarde van melk (voedingswaardetabel.nl) levert een hectare grasland 0,33 ton eiwit en (afgerond) 6 miljoen kcal energie.

Gemiddeld over de jaren 2019, 2020 en 2021 was de Nederlandse productie van aardappelen 48,5ton per hectare en van tarwe 8,8ton per hectare (BINternet, z.d. a). Deze opbrengsten zijn vermenigvuldigd met de waardes voor energie en eiwit van deze voedingsmiddelen (voedingswaardetabel.nl) wat resulteert in een opbrengst voor eiwit en energie per hectare.

Grasland produceert per hectare ongeveer 30% meer eiwit en 40% minder energie dan snijmais, op basis van 17 ton droge stof opbrengst per hectare voor snijmais (van Schooten et al., 2019), en 10 ton droge stof opbrengst per hectare voor grasland (Hoogeveen, 2022a) en gemiddelde voederwaardes voor graskuil en snijmais (CVB, 2022). In het rantsoen van melkvee is snijmais daarom een goede aanvulling voor gras en zo kan van een hectare snijmais iets meer melk geproduceerd worden dan van een hectare grasland. Echter dit verschil in productie is klein, zeker vergeleken met akkerlandgewassen die direct geconsumeerd kunnen worden.

Dit voorbeeld illustreert dat akkerlandgewassen ongeveer drie keer zoveel (consumeerbaar) eiwit produceren dan grasland (via melk). Bij semi-natuurlijk grasland is voedselproductie niet het belangrijkste doel en kan slechts een beperkt deel van het gras omgezet worden naar voedsel door de lage voedingswaarde van het gras. Andere marktgewassen zoals bloembollen leveren vanzelfsprekend geen voedsel, maar hebben vaak een relatief hoge economische waarde.

Er zijn enkele nuances van belang bij deze vergelijking:

- Akkerbouw vindt over het algemeen plaats op de beste gronden, met hogere opbrengsten tot gevolg. De gemiddelde grasopbrengst (en dus melkopbrengst) is daarmee vanzelf al wat lager dan de opbrengsten van akkerland, omdat het ook vaak slechtere gronden betreft. Daarnaast zijn sommige gronden inherent alleen geschikt voor grasland (zware kleigronden of veengronden om bodemdaling door veenoxidatie bij bodembewerking tegen te gaan).
- Een akkerbouwbouwplan bevat meer dan enkel aardappelen en graan dus de berekening zal per bouwplan verschillen. Voor bieten, uien, wortelen en veel kolen geldt globaal

eenzelfde vergelijking. Maar m.n. olie-gewassen en sommige andere groentes hebben een aanmerkelijk lagere productie per hectare en m.n. bladgroentes zijn arm aan energie en eiwit.

- Het eiwit uit melk is hoogwaardiger dan het plantaardig eiwit uit akkerbouwgewassen en heeft daarom mogelijk een meerwaarde. Echter, er is met plantaardig eiwit van diverse oorsprong ook een volwaardig dieet samen te stellen.
- Tegelijkertijd met melk, wordt een deel van het voer van eigen land omgezet naar vlees en vooral mest. Door mestoverschotten in Nederland heeft de mest zijn (financiële) waarde verloren, maar inherent is organische mest waardevol materiaal en belangrijk om de bodemkwaliteit hoog te houden, zeker voor akkerland.

Samenvattend heeft semi-natuurlijk grasland de laagste score voor voedselproductie. Blijvend en tijdelijk grasland scoren weliswaar beter, maar blijven ver achter bij akkerland voor directe voedselproductie.

2.4 Bodemkwaliteit

Een goede bodemkwaliteit staat aan de basis van voedselproductie en andere ecosysteemdiensten. Verschillende intensiteiten van bodemgebruik hebben uiteenlopende effecten op factoren als bodemstructuur, beschikbaarheid van nutriënten en het bodemleven. Wanneer de bodemkwaliteit slecht is, zijn er vaak meer externe inputs zoals kunstmest, beregening en gewasbeschermingsmiddelen nodig om tot goede oogsten te komen.

De bodemkwaliteit verbetert door grasland en neemt meestal af door akkerland (van Eekeren et al., 2008; van Eekeren, 2016). Grasland heeft een hoge aanvoer van organische stof uit gewasresten en wortels en in vergelijking tot akkerland een relatief lage afbraak. Met blijvend grasland neemt het organische stofgehalte daarom toe en met akkerland neemt het af (Vleeshouwers en Verhagen, 2002). Zie ook ter illustratie de resultaten van een langjarige proef in België in Tabel 2.3 waarin effecten van landgebruik (grasland en akkerland) op de zes elementen van bodemkwaliteit zijn weergegeven. Onder grasland wordt de bodemstructuur voor een groot deel gevormd door een samenspel van organische stof, beworteling en bodemleven. Op akkerland is er, door een lager organisch stofgehalte, geen permanente beworteling en minder bodemleven, minder natuurlijk herstel en bodemstructuur vorming. Vaak moeten verschillende bodembewerkingen dit opvangen.

Blijvend grasland bevat ook meer organische stof dan tijdelijk grasland (van Eekeren et al., 2008; Kayser et al., 2018) (zie Tabel 2.1) waardoor de bodem meer vocht vast kan houden. In een vergelijking tussen jonge (<10 jaar) en oude (20 jaar) graslanden werd onder andere gevonden dat oude graslanden (naast meer organische stof) een grotere stikstofvoorraad bevatten, waardoor er een hogere nutriëntenbeschikbaarheid is voor plantengroei (Iepema et al.,

2020). Ook de biologische bodemkwaliteit (zie §2.9.2) is beter op blijvend grasland. Een actiever bodemleven kan functionele voordelen geven op gebied van nutriëntenlevering, bodemstructuur en waterhuishouding, wat de bodemkwaliteit ten goede komt.

Tabel 2.3: Metingen aan zes elementen van bodemkwaliteit. Gemiddelde van metingen over 3 jaar (van Eekeren et al., 2008).

Zes elementen van bodemkwaliteit	36 jaar blijvend grasland	3 jaar tijdelijk grasland na 3 jaar akkerland	3 jaar akkerland na 3 jaar tijdelijk grasland	36 jaar continu akkerland
1.Organische stof (% 0-10 cm)	5,7	3,3	3,8	2,3
2. Bodemchemie (NLV kg/ha) (0-10 cm) *	159	93	102	55
3. Bodemstructuur (% kruimel+afgerond 0-10 cm)	76	65	19	21
4. Beworteling (aantal/m^2 op 20 cm)	1081	1813		
5. Bodemleven (wormen kg/ha in 0-20 cm)	1660	520	140	50
6. Waterhuishouding (infiltratie mm/sec.)	2,7	1,1		

* NLV = Stikstof-leverend vermogen

De bodemkwaliteit voor de landbouw neemt af wanneer het grasland extensiever gebruikt wordt. Het organische stof gehalte op semi-natuurlijke graslanden is lager dan of gelijk aan blijvend grasland (Struyk et al., 2020; Lindborg et al., 2022). Door verschraling neemt de beschikbaarheid van nutriënten voor plantengroei af. Op semi-natuurlijke graslanden op veengronden was ook de bodemstructuur en beworteling slechter dan op de blijvend grasland percelen. Dit had onder andere ook zijn weerslag op een slechtere waterinfiltratie (Deru et al., 2018).

Samenvattend, blijvend grasland heeft de hoogste score voor bodemkwaliteit, gevolgd door tijdelijk en semi-natuurlijk grasland. Akkerland heeft de laagste score voor bodemkwaliteit.

2.5 Waterhuishouding

2.5.1 Waterverbruik

Het waterverbruik dat een gewas nodig heeft om tot een oogstbaar product te komen verschilt per soort gewas. In de landbouw speelt beregening een belangrijke rol in het waterverbruik. Dit is kostbaar water wanneer het vergeleken wordt met regenwater en wordt daarom het liefst zo veel mogelijk beperkt.

Het waterverbruik van een gewas hangt nauw samen met de productie. Grasland verbruikt 360 liter water voor de productie van één kg droge stof aan voer (Schröder en van Middelkoop, 2016). Voedertarwe en mais zijn voorbeelden van akkerlandgewassen die minder water gebruiken, respectievelijk 270 en 180 liter water per kg droge stof productie (Schröder en van Middelkoop, 2016). Akkerlandgewassen hebben vaak een hogere waterconsumptie per hectare. Als voorbeeld voor aardappelen: met een productie van 48,5 ton en een waterverbruik

van 100 liter per kilo product (van Houwelingen, 2014) is het totale verbruik 4.850 m^3 per hectare. Voor grasland, met een verbruik van 360liter per kilo droge stof en een opbrengst van 10 ton droge stof komt het verbruik uit op 3.600m^3 liter per hectare.

Het uitstellen of achterwege laten van beregening draagt in droge jaren bij aan een lager waterverbruik, maar ook aan een lagere productie omdat de gewasgroei stopt. Bij akkerland is dit geen reële optie omdat de meeste gewassen niet meer herstellen van schade door droogte. Echter bij grasland kan de keuze gemaakt worden om niet te beregenen en enige droogteschade te accepteren. Jong grasland wortelt vaak dieper dan oud grasland waardoor tijdelijk grasland vaak iets meer droogtetoleranter is dan blijvend grasland (de Haan et al., 2019). Daarentegen herstelt een oude graszode van blijvend grasland vaak relatief makkelijk van droogteschade en zal weer starten met groeien wanneer er regen valt. Het kan daarom een bewuste keuze zijn (ook financieel) om niet te beregenen op grasland en enige schade te accepteren. Daardoor wordt er in de akkerbouw, per landoppervlakte, meer beregend dan in de veehouderij (zie box).

Waterverbruik in akkerbouw en veehouderij
In een jaar met gemiddelde neerslag (2016) werd, als voorbeeld, 56% van het akkerbouw areaal minimaal éénmaal beregend, tegenover 18% van het veehouderij areaal (Compendium voor de leefomgeving, 2019). Gekeken naar het waterverbruik van de gehele landbouw is in de jaren 2018, 2019 en 2020 (allen droge jaren) gemiddeld 136 miljard m^3 water gebruikt voor beregening in de veehouderij (voor grasland én maisland) en 108 miljard m^3 in de akkerbouw (CBS, 2022b). Dit terwijl het areaal van de veehouderij ongeveer dubbel zo groot is als van de akkerbouw (CBS, 2022a).

Bij semi-natuurlijk grasland zal door de lagere productie het waterverbruik flink verlaagd zijn (Lindborg et al., 2022), en, belangrijker, het wordt nooit beregend. Weliswaar moet er soms water worden toegevoerd om verdroging van (natte) natuurgraslanden en bijbehorend biodiversiteitsverlies te voorkomen, maar dit is vooral een gevolg van de (diepere) ontwatering van landbouwpercelen; hierdoor klinken deze landbouwpercelen in waardoor er grondwater wegsijpelt uit de natuurpercelen met een hogere grondwaterstand.

2.5.2 Waterregulering

Vochtvasthoudend vermogen (in tijden van droogte) en waterinfiltratie (bij hevige regenval) zijn belangrijke kenmerken in het waterregulerend vermogen van bodems, zodat het systeem van water aan- en afvoer niet te zwaar wordt belast. Beide zijn sterk gerelateerd aan het gehalte bodem organische stof. Een hoger gehalte voorkomt het dichtslaan van de bodem en werkt als een soort spons; het kan zich volzuigen met water en dat langzaam weer afgeven. Met name voor waterinfiltratie is ook de bodemstructuur van belang: een luchtige, open bodemstructuur kan sneller water afvoeren (infiltreren) dan een bodem die verdicht is.

Bodembewerkingen zoals ploegen, verlies van organische stof, minder bodemleven en een slechtere bodemstructuur leiden ertoe dat akkerland minder water vast kan houden dan blijvend grasland (Kodešová et al., 2011; Horel et al., 2015). Zelfs een enkele keer ploegen in blijvend grasland kan de bodemstructuur en het organische stofgehalte negatief beïnvloeden en daarmee de waterinfiltratie en de capaciteit van de bodem om water vast te houden verminderen (Li et al., 2007).

Door de toename van organische stof, de verbetering van de bodemstructuur en een toename in regenwormgangen kan een graslandbodem ook sneller water afvoeren tijdens en na afloop van intense regenval (Bouché en Al-Addan, 1997; McLenaghen et al., 2017). Deze bodemverbeteringen nemen toe gedurende de levensduur van het grasland en maken dat bij blijvend grasland water sneller infiltreert dan bij tijdelijk grasland (van Eekeren et al., 2008). Specifiek de pendelende regenwormen gaan geheel verloren in akkerland, terwijl deze in blijvend grasland in stand gehouden worden (van Eekeren et al., 2008, Kautz et al., 2014). Specifiek deze wormen graven *verticale*, relatief grote gangen wat de waterinfiltratie van de bodem sterk kan verbeteren (Bouché en Al-Addan, 1997). Bovendien kunnen wortels van gras en kruiden via deze gangen relatief gemakkelijk (weinig weerstand) dieper wortelen. Deze wortels hebben zo ten tijde van droogte langer toegang tot (grond)water (Logsdon en Linden, 1992; van Eekeren et al., 2008). Op semi-natuurlijke graslanden op veengronden gaf de combinatie van een lagere pH, minder regenwormen, een slechtere beworteling en een slechtere bodemstructuur aanleiding tot een significant lagere waterinfiltratie dan op blijvende grasland percelen op veehouderij bedrijven (Deru et al., 2018).

Samenvattend scoort semi-natuurlijk grasland het beste voor waterverbruik en -regulatie. Dit komt vooral door de lagere productie en dus het lagere waterverbruik per hectare, hoewel de waterregulering van blijvend grasland enigszins beter kan zijn. Bij blijvend en tijdelijk grasland ligt het waterverbruik per eenheid productie hoger dan akkerland. Maar door de hogere totaalproductie van akkerland en een hogere drempel om te starten met beregening op grasland wordt er in de akkerbouw vaak toch meer water verbruikt, terwijl de waterregulering van, met name blijvend, grasland beter is.

2.6 Broeikasgassen

Bij de uitstoot van broeikasgassen zijn vooral CO_2 en lachgas relevant voor landbouwgewassen. Omdat de primaire focus in deze vergelijking gericht is op perceelsniveau, negeren wij de (hoge) methaanemissies van herkauwers die het gras eten. Methaanuitstoot vanuit de bodem is over het algemeen beperkt en weinig verschillend tussen grasland en akkerland (Schils et al., 2022). Methaanoxidatie van graslanden kan hoger zijn dan van akkers op dezelfde bodem, maar effecten zijn beperkt (Pijlman en Wattel, 2023). Bij vernatting op veengronden kan methaanuitstoot een probleem zijn, evenals de CO_2-emissies bij verdroging ervan.

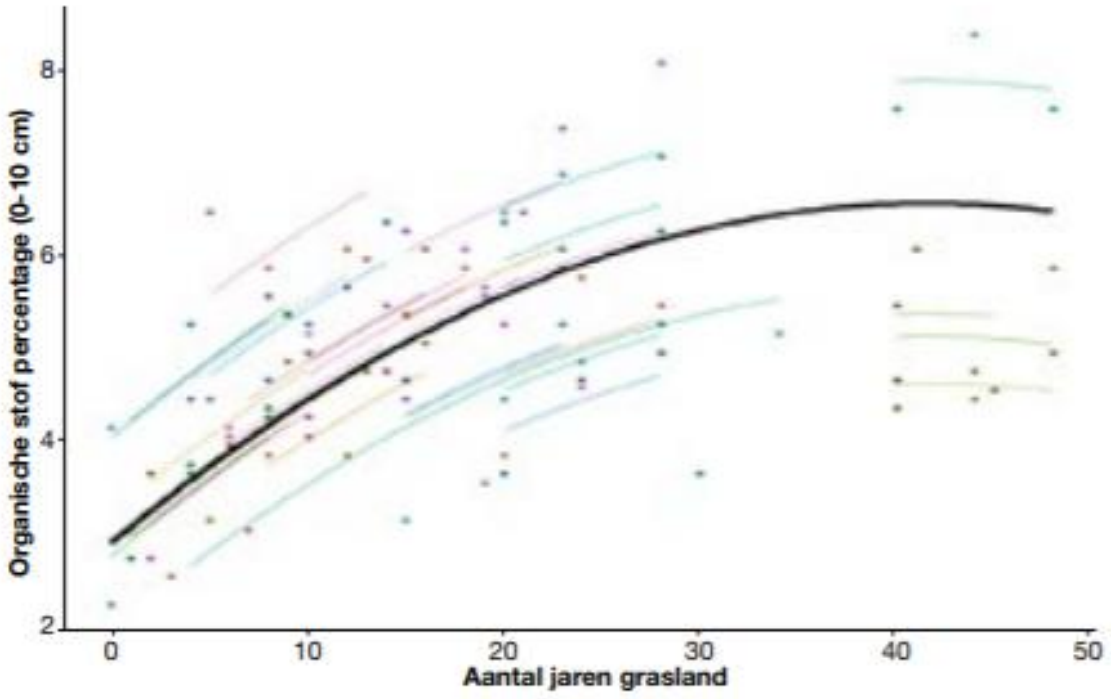
2.6.1 CO_2

De voorraad CO_2 in de bodem is een balans tussen binding en afbraak van organische stof. Organische stof bestaat gemiddeld voor circa 50% uit koolstof. Het opbouwen in een bodem draagt dus bij aan het vastleggen van CO_2 en aan de mitigatie van klimaatverandering. Verstoring van de bodem kan de afbraak versnellen waardoor het gehalte afneemt en er juist CO_2 vrijkomt.
De hoeveelheid opgeslagen koolstof wordt grotendeels bepaald door de bodemtextuur (bijv. kleibodems houden meer koolstof vast dan zandbodems), het klimaat (temperatuur en neerslag beïnvloeden de afbraaksnelheid van organische stof in de bodem), grondwaterstand (bij een hoge grondwaterstand wordt de afbraak van organische stof geremd) en het landgebruik (m.n. gewas en frequentie, diepte en intensiteit van grondbewerkingen). Het verschil in koolstofvoorraad (in laag 0-30cm) tussen grasland en akkerland in Nederland varieert sterk als gevolg van de andere beïnvloedende factoren (Arets et al., 2023) maar is gemiddeld circa 28 ton C per hectare (Lesschen et al., 2012). Daarnaast neemt het koolstofgehalte onder grasland in Europa en Nederland gemiddeld jaarlijks licht toe, terwijl het in akkerland enigszins afneemt (Vleeshouwers en Verhagen, 2002; Arets et al.,2023).

Blijvend grasland waarin niet geploegd wordt en waarin de bodem gedurende het hele jaar bedekt is met groeiende planten, bevat meer organische stof dan akkerland (van Eekeren et al., 2008; Kayser et al., 2018). De verklaring hiervoor ligt in de combinatie van een constante aanvoer van organisch materiaal onder de vorm van wortels, wortelexudaten en grasresten en de afwezigheid van (intensieve) grondbewerkingen waardoor het organisch materiaal minder snel wordt afgebroken.
Onder tijdelijk grasland bevindt zich minder koolstof dan bij blijvend grasland doordat er vaker grondbewerking plaatsvindt met de opvolgende akkerlandfase. Doordat het gehalte organische stof met de leeftijd van grasland toeneemt zijn de koolstofgehaltes in oud grasland ook hoger dan in jong of vernieuwd (tijdelijk) grasland (zie Figuur 2.2). In een literatuuronderzoek voor het project Slim Landgebruik wordt geconcludeerd dat met het verhogen van de leeftijd van grasland 0 - 1.8 t C per hectare per jaar kan worden opgeslagen (Garcia et al., 2023). Na ongeveer 40-100 jaar blijvend grasland treedt er verzadiging op, waarna er niet veel extra vastlegging meer plaatsvindt. De bodem bevat dan wel een grote koolstofvoorraad, waardoor bij het omploegen van oud, blijvend grasland hogere koolstofverliezen verwacht kunnen worden dan bij het omploegen van jong grasland (Six et al., 2002; de Wit et al., 2018; Iepema et al., 2020). Vooral in de eerste jaren na omzetting is het verlies aan koolstof groot (Vellinga, 2004).

