

2025

Nieuwe wetenschappelijke inzichten:  
oplossing Stikstofcrisis dichtbij



Wim de Hoop

Kennis Center voor

Groene Groei

(KCGG)

20-5-2025; concept

# Inhoudsopgave

1. Samenvatting .....	2
2. Inleiding .....	6
3. Forse daling van stikstofoverschot, nitraatuitspoeling, ammoniakemissie en ureumgehalte in periode van doelvoorschriften en veel minder tijdens middelvoorschriften .....	7
4. Nieuwe inzichten over relatie kunstmestgiften, kwaliteit van het gras en emissies .....	10
5. Effect veel gras (en hooi) op kwaliteit van de melk, het zuivel. ....	18
6. Beleidsopties van doelsturing die leiden tot een snelle, effectieve, efficiënte en borgbare oplossingen.....	19
Bijlage 1. Literatuur over effect van ureumdaling op ammoniakemissie.....	26
Bijlage 2. Uit bundel Stikstofbenutting en -verliezen van gras- en maïslaan. ....	29
Bijlage 3 . De nitraatuitspoelingsfracties van het stikstofbodemoverschot.....	32
Bijlage 4. Regressievergelijking voor verklaring nitraatconcentraties van LEI-Wageningen UR, 2010. ....	34
Bijlage 5. Effect van veel gras voeren op vetzuursamenstelling melk en een studie over belang Omega3 op gezondheid van de mens .....	35
Bijlage 6. Studie over doelsturing van Wageningen UR. ....	36
Bijlage 7. Concrete doelsturing met voorbeelden van bonus-malussysteem op de KPI's ureum in de melk en stikstofbedrijfsoverschot per ha.	

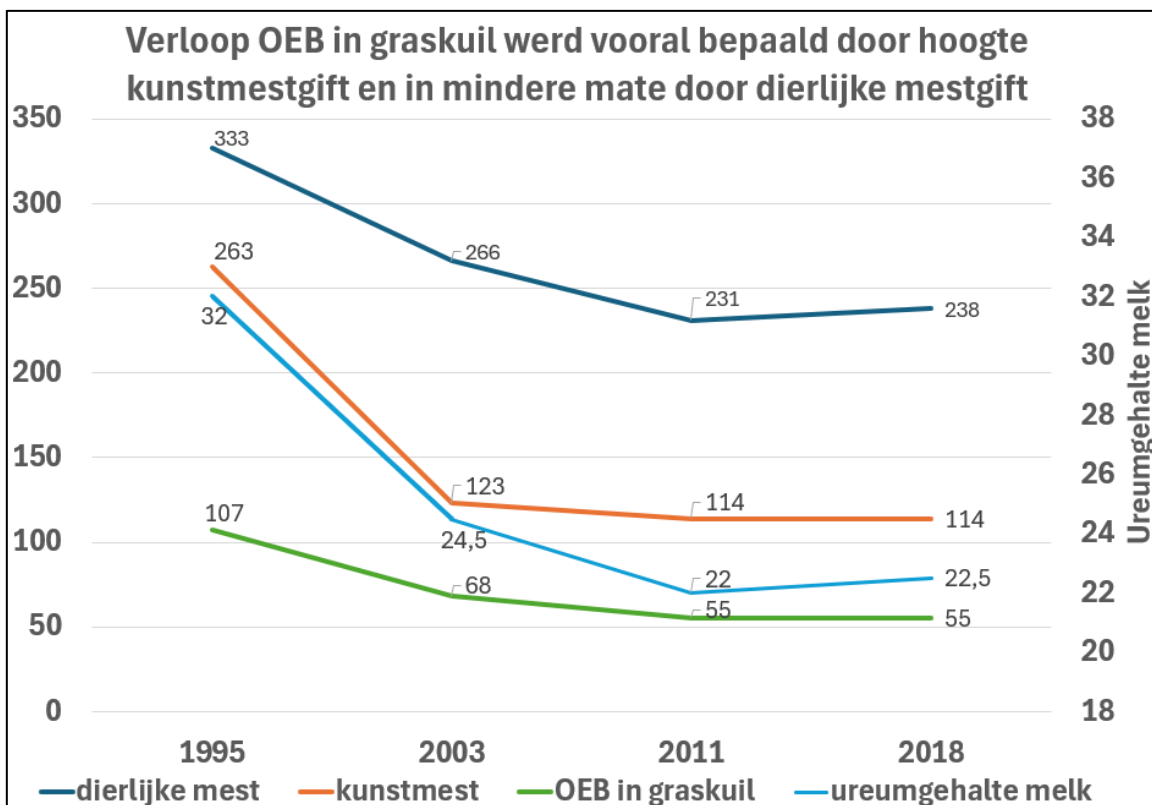
Wim de Hoop, Kennis Center voor Groene Groei; Mailadres: [dehoop@kcg.nl](mailto:dehoop@kcg.nl)

Voormalig hoofd afdeling Bedrijf en Beleid binnen LEI-Wageningen UR; sinds 2012 consultant met veel integrale projecten met landbouwers rond verduurzaming van de landbouw.

# 1. Samenvatting

Nieuwe wetenschappelijke data en tacit knowledge van meerdere melkveehouders, die integraal denken, gaven recent nieuwe inzichten in welke factoren vooral bepalend zijn voor de problemen met stikstofemissies, nitraatuitspoeling en mestoverschotten op melkveebedrijven. En dat leidde tot een vervanging van het heersende paradigma, tot een nieuwe kijk op de werkelijkheid. En daarmee tot een andere aanpak van het onderzoek en van beleidsadviezen.

Eén van die nieuwe wetenschappelijke inzichten kwam voort uit de analyse van de melkveehouderij in Nederland over verloop in de tijd van het kunstmestgebruik per ha en de kwaliteit van het gras (zie grafiek hieronder). Het huidige bemestingsonderzoek kijkt eigenlijk alleen naar de hoeveelheid stikstofopbrengst in het geoogste gras op de diverse proefvelden, maar niet naar de kwaliteit van dat gras. Deze grafiek laat juist zien dat de hoogte van de kunstmestgift veel invloed heeft op die kwaliteit van het gras; bij hoge kunstmestgiften in het verleden en ook nu nog, zeker bij nitraatkunstmeststoffen, krijg je veel onbestendig eiwit (OEB) in het gras en te weinig bestendig eiwit. De koe benut dit eiwit, zonder overige rantsoenaanpassingen, dan veel te weinig en wordt uitgescheiden in de urine als ureum dat wordt omgezet tot ammoniumstikstof in de drijfmest.



Deze ammoniumstikstof in de drijfmest veroorzaakt de ammoniakemissie. En die ammoniumstikstof in de mest is gevoeliger voor nitraatuitspoeling dan de organisch gebonden stikstof in de mest. Een hoge kunstmestgift kan dan ook indirect leiden tot extra nitraatuitspoeling via die dierlijke mest. Het ureumgehalte in de melk is een goede indicator voor de benutting van het eiwit door de koe (zie het verloop van het ureumgehalte in relatie tot het kunstmestgebruik). Sturen op een laag ureum heeft dan voordelen voor lagere ammoniakemissie, betere drijfmest met een hoger aandeel organisch gebonden stikstof en veel minder ammonium-stikstof, lagere stikstofexcretie per koe, lagere nitraatuitspoeling en beperking van het rundermestoverschot.

Tijdens de periode van doelsturing met voor stikstof alleen sturing op stikstofbedrijfsoverschot per ha (MINAS-periode van 1998 tm 2005) daalde vooral het kunstmestgebruik per ha en als gevolg daarvan het ureumgehalte in de melk. In de periode met middelsturing vanaf 2006 tot nu toe moest het dierlijk mestgebruik per ha wel flink dalen maar het kunstmestgebruik niet. In die periode daalde de nitraatuitspoeling nagenoeg niet.

Het gemiddelde dierlijke mestgebruik per ha daalde ook in die MINAS-periode. Maar de hoogte van deze dierlijke mestgift bepaalt in mindere mate het eiwitgehalte in het gras dan de kunstmestgift, zoals o.a. blijkt uit de studie van Wageningen UR, die in het rapport wordt besproken. In dat onderzoek werd een vergelijking gemaakt bij gelijke bemesting van kunstmest en dierlijke mest per ha op N-recovery (dus niet op kwaliteit van het gras) en op de nitraatuitspoeling. Uit dat onderzoek bleek dat de nitraatuitspoelingsfractie (nitraatuitspoeling per ha als deel van stikstofbodemoverschot per ha) van kunstmest vele malen hoger was dan van dierlijke mest. En in die studie die bedoeld was ter ondersteuning van het Actieprogramma voor de Nitraatrichtlijn werden niet de indirecte effecten van kunstmestgebruik op de nitraatuitspoeling, op bedrijfsniveau dus, gemeten.

Het RIVM gebruikt in haar modellen voor beleidsadvies rond bijvoorbeeld de Gebruiksnormen of een derogatieverzoek alleen berekende uitspoelingsfracties van het stikstofbodemoverschot en houdt dus onterecht geen rekening met verschillende uitspoelingsfracties voor dierlijke mest en kunstmest.

Conclusie is dat door doelsturing op ureumgehalte in de melk al veel wordt bijgedragen aan de oplossing van veel problemen. Al het management “voor de koe” wordt hiermee integraal beïnvloed (zie volgende figuur). Ureum als KPI voor doelsturing heeft ook het grote voordeel dat het goed meetbaar en borgbaar is. “Achter de koe” zijn ook nog vele mogelijkheden tot emissiereductie (zie volgende figuur). We weten nog niet wat precies de effecten zijn van al die mogelijke maatregelen en het meten ervan is ook lastig. Als een maatregel of een combinatie van maatregelen ‘werkt’, komt dit vanzelf tot uiting in het goed meetbare stikstofbedrijfsoverschot per ha (een indicator voor stikstofbedrijfs efficiëntie). Doelsturing in de melkveehouderij blijkt snel invoerbaar, borgbaar, efficiënt en effectief te zijn met de twee KPI’s, zoals in het volgende overzicht benoemd.



De huidige geleidelijke afschaffing van de derogatie leidt tot hoger kunstmestgebruik door vervanging van dierlijke mest door kunstmest. Vanuit oogpunt van ureum in de melk en daarmee van ammoniumstikstof in de mest en vanuit oogpunt van nitraatuitspoeling is dat niet gewenst. Toen in 1991 de Nitraatrichtlijn werd ingevoerd werd gekozen voor maximaal 170 kg N uit dierlijke mest per ha. Maar die dierlijke mest van 1991 is niet gelijk aan de dierlijke mest van 2018 of van 2026 of 2030 bij daling van het ureumgehalte in de melk. Zoals uit de tabel hierna blijkt bevatte de drijfmest in 1991 bij de invoering van de Nitraatrichtlijn 65 % ammoniumstikstof, waarvan een deel kon uitspoelen.

	1991	2026	
<b>max. N uit dierlijke mest</b>	<b>170</b>	<b>170</b>	<b>Sturen op ammoniumstikstof in dierlijke mest met Gebruiksnorm dierlijke mest van 115 kg ammoniumstikstof per ha.</b>
<b>% ammonium-stikstof in de dierlijke mest</b>	<b>65</b>	<b>43</b>	
<b>Dan ammoniumstikstof per ha uit dierlijke mest</b>	<b>110</b>		<b>Reden: de ammoniumstikstof veroorzaakt ammoniakemissie en kan tot uitspoeling leiden. De organische stikstof in de mest spoelt veel minder uit en bevordert de bodemkwaliteit, met ook meer organische stof</b>
<b>totaal stikstof uit dierlijke mest per ha bij 110 kg ammoniumstikstof per ha uit dierlijke mest</b>		<b>256</b>	

Door de daling van het ureumgehalte zal in 2026 het aandeel ammoniumstikstof dalen naar rond de 43 % van de totale N-in de drijfmest. Bij gelijke gift per ha van ammoniumstikstof in runderdrijfmest in 1991 en 2026 zou 110 kg ammoniumstikstof kunnen worden aangewend. Zodat er met de dierlijke met relatief meer organisch gebonden stikstof, meer organische stof en andere nuttige nutriënten gegeven kunnen worden. Met ook als voordeel minder kunstmestgebruik en emissies bij de productie van kunstmest. Zo'n normstelling voor maximaal dierlijk mestgebruik per ha op basis van 110 kg ammoniumstikstof in de dierlijk zou, naast de doelstelling op de twee genoemde KPI's, bijdragen aan een stimulans tot ureumverlaging. Met tot gevolg minder emissies, betere bodemkwaliteit, minder kunstmestaankopen, ook van fosfaat en kali en sporenelementen, minder mestoverschotten door minder stikstof-excretie per koe en minder nitraatuitspoeling. En ureumverlaging is ook goed voor de diergezondheid. Daarnaast maakt ureumverlaging door betere kwaliteit gras het mogelijk om de koeien meer gras te voeren dan tot nu toe. Dat heeft een gunstig effect op de concurrentiekracht van extensivering t.o.v. intensivering. Zeker als de gezondere kwaliteit melk en zuivel door het voeren van meer gras aan de koeien, ook een nieuw wetenschappelijk inzicht, leidt tot een plus in de markt doordat de consumenten dit meer gaan waarderen. Extensivering kan dan leiden tot minder koeien. De oplossingsrichtingen staan in het volgende overzicht.

# Oplossingsrichtingen:

- Streng sturen met beloningssystemen op twee KPI's: Ureum en Stikstofbedrijfsoverschot per ha (Bedrijfsstikstofefficiëntie; met rekening-courantsysteem over jaren)
- Nieuwe Gebruiksnorm voor toepassing dierlijke mest op basis van maximaal 110 kg ammoniumstikstof uit dierlijke mest per ha
- Meer verlaging van stikstofexcretienormen per koe dan in normentabel 6 RVO, afhankelijk van ureumgehalten
- EU-Pilot met Integrated Nutrient Management; aansluitend bij:

## Strategic Dialogue report

On 4 September 2024, President of the European Commission Ursula von der Leyen [received the final report](#) of the Strategic Dialogue on the future of EU agriculture.

REPORT | 9 December 2024

A shared prospect for farming and food in Europe

The final report of the Strategic Dialogue on the future of EU agriculture.



Strategic Dialogue  
on the Future of  
EU Agriculture

Uit onderstaand overzicht blijkt dat wordt geschat dat de genoemde beleidsopties veel bijdragen aan de oplossing van de problemen. Zo'n doelsturing met voldoende strenge normen kan snel worden ingevoerd met ook snel effecten, wat gezien de grootte van de problemen zeer gewenst is. Via bijvoorbeeld een bonus-malussysteem in de bestaande Ecoregeling in het GLB zullen doelen sneller worden bereikt. Zo'n bonus-malussysteem kan worden aangevuld via banken, melkafnemers, provincies. Deze doelsturing behoeft niet dat "de ondernemers de bewijslast hebben om de maatregelen, waarvan uit onderzoek bekend is of ze de gewenste emissiereductie opleveren, correct hebben uitgevoerd", zoals Wageningen UR recent in een studie over doelsturing aangaf. Een doelsturing met deze twee integrale KPI's, ureum en stikstofbedrijfsoverschot, zal ook meer innovaties uitlokken.

Geschatte  
effecten van  
sturing op de  
genoemde  
beleidsopties

**Beleidsopties: Strenge doelsturing op ureum en stikstofbedrijfsoverschot per ha met beloningssysteem en maximaal 110 kg per ha aanwending van ammonium-stikstof uit dierlijke mest**

Geschatte effecten t.o.v. 2018:

- 45 tot 55 % minder ammoniakemissie/ha
- 15 % minder stikstofproductie dierlijke mest
- Geen dierlijk mestoverschot van melkvee
- Minder kunstmestgebruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot
- Meer dan voldoen aan Nitraatrichtlijn

## 2. Inleiding

Door nieuwe data, analyses en ervaringen van praktijkbedrijven kreeg ik nieuwe wetenschappelijke inzichten. En vragen bij het huidige paradigma van de wetenschap omtrent (oorzaken en daarmee oplossingsrichtingen voor de stikstofcrisis, nitraatuitspoeling en mestoverschotten.

Het huidige paradigma ziet vooral het dier en de dierlijke mest als de veroorzaker van de problemen en daar ligt dan ook de focus voor de oplossingsrichtingen van deze problemen. Maar ligt er niet een ander probleem achter? En moet dat achterliggende probleem niet vooreerst worden aangepakt om de problemen op te lossen? Zodat in dit rapport de vraag onder onderstaande plaatjes centraal staat met de hypothese, stelling, boven de plaatjes.

