

Innovaties rond Natura 2000-gebieden

Kansen en mogelijkheden voor agrarische bedrijven



LEI

WAGENINGEN UR

Innovaties rond Natura 2000-gebieden

Kansen en mogelijkheden voor agrarische bedrijven

Katrin Oltmer

Eric Hees (CLM)

Carin Rougoor (CLM)

LEI-rapport 2010-056

September 2010

Projectcode 2232020000

LEI, onderdeel van Wageningen UR, Den Haag

Het LEI kent de volgende onderzoeksvelden:



Sector & Ondernemerschap



Regionale Economie & Ruimtegebruik



Markt & Ketens



Internationaal Beleid



Natuurlijke Hulpbronnen



Consument & Gedrag

Innovaties rond Natura 2000-gebieden; Kansen en mogelijkheden voor agrarische bedrijven

Oltmer, K., E. Hees en C. Rougoor

LEI-rapport 2010-056

ISBN/EAN: 978-90-8615-453-1

Prijs € 19,25 (inclusief 6% btw)

88 p., fig., tab.

De overheid wil middels beheerplannen voor grondgebruikers rondom Natura 2000-gebieden knelpunten als vermessing en verdroging in deze gebieden aanpakken. Dit rapport geeft een overzicht van kansrijke mogelijkheden voor agrarische bedrijven om de stikstofemissie naar lucht, grond- en oppervlaktewater te beperken en om verdroging tegen te gaan. De Provinciale Milieufederaties willen met dit rapport een bijdrage leveren aan de totstandkoming van de beheerplannen. Ook willen zij de samenwerking tussen de verschillende partijen in landelijk gebied bevorderen.

The government intends to tackle problems such as manure use and desiccation in and around Natura 2000 areas by means of management plans for land users in these areas. This report presents an overview of promising possibilities for farms to limit nitrogen emissions into air, groundwater and surface water and to combat desiccation. By means of this report, the Provincial Environmental Federations (*Provinciale Milieufederaties*) want to contribute to the materialisation of the management plans. They also want to promote cooperation between the various parties in rural areas.

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Provinciale Milieufederaties.

Foto: KINA

Bestellingen

070-3358330

publicatie.lei@wur.nl

© LEI, onderdeel van stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2010
Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.



Het LEI is ISO 9001:2008 gecertificeerd.

Inhoud

	Woord vooraf	6
	Samenvatting	8
	Summary	10
1	Inleiding	13
	1.1 Aanleiding	13
	1.2 Afbakening	13
	1.3 Doelstelling	14
	1.4 Leeswijzer	14
2	Natura 2000 en landbouw	16
	2.1 Emissie en depositie van stikstof	16
	2.2 Verdroging in en om Natura 2000-gebieden	25
3	Maatregelen ammoniak	26
	3.1 Brongerichte maatregelen huisvesting	27
	3.2 Brongerichte maatregelen beweiding/weiland	37
	3.3 Brongerichte maatregelen vee	38
	3.4 Brongerichte maatregelen mestaanwending	45
	3.5 Overige brongerichte maatregelen	51
4	Watermaatregelen	56
	4.1 Brongerichte maatregelen op het bedrijf	56
	4.2 Maatregelen op het perceel	64
5	Synthese maatregelen/systeemveranderingen	73
	5.1 Mate van ingreep en ondernemersstijlen	73
	5.2 Systeemveranderingen	74
	5.3 Gebiedsgerichte benadering	79
6	Conclusies	81
	Literatuur en websites	83

Woord vooraf

De invloed van de landbouw rondom Natura 2000-gebieden reikt tot in de natuurterreinen, bijvoorbeeld via neerslag van ammoniak en het grondwaterpeil. Precies om die reden reikt ook de invloed van Natura 2000 tot buiten de grenzen van het gebied: de natuurregeling stuurt deels de ontwikkelingen in de landbouw. Of je het prettig vindt of niet, de natuur heeft in de streek verbinding met de landbouw.

Zo ervaren de fietsende en wandelende Nederlanders dat overigens ook: die zien geen scherpe grens tussen natuur en agrarisch gebied. Boerenland en bossen vormen samen het cultuurlandschap. Bloeiende heide en uitgestrekte moerassen zijn prachtig; weilanden, grazend vee en boerderijen completeren het beeld. Zo voegt de grondgebonden landbouw waarde toe aan natuurgebieden.

Momenteel zoeken veel partijen naar het juiste evenwicht tussen een rijke natuur met voldoende schoon water enerzijds, en een vitale landbouw met een mooi landschap rondom die natuur anderzijds. Overal in het land worden Beheerplannen voor de Natura 2000-gebieden opgesteld, waarin dat evenwicht wordt vastgelegd.

Met dit rapport hopen wij die ingewikkelde klus iets eenvoudiger te maken. Het rapport geeft een redelijk compleet beeld van welke maatregelen mogelijk zijn om de milieudruk van de landbouw rondom Natura 2000 te verlagen. Het geeft in grote lijnen aan wat de milieuwinst kan zijn, en ook of een maatregel duur is of juist nauwelijks geld hoeft te kosten. De lijst mogelijkheden is lang. Niet elke maatregel past overal. Niet alles is ook overal nodig. Het is nadrukkelijk bedoeld als groslijst om de keuze, het maatwerk, per gebied te vergemakkelijken.

Veel maatregelen kosten geld - zoveel is duidelijk. Maar ook dat hoeft niet altijd een belemmering te zijn. Mogelijk kan betaling voor groene diensten of investeringssubsidie onderdeel zijn van het plan van aanpak in het beheerplan. Of, zoals een lid van de klankbordgroep zei: 'Als je één bedrijfsverplaatsing kunt voorkomen spaar je een hoop geld uit voor andere maatregelen.'

Tijdens een bespreking van een voorlopige versie van het rapport, met veehouders en milieubeschermers, bleek al de meerwaarde van de inventarisatie van maatregelen. Partijen die in het veld vaak tegenover elkaar staan, kwamen op basis van deze gemeenschappelijke kansen en mogelijkheden tot een vorm

van 'goede praktijk' voor concrete Natura 2000-beheerplannen. Ook willen we LTO Noord en ZLTO bedanken voor inhoudelijk advies.

Kortom, we hopen dat dit rapport helpt om tot een afgewogen plan te komen, voor meer biodiversiteit met agrarische ontwikkelruimte (en dat is niet per se hetzelfde als uitbreiding of schaalvergroting). Want zowel landbouw als natuur is gebaat bij dynamiek.



Prof.dr.ir. R.B.M. Huirne
Algemeen Directeur LEI



G. Kuneman
Directeur CLM Onderzoek en Advies

Samenvatting

Om de gevoelige natuur in de Natura 2000-gebieden beter te beschermen laat de overheid beheerplannen opstellen. In deze plannen staan mogelijkheden voor de verschillende grondgebruikers in het landelijk gebied om de knelpunten rond de Natura 2000-gebieden, zoals vermesting en verdroging, aan te kunnen pakken. De Provinciale Milieufederaties willen door het vergroten van draagvlak en het bevorderen van de samenwerking tussen de verschillende partijen in het landelijk gebied bijdragen aan de realisatie van de beheerplannen voor de Natura 2000-gebieden. Dit rapport heeft het doel om inzicht te geven in kansrijke (en innovatieve) maatregelen op agrarische bedrijven om te kunnen voldoen aan de milieueisen gericht op de stikstofemissie naar lucht en water en op verdroging rondom Natura 2000-gebieden.

Van de stikstofdepositie in Nederland wordt 46% veroorzaakt door de land- en tuinbouw. De land- en tuinbouw levert met nagenoeg 90% de grootste bijdrage aan de totale ammoniakemissie in Nederland (circa 120 kton per jaar). Meer dan de helft van de ammoniakemissie is afkomstig van de rundveehouderij. Varkens en pluimvee nemen respectievelijk circa 30% en 15% van de ammoniakemissie voor hun rekening. Ongeveer de helft van de ammoniak emitteert uit stallen en mestopslag, 35% komt vrij bij de mestaanwending en 15% bij beweiding en uit kunstmest. De bijdrage van de land- en tuinbouw aan de emissie van stikstofoxide is met minder dan 3% zeer bescheiden.

Om aan de eisen rondom Natura 2000-gebieden te voldoen zijn er op landbouwbedrijven verschillende mogelijkheden voor het terugdringen van de ammoniakemissie. Een aantal betreffen end-of-pipemaatregelen met een technisch karakter, zoals luchtwassers of andere stalinrichtingssystemen. Andere maatregelen gaan gepaard met aanpassingen in de bedrijfsvoering. Voorbeelden hiervan zijn eiwitarm voeren, aanpassen van het kunstmestgebruik of fokken op laag ureum. Tot de categorie grotere bedrijfsingrepen horen maatregelen als gebruik van vaste mest, verkleinen van de veestapel of uitplaatsen van het jongvee.

Maatregelen die betrekking hebben op de uitstoot van stikstof naar het grond- en oppervlaktewater en op verdroging worden in deze studie samengevat onder de noemer watermaatregelen. Voorbeelden van maatregelen die zowel de stikstofemissie naar water als de verdroging tegengaan zijn bouwplanveranderingen, de aanleg van bufferstroken (met of zonder helofytenfilters) of

samengestelde, peilgestuurde drainage. Peilgestuurde drainage is van deze het minst ingrijpend voor de bedrijfsvoering. Technisch georiënteerde maatregelen om de uitspoeling te verminderen, waarbij de ingreep in de bedrijfsvoering relatief klein is maar waarvoor wel kennis is vereist, zijn onder andere precisiebemesting of kunstmestinjectie. Voorjaarstoediening van dierlijke mest of vergroten van de mestopslag zijn voorbeelden van kleinere ingrepen in de bedrijfsvoering. Bij maatregelen als peilverhoging moet de bedrijfsvoering in sommige gevallen op een ingrijpender manier worden aangepast, bijvoorbeeld via kavelruil of aanpassingen in het bouwplan. Alle maatregelen zijn aan het eind van de betreffende paragrafen in hoofdstuk 3 en 4 samengevat in overzichtelijke factsheets.

Welke maatregel waar en het meest effectief toegepast kan worden is erg afhankelijk van de betreffende situatie. Bij een minder gevoelig habitattype in het aangrenzende Natura 2000-gebied kunnen bijvoorbeeld kleine en gemakkelijk in te voeren maatregelen al tot een voldoende positief milieueffect leiden, op andere plaatsen zijn grotere ingrepen nodig. Daarnaast is het type agrarische ondernemer belangrijk als het gaat om de effectiviteit van de maatregelen. Sommige ondernemers hebben meer affiniteit met technische maatregelen waarbij de ingreep in de daadwerkelijke bedrijfsvoering minimaal blijft. Andere ondernemers zien de nabijheid van een Natura 2000-gebied juist als kans om hun bedrijfsvoering compleet te veranderen en op die manier de waarde van hun productie te verhogen. Voorbeelden voor dergelijke systeemveranderingen zijn kringloop-certificering, natuurmelken, verbreding of biologische bedrijfsvoering.

Een andere systeemverandering die juist stuurt op verdergaande scheiding tussen landbouw en natuur, is de grondloze rundveehouderij, waarbij de koeien in gesloten stallen voorzien van luchtwassers worden gehouden. Hoewel een dergelijk systeem wellicht op weinig steun vanuit de maatschappij kan rekenen, kan het toch een positief milieueffect hebben.

Bij het invullen van de beheerplannen is maatwerk gevraagd. Er moet goed worden gekeken welk type bedrijven, ondernemers en natuurgebieden in het betreffende gebied betrokken zijn. Zo kunnen de kosten en de effectiviteit van de ene maatregel in een bepaalde situatie sterk afwijken van die in andere omstandigheden. Vaak is er op agrarische bedrijven meer mogelijk dan op het eerste gezicht lijkt. Overleg uitsluitend met de sectorvertegenwoordigers of overheidsinstanties kan de communicatie belemmeren. In de meeste gevallen loont het dan ook om met de betrokken ondernemers direct aan tafel te gaan zitten.

Summary

Innovations in and around Natura 2000 areas; Opportunities and possibilities for farms

In order to better protect the sensitive flora and fauna in the Natura 2000 areas, the government is formulating management plans. These plans contain possibilities for the various land users in rural areas to tackle problems in and around the Natura 2000 areas, such as manure use and desiccation. The Provincial Environmental Federations want to contribute to the fulfilment of the management plans for the Natura 2000 areas by means of increasing levels of public support and by promoting cooperation between the various parties in rural areas. The objective of this report is to provide insight into promising (and innovative) measures on farms to be able to satisfy the environmental requirements focused on nitrogen emissions into air and water and on desiccation in and around Natura 2000 areas.

In the Netherlands, 46% of nitrogen deposits originate from agriculture and horticulture. Agriculture and horticulture are the largest source of ammonia emissions in the Netherlands, accounting for almost 90% of the total (approx. 120 kilotonnes per annum). More than half of all ammonia emissions originate from the cattle farming sector. Pigs and poultry account for around 30% and 15% of ammonia emissions respectively. Roughly half of the ammonia is emitted from sheds and barns and manure storage, 35% is released when the manure is applied on farmland and 15% originates from grazing and from artificial fertiliser. The contribution of agriculture and horticulture to emissions of nitrogen oxide is very modest at less than 3%.

In order to satisfy the requirements relating to Natura 2000 areas, there are various possible ways in which farms can reduce their ammonia emissions. A number of these relate to end-of-pipe measures with a technical character, such as air scrubbers or other measures related to barn equipment. Other measures go hand in hand with modification to the farming operations. Examples include low-protein feed, adjusting the use of artificial fertiliser or breeding for low urea levels. The category of larger farm measures includes measure such as the use of solid manure, the reduction of the number of livestock or the transfer of the young cattle to a different location.

Measures relating to the emission of nitrogen into groundwater and surface water and to desiccation are summarised in this study as water measures. Examples of measures combating both nitrogen emissions into water and desiccation include changes to cultivation plans, the creation of buffer strips (with or without helophyte filters) or composite water level-controlled drainage. Of these, water level-controlled drainage is the least radical measure for farming operations. Technically-oriented measures to reduce leaching - for which the intervention in farming operations is relatively small in scale but for which expertise is required - include precision farming and artificial fertiliser injection. Spring application of animal manure or the expansion of manure storage are examples of smaller-scale interventions in farming operations. In the case of measures such as raising groundwater levels, the farming operations must in some cases be modified in a more far-reaching manner, for example by means of land consolidation or modifications to the cultivation plan. All measures have been summarised at the end of the sections concerned in chapters 3 and 4 in the form of factsheets.

Which measures can be applied most effectively and where is highly dependent on the specific situation. In the case of a less sensitive habitat type in the neighbouring Natura 2000 area, small-scale and easily implemented measures can also have sufficiently positive environmental effects, while larger-scale interventions may be required in other locations. In addition, the type of farmer also makes a difference with regard to the effectiveness of the measures. Some farmers have a greater affinity with technical measures, as a result of which the disruption caused by an intervention is kept to a minimum. Other farmers actually see the proximity of a Natura 2000 area as an opportunity to completely change their farming operations and to thus increase the value of their production. Examples of such system changes include closed-cycle certification, natural milking, expansion or organic operations.

Another system change that actually steers towards a more radical separation of farming and nature is non land-based cattle farming, whereby the cattle are kept in closed barns equipped with air scrubbers. Although such a system may receive little support from society, it could nevertheless have a positive environmental effect.

The management plans need to be put together in a tailored fashion. Close attention must be paid to the type of farms, farmers and natural areas involved in the area concerned. The costs and the effectiveness of one measure could differ greatly from those of the same measure applied in different circumstances. There are often more options available on farms than are first thought. Holding discussions solely with sector representatives or government bodies can obstruct communications. In most cases, it pays to talk directly to the farmers concerned.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Als de EHS de kroon is van de Nederlandse natuur, dan zijn de Natura 2000-gebieden de kroonjuwelen. De uitdaging voor de komende jaren is de juwelen te slijpen en te laten glanzen door de belangrijkste knelpunten - vermessing door stikstof en fosfaat en verdroging - terug te dringen. Om dit te bereiken wil de overheid beheerplannen op laten stellen bestaand uit maatregelen en instrumenten die de verschillende grondgebruikers in en rond de Natura 2000-gebieden toe kunnen passen in hun bedrijfsvoering. Aan de beheerplannen wordt nu gewerkt. Omdat er nog veel onduidelijkheid heerst rond de ingrijpendheid van de maatregelen en instrumenten ontstaat er mogelijk veel spanning tussen de verschillende gebruikers en belangengroepen in en rondom de Natura 2000-gebieden. Vooral de invulling van de ammoniakproblematiek is nog onduidelijk. Dit heeft ook te maken met de Programmatische Aanpak Stikstof, waarvan de beheerplannen afhankelijk zijn.

Met het programma Ave N@tura 2000! willen de Provinciale Milieufederaties bijdragen aan de realisatie van de beheerplannen, voornamelijk door het creëren en vergroten van draagvlak en door het bevorderen van samenwerking tussen de verschillende belangengroepen en gebruikers. In het kader hiervan hebben de Milieufederaties het LEI en CLM gevraagd inzicht te kansen en mogelijkheden voor agrarische bedrijven in de invloedssfeer van Nature 2000-gebieden en de bijdrage de agrarische sector kan leveren in het terugdringen van de bovengenoemde knelpunten.

1.2 Afbakening

Binnen dit project wordt in eerste instantie gekeken naar de thema's vermessing, verzuring en verdroging - de belangrijkste problemen bij de realisatie van de natuurdoelen van Natura 2000. De focus ligt hierbij op de landbouw als de belangrijkste bron van de drie genoemde milieuproblemen rond natuurgebieden. Wat betreft de stikstofemissie naar de lucht zullen vooral maatregelen binnen de veehouderijsectoren aan de orde komen. Als het gaat om uitspoeling van nutriënten en verdroging komen ook de open teelten in beeld.

Verkeer en industrie zijn de bronnen van stikstofoxiden. Stikstofoxiden blijven zeer lang in de lucht en slaan neer ver van de bron neer. Daarmee is de aanpak van die bronnen een nationale en Europese zaak. Deze emissies laten we hier dan ook buiten beschouwing.

Behalve vermesting, verzuring en verdroging kan verstoring door activiteiten zoals recreatie lokaal ook een belemmering vormen voor de natuurontwikkeling binnen de Natura 2000-gebieden. Deze belemmeringen zijn echter sterk lokaal bepaald en in principe redelijk eenvoudig aan te pakken met zonerings- en handhaving in de gebieden en vergunningenbeleid buiten de gebieden. Verstoring blijft hier dan ook buiten beschouwing.

Bij de beschrijving van de maatregelen wordt gekeken naar haalbaarheid, bruikbaarheid en wenselijkheid. Verder wordt er een kwalitatieve inschatting gegeven van de bijdrage die de afzonderlijke maatregel(categorieën) leveren aan het bereiken van de natuurdoelstelling in de Natura 2000-gebieden.

Waar mogelijk komt de kosteneffectiviteit aan de orde. De combinaties van meerdere maatregelen kunnen tot verdergaande systeemveranderingen leiden. Ook hieraan wordt in dit onderzoek aandacht geschonken.

1.3 Doelstelling

Het doel van het project is een overzicht van (innovatieve) maatregelen om vermesting, verzuring en verdroging tegen te gaan rondom Natura 2000-gebieden met de bijbehorende effecten en, waar mogelijk, kosten. De maatregelen worden beargumenteerd op hun haalbaarheid, bruikbaarheid en wenselijkheid en worden op een toegankelijke en gebruiksvriendelijke manier gepresenteerd.

Tot de doelgroep van dit rapport behoren de provincies, gemeentes, terreinbeheerders, het ministerie van LNV, de provinciale landschappen, agrarische belangenverenigingen, waterschappen, individuele (agrarische) ondernemers en andere gebruikersgroepen in het landelijk gebied.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 begint met een beknopt overzicht van een aantal cijfers rond depositie en emissie van stikstof in Nederland. Verder wordt ingegaan op de stikstofkringloop van veebedrijven en verdroging.





Hoofdstuk 3 is gericht op maatregelen om de ammoniakuitstoot te verminderen. De maatregelen worden ingedeeld naar de bron van de ammoniakuitstoot. Er zijn 5 categorieën: de huisvesting, het weiland, het vee, de mestaanwending en overig.