De vastlegging van koolstof en CO_2 hangt sterk samen met de aanvoer van organische stof van gewas- en wortelresten, die weer samenhangt met de plantengroei en bemesting. Een hoger bemestingsniveau en daarmee een hogere plantenproductie, draagt positief bij aan het vastleggen van koolstof en CO_2 (Schils et al., 2022). Semi-natuurlijk grasland zal daarom minder

koolstof en CO_2 vastleggen dan blijvend grasland (Struyk et al., 2020; Lindborg et al., 2022). Ondanks de lagere vastlegging is bij semi-natuurlijk grasland over het algemeen wel een vergelijkbaar of hogere koolstofvoorraad in de bodem aanwezig dan bij productieve graslanden (Lindborg et al., 2022). Dit hangt vooral samen met het feit dat deze natuurgraslanden veelal oude blijvende graslanden zijn en dus langere tijd koolstof hebben opgebouwd, naast een lagere afbraak door voor productie 'ongunstigere' bodemomstandigheden (zoals lagere pH en hogere grondwaterstand) (van Eekeren et al., 2022).



Figuur 2.2. Toename in organisch stofgehalte met de leeftijd van blijvend grasland op zandgrond. De gekleurde lijnen geven toename van individuele percelen weer (De Wit et al., 2018).

Organische stof in grasland en broeikasgasemissies op een melkveebedrijf

Het gemiddelde melkveebedrijf in Nederland stoot 992 g CO_2-equivalenten per kg *meetmelk* uit, of 1125 g indien ook landgebruik en organische stof worden meegenomen (Hospers et al., 2022). Bij een melkproductie van 17.000kg *meetmelk* per ha betekent dit een broeikasgasemissie van 17-19 ton CO_2-eq per jaar. De organische stof opbouw van jong grasland (maximaal circa 6,6 ton CO_2-eq per hectare per jaar; Garcia et al., 2023) compenseert hiervan dus maximaal circa 38%.

2.6.2 Lachgas

Lachgas (N_2O) is een broeikasgas met 273 keer het opwarmingspotentieel van CO_2 op een tijdschaal van 100 jaar, hoewel deze factor regelmatig enigszins veranderd (van Dijk et al., 2023).

Lachgas wordt vooral gevormd als bijproduct bij nitrificatie- en denitrificatie-processen wat vooral plaatsvindt als er een plaatselijk zuurstoftekort is in de bodem, doordat de bodem sterk vernat is of verdicht, en er voldoende gemakkelijk omzetbare organische stof, ammoniak of nitraat beschikbaar is.

Afgezien van bodemomstandigheden (m.n. hoge grondwaterstand en verdichting), zijn lachgas-emissies vooral gekoppeld aan het bemestingsniveau. Landgebruik (grasland versus akkerland) heeft slechts een beperkte invloed (Schils et al, 2022). Wanneer minder (kunst)mest toegediend wordt, is er ook minder uitstoot van lachgas (Slier en Velthof, 2021). Aangezien het bemestingsniveau in Nederland van grasland hoger ligt dan van akkerland (350 versus 220kg N per ha; Hoogeveen, 2022b) en het meeste grasland beweid wordt, ligt de lachgasemissie van grasland in Nederland over het algemeen hoger dan van akkerland; het verschil tussen grasland en akkerland bedraagt circa 2,4 kg N_2O-N of 1 ton CO_2-eq per hectare, indien ook rekening wordt gehouden met de indirecte emissie als gevolg van nitraatuitspoeling (zie tabel 2.4).

Tabel 2.4: Berekende lachgas-emissie van gras- en akkerland (gemiddelde huidige situatie).

	Drijfmest		**Kunstmest**		**Indirecte emissies**		**Totale emissies**
	Bemesting (kg N/ha)	Emissie kg (N_2O-N/ha)	Bemesting (kg N/ha)	Emissie kg N_2O-N/ha	Totaal bemesting (kg N/ha)	Kg N_2O-N/ha	Kg N_2O-N/ha
Grasland	230 [1)]	1,4 [2)]	120	0,96 [3)]	350	6,13 [4)]	8,48
Akkerland	110	1,43 [5)]	110	0,77 [6)]	220	3,85 [4)]	6,05

1) Waarvan 14% weidemest (aanname). 2) emissiefactor grasland weidemest 0,025 en drijfmest 0,003 kg N_2O-N per kg N uit mest; 3) EF grasland 0,008 kg N_2O-N per kg N uit kunstmest; 4) EF gras- en akkerland 0,0175 kg N_2O-N per kg N-input; 5) EF akkerland 0,013 kg N_2O-N per kg N uit drijfmest; 6) EF akkerland 0,007 kg N_2O-N per kg N uit kunstmest. Aannames [2)] tot [6)] gebaseerd op van Dijk et al., 2022).

Daarnaast zijn er aanzienlijke lachgas-emissies bij het vernieuwen van blijvend grasland of bij het omzetten van tijdelijk grasland in akkerland. Hierbij komt veel stikstof vrij door mineralisatie, wat omgezet kan worden tot lachgas, m.n. gedurende korte tijd na de grondbewerking. Vergeleken met een referentiegrasland bedraagt deze extra N_2O-uitstoot in totaal 5,5 kg N of ca. 2,2 ton CO_2-eq per hectare na graslandvernieuwing (van Dijk et al., 2022; Velthof et al., 2009). De emissie per hectare kan echter sterk variëren in ruimte en tijd, van 2,5 tot 46 kg NO_3-N per hectare, afhankelijk van temperatuur en timing neerslag in relatie tot grondbewerking en bemesting (Hull et al, 2025).
Bij semi-natuurlijke graslanden is de bemesting en daarmee de uitstoot van lachgas nog verder verlaagd, afgezien van veranderingen in grondwaterstand: bij sterke vernatting kan de methaan- en/of lachgasemissie ook sterk stijgen.

Samenvattend heeft semi-natuurlijk grasland de hoogste score, met een lage lachgas-emissie en een redelijk potentieel om koolstof vast te leggen en te behouden. Blijvend grasland is

goede tweede, ondanks de relatief hoge lachgas-emissie, met een hoog potentieel om koolstof vast te leggen en te behouden. Akkerland heeft de laagste score door een laag potentieel om koolstof vast te leggen.

Veengronden en broeikasgassen

De emissie van broeikasgassen is voor veengronden anders dan voor zand- en kleigronden. Het veen wordt namelijk sneller afgebroken door met name bodembiologische processen als er meer zuurstof in de bodem komt, wat tot extra CO_2-emissies en bodemdaling leidt. Een grondbewerking voor bijvoorbeeld maisteelt of andere akkergewassen zorgt voor extra veenafbraak waarbij broeikasgassen als CO_2, lachgas en (in mindere mate) methaan vrijkomen. Vanwege deze reden is het hoofdgebruik van veengronden dan ook grasland.

Echter ook het huidige gebruik van graslanden op veengronden, staat onder druk, omdat daarbij nog steeds veenoxidatie (en daarmee CO_2-emissie) plaatsvindt. Als mogelijke oplossing wordt gekeken of veengebieden verder vernat kunnen worden om dit proces af te remmen. Bij volledige vernatting neemt de CO2-emmissie sterk af maar nemen emissies van met name methaan en lachgas toe. Het optimale grondwaterpeil lijk vooralsnog -20 cm te zijn (Jurasinski et al., 2016). Op de experimentele 'hoogwaterboerderij' op KTC Zegveld wordt op dit moment onderzocht wat hiervan de consequenties zijn; onder andere voor grasgroei en grasbenutting.

2.7 Ammoniak

Verliezen naar het milieu van stikstof, in de vorm van ammoniak, kunnen zorgen voor ongewenste verrijking (eutrofiëring) en verzuring van natuurgebieden. Dit heeft negatieve effecten op de biodiversiteit, m.n. in stikstof-gevoelige gebieden.

De ammoniakuitstoot hangt samen met het niveau van bemesting, de manier van bemesten en of het type (organische of kunst-) mest. Deze factoren bepalen het percentage ammoniak van de bemesting die verloren gaat naar de lucht, de emissiefactor. Onder Nederlandse omstandigheden zijn de ammoniakverliezen uit dierlijke mest op akkerland meestal lager dan op grasland doordat de mest snel kan worden ingewerkt in de bodem (van Bruggen et al., 2023). Daarnaast is het niveau van bemesting op akkerland veelal lager dan op grasland. In 2022 was dit op grasland circa 350 kg N per hectare, waarvan circa 230 kg uit dierlijke mest, en op akkerbouwbedrijven (akkerland) circa 220 kg N per hectare waarvan circa 110 kg uit dierlijke mest. Indien de dierlijke mest geheel uit rundveedrijfmest bestaat resulteert dit in een verlies van 19,8 respectievelijk 4,4kg NH_3-N per hectare voor grasland respectievelijk akkerland (tabel 2.5). Aangezien de dierlijke mestgiften dalen, als gevolg van de afbouw van de derogatie, zullen ook de ammoniakemissies dalen.

Bij semi-natuurlijk grasland wordt niet of heel weinig bemest en zal de ammoniakuitstoot bij uitrijden van mest dan ook miniem zijn.

Tabel 2.5: Berekende ammoniakemissie van gras- en akkerland (gemiddelde huidige situatie).

	Drijfmest			**Kunstmest**		**Totale emissies**
	Bemesting (kg N/ha)	TAN (kg/ha)	Emissie (kg NH_3-N /ha)	Bemesting (kg N / ha)	Emissie (kg NH_3-N / ha)	Kg N / ha
Grasland	230 [1]	133 (58% [3])	22,7(17% [3])	120	3 (2,5% [3])	25,7
Akkerland	110 [2]	64 (58% [3])	3,8 (6% [3])	110	2,8 (2,5% [3])	6,6

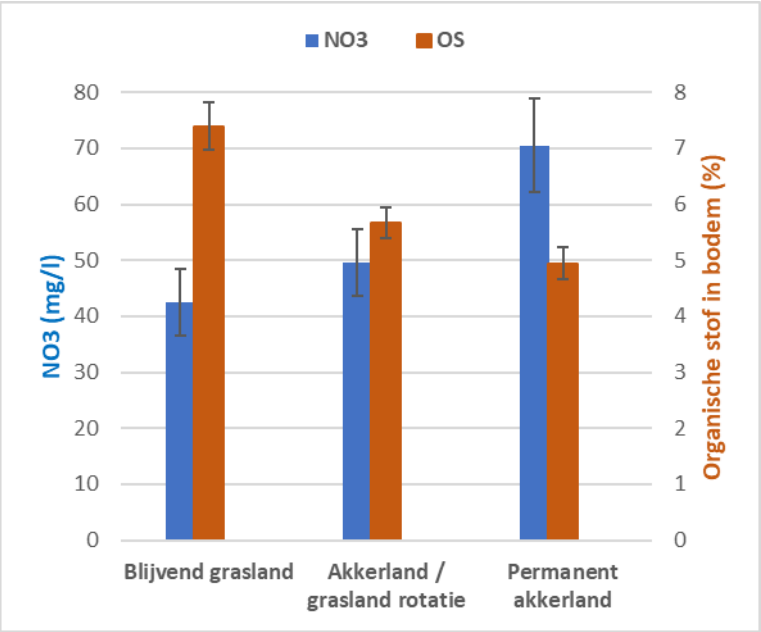
[1] Hoogeveen (2022b), [2] van Leeuwen (2022), [3] Van Bruggen et al., 2023.

2.8 Waterkwaliteit

2.8.1 Nitraat

Een overschot aan nitraat kan uitspoelen naar het grondwater en is slecht voor de waterkwaliteit. Het risico op nitraatuitspoeling is hoger bij een hoger bemestingsniveau (Schils et al., 2022). Over het algemeen is grasland minder gevoelig voor nitraatuitspoeling dan akkerland (Di en Cameron, 2002). Afgezien van verschillen in grondsoort (met effect op denitrificatie) is de nitraatuitspoeling bij grasland lager doordat gras een lang groeiseizoen, een hoge stikstofopname en een hoge denitrificatiecapaciteit heeft. Omdat grasland een hoger organisch stofgehalte en microbiële biomassa bevat (zie Figuur 2.3), kan er veel nitraat uitspoelen bij grondbewerking van tijdelijke grasland, voor herinzaai of het omzetten van grasland naar akkerland (Schils et al, 2022). Op akkerland zorgt de jaarlijkse grondbewerking voor de mineralisatie van organische stof waardoor veel nitraat vrijkomt. Wanneer er door mineralisatie meer nitraat vrijkomt dan het gewas op kan nemen kan dit gemakkelijk uitspoelen tijdens een neerslagoverschot. Uit het Landelijk Meetnetwerk Effecten Mestbeleid (LMM) blijkt dat de nitraatconcentratie in het grondwater op zandgrond onder akkerland met mais ruim 2,5 keer zo hoog is als onder grasland (Hooijboer et al., 2017).

Vanwege het hogere aandeel grasland is er gemiddeld een lagere nitraatuitspoeling op melkveebedrijven dan op akkerbouwbedrijven (Oenema en Velthof, 2018). Vooral na de oogst van het akkerbouwgewas (tijdens het najaar en de winter) is er een verhoogd risico op uitspoeling omdat de bodem dan niet meer bedekt is (Di en Cameron, 2002). Ook kan er nitraat uitspoelen in het voorjaar, voordat de wortels van het akkergewas voldoende ontwikkeld zijn om het op te nemen.



Figuur 2.3. Gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater (0,5 – 1,5m) en percentage organische stof per type landgebruik (van der Wal et al., 2019).

2.8.2 Fosfaat

Verliezen van fosfaat door uitspoeling zijn bij akkerland groter dan bij grasland, maar bij beide soorten landgebruik veelal beperkt (Marrs et al., 1991), afhankelijk van de mate van fosfaatverzadiging. Over het algemeen wordt fosfaat sterk gebonden aan de grond en spoelt niet gemakkelijk uit maar door langdurige en hoge overbemesting met fosfaat in het verleden is deze bindingscapaciteit op een deel van de gronden deels 'opgebruikt' waardoor de uitspoeling en lekken van fosfaat langdurig hoger blijft (Schoumans, 2004; van Grinsven en Bleeker, 2017), maar dit is vrijwel onafhankelijk van het grondgebruik.

Door erosie van de grond kan ook het fosfaat dat aan die grond gebonden is afspoelen naar het oppervlaktewater. Op hellingen is er een groter risico voor erosie en in Limburg zijn dan ook regels die het bewerken van de bodem op hellingen beperken of geheel verbieden (Hessel et al., 2011). Blijvend en tijdelijk grasland voorkomt erosie en daarmee ook de afspoeling van fosfaat doordat de bodem permanent bedekt is (Butler & Haygarth, 2007). Bij het vernieuwen van grasland kunnen verliezen van fosfaat geminimaliseerd worden door bodembewerking tijdens droge periodes uit te voeren, waardoor erosie en afspoeling voorkomen worden (Butler & Haygarth, 2007). Ook op vlak land kan erosie en afspoeling plaatsvinden bij slechte ontwatering of hevige regenbuien. Door gebrek aan infiltratie kan bovendien plasvorming ontstaan waardoor fosfaat kan vrijkomen en afspoelen (G. Noij, persoonlijke communicatie, 23 februari 2023). Op grasland kan water beter infiltreren dan op akkerland (zie ook "waterhuishouding") waardoor plasvorming en afspoeling beperkt is.

Net als voor nitraat geeft een hoger bemestingsniveau ook risico op uit- en afspoeling van fosfaat. Wanneer er bemest wordt en het vlak daarna regent, dan kan het fosfaat in de mest uitspoelen nog voordat het aan de bodem kan hechten (Magid et al., 1999; Bajouco et al., 2020).

2.8.3 Gewasbeschermingsmiddelen

Gewasbeschermingsmiddelen kunnen milieubelastend zijn wanneer ze uitspoelen naar oppervlaktewater en grondwater en daardoor de waterkwaliteit verminderen. Er worden weinig gewasbeschermingsmiddelen op grasland ten opzichte van akkerland gebruikt. Uit een studie van Lageschaar et al., (2020) blijkt dat in de provincie Noord-Brabant de milieubelasting van gewasbeschermingsmiddelen in water van grasland erg klein is ten opzichte van andere teelten. Wanneer naar het middelengebruik per hectare wordt gekeken wordt, blijkt ook dat er een veelvoud van de gewasbeschermingsmiddelen gebruikt wordt bij teelten als aardappelen (56-169 keer meer) en granen (9-13 keer meer) dan bij grasland (zie Tabel 2.6) (BINternet, z.d. c). Een toename in het aandeel grasland ten opzichte van akkerland zou daarom bijdragen aan een vermindering van de hoeveelheid gebruikte gewasbeschermingsmiddelen.

Bij tijdelijk grasland is over het algemeen minder onkruidbeheersing nodig dan op blijvend grasland. Zo is in een 3/3 rotatie van mais-gras vrijwel geen onkruidbestrijding nodig tijdens de graslandfase (Kool et al., 2004). Dit lagere gebruik bij tijdelijk grasland is wel gekoppeld aan de onkruidbestrijding tijdens de akkerlandfase (en daarmee inherent aan het systeem). Daarnaast wordt bij het omzetten van (tijdelijk) grasland in akkerland veelal gebruik gemaakt van glyfosaat (Roundup) om de grasmat weg te krijgen. Gemiddeld is het verschil tussen blijvend en tijdelijk grasland in het middelengebruik daarmee klein.

Tabel 2.6: Gebruikte gewasbeschermingsmiddelen per hectare in 2021 in diverse teelten en grasland. Het gebruik (kg werkzame stof, afgerond op één decimaal) is weergegeven als totaal en per categorie (insecticiden, fungiciden, herbiciden, nematiciden en overig) (BINternet, z.d. c).

Landgebruik	Teelt	Werkzame stof totaal kg/ha	Insecti-ciden	Fungi-ciden	Herbici-den	Nemati-ciden	Overig
Akkerland	Tarwe	2,7		0,6	1,3		0,8
	Gerst	1,9	0,1	0,2	1,6		0,1
	Aardappel						
	-Poot	33,8	0,2	5,7	2,4	0,5	25,0
	-Consumptie	11,3	0,5	5,6	3,1	0,2	2,0
	-Zetmeel	13,1	0,0	8,8	3,0	0,7	0,5
	Snijmais	0,9			0,9		
Grasland	Grasland	0,2			0,2		

2.9 Biodiversiteit

2.9.1 Bovengrondse biodiversiteit

Belangrijke bovengrondse soortgroepen die landbouwgrond als leefomgeving hebben zijn planten, insecten, grote en kleine zoogdieren en vogels. Uit een literatuuranalyse van Schils et al. (2022), blijkt dat blijvend grasland meer bijdraagt aan de instandhouding van bedreigde soorten dan akkerland. Ook is er in grasland een grotere diversiteit aan plantensoorten te vinden dan in akkerland. In akkerland wordt vaak maar één soort gewas geteeld en wordt onkruid verwijderd, terwijl bij grasland er meestal meerdere soorten (wilde of mee-gezaaide) kruiden en grassen voorkomen. Akkerland vaak geeft weinig bovengrondse biomassa dat als voedsel kan dienen voor wilde organismen, omdat dit deel van de plant meestal als voedsel voor de mens geteeld en geoogst wordt. Om deze oogst zeker te stellen wordt in sommige gevallen het akkerlandgewas ook beschermd tegen vraat van bijvoorbeeld insecten, wat ten koste kan gaan van de biodiversiteit (zie ook "gewasbeschermingsmiddelen").

Grasland heeft ook een stabielere leefomgeving dan akkerland, wat ieder jaar minstens een keer bewerkt wordt. Veel organismen zijn voor de voortplanting afhankelijk van een leefomgeving die langjarig hetzelfde is. Bijvoorbeeld voor het maken van nesten en de aanwezigheid van specifieke waardplanten. Gemiddeld heeft in Europa de biodiversiteit van akkerland nog 10% van zijn originele waarde, terwijl de biodiversiteit van graslanden voor landbouwkundig gebruik gemiddeld op 26% van de originele waarde zit (Reidsma et al., 2006).

Van blijvend grasland kan over het algemeen verwacht worden dat het een grotere biodiversiteit waarborgt, dan periodiek gescheurd en vernieuwd jong grasland (Tscharntke en Greiler, 1995). Blijvend grasland levert een grotere bijdrage aan plantenrijkdom, bestuivers en de instandhouding van bedreigde soorten en dus een grotere biodiversiteit (Schils et al., 2022). Deels komt dit omdat blijvend grasland een langjarige stabiele habitat vormt die in principe niet verandert, waardoor populaties zich kunnen vestigen.