**Stikstofcrisis en problemen met waterkwaliteit en mestoverschotten zijn niet zozeer een dier(lijk mest)-, maar een kunstmestprobleem, namelijk een te veel of niet juiste kunstmestsoorten**



Zijn wij, zwart- en roodbont, het probleem óf



de te vele kunstmest of onjuiste kunstmestsoort op ons grasland, met het onevenwichtige voerrantsoen?

In dit rapport zal daarna worden ingegaan hoe landbouwers het probleem kunnen aanpakken. En welke beleidsopties leiden tot een snelle, effectieve, efficiënte en borgbare oplossingen. Het nieuwe wetenschappelijk inzicht, paradigma, vraagt aanpassing van management en beleid.

THOMAS KUHN  
DE STRUCTUUR VAN  
WETENSCHAPPELIJKE  
REVOLUTIES



Boom

De “bril” van de  
wetenschapper is zijn  
“paradigma”

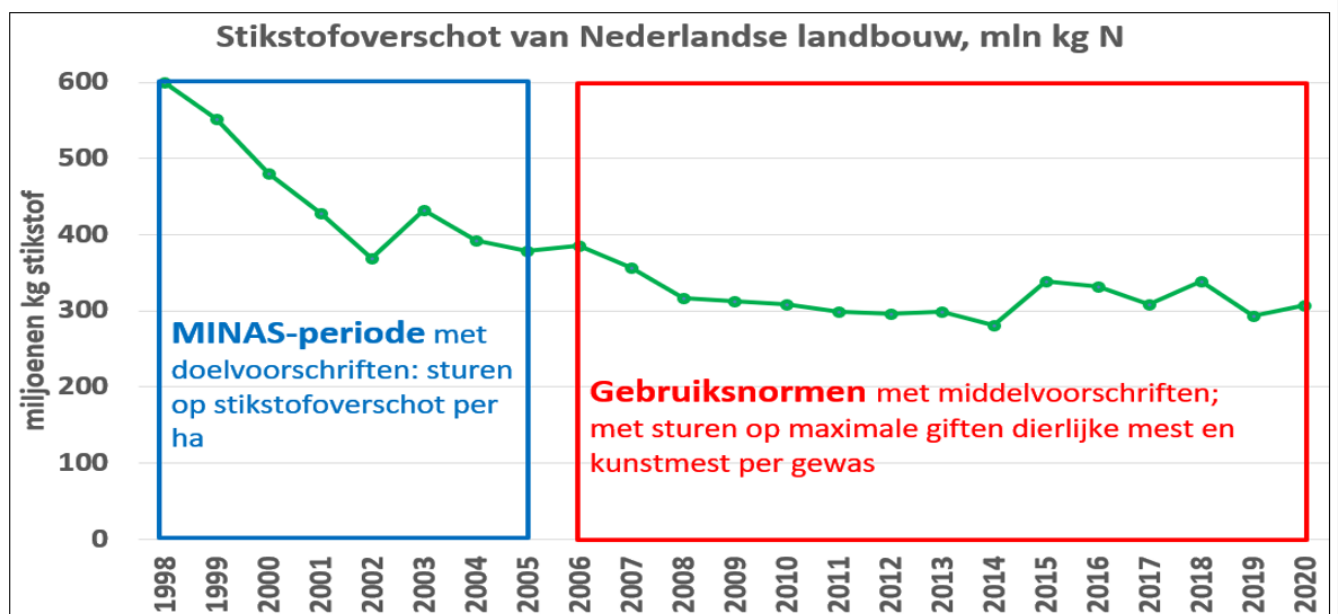
Quote uit Filosofisch  
Magazine:

“Normale wetenschap is  
gebaseerd op de  
veronderstelling dat de  
wetenschappelijke  
gemeenschap weet hoe de  
wereld eruit ziet”

### 3. Forse daling van stikstofoverschot, nitraatuitspoeling, ammoniakemissie en ureumgehalte in periode van doelvoorschriften en veel minder tijdens middelvoorschriften

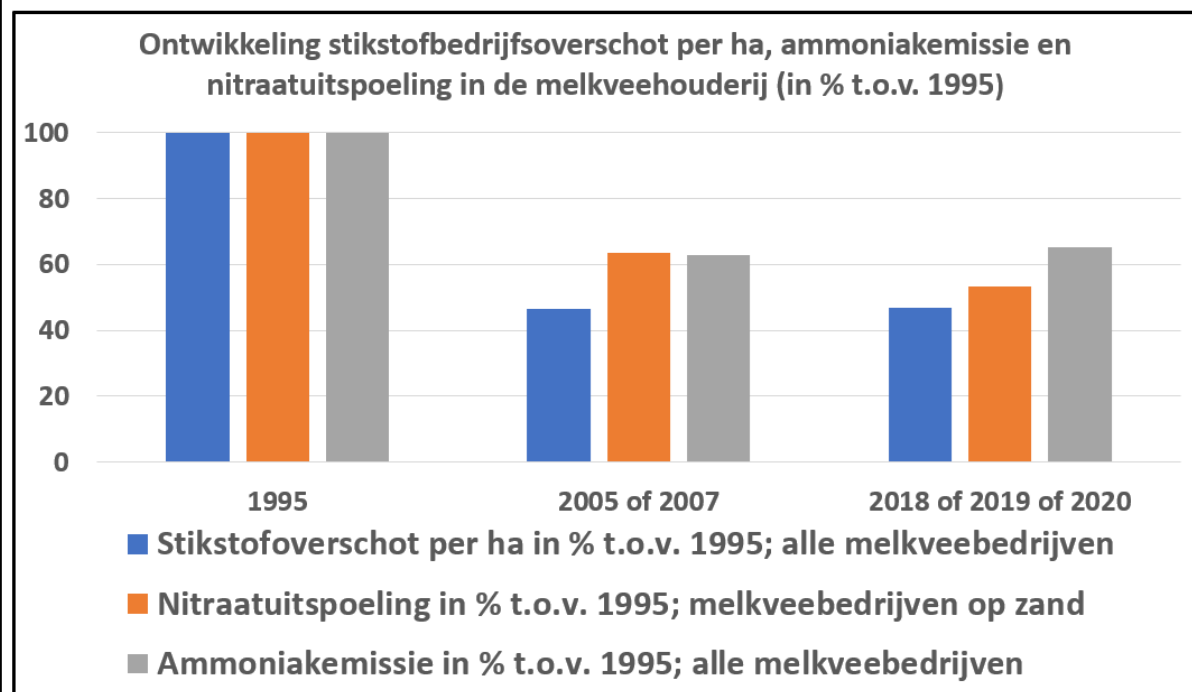
Om inzicht te krijgen in achterliggende oorzaken van de problemen is het goed eerst te kijken naar de ontwikkelingen in het verleden bij verschillende beleidsmaatregelen. Dit kan goed omdat er ervaring is met twee heel verschillende type beleidsmaatregelen in het verleden. Van 1998 tot en met 2005 was er MINAS, een systeem met doelsturing met voor stikstof alleen sturing op één KPI, stikstofbedrijfsoverschot per ha. Opvallend is, zoals blijkt uit de figuur, dat het totale stikstofbedrijfsoverschot in de Nederlandse landbouw daalde met meer dan 200 mln kg stikstof in maar 8 jaren. Vanaf 2006 tot nu toe geldt een beleid met middelsturing met vele type maatregelen op slechts onderdelen van de problemen, zoals de Gebruiksnormen voor maximale aanwending van dierlijke mest en totale mestgift (dierlijke mest en kunstmest). Maar een maximale hoeveelheid stuurt bijvoorbeeld niet op de al of niet efficiënte inzet van deze mest. In de genoemde 15 jaren met deze middelvoorschriften is het totale stikstofoverschot in Nederland maar zeer weinig gedaald.

#### Daling stikstofbedrijfsoverschot in landbouw tijdens doelgericht beleid, met MINAS, en tijdens beleid met middelvoorschriften, met Gebruiksnormen

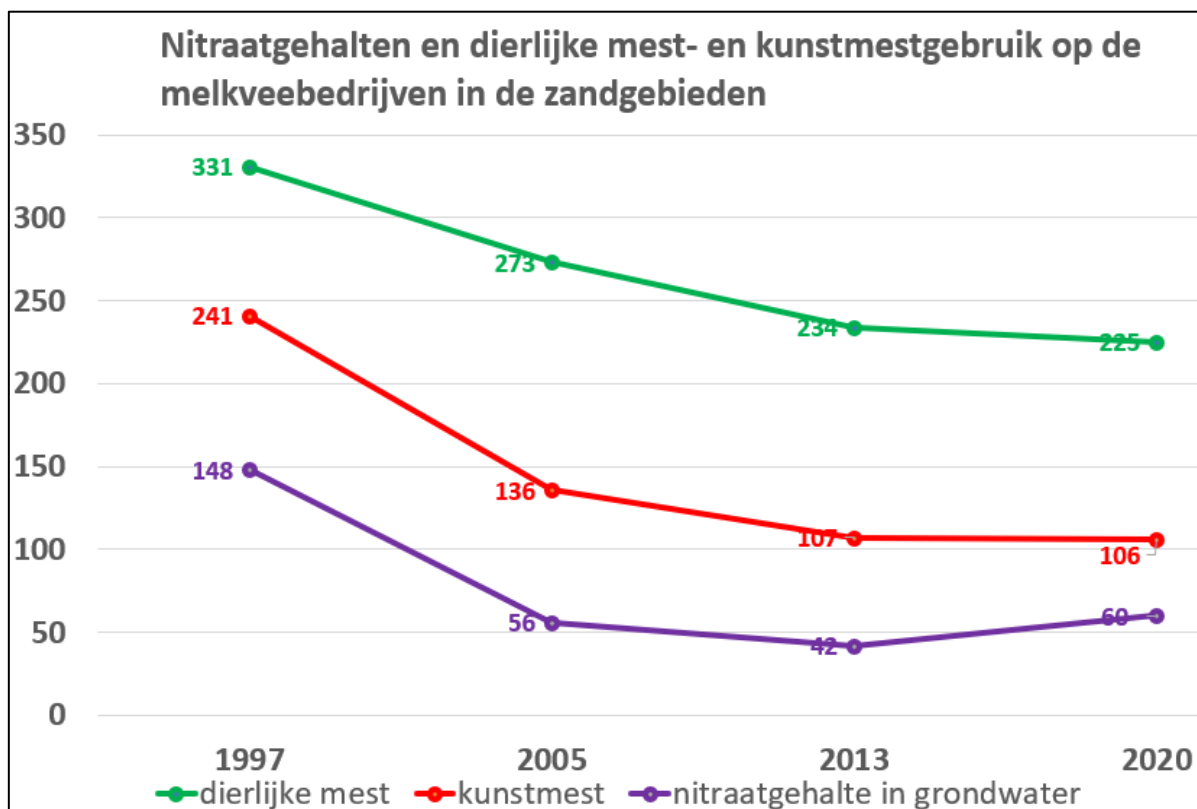


Op melkveebedrijven in Nederland daalde het stikstofbedrijfsoverschot per ha tijdens de periode van doelsturing met MINAS met meer dan 50 %. En de ammoniakemissie met bijna 40 %. Daarna in die 15 jaar maar in zeer geringe mate. Daar op zandgronden de nitraatuitspoeling een probleem is, is in de grafiek hierna de ontwikkeling van nitraatuitspoeling op de melkveebedrijven op zand gegeven. Ook daar blijkt dat tijdens de doelsturing de grootste reductie in nitraatuitspoeling plaatsvond. De grootste problemen met nitraatuitspoeling naar het grondwater zijn echter niet op deze melkveebedrijven met derogatie, waar men meer dierlijke mest per ha mocht uitrijden dan op akkerbouwbedrijven, maar op de akkerbouwbedrijven op zand- en lössgronden (zie figuur op blz 10).

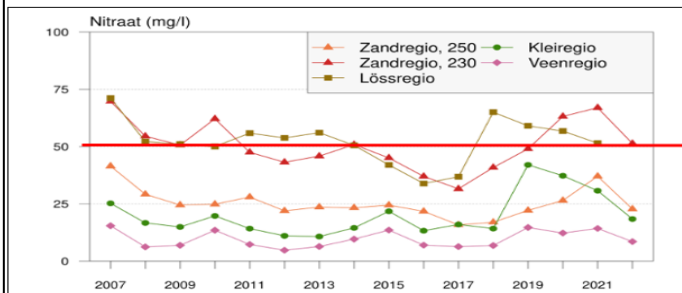
Nitraatuitspoeling en ammoniakemissie ongeveer in gelijke mate gedaald tijdens MINAS-periode.



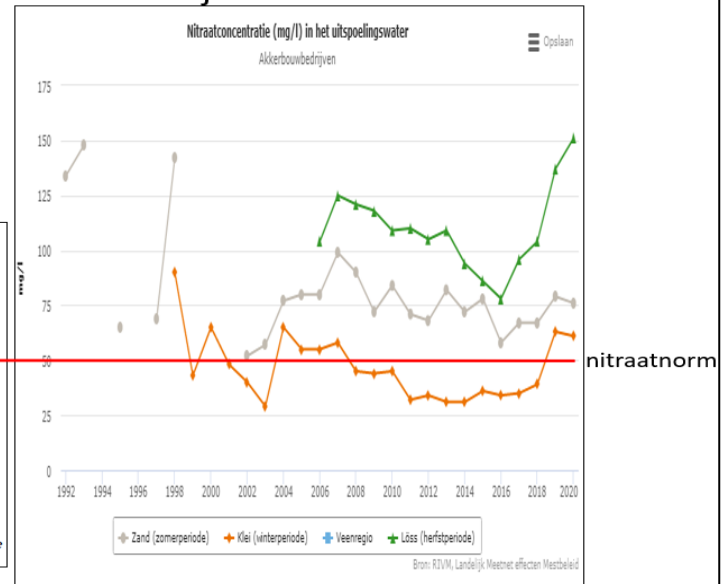
Uit de volgende grafiek blijkt ook dat de nitraatuitspoeling in de MINAS-periode met doelsturing op stikstofbedrijfsoverschot per ha sterk daalde en er na bijna niet meer. Opvallend dat die sterke daling samenliep met een sterke daling van het kunstmestgebruik per ha, 105 kg minder, en veel minder met de daling van de dierlijke mestgift per ha, 58 kg N. In de periode er na met de Gebruiksnormen moest de dierlijke mestgift per ha terug, gemiddeld met 48 kg N, terwijl de kunstmestgift beperkt daalde. Conclusie is dat de hoogte van de kunstmestgift bepalender is voor de nitraatuitspoeling op melkveebedrijven op zand dan de hoogte van de dierlijke mestgift.



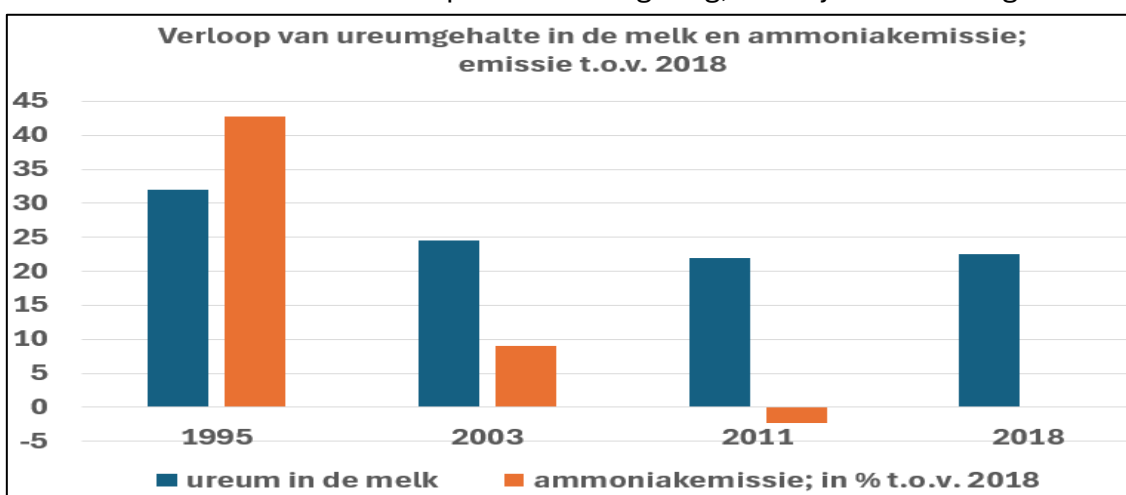
## Nitraatkwiteit bovenste grondwater boven norm op akkerbouwbedrijven op zuidelijk zand en löss, die geen derogatie hebben i.t.t. melkveebedrijven



Figuur 4.13 Gemiddelde nitraatconcentratie (mg/l) in water uitspoelend uit de wortelzone op bedrijven in het derogatiemeetnet in de vier regio's in de periode 2007-2022.