In hoofdstuk 4 komen maatregelen aan bod die zich richten op de vermindering van uitspoeling en/of verdroging, dus op de aan water gerelateerde milieubelastingen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen twee categorieën, namelijk maatregelen die op het bedrijf plaatsvinden en maatregelen die op het perceel zelf uitgevoerd worden.

In hoofdstuk 5 worden de maatregelen vergeleken met betrekking tot de mate van ingreep op het bedrijf. Hierbij komt de relatie met de ondernemersstijl van de agrariër aan de orde. Ook wordt in hoofdstuk 5 gekeken naar systeemveranderingen. Verdergaande systeemveranderingen zijn over het algemeen combinaties en sets van de maatregelen die reeds in hoofdstuk 3 en 4 zijn besproken.

Factsheets

In hoofdstuk 3 en 4 worden de maatregelen binnen de genoemde categorieën samengevat in een factsheet. Hierbij wordt gebruik gemaakt van kleuren om de effectiviteit en de kosten weer te geven. De kleuren hebben we volgende betekenis:

-  effectiviteit hoog/kosten laag;
-  effectiviteit/kosten gemiddeld;
-  effectiviteit laag/kosten hoog;
-  geen informatie.

2 Natura 2000 en landbouw

Dit hoofdstuk presenteert een aantal cijfers over de depositie en emissie van stikstof in Nederland en geeft een kort overzicht over de stikstofkringloop op een veebedrijf (2.2). Daarnaast wordt kort aandacht besteed aan de stand van zaken rond verdroging in en om Natura 2000-gebieden (2.2).

2.1 Emissie en depositie van stikstof

Stikstof is het voornaamste probleem. Ook in de Hoofdlijnennotitie 'Programatische Aanpak Stikstof' staat te lezen:

'Stikstof is met stip het grootste probleem bij de implementatie van Natura 2000'

om vervolgens te komen tot een aanpak die

'in beeld brengt wat de bijdrage op verschillende niveaus (generiek, provinciaal, gebiedsgericht) en van verschillende sectoren (landbouw, verkeer, industrie) aan de oplossing van het probleem is'.

2.1.1 Emissie: ammoniak

De land- en tuinbouw draagt met bijna 90% het grootste deel bij aan de totale ammoniakemissie in Nederland (tabel 2.1). De emissie van ammoniak schommelt sinds het begin van het millennium rond de 120 kiloton per jaar.

Tabel 2.1 Emissie van ammoniak door verschillende bronnen in 2008

	Ammoniak	
	totaal (kton/jaar)	% van totaal
Landbouw	119,0	89,7
Consumenten	8,4	6,3
Verkeer en vervoer	2,5	1,9
Chemische Industrie	1,1	0,8
Energiesector	0,02	0,02
Overig	1,7	1,3
<i>Totaal</i>	<i>132,7</i>	<i>100</i>

Bron: Emissieregistratie (2009).

In de jaren negentig van de vorige eeuw is de ammoniakemissie uit de land- en tuinbouw met 50% gedaald. Dit had deels te maken met de aanscherping van de regelgeving en de invoering van emissiebeperkende maatregelen, zoals emissiearme mestaanwending, verbeterde voersamenstelling en het afdekken van meststilo's. Daarnaast heeft de verkleining van de nationale rundvee- en varkensstapel geleid tot minder emissie uit veehouderij. In de laatste jaren is er weer sprake van een lichte stijging van de veestapel (tabel 2.2 en figuur 2.1).

Tabel 2.2 Ontwikkeling van de veestapel, per diercategorie, 1990-2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Rundvee	4.926	4.654	4.070	3.799	3.745	3.763	3.890
Varkens	13.915	14.397	13.118	11.312	11.356	11.663	12.026
Pluimvee	92.765	89.561	104.015	92.914	91.783	92.763	96.700

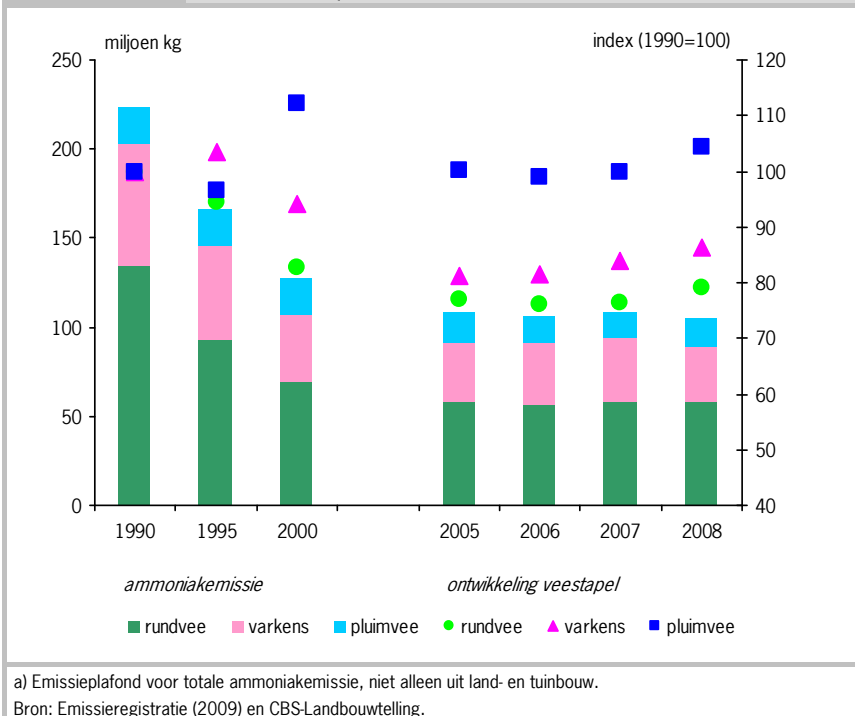
Bron: CBS-Landbouwtelling.

In 2010 mag de totale ammoniakemissie in Nederland in het kader van NEC-richtlijn (Europese National Emission Ceiling) maximaal 128 kiloton bedragen. Voor de land- en tuinbouw betekent dit een maximale emissie van circa 114 kiloton. Het is nog onzeker of deze doelstelling wordt gehaald (PBL, 2009), zie ook figuur 2.3). Uit recent onderzoek (gepubliceerd in het voorjaar van 2010) bleek wel dat de hoeveelheid stikstof die vanuit de lucht op de bodem terecht komt, bijna 20% lager lijkt te zijn dan eerder werd gedacht. De verbeterde inzichten leiden tot de conclusie dat 61% en niet 65% (eerdere schatting) van de natuur een zodanig hoge toevoer van stikstof heeft dat kwetsbare plantensoorten worden verdrongen door grassen en brandnetels (PBL, 2010).

Het aantal agrarische bedrijven neemt in de zones tot 500 meter rond kwetsbare Natura 2000-gebieden sinds 2000 af, en dus ook de ammoniak-emissie in deze zones (PBL, 2009). De afname van de emissie gaat hier sneller dan buiten deze zones.

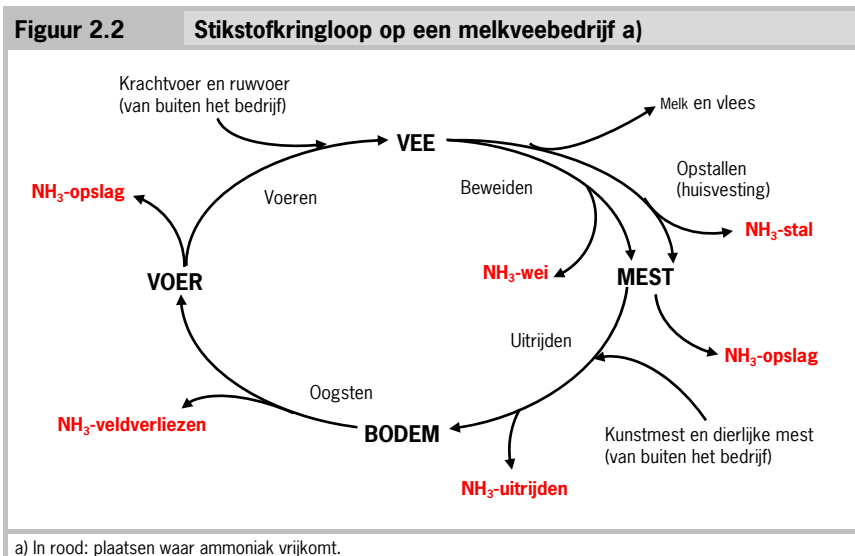
Circa 55% van de ammoniakemissie uit de land- en tuinbouw is afkomstig van de rundveehouderij. De varkens nemen bijna 30% voor hun rekening en de pluimveehouderij draagt met circa 15% bij aan de ammoniakemissie (figuur 2.1).

Figuur 2.1 Ammoniakemissie (miljoen kg) uit de land- en tuinbouw naar diercategorie en ontwikkeling van de veestapel (1990=100), 1990-2008 a)



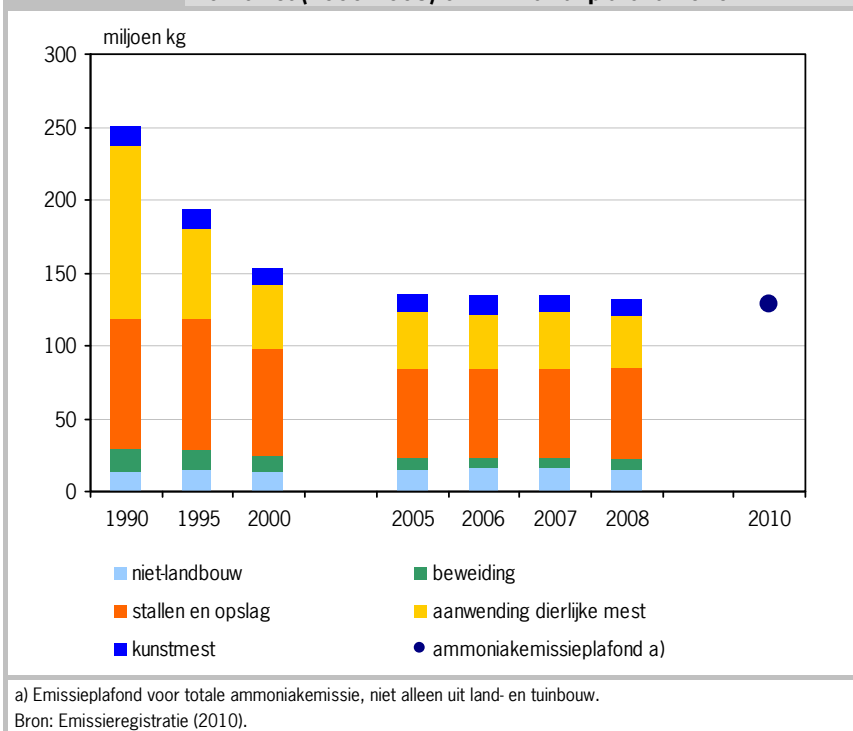
Er bestaan al algemene ammoniakmaatregelen voor bijvoorbeeld het bouwen van stallen en het uitrijden van mest. Een cruciale vraag in de Programmatische Aanpak Stikstof is: 'Wat is er verder mogelijk?'

Figuur 2.2 geeft de stikstofkringloop op een veebedrijf met beweiding weer, inclusief de plaatsen waar ammoniak vrijkomt (in rood). De niet-grondgebonden bedrijven hebben een kleinere stikstofkringloop. Dan komt ammoniak vrij uit de stal en bij de mestopslag (en bij het uitrijden van de mest, maar dat gebeurt dan op een ander bedrijf).



Het grootste deel van de ammoniak, circa 50%, emiteert uit stallen en mestopslag. Circa 35% van de ammoniakemissie treedt op bij de aanwending van mest (figuur 2.3). De overige 15% komt vrij bij beweiding en uit kunstmest. Met maatregelen op het gebied van stallen, mestopslag en -aanwending is dus de meeste winst te behalen als het gaat om de beperking van de ammoniak-emissie.

Figuur 2.3 Ammoniakemissie (miljoen kg) uit de land- en tuinbouw naar herkomst (1990-2008) en Ammoniakplafond 2010



2.1.2 Emissie: stikstofoxide

Aan de totale emissie van stikstofoxide (NO_x) levert de landbouw met 2,8% slechts een zeer bescheiden bijdrage. Verkeer en vervoer is met meer dan 70% de hoofdveroorzaker bij de emissie van deze vorm van stikstof (tabel 2.3). Ook qua omvang (in kiloton per jaar) is de stikstofemissie in vorm van stikstofoxide uit verkeer en vervoer (320 kiloton per jaar) groter dan de stikstofemissie in vorm van ammoniak uit de land- en tuinbouw (120 kiloton per jaar). Stikstofoxiden blijven echter zeer lang in de lucht en slaan mogelijk ver van de bron neer. De NO_x -concentratie is vooral direct langs wegen (tot circa 100 m) hoog, daarna kunnen de stikstofoxiden tot circa 1.000 km verspreiden.

Tabel 2.3 Emissie van stikstofoxiden door verschillende bronnen in 2008		
	Stikstofoxiden	
	totaal (kton/jaar)	% van totaal
Verkeer en vervoer	318,5	71,4
Overig	59,4	13,3
Landbouw	12,5	2,8
Energiesector	30,2	6,8
Consumenten	13,0	2,9
Chemische industrie	12,6	2,8
<i>Totaal</i>	<i>446,2</i>	<i>100</i>
Bron: Emissieregistratie (2009).		

2.1.3 Depositie van stikstof

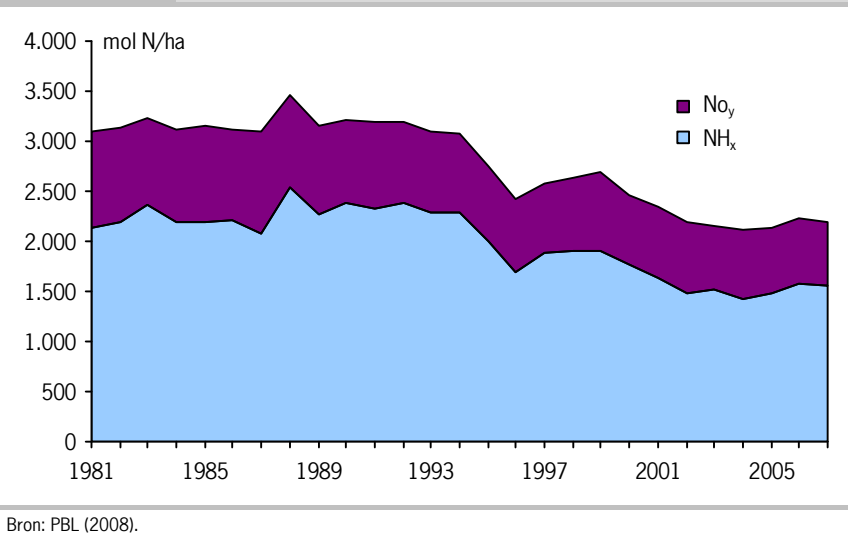
Vermesting

De vermestende depositie van stikstof is sinds begin van de jaren 80 met circa 30% gedaald en blijft sinds het begin van het millennium schommelen rond de 2.200 mol N/ha (figuur 2.4). De doelstelling van 1.650 mol N/ha voor 2010 lijkt niet te worden gehaald (PBL, 2010).

In 2004 zijn herkomstberekeningen gemaakt van de vermestende stikstofdepositie in Nederland. Hieruit blijkt dat 64% van de stikstofdepositie veroorzaakt wordt door Nederlandse bronnen. De buitenlandse bijdrage aan de stikstofdepositie ligt bij circa 30% en een klein deel, ruim 5% is natuurlijke en intercontinentale achtergronddepositie.

Van de stikstofdepositie in Nederland is 70% afkomstig van de ammoniakemissie, 30% van de emissie van stikstofoxide. De landbouw draagt met 46% bij aan de totale vermestende stikstofdepositie in Nederland. De depositie veroorzaakt door de landbouw bestaat vrijwel alleen uit ammoniak (tabel 2.4).

Figuur 2.4 Vermestende depositie naar bron (in mol N/ha), 1981-2007



Tabel 2.4 Herkomst vermestende depositie (in %), 2004

	Geoxideerd stikstof (NO _y)	Gereduceerd stikstof (NH _x)	Totaal stikstof (N)
<i>Totaal</i>	30	70	100
Nederland, landbouw	0	46	46
Nederland, overig	11	6	28
Noordzee	2	0	2
Buitenland	15	14	29
Achtergrond a)	2	3	6

a) Natuurlijke en intercontinentale achtergronddepositie.
Bron: MNP (2007).

De ammoniakemissie uit de landbouw blijkt dus de belangrijkste herkomstbron van de vermestende stikstofdepositie in Nederland. Dit ligt met name aan het feit dat ammoniak in vergelijking met stikstofoxide vrij dicht bij de emissiebron deponert, 25% binnen 8 km, 8% binnen 100 meter (zie ook box 2.1).

Ook zijn het in de meeste gevallen landbouwgebieden die aangrenzen aan Natura 2000-gebieden.

Toch dient het beleid ook aandacht te schenken aan de verlaging van de emissie uit verkeer en industrie. Vooral voor Natura 2000-gebieden die bijvoor-

beeld langs een snelweg liggen kunnen andere bronnen dan de landbouw belangrijke oorzaken voor vermisting zijn.

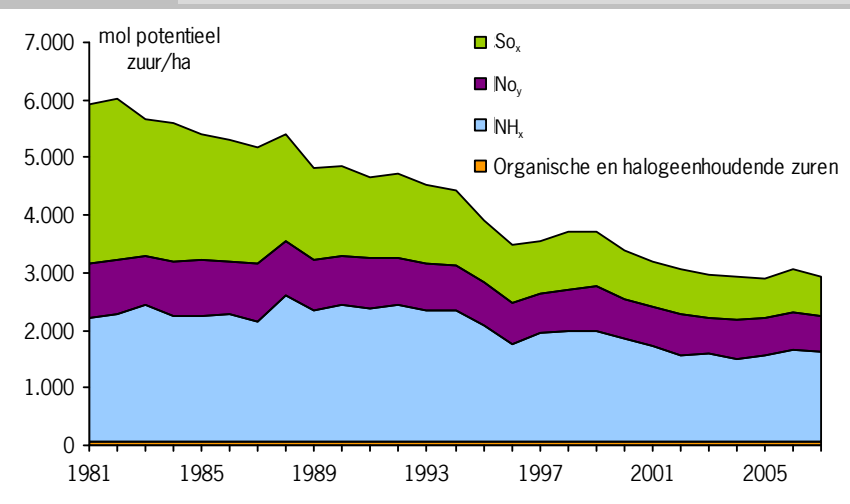
Box 2.1		Meetexperiment depositie	
Bijdrage aan depositie van stallen en brongebieden, boslocatie Vosseveldse Weg (Ede, Gelderland)			
	depositie bijdrage (mol/ha/jaar)	procentuele bijdrage (%)	
Dichtstbijzijnde stal	295	11,1	
Drie dichtstbijzijnde stallen	597	22,5	
Alle bronnen in gebied 2x2 km	715	26,9	
Alle bronnen in gebied 5x5 km	824	31,0	
Alle bronnen in gebied 10x10 km	1.103	41,5	
Alle bronnen in gebied 30x30 km	1.558	58,7	
Alle bronnen in gebied 100x100 km	2.004	75,5	
Alle bronnen in binnen- en buitenland	2.655	100	
Bron: Jaarsveld et al. (2000).			

Verzuring

De depositie van verzurende stoffen is sinds het begin van de jaren 80 ongeveer gehalveerd tot net onder de 3.000 mol potentieel zuur per ha. Belangrijkste oorzaak voor deze daling is de reductie van de zwaveldioxide-emissie in binnen- en buitenland, met name door de overschakeling van kolen naar gas en rookgasontzwaveling (figuur 2.5). Het lijkt onwaarschijnlijk dat de doelstelling van 2.300 mol per ha voor 2010 wordt gehaald.

Circa 50% van de verzurende depositie wordt veroorzaakt door Nederlandse bronnen. Ook bij de verzurende depositie speelt NH_x met een bijdrage van 50% een belangrijke rol (tabel 2.5).

Figuur 2.5 Verzurende depositie naar bron (in mol potentieel zuur/ha), 1981-2007



Bron: PBL (2008.)