Semi-natuurlijk grasland vormt ook een langdurige stabiele habitat en is met verschillende kruiden een goede basis voor meer biodiversiteit. Kruiden en diverse grassen leveren voedsel in de vorm van plantmateriaal voor vele insecten en andere organismen. Bloeiende kruiden leveren nectar en stuifmeel waar bloembezoekende insecten bij gebaat zijn (Ozinga et al., 2018; Stip en van Grunsven, 2018). De aanwezigheid van veel insecten draagt vervolgens weer bij aan de voedselvoorziening van insectenetende boerenlandvogels. Dergelijke laag productieve graslanden kunnen ook een gunstige vegetatiestructuur voor de kuikens van weidevogels bieden (voldoende beschutting, lage gewasdichtheid en grote structuurvariatie), welke de kuikens in staat stelt om de vegetatie te doorwaden en al lopend insecten te vangen (Kentie et al., 2013; Schekkerman & Beintema, 2007; Kleijn et al., 2007; Van 't Veer et al., 2008).

De waardering van het landschap, met name de aanwezigheid van vogels, insecten en andere dieren, hangt sterk samen met de bovengrondse biodiversiteit (Buijs et al., 2019). De aanwezigheid van (bloeiende) kruiden verhoogt de landschappelijke waardering van graslanden (Schils et al., 2022). Grasland heeft daardoor een hogere waarde voor landschapswaardering dan akkerland.

2.9.2 Ondergrondse biodiversiteit

De invloed van landgebruik, en dan met name grasland versus akkerland, op de aantallen en diversiteit van het bodemleven is erg groot. Grasland wordt gekenmerkt door veel minder bodemverstoring dan akkerland en kan daardoor een stabiele habitat bieden voor bodemorganismen. Daarnaast heeft grasland het hele jaar een isolerende strooisel- en vegetatielaag, en een constante aanvoer van gewas- en wortelresten die als voeding dienen voor het bodemleven (Edwards en Bohlen, 1996). Blijvend grasland kan daarom maar liefst 8,5 keer zoveel regenwormen bevatten met een totale biomassa die wel 33 keer zo hoog kan zijn dan in akkerland (van Eekeren et al., 2008). Het aantal wormen in tijdelijk grasland is afhankelijk van de jaren grasland en akkerland. In een gewasrotatie van 3 jaar tijdelijk grasland en 3 jaar akkerland begint het aantal wormen bijna op 0 in het eerste jaar na akkerland en haalt het 3-jarige grasland na 3 jaar nog niet het aantal wormen van blijvend grasland. Extrapolaties laten zien dat het vijf jaar duurt in tijdelijk grasland voordat dit weer op het niveau is van blijvend grasland (Van Eekeren et al., 2008). Dit herstel kan versneld worden door vlinderbloemigen in het grasland die met de stikstofbinding het aantal regenwormen in de bodem stimuleren (Sears, 1950; Gastine et al., 2003; van Eekeren et al., 2009; Crotty et al., 2015).

Waar de bovengrondse biodiversiteit toeneemt in semi-natuurlijke graslanden, is dat onder de grond niet altijd het geval. De aantallen en biomassa van regenwormen in semi-natuurlijk grasland hangen sterk af van de pH en de voedingstoestand. Door verschraling neemt de productie en daarmee de voeding van regenwormen af en daalt de pH. In een vergelijking op veengrond tussen semi-natuurlijk en blijvend grasland op melkveebedrijven bevatte blijvend grasland tweemaal zoveel regenwormen dan semi-natuurlijk grasland vanwege deze twee processen (Deru et al., 2018). Ook de diversiteit was minder per perceel dan bij blijvend grasland (Deru et al., 2018). Door de grotere verschillen in geo-botanische omstandigheden (ondergrond, etc.) van de semi-natuurlijke graslanden onderling is de diversiteit in bodemleven wel groter indien de semi-natuurlijke graslanden als totaliteit worden vergeleken met blijvend grasland (Deru et al., 2018).

Ook de talrijkheid en diversiteit van mijten en springstaarten is het hoogst in blijvend grasland en vermindert sterk als grasland wordt omgezet naar akkerland (Postma-Blaauw et al., 2010; 2012). Meer mijten en springstaarten zijn gemeten onder semi-natuurlijke graslanden op zandgrond in vergelijking met blijvend grasland op melkveebedrijven (Rutgers et al., 2009). Van

Eekeren et al., (2022) vonden in een vergelijkende studie van blijvende graslanden op melkveebedrijven en semi-natuurlijke graslanden geen significant verschil in aantallen mijten en springstaarten maar wel een hogere diversiteit op semi-natuurlijke graslanden.

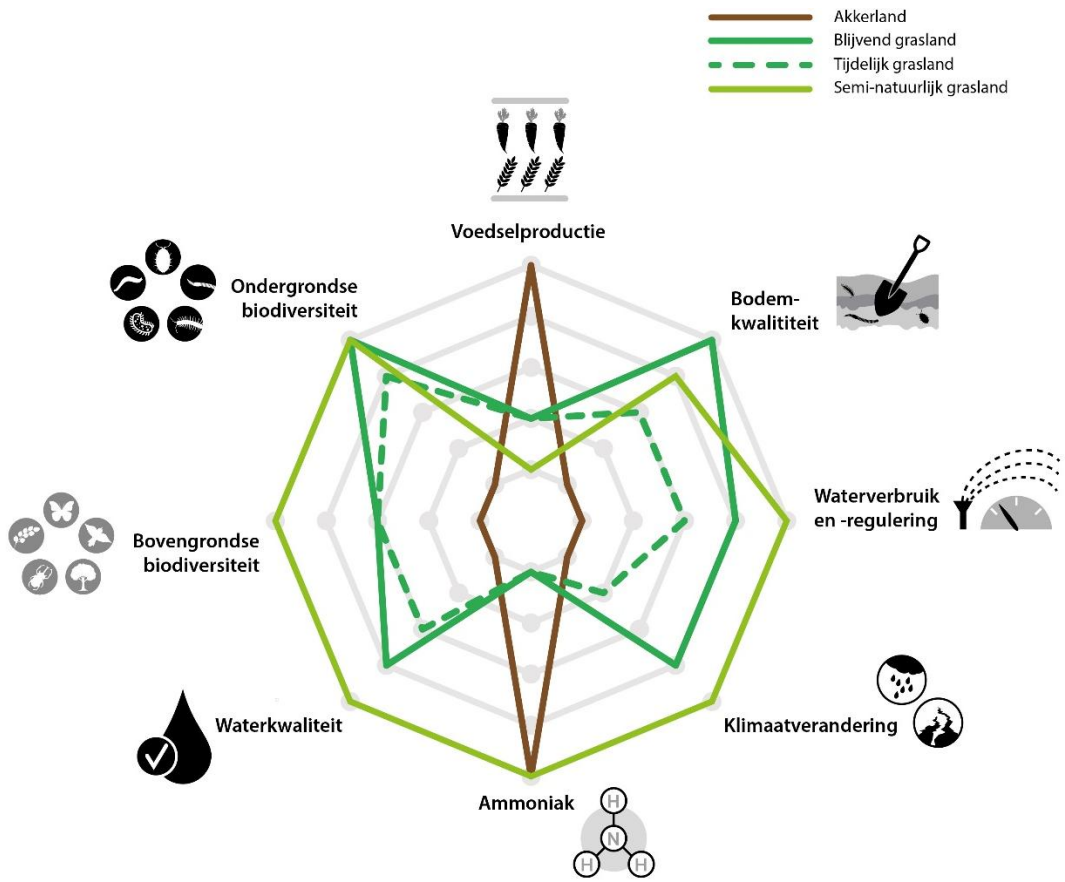
De microbiële biomassa en activiteit is hoger in grasland dan in akkerland en neemt toe met de oplopende leeftijd van blijvend grasland (Plassart et al., 2008; van Eekeren et al., 2008, 2010; Grayston et al., 2004). De microbiële activiteit in blijvend grasland is gemiddeld 3 tot 5 keer hoger dan in permanent akkerland (van Eekeren et al., 2008). Een verminderde microbiële biomassa door eenmalig ploegen ter vernieuwing van blijvend grasland kan, hoewel deze zich herstelt, nog wel vijf of meer jaren meetbaar zijn (Murugan et al., 2013).

Samenvattend heeft semi-natuurlijk en blijvend grasland de hoogste score voor ondergrondse biodiversiteit, vooral door weinig grondbewerkingen. Akkerland heeft de laagste score door de regelmatige grondbewerking en de afwezigheid van een beschermende vegetatie gedurende een deel van het jaar.

2.10 Samenvatting ecosysteemdiensten per type landgebruik

Op basis van voorgaande kan het verschil in ecosysteemdiensten per landgebruikstype, als gemiddelde van het huidig gebruik, als volgt worden weergegeven (Figuur 2.4 en Tabel 2.7). Deze verschillen zijn in voorgaande paragrafen gespecificeerd, maar in het kort samengevat:

- De voedselproductie van één hectare akkerland is hoger dan van één hectare tijdelijk of blijvend grasland, terwijl de voedselproductie van semi-natuurlijk grasland zeer laag is.
- Dankzij zeer lage niveaus van bemesting en permanente vegetatie scoort semi-natuurlijk grasland beter dan akkerland voor de meeste ecosysteemdiensten, behalve voor ammoniakemissies: die zijn op akkerland vergelijkbaar laag zijn met semi-natuurlijk grasland vanwege de gebruikte emissiearme methoden van organische meststoftoepassing.
- Tijdelijk en blijvend grasland hebben een positie tussen akkerland en semi-natuurlijke grasland voor veel ecosysteemdiensten, met uitzondering van ammoniak, waarop zij slecht scoren. Blijvend grasland scoort vergelijkbaar of beter dan semi-natuurlijke grasland op bodemkwaliteit en ondergrondse biodiversiteit, voornamelijk geassocieerd met een hoge en stabiele organische stoftoevoer naar de bodem en weinig bodembewerkingen.



Figuur 2.4: Score van verschillende landgebruiksvormen op verschillende ecosysteem-indicatoren (samenvattend overzicht; score op schaal 1-5, waarbij beste resp. slechtste gebruiksvorm 5 resp. 1 punt scoort, en overige gebruiksvormen relatief ten opzichte van deze uitersten worden gescoord).

Tabel 2.7: Score van verschillende landgebruiksvormen op verschillende ecosysteem-indicatoren (samenvattend overzicht; score ++ tot --, waarbij beste resp. slechtste gebruiksvorm ++ resp. -- scoren, en overige gebruiksvormen relatief ten opzichte van deze uitersten worden gescoord).

	Akkerland	**Blijvend grasland**	**Tijdelijk grasland**	**Semi-natuurlijk grasland**
Productie van voedsel	++	-	-	--
Bodemkwaliteit	--	++	0	+
Waterverbruik en -regulering	--	+	0	++
Klimaatverandering	--	+	-	++
Ammoniak	++	--	--	++
Waterkwaliteit	--	+	0	++
Bovengrondse biodiversiteit	--	0	0	++
Ondergrondse biodiversiteit	--	++	+	++

3 Veranderingen in graslandareaal

3.1 Afbakening en methode

In dit hoofdstuk wordt eerst een inschatting gemaakt van het graslandareaal waarvoor omzetting naar akkerland een reële mogelijkheid is. Deze analyse wordt gemaakt op basis van recente literatuur (o.a. De Koeijer et al., 2022; Vonk et al. 2023; Groenendijk et al., 2023; Oltmer en Daatselaar, 2025) en data aangaande aantallen rundvee (de diercategorieën bestemd voor de melkveehouderij) en arealen cultuurgrond[2], gras, groenvoedergewassen en mais; zowel per landbouwregio als nationaal (deze laatste ook specifiek voor gespecialiseerde melkveebedrijven) voor de periode 2000 tot 2023 (CBS-data).

Vervolgens wordt een inschatting gemaakt van het grasland areaal dat melkveebedrijven in 2023 tekort zouden komen om te voldoen aan de oplopende graslandnorm-varianten (in het traject 0,15 - 0,20 - 0,25 - 0,30 - 0,35 - 0,40 hectare gras per GVE). Onderscheid wordt gemaakt tussen mogelijke uitbreidingen van grasland binnen (door omzetting van akkerland op eigen bedrijf) en buiten het eigen bedrijf (grondverwerving door aankoop en m.n. pacht).
Deze inschatting is gemaakt op basis van RVO-data aangaande aantallen rundvee (de diercategorieën bestemd voor de melkveehouderij incl. vrouwelijk jongvee voor de vleesveehouderij en mannelijk jongvee jonger dan 1 jaar) en arealen landbouwgrond (onderverdeeld in akkerbouw en grasland) op melkveebedrijven, gemiddeld per landbouwregio en graslandnormvariant in 2023 (verkregen via de opdrachtgever). Daarbij is dezelfde definitie van de GVE als in Oltmer en Daatselaar gebruikt (2025; melkkoe = 1 GVE; jongvee 0-1 jaar = 0,23 GVE/dier; jongvee > 1 jaar = 0,53 GVE/dier). Gronden die niet als landbouwgrond met mestplaatsingsruimte zijn aangemerkt (zoals bufferstroken en natuurgrasland), zijn niet meegenomen in RVO-data. Dit heeft met name effect op het areaal grasland (ruim 51.700ha minder op melkveebedrijven dan het CBS vermeld voor 2023, nl. 632.200ha versus 683.900ha[3]). Ook zijn de effecten van recente opkoopregelingen niet opgenomen in deze data.

Het aantal hectares grasland en landbouwgrond wat bedrijven tekort komen om te voldoen aan een oplopende graslandnorm, is berekend uit het gemiddeld aantal hectares per GVE gespecificeerd per klasse voor de 65 landbouwregio's. Vanwege de indeling van de bedrijven per graslandnorm zijn het aantal hectares landbouwgrond (wat bedrijven tekortkomen nadat zij eerst eigen akkerland hebben omgezet tot grasland) en het aantal bedrijven die dit betreft, licht onderschat aangezien de berekeningen vanuit de groepsgemiddeldes zijn gemaakt. Vanwege de mogelijke herkenbaarheid van individuele bedrijven in sommige landbouwregio's / graslandnormklassen worden deze gegevens slechts weergegeven op nationaal niveau (per

[2] Indien in dit rapport sprake is van cultuurgrond refereert dit aan gebruikte CBS-data. Indien sprake is van landbouwgrond dan refereert dit aan gebruikte RVO-data.

[3] Het CBS vermeldt voor 2023 ruim 39.000ha natuurlijk grasland, waarmee de bufferstroken op grasland bijna 13.000ha = 2% van het grasland-areaal kunnen betreffen.

graslandnormklasse) en het niveau van landbouwgroep-regio's (gemiddeld voor alle grasland-norm-klassen in deze LG-regio).

Op basis van de arealen grasland met risico op omzetting naar akkerland (§3.2) en de arealen gras die bedrijven extra nodig hebben om aan een oplopende graslandnorm te voldoen (§3.3) wordt de waarschijnlijke netto-verandering van het landgebruik gegeven (§3.4). Deze netto-verandering van het landgebruik dient als basis voor de inschatting van de kwantitatieve effecten op broeikasgas- en ammoniakemissies (in §4.5).

3.2 Hectares grasland met risico op omzetting

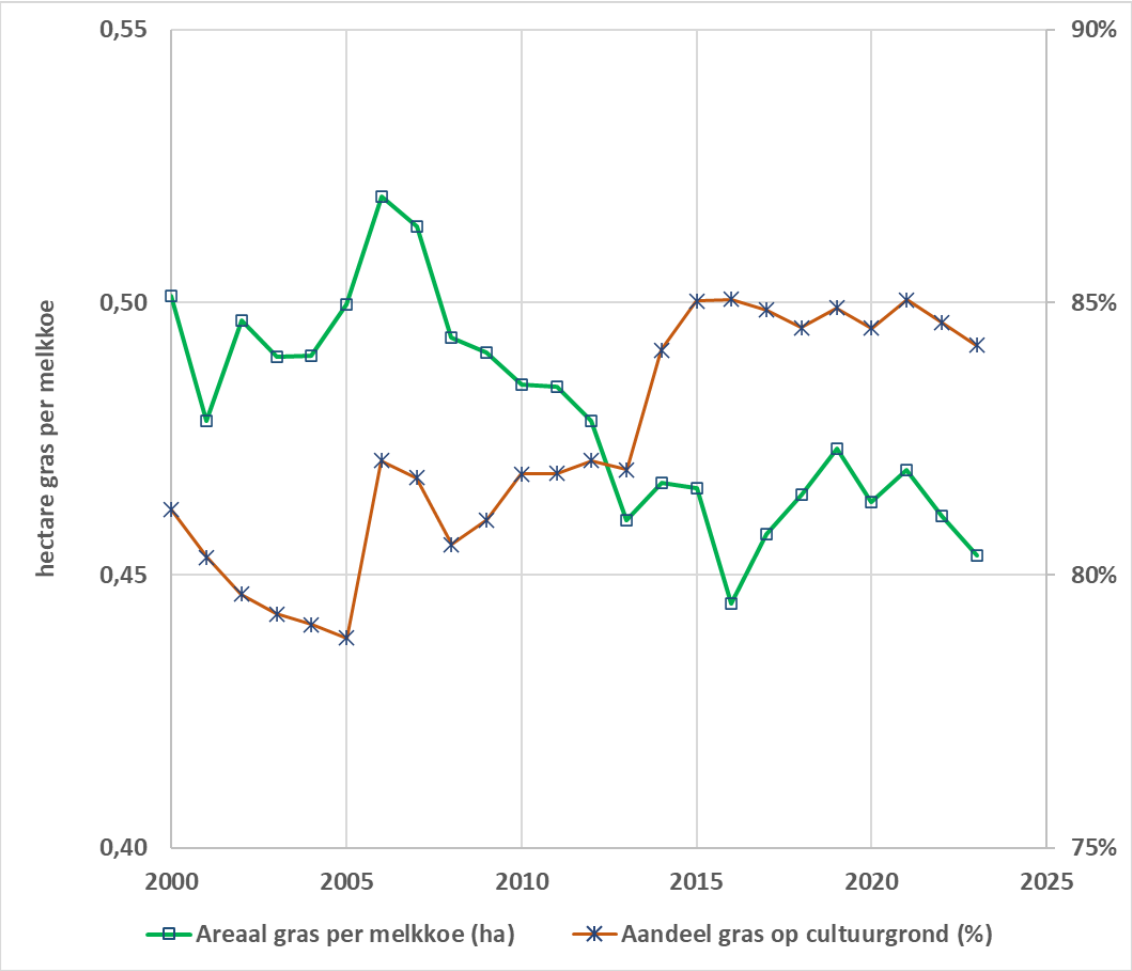
Het areaal grasland in Nederland wat mogelijk wordt omgezet naar akkerland bedraagt 45.000ha (op korte termijn naar vooral snijmais) tot 153.000ha (ook andere gewassen; middellange termijn). Dit komt overeen met circa 2,5% tot 8,5% respectievelijk 4,7% tot 16% van het totaal areaal cultuurgrond respectievelijk grasland in Nederland. Deze inschatting is gebaseerd op recente veranderingen in het grasland-areaal (§ 3.2.1) en het verschil in het aandeel gras op derogatiebedrijven en bedrijven zonder derogatie (§ 3.2.2). De afname van het grasareaal door een afname van de melkveestapel (§3.2.3) wordt verondersteld deel uit te maken van deze twee uitersten.

3.2.1 Veranderingen in grasland-areaal in het verleden

Zoals in figuur 2.1 (§2.2.1) was te zien is het totale graslandareaal in Nederland geleidelijk aan afgenomen, maar als percentage van het totaal areaal cultuurgrond juist licht toegenomen. Indien wordt ingezoomd op de gespecialiseerde melkveebedrijven (figuur 3.1) worden enkele veranderingen scherper zichtbaar. Het areaal grasland per melk- en kalfkoe is in de periode 2000-2023 afgenomen van circa 0,50 naar circa 0,45 hectare. De afname van het totaal areaal grasland is dus aanzienlijk sterker geweest dan de (zeer beperkte) afname van de melkveestapel in deze periode (met een duidelijke toename van het aantal melk- en kalfkoeien tussen 2008 en 2016; verruiming en uiteindelijk afschaffing van het melkquotum).
Rond 2006 en 2014 is het aandeel grasland op melkveebedrijven echter duidelijk gestegen. In 2006 met bijna 4%, in verband met de invoering van de gebruiksnormen voor dierlijke mest en daaraan gekoppeld de verplichting om 70% grasland te hebben indien de melkveebedrijven gebruik wilden maken van de derogatie (meer dierlijke mest per hectare toegestaan). En rond 2014 met bijna 3%, in verband met de verhoging naar 80% gras op het bedrijf als voorwaarde voor deelname aan de derogatie.