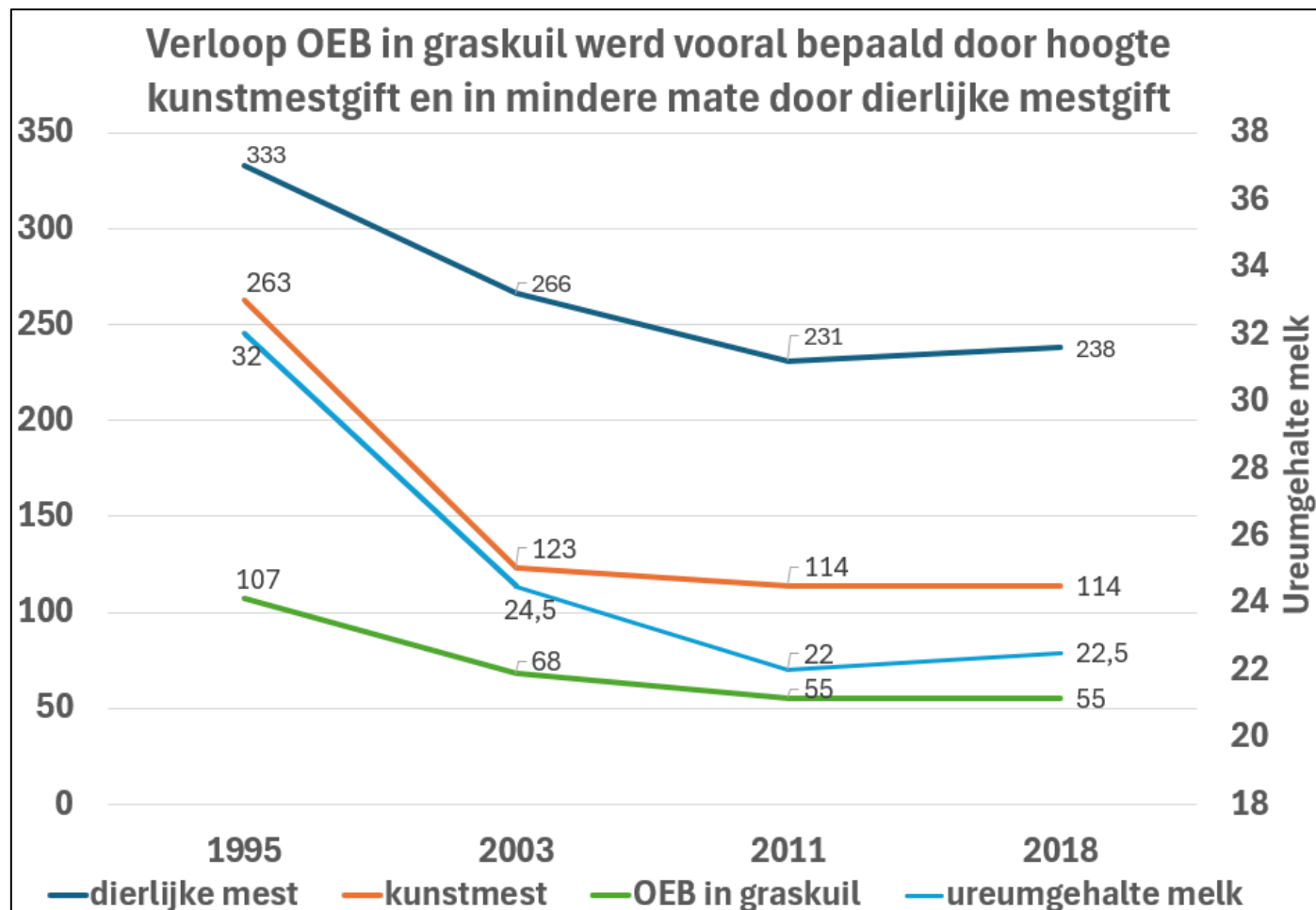


Het ureumgehalte in de melk is indicator in welke mate de koe een goede balans heeft in het voerrantsoen van eiwit en energie. Bij overmatig eiwit en/of te veel onbestendig eiwit en/of een te kort aan energie wordt het eiwit onvoldoende benut en stijgt het ureumgehalte in de melk. Het overtollige eiwit wordt via de lever van de koe afgevoerd in de urine als ureum. In contact met de feces van de koe ontstaat dan ammoniumstikstof, die de ammoniakemissie veroorzaakt. Dus hoe hoger het ureumgehalte in de melk op bedrijfsniveau hoe hoger de ammoniumstikstof in de mest en hoe hoger de ammoniakemissie als de urine en feces bij elkaar komen in de drijfmest. (Op individueel koe niveau heeft ureum als schatter van de stikstofefficiëntie beperkingen, maar op bedrijfs- en jaarniveau is deze veel beter; zie bijlage 1). Uit nationale en internationale literatuur is bekend dat er een relatie is tussen het ureumgehalte in de melk en de ammoniakemissie uit de drijfmest (zie bijlage 1). In de bijlage is op basis van die literatuur een gemiddelde emissiereductie afgeleid bij elke punt daling van ureumgehalte. Dat was 4,2 % per punt daling ureum. Tijdens de doelsturing op het stikstofbedrijfsoverschot, de MINAS-periode, daalde het ureumgehalte in de melk fors van rond de 31 tot ruim 24. Melkveehouders konden onder die doelsturing integrale en efficiënte maatregelen kiezen om het stikstofoverschot tot onder de norm te verlagen. In de periode met middelvoorschriften, vanaf 2006, was er geen of zelf een negatieve prikkel om dit ureumgehalte te verlagen. Het ureumgehalte en daarmee de ammoniakemissie daalde in die periode maar gering; dat blijkt ook uit de grafiek hierna.



## 4. Nieuwe inzichten over relatie kunstmestgiften, kwaliteit van het gras en emissies

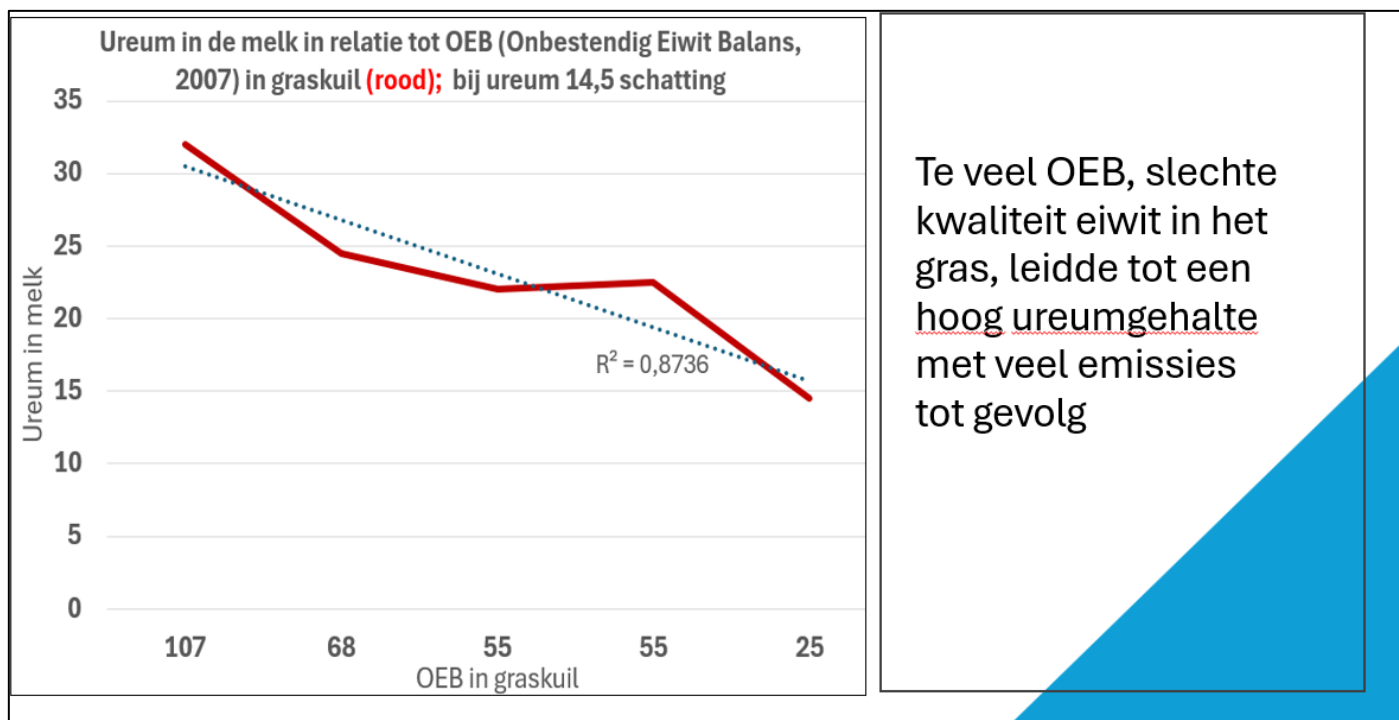
Pas recent ontdekte ik data over het verloop van het onbestendig eiwitgehalte in het gras vanaf 1995; met data van de jaren 2003, 2011 en 2018.



Zoals eerder al bleek daalde het kunstmestgebruik per ha op de melkveebedrijven zeer sterk tijdens de periode met doelsturing van 1998 tot en met 2005. Uit deze nieuwe data over onbestendig eiwit in de graskuil (dus ook in het verse gras) blijkt dat het onbestendig eiwit in het gras (OEB) in de periode van 1995 tot 2003 sterk daalde als gevolg van vooral daling van de kunstmestgift (zie grafiek). De kunstmest bestond toen nog vooral uit KAS (een meststof met veel nitraat). Een hoge kunstmestgift, zeker als die veel nitraat bevat, leidde tot een hoog ruw eiwitgehalte in het gras en tot een ‘slechtere’ kwaliteit eiwit, namelijk veel onbestendig eiwit en relatief te weinig bestendig eiwit (DVE). Te veel onbestendig eiwit voeren aan een koe leidde, zonder overige aanpassingen in het voerrantsoen, tot hoge ureumgehalten, met veel ammoniumstikstof in de drijfmest, met veel ammoniakemissie uit de drijfmest tot gevolg.

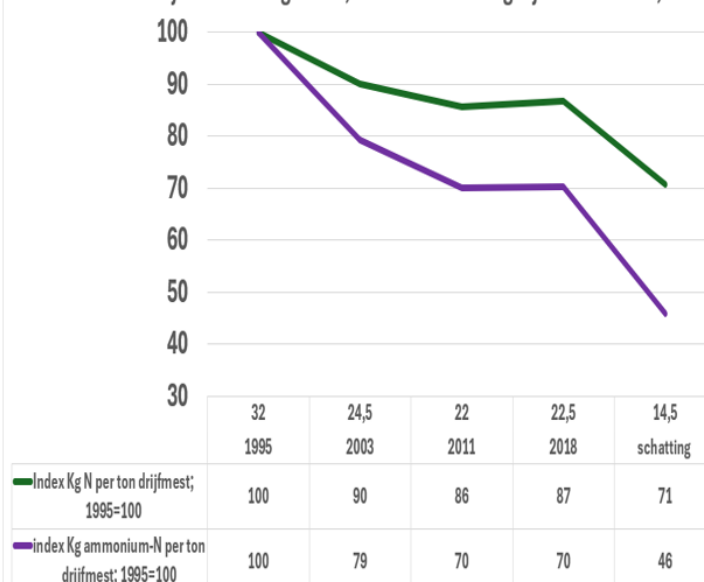
Het gemiddelde dierlijke mestgebruik per ha daalde ook in die MINAS-periode. Maar de hoogte van deze dierlijke mestgift bepaalt in mindere mate het eiwitgehalte in het gras dan de kunstmestgift, zoals o.a. blijkt uit de studie van Wageningen UR, die later wordt weergegeven met vergelijking bij gelijke bemesting van kunstmest en dierlijke mest per ha.

Op basis van deze nieuwe data over verloop van OEB en over ureum in de melk in de Nederlandse melkveehouderij blijkt een duidelijke relatie tussen hoogte van de kunstmestgift, het OEB en het ureumgehalte in de melk. Het hele voerantsoen speelt natuurlijk ook een rol bij de hoogte van het ureumgehalte. In de volgende figuur is de relatie tussen OEB in het gras en ureum weergegeven op basis van de historische data zoals genoemd in de vorige grafiek. In deze grafiek is ook een schatting gegeven bij een ureum van 14,5.



Zoals aangegeven was bij een hoge kunstmestgift veel OEB in het gras en als gevolg daarvan een hoog ureumgehalte in de melk en veel ammoniumstikstof in de drijfmest. In de volgende grafiek is aangegeven dat tijdens de periode van doelsturing met MINAS het ureumgehalte daalde van rond de 32 naar 24,5. De stikstofinhoud per ton mest daalde daardoor met 10 % t.o.v. 1995. In de periode met middelsturing trad nagenoeg geen daling op. Door een daling van het ureumgehalte naar 14,5 zou het stikstofgehalte per ton drijfmest met bijna 30 % dalen t.o.v. 1995. Zodat het mestoverschot op veel melkveebedrijven en ook nationaal fors kan dalen. Vooral de ammoniumstikstof per ton drijfmest zou dan veel meer dalen; bij een ureum van 14,5 wel met ruim 50% t.o.v. 1995. En t.o.v. 2018 met rond de 34 %. En die 14,5 ureum lijkt haalbaar, daar na al diverse melkveebedrijven in het project Management Duurzame Melkveehouderij een jaargemiddeld ureum hadden van rond de 15.

Ontwikkeling stikstofinhoud, totaal N en ammonium-N, per ton mest afhankelijk van ureumgehalte; inclusief schatting bij ureum van 14,5



Er is al veel gewonnen tijdens periode van doelsturing (1998-2005). Er is nog veel te winnen! Kansen voor lager ureum; dan minder ammonium-N in de mest, dan minder NH<sub>3</sub>-emissies en nitraatuitspoeling met lagere mestoverschotten

*Diverse MDM-bedrijven in project Management Duurzame Melkveehouderij hebben al ureum onder de 15 (gemiddeld in het jaar)*

Uit gegevens van de WOt-technical report 242, 2023, van Wageningen UR blijkt ook dat de stikstof-excretie per koe daalde vooral tijdens de periode van doelsturing. Daarna steeg de excretie per koe mede door de vrij sterk stijgende voeropname door de koe door de hogere melkgift per koe. Maar de ammoniumstikstof in de mest, die de ammoniakemissie veroorzaakt, daalde nog wat verder door. Op basis van deze gegevens is berekend dat per punt daling van het ureumgehalte de ammoniumstikstof per ton mest met 4,4 % daalde. Dat klopt goed met de eerder genoemde 4,2%).

## Koe en mest van 1991 was anders dan van 2005, 2018 (en van 2030)

### Verloop van excretie per koe per jaar van totaal stikstof en ammoniumstikstof en verloop ureumgehalte.

Gegevens over excretie en ammoniumstikstof uit WOt-technical report 242, Wageningen UR, 2023

	1991	1997	2005	2018
N-excretie per koe per jaar (Kg N)	155	150	133	147
Waarvan ammoniumstikstof	68%	66 %	58%	56 %
Ammoniumstikstof per koe	106	99	77	92
Ureumgehalte in melk		31	24,7	22,5
% daling ammoniumstikstof in mest per punt ureumdaling in 2005 t.o.v. 1997 (bij omrekening naar gelijke melkgift per koe)			4,4 %	

Waarom is dit een nieuw wetenschappelijk inzicht? Namelijk het inzicht dat vooral de hoogte van de kunstmestgift en/of de soort kunstmest zo sterk bepalend waren en zijn voor de Stikstofcrisis, de problemen met nitraatuitspoeling en de mestoverschotten. (Tussen haakjes; misschien is dit inzicht niet

zo nieuw daar in een bundel onder redactie van H.G. van der Meer, CABO, al werd gezegd dat *“Systematisch onderzoek is nodig naar factoren die de benutting van N in het gras door het vee bepalen. In dit kader dient onderzoek gedaan te worden naar de aard van de N-verbindingen in gras, naar de bestendigheid van deze N-verbindingen tegen afbraak in de pens en naar de aard en afbreekbaarheid van in het gras aanwezige koolhydraten”*; zie meer info in bijlage 2. Dit advies is later in de bemestingsproeven niet opgevolgd).

