



Yellow paper 2.0

**Auteurs: Yvonne Verbeek-Schilder en Frank Verhoeven**

**Januari 2023**

## Emissiearme bedrijfsvoering op grondgebonden melkveebedrijven

Samen met een praktijknetwerk van grondgebonden<sup>1</sup> melkveehouders: Netwerk Grondig, ontwikkelen Boerenverstand, WUR en CML in verschillende rondes het concept van een 'emissiearme bedrijfsvoering op grondgebonden melkveebedrijven'. Eind 2021 is een eerste startdocument verschenen, ons zogenaamde white paper. Inmiddels zijn we een ronde verder en publiceren we onze tussenresultaten in dit yellow paper. Doel is alle betrokkenen te informeren.

### Wat was ook alweer het doel van het project?

Een pakket van maatregelen opstellen m.b.t. de bedrijfsvoering- en het management waarmee een melkveehouder onder een absolute waarde voor ammoniak ( $\text{NH}_3$ -)emissie kan blijven en dit ook aan kan tonen. Als uitgangspunt zijn maatregelen genomen die door de GRONDig-boeren zijn aangedragen. Van deze maatregelen wordt het theoretische effect bepaald, maar ook het effect in de praktijk. Daarnaast wordt gekeken naar de effecten van de maatregelen op andere thema's zoals stikstofbodemoverschot, bedrijfseconomie en biodiversiteit. Op dit moment ligt de focus op ammoniakemissie maar in een later stadium worden de afwentelingseffecten naar andere thema's onderzocht.

### Focus op de uitstoot van ammoniak per hectare ( $\text{kg NH}_3/\text{ha}$ )

Gemiddeld is de ammoniakemissie in Nederland 25,7  $\text{kg NH}_3/\text{GVE}/\text{jaar}$  en 56,6  $\text{kg NH}_3/\text{ha}/\text{jaar}$  (bron: WUR Agrimatie), waarbij iets minder dan de helft uit stal- en mestopslag en iets meer dan de helft vanuit toediening en beweiding komt (zie figuur 1). Binnen dit project is besloten om te focussen op de totale ammoniakemissie in  $\text{kg NH}_3/\text{ha}/\text{jaar}$ , terwijl het stikstof-bedrijfsoverschot, stikstof-bodemoverschot of de stikstofefficiëntie ook maten kunnen zijn voor de stikstofverliezen. Het bodemoverschot wordt lager als de ammoniakemissie hoger wordt, en *vice versa*. Als de ammoniakemissie per koe heel laag ligt, maar er worden heel veel koeien per hectare gehouden, is de totale emissie nog steeds veel hoger dan wenselijk. Daarom nemen we het aantal hectares per bedrijf mee in de berekening. Binnen het project is discussie in welke eenheid de ammoniakemissie uitgedrukt moet worden. Andere eenheden zoals emissie/GVE en emissie/fosfaatrecht hebben als nadeel dat extensiveren geen voordeel biedt en daarmee strijdig is met de doelstelling van een grondgebonden melkveehouderij in 2032. Daar horen relevante eenheden bij, zoals normstelling per hectare.

---

<sup>1</sup> Grondgebondenheid in de melkveehouderij is te definiëren en te duiden als de relatie tussen de fosfaatproductie en de plaatsingsruimte van fosfaat op het individuele bedrijf. Bij een fosfaatproductie gelijk aan of kleiner dan de plaatsingsruimte van fosfaat is er sprake van grondgebondenheid. Gebaseerd op forfaitaire fosfaatexcretie van de runderen (*Meststoffenwet, tabel 6*) en de fosfaatgebruiksnormen (*plaatsingsruimte*) per hectare grond. [www.netwerkgrondig.nl/Thema-s](http://www.netwerkgrondig.nl/Thema-s).



	Kg NH <sub>3</sub> /GVE/jaar	Kg NH <sub>3</sub> /ha/jaar
Stal en opslag	11,75	25,85
Toediening en beweiding	13,95	30,7
<b>totaal</b>	<b>25,7</b>	<b>56,55</b>

Figuur 1. Huidige situatie van ammoniakemissie, gemiddeld in Nederland in kg NH<sub>3</sub>/GVE/jaar en kg NH<sub>3</sub>/ha/jaar (bron: Agrimatie, 2020)

Met het wegvallen van de derogatie neemt ook de ammoniakemissie bij uitrijden af. Er mag dan nog 170 kg N/ha worden uitgereden, i.p.v. 230 – 250 kg N/ha met derogatie. Dat betekent per ha 60 – 80 kg N minder. Ongeveer 60% van de stikstof in mest is in de vorm van TAN (van der Stelt et al., 2008). Daardoor wordt er zonder derogatie 36 – 48 kg TAN/ha minder uitgereden. Met een emissiefactor van de zodenbemester van 19% is de emissie per ha hierdoor 7 – 9 kg/ha minder. Dit is 12 – 16% emissiereductie op het geheel. Het verlies van derogatie kan wel resulteren in meer gebruik van kunstmest. Hierdoor stijgt het ruw eiwit in het gras, wat indirect weer kan leiden tot meer ammoniakemissie via een verhoogde stikstofinname.