Na afschaffing van (de voorwaarden voor deelname aan) de derogatie is het dus mogelijk dat in relatief korte tijd 4-7% van het areaal cultuurgrond op melkveebedrijven wordt omgezet van grasland in akkerland. Uitgaande van 812.000ha cultuurgrond op melkveebedrijven (CBS, 2023) is dit een areaal van 45.000ha (32.000 à 57.000ha). Dit kan gewassen betreffen zoals aardap-

pels, bollen, groenten of bieten (in eigen beheer of via tijdelijk verpachten) omdat deze gewassen een relatief hoog saldo hebben (Hoogeveen et al., 2019; tevens af te leiden van Oltmer & Daatselaar, 2025). Echter, op zeer korte termijn zal het waarschijnlijk vooral een omzetting naar snijmais betreffen aangezien gras en snijmais onderling in hoge mate uitwisselbaar zijn (beide zijn ruwvoeders voor herkauwers) en meer snijmais in het rantsoen een relatief eenvoudige manier is voor veehouders om een laag ruw-eiwit gehalte in het rantsoen en daarmee een lagere N-excretie te realiseren (Veeteelt, 12-2- 2025). Verpachting voor/eigen verbouw van intensieve akkergewassen zal op veel bedrijven niet snel grootschalig worden toegepast vanwege o.a. logistieke knelpunten en marktperspectieven. Beperkte uitzonderingen hierop zijn mogelijk gebieden waar akkerbouw en melkveehouderij reeds gemengd voorkomen (bijvoorbeeld Z-Limburg, Peelgebied en Veenkoloniën, waar naast gras- en maisland ook een aanzienlijk deel akkerbouw plaatsvindt).



Figuur 3.1. Areaal totaal grasland per melkkoe en aandeel gras (als % van cultuurgrond) op melkveebedrijven in Nederland van 2000 tot 2023. Bron: eigen bewerking van CBS data (Statline; www. opendata.cbs.nl).

3.2.2 Verschil in aandeel gras op derogatie- versus niet-derogatiebedrijven

Op langere termijn zijn grotere veranderingen in het graslandareaal mogelijk. Indien het verschil in percentage grasland tussen derogatiebedrijven en niet-derogatiebedrijven als uit-

gangspunt wordt genomen (data 2019; de Koeijer et al., 2022) kan het graslandareaal afnemen van 87 naar 62%. Dit zou een afname betekenen van circa 191.000ha (uitgaande van 766.000ha op bedrijven met derogatie; Groenendijk et al., 2023). Echter, de verdeling van deze (niet-)derogatiebedrijven over de verschillende grondsoorten is niet gelijk en niet alle grondsoorten zijn even geschikt voor andere teelten dan gras. Indien alle veengrond (184.000ha; Groenendijk et al., 2023) wordt uitgesloten van deze hectares (=582.000ha) of het verschil wordt gewogen per landbouwregio (20 i.p.v. 25%), dan kan de mogelijke afname van het grasareaal worden geschat op 145.000 à 153.000ha. Weliswaar zijn er binnen de regio's ook gronden die minder geschikt zijn voor akkerbouw-teelten, maar op langere termijn is deze beperking minder relevant omdat dit deels kan worden opgelost middels herschikking van teelten over de verschillende gronden, m.n. via tijdelijke pacht.

3.2.3 Afname areaal grasland door krimp melkveestapel

Vonk et al. (2023) voorzien een afname van het aantal melk- en kalfkoeien (verreweg de belangrijkste diercategorie voor de benutting van gras) in 2030 met 79.600 (5% t.o.v. 2020). Uitgaande van 0,46ha gras per melk- en kalfkoe (zie §3.2.1) betekent dit een afname van 36.600ha gras in Nederland. Tegelijkertijd wordt een afname voorzien van 28.000ha grasland als gevolg van de afname van cultuurgrond bij een procentueel gelijke afname voor alle gewassen (3,1%).

Mede door de afbouw van de derogatie zal er in de komende jaren een extra afname van de melkveestapel zijn, maar vooralsnog is onduidelijk hoe groot deze afname zal zijn. Groenendijk et al. (2023) geven in het scenario "afbouw derogatie" een afname van 240.000 runderen, wat bij een ongewijzigde verhouding van melk- en kalfkoeien versus overig rundvee gelijk zou staan aan 98.400 melk- en kalfkoeien. Aangezien de voorziene afname van melk- en kalfkoeien groter is dan die van overig rundvee (Vonk et al., 2023) en ook opkoopregelingen in het kader van het ammoniakbeleid een effect zullen hebben, is de waarschijnlijke afname meer dan 50.000ha gras; 22.000ha meer dan de voorziene autonome afname (waarvoor geen netto-omzetting van grasland voorzien wordt), maar lager dan de inschatting in §3.2.1.

3.3 Hectares grasland extra of beschermd door graslandnorm

Het gemiddeld areaal grasland per grootvee-eenheid (GVE) op melkveebedrijven is 0,35ha (zie tabel 3.1). Dit is echter niet evenredig verdeeld. Zo zijn er, gemiddeld per landbouwregio/intensiteitsklasse, 468 bedrijven, 3,5% van de melkveebedrijven met 5,5% van het totaal aantal GVE's, met gemiddeld slechts 0,1ha grasland, naast 0,13ha overige landbouwgrond per GVE. In een aantal landbouwregio/intensiteitsklasses met gemiddeld zelfs minder dan 0,15ha landbouwgrond per GVE zijn 39 bedrijven vertegenwoordigd, verspreid over heel Nederland; een aantal ervan is (vrijwel) grondloos.

Vanuit Tabel 3.1 is het aandeel bedrijven af te leiden dat maatregelen moeten nemen bij een oplopende graslandnorm. Dit loopt op van 3,5% bij een norm van 0,15ha gras per GVE tot 59%

bij 0,4ha gras[4]. In totaal hebben 7800 bedrijven minder dan 0,4ha grasland per GVE, met 69% van het totaal aantal GVE's.

Indien een bedrijf niet voldoet aan de gestelde graslandnorm, zijn er drie maatregelen om de norm te halen:

- akkerland op eigen bedrijf omzetten naar grasland
- (landbouwgrond voor) grasland pachten
- Inkrimpen van de veestapel op eigen bedrijf

In een QuickScan is het tekort aan grasland berekend voor melkveebedrijven, gemiddeld per regio/klasse, op basis van het landgebruik en aantal GVE's in 2023, evenals het tekort aan landbouwgrond *indien de bedrijven alle akkerland omzetten naar grasland*. Dit tekort aan landbouwgrond, wat bij gepacht dient te worden om te voldoen aan de gestelde norm, is gelijk aan de benodigde krimp van de veestapel indien het areaal landbouwgrond niet wordt uitgebreid; deze krimp wordt dus niet apart wordt benoemd.

Tabel 3.1: Aantal melkveebedrijven, areaal, aantal grootvee-eenheden en gemiddelde hoeveelheid grasland en landbouwgrond per graslandnorm-klasse op de Nederlandse melkveebedrijven.

Graslandnorm klasse (ha gras per GVE)	Aantal bedrijven	% van totaal aantal	Landbouwgrond (ha)	Grasland (ha)	Aantal GVE	Gras per GVE (ha)	Landbouwgrond per GVE (ha)
0 t/m 0,15	468	3,5%	22.896	9.395	98.161	0,10	0,23
0,15001 t/m 0,2	441	3,3%	21.977	14.791	83.871	0,18	0,26
0,20001t/m 0,25	777	5,9%	42.515	30.688	135.438	0,23	0,31
0,25001 t/m 0,3	1.368	10,3%	79.574	63.634	229.197	0,28	0,35
0,30001t/m 0,35	2.229	16,9%	135.957	112.226	344.244	0,33	0,39
0,35001 t/m 0,4	2.517	19,0%	150.004	127.740	340.760	0,37	0,44
> 0,4	5.421	41,0%	303.080	273.766	558.582	0,49	0,54
Totaal	13.221		756.003	632.240	1.790.253	0,35	0,42

In tabel 3.2 is het aantal hectares weergegeven die bedrijven tekort komen om aan de betreffende graslandnorm te voldoen. Dit tekort loopt op van circa 5300ha bij een graslandnorm van 0,15ha per GVE tot 134.000ha bij een norm van 0,4ha per GVE. Indien bedrijven alle overige akkerland op eigen bedrijf omzetten naar grasland, resteert er een tekort van 3700ha op 489 bedrijven bij een norm van 0,25ha per GVE tot bijna 56.000ha op 4573 bedrijven bij een norm van 0,4ha per GVE. Beneden de 0,25ha per GVE is er gemiddeld per graslandnormklasse in de 65 landbouwregio's geen tekort aan landbouwgrond. Dit betreft een lichte onderschatting van

[4] Het percentage bedrijven wat maatregelen moet nemen ligt iets hoger (1 tot 8 procentpunt) dan door Olmer en Daatselaar (2025) werd ingeschat. Dit is een gevolg van de selectie van steekproefbedrijven voor het BedrijveninformatieNet die zij hebben moeten gebruiken. Deze steekproef is gestratificeerd naar omvang en bedrijfstype en niet expliciet gericht op een goede vertegenwoordiging van bedrijven per graslandnorm-klasse.

m.n. het aantal hectares landbouwgrond, aangezien er binnen elke analysegroep (graslandnormklasse per landbouwregio) ook bedrijven zijn die aanzienlijk minder landbouwgrond per GVE hebben dan gemiddeld; m.n. in de klasse 0 - 0,15ha grasland per GVE doet zich dit voor vanwege de kleine groep bedrijven die zeer weinig grond heeft.

Deze tekorten zijn ongelijk verdeeld over Nederland (tabel 3.3). Verspreid over heel Nederland komen bedrijven voor met te weinig grasland om te voldoen aan een oplopende graslandnorm, maar veruit de grootste tekorten doen zich voor in het Zuidelijk en Oostelijk Veehouderijgebied. Met name in het Zuidelijk Veehouderijgebied, waar slechts 12% van het totaal aantal GVE's wordt gehouden, bevindt zich een groot deel van de tekorten. Het aandeel van het Zuidelijk Veehouderijgebied in het landelijk tekort varieert van 71% (bij een norm van 0,15ha per GVE) tot 32% (bij een norm van 0,4ha per GVE). Ook indien bedrijven al hun overige akkerland omzetten naar grasland resteert daar 1.900 tot ruim 22.000ha landbouwgrond tekort (bij een norm van 0,25 resp. 0,4ha per GVE), 51% tot 40% van het totaal tekort aan landbouwgrond op melkveebedrijven.
Bij hogere normen treden de tekorten in het Oostelijk Veehouderijgebied, met 22% van het totaal aantal GVE's, meer op de voorgrond. Het aandeel van het Oostelijk Veehouderijgebied in het landelijk tekort loopt op van 4% bij 0,15ha per GVE naar 22% bij 0,4ha per GVE, en van 9 naar 21% van het tekort aan landbouwgrond op melkveebedrijven.

Tabel 3.2: Aantal hectares grasland en landbouwgrond (indien alle eigen landbouwgrond eerst is omgezet naar grasland) welke melkveebedrijven, gemiddeld per intensiteitsklasse, tekort komen om aan een (oplopende) graslandnorm te voldoen. Tevens het aantal bedrijven welke landbouwgrond tekort komen om aan de betreffende graslandnorm te voldoen ook nadat alle akkerland op het bedrijf is omgezet naar grasland 1).

Graslandnorm klasse (hectare gras per GVE)	Tekort grasland om te voldoen aan …ha gras per GVE						Tekort landbouwgrond om te voldoen aan …ha gras per GVE						Aantal bedrijven met >1% landbouwgrond tekort					
	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
0 t/m 0,15	5329	10237	15145	20053	24961	29869			2708	6875	11535	16354			348	421	448	458
0,15001 t/m 0,2		1983	6177	10370	14564	18757			926	3784	7540	11628			131	358	425	432
0,20001t/m 0,25			3162	9920	16679	23437				954	5811	11897				298	666	749
0,25001 t/m 0,3				5125	16585	28045					2425	12418					755	1304
0,30001t/m 0,35					8259	25471						3456						1609
0,35001 t/m 0,4						8564												
> 0,4																		
Totaal 2)	5.270	12.220	24.493	45.492	81.085	134.195	0	0	3.710	11.689	27.453	55.933	0	0	489	1.081	2.302	4.573

1) Het aantal hectares grasland en landbouwgrond wat bedrijven tekort hebben om te voldoen aan een oplopende graslandnorm, is berekend uit het gemiddeld aantal hectares per GVE gespecificeerd per klasse voor de 65 landbouwregio's. Vanwege de indeling van de bedrijven per graslandnorm zijn het aantal hectares landbouwgrond, wat bedrijven tekort komen nadat zij eerst eigen akkerland hebben omgezet tot grasland, en het aantal bedrijven die dit betreft enigszins onderschat, aangezien berekeningen vanuit de groepsgemiddeldes zijn gemaakt.

2) Totalen wijken af van de som per klasse, o.a. doordat **kleine tekorten die betrekking hebben op een of enkele bedrijven niet zijn weergegeven**.

Tabel 3.3: Gemiddeld areaal grasland en landbouwgrond op melkveebedrijven in 2023 en het tekort aan grasland en landbouwgrond (na omzetting van akkerland naar grasland op eigen bedrijf) per landbouwgroep-regio 1).

	Ha gras-land per GVE	**Ha land-bouw-grond per GVE**	**Tekort grasland om te voldoen aan …ha gras per GVE**						**Tekort landbouwgrond om te voldoen aan …ha gras per GVE**					
			0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
Bouwhoek en Hogeland	0,40	0,45	30	95	268	604	1456	3239			145	249	456	1354
Veenkoloniën en Oldambt	0,33	0,44	183	413	971	2287	4708	8145				79	336	1398
Noordelijk Weidegebied	0,40	0,45	204	458	949	2624	7656	18028			338	814	2228	6102
Oostelijk Veehouderijgebied	0,34	0,42	219	729	2333	6614	15529	29235			350	1473	4965	11951
Centraal Veehouderijgebied	0,39	0,45	30	86	264	623	1423	2749			122	244	563	1159
IJsselmeerpolders	0,28	0,37	213	579	1397	2636	4318	6222			320	855	1710	3096
Westelijk Holland	0,43	0,47	41	95	222	447	1153	2598			146	291	533	1286
Waterland en Droogmakerijen	0,46	0,49		30	50	133	327	766			48	67	196	404
Hollands/Utrechts Weidegebied	0,40	0,44	37	73	171	618	1965	4810			113	214	801	2283
Rivierengebied	0,37	0,44	65	236	529	1167	2408	4486			142	314	760	1672
Zuidwestelijk Akkerbouwgebied	0,28	0,41	322	776	1533	2677	4214	6163			51	417	1031	1944
Zuidwest-Brabant	0,28	0,39	131	300	634	1231	2066	3056				48	282	882
Zuidelijk Veehouderijgebied	0,21	0,31	3749	8207	14813	23109	32646	42887			1905	6601	13544	22205
Zuid-Limburg	0,29	0,45	32	144	348	698	1179	1758						145

1) Het aantal hectares grasland en landbouwgrond wat bedrijven tekort hebben om te voldoen aan een oplopende graslandnorm, is berekend uit het gemiddeld aantal hectares per GVE gespecificeerd per klasse voor de 65 landbouwregio's. Vanwege de indeling van de bedrijven per graslandnorm zijn het aantal hectares landbouwgrond, wat bedrijven tekort komen nadat zij eerst eigen akkerland hebben omgezet tot grasland, en het aantal bedrijven die dit betreft enigszins onderschat, aangezien berekeningen vanuit de groepsgemiddeldes zijn gemaakt. **Kleine tekorten die betrekking hebben op een of enkele bedrijven zijn niet weergegeven**.

3.4 Samenvatting: netto verandering graslandareaal in Nederland bij een oplopende graslandnorm

In Tabel 3.4 is een vergelijking gemaakt tussen de hectares grasland welke mogelijk omgezet gaan worden tot akkerland na afschaffing van de voorwaarden voor derogatie (§3.2) en het aantal hectares grasland wat bedrijven (in de huidige situatie bij een gelijkblijvende omvang van de veestapel) extra nodig hebben om te voldoen aan een oplopende graslandnorm (§3.3). Daarbij wordt er vooralsnog vanuit gegaan dat dit extra areaal ook beschikbaar is voor de bedrijven (zie verder §5.2.2 voor discussie daarover).

Uit de vergelijking komt naar voren dat bij een graslandnorm van 0,25ha gras per GVE nog steeds netto ruim 20.000ha grasland overblijft dat op korte termijn kan worden omgezet naar maisland. Op langere termijn zou 128.500ha kunnen worden omgezet naar mais- en ander akkerland. Bij een norm van 0,35ha gras per GVE komt er op korte termijn waarschijnlijk 36.000ha grasland bij, maar dit is in hoge mate afhankelijk van de reactie van melkveebedrijven die wel voldoen aan deze graslandnorm: 72.000ha grasland zou mogelijk nog steeds kunnen worden omgezet naar mais-/akkerland.

Het aandeel van de netto verandering in graslandareaal op zandgrond die gevoelig is voor nitraatuitspoeling, wordt conservatief ingeschat op 70%: circa 70% van het maisareaal in Nederland bevindt zich op uitspoelingsgevoelige zandgrond (CDM, 2020; Groenendijk et al., 2023) en naar schatting 69-80% van het beschermde of extra graslandareaal (afgaande op de verdeling in de verschillende landbouwregio's in deze studie).

Tabel 3.4: Verandering van graslandareaal bij een oplopende graslandnorm.

		0	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
Grasland met risico op omzetting	Korte termijn (A) [1]	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
	Lange termijn (B) [2]	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
Grasland beschermd of extra (C) [3]		0	5.270	12.220	24.493	45.492	81.085	134.195
Netto verandering grasland	Korte termijn (C-A)	-45.000	-39.730	-32.780	-20.507	492	36.085	89.195
	w.v in uitspoelingsgevoelige zandgrond	-31.500	-27.811	-22.946	-14.355	344	25.260	62.437
	Lange termijn (C-B)	-153.000	-147.730	-140.780	-128.507	-107.508	-71.915	-18.805

1) Aantal hectares grasland met risico op omzetting op korte termijn is gebaseerd op recente veranderingen in grondgebruik (§3.2.1).

2) Aantal hectares grasland met risico op omzetting op lange termijn is gebaseerd op verschil in grondgebruik tussen derogatie en niet-derogatie bedrijven (§3.2.2).

3) Aantal hectares beschermd of extra is gebaseerd op berekening van het areaal grasland wat melkveebedrijven in 2023 tekort kwamen om aan betreffende graslandnorm te voldoen (§3.3).

4 Verandering van gemiddeld grasland naar maisland en *vice versa*: broeikasgassen, ammoniak en nitraat nader gekwantificeerd.

4.1 Afbakening en methode

In hoofdstuk 2 zijn de effecten op verschillende ecosysteemdiensten van drie verschillende types grasland en akkerland kwalitatief vergeleken. In dit hoofdstuk worden de gevolgen van een verandering van landgebruik voor de verwachte emissies van broeikasgassen en ammoniak en de uitspoeling van nitraat nader gekwantificeerd, eerst op hectare-niveau en vervolgens op nationaal niveau.