Het oude paradigma, die kijkt op de werkelijkheid en hoe het onderzoek moet worden aangepakt, is tot nu toe te veel gericht op afzonderlijke onderdelen; onderdelen die los van elkaar en niet integraal worden onderzocht. Dat leidde tot tegenstrijdigheden en zaken die niet verklaard konden worden. En nieuwe data en tacit knowledge van meerdere melkveehouders die integraal denken gaven nieuwe inzichten. Het onderzoek is vaak heel goed in het analyseren, in het opdelen, uiteenrafelen, in onderdelen, zodat elk onderdeel uitvoerig wordt onderzocht. Maar daar ontbrak de integratie. Zodat zaken niet werden gezien, onderzocht. Enkele voorbeelden daarvan, die leidden tot onjuiste of onvolledige conclusies en daarop gebaseerde beleidsaanbevelingen worden hierna gegeven.

Zo werd in veel uitgevoerde stikstofproeven met verschillende mestsoorten en met effecten op nitraatuitspoeling alleen aandacht gegeven en dus alleen gemeten en gerekend met:

- De effecten van de verschillende mestsoorten op de zg. N-recovery van de mestsoorten. Dat betekent: wat is de extra stikstofopbrengst in het bemeste deel t.o.v. het niet-bemeste deel. Dus er werden geen metingen uitgevoerd naar de kwaliteit van het eiwit in het gras. En dat is juist zo belangrijk voor de benutting door de koe;
- Er werden in die studies alleen metingen uitgevoerd voor het directe effect van de mestsoort op het proefperceel op de nitraatuitspoeling van dat proefveld. Maar er werd geen rekening gehouden met het feit dat de hoogte van de kunstmestgift en/of -soort effect kunnen hebben op de eiwitkwaliteit van het gras, bijvoorbeeld veel OEB, en daarmee op de benutting door de koe en daarmee op de hoeveelheid en aandeel ammoniumstikstof in de mest. Deze ammoniumstikstof in de mest zorgt voor ammoniakemissie uit de drijfmest. En ammoniumstikstof in de mest zal bij aanwenden op het land na omzetting tot nitraat meer uitspoelen dan de organisch gebonden stikstof in de mest. Dus het onderzoek zou veel uitgebreider uitgevoerd moeten worden op bedrijfsniveau. Maar de Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen beperkt zich bewust tot alleen effecten van N-recovery op perceelsniveau met mogelijk effecten op nitraatuitspoeling op die proefpercelen (zie Tips voor het uitvoeren van bemestingsproeven van de commissie; <https://edepot.wur.nl/413894>)

Een voorbeeld van zo'n belangrijke studie (zie volgend overzicht) waar in het Woord vooraf wordt aangegeven: *“In het kader van het Additionele Onderzoek voor LNV met betrekking tot het 6e Nederlandse Actieprogramma voor de EU Nitraatrichtlijn is experimenteel onderzoek uitgevoerd naar de verschillen in gewasbenutting van stikstof en nitraatuitspoeling tussen dierlijke mest en kunstmest op maaigrasland”*. De hierna genoemde uitgebreide studie van Wageningen UR liep over 4 proefjaren. Daarin werden directe effecten gemeten op proefvelden met dierlijke mest- en kunstmestgiften van elk 300 kg N per ha per jaar (gedurende 3 jaren, 2018-2020, en daarna een jaar, 2021, geen mest). Waarbij vooral effecten van deze afzonderlijke giften werden gemeten voor berekening van N-recovery en er werd de nitraatuitspoeling gemeten. En jammer genoeg dus geen metingen van de kwaliteit van het gras en de benutting van het gras door de koe met de indirecte effecten op de mestkwaliteit en daarmee op de nitraatuitspoeling. Het onderzoek richtte zich dus op de directe effecten van bemesting op de

grasopbrengsten en nitraatuitspoeling op de proefvelden. Zo'n onderzoek past dan niet bij de wensen voor een bijdrage aan het Actieprogramma voor de Nitraatrichtlijn, want die stuurt op bedrijfsniveau.

In bijlage 5 van dat onderzoek staan de belangrijkste data van de drogestof- en N-opbrengsten op de verschillende proefvelden met verschillende mestsoorten. In de volgende tabel zijn de N-opbrengsten van één jaar als voorbeeld gegeven. Met in het groen en rood eigen berekeningen op basis van deze data van het eiwitgehalte in het gras voor de diverse grassneden.

## Bijlage 5 N-opbrengst gras (kg per ha)

Jaar	Kunstmest/dierlijke mestsoort	Jaar van bemesting	N-opbrengst (kg per ha)				
			1 <sup>st</sup> -snede	2 <sup>e</sup> -snede	3 <sup>e</sup> -snede	4 <sup>e</sup> -snede	Totaal
2018	Controle <sup>1</sup>	No	42	34	48	19	144
	KAS, vroeg	2018	127	113	86	35	362
	KAS, laat	2018	132	136	90	34	392
	UREUM, vroeg	2018	142	112	89	36	379
	UREUM, laat	2018	136	128	84	30	378
	DIG	2018	101	71	68	29	270
	RDM	2018	91	65	66	29	251
	VDM	2018	121	81	74	28	303

### Eiwitgehalte in gras (eigen berekening uit de gegevens):

<b>KAS, laat</b>	<b>198</b>	<b>262</b>	<b>225</b>	<b>163</b>	<b>219</b>
<b>RDM; Runderdrijfmest</b>	<b>139</b>	<b>198</b>	<b>190</b>	<b>171</b>	<b>167</b>

We zien dat de eiwitgehalten in het gras bij de kunstmestsoort KAS zeer hoog zijn in vergelijking met drijfmest (hoewel de N-gift per ha gelijk is). Dat duidt er hoogstwaarschijnlijk op dat bij KAS er

veel meer onbestendig eiwit (OEB) in het gras zit in vergelijking het gras bij de drijfmestgift. Daarmee zal de benutting door de koe vrij veel verschillen, zoals uit andere proeven blijkt. En daardoor stijgen de nitraatuitspoeling en emissies op bedrijfsniveau als de koeien dit gras met zeer hoge eiwitgehalten en andere kwaliteit eiwitten krijgen gevoerd. Uit het onderzoek blijkt dat de N-recovery van de kunstmeststoffen aanzienlijk hoger is dan die van bijvoorbeeld de runderdrijfmest. Maar opvallend is dat de nitraatuitspoeling van het kunstmest-KAS-veldje zelfs iets hoger is dan van runderdrijfmest. Ook zelfs na het vierde jaar als er helemaal geen mest werd toegediend op deze veldjes.

Uit Bijlage 8 van de studie: Nitraatconcentratie in bovenste grondwater (mg/l):

Na elk jaar, van 2018-2020, bemesting met 300 kg:

- KAS; nitraatconcentratie gemiddeld na eerste jaar 2018: 30
- RDM; nitraatconcentratie gemiddeld na eerste jaar 2018: 19

In 2021; na geen bemesting op proefveld van:

- KAS; nitraatconcentratie: 12
- RDM: nitraatconcentratie: 10

Dergelijke bemestingsproeven ter onderbouwing van de beleidsopties voor de Nitraatrichtlijn vragen een andere aanpak gezien het nieuwe paradigma.

Een ander voorbeeld van beleidsstudies volgens het oude paradigma zijn de berekeningen en gebruik van nitraatuitspoelingsfracties. Het RIVM berekent op basis van de nitraatuitspoeling en het stikstofbodemoverschot de nitraatuitspoelingsfracties; het deel van het stikstofbodemoverschot dat uitspoelt naar het bovenste grondwater (zie de studie in bijlage 3). Deze uitspoelingsfracties worden gebruikt in modellen ter ondersteuning van beleidsopties, zoals rond de vaststelling van gebruiksnormen en effecten van al of niet afschaffen of aanvragen van de derogatie. Er is voor de afleiding van deze uitspoelingsfracties voor verschillende bodemtypen en gewassen alleen een relatie gelegd met het stikstofbodemoverschot maar niet met de verschillende soorten mestgiften als kunstmest en dierlijke mest. Juist uit het hiervoor genoemde onderzoek van Wageningen UR blijkt dat het stikstofbodemoverschot per ha op de proefvelden met runderdrijfmest veel hoger is dan die van kunstmest-KAS, maar dat de nitraatuitspoeling zelfs lager is. Dus de uitspoelingsfracties verschillen veel tussen deze mestsoorten. De berekeningen in de tabel hieronder zijn gebaseerd op het hiervoor genoemde bemestingsonderzoek van Wageningen UR.

Uitspoelingsfractie nitraat van stikstofbodemoverschot per ha voor proefveld met alleen kunstmest-KAS t.o.v. proefveld met alleen runderdrijfmest in 2018

	Gift per ha	Depositie, Mineralisatie, Vlinderbloemigen	Totale N-aanvoer	N-opbrengst gras-afvoer	Stikstof-bodem-overschot	Nitraat-concentratie (in mg/liter)	Uitspoelingsfractie
Kunstmest KAS	300	70	370	362	8	30	1050%
Runderdrijfmest	286	70	356	251	105	19	51 %

Een dierlijk mestgift geeft een lagere N-opbrengst per ha (een zg. lagere N-recovery) dan de kunstmest, maar de kwaliteit van het gras is hoogstwaarschijnlijk beter: minder onbestendig eiwit en relatief meer bestendig eiwit, zodat de koe dat eiwit beter kan benutten. En als indirect effect minder ammoniumstikstof in de mest waardoor minder ammoniakemissie en minder nitraatuitspoeling en minder mestexcretie per koe. Maar leidt die mindere N-recovery van drijfmest dan wel tot meer uitspoeling in latere jaren? Daar geeft het uitgebreide WUR-onderzoek ook antwoorden op (zie tabel hierna). Zo is na het derde jaar van gelijke giften op dezelfde proefveldjes de nitraatuitspoeling op het proefveld met bemesting met KAS zelfs iets hoger dan op het proefveld met steeds alleen drijfmest. En zeker ook opvallend is dat na deze drie jaren na een jaar zonder bemesting de nitraatuitspoeling op het KAS-veldje zelfs nog steeds iets hoger is dan op het veldje met runderdrijfmest. En dat in dat jaar de N-opbrengst per ha op dat veldje waar eerder runderdrijfmest kwam aanzienlijk hoger is dan op het KAS-veldje. De drijfmest zorgt voor een betere nalevering en mogelijk betere bodemkwaliteit met meer organische stof en andere nutriënten. (Tussen haakjes: het stikstofbodemoverschot is dan ook geen goede KPI om te gebruiken voor doelsturing om de nitraatuitspoeling te reduceren).

	N-opbrengst/ha na 3 jaren dezelfde bemesting	Nitraatuitspoeling na derde jaar	N-opbrengst in jaar zonder bemesting na 3 jaren met bemesting	Nitraat-concentratie (in mg/l) zonder bemesting
KAS-bemesting	327	25	147	12
Runderdrijfmest	226	18	181	10

Uit een wetenschappelijk rapport van LEI-Wageningen UR, 2010, van een uitgebreid onderzoek met multivariate regressieanalyses op basis van zeer veel bedrijven en jaren in het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid (LMM) was het al bekend, en nu ook beter te begrijpen, dat op bedrijfsniveau het effect van kunstmest-N hoger was dan van dierlijke mest-N op de nitraatconcentraties. In het LMM wordt namelijk op bedrijfsniveau de nitraatconcentratie gemeten waarbij directe uitspoeling kan plaatsvinden van bijvoorbeeld kunstmest maar ook de indirecte effecten van uitspoeling van hogere ammoniumgehalten in de drijfmest als gevolg van de hogere kunstmestgift (en dus hogere ureumgehalten in de melk). Een nieuw paradigma is gewenst en daarmee ook een andere aanpak voor berekening van nitraatuitspoelingsfracties en voor gebruik in modellen ter ondersteuning van beleidsopties. En ook een andere keuze van beleidsopties om de problemen van stikstof, nitraatuitspoeling en mestoverschotten aan te pakken. Dat vergt dan ook ander management van bedrijven om de emissies te beperken. Daar zijn kansen genoeg, gezien de ervaringen in bijvoorbeeld het project Management Duurzame Melkveehouderij en Netwerk Praktijkbedrijven.

Uit: Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid: Lagere nitraatuitspoeling op melkveebedrijven met relatief weinig kunstmest en veel dierlijke mest t.o.v. bedrijven met veel kunstmest en weinig dierlijke mest (zie ook volgende tabel en bijlage 4 voor de coëfficiënten van de regressielijn).



C.H.G. Daatselaar  
G.J. Doornewaard  
C. Gardebroek  
D.W. de Hoop  
J.W. Reijs

LEI-rapport 2010-053  
Augustus 2010  
Projectcode 31603  
LEI, onderdeel van Wageningen UR, Den Haag

**Effect van kunstmestgebruik per kg op bedrijfsniveau via directe en indirecte weg op de nitraatuitspoeling is hoger is dan van dierlijke mest. Bron: LMM-meetnet; LEI-Wageningen UR-rapport 2010-053**

**Tabel 4.15** Verklarende variabelen voor bodemoverschotten van stikstof en fosfaat, saldo graasdieren en nettobedrijfsresultaat per 100 kg melk en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in mg/l met de range 5-95% en het effect volgens het FE-model tussen die 5 en 95%: melkveebedrijven op zandgrond (N=485)

Verklarende variabele	Range 5-95%	Bodemovers. kg/ha		Per 100 kg melk		Nitraat-conc.
		stikstof	fosfaat	saldo	netto-rs	
aantal nge	34-192			-5,3	10,8	-18
kg melk per koe	5.245-9.394	20		-1,2	12,9	-34
krachtvoerprijs/100 kg	15,51-21,68			-3,2	-5,1	
melkprijs/100 kg	30,21-36,48			3,5	2,5	
% loonwerk van bewerkingkosten	1,9-17,7				4,9	
kVEM krachtvoer per 100 kg melk	21,045,0	32	22	-1,0	-3,3	26
kg N-kunstm.,/ha gras	87-375	170		-1,7		31
kg fosfaatkunstmest per ha gras	0-59		62			
kg N dierl. mest/ha	198-436	132		-0,9	3,4	6
kg fosfaat dierlijke mest per ha	64-152		63			
mestopslagcapaciteit in maanden	2,8-12,8				-6,9	-12
% marktbaar gewas in cultuurgrond	0-15,7				-3,9	-16
% GVE staldieren van totaal GVE	0-49,7	13	12		-6,0	
% grasland in cultuurgrond	50,3-100	57	-19	-2,1		-41
Maaipercantage	113-424		-6			-22
% weiden melkkoeien in najaar	0-83,3		-2			
kVEM-opbrengst per ha voedergewas	6.234-12.914	-102	-32	4,7	4,7	

Volgens Tabel 4.15 uit de studie was op melkveebedrijven op zand het effect op de nitraatconcentratie in bovenste grondwater veel hoger door de verschillen in kunstmestgebruik per ha dan door de, ook grote, verschillen in dierlijke mestgift per ha.

Vaak werden toen nog veel nitraatkunstmeststoffen toegepast, hetgeen op bedrijfsniveau meer nitraatuitspoeling gaf, mede door indirecte effecten

Overstappen naar minder en andere kunstmeststoffen met ammonium of ureum zou de nitraatuitspoeling doen dalen.

Deze studie opvallend genoeg niet gebruikt bij derogatieverzoeken; paste niet in het toen heersende paradigma van de bemestingsexperts

In datzelfde rapport van LEI-Wageningen UR zijn ook multivariate analyses uitgevoerd ter verklaring van de verschillen in nitraatconcentraties met het stikstofbedrijfsoverschot en een andere analyse met het stikstofbodemoverschot. Opvallend is dat de vergelijking met het stikstofbedrijfsoverschot een betere verklaring geeft dan de vergelijking met het stikstofbodemoverschot. Dus het stikstofbedrijfsoverschot is een geschiktere KPI voor doelsturing (zie de vergelijkingen in de tabellen hierna).

**Tabel 4.12** Coëfficiënten en t-waarden voor verklarende variabelen van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in mg/l, geschat volgens het HT- en het FE-model: melkveebedrijven op zandgrond (N=485)

	HT-model		FE-model	
	coëff.	t	coëff.	t
kg N-bedrijfsoverschot/ha	0,1693	6,59 c)	0,1455	4,77 c)
Verdunningsfactor	71,729	15,24 c)	71,819	14,1 c)
fractie Gt 5	0,351	1,62		
fractie Gt 6	0,5973	2,57 b)		
fractie Gt 7 en 8	0,9158	3,09 c)		
fractie veen+moerig	-39,32	-1,87 a)		
Constante	-64,94	-3,82 c)	-33,199	-3,3 c)
Hausmantest		0,3472		
R2-within	0,4250		0,4325	
R2-between			0,3654	
R2-overall	0,4922		0,3645	

a) P tussen 0,05 en 0,10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af; b) P tussen 0,01 en 0,05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af; c) P<0,01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af. Bij P<0,05 voor de Hausmantest schat het RE-model met 95% betrouwbaarheid niet zuiver.  
Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens (1991-2006).