Tabel 2.5 Herkomst verzurende depositie (in %), 2004

	Geoxideerd zwavel (SO _x)	Geoxideerd stikstof (NO _y)	Gereduceerd stikstof (NH _x)	Overig zuur a)	Potentieel zuur
Totaal	24	22	51	2	100
Nederland	6	9	38	0	53
Noordzee	2	1	0	0	3
Buitenland	12	11	11	0	34
Achtergrond b)	4	2	3	2	10

a) Organische en halogeenhoudende zuren; b) Natuurlijke en intercontinentale achtergronddepositie.

Bron: MNP (2007).

2.2 Verdroging in en om Natura 2000-gebieden

In veel gevoelige Natura 2000-gebieden is verdroging een belangrijk knelpunt. In 2006 heeft het PlanBureau voor de Leefomgeving (PBL) vastgesteld dat circa 220.000 ha van de EHS verdroogd is, waaronder 70.000 ha in Natura 2000-gebieden (PBL, 2009). Verdroging treedt op door een te lage grondwaterstand en/of door grondwater dat niet aan de kwaliteitseisen van de aanwezige habitattypen kan voldoen (Van Veen en Bouwma, 2007). Er kan onderscheid worden gemaakt tussen vier verschillende categorieën verdroging:

- verdroging door verlaging van het grondwaterpeil (gebiedsvreemd water (systeemvreemd water) (in laag Nederland);
- verdroging door versnelde afvoer/drainage (in hoog Nederland);
- verdroging door grondwateronttrekking door de industrie (proceswater), drinkwaterbedrijven en de landbouw (irrigatiewater);
- verdroging door gebiedsvreemd water (water niet van goede kwaliteit).

Voorspeld wordt dat ook na realisatie van de ILG-taakstellingen extra inspanning nodig zal zijn om het verdrogingsprobleem in de Natura 2000-gebieden voor 2015 op te lossen. Volgens de provincies is bij de verdrogingsbestrijding 'het laaghangende fruit' geplukt en komen nu de lastigere maatregelen aan de beurt (PBL, 2009).

3 Maatregelen ammoniak

Bij de beschrijving van de stikstofkringloop van een veebedrijf in het vorige hoofdstuk zijn de plaatsen waarop ammoniak emitteert gekenmerkt. In de volgende paragrafen bespreken we mogelijke ammoniakmaatregelen voor elk van deze plaatsen: bij huisvesting, bij beweiding, vanuit de koe/voeding, bij mestaanwending, bij mestopslag, voeropslag, oogst en overige.

Een aantal kanttekeningen vooraf:

- opmerkelijk is dat de regelgeving voornamelijk betrekking heeft op huisvesting, terwijl een belangrijk deel van de ammoniakemissie elders in het bedrijf plaatsvindt;
- de effectiviteit van de maatregelen voor een specifiek Natura 2000-gebied hangt samen met de ligging en afstand van de bron (het bedrijf) ten opzichte van dat gebied. In het rekenmodel Agro-stacks wordt hiermee rekening gehouden;
- de stikstofkringloop impliceert dat maatregelen gericht op beperking van de emissies van ammoniak (TAN) meestal leiden tot N-emissies in een andere vorm (nitraat, lachgas, vrije stikstof), misschien minder relevant voor de Natura 2000-doelen maar wél relevant voor klimaatdoelen, KRW en dergelijke;
- maatregelen gericht op beperking van de ammoniakemissie staan vaak op gespannen voet met andere thema's zoals dierenwelzijn en broeikasgasemissies (met name lachgas). Hierna schenken wij daar zoveel mogelijk aandacht aan.

Box 3.1

Wat is BBT?

BBT staat voor 'beste beschikbare technieken'. Dit is een begrip dat in de *Wet milieubeheer* is opgenomen om te voldoen aan de 'Europese Richtlijn 96/61/EG inzake geïntegreerde preventie en bestrijding van verontreiniging'.

Aan een vergunning kunnen voorschriften worden verbonden waarbij ervan wordt uitgegaan dat in de inrichting ten minste de voor die inrichting in aanmerking komende beste beschikbare technieken worden toegepast. Daarbij worden kosten en baten in aanmerking genomen - evenals de vraag of die technieken redelijkerwijs in Nederland of daarbuiten te verkrijgen zijn.

3.1 Brongerichte maatregelen huisvesting

In de huisvesting, de stal, wordt ammoniak uitgestoten vanaf de vloer en vanuit de mestkelder. Er zijn meerdere technische maatregelen om deze emissie te verminderen. Combinaties van deze maatregelen kunnen, in het kader van de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav), leiden tot de aanwijzing van emissiearme stalsystemen.

Uit de Landbouwtelling 2008 blijkt dat een groot deel van de bedrijven nog niet beschikte over emissiearme huisvesting die voldoet aan de eisen van het Besluit huisvesting (zie tabel 3.1). Het Besluit huisvesting bepaalt de maximale uitstoot van ammoniak per dierplaats, die sinds 1 januari 2010 voor de meeste huisvestingssystemen gelden (zie bijlage 1 voor maximale emissiewaardes voor de verschillende diersoorten).

De volgende maatregelen aan de huisvesting van verschillende diersoorten komen hierna aan de orde:

- stalinrichting varkens en pluimvee (3.1.1);
- stalinrichting rundvee (3.1.2);
- luchtwassers (3.1.3);
- alternatieve stalsystemen (3.1.4.):
 - potstallen;
 - vrije loopstallen.

3.1.1 Stalinrichting varkens en pluimvee

Beschrijving

Bij het bouwen van nieuwe stallen wordt door verschillende maatregelen de uitstoot van ammoniak beperkt. Voorbeelden van emissiereducerende stalmaatregelen zijn het verkleinen van het besmeurd mestoppervlak per dier, schuiven van mest, het versneld afvoeren van urine, het afdekken van kelders, het gebruik van balansballen op de mest, het drogen van mest.

Een actueel voorbeeld betreft het afdekken van het emissieoppervlak in de mestkelder met drijvende ballen, een eenvoudige en goedkope oplossing gebaseerd op oppervlakteverkleining. Hierdoor vermindert de ammoniakemissie in de stallen en verbetert het binnenklimaat. De uiteindelijke balansbal van kunststof wordt half gevuld met water, heeft een doorsnede van 225 mm en kost (eenmalig) € 3,60 per stuk. Per vierkante meter zijn zo'n 18 stuks nodig en dat betekent een afdichting van de mestoppervlakte van 70%. De ballen moeten ruimte houden om te kantelen.

Tabel 3.1 **Traditionele en emissiearme huisvesting (%), varkens, pluimvee en rundvee, 2008**

	Traditionele huisvesting (%)	Emissiearme stallen (%) a)	Totaal (%)
<i>Varkens</i>			
- gespeende biggen	50	50	100
- vleesvarkens	61	39	100
- opfokzeugen en beren	62	38	100
- zeugen	57	43	100
- dekberen	85	15	100
<i>Pluimvee</i>			
- vleeskuikenouderdieren	77	23	100
- vleeskuikens	81	19	100
- opfokhennen	47	53	100
- leghennen	33	67	100
- kalkoenen	67	33	100
<i>Rundvee</i>			
- jongvee 1 jaar of ouder	93	7	100
- melk- en kalkkoeien	95	5	100
a) Inclusief stallen met Groen Label en voormalig Groen Label. Bron: CBS-Landbouwteiling.			

Voor varkens- en pluimveebedrijven met traditionele huisvesting bestaat de mogelijkheid om in een deel van de dierverblijven een techniek toe te passen waarmee de emissie verder wordt beperkt dan wettelijk vereist, waardoor de overige huisvestingssystemen met een hogere emissiewaarde binnen het bedrijf gecompenseerd kan worden. Dit wordt 'intern salderen' genoemd (CBS, 2008).

Effectiviteit

In *theorie* zijn systemen beschikbaar die 95% emissiereductie kunnen halen als deze worden toegepast bij traditionele huisvestingssystemen. Veel maatregelen met betrekking tot mest versneld afvoeren, drogen, enzovoort zijn in de gangbare varkens- en pluimveehouderij intussen aardig gemeengoed geworden. Nieuwe vindingen zijn in de maak, zoals de balansballen. Uit onderzoek blijkt dat met balansballen de ammoniakuitstoot in varkensstallen met minimaal 25% kan worden gereduceerd. De commissie TacRav (Regeling ammoniak veehouderij)

heeft het systeem goedgekeurd voor de varkenshouderij. Begin 2010 staat het op de Rav-lijst en is het klaar voor gebruik.

Kosten

De kosten van stalmaatregelen lopen sterk uiteen. Maar om aan de wettelijke normen te voldoen, zullen veel veehouders de komende jaren nog flink moeten investeren (vergelijk tabel 2). De kosten die gemiddeld gepaard gaan met emissiearme huisvesting, lopen uiteen van € 0,84 tot € 2,80 per kg ammoniakemissiereductie voor de pluimveehouderij tot € 2,30 tot € 6,30 per kg ammoniakemissiereductie voor de varkenshouderij.

Kanttekeningen

Emissiebeperking uit stallen staat vaak haaks op maatregelen die het dierenwelzijn bevorderen. Een groter hokoppervlak betekent vaak een hogere ammoniakemissie.

3.1.2 Stalinrichting rundvee

Beschrijving

Stalaanpassingen in de rundveehouderij vanwege NH₃-emissies zijn lange tijd buiten de regelgeving gehouden; de stallen zijn juist steeds opener geworden. Veel gebruikte maatregelen zijn het schuiven van mest, het vergroten van het afschot van de betonnen vloer (relatief goedkoop), dakisolatie, rubber op roosters, enzovoort. Op het niveau van proefstallen zijn er verdergaande maatregelen: van verbeterde sleuenvloer, roostervloer met bolle rubber matten en flappen-valves in de roosterspleet, tot aan een dichte hellende vloer, in combinatie met sproeien van zuur of met ureaseremmers. Ook in de melkveehouderij zijn balansballen mogelijk.

Recent zijn experimenten opgezet met het direct verpompen van de mest naar een bewerkingsinstallatie, die de verschillende componenten scheidt en waarvan het methaangas bijvoorbeeld tot waarde wordt gebracht. Het zijn relatief dure technieken waarvan het succes mede afhangt van de mate waarin de eindproducten geld kunnen opleveren c.q. kosten kunnen besparen.

Naast deze wat meer *mainstream* maatregelen, kan ook gedacht worden aan minder conventionele maatregelen, zoals robotisering van de mestberging (in het klein wel al toegepast) of flexibele windschermen (een vorm van gecontroleerde ventilatie) die bij grotere emissiewaarschijnlijkheid vanzelf dichtgaan. De techniek heeft al veel voortgebracht en de boodschap hier is dat het onder-

zoek niet stilstaat en zeker weer tot nieuwe, onverwachte stalaanpassingen zal leiden.

Effectiviteit

De nu bekende stalaanpassingen variëren sterk qua milieueffectiviteit. Een vloer met mat heeft een 20 tot 40% lagere emissie; voor de mat en valve is dit 40 tot 60%.

Kosten

Het meest kosteneffectieve beschikbare systeem kost € 17 per kg ammoniak. De kosten van stalmaatregelen in de rundveehouderij zijn merendeels kostbaar. Tegen die achtergrond is toepassing van een relatief eenvoudige en goedkope maatregel als balansballen of valves wel effectief.

Kanttekening

Maatregelen aan de stalvloer, zoals verbeterde sleuvenvloer of een licht hellende vloer, roepen soms spanning op met dierenwelzijn. Zo bedraagt de emissie uit de grupstal (slechts) 4,3 kg als gevolg van het relatief geringe emitterend mestoppervlak. Het vee staat immers vast. De meeste moderne systemen (loop- en ligboxenstallen) kennen emissies tot 9,2 kg.

Daarnaast is tot nu toe de urgentie te klein geweest om meerdere emissie-arme staltechnieken voor de rundveehouderij te ontwikkelen; het kost veel geld en de Rav-erkenning duurt soms meer dan 4 jaar.

Balansballen op de drijfmest in de kelder worden als effectief beoordeeld maar hebben als nadeel dat ze ruimte innemen (die afhankelijk van de weersomstandigheden soms erg nodig is) én dat ze het mestmengen bemoeilijken.

3.1.3 Luchtwassers

Beschrijving

Ammoniak die eenmaal in de stal is geëmitteerd, kan alsnog worden afgevangen met behulp van luchtwassers. Een 'end-of-pipe'-maatregel, maar met als voordeel dat ook andere emissies kunnen worden beperkt, met name geur en fijnstof.

Varkens- en pluimveehouderij werken in het algemeen met gesloten stal-systemen en mechanische ventilatie. De toepassing van luchtwassers is voor de varkenshouderij technisch goed mogelijk en in mindere mate in de pluimveehouderij.

In de rundveehouderij wordt veelal gewerkt met open stallen en natuurlijke ventilatie, waardoor het toepassen van luchtwassers zeer lastig is. Toch vindt sinds kort onderzoek plaats naar afzuigsystemen in de nok én langs de vloer-roosters van rundveestallen. Van de kelderafzuiging is de reductieverwachting 25 tot 50%, maar de resultaten zijn nog erg onzeker. De toepassing van luchtwassers is niet verplicht, maar wordt wel gestimuleerd.

Effectiviteit

Er zijn verschillende luchtwassystemen beschikbaar, maar voor alle geldt dat ze effectief zijn in het afvangen van ammoniak. Voor chemische luchtwassers in gesloten stallen (varkens- en pluimveehouderij) wordt uitgegaan van 70-95% reductie; voor biologische luchtwassers van 70-85% en voor zogenaamde combi-wassers van 70-85%.

Kosten

Luchtwassers zijn kostbare installaties. Bovendien kost het voortdurend elektriciteit en aankoop van zuur. Ook is niet uitgesloten dat afvoer van spuiwater straks geld gaat kosten. Smits et al. (2005) berekenen de kosten voor luchtwassers in de kalverhouderij op € 25 tot € 29 per kg emissiereductie. Van Horne et al. (2006) berekenen dat voor scharrel leghennen de kosten circa € 4 per kg ammoniakemissiereductie bedragen, voor de zeugenhouderij 8 tot 14 kg ammoniak en voor de vleeskuikenhouderij circa € 15 per kg ammoniak.

Gezien de hoge effectiviteit is er al geruime tijd sprake van (regionale) subsidies op de aanschaf ervan.

Kanttekeningen

Luchtwassers gebruiken nogal wat energie; gebruik ervan leidt dan ook tot afwenteling van emissies. Hetzelfde leidt er ook gemakkelijk toe dat de luchtwasinstallatie niet altijd in werking wordt gesteld, om energiekosten te vermijden. Dat impliceert een handhavingprobleem, wellicht op te heffen door een soort tachograaf.

Een ander knelpunt betreft het gebruik van de stikstofrijke en chemische restvloeistof die in grote hoeveelheden vrijkomt. Spuiwater valt voorlopig onder de regels van de stikstof kunstmest in de zin van het Besluit gebruik meststoffen. In de gebruikershandleiding wordt spuiwater omschreven als overige anorganische meststof in de zin van het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet. Het ministerie is bezig met wetgeving, maar dat zal waarschijnlijk pas in 2010 klaar zijn. Vooruitlopend hierop heeft het ministerie met de gebruikershandleiding dui-

delijk verschaft hoe veehouders spuiwater kunnen verwerken. In de handleiding staat onder andere beschreven dat het werkingspercentage van de stikstof in spuiwater 100% is en dat maximaal 30 kg stikstof per ha aanbevolen wordt.

3.1.4 Alternatieve stalsystemen

Potstal

Beschrijving

De potstal betreft een verdergaande systeemverandering, veelal gebruikt in de biologische veehouderij. In een potstal staan de dieren op stro. Op de laag van stro en mest wordt regelmatig nieuw stro geworpen. De potstal wordt 1 à 2 keer per jaar uitgemest. De systeemspecifieke ammoniakemissie van een melkveehouderijbedrijf met een potstal verandert op 3 punten, te weten:

1. uit de stal;
2. uit de mestopslag buiten de stal;
3. uit mest na toediening op het land.

Ad 1. Uit de stal

Mosquera et al. (2005a) geeft aan dat de ammoniakemissie uit de potstal voor melkvee gemiddeld 13,9 kg per dier per jaar is. Dit is hoger dan de emissie uit de traditionele loopstallen. Hierbij dient aangetekend dat in een nieuwe variant, de helling- of heuvelstal, de pot van het midden uit afloopt en de urine dus voortdurend wegloopt waardoor de ammoniakvorming vermindert. Momenteel worden in dit type potstalmetingen verricht.

Ad 2. Uit de mestopslag

De emissies van de mestopslag buiten de stal, die gezien kunnen worden als veldemissies, worden bepaald door de mestsamenstelling maar ook voor een groot deel door de weersomstandigheden gedurende de mestopslag. Onderzoeksresultaten geven aan dat de bijdrage van de mestopslag buiten de stal op de ammoniakemissies van het gehele stalsysteem aanzienlijk is. Mosquera et al. (2005b) hebben eenmalig de emissies vanuit de mestopslag (buiten de stal) van een potstal bepaald. De ammoniakemissie bleek 7,9 kg per dier per jaar. Bij andere omstandigheden (weer en/of mestsamenstelling) kan dit afwijken. Ten opzichte van de emissie uit de *potstal* is de emissie uit de mestopslag alleen gedurende de eerste uren na het storten van de mest aanzienlijk hoger.

Ad 3. Bij toediening op het land

Emissiereductie voor de mestopslag kan dus het beste worden bereikt door de mest direct vanuit de stal op het land toe te dienen. Daarbij is zeer belangrijk dat de emissie bij mesttoediening ook wordt geminimaliseerd door de mest direct na toediening goed onder te werken. Huijsmans et al. (2007) hebben geïnventariseerd wat er bekend is over de ammoniakemissie bij aanwending van vaste mest. Er wordt een grote spreiding gevonden in resultaten, variërend van bijna geen emissie tot vervluchtiging van alle ammoniakale stikstof. Wel is duidelijk dat onderwerken van vaste mest op bouwland tot een aanzienlijke reductie van de ammoniakemissie leidt.

Wanneer toch een mestopslag buiten de stal noodzakelijk is, kan het afdekken van de mesthoop de emissie verminderen. Uit verschillende onderzoeken blijkt dat het afdekken van mest met een schone strolaag de emissie omlaag kan brengen. Ook het afdekken met luchtdicht materiaal, dat toegepast wordt bij mestsilo's, kan de emissie uit de mestopslag verminderen.

Effectiviteit

De totale emissie van het (klassieke) potstalsysteem is groter dan de totale emissie van een traditioneel systeem. Voor de hellingvariant lopen de metingen nog. In het algemeen kan gesteld worden dat de variatie in metingresultaten erg groot is en sterk samenhangt met de omstandigheden waaronder gemeten wordt.

Kosten

De vaste kosten van een potstal zijn qua inrichting lager dan van een gangbare ligboxenstal; de variabele kosten zijn hoger door de aankoop van stro en de mogelijk extra kosten van arbeid (opstrooien en leegruimen) en opslag.

Kanttekening

Een potstal gaat goed samen met dierenwelzijnseisen. Wordt vaak ingezet in het kader van weidevogelbeheer (waardevolle mest) en beheer van weidevogelgraslanden (riet wordt ingezet als strooisel in potstal). Kan in sommige gebieden gesubsidieerd worden vanuit POP II-gelden.

Nieuwe duurzame stalsystemen

Beschrijving

Een nieuwe ontwikkeling voor de rundveehouderij is de vrije loopstal. De laatste jaren vindt onderzoek plaats naar stalsystemen waarbij het vee vrij rondloopt in een per saldo ruimer opgezette stal, zonder ligboxafscheidingsen en met een bodem van strooisel (zand, houtsnippers, enzovoort). Zo is in het project Kracht van Koeien van Wageningen UR/ASG uitgegaan van een vrije loopstal. Overigens staat in de meeste concepten het dierenwelzijn en het koe-eigen gedrag centraal; over de emissie-effecten is nog weinig bekend.