### Regelknoppen – op welke punten kun je de ammoniakemissie verminderen?

In het white paper is eerder een serie aan maatregelen genoemd als mogelijkheid om de ammoniakemissie te verminderen. Dit zijn de maatregelen die ook door de deelnemende boerenbedrijven als mogelijkheid zijn aangedragen. Deze voorgestelde maatregelen zijn aangevuld met andere in de literatuur gevonden maatregelen. De theoretische effectiviteit is bepaald m.b.v. peer-reviewed publicaties. Het effect van de maatregelen moet kwantitatief bewezen zijn, en de maatregelen (direct of indirect) controleerbaar en aantoonbaar.

#### *Ammoniak is zo weg!*

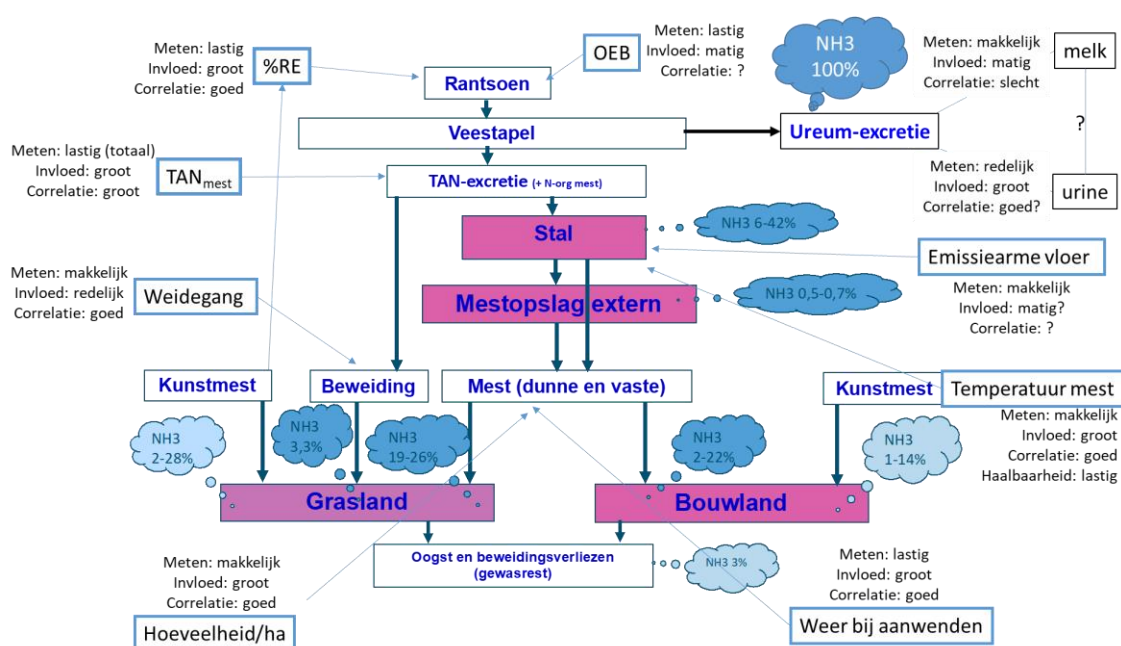
*Ammoniak ontstaat uit ureum die in urine aanwezig is. Als de koe niet alle eiwit kan benutten voor melk, vlees en de groei van haar kalf, komt dit er in de vorm van ureum weer uit (Marini and Van Amburgh, 2005). De omzetting van ureum in ammoniak wordt versneld door het enzym urease. Zodra urine in contact komt met urease dat veel in de mest aanwezig is, ontstaat er ammoniak. In de stal gebeurt dat nagenoeg onmiddellijk. Dat is de reden om vooral in te zetten op het voorkomen van ureum in de urine en om mest en urine uit elkaar te houden (weidegang).*

Minder stikstof gebruiken in de rantsoenen en dus het beperken van eiwit, meer weidegang, beperken van de N-inputs in de vorm van krachtvoer en kunstmest, rekening houden met de weersomstandigheden bij uitrijden, verlagen van de pH van de mest zijn onderzocht m.b.v. een literatuuronderzoek. Daaruit is gekomen dat:

- Weidegang
- Ruw eiwit in het rantsoen (RE%)
- GVE/ha
- Geen mest aan- of afvoeren