Uitgangspunten bij veranderingen van landgebruik als gevolg van de graslandnorm:

- Veranderingen betreffen op korte termijn hoofdzakelijk grasland en maisland (zie §3.2.1) en hoofdzakelijk zand- en kleigronden, omdat veengronden minder geschikt zijn voor maisteelt.
- Veranderingen zullen hoofdzakelijk 'hectares op afstand' betreffen, waar geen weidegang zal plaatsvinden. Dit beïnvloedt de lachgas- en ammoniakemissies (anders dan in §2.6.2 resp. §2.7). Anders gezegd: de totale hoeveelheid weidegang zal nauwelijks veranderen als gevolg van de veranderingen in landgebruik.
- Op deze hectares wordt alleen kunst- en drijfmest gebruikt (geen weidemest zoals bij een gemiddelde hectare grasland in hoofdstuk 2). De dierlijke mestgift (in kg N per ha) wordt verondersteld vrijwel gelijk te zijn aan de maximaal toegestane hoeveelheid, vanwege de druk op de mestmarkt, zeker op bedrijven en in regio's waar de graslandnorm aanzienlijk effect kan hebben.
- Het kunstmestgebruik van grasland wordt ingeschat als ongewijzigd ten opzichte van het huidige niveau (120kg per hectare; zie §2.7). Het kunstmestgebruik op maisland wordt ingeschat op 36kg N per hectare, zijnde de maximaal toegestane gift binnen de N-gebruiksnorm. Dergelijke giften zijn vergelijkbaar met de schattingen zoals gemaakt door Groenendijk et al. (2023).

Qua rekenmethode wordt zoveel mogelijk aangesloten bij eerdere analyses van verwachte veranderingen in emissies (zoals Groenendijk et al., 2023), waarin deze veranderingen in landgebruik niet zijn meegenomen, zodat de resultaten van de berekeningen in dit rapport ook vergeleken kunnen worden met de resultaten van deze analyses.

4.2 Broeikasgasemissies

Omzetten van gras naar akkerland (gevolgen afbouw derogatie of een minder strenge graslandnorm) heeft een ander effect op de broeikasgasemissies dan het omzetten van akkerland naar gras (gevolgen van een relatief strenge graslandnorm).

- De netto-afbraak van organische stof bij het omzetten van gras- naar akkerland gaat sneller dan de netto-opbouw van organische stof bij het omzetten van akker- naar grasland;

- Bij de afbraak van organische stof komt ook stikstof vrij wat deels wordt omgezet naar lachgas. Bij de opbouw van organische stof vindt wel vastlegging van stikstof maar geen 'vastlegging' van lachgas. De omzetting van akker- naar grasland heeft daarom geen extra effect op de lachgasemissie; er wordt verondersteld dat deze lachgasemissie ongewijzigd is in de transitieperiode en daarna.

Hoewel het in N-W Europa veelal 40 tot >100jaar duurt voordat een nieuwe evenwichtssituatie wordt bereikt na een ingrijpende verandering van agrarisch landgebruik, zoals bij de omzetting van gras- naar akkerland en *vice versa* (zie §2.6.1), is de totale verwachtte verandering van broeikasgasemissies in deze verkenning volgens IPCC-protocol teruggerekend naar 20jaar (Arets et al., 2023). Hierdoor wordt het bovengenoemde verschil in afbraak en opbouw van organische stof minder pregnant.

Andere aangehouden uitgangspunten bij de berekening van broeikasgasemissies vanuit gras- versus akkerland zijn:

- Er wordt verondersteld dat er in de evenwichtssituatie geen verschil is tussen gras- en akkerland aangaande de jaarlijkse netto C-vastlegging. De gemiddeld hogere vastlegging (circa 0,45 ton C per hectare) door grasland zoals gerapporteerd in Arets (et al., 2023) is grotendeels toe te rekenen aan een hogere dierlijke mestgift op grasland. Dit is niet van toepassing is voor de hier benoemde toekomstige veranderingen in landgebruik omdat er wordt verondersteld dat er op betreffend gras- en akkerland vrijwel evenveel drijfmest zal worden gebruikt (beide circa 170kg N per ha).
- De verandering van C-voorraad wordt ingeschat op +28ton C per hectare, zijnde het gemiddelde verschil tussen gras- en akkerland in Nederland (Lesschen et al., 2012; Arets et al, 2023). Dit gemiddelde is aangenomen omdat niet exact bekend is op welke grondsoort de verandering van landgebruik zal optreden. 28ton C staat gelijk aan circa 103ton CO_2-eq totaal.
- De lachgasemissies ten gevolge van de verandering van landgebruik worden berekend vanuit het verschil in C-voorraad, een emissiefactor van 0,01 kg N_2O-N per kg N input (Arets et al. 2023) en een C/N verhouding van 20 [5], hetgeen resulteert in 14kg N_2O-N of 6ton CO_2-eq per hectare.
- Afgezien van de transitieperiode is het verschil in lachgasemissie tussen gras- en akkerland beperkt: door het meer gelijke bemestingsniveau na afbouw van de derogatie en de verwachte minimale beweiding op het grasland (zie §4.1) en een hogere emissie-factor van ondergewerkte dierlijke mest op akkerland (van Dijk et al., 2023) is de lachgas-emissie van grasland nog slechts 0,48kg N2O -N of 0,2 ton CO2-eq per hectare hoger dan van mais-land.

[5] De aangehouden C/N verhouding van 20 is een ruw gemiddelde van verschillende grondsoorten, waarvan de C/N verhouding uiteen loopt van 15 tot 25,6 (Arets et al, 2023).

De verandering van broeikasgasemissies kan daarmee worden ingeschat op:

- +5,24 ton CO_2-eq per hectare per jaar bij een netto verandering van grasland naar maisland: er is een verlies van 109 ton CO_2-eq totaal per hectare (103 ton uit de verandering in C-voorraad en 6 ton uit bijkomende lachgasemissie) minus 0,2 ton CO_2-eq per hectare per jaar (uit lachgasemissie bij het gebruik als akkerland in plaats van grasland). Gedurende de 20 jaar waarin de transitie wordt gerapporteerd is de extra emissie dus (109/20-0,21=) 5,24 ton CO_2-eq per jaar. In latere jaren blijft alleen een lagere emissie van 0,21 ton CO_2-eq per hectare per jaar over.
- -4,94 ton CO_2-eq per hectare per jaar bij een netto verandering van mais-naar grasland: er is een vastlegging van 103 ton CO_2-eq totaal (uit de verandering in C-voorraad) maar een gelijktijdige verhoging met 0,21 ton CO_2-eq per hectare per jaar (uit lachgasemissie bij het gebruik als grasland in plaats van maisland). Gedurende de 20 jaar waarin de transitie wordt gerapporteerd is dit dus (103/20+0,21=) 4,94 ton CO_2-eq per jaar. Na de transitieperiode blijft alleen de hogere emissie van 0,21 ton CO_2-eq per hectare per jaar over.

De totale emissie van broeikasgassen door de verandering van gras- naar maisland (20maal de jaarlijkse emissie =105 ton CO_2-eq) is aanzienlijk lager dan Vellinga (2004) berekende, nl. 250 ton CO2-equivalenten per hectare bij omzetting van blijvend gras naar maisland. Dit wordt vooral veroorzaakt door een lager geschat C-verlies (circa 23 ton C minder), een lagere N_2O-emissiefactor (0,01 i.p.v. 0,0375 kg N_2O -N per kg N) en een lagere omrekeningsfactor van N_2O naar CO_2-equivalenten (273 i.p.v. 310).

Tabel 4.1: Berekende lachgas-emissie van gras- en akkerland welke mogelijk omgezet kunnen worden.

	Drijfmest		**Kunstmest**		**Indirecte emissies**		**Totale emissies**
	Bemesting (kg N / ha)	Emissie kg N2O-N/ ha	Bemesting (kg N / ha)	Emissie kg N2O-N/ ha	Totaal bemesting (kg N/ ha)	Kg N2O-N / ha	Kg N2O-N / ha
Grasland	170	0,51 [1)]	120	0,96 [2)]	290	5,08 [3)]	6,55
Maisland	170	2,21 [4)]	36	0,25 [5)]	206	3,61 [3)]	6,07

Aannames karakteristieken landgebruik wat omgezet kan worden zie §4.1, en emissies gebaseerd op van Dijk et al. (2023): 1) emissiefactor drijfmest op grasland 0,003 kg N_2O-N per kg N uit mest; 2) EF grasland 0,008 kg N_2O-N per kg N uit kunstmest; 3) EF gras- en maisland 0,0175 kg N_2O-N per kg N-input; 4) EF maisland 0,013 kg N_2O-N per kg N uit drijfmest; 5) EF maisland 0,007 kg N_2O-N per kg N uit kunstmest.

4.3 Ammoniakemissie

Bij ammoniak wordt geen onderscheid gemaakt tussen de transitieperiode en daarna, omdat er geen extra of vermindering van de ammoniakemissie wordt voorzien door de omzetting van het landgebruik (waarbij 1,4 ton N vrijkomt of wordt vastgelegd; zie §4,2).

Uitgangspunten die worden aangehouden voor de berekening van ammoniakemissie vanuit gras- versus akkerland zijn (aanvullend op genoemde in §4.1):

- Het TAN-gehalte is gemiddeld 58%. De emissiefactor van de gebruikte toedieningstechnieken van drijfmest is gemiddeld 17% en 2% op respectievelijk grasland en maisland. Op maisland, in tegenstelling tot gemiddeld akkerland (§2.7), worden namelijk veelal geen andere mesttoedieningsmethodes dan mestinjectie gebruikt. Voor kunstmest (KAS-N) wordt gerekend met een emissiefactor van 2,5% ongeacht het landgebruik (van Bruggen et al., 2023).

De verandering van ammoniakverliezen als gevolg van de omzetting van gras- naar maisland of *vice versa* kan daarmee worden ingeschat op 16,9 kg NH_3-N oftewel 20,5 kg ammoniak per hectare per jaar (Tabel 4.2).

Tabel 4.2: Berekende ammoniakemissie van gras- en akkerland welke mogelijk omgezet kunnen worden.

	Drijfmest			**Kunstmest**		**Totale emissies**
	Bemesting (kg N / ha)	TAN (kg / ha)	Emissies kg N / ha	Bemesting (kg N / ha)	Emissies kg N / ha	Kg N / ha
Grasland	170	99	16,8	120	3,0	19,8
Akkerland	170	99	2,0	36	0,9	2,9

Aannames karakteristieken landgebruik wat omgezet kan worden zie §4.1, en emissies gebaseerd op van (van Bruggen et al., 2023).

4.4 Nitraatuitspoeling

Uit- en afspoeling naar oppervlaktewater is slechts beperkt afhankelijk van het landgebruik (tenzij dit tot gevolg heeft dat bijv. de drainage sterk wordt verbeterd), maar hiervoor zijn in dit kader geen goede inschattingen te maken. Daarom wordt alleen het effect op de nitraatconcentratie in het uitspoelende bodemvocht/grondwater gegeven als indicator voor de nitraatuitspoeling.

Het berekende verschil in nitraatconcentratie in de zandregio's (Noord, Midden en Zuid) tussen grasland en maisland was 17, 44 en 41mg/l per hectare in 2020 (het referentiejaar voor de berekeningen), oftewel 40mg/l per hectare hoger voor maisland dan voor grasland als gewogen gemiddelde voor deze zandregio's (Groenendijk et al., 2023). Dit zijn de regio's waar ook in de toekomst de grootste kans is op overschrijding van de nitraatnorm voor het grondwater, zelfs indien er door strengere handhaving geen overbemesting meer plaats vindt, zoals zij veronderstellen.

Het gemiddelde gebiedseffect is ingeschat op basis van dit verschil in nitraatuitspoeling van gras- en maisland en het te verwachten areaal waarop het landgebruik kan veranderen (§3.4) t.o.v. een totaal landgebruik van 789.960ha in 2030 in deze uitspoelingsgevoelige zandgebieden (96% van het areaal in 2020; Groenendijk et al., 2023).

Het berekende verschil (40mg/l) tussen gras- en maisland is aanzienlijk lager dan eerder ingeschat op basis van bedrijfsmetingen (namelijk 94mg/l voor maisland en 26mg/l voor grasland, wat een verschil van 68mg/l is; CDM, 2020). Mogelijk komt dit door een onderschatting van de (kortstondige) piek in beschikbare stikstof na het scheuren van grasland. Echter, de nitraatconcentraties (gecorrigeerd voor weersinvloeden) dalen al jaren en de stikstofgebruiksruimte per hectare na het scheuren van grasland is inmiddels beperkt. Hierdoor is de onderschatting waarschijnlijk beperkt.

4.5 Samenvatting: kwantitatieve effecten op nationaal niveau

In tabel 4.3 zijn de verwachte effecten per jaar van een oplopende grasland norm gegeven, door de verwachte netto verandering in graslandareaal op korte termijn bij een gelijkblijvende omvang van de veestapel (§3.4) te vermenigvuldigen met de verwachte effecten per hectare voor de eerste 20 jaren (§4.2 -§4.4). Deze absolute veranderingen worden ook vergeleken met de referentieramingen (het scenario 'afbouw derogatie') voor deze onderdelen in 2030, zoals gemaakt door Groenendijk et al. (2023 en 2024).

Zonder graslandnorm (maar met het vervallen van de derogatie inclusief de voorwaarden daarvoor) wordt verwacht dat het graslandareaal op korte termijn daalt met 45.000ha (2,5% van het areaal cultuurgrond), waarvan 31.500ha op nitraatuitspoelingsgevoelige zandgrond, waardoor de ammoniakemissie met 842 ton per jaar daalt (=1% van de referentieraming), de broeikasgasemissie met 266 kton CO2-eq stijgt (=1,7% van de referentieraming) en de nitraatuitspoeling gemiddeld in de gevoelige regio met 1,6mg/l per hectare stijgt (=3,9% van de referentieraming).

Bij een graslandnorm van 0,4ha per GVE stijgt het graslandareaal met ruim 89.000ha (4,9% van het areaal cultuurgrond), waarvan circa 62.500ha op nitraatuitspoelingsgevoelige zandgrond, waardoor de ammoniakemissie met 1.670 ton per jaar stijgt (=2% van de referentieraming), de broeikasgasemissie met 419 kton CO2-eq daalt (=2,6% van de referentieraming) en de nitraatuitspoeling gemiddeld in de gevoelige regio met 3,2mg/l per hectare daalt (=7,7% van de referentieraming). Bij een graslandnorm van 0,3ha per GVE zal het areaal grasland in 2030 vrijwel niet veranderen t.o.v. de eerdere verwachtingen, waarmee ook de effecten op nitraatuitspoeling, ammoniak- en broeikasgasemissies nihil zijn.

Tabel 4.3: De berekende effecten per jaar van een oplopende graslandnorm op het areaal grasland (zie §3.4), ammoniakemissies (§4.3), broeikasgasemissies (§4.2; in de eerste 20jaar na een verandering in landgebruik) en nitraatuitspoeling (§4.4); absoluut en als % van de referentieraming voor de gehele landbouw (het scenario 'afbouw derogatie' in 2030; Groenendijk et al., 2023 en 2024).

Graslandnorm (ha gras per GVE)		0	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	Referentie
Netto grasareaal (ha)	Totale verandering	-45.000	-39.730	-32.780	-20.507	492	36.085	89.195	
	w.v. in nitraatgevoelig zandgebied	-31.500	-27.811	-22.946	-14.355	344	25.260	62.437	
NH_3	effect per ha (kg NH_3)	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	
	totaal (ton NH_3)	-923	-814	-672	-420	10	740	1.828	81.800
	% t.o.v. referentieraming	-1,1%	-1,0%	-0,8%	-0,5%	0,0%	0,9%	2,2%	
Broeikasgasemissie	effect per ha (ton CO_2-eq)	5,2	5,2	5,2	5,2	-4,9	-4,9	-4,9	
	totaal (kton CO_2-eq)	236	208	172	107	-2	-178	-441	15.990
	% t.o.v. referentieraming	1,5%	1,3%	1,1%	0,7%	0,0%	-1,1%	-2,8%	
Nitraatuitspoeling	Nitraat (verschil mg NO_3/l per ha; gras min mais)	-40,0	-40,0	-40,0	-40,0	-40,0	-40,0	-40,0	
	Verandering in uitspoelingsgevoelig zandgebied (mg/l per ha) [1)]	1,6	1,4	1,2	0,7	0,0	-1,3	-3,2	41,0
	% t.o.v. referentieraming	3,9%	3,4%	2,8%	1,8%	0,0%	-3,1%	-7,7%	

1) De gemiddelde verandering van nitraatuitspoeling is als volgt berekent (zie §4.4): bij een netto areaalverandering van -31.500ha grasland in uitspoelingsgevoelige zandgrondgebieden (totaal 789.960ha) en een verschil van 40mg nitraat per liter per hectare tussen gras- en maisland verandert de gemiddelde nitraatuitspoeling -40*-31.500/789.960 = 1,6 mg nitraat per liter per hectare.

5 Discussie

De inschattingen die in hoofdstuk 3 en 4 zijn gemaakt van de effecten van een oplopende graslandnorm, zijn omgeven met veel onzekerheden. De belangrijkste worden in dit hoofdstuk bediscussieerd, en hebben betrekking op de kwantitatieve effecten per hectare (§5.1), het aantal hectares waarvan het landgebruik veranderd (§5.2), en de vormgeving van een graslandnorm (§5.3). Daarnaast zullen enkele overige effecten (§5.4) worden bediscussieerd.

5.1 Kwantitatieve effecten per hectare veranderend landgebruik

De effecten per hectare zijn onzeker, m.n. die van broeikasgasemissies en nitraat indien grasland wordt omgezet naar akkerland, vanwege de onzekerheid over de relevante karakteristieken van de hectares waarvan het landgebruik naar verwachting zal veranderen:

- Dit betreft m.n. de verandering van C-voorraad. Zo is het gemiddeld aangenomen verschil (28 ton C) voor de gehele transitieperiode vrij laag in vergelijking met andere metingen en modelberekeningen waar sprake is van veranderingen in koolstofvoorraad tot >50 ton C per ha indien het landgebruik langjarig/semipermanent van elkaar verschilt (Van Eekeren et al., 2008; Vellinga et al., 2013; D'Hose en Ruysschaert, 2017).
  Bovendien wordt verondersteld dat het effect op broeikasgasemissies gelijk is voor een hectare grasland dat wordt omgezet naar akkerland of *vice versa*, waardoor verrekening kan plaatsvinden tussen de hectares grasland beschermd of onder risico van omzetting. Dit is conform de LULUFC methode, maar negeert het verschil in snelheid waarop processen plaatsvinden: over het algemeen vindt afbraak van organische stof sneller plaats dan opbouw (D'Hose en Ruysschaert, 2017). Ingeval van een netto vermindering van het graslandareaal worden daardoor de effecten van veranderend landgebruik in de eerste jaren worden onderschat. En ingeval van een netto vergroting van het graslandareaal worden de effecten overschat.
  Voor de emissie-registratie (LULUCF of anderszins) is dit probleem beperkt, aangezien daarbij (in potentie!) uiteindelijk simpelweg wordt geregistreerd welke verandering in het landgebruik er heeft plaatsgevonden: op lange termijn zijn de effecten van deze veranderingen gelijk. Voor ex-ante beleidsevaluaties (zoals Groenendijk et al., 2023) is dit problematischer, omdat de verwachtingen voor de effecten in jaar X incorrect zijn (te positief of te negatief, afhankelijk van de netto-verandering).
- Snijmais of (ook) akkerland: Verondersteld is dat op korte termijn vrijwel alleen een verandering tussen gras- en maisland zal plaatsvinden. Echter is ook een uitwisseling met overig akkerland mogelijk, zeker over een periode van meerdere jaren. Per hectare akkerland heeft dit tot gevolg dat de nitraatuitspoeling niet met gemiddeld 40 (bij mais) maar met gemiddeld 68mg/l per hectare (overige akkerbouwteelten) zal veranderen.

.

5.2 Aantal hectares waarvan het landgebruik veranderd

Het areaal waarvan het landgebruik volgens de aannames en berekeningen in hoofdstuk 3 kan veranderen, is op diverse manieren onzeker. Zowel wat betreft het aantal hectares grasland wat potentieel omgezet kan worden in akkerland (§5.2.1), als het areaal wat beschermd wordt of extra wordt gemaakt (§5.2.2 en 5.2.3). Daarnaast is ook het areaal grasland waarop de referentieraming is gebaseerd onzeker (§5.2.4).