**Tabel 4.11** Coëfficiënten en t-waarden voor verklarende variabelen van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in mg/l, geschat volgens het HT- en het FE-model: melkveebedrijven op zandgrond (N=485)

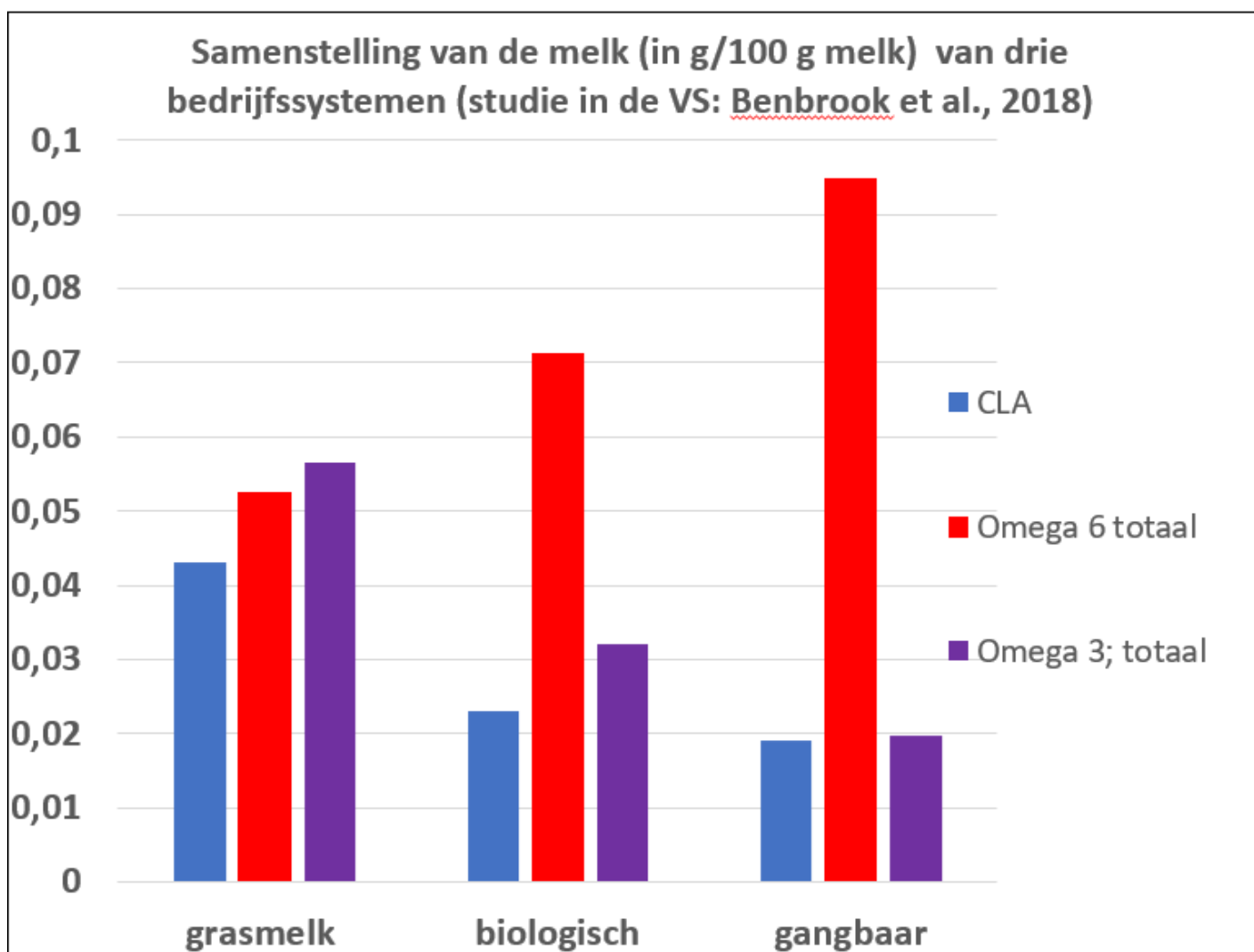
	HT-model		FE-model	
	coëff.	t	coëff.	t
kg N-bodemoverschot/ha	0,1389	4,82 c)	0,121	3,65 c)
verdunningsfactor	71,261	14,89 c)	71,44	13,82 c)
fractie Gt 5	0,3177	1,41		
fractie Gt 6	0,5811	2,41 b)		
fractie Gt 7 en 8	0,8969	2,91 c)		
fractie veen+moerig	-44,289	-2,04 b)		
Constante	-52,31	-2,99 c)	-25,057	-2,45 b)
Hausmantest		0,5502		
R2-within	0,4064		0,4145	
R2-between			0,3003	
R2-overall	0,4514		0,3133	

a) P tussen 0,05 en 0,10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af; b) P tussen 0,01 en 0,05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af; c) P<0,01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af. Bij P<0,05 voor de Hausmantest schat het RE-model met 95% betrouwbaarheid niet zuiver.  
Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens (1991-2006).

## 5. Effect veel gras (en hooi) op kwaliteit van de melk, het zuivel.

Met een betere kwaliteit gras, o.a. veel bestending eiwit (DVE) en weinig onbestendig eiwit (OEB) is het veel beter mogelijk om een lager ureumgehalte in de melk te krijgen. Bij een hoog OEB in het gras is bijvoorbeeld veel mais in het rantsoen nodig. In het verleden groeide het maïsgebruik met tegelijkertijd meer krachtvoerverbruik. Daarmee kon voor een deel het gras met hoog OEB worden vervangen. Dat leidde tot intensivering van de melkveehouderij.

Uit de literatuur is bekend dat koeien die gevoerd worden met veel gras en hooi een betere kwaliteit melk leveren. Zoals dat bijvoorbeeld blijkt uit het overzicht hierna. De grasmelk bleek in die studie het hoogste gunstige CLA-vetzuurgehalte te bevatten. En ook het hoogste gunstige Omega-3-vetzuurgehalte en goede verhouding Omega-3-Omega-6. Uit literatuur is bekend dat relatief veel Omega-3, niet alleen gezond is voor de koe, maar ook voor de mens (zie bijlage 5).



Sturen op laag ureum maakt het weer mogelijk om het rantsoen uit veel gras te laten bestaan. Extensivering kan dan weer beter concurreren met intensivering. Zeker als die betere kwaliteit melk, zuivel, op de markt een betere prijs ontvangt dan de gangbare.

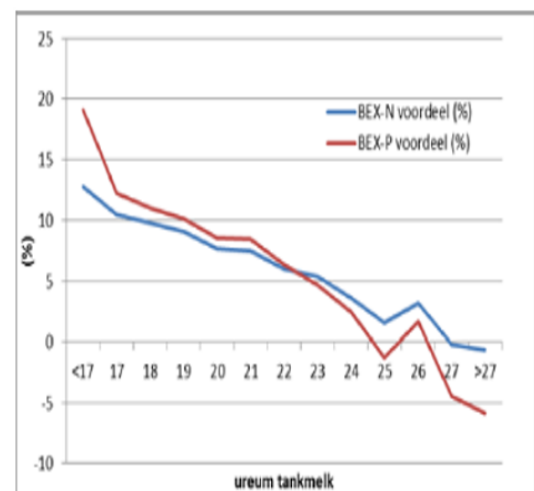
## 6. Beleidsopties van doelsturing die leiden tot een snelle, effectieve, efficiënte en borgbare oplossingen.

De indicator of KPI ureumgehalte in de melk voor de melkveehouderij blijkt een belangrijk indicator te zijn voor het integrale effect van bodembeheer, hoogte en vorm van bemesting en mestsoorten, de wijze van voederwinning, de kwaliteit van het drinkwater van de koeien en van de veevoeding. Voor doelsturing zou dit een goede KPI zijn. Deze KPI heeft ook als voordeel dat het zeer goed borgbaar is; de data worden door de zuivelfabriek elk jaar om de drie dagen ongeveer 122 keer per jaar geleverd. De melkveehouder kan zijn management dan ook tijdig aanpassen als het niet het gewenste niveau heeft. Het is ook een efficiënte KPI want aanpassing van het management voor een lager ureum kost meestal geen grote investeringen. Mogelijk wel extra kosten door aanpassingen van het management, maar elke melkveehouder kan kiezen welke maatregelen het beste bij hem past. Beleidssturing op ureum is ook effectieve manier, omdat per punt daling van het ureum de ammoniakemissie met ongeveer 4,2 – 4,5 % daalt. En er zijn t.o.v. 2018 nog aanzienlijke mogelijkheden tot daling. In 2018 was het gemiddelde in Nederland 22,5. In het MDM-project hadden diverse melkveehouders al een gemiddeld ureum in het jaar van rond de 15. Ureum in de melk is een veel betere KPI dan eiwitgehalte in het rantsoen, daar ureum veel betrouwbaarder te meten is. Maar ook omdat ureum een goede indicator is voor de benutting van het eiwit; bij een laag eiwit in het rantsoen kan de benutting nog laag kan zijn door bijvoorbeeld een onjuiste balans van energie en eiwit in het rantsoen of door een lage eiwitkwaliteit in het gras. Uit een onderzoek op bedrijven in het project Netwerk Praktijkbedrijven bleek dat de correlatie tussen ruw eiwit in het rantsoen en ammoniakemissie ( $r=0,32$ ) veel lager was dan met ureum in de melk ( $r=0,50$ ), zie bijlage 1. Veel studies gaan nu over hoever je kan gaan met eiwitverlaging in het rantsoen (voor een voorbeeld zie bijlage 1), dat is belangrijk maar een innovatie zou zijn om ook te kijken naar mogelijkheden om de eiwitkwaliteit van het ruwvoer te verbeteren en beter te benutten; met ureum als maatstaf.

Een lager ureum geeft ook minder mestexcretie per koe per jaar, zoals blijkt uit het volgende overzicht, met bijna 2,5 % daling per punt daling ureum, en uit de tabel met bijna 3 %.

### Belang van laag ureumgehalte voor mestoverschot

- De mestproductie van een melkveebedrijf wordt berekend op basis van de RVO-mestexcretienormen per koe en het aantal dieren op het bedrijf. Per punt ureum lager ligt de forfaitair berekende excretie bijna 1,5 % lager
- Uit de analyse van DLV (Stikkeling, 2016) in Figuur blijkt de werkelijke excretie t.o.v. de forfaitaire excretienorm van RVO ongeveer ruim 1 % lager te liggen
- Aanpassing van deze RVO-normen lijkt dan ook gewenst
- Sturen op lager ureum zou dan nog meer worden gestimuleerd
- Per punt lager ureum dus bijna 2,5 % lagere excretie;
- Dan ammoniumstikstof in de mest, als deze stikstof ongeveer 50 % van totale stikstof bevat, wel tot 5 % lager; dus dan ammoniakemissie ook ongeveer zo veel lager.



Figuur 1: Voordeel BEX en BEP t.o.v. ureum in tankmelk

## Schattingen van effecten van lager ureum op mestexcretie en ammoniumstikstof in de mest

Berekeningen op basis van Uitgangspunten in publicatie "Bedrijfsspecifieke doelsturing op verliezen van stikstof en broeikasgassen: doelen, middelen en borging; Ros, G.H. et al., 2025, blz 38: 1 gram lager ruw eiwit in rantsoen = 0,28 lager ureum

	Ruweiwit in rantsoen		% bij ureum 23 t.o.v. 24
	170	166,4	
<b>ureumgehalte in de melk</b>	24	23	
Ds-opname per koe per dag; bij 27 kg melk/dag	20,2	20,2	
N-opname per dag in grammen	549	538	
Melkgift per koe per dag in kg	27	27	
Eiwitgehalte melk	3,46	3,46	
N in melk per dag in grammen	149	149	
N in mest per dag in grammen= N-opname - N in melk	400	388	
<b>Geschatte N-excretie per koe per jaar in kg 1)</b>	<b>129,6</b>	<b>125,8</b>	<b>97,1</b>
<b>Daling kg N-excretie per koe per jaar per punt daling ureum</b>		<b>3,7</b>	
Geschatte kg N per ton mest	4,6	4,5	
Geschatte kg N-organisch per ton mest	2,3	2,3	
<b>Geschatte kg ammoniumstikstof per ton mest</b>	<b>2,3</b>	<b>2,2</b>	<b>94,2</b>
<b>% daling ammoniumstikstof per punt daling ureum</b>		<b>5,8</b>	
1) de excreties en gehalten zijn bruto dus incl. stikstofcorrectie			

Minder ureum in de melk gaat ook samen met minder ammoniumstikstof in de drijfmest en een relatief hoger aandeel organisch gebonden stikstof (zie volgende tabel). Minder ammoniumstikstof in de mest zal tot gevolg hebben dat er na toediening minder omzetting is naar nitraat, zodat er minder nitraatuitspoeling zal zijn. De organisch gebonden stikstof zal minder uitspoelen. De ammoniumstikstof in de drijfmest zal wel minder uitspoelen dan bijvoorbeeld van KAS-kunstmest, die relatief veel nitraat bevat. De ammoniumstikstof in de drijfmest zal vooreerst namelijk gebonden worden aan het klei-humus-complex in de bodem en geleidelijk worden benut door de plant of na omzetting tot nitraat. Dan kan een deel uitspoelen.

## Kansen bij doelsturing op ureum

	bij ureum van 22,5	Bij ureum van 14,5
<b>Mestexcretie per koe met 8500 liter melk per jaar in kg N per jaar</b>	120	99 (RVO: 108)
<b>Kg N per ton mest</b>	4,3	3,5= 82 %
<b>Kg N organisch per ton mest</b>	2	2,0
<b>Kg ammonium-N per ton mest</b>	2,3	1,5= 65 %

Mestexcretie per koe berekent bij daling excretie van 2,2 % per punt daling ureum; anders dan Tabel 6 van RVO

Conclusie is dat ureum een goede KPI is voor doelsturing en integraal alle management ‘voor de koe’ stimuleert om tot lagere emissies, nitraatuitspoeling en mestoverschotten te komen.

Maar “achter de koe” zijn er ook nog allerlei managementmaatregelen mogelijk om de emissies te beperken, zoals verbetering van de kwaliteit van de drijfmest en kunstmest met de juiste mesttoediening, de bewerking van de drijfmest door bijvoorbeeld de mestkraker, door toevoeging van allerlei middelen aan de mest, zoals aanzuren, zuurstoftoediening, biologische middelen. Daarnaast het scheiden van de urine en feces door aangepaste stalsystemen en bijvoorbeeld een koetoilet, e.d. Ook kan de emissie in de stal worden beperkt door een druppelinstallatie, minder of ander ventilatiesysteem, koeling bij hoge temperatuur. Het aanwenden van de drijfmest kan plaatsvinden onder gunstige weersomstandigheden en/of met toevoeging an veel water, zodat er minder emissies zijn. Het is nog onduidelijk hoe elk van deze systemen werken onder verschillende omstandigheden en hoe een combinatie van deze mogelijkheden werkt. Als een systeem of een combinatie van deze systemen/maatregelen effect hebben zal dit tot uiting komen in daling van het stikstofbedrijfsoverschot. Werkt het niet dan ook geen effect op deze KPI.

Het voordeel van het stikstofbedrijfsoverschot per ha is dat het goed te meten en borgbaar is, en ook effectief, want integraal, en efficiënt is, want elke ondernemer kan kiezen wat het beste bij hem past. Het stikstofbedrijfsoverschot is een kengetal voor de bedrijfsstikstofefficiëntie.