Ook voor de varkens- en pluimveehouderij zijn stalsystemen in ontwikkeling die beschouwd kunnen worden als een systeemverandering. Dierenwelzijn is vaak het Leitmotiv, net als transparantie en landschappelijke inpassing. Zo is er in het project Varkansen de Pagodestal (zie afbeelding) ontwikkeld, voor een gesloten varkenshouderij in de buurt van kwetsbare natuur. Op www.duurzameveehouderij.nl zijn verschillende vormen van nieuwe stalsystemen te vinden.

De Pagode

Voor de gedreven ondernemer met oog voor het varken

> Welzijn als waarde

Midden in het waardevolle landschap staat De Pagode, een bedrijf met 150 inzegen en de bijbehorende vleesvarkens. Het individuele dier met zijn behoeften staat hier centraal. Bezoekers en consumenten zijn welkom om dit met eigen ogen te bekijken. De aandacht voor het dier geeft producten met meerwaarde voor de consument. Het bedrijf is de trots van de omgeving.

© 2010 Ontwepers voor Systemenbouw: Varkansen, www.varkansen.wur.nl. Het project Varkansen is ondersteund door Wageningen UR Livestock Research in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit binnen het onderzoeksprogramma "Verbetering Productie en Transitie" (B0-07-09-014).

Bron: www.duurzameveehouderij.wur.nl

Effectiviteit

Nog onduidelijk is of en in hoeverre ammoniakemissies uit deze systemen kunnen worden beperkt. Van de vrijloopstal op de Waiboerhoeve in Lelystad zijn nog geen resultaten bekend.

Kosten/kanttekening

Gezien het experimentele stadium waarin verschillende vormen van vrije loopstallen zich nog bevindt is over de kosten vooralsnog niet veel te zeggen. Er kan sprake zijn van een heel sober concept maar ook van een ruim, aangekleed concept met bijvoorbeeld beplantingen, zoals de Koeientuin (zie www.courage2025.nl).

Factsheet 3.1 Brongerichte maatregelen huisvesting

Maatregel	Sector	Schaal	Effectiviteit	Kosten (per vermeden kg NH ₃) a)	Raakvlakken	Kant-tekeningen
Emissiearme huisvesting pluimvee	Pluimvee	Bedrijf			Spanning met dierenwelzijn	
Emissiearme huisvesting varkens	Varkens	Bedrijf			Spanning met dierenwelzijn	
Emissiearme huisvesting rundvee	Rundvee	Bedrijf			Mogelijke spanning met welzijn (bijvoorbeeld t \acute{e} schuine vloer)	<ul style="list-style-type: none"> - Onduidelijkheid over milieueffecten van potstal en vrijloopstal - Hangt samen met chemische samenstelling beton (pH)
Luchtwater chemisch (aangezuurd water)	Varkens, pluimvee	Bedrijf			<ul style="list-style-type: none"> - Afwenteling op energie/klimaat - Fijn stof 	<ul style="list-style-type: none"> - Handhaving, tachograaf, spuiwater onder voorwaarden gebruikt als meststof - Voor pluimvee nog weinig effectief
Luchtwater biologisch (bacteri \acute{e} n)	Varkens, pluimvee	Bedrijf			<ul style="list-style-type: none"> - Ook effectief voor geur - Fijn stof 	Twijfel als Best Beschikbare Techniek; vergt veel kennis, spuiwater is afvalstof
Alternatieve stalsystemen	Rundvee	Bedrijf			Gunstig voor welzijn	Emissies klassieke potstal niet gunstig, hellingstal meer belovend; emissies vrije loopstal nog onbekend/in onderzoek

a) Kosten zijn hier uitgedrukt per vermeden mol ammoniakemissie. Dit zal een kleinere beperking van *depositie* op een Natura 2000-gebied tot gevolg hebben, omdat slechts een beperkt deel van de bedrijfsemisatie op het natuurgebied terecht komt.

3.2 Brongerichte maatregelen beweiding/weiland

3.2.1 Aandeel beweiding vergroten

Beschrijving

Beweiding is vanouds eigen aan de Nederlandse melkveehouderij. Toch is op een toenemend aantal bedrijven beweiding de afgelopen decennia verminderd tot een geringer aantal uren per etmaal c.q. geheel afgebouwd. Diverse motieven zijn daarvoor aan te geven, waaronder de introductie van robotmelken, arbeidsbesparing, enzovoort.

Effectiviteit

Door het weiden van vee wordt de ammoniakemissie uit stal, opslag en tijdens aanwending gereduceerd. Wel treedt bij beweiding zélf ammoniakemissie op. Bij beweiding is het rantsoen minder goed te sturen: de stikstofovermaat is groter en daarmee de ammoniakemissie. En de emissie uit stal en opslag gaat overdag door als het vee 's nachts wordt opgesteld. Per saldo is de emissie bij beweiding in het algemeen toch wat lager dan bij opstallen in traditionele ligboxenstallen. In de Rav wordt beweiden dan ook als BBT gezien. De ammoniakemissie uit een traditionele stal met volledig opstallen krijgt dan ook een hogere factor (11,0) dan de emissie uit een traditionele stal met beweiding (9,5). (onder andere Infamil, Regeling ammoniak en veehouderij). De ammoniakemissie vermindert dus door meer te beweiden, met name op de zuurdere gronden (bijvoorbeeld de veenweiden).



Kosten

De kosten van beweiding moeten vooral gezocht worden in extra arbeidskosten (brengen en halen van vee) en soms de aankoop/uitruil van weidegrond in de buurt van de stal. Daar staat tegenover een besparing op het oogsten van voer (koe gaat naar het voer in plaats van andersom).

Kanttekeningen

Beweiding wordt vrij algemeen beschouwd als een welzijnsvriendelijke maatregel, cultuurhistorisch geworteld op het Nederlandse platteland. Sommige melkverwerkers belonen reeds weidegang (onder andere CONO en - in mindere mate - Friesland Campina) maar hier is méér mogelijk. Bij sommige zuivelverwerkers is de meerprijs voor weidegang zelfs geringer dan de kwantumtoeslag. Het is de vraag of hieruit het goede signaal volgt.

In de Brabantse beheerplannen voor Natura 2000-gebieden wordt permanent opstallen van vee beschouwd als een vorm van intensieve veehouderij, met alle beperkingen in schaalgrootte van dien.

Factsheet 3.2 Brongerichte maatregelen beweiding/weiland						
Maatregel	Sector	Schaal	Effectiviteit	Kosten per vermeden kg NH ₃	Raakvlakken	Nuancering/discussie
Aandeel beweiding vergroten	Rundveehouderij	Bedrijf			<ul style="list-style-type: none"> - Landschap - Cultuurhistorie - Dierenwelzijn 	<ul style="list-style-type: none"> - Effect vooral op zure grond (bijvoorbeeld veen) - Op kalkrijke grond minder effectief - Meerprijs mogelijk voor weidemelk

3.3 Brongerichte maatregelen vee

3.3.1 Eiwitarm voer

Beschrijving

De stikstofinhoud van het voer is bepalend voor de stikstofproductie in de mest. In de intensieve veehouderij is in de jaren tachtig en negentig veel aandacht besteed aan dit 'veevoerspoor'. Daarbij is de meeste winst geboekt op het vlak van fosfaat. Voor stikstof zijn nog niet alle mogelijkheden benut, maar is ook het laaghangende fruit geplukt. Meer preciezer gaat het om verlaging van het onbestendig eiwit (OEB): dit kan enkele kg ammoniak per dier schelen tijdens de stalperiode (Van Duinkerken, 2003).

Door een groter aandeel snijmais (en/of granen) in het rantsoen kan een lager melkureumgehalte (tot gemiddeld 20 mg per 100 g melk) worden bereikt. De bijbehorende stikstofexcretie wordt ook lager (gemiddeld 120 kg stikstof per melkkoe). Beide effecten gaan samen met een lagere ammoniakemissie uit mest. Een deel van de melkkoeien heeft al dergelijke lage waarden, maar het merendeel nog niet. Een grote beschikbaarheid van gras zorgt voor een hoog melkureumgehalte. Andere invullingen van eiwitarm voeren zijn:

- later gras maaien, omdat er dan minder eiwit in zit;
- meer structuur ('prik') voeren;

- normvoeding DVE;
- eiwitarm krachtvoer.

Box 3.2

Wat zijn DVE en OEB?

DVE staat voor 'darmverteerbaar eiwit', en is een maat voor de hoeveelheid eiwit die voor de melkkoe vanuit het voer en microbiel eiwit beschikbaar komt.

OEB staat voor 'onbestendig eiwitbalans', en zegt iets over de hoeveelheid microbiel eiwit die er geproduceerd kan worden op basis van enerzijds de hoeveelheid pensbeschikbare stikstof en anderzijds de hoeveelheid pensbeschikbare energie. Bij een positieve OEB is er een overschot aan pensbeschikbare stikstof, bij een negatieve OEB is er een tekort.

Effectiviteit

Gerichte rantsoenmaatregelen zijn effectief in de vermindering van de ammoniakemissie op melkveebedrijven. Berekeningen geven aan dat voor het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf in potentie een emissiereductie gerealiseerd kan worden van 15 tot 20% van de totale ammoniakemissie van het bedrijf. De mogelijke emissiereductie ten opzichte van het gemiddelde melkveebedrijf is waarschijnlijk hoger dan 20% voor graasbedrijven met veel beweiding en een relatief laag ruw eiwit gehalte in gras.

Kosten

Eiwitarm varkens(kracht)voer is kosteneffectief (Van Zeijts en Honig, 2006). Voor rundveehouders is het verhaal ingewikkelder en bedrijfsspecifieker, omdat het bij hun gaat over een balans tussen kracht- en ruwvoer. Als mais aangekocht moet worden, zorgt dit voor extra kosten. Boeren met weinig grasland kopen logischerwijs al veel voer in en dan is de maatregel relatief goedkoper.

Box 3.4

De ervaring van een melkveehouder

'Ons bedrijf ligt dicht bij Natura 2000-gebieden. Daarom moet de ammoniakemissie omhoog met zo'n 50%. Duidelijk is dat ons bedrijf inmiddels via het voerspoor ruim 25% minder emissie heeft. Maar ik kan dit pas aantoonbaar maken als de overheid een bedrijfsspecifieke ammoniakemissieberekening (BEA) accepteert. Trouwens, als alle melkveehouders dit voerspoor volgen, is de helft van het ammoniakprobleem al opgelost. De andere helft is dan voor rekening van varkenshouderij, industrie en dergelijke.' (Jan Kuks in Nutter, Overijssel. K&K Nieuwsbrief december 2009)

Kanttekening

De maatregel is erg interessant. Hij stond ook in een afspraak van LNV met de landbouworganisatie LTO, maar is niet als harde maatregel opgenomen als bestaand beleid in de referentieraming. De afspraak overheid-bedrijfsleven over het gemiddelde ureumgetal bedraagt 20. Daling van het ureumgetal met 10 mg scheelt circa 2 kg ammoniak per dier in de stalperiode, dus 4 kg over het jaar (ofwel circa 0,4 kg ammoniak per mg ureumgetal (Van Duinkerken, 2003)).

Op veengrond is het realiseren van een laag gemiddeld melkureumgetal door voermaatregelen moeilijk haalbaar. De grondsoort leent zich vaak uitsluitend voor het verbouwen van gras en door de sterke mineralisatie van stikstof uit de bodem is het gras bovendien eiwitrijk. Dan blijft alleen aankoop van eiwitarm krachtvoer over. Voor extensieve bedrijven is voeraankoop slechts in beperkte mate nodig (Van Duinkerken, 2003).

3.3.2 Fokken op laag ureum

Beschrijving

De dochtergroepen met het laagste ureumgetal hebben een gemiddeld ureum van 16,2, de hoogste dochtergroepen 27,7. De erfelijkheidsgraad van melkureumgetal is 0,6. Dat houdt in dat er op geselecteerd kan worden. Daarnaast blijkt dat het ureumgetal genetisch nauwelijks gecorreleerd is met andere productiekenmerken. Er kan dus op worden geselecteerd zonder dat het ten koste gaat van de productiekenmerken (Veerkamp et al., 2005).

In de fokkerij kan bovendien gedacht worden aan het inkruisen van andere rassen. Buitenlandse rassen (Montbéliarde, Jersey en Brown Swiss) hebben veelal een hoger ureumgehalte dan Nederlandse rassen. Fries-Hollandse koeien komen als beste uit de bus: 1,6 mg/100 ml minder dan Holstein-Friesian.

Effectiviteit

Als we ervan uitgaan dat door fokkerij het ureumgetal nog 2 mg naar beneden kan, zou dit 0,8 kg ammoniak per koe per jaar schelen.

Kosten

De kosten van deze maatregel zijn lastig voorspelbaar. Bovendien zullen vooral bij deze maatregel naast het ureumgetal zeker ook andere overwegingen spelen, zoals gemak, dierziektebestendigheid, klauwproblemen, enzovoort. Dat maakt dat de kosten moeilijk zijn toe te rekenen naar het specifieke NH₃-emissie-thema.

Kanttekeningen

Deze maatregel kan ten koste gaan van de genetische variatie, wanneer in de fokkerij het ureumgetal al te dominant wordt. Anderzijds kan door het inkruisen van andere rassen het risico van genetische verschraling juist weer afnemen.

3.3.3 Verkleinen veestapel/verhogen levensproductie

Beschrijving

Veehouderijen kunnen de veestapel verkleinen en op die manier de ammoniak-emissie terugdringen. In de varkens- en pluimvee-sector kan dit in de vorm van de opkoop c.q. verkoop van varkens- en pluimveerechten. In de rundvee-sector kan dit door de gemiddelde levensproductie van de koeien te vergroten en aldus de vervangingsgraad te verlagen.

Langs de andere kant om kan de ondernemer de productie ook extensiveren ('verdunnen') door meer grond onder het bedrijf te plaatsen (aankoop, pacht).

Effectiviteit

Deze maatregel is effectiever naarmate de verkleining van de veestapel plaatsvindt op de meest belastende bedrijven. Het verkleinen van de veestapel door het verhogen van de levensproductie op melkveebedrijven is zeer effectief.

Kosten

Voor zover het gaat om opkoop van productierechten is deze maatregel relatief kostbaar (voor de opkopende partij, zoals de overheid). Voor zover de productie wordt geëxtensiveerd door extra grond te verwerven, is het een relatief dure maatregel voor de ondernemer. Om de vergoeding/kosten te beperken is denkbaar dat de veehouder, in ruil voor verkleining van de veestapel, een vergunning krijgt voor een nieuwe, niet-emitterende tak op het bedrijf. Daarbij kan gedacht worden aan een bedrijfsgerelateerde tak, zoals huisverkoop of plattelandrecreatie (mits niet storend voor het Natura 2000-gebied) maar ook aan een niet gerelateerde, zoals een woon- of kantoorbestemming.

Kanttekeningen

De maatregel is ook gunstig voor andere thema's, zoals de uitstoot van broeikasgasemissies (methaan) en - indien uitgevoerd door middel van vergroting van de levensproductie - ook voor de bedrijfseconomie. De ondernemer zal daarbij moeten afwegen in hoeverre op zijn specifieke bedrijf deze maatregel gevolgen heeft voor dierenwelzijn, diergezondheid, enzovoort.

Indien de ondernemer afziet van derogatie en kiest voor extensivering (bijvoorbeeld tot een gve-bezetting van 170 kg N/ha uit dierlijke mest) gekoppeld aan weidegang zou de overheid kunnen overwegen dit bedrijf vrij te stellen van dure aanpassingen aan de stal. Onder andere in de provincie Gelderland wordt aan zo'n regeling gedacht en gewerkt.

3.3.4 Uitbesteden opfok jongvee

Beschrijving

Melkveebedrijven in de nabijheid van Natura 2000-gebieden kunnen, zonder het productiebedrijf zélf te verplaatsen, de uitstoot van ammoniak ook verminderen door het aantal stuks jongvee te verkleinen c.q. het jongvee elders onder te brengen.

Effectiviteit

Deze maatregel is effectief omdat rechtstreeks de emissies van het jongvee worden gereduceerd respectievelijk tot nul teruggebracht, zonder dat de productie wordt verkleind.

Kosten

De kosten van deze maatregel omvatten de kosten van de opvang van het jongvee elders. Daar kunnen dan de voer- en arbeidskosten van het jongvee weer van worden afgetrokken. Per saldo zullen de kosten per vermeden kg emissie variëren van matig tot aanzienlijk, namelijk waar de gronddruk hoog is en de opvangmogelijkheden gering.

Kanttekeningen

Afhankelijk van waarheen het jongvee wordt uitbesteed, kan er sprake zijn van verplaatsing van ammoniakemissie naar hetzelfde of een ander Natura 2000-gebied. Een risico zit in het verder loskoppelen van melk- en jongvee en de mogelijke trend in de richting van intensivering van de melkveehouderij.

3.3.5 Verplaatsen of beëindigen van veebedrijven

Beschrijving

Als ultimatum remedium kunnen we beschouwen het geheel wegplaatsen van veebedrijven uit de nabijheid van Natura 2000-gebieden c.q. het beëindigen ervan. Afhankelijk van de natuurdoeltypen en bijbehorende maximaal toelaatbare depositie kan deze maatregel uiteindelijk de enige oplossing blijken te zijn maar wel een dure.

Effectiviteit

De effectiviteit van deze maatregel is natuurlijk maximaal. Immers, er blijft geen emissie meer over.

Kosten

De kosten zijn erg hoog. Soms besluit een overheid om actief te interveniëren en de zeer ongunstig gelegen bedrijven een opkoopregeling aan te bieden (bijvoorbeeld Noord-Brabant kent regelingen van enkele miljoenen euro om enkele tientallen bedrijven, waar toekomstgerichte investeringen niet meer reëel zijn, vervroegd te laten beëindigen).

Kanttekeningen

In sommige Natura 2000-gebieden, met een bijzonder lage depositiedoelstelling (bijvoorbeeld hoogveengebieden), is uitplaatsing/beëindiging van zeer belastende bedrijven de enige oplossing. Beschikbaarheid van alternatieve locaties elders kan dan zeer behulpzaam zijn. Eventueel kan een andere activiteit op de belastende locatie worden toegestaan. In elk geval is maatwerk onontkoombaar.

Factsheet 3.3 Brongerichte maatregelen vee(voeding)

Maatregel	Sector	Schaal	Effectiviteit	Kosten per vermeden kg NH ₃	Raakvlakken	Nuancering/discussie
Eiwitarm voer varkens	Varkenshouderij	Bedrijf			Footprint/ externe hectares	- Duurder dan eiwitrijk? - Handhaving
Eiwitarm voer rundvee	Rundveehouderij	Bedrijf			Lachgas en nitraatemisies dalen; methaan stijgt	- Op veengrond is het realiseren van een laag gemiddeld ureumgetal moeilijk haalbaar. Handhaving - Laat gras maaien vergt gescheiden opslag in verband met balans in rantsoen
Eiwitarm voer pluimvee	Pluimveehouderij	Bedrijf				
Fokken op laag ureum	Melkveehouderij	Bedrijf			Risico van genetische verschraling	- Per liter melk kan de emissie hetzelfde blijven - Fries Hollands bijvoorbeeld wél lagere emissie
- Verkleinen veestapel - Verhogen levensproductie	Rundveehouderij	Gebied			Diergezondheid	
Uitbesteden opfok jongvee	Rundveehouderij	Bedrijf				Risico van verplaatsing van NH ₃ -emissie naar zelfde of naar ander Natura 2000-gebied
Verplaatsen veebedrijven a)	Rundvee-, varkens- en pluimveehouderij	Gebied				- Heftige, kostbare maatregel - Nadeel: verplaatsen emissies in plaats van reduceren

a) Het verplaatsen van graasdierbedrijven.

Om de depositie van de graasdierbedrijven te verminderen, moeten deze worden verplaatst naar een locatie waar ze geen negatief effect op de natuur hebben. Volgens Van Pul (2004) kost het verplaatsen tussen de 2,5 euro en 7 euro per mol NH₃ per jaar, afhankelijk van de afstand van het natuurgebied.

3.4 Brongerichte maatregelen mestaanwending

3.4.1 Terugdringen van technieken waarvan de emissiereductie minder is (sleepvoetbemester).

Beschrijving

Sinds 1994 is emissiearm uitrijden van dierlijke mest verplicht waarbij verschillende technieken zijn toegestaan maar niet alle technieken even effectief zijn qua emissiereductie. De sleepvoetbemester is toegestaan om gewasschade op weinig draagkrachtige gronden (natte klei- en veengrond) te voorkomen.