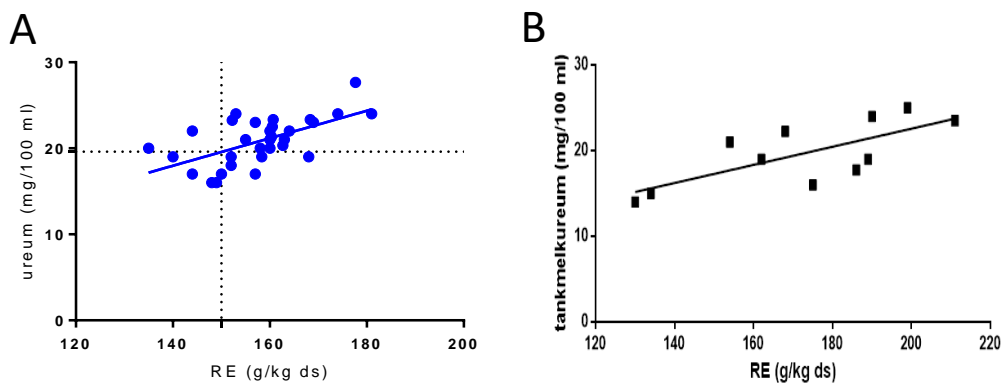
goede potentie hebben om geborgd ammoniak te reduceren op bedrijfsniveau met managementmaatregelen. De invloed van deze parameters is groot, de correlatie met de ammoniakemissie is goed en ze zijn (vrij) goed te meten. Daarnaast zijn ze in de praktijk goed haalbaar. Andere parameters, zoals bijv. rekening houden met de weersomstandigheden bij het uitrijden van mest door het uitrijden bij of vlak voor regen, zijn minder goed controleerbaar. We hebben de laatste jaren gezien dat regen soms lang op zich laat wachten, en dat het plannen van het uitrijden van mest daarmee een stuk ingewikkelder wordt. Bovendien: als je ervoor zorgt dat er minder ammoniak gevormd wordt door meer weidegang en/of minder ruw eiwit, kan er ook minder vervliegen tijdens het uitrijden.

Het schema (figuur 2) laat de regelknoppen zien waaraan gedraaid kan worden.



Figuur 2. Ammoniakemissie-principes en mogelijkheden tot reduceren.

Op melkveebedrijven kan het ruw eiwitgehalte (RE%) in het rantsoen van de gehele veestapel bepaald worden m.b.v. de Kringloopwijzer (KLW), waarbij bij voorkeur gerekend wordt met het driejarig gemiddelde vanwege schommelingen in het rantsoen. Het RE% in het rantsoen kan afgeleid worden van het urine-ureumgehalte en bij melkkoeien via het melkureumgehalte. Uit KLW's van melkveehouders blijkt dat het percentage ruw eiwit (RE%) in het rantsoen een redelijk verband laat zien ( $R^2 = 0,37$ ) met het jaargemiddelde van het tankmelkureumgehalte (figuur 3). Dit verband is door anderen ook aangetoond (Jonker et al., 1998, Kebreab et al., 2002, Burgos et al., 2010). Het tankmelkureumgehalte in combinatie met het RE% uit de KLW geeft de boer handvatten om te sturen op een relatief laag eiwitpercentage. Een richtlijn zou 15% (150 g/kg ds) kunnen zijn. Minder dan 13,5% ruw eiwit lijkt onwenselijk vanuit diergezondheid, maar het landelijke gemiddelde ligt op 16,8%. Uit figuur 3 blijkt dat 15% RE haalbaar lijkt, aangezien de KLW's van 7 van de 30 deelnemende GRONDig boeren dit laten zien. Verlaging van het RE% in het rantsoen leidt in deze groep én volgens literatuur (Oomen, 1999, Weiss, 2005, Müller et al., 2021), niet tot significant lagere melkproductie.

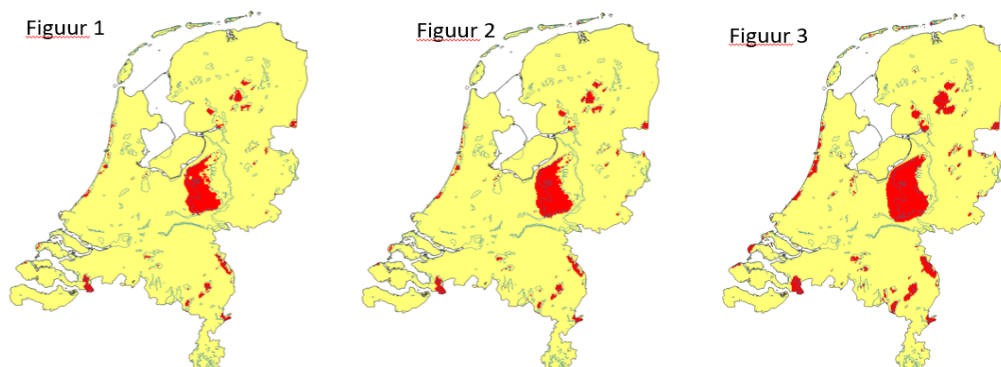


**Figuur 3.** A: het jaarrond tankmelkureumgehalte uitgezet tegen het jaargemiddelde van het ruw eiwitgehalte in het totale rantsoen (KLW data) ( $R^2 = 0.37$ ,  $p=0.0003$ ). B: Het gemiddelde tankmelkureumgehalte van vier opeenvolgende meetwaardes uitgezet tegen het gemeten RE% op het tijdstip van de laatste ureummeting ( $R^2 = 0.53$ ,  $p=0.011$ ).