Met deze goed borgbare KPI's heeft de ondernemer niet de bewijslast dat hij de maatregelen heeft genomen om die doelen te bereiken. Wageningen UR gaf in een recente publicatie over doelsturing juist wel aan dat “de ondernemers de bewijslast hebben om de maatregelen, waarvan uit onderzoek bekend is of ze de gewenste emissiereductie opleveren, correct hebben uitgevoerd” (zie bijlage 6 voor de publicatie en citaat). Dat is geen doelsturing meer want alleen die middelen, maatregelen, worden erkend die wetenschappelijk zijn bewezen. En dat zijn er nog maar weinig. Het beleid is bij doelsturing alleen op gericht of de doelen worden gehaald en of de doelmetingen borgbaar zijn. En of de beleidsoptie efficiënt en effectief is. Waarschijnlijk komt deze stelling in die studie voort doordat Wageningen UR in hun beleidsondersteunende studies werkt met modellen die alleen werken met het doorrekenen van bepaalde maatregelen, middelvoorschriften. De beleidsmodellen missen jammer genoeg de gedragscomponent; hoe reageren landbouwers verschillend op een beleidsoptie. Door de voorzitter Velthof van CvD Meststoffenwet werd zelfs gezegd: “Maatregelen bij doelsturing hetzelfde als bij generiek beleid” (Boerderij 13 febr. 2024). Ook Vellinga en de Haan gaven in hun studie “Onderzoek naar mogelijkheden van een Afrekenbare Stoffen Balans voor de melkveehouderij (2022, Wageningen UR, rapport 1349 aan: “Hoewel de berekening van de overschotten op bedrijfsniveau vrij robuust en goed controleerbaar kunnen zijn, hebben deze momenteel weinig toegevoegde waarde, omdat er voor de overschotten en daaraan verbonden verliezen al een uitgebreid stelsel van gebruiksnormen bestaat”. Dat is een zeer opvallende conclusie omdat de Gebruiksnormen alleen, dus partieel, sturen op maximale hoeveelheden dierlijke mest en kunstmest per ha, terwijl een doelsturing met stikstofbedrijfsoverschot integraal stuurt op alle mogelijke stikstofverliezen en de landbouwer kan kiezen hoe dit gewenste overschot het meest efficiënt te bereiken.

Het voordeel van de KPI ureum in de melk en stikstofbedrijfsoverschot is dat zo'n systeem ook nog snel invoerbaar is om snel resultaten te behalen. Dat is van belang gezien de problemen als gevolg van de Stikstofcrisis, de grote gevolgen door de afschaffing van de derogatie op het

mestoverschot en de nitraatuitspoeling, en de problemen met nitraatuitspoeling op de akkerbouwbedrijven op de zand- en lössgronden. Voor de akkerbouwsector is de KPI stikstofbedrijfsoverschot namelijk ook een heel efficiënte en effectieve KPI.

De aanpak van deze twee integrale KPI's lijkt ook goed aan te sluiten bij de aanpak van Brussel voor "Integrated Nutrient Management", zoals is verwoord in het Strategic Dialogue report. Nederland zou, bijvoorbeeld met Duitsland die ook streeft naar doelsturing, een pilot kunnen starten in de EU naar "Integrated Nutrient Management" met doelsturing op deze twee integrale KPI's.

Conclusie; een doelsturing met voldoende scherpe doelen voor twee KPI's, het ureumgehalte in de melk en het stikstofbedrijfsoverschot per ha, zullen leiden tot een forse bijdrage aan de oplossing van problemen ( zie overzicht met de twee KPI's hierna). Later zouden altijd nog aanvullende en dan borgbare KPI's mogelijk zijn.



De huidige geleidelijke afschaffing van de derogatie leidt tot hoger kunstmestgebruik door vervanging van dierlijke mest door kunstmest. Vanuit oogpunt van ureum in de melk en daarmee van ammoniumstikstof in de mest en vanuit oogpunt van nitraatuitspoeling is dat niet gewenst. Toen in 1991 de Nitraatrichtlijn werd ingevoerd werd gekozen voor maximaal 170 kg N uit dierlijke mest per ha. Maar die dierlijke mest van 1991 is niet gelijk aan de dierlijke mest van 2018 of van 2026 of 2030 bij daling van het ureumgehalte in de melk. Zoals uit de tabel hierna blijkt bevatte de drijfmest in 1991 bij de invoering van de Nitraatrichtlijn 65 % ammoniumstikstof, waarvan een deel kon uitspoelen. Door de daling van het ureumgehalte zal in 2026 het aandeel ammoniumstikstof dalen naar rond de 45 % van de totale N-in de drijfmest. Bij gelijke gift per ha van ammoniumstikstof in runderdrijfmest in 1991 en 2026 zou 110 kg ammoniumstikstof kunnen worden aangewend. Zodat er met de dierlijke relatief meer organisch gebonden stikstof en meer organische stof en andere nuttige nutriënten gegeven kunnen worden. Met ook als voordeel ook minder kunstmest.

	1991	2026	
max. N uit dierlijke mest	170	170	<p>Sturen op ammoniumstikstof in dierlijke mest met Gebruiksnorm dierlijke mest van 115 kg ammoniumstikstof per ha.</p> <p>Reden: de ammoniumstikstof veroorzaakt ammoniakemissie en kan tot uitspoeling leiden. De organische stikstof in de mest spoelt veel minder uit en bevordert de bodemkwaliteit, met ook meer organische stof</p>
% ammonium-stikstof in de dierlijke mest	65	43	
Dan ammoniumstikstof per ha uit dierlijke mest	110		
totaal stikstof uit dierlijke mest per ha bij 110 kg ammoniumstikstof per ha uit dierlijke mest		256	

Deze aanvullende oplossingsrichting naast de doelsturing op de twee genoemde KPI's, zullen bijdragen aan een stimulans tot ureumverlaging met minder emissies, naar betere bodemkwaliteit, minder kunstmestaankopen, ook van fosfaat en kali en bijvoorbeeld sporenelementen, naar minder mestoverschotten en minder nitraatuitspoeling. En ureumverlaging is ook goed voor de diergezondheid.

De oplossingsrichtingen zijn samengevat in het volgende overzicht.

## Oplossingsrichtingen:

- Streng sturen met beloningssystemen op twee KPI's: Ureum en Stikstofbedrijfsoverschot per ha (Bedrijfsstikstofefficiëntie; met rekening-courantsysteem over jaren)
- Nieuwe Gebruiksnorm voor toepassing dierlijke mest op basis van maximaal 110 kg ammoniumstikstof uit dierlijke mest per ha
- Meer verlaging van stikstofexcretienormen per koe dan in normentabel 6 RVO, afhankelijk van ureumgehalten
- EU-Pilot met Integrated Nutrient Management; aansluitend bij:

### Strategic Dialogue report

On 4 September 2024, President of the European Commission Ursula von der Leyen [received the final report](#) of the Strategic Dialogue on the future of EU agriculture.

REPORT | 9 December 2024

A shared prospect for farming and food in Europe

The final report of the Strategic Dialogue on the future of EU agriculture.



Strategic Dialogue  
on the Future of  
EU Agriculture

In het volgende overzicht zijn mogelijke vergoedingen/stimulansen genoemd als wordt voldaan aan de gestelde doelen bij de doelsturing. Met het doel om snel te voldoen aan de gestelde doelen.

# Mogelijke vergoedingen bij voldoen aan doelen:



Meer tonnen dierlijke mest per ha met een maximum van 110 kg ammoniumstikstof per ha (zoals in 1991 de inhoud van 170 kg N dierlijke mest was)



Maar minder gebruik van kunstmest binnen de Gebruiksnormen



Gebruik circulaire kunstmeststoffen, zoals RENURE



Vergoedingen van regelingen van doelsturing van provincies en/of rijksoverheid



Bij voldoen aan de stringente normen: in GLB in brons, zilver of goud, afhankelijk van de mate van behalen van de doelen



Aanscherpen Gebruiksnorm kunstmest voor akkerbouw-/vollegroondsgroenteteelt in zuidelijk zand- en lössgebied

In het volgende overzicht staan de geschatte effecten van deze beleidsopties bij een concrete invulling, zoals in bijlage 7 is weergegeven, van de normstelling van de twee KPI's met de voorbeelden van een bonus-malussysteem.

Stimulering van doelbereik is namelijk mogelijk door:

- Bench marking met vergelijking met andere bedrijven;
- Berekenen en weergave punten per KPI en totaal van de twee KPI's volgens tabel 2;
- Bonus-malussysteem bij het behalen doelen via een aangepaste Ecoregeling in GLB, bij leningen van banken, in de melkprijs, extra punten bij aanschaf-/investeringsubsidies voor verduurzaming bij provincies/RVO.

Geschatte effecten van sturing op de genoemde beleidsopties

**Beleidsopties: Strengere doelsturing op ureum en stikstofbedrijfsoverschot per ha met beloningssysteem en maximaal 110 kg per ha aanwending van ammonium-stikstof uit dierlijke mest**

Geschatte effecten t.o.v. 2018:

- 45 tot 55 % minder ammoniakemissie/ha
- 15 % minder stikstofproductie dierlijke mest
- Geen dierlijk mestoverschot van melkvee
- Minder kunstmestgebruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot
- Meer dan voldoen aan Nitraatrichtlijn

Zouden de koeien bij zo'n beleid en daarbij passende managementmaatregelen door de melkveehouders dan datgene zeggen wat in het volgende overzicht staat?

Geef ons maar kwalitatief goed gras,  
*op basis van de juiste voeding van  
de bodem met goede dierlijke mest  
en met beperkt en juiste soorten  
kunstmest of RENURE-meststoffen,*  
met wat juiste bijvoeding, dan  
worden wij de oplossing van de  
problemen.

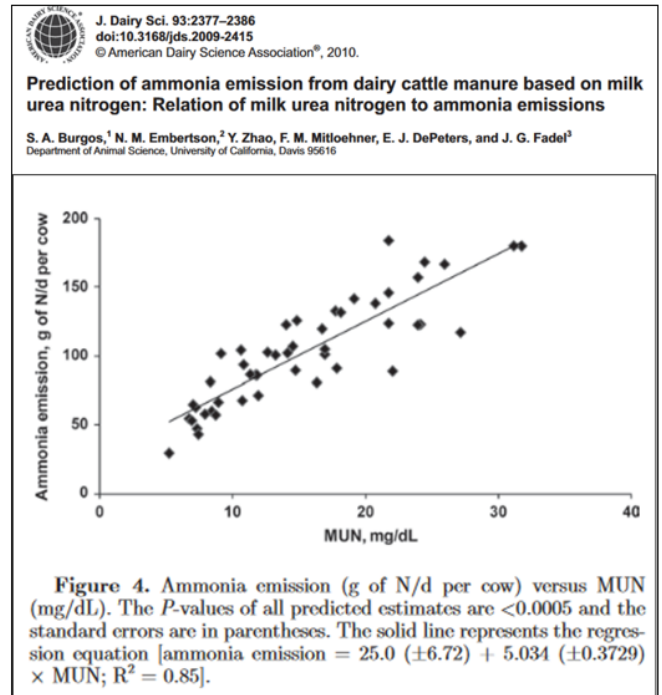


# Bijlage 1. Literatuur over effect van ureumdaling op ammoniakemissie

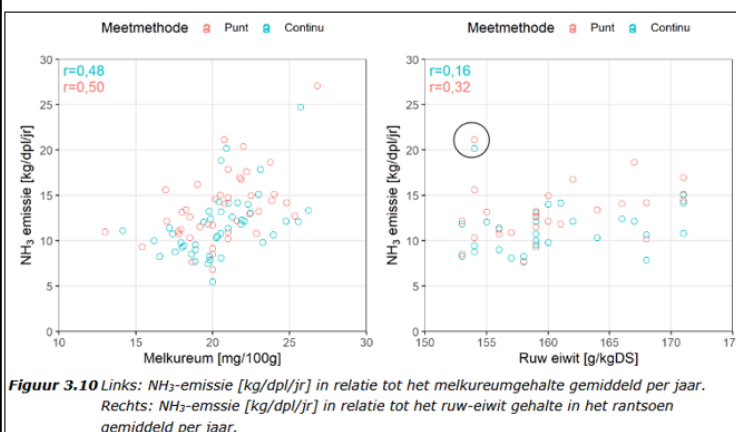
## Effect per punt ureumdaling op daling ammoniakemissie 4,2 %. Bron: nationale en internationale literatuur

Studie	% afname ammoniakemissie uit stal per punt verlaging van ureumgehalte in de melk
Spek, J.W.; Bannink, A. en Dijkstra, J.; Veeteelt 28 (2011)10. - ISSN 0168-7565 - p. 40 - 41. Waarde van melkureum als schatter stikstofexcretie: talrijke factoren beïnvloeden relatie tussen melkureum en stikstof	4,68
Duinkerken, G. van (Praktijkonderzoek Veehouderij). Relatie tussen voeding en ammoniakemissie vanuit de melkveestal (2003). PV-PraktijkRapport Rundvee 25	4,48
Dooren, H.J.C. van, A. Klop, J.W. van Riel, J.L. Zonderland. L.B.J. Šebek, N.W.M. Oginik, 2017. Vermindering van ammoniakemissie door voermaatregelen bij melkvee; Experimenteel onderzoek op Dairy Campus. Wageningen Livestock Research, Rapport 1052.	8,1 ??
Schep, C.A., H.J.C. van Dooren, I. Mosquera, E.A.P. van Well, J.A. Keuskamp, N.W.M. Oginik, 2022. Monitoring van methaan-, ammoniak- en lachgasemissies uit melkveestallen; Praktijkmetingen in de periode oktober 2018 - oktober 2020, 2022. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1388. Studie Praktijknetwerken	4,5
A review of factors influencing milk urea concentration and its relationship with urinary urea excretion in lactating dairy cattle J. W. SPEK1,2*, J. DIJKSTRA1, G. VAN DUINKERKEN2 AND A. BANNINK2 1 Animal Nutrition Group, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands 2Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, The Netherlands Journal of Agricultural Science (2013), 151, 407–423. © Cambridge University Press 2012; doi:10.1017/S0021859612000561	3,5
Prediction of ammonia emission from dairy cattle manure based on milk urea nitrogen: Relation of milk urea nitrogen to ammonia emissions S. A. Burgos, N. M. Emberton, Y. Zhao, F. M. Mitloehner, E. J. DePeters, and J. G. Fadel. J. Dairy Sci. 93 :2377–2386 doi:10.3168/jds.2009-2415; 2010	4
Gemiddelde van de vijf studies (excl. De studie van Dooren, et al, 2017)	4,2

Voorbeeld uit literatuur:

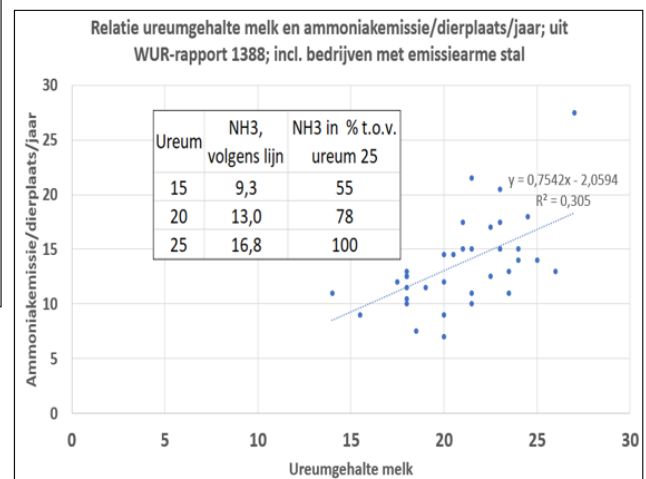


## Relatie tussen melkureum en ammoniakemissie veel sterker dan met ruw eiwit.



Uit dit onderzoek blijkt dat correlatie tussen ruw eiwit in het rantsoen en ammoniakemissie (r=0,32) veel lager is dan met ureum in de melk (r=0,50)

Bron: Monitoring van methaan-, ammoniak- en lachgasemissies uit melkveestallen



## Relatie tussen melkureum en ammoniakemissie veel sterker dan met ruw eiwit. Bron:

## Relatie tussen voerkenmerken en de emissie van ammoniak uit melkveestallen in het Netwerk Praktijkbedrijven

Tussenresultaten van praktijkmetingen op 15 onderzoeksbedrijven van 2021 tot 2024

Martine Bruinenberg, Robin van Walvoort, Carsten Schep, Wouter Spek, Johan van Riel

Openbaar  
Rapport 1531



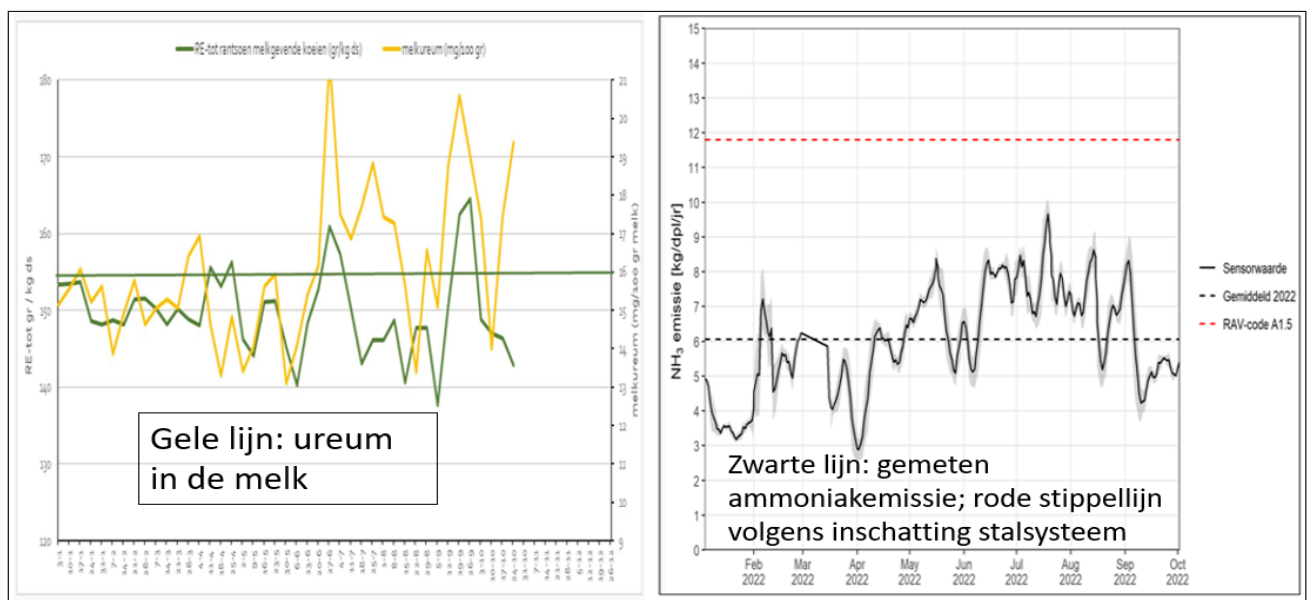
WAGENINGEN  
UNIVERSITY & RESEARCH

**Tabel 3.9** Model inclusief ureum of RE totaal met een extra toegevoegd kenmerk. De nummers van de modellen zijn gekoppeld aan de nummers in Tabel 3.6, waarbij een toegevoegde b of c een variant van dat model weergeeft.