5.2.1 Hectares met risico op omzetting

Zoals aangegeven in §3.2.2 kan het areaal grasland met risico op omzetting tot akkerland oplopen tot 57.000 à 153.000ha in plaats van de 45.000ha waarmee de kwantitatieve effecten van een oplopende graslandnorm zijn berekend. Er is verondersteld dat omzetting van dit grotere areaal grasland nauwelijks op korte termijn zal plaatsvinden omdat verpachting voor of eigen verbouw van intensieve akkergewassen op veel bedrijven niet snel grootschalig kan worden toegepast. Maar dit is afhankelijk van de reactie van melkveebedrijven die wel voldoen aan deze graslandnorm en van (management)kosten om kortdurende pacht te realiseren: een (aanzienlijk) deel van het grasland met risico op omzetting kan alsnog worden omgezet naar mais-/akkerland, via een herschikking van teelten over de verschillende gronden, m.n. via kortdurende pacht. Hierdoor worden de verschillen in netto-areaalverandering tussen de oplopende varianten van een graslandnorm kleiner.
Daarnaast wordt de afweging grasland omzetten of behouden ook beïnvloedt door andere factoren, zoals de 'subsidie behoud grasland' welke in 2025 200 à 400€ bedraagt per hectare grasland waarvoor in 2021 of 2022 derogatie was verstrekt. Deze subsidie verkleint het economisch voordeel van akkergewassen t.o.v. grasland aanmerkelijk (met name van snijmais), waardoor het netto-areaal graslandverandering eerder positief kan worden.

5.2.2 Hectares grasland beschermd of extra: regionale mogelijkheden

In de berekening van het netto-areaal waarvan het landgebruik mogelijk zal veranderen, is ervanuit gegaan dat het extra areaal grasland dat bedrijven nodig hebben om te voldoen aan een oplopende graslandnorm, ook beschikbaar is voor de bedrijven.
Een aanwijzing dat dit niet onmogelijk is, zijn de veranderingen die zijn opgetreden na invoering/aanscherping van de voorwaarden voor deelname aan de derogatie (§3.2.1) waarbij in korte tijd 4-7% van het areaal cultuurgrond op melkveebedrijven veranderde van landgebruik (32.000 à 57.000ha).
Echter, vanaf 0,25ha gras per GVE als graslandnorm is er een tekort aan landbouwgrond berekend op het gemiddelde van de bedrijven die te weinig grasland hebben ook nadat alle eigen grond tot grasland is omgezet (zie tabel 3.2 en 3.3). Vraag is dan of er voldoende grond buiten de bedrijven verworven kan worden om te voldoen aan de oplopende graslandnorm.

In tabel 5.1 blijkt dat in vrijwel alle landbouwgroepgebieden er voldoende areaal tijdelijk grasland buiten de graasdierbedrijven beschikbaar is om, via tijdelijk gebruik/pacht, aan het bedrijf toe te voegen zodat kan worden voldaan aan een graslandnorm van 0,35ha gras per GVE (tabel 5.1). Van dit tijdelijk grasland kan verondersteld worden dat het product (gras) voor een groot deel kan worden gebruikt door melkveehouders met te weinig grasland, aangezien de waarde ervan voor niet-graasdierbedrijven beperkt is.
Enige regio's waar het areaal tijdelijk grasland niet toereikend is, zijn de IJsselmeerpolders (waar 1435 ha tijdelijk grasland beschikbaar is maar 1710ha landbouwgrond nodig voor melkveebedrijven om te voldoen aan een norm van 0,35ha gras per GVE) en vooral het Zuidelijk Veehouderijgebied (waar 13500ha landbouwgrond nodig is en slechts 7500ha tijdelijk grasland beschikbaar bij deze norm). Echter, aangezien ook het areaal groenvoedergewassen (m.n. snijmais) buiten de melkveehouderijbedrijven grotendeels beschikbaar is om aan het areaal landbouwgrond van melkveebedrijven toe te voegen, naast een beperkt deel van het blijvend grasland, is in alle regio's voldoende grond beschikbaar om melkveebedrijven te laten voldoen aan een norm van 0,4ha (eventueel na omzetting van akkerland tot tijdelijk grasland).

Dit alles veronderstelt wel een hoge flexibiliteit in het formele grondgebruik. Deze flexibiliteit is echter niet onbeperkt. Sowieso zal het hoofdzakelijk vanuit liberale pacht van gronden moeten komen [6]. Maar de pacht van gronden om toe te voegen aan het areaal van bedrijven met een tekort, wordt beperkt door de (management)kosten voor het regelen en aanmelden van tijdelijke pachtconstructies, en door mogelijke obstakels bij een deel van de grondeigenaren buiten de melkveehouderijbedrijven, om m.n. maisland omzetbaar tot grasland, tijdelijk te verpachten aan melkveehouders [7]. Deze kosten en obstakels zullen in ieder geval de pachtprijs van deze grond doen stijgen, m.n. in gebieden met een relatief beperkt areaal tijdelijk grasland en groenvoedergewassen (hoger dan aangenomen door Oltmer en Daatselaar, 2025).

[6] De bijdrage van grondmobiliteit (aankoop) aan de flexibiliteit van grondgebruik is op korte en middellange termijn beperkt. Niet alleen omdat de kosten onoverkomelijk hoog zullen zijn voor bedrijven die veel hectares landbouwgrond zouden moeten kopen. Maar ook omdat jaarlijks slechts minder dan 2% van het areaal landbouwgrond in andere handen over gaat, waarvan minder dan minder dan 20.000ha naar agrariërs, niet alleen melkveehouders, en wat deels bedrijfsaankopen zijn voor verplaatsing of overname (Kuiper e al., 2023).

[7] Mogelijke obstakels zijn bijv.: de voorkeur tot uitstel van het afrekenen met de belasting van de waardestijging van landbouwgrond bij minder actieve agrariërs, het gebruik van m.n. mais als 1-jarige teelt tussen hoog renderende intensieve teelten (waardoor de managementkosten om voor een gebruiksjaar een 1-jarige pacht af te sluiten met een andere grondgebruiker, nl. de melkveehouder, als zeer hoog worden ervaren), etc.

Tabel 5.1: Tekort aan landbouwgrond op melkveebedrijven in 2023 per regio bij een oplopende graslandnorm [1]) in vergelijking met het areaal tijdelijk grasland buiten graasdierbedrijven (CBS, 2023) en het areaal groenvoedergewassen buiten melkveebedrijven [2]).

Landbouwgroep regio	Landbouwgrond op melkveebedrijven (ha)	Tekort landbouwgrond om te voldoen aan …ha gras per GVE						Tijdelijk grasland buiten graasdierbedrijven (ha)	Groenvoedergewas buiten melkveebedrijven (ha) [2)]
		0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4		
Bouwhoek en Hogeland	38114			145	249	456	1354	535	[2)]
Veenkoloniën en Oldambt	42961				79	336	1398	1444	2722
Noordelijk Weidegebied	216130			338	814	2228	6102	2338	4935
Oostelijk Veehouderijgebied	164756			350	1473	4965	11951	5859	22558
Centraal Veehouderijgebied	23711			122	244	563	1159	649	4605
IJsselmeerpolders	17463			320	855	1710	3096	1435	1883
Westelijk Holland	39676			146	291	533	1286	3609	1122
Waterland en Droogmak.	16950			48	67	196	404	574	241
Holland/Utrecht Weidegeb.	60737			113	214	801	2283	922	702
Rivierengebied	31466			142	314	760	1672	389	3546
ZuidW Akkerbouwgebied	19493			51	417	1031	1944	3190	4966
Zuidwest-Brabant	8870				48	282	882	812	2251
Zuidelijk Veehouderijgebied	69224			1905	6601	13544	22205	7506	21490
Zuid-Limburg	6394						145	507	892

1) Aantal hectares te kort zie tabel 3.2. Let op: Het aantal hectares landbouwgrond tekort is berekend uit het gemiddeld aantal hectares per GVE gespecificeerd per klasse voor de 65 landbouwregio's, waardoor dit tekort enigszins onderschat is. **Kleine tekorten die betrekking hebben op een of enkele bedrijven zijn niet weergegeven**.

2) Areaal groenvoedergewas buiten melkveebedrijven is berekend door areaal in regio (CBS, 2023) te verminderen met areaal akkergewassen op melkveebedrijven in regio (RVO-data). Dit is een onderschatting van het areaal doordat melkveebedrijven, in beperkte mate, ook andere akkerbouwgewassen telen dan groenvoedergewassen. Voor de regio Bouwhoek/Hogeland resulteert dit in een negatief areaal (=foutief).

5.2.3 Hectares grasland beschermd of extra: gras voor hoeveel grootvee-eenheden?

In de berekeningen omtrent een veranderend landgebruik als gevolg van een oplopende graslandnorm is verondersteld dat het aantal grootvee-eenheden niet zal wijzigen hierdoor. Echter, enige krimp (1-5% van de minst rendabele dieren op beperkt getroffen bedrijven) is waarschijnlijk (zie ook §5.3.3). Indien de gemiddelde krimp op alle bedrijven 2% bedraagt zal het beschermde grasland areaal in 2030 bij een norm van 0,15 tot 0,4ha circa 4.000 tot 12.000ha lager zijn dan berekend.

Daarnaast kan de invoering van een graslandnorm aanleiding zijn voor bedrijven om geheel te stoppen vanwege onzekere perspectieven, waardoor het totaal aantal GVE's (en dus de hoe-

veelheid 'beschermd' grasland) zal dalen: de fosfaatrechten vervallen (bij opkoop) of verminderen (30% afroming bij verkoop) waardoor het aantal GVE's met een gelijk percentage daalt. Dit betreft dan met name bedrijven die een grote hoeveelheid extra grond zouden moeten pachten om te voldoen aan de betreffende norm maar geen mogelijkheid vinden om voldoende extra grond te pachten. Indien als vuistregel hiervoor wordt gehanteerd een tekort van >20% van het huidige areaal landbouwgrond per bedrijf om te voldoen aan de betreffende graslandnorm, dan geldt dit voor minimaal 141 bedrijven met 3051 ha grasland bij een norm van 0,25ha gras per GVE, tot 64.500ha op 1851bedrijven bij een norm van 0,4ha gras per GVE (tabel 5.2). Hierdoor is mogelijk >2100 resp. 45.000ha gras mogelijk niet meer beschermd (afhankelijk van de situatie bij de partij die de fosfaatrechten opkoopt).

Tabel 5.2: Aantal bedrijven, en aantal hectares grasland op deze bedrijven met een tekort van meer dan 20% van het huidig areaal landbouwgrond (berekend vanuit het gemiddeld aantal hectares per GVE gespecificeerd per klasse voor de 65 landbouwregio's; RVO-data, zie §3.1).

Graslandnorm-klasse (ha gras per GVE)	**Aantal bedrijven met >20 % tekort aan landbouwgrond [1)]**				**Aantal ha grasland (op bedrijven met >20 % tekort)**			
	0,25	0,3	0,35	0,4	0,25	0,3	0,35	0,4
0 t/m 0,15	121	348	421	442	1.924	6.519	8.409	8.919
0,15001 t/m 0,2	20	131	358	411	1.127	5.435	12.089	13.873
0,20001t/m 0,25			223	639		333	9.090	24.133
0,25001 t/m 0,3				358			327	17.870
0,30001t/m 0,35								
Totaal	141	485	1.009	1.851	3051	12.287	29.915	64.911

1) Vanwege de indeling van de bedrijven per graslandnorm is het aantal bedrijven die landbouwgrond tekort komen, nadat zij eerst eigen akkerland hebben omgezet tot grasland, enigszins onderschat, aangezien berekeningen vanuit de groepsgemiddeldes zijn gemaakt. **Kleine tekorten die betrekking hebben op een of enkele bedrijven zijn niet weergegeven**.

5.2.4 Graslandareaal in referentieramingen

In vergelijking van de berekende kwantitatieve effecten van een oplopende graslandnorm is verondersteld dat er in de referentieraming[8] geen verandering van het landgebruik is meegenomen, los van de voorziene autonome krimp waarbij geen verschuivingen in landgebruik worden aangenomen. Dit is echter onduidelijk en daarmee onzeker. Mogelijk is in deze referentieraming zelfs sprake van een relatieve stijging van het graslandareaal.

In Groenendijk et al. (2023) wordt voor de referentieraming gesteld dat de gewasarealen met 4% afnemen tussen 2020 en 2030, waarbij er geen onderlinge verschuiving tussen de gewassen optreedt (pag.18; conform Vonk et al., 2023). Uit de discussie over de invloed van veranderin-

[8] De berekeningen voor de effecten van de afbouw van de derogatie zoals gegeven door Groenendijk et al. (2023 en 2024).

gen in landgebruik op de nitraatuitspoeling (pag.40) kan worden opgemaakt dat een dergelijke verschuiving ook niet heeft plaats gevonden in het scenario "Afbouw derogatie". Echter, bij de 'overige maatregelen in het scenario afbouw derogatie' (pag.22) wordt expliciet gesteld dat voor bedrijven waar het aandeel rustgewassen in het bouwplan lager is dan 33% er extra grond is omgezet naar grasland; dit zonder verdere specificatie van het aantal hectares. Deze (relatieve) stijging van het areaal grasland wordt mede in verband gebracht met de berekende vermindering van de nitraatuitspoeling (pag. 31) [9].

In Groenendijk et al. (2024) worden wel veranderingen in arealen gegeven, namelijk een afname met 150.000ha grasland en 80.000ha mais in 2030 ten opzichte van 2010 (pag.37); daarbij wordt vermeld dat dit afnames zijn van circa 5% resp. 35%. Echter, dergelijke afnames zijn onwaarschijnlijk. Zo komt de afname van het grasland-areaal overeen met een afname van circa 15% i.p.v. 5%. Ook wordt daarbij verwezen naar Vonk et al. (2023) die weliswaar een vergelijkbare afname voor het grasareaal geeft maar dan in 2040 in plaats van 2030 en bovendien een veel minder grote afname van het maisareaal geeft (15.000ha). Beide getallen betreffen het referentie-scenario, zonder de gevolgen van een eventuele afbouw van de derogatie te verrekenen: Vonk et al. (2023) gaan er expliciet vanuit dat de afname gelijk is voor alle gewassen, nl. 3,1% respectievelijk 6,6% afname in 2030 respectievelijk 2040 ten opzichte van 2021, dus zonder veranderingen in het landgebruik.

5.2.5 Vormgeving van een graslandnorm

Uiteraard zijn de effecten van een graslandnorm sterk afhankelijk van de vormgeving van een dergelijke norm. In deze paragraaf worden enkele aspecten ervan besproken:

1. de definiëring van een 'grootvee-eenheid' (GVE);
2. het relevante graslandareaal;
3. de hoogte van de norm en randvoorwaarden erbij;
4. de consequenties bij niet-voldoen aan de norm.

Ad1.) Alle berekeningen zijn uitgevoerd op basis van de gelijkstelling van een GVE aan een melkkoe (§3.1). Echter, de fosfaat- en stikstofuitscheiding per koe varieert sterk, gerelateerd aan m.n. de melkproductie. Zo varieert de forfaitaire N-excretie in drijfmest (bij een gelijk ureumgehalte van 20) van 88,5 tot 131 kg N per koe per jaar voor een melkproductie van 5.600 resp. 10.625kg melk per koe per jaar (www.rvo.nl/sites/default/files/2025-04/Tabel-6-Stikstof-en-fosfaat-per-melkkoe-2025.pdf).
Daarmee is de mate van minimale grondgebondenheid als zijnde mestplaatsingsruimte, welke de graslandnorm definieert, ook sterk variabel, van 67% tot 45% voor een melkproductie van

[9] Overigens is het onwaarschijnlijk dat een dergelijke maatregel daadwerkelijk veel effect zal hebben op het graslandareaal aangezien het gemiddeld aandeel rustgewassen reeds meer dan 30% is op niet-graasdierbedrijven, en een onbemest vanggewas, wat voor 1 september wordt ingezaaid, ook als rustgewas mag gelden.

5.600 resp. 10.625kg bij een graslandnorm van 0,35ha (bij de huidige gemiddelde melkproductie is dit circa 51%). Een verbeterde definiëring de "GVE", gerelateerd aan de N- of P-excretie per jaar per dier per melkproductieniveau, is daarom sterk aan te bevelen (zie ook §5.3.2).

Ad 2.) Zoals ook uit de samenvatting van de berekeningen in §4.5 blijkt, heeft de hoogte van de norm een groot effect op de verandering van het areaal grasland, en daarmee op de nitraatuitspoeling, ammoniak- en broeikasgasemissies. Belangrijk daarbij is dat bij deze berekeningen is uitgegaan van het *landbouwareaal behorende bij melkveebedrijven met mestplaatsingsruimte*. Indien gekozen wordt om grasland-bufferstroken en/of (een deel van) het areaal natuurlijk grasland (zijnde geen primaire landbouwgrond) wel mee te laten tellen, beïnvloedt dit het areaal grasland met risico op omzetting niet (bufferstroken en natuurlijk grasland mogen niet omgezet worden). Maar het beïnvloedt wel het areaal grasland wat meetelt voor de graslandnorm en daarmee de berekende effecten van een oplopende graslandnorm. Het areaal grasland wat beschermd wordt zal afnemen indien grasland-bufferstroken en het natuurlijk grasland wel gaat meetellen. Mogelijk is deze afname fors, gezien het verschil in graslandareaal (ruim 50.000ha) tussen de CBS-data en de hier gebruikte RVO-data aangaande landbouwgrond ten opzichte van de hier berekende effecten (ruim 5.000 tot 134.000ha beschermd of extra grasland).

Ad 3.) Naast deze gekwantificeerde effecten neemt ook de impact op melkveebedrijven toe bij een hogere graslandnorm: voor een toenemend aantal bedrijven (minimaal 141 tot 1851 melkveebedrijven bij 0,25 tot 0,4ha gras per GVE; §5.2.3) is de benodigde uitbreiding van het areaal landbouwgrond (of afname van de veestapel) om te voldoen aan de graslandnorm zodanig dat het toekomstperspectief onzeker wordt [10]. Door een stijgend aantal bedrijven met een onzeker toekomstperspectief bij een hogere graslandnorm kan de neiging ontstaan om een relatief lage norm te kiezen, zeker als start van de regelgeving. Echter, door een lagere norm worden de berekende effecten van een graslandnorm (op het areaal grasland, nitraatuitspoeling, ammoniak- en broeikasgasemissies) niet alleen beperkter, maar ook veel onzekerder: waarschijnlijk zal een (aanzienlijk) areaal grasland alsnog worden omgezet naar mais-/akkerland, via een herschikking van teelten over de verschillende gronden, m.n. via kortdurende pacht (§5.2.1).
Een dergelijke herschikking van het formele landgebruik door bedrijven kan enigszins worden beperkt door bij de graslandnorm randvoorwaarden op te nemen omtrent de afstand van het grasland tot de stal waar de grootvee-eenheden zich bevinden; boven deze afstand (bijv. 25km) kan verondersteld worden dat het grasland waarschijnlijk niet daadwerkelijk gebruikt wordt voor de GVE's behorende bij het bedrijf (want te duur wegens grote transportafstand). Echter, dergelijke randvoorwaarden verhogen de regeldruk op veehouderijbedrijven verder,

[10] Dit toekomstperspectief is niet alleen afhankelijk van een graslandnorm (en overige mestwetgeving), maar vooral ook van bredere economische trends zoals m.n. melkprijs, rentestand en rentabiliteit van concurrerende landgebruikers (en daarmee grondprijs). Overigens kan een hoge grondprijs de benodigde extensivering van melkveebedrijven nu al in de weg zitten (Nieuwe Oogst 30-5-2025).

terwijl het effect waarschijnlijk bescheiden zal zijn: in slechts 3 van de 65 landbouwregio's (Zuidelijke IJsselmeerpolders, De Kempen en Maaskant/Land van Cuijk) zou eventueel sprake kunnen zijn van een tekort aan beschikbaar akker- en grasland op regio-niveau (met globaal een straal van 25km) bij een norm van 0,4ha gras per GVE (zie §5.2.2).