Effectiviteit

Op grasland zijn de zodebemester en zode-injecteur het meest gebruikt en ook het meest effectief (-82% ten opzichte van bovengronds) maar neemt de sleepvoetbemester in populariteit toe terwijl de effectiviteit aanzienlijk minder is (-57%). Op bouwland is de sleepvoetbemester minder gebruikt.

Kosten

De kosten zitten niet zo zeer in de aanwendingsapparatuur (eigen of loonwerk), maar zijn meer indirect van aard. Op minder draagkrachtige gronden is er wellicht noodzaak van meer mestopslagcapaciteit, om het geschikte tijdstip van aanwending af te wachten.

Kanttekeningen

Op zichzelf is deze maatregel zowel effectief als weinig kostbaar. De pijn zit vooral in de neveneffecten van het alternatief van injecterende technieken: het verdichten van de ondergrond en het aantasten van de bovenste bodemlaag, met gevolgen voor natuur (weidevogels).

3.4.2 Gebruik vaste mest/mest met stro/strooisel

Beschrijving

Naast een eiwitarme voeding kan ook gedacht worden aan het gebruik van strooisel als toevoeging aan de dierlijke mest.

Effectiviteit

Deze maatregel kan bijdragen aan een verlaging van de ammoniakemissie tijdens de toediening. Hierbij moet wel verrekend worden dat het effect hiervan

tenietgedaan kan worden door ammoniakverliezen tijdens de (open) bewaring en het omzetten van strooiselrijke mest (zie 3.5.1).

Kosten

Behalve de aankoop van strooisel/stro worden hier ook extra kosten gemaakt bij het toevoegen/mengen ervan door/bij de mest en waarschijnlijk bij het uitrijden.

Kanttekeningen

Deze maatregel komt ten goede aan de biodiversiteit/bodemleven en de bodemstructuur; het organisch stofgehalte wordt ermee verhoogd. Ook neemt de emissie van broeikasgassen af. Daarbij geldt dat stro te prefereren is boven zaagsel.

Box 3.5 De ervaring van een melkveehouder

'Omdat ik daar dag en nacht mee bezig ben, kan ik enorm balen van een zieke koe. Voor dieren die iets mankeren of om een andere reden net niet helemaal kunnen meekomen met de rest, heb ik een ruim strohok beschikbaar. Ook in de ligboxenstal zweer ik bij stro. Beter voor de koeien en beter voor ammoniak en klimaat. Zaagsel zorgt ervoor dat de mest slechter verteert. Slecht verteerde mest is op zijn beurt minder goed voor het bodemleven en het eind van het liedje is, dat je meer kunstmest nodig hebt.' (Arjen Vernooij uit 't Goy-Utrecht)

3.4.3. Terugdringen kunstmestgebruik

Beschrijving

De aanwending van stikstofkunstmest draagt nog steeds voor ruim 10% bij aan de ammoniakemissie. Aangenomen mag worden dat de ondernemer, mede gezien de kosten van kunstmest, het gebruik ervan zoveel mogelijk beperkt.

Effectiviteit

Het effect van deze maatregel is heel direct.

Kosten

Kunstmest kost geld dus terugdringing van het gebruik levert geld op, althans voor zover de gewasopbrengst niet zodanig daalt dat het saldo negatief is. Het zoeken naar een optimale balans is een voortdurende uitdaging, elk jaar opnieuw.

Kanttekeningen

De lopende mestwetgeving, die voornamelijk stuurt op dierlijke mest, beperkt als zodanig niet het gebruik van stikstofkunstmest. In het Vierde Actieprogramma Nitraatbeleid, wat binnenkort van kracht wordt, zijn wél gebruiksnormen voor kunstmest opgenomen.

3.4.4 Aanpassen kunstmestgebruik

Beschrijving

Door gebruik van ándere kunstmestsoorten, in het bijzonder vloeibare vormen (zoals ammoniumsulfaat, ammoniumnitraat, kalksalpeter, urean) kan de ammoniakemissie verlaagd worden.

Effectiviteit

Het effect van deze maatregel hangt samen met de wijze van toediening. Als de vloeibare kunstmest volvelds wordt toegepast, bijvoorbeeld met een veldspuit, is het effect nihil. Als het wordt ondergewerkt, bijvoorbeeld met de spaakwielbemester, neemt de ammoniakemissie af.

Kosten

De kosten van vloeibare kunstmest wisselen per soort en per jaar. Extra kosten zitten in het feit dat de meeste veehouders en veel akkerbouwers niet beschikken over de technische apparatuur om vloeibare mest aan te wenden en dus afhankelijk zijn van loonwerkers.

Kanttekeningen

Uit veldonderzoeken komt nog geen eensluidend beeld naar voren of, en zo ja, in welke gewassen, het gebruik van vloeibare kunstmestsoorten efficiënter uitpakt en dus kan leiden tot een geringer gebruik per hectare. Het gebruik van vloeibare meststoffen is een afweging tussen kostprijs, arbeid, efficiëntie, precisie en milieu.

3.4.5 Uitrusten bij bewolkt weer

Beschrijving

Door mest uit te rijden bij bewolkt en liefst nog bij regenachtig weer neemt de stikstofemissie in de vorm van ammoniak af.

Effectiviteit

Het effect is er weliswaar maar hangt ook samen met factoren als wijze van aanwending,¹ kwaliteit van de mest (ds-gehalte), enzovoort.

Kosten

Extra kosten zijn er bij het toepassen van deze maatregel eigenlijk niet; hoogstens kunnen er extra lasten komen doordat de keuze van het tijdstip van aanwending minder vrij wordt. Dat kan betekenen dat de loonwerker niet op het geschikte moment beschikbaar is.

Kanttekeningen

Een ernstig knelpunt is dat de stikstof in de mest toch naar het milieu emitteert, bijvoorbeeld in de vorm van nitraatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Een ander knelpunt is de handhaving: wie bepaalt en op welke wijze dat er daadwerkelijk wordt uitgereden bij bewolkt weer?

3.4.6 Verdunnen van mest

Beschrijving

Het verdunnen van mest met een flinke hoeveelheid water, bijvoorbeeld in een verhouding van 1 op 3.

Effectiviteit

Uit onderzoek is bekend dat het uitrijden van drijfmest in verdunde vorm leidt tot reductie van ammoniakemissie.

Kosten

Verdunde mest uitrijden kost extra tijd, water en diesel. Immers, het volume neemt aanmerkelijk toe.

Kanttekeningen

Als emissiearme aanwending is deze methode destijds niet toegelaten, vooral omdat de handhaving problematisch is.

¹ In het kader van het experiment met bovengrondse mestaanwending op 2.500 ha vanaf 2010 wordt door de VBBM gebruik gemaakt van monitoring van de weersomstandigheden.

3.4.7 Aanzuren van mest

Beschrijving

Met een mestbewerkingstechniek uit Denemarken wordt mest vermengd met zwavelzuur, waardoor de pH-waarde daalt van 7,5 naar 5,5. De ammoniak wordt omgezet in ammonium en kan daardoor niet meer vervluchtigen. Normaal gesproken bestaat de stikstof in drijfmest voor de helft uit ammonium en voor de helft uit ammoniak. In Denemarken is het systeem al goedgekeurd, het reduceert de totale ammoniakemissie met 50 tot 70%; de emissie uit de kelder daalt zelfs tot nihil. Hierdoor zou de ammoniakemissie in de stal afnemen van 9,5 naar 6,2 kg ammoniak bij beperkt weiden (-35%), en van 17,7 naar 2,8 kg ammoniak bij aanwenden met sleepvoet (-84%). Destijds niet toegelaten als alternatief voor emissiearme aanwending vanwege handhavingproblemen.

Effectiviteit

De effectiviteit is groter naarmate de pH-waarde verder daalt:

pH 4,9-5,0	79-94%
pH 5,2-5,8	51-84%
pH 6,0-6,7	29-60%

Kosten

De kosten van aanzuren bedragen € 81 per koe per jaar (Van Zessen, 2010), dat wil zeggen: ongeveer € 1 per 100 kg melk. Per melkkoe levert dit een besparing op van 11,9 kg ammoniak; een kostenefficiëntie van € 6,81 per kg ammoniak.

Kanttekeningen

Besparing op stikstofkunstmest doordat ammonium in mest blijft tot en met aanwending. Onderzocht zou kunnen worden of de restvloeistof uit luchtwassers gebruikt zou kunnen worden als toevoegmiddel.

Er bestaat wel zorg over de effecten van de zwavel in de bodem. En in mindere mate wordt gewezen op het risico dat door het zuur het beton van de mestkelder/silo een afbraakproces ondergaat.

Factsheet 3.4 Brongerichte maatregelen mest(aanwending)

Maatregel	Sector	Schaal	Effectiviteit	Kosten per vermeden kg NH ₃	Raakvlakken	Nuancering/discussie
Terugdringen sleepvoet-bemester	- Veehouderij - Akker- en tuinbouw	Bedrijf			- Knellend met bodembeheer - Meer lachgas	- De potentiële reducties zijn in de praktijk lastig realiseerbaar - Vanaf 2012 op zand al verboden
Gebruik vaste mest met strooisel	- Veehouderij - Akker- en tuinbouw	Bedrijf			- Biodiversiteit - Minder broeikasgassen	Aandacht gevraagd voor type strooisel (liever stro dan zaagsel)
Terugdringen kunstmest-gebruik	- Rundveehouderij - Akker- en tuinbouw	Bedrijf			- Minder broeikasgassen - Kostenbesparing	Geen beleidsprikkel, wel prijsprikkel
Aanpassen kunstmestsoort (minder kalkrijk)	- Rundveehouderij - Akker- en tuinbouw	Bedrijf			Verzuring bodem	- Afhankelijk van grondsoort/pH - Vloeibare kunstmest: risico van meer NH ₃
Uitrijden bij bewolkt weer	Rundveehouderij	Bedrijf			Extra nitraatuitspoeling	- Afhankelijk van weersomstandigheden - Handhavingsproblemen ¹
Verdunnen/inregenen van mest	Rundveehouderij	Bedrijf			- Extra transport - Extra nitraatuitspoeling	Handhavingsproblemen
Aanzuren van mest	Rundveehouderij	Bedrijf			- Verzuring bodem - Methaan uit mestopslag omlaag	- Afhankelijk van grondsoort/pH - Handhavingsproblemen - Middelen zijn duur - Oppassen met soort zuur

¹ In het kader van de proef met bovengrondse mestaanwending is er voor de deelnemende veehouders een richtlijn en monitoringssysteem ontwikkeld volgens welk de weersomstandigheden bij uitrijden worden geregistreerd én gecheckt met weerpalen.

3.5 Overige brongerichte maatregelen

3.5.1 Afdekken vaste mestopslagen

Beschrijving

Mestopslagen kunnen belangrijke bronnen zijn van zowel ammoniak als broeikasgassen. Ammoniakvervluchtiging treedt op als de uitgescheiden urine en mest wordt blootgesteld aan de lucht. In de meeste gevallen valt de opslag van vaste mest niet onder een categorie van de Rav en is de Wet ammoniak en veehouderij (Wav) niet van toepassing. Maar zeker bij grotere hoeveelheden opgeslagen vaste mest moet rekening worden gehouden met de ammoniakemissie uit de opslag, bijvoorbeeld bij de beoordeling van een vergunningaanvraag indien de opslag dichtbij voor verzuring gevoelige natuur plaatsvindt (Infomil).

Effectiviteit

In de bovengenoemde situatie van grote hoeveelheden vaste mest is de effectiviteit van deze maatregel groot.

Kosten

De kosten van afdekken van een vaste mestopslag hoeven niet hoog te zijn.

Kanttekeningen

Gezien de relatief lage kosten zou, zeker bij grotere hoeveelheden vaste mest (bijvoorbeeld kippenmest) afdekken te overwegen zijn. Een belangrijke kanttekening hierbij is dat (luchtdichte, bijvoorbeeld met plastic) afdekking van vaste mest direct gevolgen heeft voor het composteringsproces, waar beluchting juist noodzakelijk is.

3.5.2 Mestbewerking en -verwerking

Beschrijving

Een ander spoor om de ammoniakemissie van dierlijke mest tegen te gaan, is het be- en verwerken van de mest. Dat kan op het bedrijf zelf of in collectieve verwerkingsinstallaties. Om ammoniakemissie tegen te gaan moet de ammoniak worden omgezet in andere stikstofverbindingen. Van belang daarbij is dat geen afwenteling plaatsvindt naar andere schadelijke stikstofemissies (bijvoorbeeld broeikasgassen).

Een nieuwe techniek waarmee sinds kort in Noord-Nederland wordt geëxperimenteerd, is de zogenoemde Mestraffinage, een bewerking van verse mest die direct uit de stal wordt verpompt naar de bewerkingsruimte om te worden gescheiden in de verschillende componenten.

In een relatief kleinschalige opstelling wordt de mest 'uit elkaar getrokken' en omgezet in stromen waar je afzonderlijk meer mogelijkheden mee creëert. Zo levert het systeem hoogwaardig biogas (energie) en kan het waardevolle stoffen in de mest zoals stikstof, fosfaat en kali van elkaar scheiden waardoor het uitstekend geschikt is als kunstmestvervanger. Het is een aantrekkelijk systeem voor melkveehouders, omdat het streven is om de aanschafkosten rond de 5 tot 7 jaar terug te laten verdienen zonder de inzet van subsidie (zie ook www.wunseradiel.nl)

Effectiviteit mestvergisting

De Haan et al. (2009) noemt mestvergisting als specifieke oplossing voor reductie van de ammoniakemissie (met een landelijk reductiepotentieel van 11 tot 13 kton). In de literatuur wordt echter geen eenduidig beeld verkregen over het effect van vergisting op de ammoniakemissie (Huijsmans en Mosquera, 2007).

Bij goed toepassen van het digestaat kleeft er geen nadeel aan het gebruik ervan. De stikstofwerking van digestaat is gemiddeld 15% hoger dan van gewone drijfmest. Daarom moet extra zorg besteed worden aan het tijdstip van toedienen en de aanwendings techniek. Door het hogere ammoniumgehalte is het risico op vervluchtiging (en uitspoeling) groter dan bij de niet vergiste mest. Digestaat moet daarom emissiearm worden aangewend. En vroeg uitrijden (februari) kan leiden tot uitspoelingsverlies.

Effectiviteit mestscheiding

Mestscheiding maakt uit mest een dunne en een dikke fractie. Het fosfaatgehalte in de dikke fractie is hoger dan in de ingaande drijfmest. De dikke fractie zou kunnen worden afgevoerd en de dunne fractie worden aangewend op het land. Door de lagere gehalten aan N-tot en gelijke of lagere gehalten aan N-min in de dunne fractie van mest ten opzichte van ruwe mest is evenveel of minder stikstof beschikbaar voor vervluchtiging. Het lagere drogestofgehalte kan ervoor zorgen dat de dunne fractie beter in de grond kan infiltreren dan ruwe mest. Deze veranderingen kunnen beide aanleiding geven tot lagere ammoniakemissies bij uitrijden. Het aantal studies om dit te bevestigen is echter erg beperkt en de conclusies niet altijd eenduidig (Huijsmans en Mosquera, 2007).

Kosten

De investeringskosten van mestvergisting zijn aanzienlijk. Voor zover energie kan worden opgewekt c.q. fiscaal aantrekkelijk verkocht, kan de investering en de dagelijkse kosten van mestverwerking worden terugverdiend. Na enkele jaren van investeringssubsidies wordt de techniek inmiddels als bewezen beschouwd en zijn de subsidies grotendeels gestopt. Mestscheiding staat recent in de belangstelling; voor mestscheiding op bedrijfsniveau is relatief eenvoudige en goedkope apparatuur beschikbaar. Bovendien kan de dunne fractie de rol van kunstmest innemen waarmee ook een kostenbesparing in beeld komt.

Kanttekeningen

Er is toenemende aandacht, met name in de biologische veehouderij, voor het composteren van mest. Door het mengen van organische mest en structuurrijk organisch materiaal (stro, bermmateriaal, enzovoort), het regelmatig omzetten van de hoop alsmede het 'poreus' ervan houden, ontstaat een waardevol materiaal met een bodemverrijkend effect. Daar staat tegenover dat alleen met een zeer uitgekiende technische toepassing (bijvoorbeeld in afgesloten ruimtes) voorkomen kan worden dat er ammoniak weglekt.

3.5.3 Luchtwassers op mestopslag

Beschrijving

Er zijn nogal wat mestopslagen, waarvoor wettelijk geldt dat ze afgedekt moeten zijn maar waar toch ammoniak kan vrijkomen. Deze zijn met name ook op plantaardige bedrijven, waar de mest wordt bewaard tot het groeiseizoen.

Effectiviteit

De effectiviteit is klein omdat de kans op NH_3 -emissie uit een afgesloten mestopslag gering is.

Kosten

Luchtwassers zijn altijd duur, temeer waar het effect klein is.

Kanttekeningen

Ook voor luchtwassers op de mestopslag geldt dat handhaving lastig is omdat het aantrekkelijk is de luchtwassers (een deel van de tijd) uit te schakelen.

3.5.4 Wegvangen stikstof met erfbeplantingen

Beschrijving

Door struiken en/of bomen aan te planten zijn NH_y en NO_x in te vangen. Meest effectief is het aanplanten direct langs erven en regionale autowegen.

Effectiviteit

Door het repeterend effect van een dergelijke aanplant kan 10-15% van de ammoniak (en fijn stof) worden ingevangen (Van Dijk et al., 2005). Deze maatregel lijkt perspectiefvol te zijn, maar er is nog veel onbekend.

Erfbeplanting in vorm van een windsingel dringt de verspreiding van ammoniak terug en houdt de ammoniak als het ware bij de bron. In een onderzoek van Van Dijk et al. (2003) is op korte afstand van de bron (tussen windsingel en stal) een zesmaal hogere ammoniakconcentratie gemeten dan voorspel voor een situatie zonder windsingel.






Kosten

De kosten van plantmateriaal, de aanplant zelf maar ook het onderhoud ervan kan oplopen, vooral in termen van arbeidsuren. Gezien de landschappelijke meerwaarde van deze maatregel, ligt een financiële prikkel voor de hand. Er bestaan al de nodige (provinciale) regelingen met betrekking tot aankoop en aanleg van beplantingen maar fiscale prikkels met betrekking tot het onderhoud ervan zouden te overwegen zijn.

Kanttekeningen

Deze maatregel is, ondanks de onzekerheden omtrent het exacte milieueffect, aantrekkelijk, bij uitstek een no-regretmaatregel. De landschappelijke inpassing van agrarische gebouwen is doorgaans een maatschappelijke wens en met erfbeplanting is veel te doen. Bij gelijk effect voor de emissiebeperking is aan te bevelen om 'streekeigen' bomen en planten te gebruiken. Wel moet worden bedacht dat de bomen aan een verhoogd stikstofgehalte zijn blootgesteld. Dit kan eventueel een grotere gevoeligheid voor abiotische stress, ziekten en plagen tot gevolg hebben (Van Dijk et al., 2003).

Factsheet 3.5 Overige brongerichte maatregelen

Maatregel	Sector	Schaal	Effectiviteit	Kosten per vermeden kg NH ₃	Raakvlakken	Nuancering/discussie
Afdekken vaste mestopslagen	Veehouderij	Bedrijf				
Mestbe- en -verwerking/ mestscheiding	Veehouderij	- Bedrijf - Gebied			Fosfaat-precisie	- Indien gebruikt als kunstmestvervanger, dient mestgift aangepast - Effect is onzeker en afhankelijk van techniek
Luchtwassers op mestopslag	- Veehouderij - Akker- en tuinbouw	- Bedrijf - Gebied				Handhavingproblemen
Wegvangen stikstof met erfbeplanting	- Veehouderij - Akker- en tuinbouw	- Bedrijf - Gebied			Landschappelijke inpassing	Bij voorkeur streekeigen beplanting

4 Watermaatregelen

De aan water gerelateerde maatregelen hebben betrekking op de uitspoeling van stikstof en fosfaat en op verdroging. Omdat een deel van de maatregelen een positief milieueffect heeft zowel als het gaat om uitspoeling als om verdroging, worden deze samengevat onder de noemer watermaatregelen.