Ureum	Model	Toegevoegd kenmerk		R <sup>2</sup>
0	FPCM + debiet + type + Rav + T_stal + <sup>1</sup>			40,3%
1	FPCM + debiet + type + Rav + T_stal + <sup>1</sup>	Ureum***		46,4%
1b	FPCM + debiet + type + Rav + T_stal + <sup>1</sup>	Ureum***	TAN-getal	46,4%
1c	FPCM + debiet + type + Rav + T_stal + <sup>1</sup>	Ureum***	% vers gras	45,9%
<b>RE per kg ds</b>				
0	FPCM + debiet + type + Rav + T_stal + <sup>1</sup>			40,3%
3	FPCM + debiet + type + Rav + T_stal + <sup>1</sup>	RE (g/kg DS)***		41,0%
3b	FPCM + debiet + type + Rav + T_stal + <sup>1</sup>	RE (g/kg DS)	TAN-getal*	40,7%
3c	FPCM + debiet + type + Rav + T_stal + <sup>1</sup>	RE (g/kg DS)**	% vers gras	40,9%

<sup>1</sup> FPCM (meetmelk in kg/dier/dag); debiet: ventilatie-debiet per dier (m<sup>3</sup>/uur); type: meting met sensor of puntmeting; RAV-factor – ingeschatte emissie uit staltype; T\_stal: staltemperatuur (°C); TAN in kg/GVE/jr.  
Significantie-aanduiding: \*\*\*(p<0.001), \*\*(p<0.01), \*(p<0.05)

Veel lagere ammoniakemissie op proefbedrijf de Marke dan de RAV-code aangeeft, door veel lager ureumgehalte in melk; dus door management



Op individueel koe niveau heeft ureum als schatter van de stikstofefficiëntie beperkingen, maar op bedrijfs- en jaarniveau is deze veel beter, zoals Lavery en Ferris aangeven: “Extensive research has demonstrated strong relationships between MUN and N intake, allowing the use of MUN as a herd level predictor of NUE. However, MUN has a limitation as a predictor at an individual cow level”. Lavery, A. and C.P. Ferris, Proxy Measures and Novel Strategies for Estimating Nitrogen Utilisation Efficiency in Dairy Cattle. Animals (Basel), 2021. Een voorbeeld van een studie op

koeniveau is “Prediction of nitrogen excretion from data on dairy cows fed a wide range of diets compiled in an intercontinental database: A meta-analysis; Bougouin et al., 2022. In die data zijn o.a. zeer grote verschillen in melkgift per koe (van 7 tot 57 kg/dag), in lichaamsgewicht (van 434 tot 850 kg) en lactatiestadium van de koe, van ras, e.a; waarschijnlijk ook van meetmethoden.

Ureum als doelvariabele is echter gericht op bedrijfs- en jaarniveau, zoals die nu ook al wordt toegepast in Tabel 6 RVO met de excretienormen per koe, afhankelijk van ureum en melkgift. Een voorbeeld van een studie op bedrijfsniveau aangevuld met een modelberekening is van J. Mark Powell “Using MUN to reduce nitrogen emissions from dairy farms, USDA , 2014. Hij geeft aan dat “Within the range of 16 to 10 mg/dL, each MUN reduction of 1 mg/dL leads to a UUN excretion decrease of 16.6 g/cow/day which in turn results in ammonia and nitrous oxide reductions of about 7% to 12%”.

Veel studies gaan nu over hoever je kan gaan met eiwitverlaging in het rantsoen, waarbij geen of weinig verlies van melkproductie optreedt. Een voorbeeld van zo’n studie geeft de CvD Meststoffenwet in hun commentaar op een studie van Boerenverstand ( <https://boerenverstand.nl/wp-content/uploads/2025/02/CDM-advies-Review-notitie-emissiearme-bedrijfsvoering-met-weerwoord-Boerenverstand.pdf> ): Law et al. (2009; J Dairy Sci 92:1001) voerden rantsoen met 11,4, 14,4 en 17,3% eiwit in rantsoen gedurende een gehele lactatie. In de eerste helft lactatie was melkproductie hoger bij 17,3% dan 14,4%, en dat weer hoger dan bij 11,4%. In tweede helft lactatie was er geen significant verschil tussen 17,3% en 14,4%, maar wel tussen 11,4% en 14,4%. Daaruit wordt de conclusie getrokken om niet te laag te gaan in eiwitgehalte in het rantsoen. Wat in deze studie opvalt is dat de kwaliteit van het ruwvoer vrij slecht lijkt, daar het drogestofgehalte van de graskuil zeer laag is (slechts 26,6 % waardoor het bestendige eiwit in het verse gras ook nog deels wordt omgezet naar onbestendig eiwit) en ook van de snijmais (slechts een drogestofgehalte van 34,3 %). Het rantsoen met 14,4 % eiwit in het rantsoen bevat gemiddeld 75,5 g/kg drogestof Effective Rumen Degradable Protein en slechts 34,7 g/kg drogestof Digestible Undegraded Protein. In het Nederlandse systeem zouden we zeggen, waarschijnlijk te veel onbestendig eiwit (OEB) en te weinig bestendig eiwit (DVE). Bij een slechtere eiwitkwaliteit van het ruwvoer moet dan wel worden gestreefd naar een hoger totaal eiwit in het rantsoen om de melkgift in stand te houden. Maar de innovatie zou juist zijn om vooreerst te streven naar hoger drogestofgehalte met betere kwaliteit eiwit in het ruwvoer en te sturen op ureumgehalte in de melk. Dan kan het totaal eiwitgehalte van het rantsoen verder dalen. Die integrale aanpak lijkt gewenst en mogelijkheden te bieden tot een lager ureumgehalte in de melk om zo tot lagere emissies te komen.

## Bijlage 2. Uit bundel Stikstofbenutting en -verliezen van gras- en maïsland.

### STIKSTOFBENUTTING EN -VERLIEZEN VAN GRAS- EN MAISLAND

Stand van zaken in het onderzoek naar de stikstofproblematiek van gras- en maïsland

Eindredactie: H.G. van der Meer  
(Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek)

Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 10

Werkgroep Stikstofproblematiek van gras- en maïsland  
Wageningen, april 1991

### STIKSTOFBALANSEN; H.G. van der Meer, CABO

Tabel 3. Stikstofbalans (in kg N/ha.jaar) van 14 stikstofproefbedrijven en het bedrijf van Cuperus te Boksum (Fr.) in de periode mei 1975 - april 1976.

	Stikstofproef- bedrijven	Cuperus
<b><u>N-aanvoer</u></b>		
- kunstmest	383	-
- klaver	-	65
- aangekocht voer	127 (5389 kg ds/ha)	24 (870 kg ds/ha)
- depositie	<u>23</u>	<u>23</u>
	533	112
<b><u>N-afvoer</u></b>		
- melk	72 (13511 kg/ha)	31 (5867 kg/ha)
- gewichtstoename vee	<u>12</u> ( 468 kg/ha)	<u>7</u> ( 250 kg/ha)
	84	38
<b><u>N-aanvoer - N-afvoer</u></b>	449	74

## De relatie tussen de stikstofgift en de grasopbrengst in maaiproeven; H.G. van der Meer, CABO

### De benutting van stikstof door het dier; H. Valk, IVVO

Voereiwit bestaat over het algemeen voor 85% uit werkelijk eiwit en voor 15% uit niet-eiwitverbindingen (NPN = non-protein-nitrogen). Het werkelijk eiwit bestaat uit een onbestendige, veelal oplosbare fractie en een bestendige fractie. Pensmicroben breken de onbestendige eiwitfractie af tot ammonium. De NPN-fractie wordt volledig toegevoegd aan de ammonium-pool in de pens. Bij aanwezigheid van voldoende energie gebruiken de micro-organismen een deel van deze ammonium-pool voor microbiële eiwitsynthese. De overige ammonium-N verdwijnt door de penswand naar het bloed, waarna in de lever omzetting plaatsvindt tot ureum dat via de urine wordt uitgescheiden. Het gevormde microbiële eiwit komt met het bestendige, niet afgebroken voereiwit in de dunne darm en valt daar uit elkaar in aminozuren die uiteindelijk na opname in het bloed gebruikt worden voor onderhoud, groei en melkproductie. Graseiwit kenmerkt zich door een lage bestendigheid; deze loopt uiteen van 20 tot 45%, afhankelijk van de N-gift en het groeistadium. Dit betekent dat 20 tot 45% van het graseiwit niet wordt afgebroken voor het de dunne darm bereikt. Het grote aandeel onbestendig eiwit en de NPN-fractie leiden tot hoge ammonium-concentraties in de pens. Omdat het gras onvoldoende energie levert aan de micro-organismen om deze grote hoeveelheden in te bouwen in microbiële eiwit, gaat er veel ammonium-N door de penswand en wordt als ureum in de urine uitgescheiden. De verhoging van het ruw-eiwitgehalte (re-gehalte) van gras door de toegenomen N-bemesting heeft tot een sterke toename van de N-uitscheiding via de urine geleid, zoals blijkt uit Tabel 7 (Van der Meer, 1985).

**Tabel 7. Benutting van N uit rantsoenen met een verschillend re-gehalte door een koe van 550 kg die 20 kg melk per dag produceert. Zie Tabel 3 voor informatie over de bedrijven.**

Rantsoen	Re-gehalte (g/kg)	N-opname door de koe (g/dag)	N-uitscheiding (g/dag) in:		
			melk	mest	urine
Volgens de veevoedernormen	147	365	106	104	155
Weidegras bedrijf Cuperus	185	506	106	117	283
Weidegras stikstofproefbedrijven	275	647	106	111	430

Door de lage bestendigheid van het graseiwit worden er betrekkelijk weinig aminozuren via het niet-afgebroken voereiwit in de dunne darm aangeboden. Dit wordt niet gecompenseerd door een hogere microbiële eiwitsynthese, zodat er een tekort aan aminozuren kan ontstaan, ondanks het feit dat er 1,5 tot 2 keer boven de huidige eiwitnorm wordt gevoerd. In een nieuw eiwitwaarderingssysteem, waarin rekening wordt gehouden met deze processen in het eiwitmetabolisme, wordt de eiwitvoorziening van het dier beter voorspeld (Produktschap voor Veevoeder & Centraal Veevoederbureau, 1990).

Op een rantsoen van zwaar met N bemest gras is de N-benutting ( $N_{ii}/N \times 100\%$ ) ongeveer 15%. Bijvoeding met energierijke/eiwitarmede producten leidt tot een verbetering van de N-benutting uit gras. In aanmerking komende energierijke/eiwitarmede

produkten zijn: snijmaïssilage, speciaal samengestelde krachtvoerders, perspulp, CCM (corn cob mix) en MKS (maïskolvensilage).

**Tabel 8. Stikstofopname en -uitscheiding in melk, mest en urine bij een grasrantsoen en een gras/snijmaïs-rantsoen (volledig gemengd; aandeel in het mengsel resp. 51 en 49% van de totale drogestof).**

Rantsoen	N-opname (g/koedag)	N-uitscheiding (g/koedag)		
		melk	mest	urine
Gras	626 (100%)	107 (17%)	158 (25%)	361 (58%)
Gras + snij- maïssilage	494 (100%)	118 (24%)	178 (36%)	198 (40%)

#### Leemten in de kennis

- Momenteel loopt onderzoek naar de invloed van bijvoeding met N-arme (en energierijke) voedermiddelen op de N-benutting en -uitscheiding door rundvee. In dit kader verdient het aanbeveling om aandacht te besteden aan nieuwe voedermiddelen, zoals corn cob mix (CCM) en maïskolvensilage (MKS). Een belangrijk aspect hierbij is de invloed op de ammoniakemissie.
- Een belangrijke vraag voor het veevoedingsonderzoek is waarom de benutting van N uit rantsoenen van gras + N-arme supplementen nog zo ver achter blijft bij de theoretisch haalbare N-benutting (40-45%). Onderzoek blijft derhalve noodzakelijk naar de mogelijkheden om deze benutting te verbeteren.

De invloed van de stikstofgift op de graskwaliteit; H.G. van der Meer. CABO

#### Leemten in de kennis

Zwakke punten ten aanzien van de kwaliteit van gras zijn de geringe benutting van gras-N door het vee en de onvoldoende opname voor hoge dierproducties. In verband hiermee kunnen de volgende taken voor het onderzoek worden genoemd:

- Systematisch onderzoek is nodig naar factoren die de benutting van N in het gras door het vee bepalen. In dit kader dient onderzoek gedaan te worden naar de aard van de N-verbindingen in gras, naar de bestendigheid van deze N-verbindingen tegen afbraak in de pens en naar de aard en afbreekbaarheid van in het gras aanwezige koolhydraten.
- Onderzoek is gewenst naar de invloed van de afzonderlijke inhoudsstoffen van gras op de grasopname en de totale voederopname door het vee. In verband hiermee is het tevens van belang om aandacht te besteden aan de effecten van de N-bemesting en de oogstfrequentie op de grassamenstelling en -opname.

## Bijlage 3 . De nitraatuitspoelingsfracties van het stikstofbodemoverschot

RIVM Rapport 680716002/2007

### **De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven**

B. Fraters, RIVM  
L.J.M. Boumans, RIVM  
T.C. van Leeuwen, LEI-Wageningen UR  
J.W. Reijs, LEI-Wageningen UR

Contact:  
Dico Fraters  
Laboratorium voor Milieumonitoring  
b.fraters@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, mede namens het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van project M/680716, Ondersteuning Mestbeleid

Van bladzijde 9 uit de publicatie:

In 2007 is een project gestart om het Actieprogramma voor de periode 2010-2013 wetenschappelijk te onderbouwen. Voor de onderbouwing wordt een model gebruikt, het model van de Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen (WOG-model). Hiermee kunnen stikstofgebruiksnormen worden afgeleid die zorg dragen voor een balans tussen de aan- en afvoer van stikstof en waarmee voldaan wordt aan de waterkwaliteitsdoelstelling uit de Nitraatrichtlijn. Een eerdere versie van dit model is ook gebruikt bij de onderbouwing van het huidige Actieprogramma. Een evaluatie van het model, na afloop van de vorige onderbouwing, heeft er toe geleid dat het model is verbeterd.