Ad 4.) Ook de consequentie bij het niet voldoen aan de graslandnorm zal het effect van de norm op het areaal grasland, en daarmee op nitraatuitspoeling, ammoniak- en broeikasgasemissies, beïnvloeden. In theorie kan de consequentie alles zijn tussen een (milde of prohibitieve) boete en vermindering van de veestapel (tot het niveau waarop voldaan wordt aan de geldende norm). Een directe 'vermindering van de veestapel bij niet-voldoen' is een maatregel die veel weerstand zal oproepen bij zwaar geraakte bedrijven en ook de effectiviteit van de graslandnorm voor het beschermen van het graslandareaal aanzienlijk zal beperken, aangezien het grasland behorende bij de bedrijven zonder toekomstperspectief minder of niet meer beschermd is (§5.2.3).

Indien gekozen wordt om een graslandnorm in te voeren als grondgebondenheideis, lijkt het de auteurs voor het behoud van het areaal grasland effectiever om op korte termijn vooral in te zetten op een verbod tot verlaging van het aantal hectares grasland per GVE (en een tijdstermijn waarbinnen wordt voldaan aan de norm [11]), gekoppeld aan een relatief 'strenge' norm van 0,35ha gras per GVE of meer. Daarmee zal een groter graslandareaal worden beschermd dan met een verplichte directe vermindering van de veestapel op het bedrijf tot het niveau waarop voldaan wordt aan de geldende norm. En daardoor zullen ook de positieve effecten van invoering van een graslandnorm op broeikasgasemissies en waterkwaliteit, naast biodiversiteit en waterverbruik, groter zijn.

5.3 Overige effecten

5.3.1 Broeikasgasemissie en N-excretie per koe

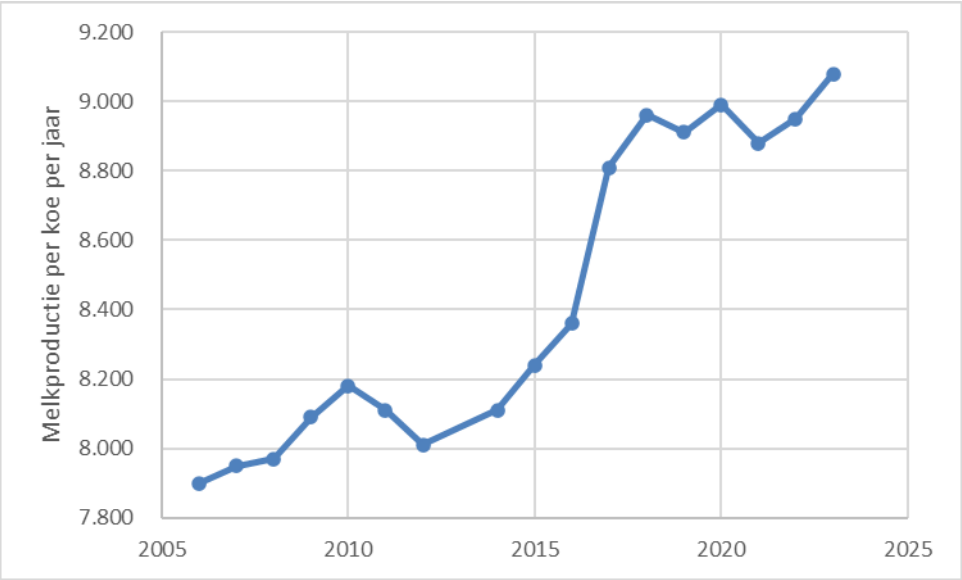
Een lage of een hoge graslandnorm, met meer mais resp. meer gras, zal effect hebben op het rantsoen van de koeien. Indien het rantsoen voor melkvee in ZO-Nederland (met 31% mais en 40% gras) wordt vergeleken met het rantsoen voor NW-Nederland (met 11% mais en 60% gras), als bekende uitersten, dan blijkt een dergelijke rantsoenverandering weinig effect te hebben op de broeikasgasemissie per dier (Vonk et al., 2020), doordat ook de voeropname (en de melkproductie) per dier daalt (Sebek & van Bruggen, 2021), ondanks de lagere emissiefactor voor methaan van snijmais.

[11] Een dergelijke tijdstermijn om te voldoen aan een graslandnorm, voor bedrijven die momenteel nog niet voldoen, kan extra regeldruk voor getroffen bedrijven opleveren. Echter, de effecten hiervan vallen in het niet bij het alternatief voor een deel van deze bedrijven (= een sterke verslechtering van het toekomstperspectief). Ook zonder een dergelijke tijdstermijn zal het effect op het beschermen van het areaal grasland optreden, echter langzamer, aangezien bedrijven die niet voldoen wel in hun ontwikkelmogelijkheden worden beperkt.

Bij een dergelijke rantsoenverandering zal ook het N-gehalte in het rantsoen veranderen (met naar schatting ruim 8% minder N in het rantsoen voor ZO-Nederland; berekening op basis van Vonk et al., 2020), indien er in de overige rantsoencomponenten niets verandert. Echter, de N-excretie per GVE zal slechts beperkt veranderen omdat tegelijkertijd ook de samenstelling van de overige voeders en de voeropname zal veranderen. Dit is conform de analyse van Sebek & van Bruggen (2021), die op basis van de KLW-cijfers van vrijwel alle melkveebedrijven juist een stijging geven van de N-excretie per dier als gevolg van een stijgende melkproductie per dier (in het beschouwde traject van 3.000 tot 13.000kg per koe per jaar), ondanks een stijging van het aandeel mais van circa 10 naar 25% van het rantsoen in het traject van 4.000 tot 12.000kg per koe per jaar.
Kortom, de broeikasgasemissie en N-excretie per dier zullen naar verwachting nauwelijks of beperkt veranderen binnen het traject van een graslandnorm.

5.3.2 Melkproductie per koe

Een effect op de melkproductie per dier is mogelijk bij grote veranderingen van het rantsoen voor melkvee als gevolg van grote veranderingen in het areaal mais- en grasland. Bij een lage graslandnorm (=meer mais in het rantsoen) zal de melkproductie per dier per jaar stijgen (sterker dan verwacht), terwijl bij een hoge graslandnorm de melkproductie mogelijk zal dalen of minder dan verwacht stijgen. Anderzijds zal er bij een hoge graslandnorm (= meer gras in het rantsoen) een sterkere opwaartse druk op de melkproductie per koe ontstaan. Voor de GVE berekening maakt het namelijk niet uit of een koe 5000 of 12000kg melk geeft terwijl de kosten per hectare grasland, door de stijgende vraag naar grasland, verder stijgen. Een dergelijke reactie op regelgeving met indirect effect op de melkproductie was ook zichtbaar direct na het fosfaatreductieplan in 2017, met een sprong van ruim 400kg per koe per jaar (zie figuur 5.1), vooral doordat de minst rendabele koeien (wat grotendeels ook de minst productieve dieren zijn) snel werden afgestoten. De mate van opwaartse druk op de melkproductie per koe van een graslandnorm is mede afhankelijk van de vormgeving van de norm (waaronder de definiering van de GVE; zie § 5.2.5).



Figuur 5.1: Melkproductie per koe per jaar in periode 2006-2023 (Bron: bewerking BINternet-gegevens; www.agrimatie.nl).

5.4 Overige mogelijke maatregelen om de afname van het graslandareaal te beperken

Hoewel nog niet geheel duidelijk, lijkt de 'subsidie behoud grasland' in redelijke mate werkzaam in het op peil houden van het graslandareaal op derogatiebedrijven: het verkleint het economisch nadeel van gras t.o.v. met name snijmais. De trend naar een kleiner areaal grasland per GVE gaat echter ook samen op met een stijging van overige (kracht)voeders. Zo is het krachtvoergebruik per melkkoe gestegen van circa 2.100 kg per jaar rond 2010 naar ruim 2.500kg (BINternet, www.agrimatie.nl). Een heffing op deze krachtvoeders heeft naast een direct effect op het landgebruik (minder verdringing van gras) ook een indirect effect omdat deze krachtvoeders deels als correctie worden gebruikt om een rantsoen met meer mais in balans te houden. Daarnaast kunnen de inkomsten van een dergelijke heffing gebruikt worden ter financiering en/of uitbouw van de subsidie op grasland (waarmee deze een stabielere basis krijgt).

Een graslandnorm is vooral geschikt is om een minimum eis te stellen, welke echter veelal ook zal fungeren als belangrijke doelstelling voor economisch werkende bedrijven. Een norm van 0,35ha gras per GVE (gelijk aan het huidig gemiddelde) of lager zal weinig effect hebben op de dalende trend in het areaal grasland per GVE bij de niet geraakte bedrijven. Een heffing op overige (kracht)voeders in combinatie met een subsidie op grasland kan, afhankelijk van de hoogte, wel in staat zijn om deze trend om te buigen, aangezien het inwerkt op structurerende factoren in de melkveehouderij. Bovendien heeft een heffing bij een goede uitwerking minder risico op een negatief effect op de rentabiliteit van veel melkveebedrijven t.o.v. andere landgebruikers. Een dergelijk risico op een negatief rentabiliteitseffect is inherent is aan een graslandnorm en kan op zichzelf bijdragen aan een afname van het grasland-areaal (§5.2.5).

5.5 Samenvattende discussie

Uit de discussie komt naar voren dat de effecten van de graslandnorm op de broeikasgasemissies per hectare in m.n. de eerste jaren worden onderschat, wat vooral een gevolg is van de gehanteerde en geaccepteerde berekeningsmethode. Ook de effecten op nitraatuitspoeling zijn waarschijnlijk 'conservatief' ingeschat. Echter, m.n. het effect van een oplopende graslandnorm op het areaal grasland is onzeker. Aannemelijk is dat het berekende areaal, als zijnde beschermd of extra door een oplopende graslandnorm, een overschatting is omdat:

- een groot deel van de beperkt getroffen bedrijven de veestapel enigszins (1-5%) zal inkrimpen; hierdoor zal het beschermde grasland areaal in 2030 waarschijnlijk circa 4.000 tot 12.000ha lager zijn dan berekend,
- het toekomstperspectief voor veel bedrijven met een groot areaal-tekort zodanig onzeker wordt dat zij zullen overwegen te stoppen met het bedrijf; hierdoor is mogelijk >2100 tot 45.000ha gras niet meer beschermd bij een norm van 0,25 resp. 0,4 ha gras per GVE (§5.2.3).
- een deel van de bedrijven met te weinig grasland niet snel genoeg voldoende land zal kunnen bijpachten om te voldoen aan een oplopende graslandnorm. M.n. in de regio's IJsselmeerpolders en Zuidelijk Veehouderijgebied kan voldoende beschikbaarheid een knelpunt zijn bij een graslandnorm vanaf 0,35ha gras per GVE (§.5.2.2).

Tegelijkertijd is het aantal hectares grasland waarvoor een risico bestaat op omzetting, onderschat (§5.2.1). Ook hierdoor wordt het netto-areaal grasland wat waarschijnlijk wordt omgezet naar akkerland groter en zijn de verschillen in areaalverandering tussen de oplopende varianten van een graslandnorm kleiner.

Exacte kwantificering van het netto-effect van deze onder- en overschattingen is niet mogelijk, mede door overlappingen en deels tegengestelde effecten van de verschillende onzekerheden. Maar zeer waarschijnlijk zullen de berekende effecten in tabel 4.3 lager worden (naar links opschuiven) vanwege de overschatting van het areaal wat beschermd wordt door een oplopende graslandnorm en een onderschatting van het areaal grasland waarvoor een risico op omzetting bestaat. Verwacht wordt dat een gelijkblijvend graslandareaal slechts bereikt wordt bij een norm van minimaal 0,35ha per GVE in plaats van de berekende 0,3ha. Ook zullen de verschillen tussen de oplopende varianten van een graslandnorm kleiner zijn dan berekend.

De effecten van een graslandnorm op broeikasgasemissie, N-excretie en melkproductie per dier zijn waarschijnlijk beperkt of zeer beperkt.

6 Conclusie

Bij het gemiddelde huidige gebruik scoort grasland aanzienlijk beter dan akkerland op boven- en ondergrondse biodiversiteit, water- en bodemkwaliteit, waterverbruik en -regulering en klimaatverandering als belangrijkste ecosysteemdienst-indicatoren gekoppeld aan landgebruik. Semi-natuurlijk grasland scoort daarbij nog beter dan blijvend en tijdelijk grasland. Akkerland scoort aanzienlijk beter dan grasland wat betreft voedselproductie en ammoniak Alleen voor ammoniak scoort semi-natuurlijk grasland vergelijkbaar met akkerland.
Bij een netto-verandering van grasland naar maisland zal, jaarlijks per hectare:

- de nitraatuitspoeling toenemen, met 40mg/l,
- de broeikasgasemissie stijgen, met 5,24 ton CO2-eq,
- en de ammoniakemissie dalen, met 20,5 kg.

Het al dan niet instellen van een graslandnorm heeft een grote invloed op het areaal grasland in Nederland. Er wordt ingeschat dat zonder graslandnorm er op korte termijn 45.000ha tot 153.000ha (op langere termijn) zal worden omgezet in maisland (m.n. op korte termijn) en intensievere akkerbouwgewassen (vooral op langere termijn). Met een graslandnorm, oplopend van 0,15ha tot 0,4ha gras per grootvee-eenheid (GVE), is 5.300ha tot 134.000ha grasland beschermd tegen omzetting (zonder eventuele effecten van een graslandnorm op de omvang van de veestapel). Op korte termijn resulteert dit in een netto-verandering van het graslandareaal van -45.000 tot +89.000ha bij een norm van 0,15 tot 0,4ha grasland per GVE respectievelijk, zijnde 2,5% en 4,9% van het areaal cultuurgrond in Nederland in 2023. Daarmee veranderen naar schatting de berekende landelijke emissies uit de landbouw, ten opzichte van eerdere referentieramingen:

- van ammoniak met -1,1% tot +2,2%,
- van broeikasgassen met +1,5% tot -2,8%,
- van de nitraatuitspoeling in uitspoelingsgevoelige zandgrondgebieden met +3,9% tot -7,7%.

De emissies betreffen berekende effecten voor de gehele landbouw in 2030, op basis van ingeschatte effecten per hectare en data aangaande veebezetting en grondgebruik over 2023 van alle melkveebedrijven. Hierin zijn de effecten van recente opkoopregelingen dus ook niet zijn opgenomen.
Naast deze emissies worden ook moeilijker te kwantificeren ecosysteemdiensten, zoals (boven- en ondergrondse) biodiversiteit, waterverbruik en oppervlaktewaterkwaliteit negatief beïnvloedt door een afname van het graslandareaal en *vice versa* bij een toename.

Deze berekende effecten zijn onzeker. Effecten per hectare op nitraatuitspoeling en broeikasgasemissies per hectare zijn conservatief en mogelijk te laag ingeschat, maar kunnen niet nader worden gekwantificeerd. Belangrijkste onder- respectievelijk overschatting betreft:

- het areaal grasland waarvoor een risico bestaat op omzetting bestaat,

- het areaal grasland wat beschermd wordt door, of extra gecreëerd bij, een oplopende graslandnorm: het is zeer waarschijnlijk dat de veestapel extra zal krimpen bij een oplopende graslandnorm.

Door deze twee factoren is de netto verandering van het graslandareaal negatiever dan berekend. Hierdoor zullen de effecten op nitraatuitspoeling en broeikasgasemissie ook negatiever zijn dan berekend in tabel 4.3 en het effect op ammoniakemissie positiever. Ook zullen de verschillen tussen de oplopende varianten van een graslandnorm kleiner zijn dan berekend. Verwacht wordt dat een gelijkblijvend graslandareaal slechts bereikt wordt bij een graslandnorm van minimaal 0,35ha per GVE in plaats van de berekende 0,3ha.
Dit is echter ook afhankelijk van de vormgeving van de graslandnorm. Belangrijke factoren bij de vormgeving van de norm, naast de te kiezen hoogte, zijn: de consequenties bij niet-voldoen aan de norm en een actualisatie van de definitie van een 'grootvee-eenheid' (GVE). Afgezien van een eventueel 'GVE-effect', zijn de effecten van een graslandnorm op broeikasgasemissie, N-excretie en melkproductie per koe waarschijnlijk beperkt.

7 Literatuur

Arets, E.J.M.M., S.A. van Baren, C.M.J. Hendriks, H. Kramer, J.P. Lesschen & M.J. Schelhaas (2023). Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2023. Wageningen. WOt-technical report 238.

Bajouco, R., Pinheiro, J., Pereira., B., Ferreira, R., & Coutinho, J. (2020). Risk of phosphorus losses from Andosols under fertilized pasture. *Environmental Science and Pollution Research,* 27:19592-19602.

Binternet (z.d. a). *BINternet, land- en tuinbouw.* Agrimatie. Geraadpleegd op 2 maart 2023 van https://www.agrimatie.nl/Binternet.aspx?ID=14&Lang=0

BINternet (z.d. b) *BINternet, land- en tuinbouw.* Agrimatie. Geraadpleegd op 2 maart 2023 van https://www.agrimatie.nl/Binternet.aspx?ID=15&Bedrijfstype=1&SelectedJaren=2022@2021@2020@2019&GroteKlassen=Alle%20bedrijven

BINternet. (z.d. c). *BINternet, land- en tuinbouw "gewasbescherming per gewas".* Agrimatie. Geraadpleegd op 2 maart 2023 van https://www.agrimatie.nl/binternet.aspx?ID=21&bedrijfstype=2

van den Berg, N., & Poelen, I. (2003). De relatie tussen het nitraatgehalte in het grondwater en de bedrijfsvoering op melkveehouderijbedrijven. *Louis Bolk Instituut, Driebergen/HAS Kennis Transfer, 's-Hertogenbosch.*

Bouché, M.B., & Al-Addan, F. (1997). Earthworms, water infiltration and soil stability: some new assessments. *Soil biology and biochemistry*, *29*(3-4), 441-452.

Buijs, A., Nieuwenhuizen, W., Langers, F., Kramer, H., (2019). Resultaten Nationale Landschapsenquête; Onderzoek naar visies en waardering van de Nederlandse bevolking over het landelijk gebied in Nederland. *Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2937*

Butler, P.J., & Haygarth, P.M. (2007). Effects of tillage and reseeding on phosphorus transfers from grassland. *Soil Use and Management,* 23 (1), 71–81.

van Bruggen, C., Bannink, A., Bleeker, A., Bussink, D.W., Groenestein, C.M., Huijsmans, …, & van der Zee, T. (2022). Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2020. *Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 224.*

CBS. (2023). *Landbouw; gewassen, dieren en grondgebruik naar regio.* CBS.

CBS. (2022b, 12 oktober). *De verduurzaming van de landbouw – deel I: productie en verbruik.* Geraadpleegd op 2 maart 2023 van https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/statistische-trends/2022/de-verduurzaming-van-de-landbouw-deel-i-productie-en-verbruik/4-verbruik-door-de-landbouw

CDM, 2020. Bouwplan en nitraatuitspoeling; advies van de Commissie Deskundigen Mestbeleid, dd. 20-7-2020.

Compendium voor de leefomgeving. (2019, 5 februari). *Waterverbruik in de land- en tuinbouw, 2001-2016.* Geraadpleegd op 2 maart 2023 van https://www.clo.nl/indicatoren/nl001413-watergebruik-landbouw

Crotty, F.V., Fychan, R., Scullion, J., Sanderson, R., & Marley, C.L. (2015). Assessing the impact of agricultural forage crops on soil biodiversity and abundance. *Soil Biology & Biochemistry, 91*: 119-126

Deru, J.G., Bloem, C.J., de Goede, R., Keidel, H., Kloen, H., Rutgers, M., …, & van Eekeren, N. (2018). Soil ecology and ecosystem services of dairy and semi-natural grasslands on peat. *Applied Soil Ecology 125:* 26-34.

D'Hose, T., & Ruysschaert, G. (2017). Mogelijkheden voor koolstofopslag onder gras-en akkerland in Vlaanderen. ILVO-mededeling 231.