De maatregelen worden ingedeeld naar:

1. brongerichte maatregelen op het bedrijf (4.1);
2. bron- en effectgerichte maatregelen op het perceel (4.2).

Bij elke maatregel wordt in het begin aangegeven of deze betrekking heeft op uitspoeling en/of verdroging.

4.1 Brongerichte maatregelen op het bedrijf

4.1.1 Voorjaarstoediening van dierlijke mest op akkerbouwbedrijven

→ Effect op *uitspoeling*

Beschrijving

De voorjaarstoediening van dierlijke mest is vooral bedoeld voor akkerbouwbedrijven op klei- en lössgronden. Door het toedienen van dierlijke mest in het voorjaar worden de nutriënten in de mest beter benut omdat de mestgift beter is afgestemd op de gewasopname.

Op akkerbouwbedrijven op klei- en lössgronden wordt de dierlijke mest vaak in de herfst toegediend vanwege het risico op structuurschade bij voorjaarstoediening (Bolt et al., 2008).

Het generieke mestbeleid verbiedt al de toediening van dierlijke mest na 15 september (vanaf 2011 na 1 september). Uitrijden in de nazomer is echter nog steeds toegestaan. Op zandgronden wordt dierlijke mest al in het voorjaar uitgereden.

Effectiviteit

Bij de toediening van dierlijke mest in de herfst ligt de stikstofwerking bij circa 20%. Afhankelijk van de manier van toediening en de mestsoort kan deze werking bij voorjaarstoediening worden verhoogd naar 55-70%.

Kosten

Aan de maatregel zelf zijn geen kosten verbonden. Eventueel ontstaan kosten door extra kunstmestgebruik van € 10-20 per ha.

Kanttekeningen

Akkerbouwers zijn wat terughoudend bij de voorjaarstoediening van dierlijke mest omdat zij bang zijn voor structuurschade waardoor het tijdstip van zaaien en/of poten verlaat wordt. Deze akkerbouwers zouden ervoor kunnen kiezen om geen gebruik meer te maken van dierlijke mest en over te stappen op kunstmest. Wel moet worden opgemerkt dat de acceptatie van dierlijke mest onder akkerbouwers hoger is dan die van kunstmest.

4.1.2 Vergroten mestopslag

→ Effect op *uitspoeling*

Beschrijving

Door het vergroten van de mestopslagcapaciteit hoeft er geen mest uit te worden gereden in het najaar en het vroege voorjaar onder natte omstandigheden (snelle uitspoeling). Er kan worden gewacht tot het begin van het groeiseizoen waardoor de mest beter benut kan worden. Deze maatregel is alleen van toepassing op (melk)veebedrijven.

Effectiviteit

Deze maatregel heeft vooral effect op de uitspoeling van stikstof en niet op de uitspoeling van fosfaat. De maatregel verhoogt de werkingscoëfficiënt van de mest.

Kosten

De kosten voor de bouw van extra mestopslag is erg afhankelijk van het individuele bedrijf. De kosten voor kunstmest kunnen wel dalen omdat de eigen mest door de opslag beter benut kan worden. Ook de mestafzetkosten kunnen dalen omdat door de extra mestopslagcapaciteit de mest op het goedkoopste

moment kan worden afgezet. Vooral vanwege de lagere mestafzetkosten is de bouw van extra mestopslag voor veel bedrijven lonend (Evers en De Haan, 2007).

Kanttekeningen

Als er voor een bepaald bedrijf (in een specifieke situatie) kan worden aangetoond dat er kosten kunnen worden bespaard (minder kunstmestgebruik, minder mestafzetkosten), zullen ondernemers eerder geneigd zijn om deze maatregel toe te passen.

4.1.3 Precisiebemesting

→ Effect op *uitspoeling*

Beschrijving

Precisiebemesting betekent een betere temporele en ruimtelijke afstemming van aanbod en opname van nutriënten, waarbij gebruik wordt gemaakt van Remote Sensing, GPS-apparatuur en vloeibare, ammoniumhoudende meststoffen. Het perceel kan tot op de vierkante centimeter nauwkeurig worden bemest, afhankelijk van de plaatselijke gewasbehoefte. Bij conventionele bemestingsmethoden wordt het hele perceel in gelijke mate bemest.

Precisiebemesting is onderdeel van de precisielandbouw. Precisiebemesting (en precisielandbouw in het algemeen) wordt vooral op akkerland toegepast in eerste instantie om de gewasopbrengst te maximaliseren en gelijkmatiger te maken. Vanwege de efficiëntere inzet van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen heeft precisielandbouw een positief milieueffect.

Box 4.1 **Enquête precisielandbouw**

In 2007 past al 10% van de ondernemers GPS-technologie op het bedrijf toe en ruim 40% overweegt aanschaf op korte termijn. Vijftig procent verwacht het nut te halen uit geleiding van tractoren en machines, 44% uit het vastleggen van opbrengst en kwaliteitsvariatie binnen percelen door gewas- en opbrengstkaarten en plaatsspecifieke toepassing van meststoffen, zaaizaad en pootgoed en gewasbeschermingsmiddelen (enquête onder akkerbouwers en loonwerkers, Van der Schans et al., 2008).

Effectiviteit

Verwacht wordt dat de stikstofefficiency met 10% verhoogd kan worden door precisiebemesting (Bolt et al., 2008), waardoor de (kunst)mestgift met 10% kan worden verlaagd.

Kosten

De investeringen voor precisiebemesting zijn vrij hoog vanwege de dure apparatuur. Uit scenario's blijkt dat voor bedrijven van ongeveer 50 ha de investeringen in de GPS-apparatuur en een bijbehorend bedrijfsmanagement programma kunnen worden terugverdiend. Verdergaande toepassingen van de precisielandbouw (sensing en plaatsspecifiek management) worden vooral terugverdiend in intensieve teelten van gewassen met een relatief hoge financiële opbrengst.

Bij stijgende prijzen van (akkerbouw)producten en dalende prijzen voor de apparatuur wordt precisielandbouw ook op een kleiner areaal en bij extensievere teelten lonend (Van der Schans, 2008).

Kanttekeningen

Precisielandbouw vereist nieuwe kennis en vaardigheden van de ondernemer. Vaak wordt precisielandbouw stapsgewijs op het bedrijf geïntroduceerd. Een goede begeleiding van de ondernemers is noodzakelijk.

4.1.4 Kunstmestinjectie

→ Effect op *uitspoeling*

Beschrijving

Bij kunstmestinjectie wordt het perceel met stikstof in vloeibare vorm (met een spaakwielbemester) bemest. In vergelijking met bemesting in korrelvorm geeft injectie een hogere directe werking en ook een hogere langere nawerking van de bemesting. De hogere stikstofopname is het gevolg van lagere verliezen en mogelijk een hogere mineralisatie van bodemstikstof. De lagere verliezen door vervluchtiging en uitspoeling hebben een positief milieueffect.

Effectiviteit

Uit onderzoek komt naar voren dat kunstmestinjectie (met spaakwielbemester) in vergelijking met korrelstrooien tot een 9% hogere jaaropbrengst kan leiden (geldt voor blijvend grasland op zandgrond). De eiwitopbrengst neemt met 20% en de schijnbare stikstofbenutting met 36% toe (De Boer, 2008).

Kosten

Er treden kostenbesparingen op door de betere benutting van kunstmest.

Kosten ontstaan door de aanschaf van nieuwe apparatuur of, als alternatief, door het inhuren van een loonwerker.

Kanttekeningen

De bovengenoemde resultaten gelden voor blijvend grasland op zandgrond.

Het effect op andere grondsoorten moet nog worden onderzocht.

4.1.5 Bouwplanverandering/kavelruil

→ Effect op uitspoeling en verdroging

Beschrijving

Bouwplanveranderingen kunnen gunstig uitpakken zowel wat betreft de nutriëntenbelasting als ook wat betreft verdroging. Met betrekking tot nutriëntenbelasting betekent het veranderen van het bouwplan een vervanging van uitspoelingsgevoelige gewassen door gewassen die de nutriënten beter kunnen benutten, bijvoorbeeld de vervanging van zetmeel- en consumptieaardappelen door wintertarwe.

Op plantaardige bedrijven met hogere ammoniakemissies uit (kunst)mest-aanwending zou het bouwplan zodanig kunnen worden aangepast dat minder stikstofinputs (en fosfaatinputs) nodig zijn. Ook kan gedacht worden aan meer permanente teelten.

Met betrekking tot verdroging kan via een bouwplanverandering een hoger grondwaterpeil onder landbouwgrond gerealiseerd worden. Zo eist grasland een minder lage grondwaterstand dan akkerbouwland. Een dergelijke bouwplanverandering zou bijvoorbeeld via kavelruil tussen akkerbouwers en melkveehouders gerealiseerd kunnen worden.

Effectiviteit

De effectiviteit is afhankelijk van de betrokken gewassen bij de bouwplanveranderingen.

Kosten

De kosten liggen in de verschillen tussen de gewassaldi van de betreffende gewassen. Ook kunnen kosten ontstaan door kavelruil (administratieve lasten).

Kanttekeningen

Om draagvlak voor deze maatregel te creëren moet goed worden gekeken welke bouwplanverandering goed inpasbaar is op het bedrijf. Gewassen met een hoger saldo, die ook nog goed inpasbaar zijn op het bedrijf kunnen op meer draagvlak rekenen.

4.1.6 Vermindering grondwateronttrekking

→ Effect op *verdroging*

Beschrijving

Landelijke gezien veroorzaken grondwateronttrekkingen voor drink-, industrie- en beregeningswater circa 30% van de verdroging (CBS, PBL, Wageningen UR, 2010). Op bepaalde plaatsen kan grondwateronttrekking echter de belangrijkste oorzaak zijn voor de verdroging van een aangrenzend natuurgebied. Verdroging door grondwateronttrekking speelt vooral een rol op de hogere zandgronden in Oost- en Zuidoost-Nederland.

Waterleidingbedrijven onttrekken met 766 miljoen m³ (78%) veruit het meeste grondwater, gevolgd door industrieën en waterleidingbedrijven met 159 miljoen m³, ofwel ruim 16%. De landbouw volgt op de derde plaats en onttrekt ruim 52 miljoen m³ (5,3%) (CBS, PBL, Wageningen UR, 2010). Het is wel aan te nemen dat een deel van het opgepompte irrigatiewater uit de landbouw niet is geregistreerd (Reinhard et al., 2006). Ook pompen waterleidingbedrijven het drinkwater over het algemeen uit veel diepere lagen dan landbouwbedrijven het grondwater voor irrigatie en vee.

Betreffende de landbouw ligt de noodzaak voor irrigatie bij droogte in de zomer vaak in de versnelde afvoer (drainage) van water op landbouwgrond in het voorjaar, dat op zijn beurt ook weer een oorzaak voor verdroging is.

Bijzonderheden sectoren

Niet alleen akkerbouw (aardappelen, suikerbieten en snijmais) en opengrondstuintbouw maken gebruik van irrigatie, maar ook de veehouderij (grasland en snijmais). Vaak is de daling van de productiewaarde van akkerbouw- en tuintbouwgewassen door droogteschade wel groter is dan bij grasland. Ook wordt grondwater gebruikt als reinigingswater en als drinkwater voor het vee. Irrigatie is wel de belangrijkste vorm van grondwatergebruik.

Effectiviteit

Is grondwateronttrekking de belangrijkste oorzaak van verdroging op die bepaalde plek, heeft het stopzetten van deze oorzaak het grootste effect. Effectiviteit kan worden vergroot als de reden voor beregening wordt aangepakt. In veel gevallen is dat versnelde afvoer van water in het voorjaar.

Kosten

Kosten ontstaan door het gebruik van andere waterbronnen, als de oorspronkelijke bron niet meer mag worden gebruikt. Dat kunnen zijn een andere waterput op een minder gevoelige locatie of het gebruik van leidingwater. In het tweede geval kunnen de kosten hoog oplopen. Dit is afhankelijk van de betreffende prijs voor leidingwater en het watergebruik.

Wordt niet meer geïrrigeerd, dan ontstaan kosten door de daling van de productiewaarde vanwege droogteschade aan de gewassen. Hoe hoog deze uitvalt, is afhankelijk van het gewas en het vochttekort. De productie-uitval kan middels de HELP-tabellen worden bepaald.

Kanttekening

Er moet goed worden gekeken welke partij het meeste grondwater in een bepaald gebied onttrekt. Vaak is dat niet de landbouw, maar zijn dat drinkwaterbedrijven, industrie en/of defensie.

Om droogteschade van de gewassen te voorkomen moet vermindering van de grondwateronttrekking voor irrigatie gepaard gaan met maatregelen als waterconservering of peilgestuurde drainage.

4.1.7 Voerkuilen afsluiten

Beschrijving

Voerkuilen zijn weliswaar van boven afgedekt maar liggen - gedurende het gebruiksseizoen - vaak aan de voorkant open. Door ze na het afsnijden van kuilvoer, steeds weer al te sluiten, neemt de emissie af.

Effectiviteit

Het betreft hier een kleine maatregel, het percentage kuil dat ermee wordt afgesloten met de open lucht, is klein.

Kosten















Het is een kleine maar ook een goedkope maatregel. Het vraagt wat extra tijd om de kuil na gebruik steeds af te sluiten met het landbouwplastic.

Kanttekeningen

Afsluiten van de kuil kan gepaard gaan met minder ongedierte (ratten, muizen) maar ook met minder vogels en daarmee vermindering van de biodiversiteit.

Overigens zal afsluiten van voerkuilen in de naaste toekomst worden voorgeschreven, om erfafspoeling van mineralen te voorkomen.

Opgemerkt werd wel dat het afsluiten van voerkuilen moeilijk is in te passen in de dagelijkse werkzaamheden.

Factsheet 4.1		Brongerichte watermaatregelen bedrijf				
Maatregel	Sector	Schaal	Effectiviteit	Kosten	Effect op	Kanttekening
Voerjaars-toediening van dierlijke mest	Akkerbouw	Bedrijf			Stikstof-uitspoeling	Akkerbouwers vrezen structuurschade
Vergroten mestopslag	Melkvee	Bedrijf			Stikstof-uitspoeling	Koteneffectiviteit afhankelijk van mestafzetprijs
Precisie-bemesting	Akkerbouw	Bedrijf			Stikstof-uitspoeling	Doel van maatregel is optimalisatie gewas-opbrengst
Kunstmest-injectie	Akkerbouw/melkvee	Bedrijf			Stikstof-uitspoeling	
Bouwplan-verandering	Akker-, tuinbouw/melkvee	Bedrijf			Uitspoeling en verdroging	Effectiviteit en kosten sterk afhankelijk van betrokken gewassen
Vermindering grondwater-onttrekking	Akker-, tuinbouw/melkvee	Bedrijf			Verdroging	Combineren met andere maatregelen (peil-gestuurde drainage/waterconservering)
Voerkuilen afsluiten	Rundvee-houderij	Bedrijf			Slecht voor biodiversiteit (vogels)	Wordt straks verplicht vanwege erfafspoeling

4.2 Maatregelen op het perceel

4.2.1 Uitmijnen van fosfaat

→ Effect op *uitspoeling*

Beschrijving

De bedoeling van uitmijnen is om de fosfaatvoorraad in de bodem af te laten nemen om uiteindelijk de uitspoeling van fosfaat naar het grond- en oppervlaktewater te beperken. Bij uitmijnen wordt fosfaat via het gewas afgevoerd bij een reductie (of stopzetting) van de fosfaataanvoer. Uitmijnen wordt soms gezien als een tijdelijke maatregel, die meestal op basis van urgentie op bepaalde locaties wordt toegepast.

Effectiviteit

Afhankelijk van de bodemstructuur leidt uitmijnen in de meest gevallen pas op lagere termijn tot een significante reductie van de fosfaatuitspoeling (+/- 15 jaar). Op korte termijn is het effect alleen in de bovenste bodemlaag (5-10 cm) meetbaar (Salm, 2008).

Ook is het effect van uitmijnen afhankelijk van het gewas en de fosfaatvoorraad in de grond. Neemt de voor het gewas beschikbare fosfaatvoorraad af, vermindert ook de effectiviteit van deze maatregel (Bolt et al., 2008). Uitmijnen op graan heeft een groter effect dan uitmijnen op andere gewassen, maar is ook duurder (Noij en Corré, 2008). Hoewel gericht op reductie van fosfaatuitspoeling, kan uitmijnen ook een positief effect hebben op stikstofuitspoeling.

Als brongerichte maatregel is uitmijnen minder kosteneffectief dan hydrologische maatregelen of zuiveringssystemen.

Kosten

Richtlijnen:

Akkerbouw (uitmijnen graan):	500-2.000 euro/kg P
Melkvee (uitmijnen mais):	500-2.000 euro/kg P
Melkvee (uitmijnen gras):	>2.000 euro/kg P

Kanttekeningen

De heersende omstandigheden (bodemtype, gewas, enzovoort) zijn erg bepalend voor de effectiviteit van de maatregel. Er moet dus goed worden gekeken of uitmijnen op een bepaalde plek nut heeft. Anders wordt het een dure maatregel die eventueel weinig effectief is.

4.2.2 Bufferstroken

→ Effect op *uitspoeling* en *verdroging*

Beschrijving

Bufferstroken kunnen verschillende vormen aannemen. Om uitspoeling tegen te gaan zijn bufferstroken tussen perceel en sloot (dus op het perceel) gebruikelijk. In zo een geval beslaan de bufferstroken over het algemeen 5-20% van het areaal (Nooij en Corré, 2008).

Bufferstroken hebben een verblijftijdeffect, dat wil zeggen dat het stikstof- en fosfaatrijke water van de rest van het perceel is langer onderweg naar de sloot en een onderscheppend effect, namelijk dat stikstof en fosfaat uit het water wordt verwijderd. Dergelijke bufferstroken hebben geen (of slechts een beperkt effect) op verdrogingsbestrijding.

Bufferstroken in het kader van verdrogingsbestrijding liggen tussen het landbouwperceel en het natuurgebied en dienen als overgang tussen hoge en lage grondwaterstand. Deze bufferstroken moeten over het algemeen breder zijn dan de op uitspoeling gerichte stroken. De op verdroging gerichte bufferstroken hebben over het algemeen wel een positief effect wat betreft de uitspoeling van nutriënten. Op dergelijke bufferstroken is beheerslandbouw (of natuurmelken zie HS 5) of bijvoorbeeld de aanleg van een helofytenfilter mogelijk.

Effectiviteit

Over het algemeen geldt: hoe breder de bufferstrook, des te groter is het effect.

Naast de positieve effecten op uitspoeling en verdroging hebben bufferstroken nog de volgende effecten: reductie van de belasting met bestrijdingsmiddelen, voorkomen van meemesten van de sloot, voorkomen van erosie van gronddeeltjes naar de sloot. Er komt minder grond in de watergang terecht, waardoor er minder onderhoudskosten ontstaan (minder bagger).

Kosten

De kosten van de bufferstroken verschillen sterk per bedrijfstype en zijn afhankelijk van de productievermindering (opbrengstderving). Beslaat een bufferstrook bijvoorbeeld 10% van het areaal, dan betekent dit niet per se dat de gewasproductie met 10% vermindert omdat deze aan de randen van een perceel over het algemeen toch al lager is dan in het midden van een perceel.

Kanttekening

Onbemeste bufferstroken verhogen de functionele biodiversiteit wat de ziektedruk in het gewas kan verlagen. Andere maatschappelijk voordelen zijn verhoging biodiversiteit, verhoging aantrekkelijkheid landschap, verbetering toegankelijkheid van gebied voor boer, recreant en waterschap (Noij en Corré, 2008).

4.2.3 Aanleg van helofytenfilters

→ Effect op *uitspoeling* en *verdroging*

Beschrijving

Bij de aanleg van een helofytenfilter wordt (landbouw)grond omgezet in een rietveld waarbij de bestaande (landbouw)functie verdwijnt en een aantal andere (mogelijke) functies voor in de plaats komen, namelijk waterzuivering, productie van riet voor biomassa (groene energie), antiverdroging, waterberging en recreatie.