Het aantal uren weidegang kan worden bijgehouden in de weidekalender, of met halsbandsensoren en dergelijke. GVE/ha komt onomstotelijk uit RvO-data (mei-telling).

### Specifieke vs. generieke reductie

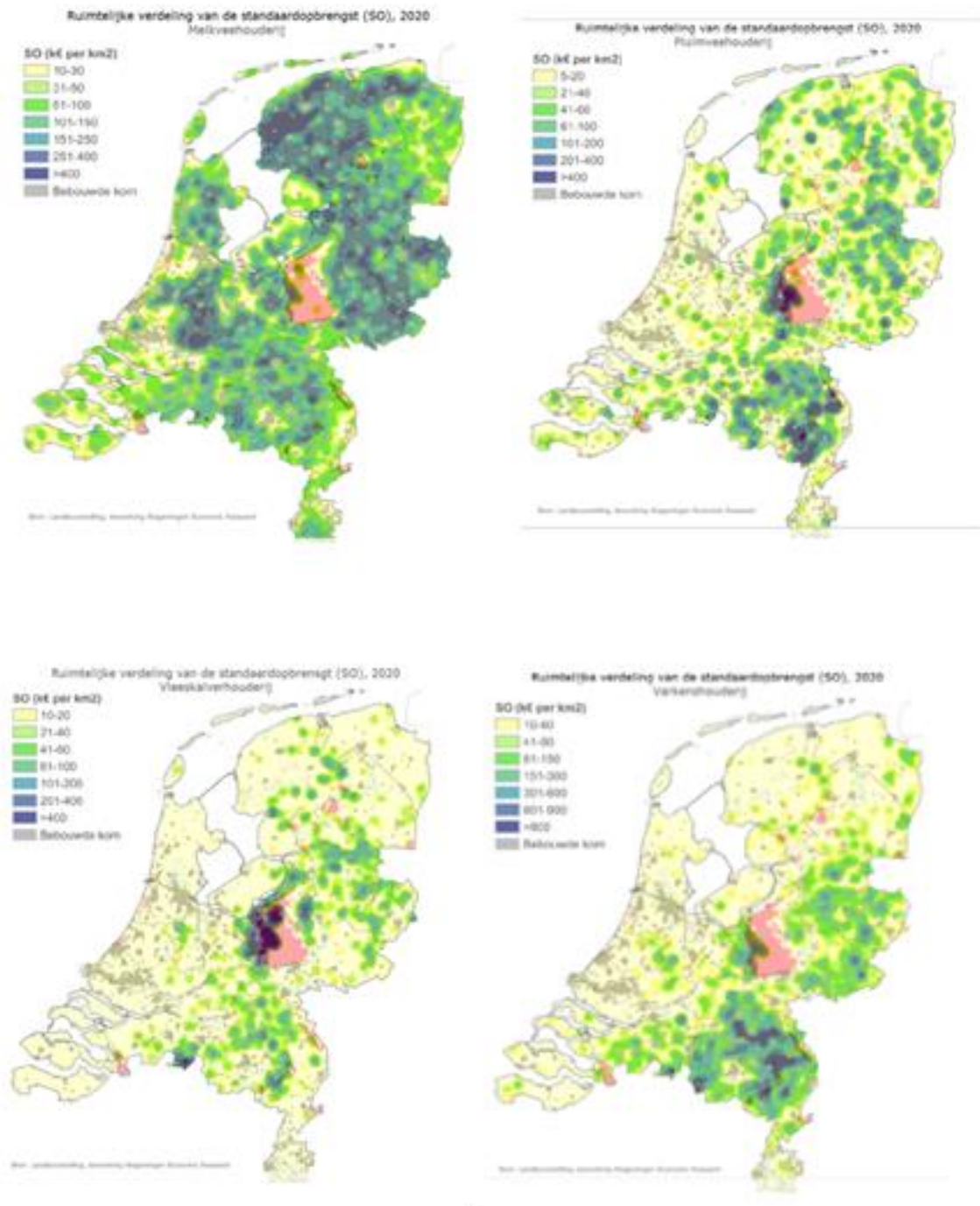
Op ons verzoek is n.a.v. het rapport “Naar een ontspannen Nederland” van Jan Willem Erismann en Benno Strootman, berekend (door Ton Brouwer) wat de specifieke reductie van ammoniakemissie zou moeten zijn in bepaalde gebieden om te voldoen aan wet- en regelgeving, als er een generieke reductie van 30% wordt gehaald (figuur 4). Dat betekent dat er voor alle veehouders in Nederland een reductie van 30% behaald zou moeten worden. Dit kan met managementmaatregelen of technische maatregelen. De specifieke reductie is de reductie van bepaalde bedrijven, in bepaalde gebieden.