### **Samenvatting**

In deze studie is per grondsoort berekend in welke mate een stikstofoverschot bij bouwland en grasland uitspoelt naar het grond- en oppervlaktewater. De uitspoeling verschilt namelijk tussen

grondsoorten en vormen van bodemgebruik. Bij bouwland op droge zandgrond spoelt negentig procent van het stikstofoverschot uit. Bij grasland op veengrond is dat slechts vijf procent. Een stikstofoverschot is het verschil tussen de aanvoer van stikstof, bijvoorbeeld via kunstmest en dierlijke mest, en de afvoer van stikstof, bijvoorbeeld bij de oogst van gewas. Van de drie grondsoorten, die in deze studie zijn onderzocht, neemt de uitspoeling af in de volgorde: zand - klei - veen. Bij de zandgronden is de uitspoeling het grootst bij droge gronden en het laagst bij natte gronden. De uitspoeling is bovendien bij bouwland groter dan bij grasland. Deze gegevens zijn belangrijk om te voorkomen dat door bemesting te veel stikstof uitspoelt naar grond- en oppervlaktewater. Volgens de Nitraatrichtlijn zijn alle lidstaten van de Europese Unie verplicht dit te voorkomen. Nederland heeft een stelsel van stikstofgebruiksnormen ontwikkeld waarmee zowel de totale stikstofbemesting als de stikstofbemesting met dierlijke mest wordt gereguleerd. Voor de akker- en tuinbouwgewassen op zand- en lossgrond zijn voor de jaren 2008 en 2009 nog geen stikstofgebruiksnormen vastgesteld. Deze informatie zal door de Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen worden gebruikt bij de afleiding van milieuverantwoorde gebruiksnormen voor het totale stikstofgebruik en het stikstofgebruik met dierlijke mest. Voor de studie zijn meetgegevens gebruik van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) van het RIVM en het LEI.



19 oktober 2021

## Berekening nitraatuitspoeling

Een korte evaluatie van bestaande modellen

Gerard H. Ros (WU, NMI)

### Methodes om nitraatuitspoeling in beeld te brengen

Door de kennisinstellingen in Nederland zijn de afgelopen jaren diverse instrumenten ontwikkeld om inzicht te geven in de effecten van bodembeheer en bemesting op de nitraatuitspoeling naar het grondwater. Al deze methoden maken in principe gebruik van een massabalans, waarbij de werkelijkheid in meer of mindere mate wordt vereenvoudigd om inzicht te krijgen in de factoren die de nitraat-uitspoeling beïnvloeden. Een deel van deze methoden is primair ontwikkeld om op landelijk en regionaal niveau inzicht te geven in de relatie tussen bemesting en uitspoeling: het Landelijk Meetnet Mestbeleid (LMM), het landelijk Waterkwaliteitsmodel (LWKM), het instrument INITIATOR, en het WOGWOD-nitraat-uitspoelingsmodel. Op bedrijfs- en perceelsniveau wordt vaak gebruik gemaakt van meer eenvoudige massabalansmodellen, zoals de KringloopWijzer (gebaseerd op N-totaal), NDICEA en het Nitraat-uitspoelingsmodel (gebaseerd op werkzame N).

## Bijlage 4. Regressievergelijking voor verklaring nitraatconcentraties; LEI-Wageningen UR studie, 2010-053

**Bedrijfsvoering, economie  
en milieukwaliteit**  
Nan onderlinge relaties bij melkveebedrijven



C.H.G. Daatselaar  
G.J. Doornewaard  
C. Gardebroek  
D.W. de Hoop  
J.W. Reijs

LEI-rapport 2010-053  
Augustus 2010  
Projectcode 31603  
LEI, onderdeel van Wageningen UR, Den Haag



**Tabel 4.10** Coëfficiënten en t-waarden voor significant ( $P < 0,10$  in het HT-model) verklarende variabelen van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in mg/l, geschat volgens het HT- en het FE-model en de range 5-95% met het effect volgens het FE-model: melkveebedrijven op zandgrond (N=485)

	HT-model		FE-model			
	coëff.	t	coëff.	t	range 5-95%	effect
aantal nge	-0,1399	-1,89 a)	-0,1125	0,64	34-192	-18
kg melk per koe	-0,0089	-3,15 c)	-0,0083	-2,09 b)	5.245-9.394	-34
kVEM krachtvoer/ 100 kg melk	0,8151	2,48 b)	1,0989	2,51 b)	21-45	26
kg N-kunstm./ ha gras	0,0958	2,98 c)	0,1078	3,06 c)	87-374	31
kg N dierl. mest/ha	0,0658	1,9 a)	0,026	0,64	198-436	6
Mestopslagcapaciteit in maanden	-1,7617	-2,08 b)	-1,2373	-1,15	2,9-12,7	-12
% marktbaar gewas in cultuurgrond	-0,9196	-1,91 a)	-1,0598	-1,73 a)	0-15	-16
% grasland in cultuurgrond	-1,0983	-4,9 c)	-0,8426	-3,11 c)	51-100	-41
maaipercentage	-0,082	-3,16 c)	-0,0718	-2,23 b)	114-423	-22
Constante	96,849	2,32 b)	99,798	2,09 b)		
Hausmantest		0,4942				
R2-within	0,5003		0,5087			
R2-between			0,4251			
R2-overall	0,5679		0,4294			

a) P tussen 0,05 en 0,10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af; b) P tussen 0,01 en 0,05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af; c)  $P < 0,01$ : de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af. Bij  $P < 0,05$  voor de Hausmantest schat het RE-model met 95% betrouwbaarheid niet zuiver.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens (1991-2006).

# Bijlage 5. Effect van veel gras voeren op vetzuursamenstelling melk en een studie over belang Omega3 op gezondheid van de mens

Bronvermelding artikel Benbrook, met brede samenstelling experts

> Food Sci Nutr. 2018 Feb 28;6(3):681-700. doi: 10.1002/fsn3.610. eCollection 2018 May.

## Enhancing the fatty acid profile of milk through forage-based rations, with nutrition modeling of diet outcomes

Charles M Benbrook<sup>1, 2</sup>, Donald R Davis<sup>3</sup>, Bradley J Heins<sup>4</sup>, Maged A Latif<sup>5</sup>, Carlo Leifert<sup>6</sup>, Logan Peterman<sup>5</sup>, Gillian Butler<sup>7</sup>, Ole Faergeman<sup>8</sup>, Silvia Abel-Caines<sup>5</sup>, Marcin Baranski<sup>6</sup>

Affiliations – collapse

### Affiliations

- 1 Bloomberg School of Public Health Johns Hopkins University Baltimore MD USA.
- 2 Benbrook Consulting Services Troy OR USA.
- 3 Biochemical Institute University of Texas at Austin Austin TX USA.
- 4 West Central Research and Outreach Center University of Minnesota Morris MN USA.
- 5 Organic Valley/CROPP Cooperative Lafarge WI USA.
- 6 Centre for Organics Research Southern Cross University Lismore NSW Australia.
- 7 School of Natural and Environmental Science Newcastle University Newcastle upon Tyne UK.
- 8 Department of Cardiology Aarhus University Hospital Aarhus Denmark.

### Artikel: Using an erythrocyte fatty acid fingerprint to predict risk of all-cause mortality: the Framingham Offspring Cohort;

*The American Journal of Clinical Nutrition*; 16 June 2021; Michael I McBurney,<sup>1,2,3</sup> Nathan L Tintle,<sup>1,4</sup> Ramachandran S Vasan,<sup>5</sup> Aleix Sala-Vila,<sup>1,6</sup> and William S Harris<sup>1,7</sup>

1The Fatty Acid Research Institute, Sioux Falls, SD, USA; 2Department of Human Health and Nutritional Sciences, University of Guelph, Guelph, Canada; 3Friedman School of Nutrition Science and Policy, Tufts University, Boston, MA, USA; 4Department of Statistics, Dordt University, Sioux Center, IA, USA; 5Schools of Medicine and Epidemiology, Boston University, Boston, MA, USA; 6Hospital del Mar Medical Research Institute, Barcelona, Spain; and 7Sanford School of Medicine, University of South Dakota, Sioux Falls, SD, USA

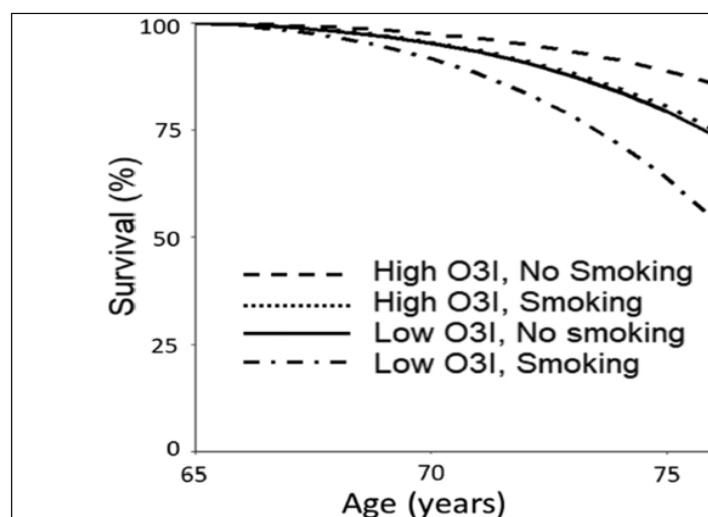


FIGURE 2 Estimated Kaplan–Meier survival curves by age using estimated HRs per year according to the highest/lowest O3I quintile and smoking status for individuals reaching 65 y (average baseline age). O3I, omega-3 index.

High O3I = Hoge Omega-3 Index  
Low O3I = Lage Omega-3 Index

### Research suggests a diet rich in dairy fat may lower the risk of heart disease

Tue 21 Sep 2021 19.05 BST

Researchers assessed dairy fat intake in 4,150 Swedish 60-year-olds by measuring the blood concentration of certain fatty acids that are found in dairy foods.

They followed the participants for an average of 16.6 years, recording how many died or had heart attacks, strokes and other cardiovascular conditions.

Cardiovascular disease risk was the lowest for participants who had high levels of the dairy fatty acids. The researchers also found that higher intakes of dairy fat were not associated with an increased risk of death.

## Bijlage 6. Studie over doelsturing van Wageningen UR.



### 5 Borging van maatregelen en juridische verankering

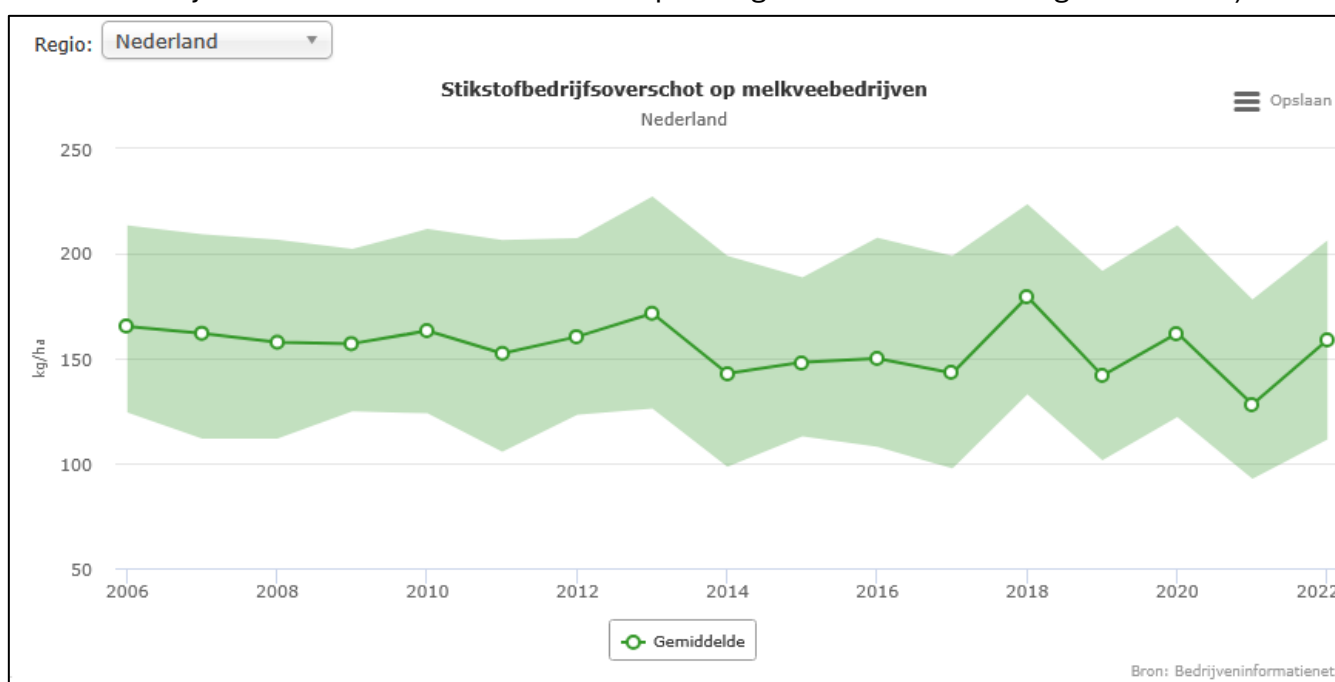
Ondernemers moeten aantonen dat ze met hun bedrijfsvoering binnen de gestelde normen blijven door een juiste inzet van maatregelen en/of het aanpassen van hun bedrijfsomvang (bijv. via minder dieren of aankoop van hectares). Ondernemers hebben bewijslast dat ze de ingezette maatregelen, waarvan via onderzoek bekend is dat ze emissiereductie opleveren, correct hebben uitgevoerd zodat de doelbijdrage wordt behaald. De ondernemer moet kunnen aantonen, bijv. met metingen of foto's of rekeningen dat maatregelen zijn uitgevoerd. Wanneer het verschil tussen de actuele emissies en het beoogde bedrijfsdoel erg groot is, kan dit naast veranderingen in management en innovaties ook minder vee impliceren.

## Bijlage 7. Concrete doelsturing met voorbeelden van bonus-malussysteem op de KPI's ureum in de melk en stikstofbedrijfsoverschot per ha.

Stimulering van doelbereik is mogelijk door:

- Bench marking met vergelijking met andere bedrijven;
- Berekenen en weergave punten per KPI en totaal van de twee KPI's volgens tabel 2;
- Bonus-malussysteem bij het behalen doelen via een aangepaste Ecoregeling in GLB, bij leningen van banken, in de melkprijs, extra punten bij aanschaf-/investeringsubsidies voor verduurzaming bij provincies/RVO. En mogelijk andere?

Referentie voor ureumgehalte in de melk is ureumgehalte in 2022 van 20 gram per 100 gram melk (20 gr/dl). Referentie voor stikstofbedrijfsoverschot per ha is het gemiddelde overschot per ha op melkveebedrijven in Nederland in 2022. En de spreiding daarom heen 9 (zie figuur en tabel).



Tabel 1. Stikstofbedrijfsoverschot per ha op melkveebedrijven in Nederland

jaar	Nederland
1995	348
2007	162
2011	152
2022	159
Spreiding in 2022; grens 25 % laagste	111
Spreiding in 2022; grens 75 % hoogste	206

Zoals in tabel 2 is aangegeven leidt een lager ureumgehalte en een lager stikstofbedrijfsoverschot per ha tot een hoger aantal punten. En de hoogte van de boete/stimulering (bonus-malussysteem) hangt af van de hoogte van de optelsom van deze score op elk van deze KPI's.

In tabel 2 zijn concrete voorbeelden gegeven van zo'n bonus-malussysteem. In het voorbeeld wordt een bonus pas verkregen als het bedrijf 4 of meer punten behaalt, waarbij elke KPI's een

gelijke weging heeft. Maar die 4 punten zijn voor 2026 al vrij streng; bijvoorbeeld voor ureum in de melk en het stikstofoverschot onder het gemiddelde van 2022 (ongeveer de helft zaten er in 2022 boven). Voor het jaar 2027 en volgende jaren tm 2030 zullen de punten met 0,5 dalen, zodat de bonus wordt verkregen bij een lager ureumgehalte en stikstofbedrijfsoverschot per ha.

Tabel 2. Punten bij doelbereik in 2026 met voorbeelden van boete/beloningssystemen (bonus-malussysteem)

Ureumgehalte 2026	Meer dan 22	22	21	20	19	18	17	16	15	Minder dan 14
Punten voor ureum	0	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Stikstofbedrijfsoverschot per ha	Meer dan 195	180	165	160	145	135	120	105	90	Minder dan 80
Punten voor doel Stikstofbedrijfsoverschot per ha	0	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Beloning afhankelijk van aantal punten van Ureum+ Stikstofbedrijfsoverschot per ha	0	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Voorbeeld van boete-beloning in Eco-regeling GLB in euro's per ha	-30	-15	10	80	100	120	140	160	180	200
Voorbeeld van boete/beloning via rentekorting	+0,2	+0	-0,2	-0,4	-0,55	-0,7	-0,85	-1	-1,15	-1,30
Voorbeeld van boete/beloning in melkprijs in centen per kg FCPM	-0,4	-0,2	0	+0,5	+1	+1,5	+2	+2,5	+3	+3,5
Beloning bij aankoop/investering in duurzame productie bij provincies/RVO; extra puntenscore	-0,5	-0,25	0	+0,3	+0,4	+0,5	+0,6	+0,7	+0,85	+1