De aanleg van de rietvelden is in feite het creëren van natte natuur, het grondwaterpeil komt hoger te liggen zowel onder de rietvelden als onder de aangrenzende grond. Rietvelden zuiveren het water van dichtbijgelegen beken of riviertjes op nutriënten (fosfaat en stikstof) en op zware metalen (koper en zink). Het gezuiverde water kan vervolgens als inlaatwater worden gebruikt voor verdroogde natuurgebieden. De rietvelden kunnen ook als tijdelijke waterberging dienen, waardoor overstromingen elders (en de bijkomende schade) verminderd kunnen worden.

De recreatiefunctie kan worden gecreëerd door het aanleggen van faciliteiten, zoals dijken met wandelpaden tussen de rietvelden, expositie- en ontvangstruimtes.

Een helofytenfilter kan ook op kleinere schaal worden toegepast, bijvoorbeeld in een bestaande sloot met als voornaamste doel waterzuivering.

Box 4.2**Waterpark Het Lankheet**

In het Waterpark wordt tot en met 2010 onderzoek gedaan naar zuivering van oppervlaktewater met behulp van rietfilters. Onderzoek van Wageningen UR/Plant Research International heeft aangetoond dat speciale rietvelden grote volumes oppervlaktewater zeer effectief kunnen zuiveren van stikstof en fosfaat. Voorwaarde is wel dat deze volumes juist gedoceerd worden: afgestemd op de opnamecapaciteit van het riet.

In de periode 2005-2006 zijn trapsgewijze rietvelden aangelegd in 18 compartimenten met horizontale doorstroming. Er wordt geëxperimenteerd met dag-/nachtritmes, seizoens- en jaarrondbevoeiing en nat-/droogsituaties. Het riet wordt jaarlijks geoogst om de afgevangen stoffen af te voeren. Hierdoor is het een duurzaam systeem, omdat de bodem niet vervuult. Het riet wordt gebruikt om groene energie te produceren. Het gezuiverde water kan vervolgens via het eeuwenoude en fijnmazige vloeiwidensysteem van het landgoed verspreid worden en een bijdrage leveren aan verdrogingsbestrijding en natuurontwikkeling.

(www.waterparkhetlankheet.nl)

Effectiviteit

De effectiviteit resulteert uit het creëren van meerdere verschillende functies, waarbij één functie wordt opgeofferd, de landbouwfunctie. Blaeij en Reinhard (2008) berekenden in een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA), dat de maatschappelijke baten van de aanleg van een helofytenfilter groter zijn dan de maatschappelijke kosten. In de uitgevoerde studie belopen de baten, onder bepaalde aannames, € 128.000. Dit getal heeft betrekking op een casestudie van 5 ha.

Kosten

Kosten ontstaan door het aanleggen waterpark: de rietvelden en de verbindingen naar de in de buurt gelegen beek of rivier. Vooral de laatste kostenpost kan, afhankelijk van de ligging, hoog oplopen. Als er landbouwgrond wordt onttrokken ontstaan kosten door de daling van de productiewaarde. Dit is afhankelijk van het betreffende gewas.

Kanttekeningen

De grootschalige aanleg van een helofytenfilter betekent dat grond aan de landbouw wordt onttrokken.

Het is dus erg afhankelijk van vraag of deze maatregel op draagvlak onder de agrariërs kan rekenen.

De aanleg van een kleinschalige helofytenfilter kan in sommige gevallen worden gebruikt als voorwaarde voor het verkrijgen van een milieuvergunning.

4.2.4 Samengestelde, peilgestuurde drainage

→ Effect op *uitspoeling* en *verdroging*

Beschrijving

Bij de peilgestuurde drainage, ook wel verdiepte of onderwater drainage genoemd (systeem van Van Iersel), wordt het water minder snel afgevoerd. Het water wordt langer vastgehouden waardoor er in de zomer minder vochttekort optreedt en minder beregening toegepast moet worden. Het mes snijdt bij deze techniek dus aan twee kanten: vermindering van de afvoer in het voorjaar en vermindering van grondwatergebruik voor irrigatie in de zomer.

Zo werkt het systeem: de drains zijn bij de peilgestuurde drainage diep aangelegd en liggen meestal onderwater. Zij monden uit in een verzamelrain die op zijn beurt uitmondt in een put. Het grondwaterpeil kan perceelsgewijs via een daarvoor bestemde voorrichting bij de put worden ingesteld. De grondgebruiker kan het peil vrij nauwkeurig afstellen op de actuele omstandigheden: in het vroege voorjaar kan het grondwaterpeil voor de voorjaarswerkzaamheden omhoog, na het zaaien kan het peil weer omhoog en in het najaar bij de oogst kan het peil weer zakken.

De techniek van peilgestuurde drainage is op vele plaatsen toepasbaar en kan ook worden gebruikt om wateroverlast in een gebied te beperken en water in een ander gebied vast te houden. Ook kan in tijden van droogte water tussen gebieden worden uitgewisseld (Reinhard et al., 2008).

Peilgestuurde drainage reduceert ook de emissie van fosfaat en stikstof naar het grondwater, simpel omdat minder water wordt afgevoerd. De meststoffen blijven langer in de grond waardoor de agrariër minder fosfaat en stikstof aan hoeft te vullen met drijfmest of kunstmest (Waterschap Peel en Maasvallei, 2010).

Conventionele drainage kan worden omgebouwd tot samengestelde, peilgestuurde drainage.

Effectiviteit

Uit modelonderzoek (Bakel et al., 2008) blijkt dat:

- ten opzichte van ongedraineerde uitgangssituatie:
 - Conventionele drainage:
 - gemiddelde grondwaterstand 20 cm lager
 - piekafvoeren met 27% verlaagd
 - stikstofbelasting neemt toe met 40 kg N/ha/jaar
 - fosfaatbelasting neemt af met 1,5 kg P/ha/jaar
 - Samengesteld, peilgestuurde drainage:
 - gemiddelde grondwaterstand 12 cm hoger
 - piekafvoeren gelijk aan uitgangssituatie
 - stikstofbelasting neemt af met 10 kg N/ha/jaar
 - fosfaatbelasting neemt af met 1 kg P/ha/jaar
- ten opzichte van conventioneel gedraineerde uitgangssituatie:
 - Samengesteld maken van conventionele drainage:
 - gemiddelde grondwaterstand 36 cm hoger
 - piekafvoeren met 30% verhoogd
 - stikstofbelasting neemt toe met 25 kg N/ha/jaar
 - fosfaatbelasting neemt af met 3 kg P/ha/jaar
 - Samengesteld, peilgestuurde drainage (nieuw aangelegd):
 - gemiddelde grondwaterstand 34 cm hoger
 - piekafvoeren met 30% verhoogd
 - stikstofbelasting neemt af met 8 kg N/ha/jaar
 - fosfaatbelasting neemt af met 0,25 kg P/ha/jaar

Dit zijn de uitkomsten van een modelonderzoek. Momenteel loopt er een veldonderzoek (Limburg en Noord-Brabant) naar het functioneren van samengestelde drainage (2008-2011) (Stuyt et al., 2009).

Kosten

- Samengestelde, peilgestuurde drainage (nieuw): +/- € 1.000 per ha.
- Conventionele drainage ombouwen tot peilgestuurde drainage:
+/- € 600 per ha.

Er treden kostenbesparingen op omdat er minder beregend moet worden.

Kanttekeningen

Omdat samengestelde peilgestuurde drainage naar verwachting ook landbouwkundige voordelen biedt en de geclaimde voordelen al in praktijk worden verkend, bestaat er veel draagvlak voor deze maatregel. Het moet echter niet worden gezien als dé oplossing voor het verdrogingsprobleem (zoals soms wordt gesuggereerd).

Een aantal waterschappen zet peilgestuurde drainage inmiddels om in de praktijk, zoals het Waterschap Peel en Maasvallei (Project Nieuw Limburg Peil).

4.2.5 Peilverhoging

→ Effect op *verdroging* en *uitspoeling*

Beschrijving

Peilverhoging wordt per peilvak gerealiseerd. Een peilvak bestaat in de meeste gevallen uit meerdere percelen van verschillende eigenaren. Deze maatregel kan daarom alleen worden toegepast, als de verschillende grondeigenaren met elkaar en met het waterschap, dat het peil beheert, samenwerken. Bij deze maatregel wordt het peil vanuit een op de landbouw afgestemde situatie verhoogd. Dit gaat meestal gepaard met een saldoderving voor de landbouw.

Er moet onderscheid worden gemaakt tussen structurele peilverhoging en flexibel peilbeheer. Bij structurele peilverhoging wordt het grondwaterpeil blijvend verhoogd. Bij flexibel peilbeheer wordt het waterpeil aangepast aan de op dat moment heersende omstandigheden. Bijvoorbeeld, als de ondernemers voor de voorjaarswerkzaamheden met zware machines het land op moeten kan het waterschap het waterpeil voor een bepaalde (korte) periode verlagen om het nadien weer te verhogen. Er moet ook onderscheid gemaakt worden tussen grondsoort waarop deze maatregel wordt toegepast.

Op zandgrond dient peilverhoging vooral om verdroging tegen te gaan. Op veengrond dient peilverhoging om bodemdaling tegen te gaan.

Effectiviteit

Peilverhoging is over het algemeen een effectieve maatregel om verdroging en uitspoeling tegen te gaan. Bij uitspoeling dient voor wat betreft veengrond de nuance te worden aangebracht dat peilverhoging aan een kant weliswaar zorgt voor minder nitraatbelasting van het grondwater maar aan de andere kant leidt tot meer uitspoeling van fosfaat uit de bodem. Daarmee wordt de eutrofiering juist weer bevorderd.












Kosten

Een hogere waterstand heeft effect op de gebruikswaarde van de grond voor de landbouw. Boeren kunnen pas later in het voorjaar hun land op, waardoor zij meer voer voor hun dieren moeten aankopen en hun machines ook minder productief kunnen gebruiken. Als het slootpeil omhoog gebracht wordt van 60 naar 35 cm beneden maaiveld, betekent dat een jaarlijkse achteruitgang in inkomen van ten minste € 200 per ha voor een gemiddeld bedrijf (Vogelzang et al., 2004).

Kanttekeningen

Bedrijven kunnen op verschillende manieren inspelen op peilverhoging. Extensieve bedrijven kunnen overwegen om de melkproductie per koe wat te laten dalen en eventueel een deel van de melk te verleasen. In het geval van gedeeltelijke peilverhoging op het bedrijf kan het voor de ondernemer aantrekkelijk zijn om de natter wordende grond af te stoten en op de resterende grond intensiever te gaan boeren. Ook kan gezocht worden naar andere, meer extensieve vormen van melkveehouderij, waarbij natuur- en waterbeheer integraal in de bedrijfsvoering meegenomen worden en substantiële neveninkomsten opleveren. Boeren kunnen op dat vlak bijvoorbeeld afspreken om gezamenlijk natuurgebieden of natter wordende gebieden te gaan beheren. Daarvoor zijn ook afspraken met overheden, natuurbeherende organisaties en waterschappen nodig, bijvoorbeeld in de vorm van gebiedscontracten.

Factsheet 4.2 Bron- en effectgerichte watermaatregelen perceel

Maatregel	Sector	Schaal	Effectiviteit	Kosten	Effect op	Kanttekening
Uitmijnen fosfaat	Akkerbouw/ melkvee	Perceel		 	Uitspoeling fosfaat	Effect pas op lange termijn waarneembaar
Bufferstroken	Akkerbouw/ melkvee	Perceel			Uitspoeling en verdroging	
Helofytenfilter	Akkerbouw/ melkvee	Perceel			Uitspoeling en verdroging	
Samengestelde, peilgestuurde drainage	Akkerbouw/ melkvee	Perceel			Uitspoeling en verdroging	
Peilverhoging	Akkerbouw/ melkvee	Peilvak			verdroging	Vereist samenwerking tussen meerdere agrarische ondernemers en waterschap

5 Synthese maatregelen/ systeemveranderingen

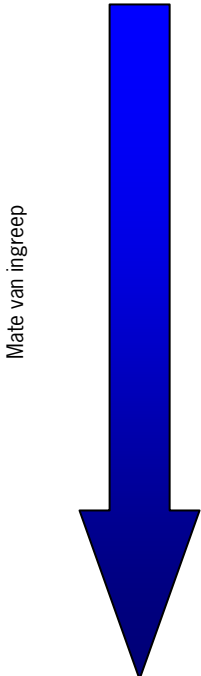
5.1 Mate van ingreep en ondernemersstijlen

Onder de agrarische ondernemers zijn verschillende typen. Zo wil de één zoveel mogelijk koeien melken of varkens houden en probeert daardoor de kostprijs te verlagen, wil de andere de toegevoegde waarde van zijn producten verhogen door biologisch of met een ander keurmerk te gaan boeren, en wil weer een ander zijn bedrijf verbreden met een multifunctionele tak waarmee hij zijn inkomen aan kan vullen. Iedere boer heeft zijn eigen toekomstbeeld voor het bedrijf en zijn eigen strategie om dit beeld te bereiken.

Een gevolg van de verschillende ondernemerstypen is ook dat de één beter bij bepaalde milieumaatregelen past dan een ander en dat dezelfde maatregel bij een ondernemer mogelijk effectiever is dan bij een ander, puur omdat de eerste enthousiaster ermee omgaat als de andere. Kortom, bij het toepassen van de maatregelen is het draagvlak van de ondernemer noodzakelijk om een zo hoog mogelijk milieurendement op te brengen. Hierbij is de mate van ingreep van groot belang. Sommige ondernemers staan alleen open voor technische oplossingen die gemakkelijk op het bedrijf inpasbaar zijn, anderen willen wel nadenken over verdergaande systeemveranderingen.

Tegen die achtergrond kunnen we concluderen dat bepaalde boeren beter 'passen' in bepaalde gebieden. Het wonen en werken 'onder de rook' van een Natura 2000-gebied is voor de één een regelrechte ramp, voor sommige anderen juist een uitdaging. Zij nemen de beperkingen op het gebied van emissies als gegeven en zoeken een bedrijfssysteem dat daar niet alleen rekening mee houdt, maar er munt uit weet te slaan. Bijvoorbeeld door overschakelen naar nicheproductie, een vorm van betaald natuur- en landschapsbeheer, een nieuwe tweede tak, enzovoort. Een nieuw soort ruilverkaveling zou hierop een antwoord kunnen bieden: een ruilbeurs waarop ondernemers van locatie kunnen ruilen, zodanig dat zij beter 'matchen' met hun talenten en ambities. Elke ondernemer op de beste plek!

Figuur 5.1**Indeling maatregelen ammoniak naar mate van ingreep**

	Luchtwasser
	Stalinrichting
	Eiwitarm voer
	Uitrijden bij bewolkt weer
	Afsluiten voerkuilen
	Afdekken mestopslag
	Verdunnen van mest
	Aanzuren van mest
	Terugdringen sleepvoetbemester
	Aanpassen kunstmestgebruik
	Terugdringen kunstmestgebruik
	Uitbesteden opfok jongvee
	Fokken op laag ureum
	Aandeel beweiding vergroten
	Alternatieve stalsystemen
	Gebruik vaste mest/mest met stro
	Verkleinen veestapel
	Verhogen levensproductie
	Verplaatsen veebedrijf
	Beeïndigen veebedrijf

5.2 **Systeemveranderingen**

Bijzondere aandacht gaat uit naar sets van de in hoofdstuk 3 en 4 beschreven maatregelen die elkaar versterken, die in hun samenhang tot een nieuw bedrijfs-systeem leiden. Zo'n systeemverandering kan er toe leiden dat niet alleen aan de kostenkant effecten optreden (een kostprijsverhoging of juist een kostprijsverlaging) maar ook aan de opbrengstenkant (namelijk een betere prijs). Dit laatste effect kan de aantrekkelijkheid van zo'n aanpak natuurlijk aanmerkelijk verhogen.

De volgende voorbeelden komen hier aan de orde:

- kringloopcertificering (5.2.1);
- biologische bedrijfsvoering (5.2.2);
- natuurmelken (5.2.3);

- grondloze rundveehouderij (5.2.4);
- verbreding van landbouwbedrijven (5.2.4).

5.2.1 Kringloopcertificering

De belasting op Natura 2000-gebieden vanaf agrarische bedrijven heeft uiteindelijk te maken met het niet voldoende sluiten van kringlopen van stikstof, fosfaat, water, enzovoort op het betreffende bedrijf. Er is sprake van weglekken van stikstof en fosfaat naar het milieu.

Rundveehouderij zal ook in de toekomst toch vooral een 'open systeem' blijven. Allerlei technieken die zijn gericht op het afdichten van de lekken (lucht-wassers, afdekken vaste mestopslagen, enzovoort) zijn om die reden minder interessant voor de rundveehouderij en roepen veel spanningen op met waar de samenleving en de meeste veehouders naar toe willen met deze sector.

Recente ervaringen met melkveehouderij gericht op kringloopkwaliteiten geven aan dat hiermee reductiepercentages tot 25% van N in de vorm van ammoniak kunnen worden bereikt. De voornaamste maatregelen hebben te maken met het terugdringen van de N-input en het optimaliseren van de N-aanwending:

- eiwitarm voeren;
- zorgvuldig omgaan met dierlijke mest en kunstmest;
- conserverend bodembeheer.

Momenteel wordt onderzocht of een bedrijfsvoering die aantoonbaar minder 'lekt' naar het milieu, dus de bedrijfskringlopen beter weet te sluiten, gecertificeerd kan worden. Dit gebeurt onder andere in opdracht van de provincies Drenthe en Utrecht, die hopen daarmee een instrument in handen te krijgen om veehouderij in de nabijheid van Natura 2000-gebieden te kunnen sturen. Certificering van een kringlooppaanpak kan dan bijvoorbeeld leiden tot een vergunning als 'beloning'. Onzeker is of met een kringloopcertificaat op de markt een betere productprijs kan worden gerealiseerd, of de consument bereid is om een meerprijs te betalen voor een dergelijk milieuvriendelijker product.

5.2.2 Biologische bedrijfsvoering

Waar kringloopcertificering aangrijpt bij bepaalde indicatoren (doelen) die duiden op beter gesloten kringlopen, daar grijpt biologische certificering aan bij specifieke middelen. Dat vertaalt zich in de volgende maatregelen:

- geen gebruik van kunstmest;

- geen gebruik van bestrijdingsmiddelen;
- gebruik van biologisch voer;
- bredere vruchtwisseling;
- verlaging veedichtheid.

Impliciet wordt vaak aangenomen dat daarmee het weglekken van N en P uit de bedrijfsvoering vermindert. Er gaat weliswaar minder N het bedrijfssysteem in (geen kunstmest en lagere aanwendingsnorm dierlijke mest) maar dat is nog geen garantie dat er ook minder weglekt; de N- en P-efficiëntie kan op biologische bedrijven namelijk lager zijn. Zo geldt voor biologische varkenshouderij dat door de verplichte uitloop de NH₃-emissie relatief toeneemt. Een vermindering van de N-uitstoot kan hooguit resulteren uit de lagere veedichtheid (minder dieren per ha) op biologische bedrijven.

Aantoonbare milieueffecten van biologische bedrijfsvoering liggen meer op het gebied van grotere diversiteit van flora en fauna, grotere bodemactiviteit, grotere vastlegging van CO₂ en versterking van het landschap. Een kracht van biologische bedrijfsvoering is dat de opbrengstprijzen over de hele linie hoger liggen.

5.2.3 Natuurmelken

Natuurmelken betekent het houden van melkkoeien in natuurgebieden en wordt gezien als alternatief voor het laten begrazen van natuurgebieden door vleesrunderen. Het is een extensief systeem met een productie die veelal niet hoger uitkomt dan zo'n 3.000 kg per koe in de zomerperiode. Natuurmelken kent verschillende vormen, die bepaald worden door verschillende factoren (Galama et al., 2008), zoals:

- melken alleen in de zomer of jaarrond;
- wel of niet aanhouden jongvee;
- wel of geen huisvesting;
- wel of niet maaien, en dus wel of niet aankopen ruwvoer;
- mobiele melkwagen (meer arbeid, minder kapitaal) of mobiele melkrobot (minder arbeid, meer kapitaal);
- wel of niet omschakelen naar biologische bedrijfsvoering;
- wel of niet gebruik maken van oude, regionale rassen.