	Generieke Reductie [%]	Specifieke Reductie [%]	Effectief Specifiek [%]	Doelbereik [% Opp]
Figuur1	30	66	77	74
Figuur2	30	50	65	74
Figuur3	25	56	65.5	74

**Figuur 4.** Specifieke vs. Generieke ammoniakemissie bij verschillende percentages. In figuur 1 en 2 is de generieke reductie 30% maar de specifieke reductie in figuur 1 is 66% en in figuur 2 is 50%. Hierdoor worden de rode gebieden iets groter in figuur 2. In figuur 3 is de generieke reductie 25%. Hierdoor worden de rode, specifieke reductiegebieden ook groter.

In deze rode gebieden gaat het vooral over kalver-, pluimvee- en varkenshouderij-bedrijven (Figuur 5). De specifieke reductie zal naast de melkveehouderij, ook vanuit deze sectoren moeten komen. Er zijn ook gebieden waar ammoniakemissie gereduceerd moet worden maar waar de agrarische sector geen invloed op heeft, zoals het Bargerveen in Oost-Drenthe en de duingebieden rond IJmuiden (Figuur 5).

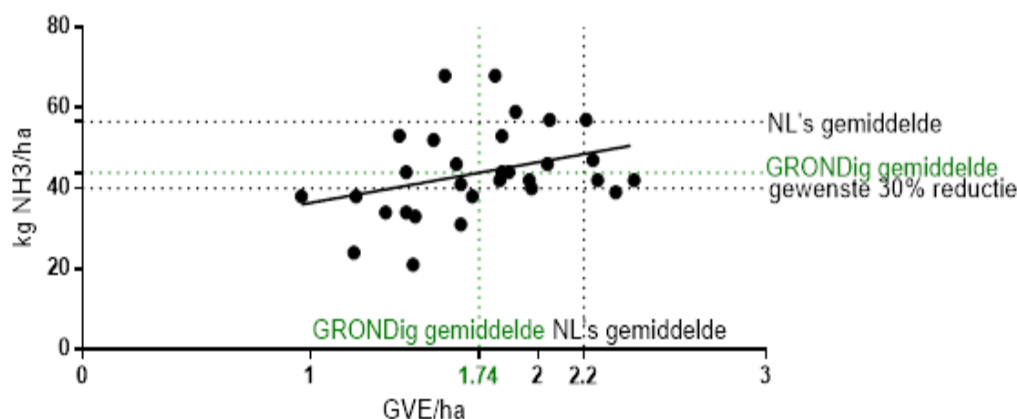


Figuur 5. Bedrijvigheid (standaardopbrengst (SO, k€/km<sup>2</sup>)) van resp. melkvee-, pluimvee-, vleeskalveren- en varkenshouderij (van linksboven naar rechtsonder), overlay met geel-rode reductie-kaart uit figuur 4.



## Is 30% reductie in melkveehouderij haalbaar?

30% Reductie betekent dat de gemiddelde ammoniakemissie in Nederland moet zakken tot op of onder de 40 kg NH<sub>3</sub>/ha. Het gemiddelde in Nederland is immers 56,6 kg NH<sub>3</sub>/ha. Met de gegevens van de meest recente KLW's van de GRONDig boeren is berekend dat 11 van de 30 deelnemers nu al onder de 40 kg NH<sub>3</sub>/ha zitten (figuur 6). Meer dan de helft zit onder de 42 kg NH<sub>3</sub>/ha. Het moet dus mogelijk zijn voor grondgebonden melkveehouders om onder de 40 kg NH<sub>3</sub>/ha te komen. De KLW's laten ook bij de meeste melkveehouders in de laatste drie jaar een dalende trend zien. GRONDig boeren voeren minder dan gemiddeld ruw eiwit, hebben een minder dan gemiddeld aantal GVE/ha en meer dan gemiddeld weidegang.



Figuur 6. Ammoniakemissie van de 30 deelnemende GRONDig boeren n.a.v. de meest recente Kringloopwijzers (2020 en 2021) uitgezet tegen het aantal GVE/ha per bedrijf. De correlatie GVE/ha ~ ammoniakemissie (kg/ha) is niet significant ( $p=0.072$ ,  $R^2 = 0.11$ ).