Di, H., & Cameron, K. (2002). Nitrate leaching in temperate agroecosystems: sources, factors and mitigating strategies. *Nutrient Cycling in Agroecosystems 64*, 237–256.

van Dijk, W., de Boer, J.A., Schils, R.L.M., de Haan, M.H.A., Mostert, P., Oenema, J., & Verloop, J. (2022). Rekenregels van de KringloopWijzer 2022. *Wageningen Research, Rapport WPR-1206.*

Edwards, C. A., & Bohlen, P. J. (1996). *Biology and ecology of earthworms* (Vol. 3). Springer Science & Business Media.

van Eekeren, N., Bommelé, L., Bloem, J., Schouten, T., Rutgers, M., de Goede, R., ... & Brussaard, L. (2008). Soil biological quality after 36 years of ley-arable cropping, permanent grassland and permanent arable cropping. *applied soil ecology*, *40*(3), 432-446.

van Eekeren, N., van Liere, D.W., de Vries, F.T., Rutgers, M., de Goede, & R.G.M., Brussaard, L. (2009). A mixture of grass and clover combines the positive effects of both plant species on selected soil biota. *Applied Soil Ecology. 42:* 254-263.

van Eekeren, N., De Boer, H., Hanegraaf, M., Bokhorst, J., Nierop, D., Bloem, J., ... & Brussaard, L. (2010). Ecosystem services in grassland associated with biotic and abiotic soil parameters. *Soil biology and biochemistry*, *42*(9), 1491-1504.

van Eekeren, N. (2016). Optimaal landgebruik voor bodemkwaliteit. *V-focus december 2016,* 34-35.

van Eekeren, N., E. Jongejans, M. van Agtmaal, Y. Guo, M. van der Velden, C. Versteeg, H. Siepel. 2022. Microarthropod communities and their ecosystem services restore when permanent grassland with mowing or low-intensity grazing is installed. Agriculture, Ecosystems and Environment, 323, 107682.

Garcia, L.B.M., Z.G.J. Herbert, D. Westerik, J.A.B., & Schepens. (2023). Carbon sequestration through agricultural practices – a review of international literature. *Slim Landgebruik, januari 2023.*

Gastine, A., Scherer-Lorenzen, M., & Leadley, P.W. (2003). No consistent effects of plant diversity on root biomass, soil biota and soil abiotic conditions in temperate grassland communities. *Applied Soil Ecology 24*: 101-111.

Grayston, S. J., Campbell, C. D., Bardgett, R. D., Mawdsley, J. L., Clegg, C. D., Ritz, K., ... & Elston, D. J. (2004). Assessing shifts in microbial community structure across a range of grasslands of differing management intensity using CLPP, PLFA and community DNA techniques. *Applied Soil Ecology*, *25*(1), 63-84.

van Grinsven, H., & Bleeker, A., (2017). Evaluatie Meststoffenwet 2016: Syntheserapport. *Planbureau voor de Leefomgeving, publicatienummer: 2258.*

Groenendijk, P., Cals, T., Kros, H., Renaud, L., & Voogd, J. C. (2023). Effecten van de afbouw van mestderogatie op emissies van ammoniak en broeikasgassen en op waterkwaliteit (No. 3274). Wageningen Environmental Research.

Groenendijk, P., Cals, T., Kros, H., Renaud, L., & Voogd, J. C. (2024). Effecten van het mestbeleid op de uit-en afspoeling van meststoffen: Berekeningen ten behoeve van de Evaluatie Meststoffenwet 2024.

Hessel, R., Stolte, J., & Riksen, M. (2011). *Huidige maatregelen tegen water- en winderosie in Nederland.* Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2131.

De Haan, M., Verloop, K., % Hilhorst, G. (2019). Droogte op Koeien & Kansen-bedrijven in 2018. *Wageningen Livestock Research, Rapportnummer 84.* https://doi.org/10.18174/470046

Hoogeveen, M., Daatselaar, C. & Prins, H., (2019). Afname derogatie: verkenning omvang en beweegredenen ondernemers. *Wageningen Economic Research,* https://www.wur.nl/nl/Publicatie-details.htm?publicationId=publication-way-353531373339

Hoogeveen, M. (2022a, 20 juli). *Minder graslandopbrengst, maar meer snijmaisopbrengst in 2020.* Agrimatie. Geraadpleegd op 2 maart 2023 van https://www.agrimatie.nl/PublicatiePage.aspx?subpubID=7352&themaID=2754&sectorID=3534#:~:text=In%202020%20was%20de%20drogestofopbrengst,)%20van%2010.000%20kg%2Fha.

Hoogeveen, M. (2022b, 20 juli). *Stijging van stikstofbemesting in 2020 na daling in 2019.* Agrimatie. Geraadpleegd op 2 maart 2023 van https://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2282&indicatorID=2772

Horel, Á., Tóth, E., Gelybó, G., Kása, I., Bakacsi, Z., & Farkas, C. (2015). Effects of land use and management on soil hydraulic properties. *Open Geosciences*, *1*(open-issue).

Hospers, J., Kuling, L., Modernel, P., Lesschen, J. P., Blonk, H., Batlle-Bayer, L., ... & Dekker, S. (2022). The evolution of the carbon footprint of Dutch raw milk production between 1990 and 2019. *Journal of Cleaner Production, 380*, 134863.

Hooijboer, A.E.J., Hoogsteen, M., & Buis, E. (2017). Effects of crop rotation on water quality in the Netherlands: Combining the Minerals Policy Monitoring Programme and Nation-wide survey of crop data of the sandy regions of the Netherlands. *LuWQ2017, Land Use and Water Quality: Effect of Agriculture on the Environment The Hague, the Netherlands, 29 May – 1 June 2017*.

van Houwelingen, P. (2014, 9 september). *Aardappel heel efficiënt met water.* Akkerwijzer. Geraadpleegd op 2 maart 2023 van https://www.akkerwijzer.nl/artikel/107531-aardappel-heel-efficient-met-water/#:~:text=De%20gemiddelde%20wereldwijde%20'waterfootprint'%20van,water%20per%20ton%20opbrengst%20nodig

van't Hull, J., van Middelkoop, J., van Schooten, H., Ros, M., van Groenigen, J. W., & Velthof, G. (2025). Potential measures to reduce nitrate and nitrous oxide losses from renovated grasslands. Agriculture, Ecosystems & Environment, 384, 109549.

Iepema, G., Deru, J. G., Bloem, J., Hoekstra, N., de Goede, R., Brussaard, L., & van Eekeren, N. (2020). Productivity and topsoil quality of young and old permanent grassland: An on-farm comparison. *Sustainability*, *12*(7), 2600.

Jurasinski, G., Günther, A.B., Huth, V., Couwenberg, J., & Glatzel, S. (2016). *Ecosystem services provided by paludiculture – greenhouse gas emissions.* In: Wichtmann, W., Schröder, C., Joosten, H. (eds.) 2016. Paludiculture - productive use of wet peatlands. Schweizerbart Science Publishers. www.schweizerbart.de/9783510652839 (25/4/2019).

Kautz, T., Lüsebrink, M., Pätzold, S., Vetterlein, D., Pude, R., Athmann, M., ... & Köpke, U. (2014). Contribution of anecic earthworms to biopore formation during cultivation of perennial ley crops. *Pedobiologia*, *57*(1), 47-52.

Kayser, M., Müller, J., & Isselstein, J. (2018). Grassland renovation has important consequences for C and N cycling and losses. *Food and Energy Security*, *7*(4), e00146.

Kentie, R., Hooijmeijer, J. C., Trimbos, K. B., Groen, N. M., & Piersma, T. (2013). Intensified agricultural use of grasslands reduces growth and survival of precocial shorebird chicks. *Journal of Applied Ecology, 50(1),* 243-251.

Kleijn, D., van Kats, R., Melman, D., & Schekkerman, H. (2007). De voedselsituatie van gruttokuikens bij agrarisch mozaïekbeheer. *Alterra-rapport 1487. Alterra, Wageningen.*

Kodešová, R., Jirků, V., Kodeš, V., Mühlhanselová, M., Nikodem, A., & Žigová, A. (2011). Soil structure and soil hydraulic properties of Haplic Luvisol used as arable land and grassland. *Soil and Tillage Research*, *111*(2), 154-161.

Kool A., Hilhorst, G.J., & Groeneveld, R.M.W. (2004). Gewasbescherming binnen de grenzen. Resultaten gewasbescherming De Marke 1993-2002. *Rapport 44. CLM-Rapport 588-2004.*

Kuiper, P.P., L. Prins, J. Woltjer & M. Voskuilen (2023). Agrariers verwerven meeste landbouwgrond, maar hun aandeel daalt. Bijlage bij het kwartaalbericht agrarische grondmarkt 2e kwartaal 2023 van het Kadaster en Wageningen Economic Research.

Lageschaar, L., Rougoor, C., Leendertse P. (2020). Gevolgen voor milieubelasting van het water door verschuiving naar intensievere teelten in Noord-Brabant – Achtergrondrapport. CLM.

Lesschen, J. P., Heesmans, H., Mol-Dijkstra, J., van Doorn, A. M., Verkaik, E., van den Wyngaert, I. J. J., & Kuikman, P. J. (2012). Mogelijkheden voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw en natuur. Alterra, Wageningen, the Netherlands.

van Leeuwen, T. (2022). *Verschillen in stikstofgebruik tussen regio's nemen toe.* Agrimatie. Geraadpleegd op 2 maart 2023 van https://www.agrimatie.nl/PublicatiePage.aspx?subpubID=2523&themaID=2282&indicatorID=2772&sectorID=2233

Li, X. G., Li, F. M., Zed, R., Zhan, Z. Y., & Singh, B. (2007). Soil physical properties and their relations to organic carbon pools as affected by land use in an alpine pastureland. Geoderma, 139(1–2), 98–105.

Lindborg, R., Bernues, A., Hartel, T,. Helm, A., & Ripoll-Bosch, R. (2022). Ecosystem services provided by semi-natural and improved grasslands – synergies, trade-offs and bundles. *European grassland federation, proceedings of the 29th General Meeting:* 55-66.

Logsdon, S. D., & Linden, D. R. (1992). Interactions of earthworms with soil physical conditions influencing plant growth. *Soil Science*, *154*(4), 330-337.

Magid, J., Jensen, M.B., Mueller., T., & Hansen, H.C.B. (1999). Phosphate Leaching Responses from Unperturbed, Anaerobic, or Cattle Manured Mesotrophic Sandy Loam Soils. *J. Environ. Qual.,* 28:1796-1803.

Marrs, R.H., Gough, M.W., & Griffiths, M. (1991). Soil chemistry and leaching losses of nutrients from semi-natural grassland and arable soils on three contrasting parent materials. *Biological Conservation 57, issue 3.*

McLenaghen, R. D., Malcolm, B. J., Cameron, K. C., Di, H. J., & McLaren, R. G. (2017). Improvement of degraded soil physical conditions following the establishment of permanent pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, *60*(3), 287-297.

MEA, 2005. Millennium ecosystem assessment. www.millenniumassessment.org (geraappleegd op 2 maart 2023).

van der Meulen, H. (2022, 30 juni). *Permanent grasland in Noord-Holland lager dan in rest van Nederland; eiwit van eigen land hoger*. Agrimatie. Geraadpleegd op 6 maart 2023 van https://www.agrimatie.nl/PublicatieRegio.aspx?subpubID=2518&themaID=2286&indicatorID=2911&sectorID=7229

Murugan, R., Loges, R., Taube, F., & Joergensen, R. G. (2013). Specific response of fungal and bacterial residues to one-season tillage and repeated slurry application in a permanent grassland soil. *Applied soil ecology*, *72*, 31-40.

Nevens, F., & Reheul, D. (2002). Permanent grassland and 3-year leys alternating with 3 years of arable land: 31 years of comparison. *Europ. J. Agronomy, 19,* 77-90.

Oenema, J., & Velthof, G.L. (2018). *CDM-advies: Update beoordeling derogatie-opties*. Wageningen University & Research. Geraadpleegd op 2 maart 2023 van https://www.wur.nl/nl/Publicatie-details.htm?publicationId=publication-way-353339343034

Ozinga, W.A., Scheper, J.A., de Groot, A., Reemer, M., Raemakers, I., van Dooremalen, C., ... & Kleijn, D. (2018). Wilde bijen en zweefvliegen per landschapstype (No. 2920). *Wageningen Environmental Research.*

Pijlman, J., & Wattel, E. (2023). Methaanafbraak in bodems - Een literatuurstudie. LbD 2023-028, Louis Bolk Instituut, Bunnik.

Plassart, P., Vinceslas, M.A., Gangneux, C., Mercier, A., Barray, S., & Laval, K. (2008). Molecular and functional responses of soil microbial communities under grassland restoration. *Agriculture, ecosystems & environment*, *127*(3-4), 286-293.

Postma-Blaauw, M.B., de Goede, R.G., Bloem, J., Faber, J.H., & Brussaard, L. (2010). Soil biota community structure and abundance under agricultural intensification and extensification. *Ecology*, *91*(2), 460-473.

Postma-Blaauw, M.B., De Goede, R.G., Bloem, J., Faber, J.H., & Brussaard, L. (2012). Agricultural intensification and de-intensification differentially affect taxonomic diversity of predatory mites, earthworms, enchytraeids, nematodes and bacteria. *Applied Soil Ecology*, *57*, 39-49.

Reidsma, P., Tekelenburg, T., van den Berg, M., & Alkemade, R. (2006) Impacts of land-use change on biodiversity: an assessment of agricultural biodiversity in the European union. *Agriculture, Ecosystems and Environment 114,* p. 86-102.

Rutgers, M., Schouten, A.J., Bloem, ; De Goede, Jagers op Akkerhuis, G.A.J.M., Van Der Wal, A., Mulder, C., Brussaard, L., Breure, A.M., 2009. Biological measurements in a nationwide soil monitoring network. Eur. J. Soil Sci. 60: 820-832.

Schepens, J.A.B., Timmermans, B.G.H., Fuchs, L.M., Peters, R., Bloem, J., Heupink, D.T., … & Koopmans C.J. (2022). Meerjarige evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof in minerale gronden. *Louis Bolk Instituut, publicatienummer 2022-016-LbP*.

Schils, L.M.R., Bufe, C., Rhymer, C.M., Francksen., R.M., Klaus, V.H., Abdalla, M., … & Price, J.P.N. (2022). Permanent grasslands in Europe: Land use change and intensification decrease their multifunctionality. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 330*.

van Schooten, H., Philipsen, B., & Groten, J. (Eds.) (2019). Handboek snijmaïs. (*Wageningen Livestock Research Handboek snijmaïs; No. 40*). Wageningen Livestock Research. DOI: 10.18174/514592

Schoumans, O.F. (2004). Inventarisatie van de fosfaatverzadiging van landbouwgronden in Nederland. *Wageningen, Alterra,* Alterra *rapport 730.4*.

Schröder, J.J., & van Middelkoop, J.C. (2016). Milieukundige voetafdruk van de teelt van ruwvoergewassen. *Wageningen Plant Research*.

Sears, P.D. (1950). Soil fertility and pasture growth. *Journal of the British Grassland Society 5*, 267-280.

Šebek, L. B., & van Bruggen, C. (2021). Excretieforfaits melkvee: actualisatie 2021.

Slier, T. & Velthof, G. L. (2021). 30 vragen en antwoorden over lachgasemissie uit landbouwgronden. *Wageningen Environmental Research*.

Spedding C.R.W. (1988) *An introduction to agricultural systems*. Springer, The Netherlands, pp 15–40

Stip, A., & van Grunsven, R.H.A. (2018). Beheermaatregelen voor insecten in graslanden in midden Friesland. *De Vlinderstichting, Wageningen, Rapport VS2018.018*.

Struyk, P. A., Timmermans, B. G. H., & van Eekeren, N. (2020). Organisch stofgehalte in bodem natuurgraslanden niet gestegen. Vakblad Natuur Bos Landschap 168, 12–15.

Tscharntke, T., & Greiler, H. J. (1995). Insect communities, grasses, and grasslands. *Annual review of entomology*, *40*(1), 535-558.

van't Veer, R., Sierdsema, H., Musters, C. J. M., Groen, N., & Teunissen, W. A. (2008). Weidevogels op landschapsschaal. Ruimtelijke en temporele veranderingen. *Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en voedselkwaliteit, Rapport DK nr*. 2008/dk105.

Vellinga, T. V., Van den Pol-van Dasselaar, A., & Kuikman, P. J. (2004). The impact of grassland ploughing on CO_2 and N_2O emissions in the Netherlands. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, *70*(1), 33-45.

Vellinga, T. V., Blonk, H., Marinussen, M., van Zeist, W. J., de Boer, I. J. M., & Starmans, D. (2013). Methodology used in FeedPrint: a tool quantifying greenhouse gas emissions of feed production and utilization. Wageningen, Livestock Research-report 674.

Velthof, G. L., Hoving, I. E., Dolfing, J., Smit, A., Kuikman, P. J., & Oenema, O. (2009). Method and timing of grassland renovation affects herbage yield, nitrate leaching, and nitrous oxide emission in intensively managed grasslands. *Nutrient cycling in agroecosystems*, *86*(3), 401-412.

Vleeshouwers, L. M., & Verhagen, A. (2002). Carbon emission and sequestration by agricultural land use: a model study for Europe. *Global change biology*, *8*(6), 519-530.

Vonk, J., Arets, E. J. M. M., Bannink, A., van Bruggen, C., Groenestein, C. M., Huijsmans, J. F. M., ... & Velthof, G. L. (2020). Referentieraming van emissies naar de lucht uit landbouw en landgebruik tot 2030, met doorkijk naar 2035: Achtergronddocument bij de Klimaat-en Energieverkenning 2020 (No. 1278). Wageningen Livestock Research.

Vonk, J., van Bruggen, C., Lagerwerf, L. A., Huijsmans, J. F. M., Luesink, H. H., van der Zee, T., & Velthof, G. L. (2023). Raming van luchtemissies uit de landbouw tot 2030, met doorkijk naar 2040: Achtergronddocument veehouderij en akkerbouw bij de Klimaat-en Energieverkenning 2022 (No. 1399). Wageningen Livestock Research.

de Wit, J., van de Goor, S., Pijlman, J., & N. van Eekeren. (2018). Opbouw organische stof met blijvend grasland. *V-focus 21 maart 2018,* p. 32-34.

Bijlage: Indeling van landbouwgebieden in Nederland in groepen

Bouwhoek en Hogeland • Oostelijk Hogeland • Noordelijk Friesland	**Veenkoloniën en Oldambt** • Oostelijke Bouwstreek in Groningen • Westerwolde en Groninger Veenkoloniën • Drentse Veenkoloniën en Hondsrug • Smilde en Centraal Zandgebied in Drenthe
Noordelijk weidegebied • Centraal Weidegebied in Groningen • Groninger zuidelijk Westerkwartier • De Wouden • Eilanden • Weidestreek in Friesland • Weidegebied van het Noorderveld • Zuidwestelijk Weidegebied in Drenthe • Weidegebied in Overijssel	**Oostelijk veehouderijgebied** • Zuidelijk Zandgebied in Drenthe • Noordoost-Overijssel • Salland • Twente • Achterhoek • IJsselstreek • Zuidelijk Gelderland
Centraal veehouderijgebied • Oostelijke Veluwe • Westelijke Veluwe • Zandgebied in Utrecht	**IJsselmeerpolders** • Noordoostelijke Polder • Zuidelijke IJsselmeerpolders • Wieringen en Wieringermeer
Waterland en Noordhollandse Droogmakerijen	
Hollands/Utrechts weidegebied • Eemland • Westelijk weidegebied in Utrecht • Krimpenerwaard en Oostelijk Rijnland • Alblasserwaard en Vijfherenlanden • 't Gein en Gooiland	**Rivierengebied** • Bommelerwaard • Oostelijke Betuwe en Nijmegen • Veluwezoom en Betuwe • Centraal tuinbouwgebied in Utrecht • Kromme Rijn-streek en Heuvelrug • Oostelijke Langstraat
Westelijk Holland • Texel en Land van Zijpe • West-Friesland en omgeving • Kennemerland • Amstelland en Aalsmeer • Haarlemmermeer • Bollenstreek [Zuid-Holland] • Boskoop en Rijneveld • Westelijk Rijnland • Westland en Zuidhollandse Droogmakerijen • Rotterdam en omgeving	**Zuidwestelijk akkerbouwgebied** • Voorne-Putten en Hoeksche Waard • Goeree-Overflakkee • Noordelijk Zeeland • Walcheren en Zuid-Beveland • Zeeuwsch-Vlaanderen • Noordwesthoek • Biesbosch
Zuidelijk veehouderijgebied • Westelijke Langstraat • Midden Noord-Brabant • De Kempen • Westelijk Peelgebied' • Maaskant en Land van Cuijk • Noord-Limburg	**Zuidwest Brabant** • Westelijke Zandgronden • Land van Breda
Zuid-Limburg	