## Ontwikkeling robuuste rekenmodule (op basis van drie regelknoppen)

Om evenredig bij te dragen aan de 30% generieke reductie zal een melkveebedrijf dus op of onder 40 kg NH<sub>3</sub>/ha moeten blijven. Hoe is dat te borgen? We zijn gaan zoeken naar manieren om dat te doen.

Op basis van literatuuronderzoek is het effect van de managementmaatregelen vastgesteld. 1% Minder ruw eiwit in het rantsoen leidt tot 2 kg minder NH<sub>3</sub>-emissie/GVE/jaar (Bougouin et al., 2016, Sajeev et al., 2017) tot een ondergrens van 9% ruw eiwit (Marini and Van Amburgh, 2005). 2 kg ammoniakemissie is 7,8% van de gemiddelde Nederlandse emissie per GVE. 1000 uur meer weidegang leidt tot 2,6 kg NH<sub>3</sub>-emissie /GVE/jaar minder (Hoving, 2015), dit is 10% van het Nederlands gemiddelde. Met het aantal GVE/ha kan dan berekend worden wat de ammoniakemissie per hectare is. Verminderen van het aantal GVE/ha vermindert ook de hoeveelheid mest die wordt geproduceerd en dus kan worden aangewend (mits er geen mest wordt aan- of afgevoerd). Hiermee vermindert ook de emissie, recht evenredig met de vermindering van het aantal GVE/ha. Het minimum aan RE% dat in de literatuur beschreven is –bij gelijkblijvende productie en koegezondheid– 13,5% (Oomen, 1999), en meer dan 4800 uur weidegang is in Nederland vrijwel niet haalbaar. Met weidegang is er derhalve maximaal 35% emissiereductie t.o.v. het Nederlands gemiddelde te behalen, en met het verlagen van het ruw eiwit is maximaal 26% emissiereductie t.o.v. het Nederlands gemiddelde te behalen. Deze berekeningen zijn verduidelijkt in figuur 7.





	Effect (kg NH <sub>3</sub> /ha)	Effect (% t.o.v. NL's gemiddelde)	Max/ min haalbaar	Nl's gemiddelde	Max haalbaar effect (% t.o.v. NL's gemiddelde)
Weidegang (per 1000 uur)	2,6	10	4800 uur	1303 uur	35
Ruw eiwit (per %)	2	7,8	13,5%	16,8%	26

Figuur 7. Effect van de regelknoppen om ammoniakemissie te verlagen, met het maximaal haalbare effect t.o.v. het Nederlands gemiddelde.

Een lager aandeel GVE/ha, ofwel extensivering, zou ook geld kunnen kosten, alhoewel wij geen correlatie zien tussen bedrijfsresultaat en aantal GVE/ha in de boeren uit het GRONDig netwerk.

Er is een formule ontwikkeld waarbij deze drie belangrijkste parameters ingevuld kunnen worden om de ammoniakemissiereductie per hectare te kunnen berekenen (figuur 8). Hierbij is uitgegaan van de gemiddelde waarden in Nederland voor ammoniakemissie, aantal uren weidegang en RE%. Vanzelfsprekend levert het afvoeren van mest van het bedrijf ook minder veldemissies op. Hoe en of dit binnen de context van dit project wordt ingevuld en of mest afvoeren in de formule wordt verwerkt, wordt nog bekeken.

Dit geeft de boer de mogelijkheid om eenvoudiger hard te maken hoe managementmaatregelen uitpakken en waarmee bewezen kan worden dat hij daarmee onder de emissie van 40 kg NH<sub>3</sub>/ha uitkomt.

## Borgingsformule

$$\text{Borging} = \alpha^* \text{ GVE/ha} - \beta^* \text{ Weidegang uren} + \gamma^* \text{ Ruw eiwit}$$

(voorwaarde: geen mest aanvoeren)

Figuur 8. Formule 1.0 voor het effect van de managementmaatregelen op de ammoniakemissie.

Ons eerste idee is om met robuuste klassen van ammoniakemissiereductie te gaan werken. Waarom? Omdat een absoluut getal een zekerheid pretendeert die wellicht niet is waar te maken. Een bedrijf dat een bepaalde klasse nastreeft zal wel jaar op jaar moeten laten zien in die klasse te kunnen blijven.



De formule geeft een boer een indicatie wat de waardes van de regelknoppen zou moeten zijn en die kunnen er als volgt uit zien (figuur 9):

RUW EIWIT GEMIDDELD VEESTAPEL (G/KG DS)				
	168	160	151	146
	Tankmelkureum (g/100 ml)			
	22.5	21.1	19.8	19.0
<b>GEEN WEIDEGANG</b>	-13%	-7%	0%	4%
<b>120 DAGEN X 6 UUR (NORM)</b>	-6%	1%	7%	11%
<b>NEDERLANDS GEM. (1303 UUR)</b>	0	7%	13%	17%
<b>2600</b>	13%	20%	26%	30%
<b>3000</b>	17%	24%	30%	34%
<b>3600</b>	23%	30%	36%	40%

Figuur 9. Scoresysteem op de regelknoppen RE% en weidegang. Verlaging van het aantal GVE/ha vergroot het percentage emissiereductie nog verder doordat er minder mest geproduceerd wordt en dus uitgereden kan worden.

De emissiereductie van een 'gemiddeld' bedrijf met 1303 uur weidegang, 168 g/kg ds RE en 2,2 GVE/ha, is per definitie 0 omdat we ook uitgaan van de gemiddelde ammoniakemissie van de Nederlandse melkveehouderij. Met deze waardes als uitgangspunt kan de emissiereductie worden berekend met meer en minder weidegang en RE%.

### Hoe kan de emissiearme bedrijfsvoering gaan werken?

Als we de gemiddelden van de GRONDig melkveehouders vergelijken met de gemiddelden van Nederland, blijkt dat GRONDig melkveehouders het al relatief goed doen op de doelvariabele van dit project, ammoniakemissie/ha (figuur 10).

	Gemiddeldes GRONDig	Gemiddeldes NL	Min GRONDig	Max GRONDig
RE (g/kg ds)	156	168	135	174
Weidegang (uur)	2663	1303	360	4805
GVE/ha	1,74	2,2	0,96	2,42
Ammoniakemissie, meest recente KLW's (2020-2021) (kg/ha)	43,9	56,6	21	68

Figuur 10. Gemiddelde waardes en minima en maxima van GRONDig boeren en het Nederlands gemiddelde op de regelknoppen.

We denken zoals gezegd aan robuuste klassen, waarin een bedrijf eenduidig en langjarig stabiel kan worden opgenomen. Dat zou betekenen dat er kansen liggen om de ammoniak-emissiearme bedrijfsvoering erkend te krijgen in wet- en regelgeving.

De veehouder kan zelf een keuze maken van RE% en aantal uur weidegang. Met behulp van de tabel uit figuur 9, komt hij/zij dan uit op een reductiepercentage. Dit percentage wordt nog eens verhoogd met de vermindering van het aantal GVE/ha, t.o.v. het Nederlands gemiddelde.

Zo kan een veehouder bijv. kiezen voor een RE% van 15,1% (151 g/kg ds), en 3000 uur weidegang. Bij een veebezetting van 2,2 GVE/ha is het reductiepercentage dan precies 30% t.o.v. het Nederlands gemiddelde (16,8% RE en 1303 uur weidegang) en dus voldoende om de doelen te behalen. De veehouder kan echter ook kiezen voor RE% van 16% en 2600 uur weidegang, waarmee hij een reductie behaalt van 20%. Reduceert hij ook het aantal GVE/ha tot 2, d.w.z. 10% minder dan het





Nederlands gemiddelde, dan heeft hij uiteindelijk ook de 30% reductie behaald. We beseffen dat deze oplossingsrichting met name van toepassing is voor bedrijven die nu al grondgebonden zijn, of daar makkelijk naartoe kunnen bewegen.

### Eerste verkenning urine-ureum/tankmelkureum/RE%

Momenteel wordt het RE% uit de KLW gehaald, en wordt gebruik gemaakt van het jaargemiddelde. Een getal dat direct gemeten kan worden, en waar de boer jaarrond inzicht in heeft, heeft echter de voorkeur. Het RE% correleert significant met het tankmelkureum (figuur 3). Opmerkelijk is dat het tankmelkureum bij RE van 168 g/kg ds (Nederlands gemiddelde) ook precies het Nederlands gemiddelde van 22,5 mg/100 ml is in deze groep. Het jaarrond tankmelkureum geeft echter nog geen mogelijkheid om dagelijks op te sturen. Maar wellicht de driedaagse tankmelkwaardes wel. Omdat het urine-ureum de primaire bron is voor ammoniak, is bekeken of het urine-ureumgehalte correleert met de driedaags tankmelkureumgehalte-meting. Dit was het geval voor de zeven boeren waar urinemonsters zijn genomen (data niet getoond). De correlatie van driedaags tankmelkureum, urine-ureum en RE% op de dag van metingen, moet nog gemaakt worden.

### En de effecten op andere doelen? En vooral de economie?

We zouden het bijna vergeten, maar een van de doelen van het project is om aan te tonen dat emissiereductie in elk geval geen negatieve effecten mag hebben op andere duurzaamheidsopgaves en dat het economisch aantrekkelijk moet zijn. Voor het eerste willen we een relatie met de KPI's voor kringlooplandbouw maken (zie [www.wur.nl/kpi](http://www.wur.nl/kpi)). Wat betreft de economie zijn we begonnen om de bedrijfseconomie van deelnemende boeren in kaart te brengen en scenarioberekeningen van de kosten en opbrengsten van de voorgestelde parameters te maken.

### Hoe verder?

Tot nu baseren we ons op literatuurbronnen en een beperkte hoeveelheid praktijkmetingen. Ons voorgestelde scoresysteem is praktijkrijp te maken en zou al geïmplementeerd kunnen worden op grondgebonden melkveebedrijven die geen mest aan- of afvoeren (beperkte risicogroep). Maar de relatie rantsoen en emissie is voor elk melkveebedrijf interessant. Er zijn echter meer metingen nodig om harder te maken dat er dan daadwerkelijk ook minder emissie heeft plaatsgevonden. Zoals vaker gezegd is de bron van ammoniak het ureum in de urine. Daarom oriënteren we ons op de toevoeging van het urine-ureumgehalte als noodzakelijke check op het RE% van het rantsoen en de uiteindelijke ammoniakemissie. Een eerste verkenning heeft laten zien dat het urine-ureumgehalte lijkt te correleren met het RE% uit de KLW alsook met het tankmelkureumgehalte. RE% is echter een jaargemiddelde en er zit onzekerheid in de schatting van dit getal. Het tankmelkureumgehalte wordt ook vrij grof gemeten (d.w.z. geen cijfers achter de komma) en de vraag is of dit nauwkeurig genoeg is. We zullen achterhalen of dit cijfer nauwkeuriger gegeven kan worden. Omdat het urine-ureum de directe bron van ammoniakemissie is, lijkt dit het meest zinvol om verder op te focussen. Ook willen we de focus houden op bedrijfsniveau, daarom zullen we specifiek ook nog kijken naar emissies van jongvee.

De komende tijd gaan we daarom metingen doen aan urine, rantsoen (RE%) en de correlatie van beide met het tankmelkureum, om hier al dan niet een robuuste correlatie uit te krijgen.

De hier gepubliceerde formule 1.0 willen we verder testen in diverse onderzoeksprojecten zoals Netwerk Praktijkbedrijven en Koeien en Kansen.

**Eind 2023 verwachten we een geborgde emissiearme bedrijfsvoering conform projectplan op te leveren.**



## Referenties

- Bougouin, A., J. Dijkstra, E. Kebreab, A. Leytem, and R. S. Dungan. 2016. Nutritional and environmental effects on ammonia emissions from dairy cattle housing: A meta-analysis. *Journal of Environmental Quality* 45(4):1123-1132.
- Burgos, S. A., N. M. Embertson, Y. Zhao, F. M. Mitloehner, E. J. DePeters, and J. G. Fadel. 2010. Prediction of ammonia emission from dairy cattle manure based on milk urea nitrogen: Relation of milk urea nitrogen to ammonia emissions. *Journal of Dairy Science* 93(6):2377-2386.
- Hoving, I. E., Holshof, G., Evers, A.G., De Haan, M.H.A. 2015. Ammoniakemissie en weidegang melkvee: verkenning weidegang als ammoniak reducerende maatregel. *Livestock Research Rapport* 856.
- Jonker, J. S., R. A. Kohn, and R. A. Erdman. 1998. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 81(10):2681-2692.
- Kebreab, E., J. France, J. A. Mills, R. Allison, and J. Dijkstra. 2002. A dynamic model of N metabolism in the lactating dairy cow and an assessment of impact of N excretion on the environment. *J Anim Sci* 80(1):248-259.
- Marini, J. C. and M. E. Van Amburgh. 2005. Partition of nitrogen excretion in urine and the feces of holstein replacement heifers. *J Dairy Sci* 88(5):1778-1784.
- Müller, C. B. M., S. Görs, M. Derno, A. Tuchscherer, K. Wimmers, A. Zeyner, and B. Kuhla. 2021. Differences between Holstein dairy cows in renal clearance rate of urea affect milk urea concentration and the relationship between milk urea and urinary nitrogen excretion. *Science of The Total Environment* 755:143198.
- Oomen, G. 1999. A.P.Minderhoudhoeve beproeft eiwitarme voedergewassen. *Ekoland* 6:16-17.
- Sajeev, E. P. M., B. Amon, C. Ammon, W. Zollitsch, W. Winiwarter, and SpringerLink. 2017. Evaluating the potential of dietary crude protein manipulation in reducing ammonia emissions from cattle and pig manure: A meta-analysis. *Nutrient cycling in agroecosystems*. doi:10.1007/s10705-017-9893-3.
- van der Stelt, B., P. C. J. van Vliet, J. W. Reijs, E. J. M. Temminghoff, and W. H. van Riemsdijk. 2008. Effects of Dietary Protein and Energy Levels on Cow Manure Excretion and Ammonia Volatilization. *Journal of Dairy Science* 91(12):4811-4821.
- Weiss, B. 2005. Ammonia emissions from dairy farms - the basics. in *Buckeye dairy news*. Vol. 7.