Het gunstige milieueffect van natuurmelken voor nabij gelegen Natura 2000-gebieden resulteert vooral uit de lage veedichtheid. Daarnaast is de uitstoot van

de N en P afhankelijk van de gekozen vorm van natuurmelken. Kiest men bijvoorbeeld voor huisvesting, dan ontstaat er ook mest, die vervolgens opgeslagen en aangewend moet worden. Ook als het jongvee wordt aangehouden, zal de N-emissie groter zijn. Vanwege de grote variaties binnen het natuurmelken is het moeilijk om algemene uitspraken te doen over het rendement. Desalniettemin kan grofweg het volgende worden gesteld: natuurmelken is vooral interessant is voor ondernemers met weinig kapitaal en kan rendabel zijn als de natuurorganisatie de grond goedkoop of kosteloos ter beschikking stelt (of als de pacht gelijk is aan de vergoeding voor het realiseren van de natuurdoelen) en bij een redelijke melkprijs. Het rendement is hoger als alleen in de zomer wordt gemolken (vee in het voorjaar aankopen en in het najaar verkopen; of samenwerken met een wintermelker), en als er geen jongvee wordt aangehouden. Kijkend naar de regionale verschillen blijkt dat natuurmelken in het veenweidegebieden in het westen van het land, vanwege de hogere grasopbrengst, rendabeler is dan in de beekdalgebieden in het oosten. De belangrijkste investeringen hebben betrekking op de melkwinning en de melkopslag (Galama et al., 2008).

Natuurmelken kan ook het resultaat zijn van een burgerinitiatief, zoals het voorbeeld van de Stichting Natuurmelkerij Varsen laat zien. Na aanwijzing van een groot natuurgebied in de regio Ommen, kwamen de omwonenden in actie omdat de koeien uit het weiland verdwenen en voor de leefbaarheid van het gebied gevreesd werd (zie box 8).

Box 5.1

Natuurmelkerij Varsen

'Natuurmelkerij Varsen kan een landelijk voorbeeld worden voor terreinbeheerders als wij kunnen aantonen hoe op een rendabele wijze natuurdoelen gerealiseerd kunnen worden. Natuurmelken biedt tegelijkertijd perspectieven aan ondernemers die agrarische en natuurdoelen bedrijfsmatig willen koppelen. Denk aan bedrijven in Natura 2000-gebieden of de EHS. Omdat het bedrijfssysteem nieuw is zal er nog veel kennis ontwikkeld moeten worden op zowel agrarische, technische als natuurbeheerthema's. Als deze kennis vertaald wordt naar andere (nieuwe) natuurgebieden in het Vechtdal, Overijssel en daarbuiten, kan het project Natuurmelkerij Varsen als landelijke proeftuin dienen.' Henny Hekman, secretaris Natuurmelkerij Varsen (Verkade, 2009).

5.2.4 Grondloze rundveehouderij

Tegenover kringlooplandbouw en biologische veehouderij kan de systeemverandering in de melkveehouderij ook plaatsvinden door door te schakelen naar het

andere uiterste: technologische doorontwikkeling naar grondloze, intensieve veehouderij. Door het model van grondontkoppeling te volgen, met volledig opstallen van het vee, afgesloten stallen en mestkelders, luchtwassers en het afvoeren van de drijfmest, kan de emissie van ammoniak tot een minimum worden teruggebracht. De overblijvende grond krijgt dan een bestemming akkerbouw of grasproductie maar dan met minimale, goed gecomposteerde mesttoediening. Deze kan daarmee wel een functie houden voor de gesloten rundveehouderij maar niet in een kringloop. Dat wil zeggen, voer en drijfmest van de rundveehouderij zullen per saldo van buiten het gebied moeten komen respectievelijk naar buiten moeten gaan.

In dit model ligt het verder voor de hand om het jongvee direct te verkopen c.q. uit te plaatsen naar buiten het gebied. Het bedrijf kan ook met aangekochte vaarzen werken.

In milieukundig opzicht, de essentie van het Natura 2000-beleid, kan langs deze puur technologische weg het doel bereikt worden. Daar staat tegenover dat de maatschappelijke acceptatie ervan een moeilijk punt is. Het imago van de rundveehouderij is sterk verbonden met zaken als weidegang, openheid en - dus - grondgebondenheid. Ook veel melkveehouders zélf zien weinig in deze ontwikkeling, die vaak wordt beschouwd als het afscheid van de vertrouwde gezinslandbouw, verbonden met het platteland.

5.2.5 Verbreding van het landbouwbedrijf

Steeds meer agrarische ondernemers in Nederland verbreden hun landbouwbedrijf met activiteiten als zorg, recreatie, boerderijverkoop, agrarisch natuurbeheer of educatie. Deze bedrijfsstrategie, ook wel multifunctionele landbouw genoemd, draagt niet alleen bij aan het inkomen van het agrarisch gezin, maar ook aan de verbetering van de relatie tussen boer en burger en aan de versterking van de vitaliteit van het platteland (Roest et al., 2009).

Wat is het milieueffect van verbreding? Dit is afhankelijk van de ontwikkeling van de eerste oorspronkelijke landbouw tak. Vaak gaat de ontwikkeling van een verbredingstak ten koste van de eerste tak. Bijvoorbeeld, een gemengd bedrijf met melkkoeien en vleesvarkens beëindigd vanwege aangescherpte milieueisen de vleesvarkenstak en ontwikkelt een recreatie- of zorgtak, waarbij de melkveetak aan wordt gehouden. Een dergelijk scenario gaat gepaard met een vermindering van het aantal dieren, dus een brongerichte maatregel bij het vee. De veetak wordt als het ware ondergeschikt aan de nieuwe tak. Bij de uitbouw van

een recreatietak past bijvoorbeeld ook de aanleg van een helofytenfilter, die zo als beschreven in hoofdstuk 4 een recreatieve waarde kan hebben.

Maar verbreding is geen garantie voor een positief milieueffect omdat de traditionele takken niet noodzakelijkerwijs afgebouwd of geëxtensieerd worden. Bovendien dient bij de ontwikkeling van een verbredingstak rekening worden gehouden met de omgeving en de marktkansen. Heeft het bijvoorbeeld zin om een zorgboerderij te beginnen als er al drie andere zorgboeren in de nabijheid bezig zijn? Is er genoeg potentiële klandizie voor mijn boerderijwinkel? Is er nog steeds behoefte aan minicampings of vraagt de consument tegenwoordig luxere vakantieverblijven, zoals huisjes of appartementen?

5.3 Gebiedsgerichte benadering

Hoe werkt een en ander nu in de praktijk? Milieufederaties zijn betrokken bij het opstellen van beheerplannen Natura 2000 in hun provincies. De doelstellingen met betrekking tot ammoniakdepositie, vermesting en verdroging verschillen per Natura 2000-gebied, afhankelijk van de te beschermen vegetatie en fauna. Daarmee verschillen ook de emissie-eisen die gesteld worden aan de omliggende landbouwbedrijven. Zo is de kritische depositiewaarde voor een actief hoogveen en stroomdalgraslanden aanmerkelijk lager (400 respectievelijk 1.250 mol N/ha/jaar) en dus strenger dan voor een essen-iepenbos of beken en rivieren met waterplanten (2.000 respectievelijk 2.400 mol N/ha/jaar).¹

In de afgelopen jaren is gebleken dat bij het opstellen van beheerplannen en de gevolgen daarvan voor de omliggende landbouwbedrijven met name de ammoniakparagraaf tot veel discussie en spanning heeft geleid. Het blijkt lastig om een balans te vinden tussen ecologie (de instandhoudingsdoelstelling) en de economie (de ruimte voor bedrijfsontwikkeling). Met de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) wordt nu geprobeerd langs de weg van geleidelijkheid en een vorm van saldering tussen verschillende bronnen (binnen de landbouw, tussen landbouw en andere sectoren en tussen verschillende schaalniveaus) het proces vlot te trekken.

Uit voorgaande inventarisatie van maatregelen op agrarisch bedrijfs- en gebiedsniveau kan per Natura 2000-gebied een selectie worden gemaakt van verdergaande en minder vergaande maatregelen voor een hoogveengebied.

Er moet rekening gehouden worden met:

¹ 1 mol N=0,014 kg N.

- omvang Natura 2000-gebied en instandhoudingsdoelen;
- aantal en type agrarische bedrijven;
- afstand en windrichting tot kwetsbare habitat (Alterra-systeem);
- stand van het bedrijf (omvang, opvolging, verbreding, enzovoort);
- reeds genomen maatregelen (emissiearm bouwen, luchtwassers, beplantingen, enzovoort);
- reeds genomen en/of te nemen maatregelen in andere sectoren (industrie, verkeer, enzovoort).

In een integraal landbouwontwikkelingsplan zou de beschikbare milieugebruiksruimte als het ware verdeeld kunnen worden over de bedrijven, door bedrijven te laten 'intekenen' met maatregelen en daarbij behorende milieuwinst. Door de kosten per maatregel/mol depositiereductie in beeld te brengen, kan ook een vereveningsmechanisme worden ontwikkeld en onderbouwd. Een agrariër die meer doet, heeft ook meer recht op vergoeding, in de financiële sfeer of in de sfeer van vergunningen.

Bij zo'n 'maatregelbeurs' past ook de eerder genoemde gedachte van een ruilbeurs voor ondernemers.

6 Conclusies

Natuur en landbouw zijn de twee grootste grondgebruikers in het landelijk gebied. Deels zijn natuur en landbouw strak van elkaar gescheiden, deels zijn ze met elkaar verweven in een aangepaste agrarische bedrijfsvoering. Ze vullen elkaar aan en leveren samen een belangrijke bijdrage aan de instandhouding van het traditionele Nederlandse cultuurlandschap. Helaas is er ook sprake van wrijving. Op sommige plaatsen belast de landbouw de natuur door een te hoge uitstoot van stikstof naar lucht en water. Op andere plaatsen bepaalt de landbouw de waterhuishouding en wordt er geen rekening gehouden met de natuur in aangrenzende gebieden. Hierdoor staan natuurwaarden in natuurgebieden en de biodiversiteit op agrarische gronden onder druk. De landbouw rondom Natura 2000-gebieden kan een belangrijke rol vervullen als buffer tussen natuur en overig landelijk gebied. Een vorm van landbouw die rekening houdt met eisen van de natuur is in dergelijke buffergebieden essentieel om de maatschappelijke waarde van het landelijke gebied te verhogen. Natuur moet niet alleen worden gezien als een tegenspeler van de landbouw, zij biedt de landbouw ook kansen voor een nieuwe invulling van het agrarisch bedrijf.

Deze studie beschrijft maatregelen om aan de instandhoudingseisen rondom Natura 2000-gebieden te voldoen. Deze maatregelen moeten worden gezien als kansen voor de agrarische bedrijven om de verhouding tussen landbouw en natuur in het landelijke gebied weer in evenwicht te brengen. De lijst bevat veel verschillende soorten maatregelen, gericht op de ammoniakemissie naar de lucht, de stikstofemissie naar water en de inrichting van de waterhuishouding, zoals peilbeheer. Wat betreft de ammoniakemissie naar de lucht kunnen sommige worden beschreven als 'end-of-pipe'-maatregelen met een sterk technisch karakter en soms een flinke prijs maar waarbij de ingreep in de bedrijfsvoering klein blijft. Voorbeelden hiervan zijn stalinrichtingssystemen of luchtwassers. Andere maatregelen leiden door kleinere of grotere aanpassingen in de bedrijfsvoering tot een positief milieueffect. Onder deze categorie kunnen worden genoemd eiwitarm voeren, het gebruik van vaste mest en het aanpassen van het kunstmestgebruik.

Betreffende de stikstofemissie naar het water en de waterhuishouding zijn er ook maatregelen van technische aard. Voorbeelden hiervan zijn precisiebemesting, kunstmestinjectie of peilgestuurde drainage. Andere maatregelen, zoals de voorjaarstoediening van dierlijke mest, bouwplanveranderingen en

de aanleg van bufferstroken vereisen meer of minder omvangrijke ingrepen in de bedrijfsvoering.

Verdergaande ingrepen in de bedrijfsvoering, waarbij meerdere van de individuele maatregelen worden gecombineerd, leiden tot systeemveranderingen op het agrarisch bedrijf. Voorbeelden van dergelijke systeemveranderingen zijn kringloopcertificering, biologische landbouw en natuurmelken. Naast deze, op de integratie van natuur en landbouw gerichte voorbeelden moet ook de grondloze rundveehouderij worden genoemd, waarbij de koeien het hele jaar opgesteld staan en luchtwassers op de stal de uitstoot van ammoniak minimaliseren. Het is de vraag of een dergelijke systeemverandering op maatschappelijke acceptatie kan rekenen, maar het milieueffect kan gunstig zijn.

Er is geen algemeen antwoord op de vraag welke maatregel waar en het meest effectief toegepast kan worden. Dit is erg afhankelijk van factoren als het bedrijfstype, het type ondernemer, de gevoeligheid van het betreffende Natura 2000-gebied en de (lokale) omstandigheden op de grondmarkt (bijvoorbeeld in verband met de mogelijkheid tot kavelruil). Zo kunnen de kosten en dus ook de acceptatie van een bepaalde maatregel op het ene bedrijf sterk afwijken van die op een ander bedrijf. Voor elk individueel gebied en individuele situatie is dus maatwerk gevraagd. Soms kunnen er met kleine aanpassingen al grote effecten worden bereikt, soms zijn grotere ingrepen nodig.

De conclusie is gerechtvaardigd dat er op agrarische bedrijven vaak meer mogelijk is dan aanvankelijk gedacht of door sectorvertegenwoordigers of overheidsinstanties wordt gesuggereerd. Individuele agrarische ondernemers en andere grondgebruikers in het landelijk gebied kunnen in direct overleg met elkaar vaak tot verrassende en vernieuwende oplossingen komen.

Literatuur en websites

Backus, G., *Quick Scan Luchtwassers*. LEI, Wageningen UR, Den Haag, 2005.

Bakel, P.J.T. van, E.M.P.M. van Boekel en G.J. Noij, *Modelonderzoek naar effecten van conventionele en samengestelde, peilgestuurde drainage op hydrologie en nutriëntenbelasting*. Rapport 1647. Alterra Wageningen UR, Wageningen, 2008.

Beheerplan Natura 2000 Regte Heide & Riels Laag. Werkdocument. 2009.

Blaeij, A.T. de en S. Reinhard, *Een waterpark als alternatief*. Rapport 2008-061. LEI Wageningen UR, Den Haag, 2008.

Boer, H.C. de, 'Injectie van vloeibare kunstmest geeft hogere opbrengst.' Nieuwsbericht Wageningen UR Livestock Research, 2008. <www.asg.wur.nl/nl/nieuwsagenda/archief/nieuws/2008/Injectie_van_vloeibare_kunstmest_geeft_hogere_opbrengst.htm> 10 maart 2010.

Bolt, F.J.E. van der, E.M.P.M. van Boekel, O.A. Clevering, W. van Dijk, I.E. Hoving, R.A.L. Kselik, J.J.M. de Klein, T.P. Leenders, V.G.M. Linderhof, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, G.J. Noij, E.A. van Os, N.B.P. Polman, L.V. Renaud, S. Reinhard, O.F. Schoumans en D.J.J. Walvoort, *Ex-ante evaluatie KRW en landbouw; effect van voorgenomen en potentieel aanvullende maatregelen op de oppervlaktewaterkwaliteit voor nutriënten*. Rapport 1687. Alterra, Wageningen UR, Wageningen, 2008.

CBS, *Huisvesting van landbouwhuisdieren 2008*. 2008.

CBS, PBL en Wageningen UR, <www.compendiumvoordeleefomgeving.nl>
CBS, Den Haag, PBL, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen, 2010.

Dam, J. van en B. de Haan, 'Gangbaar emissiearm stalsysteem of luchtwasser?' In: *Milieu Dossier* 2007-8.

Dijk, C.J. van, T.A. Dueck, G.W.W. Wamelink en J. Mosquera, *Invloed van een landschapselement (windsingel) op de verspreiding van ammoniak uit een varkenshouderij - Eindrapport*. Nota 333. Plant Research International B.V., Wageningen, 2005.

Dijk, C.J. van, J. Mosquera, A.J. van Alfen, J.M.G. Hol, G.M. Nijboer en T.A. Dueck, *Invloed van een landschapselement (windsingel) op de verspreiding van ammoniak uit een varkenshouderij - Meetcampagne 2003*. Nota 287. Plant Research International B.V., Wageningen, 2003.

DLG, *Regeling Gebiedsgerichte Bestrijding Verdroging*. Dienst Landelijk Gebied, Utrecht, 2004.

Duinkerken, G. van, *Relatie tussen voeding en ammoniakemissie vanuit de melkveestal*. Praktijkrapport Rundvee 25. Praktijkonderzoek Veehouderij, Wageningen UR, 2003.

Emissieregistratie, <www.emissieregistratie.nl> 2009.

Evers, A. en M. de Haan, 'Ook bij mestbeleid 2009 kan inkomen groeien!' In: *Koeien&Kansen Nieuwsbrief nr. 27*. december 2007.

Galama, P., A. Evers en F. Lenssinck, *Melken in de natuur - Naar een rendabel beheer van natte veengebieden en beekdalen*. Rapport 157. ASG, Wageningen UR, 2008.

Gies, T.J.A., J. Kros, J.C. Voogd en R. Smidt, *Effectiviteit ammoniakmaatregelen in en rondom Natura 2000-gebieden in de provincie Overijssel*. 2008.

Haan, B.J. de, J.D. van Dam, W.J. Willems, M.W. van Schijndel, S.M. van der Sluis, G.J. van den Born en J.J.M. van Grinsven, *Emissiearm bemesten geëvalueerd*. Planbureau voor de Leefomgeving, 2009.

Horne, P.L.M. van, R. Hoste, B.J. de Haan, H. Ellen, A. Hoofs en B. Bosma, *Gevolgen van aanpassingen in het ammoniakbeleid voor de intensieve veehouderij. Onderzoek naar de economische aspecten van en gevolgen voor de ammoniakdoelstellingen bij intern salderen van ammoniakemissie, versoepeling van de WAV en het niet emissiearm maken van bestaande stallen*. Milieu en Natuur Planbureau, 2006.

Huijsmans, J.F.M., J. Mosquera en J.M.G. Hol, *Ammoniakemissie bij het uitrijden van vaste mest*. Deskstudie. Rapport 155. Plant Research International (PRI), Wageningen UR, Wageningen, 2007.

Jaarsveld, J.A. van, A. Bleeker, J.W. Erisman, G.J. Monteny, J. Duyzer en D. Oudendag, *Ammoniak emissie-concentratie-depositie relaties op lokale schaal*. Rapport 725601001. RIVM, Bilthoven, 2000.

Huisvesting van landbouwhuisdieren, *Ammoniakemissie door de land- en tuinbouw*. Milieu- en Natuur Compendium, 2008.

Klein Swormink, B., 'Luchtwater Vlastuin werkt naar wens.' In: *Nieuwe Oogst*, 13 februari 2010.

Ministerie van VROM, *Actieplan Ammoniak Veehouderij*. 2009.

Ministerie van VROM, *Hoofdlijnennotitie Programmatische Aanpak Stikstof (PAS)*. 2010.

MNP, *Milieubalans 2007*. Milieu- en Natuurplanbureau, RIVM, Bilthoven, 2007.

Mosquera, J., J.M.G. Holk en J.W.H. Huis in 't Veld, *Onderzoek naar de emissies van een natuurlijk geventileerde potstal voor melkvee I - Stal*. Rapport 324. Agrotechnology & Food Innovations BV, Wageningen UR, Wageningen, 2005a.

Mosquera, J., P. Hofschreuder en J.M.G. Hol, *Onderzoek naar de emissies van een natuurlijk geventileerde potstal voor melkvee II - Mestopslag buiten de stal*. Rapport 325. Agrotechnology & Food Innovations BV, Wageningen UR, Wageningen, 2005b.

Noij, G.-J. en W. Corré, *Kosteneffectiviteit van alternatieve maatregelen voor bufferstroken in Nederland*. Rapport 1618. Alterra, Wageningen UR, Wageningen, 2008.

PBL, *Minder neerslag van stikstof dan eerder gedacht*. 2010.
<www.pbl.nl/nl/publicaties/2010/Minder-neerslag-van-stikstof-dan-eerder-gedacht.html>

PBL, *Vermestende depositie*. CBS, Den Haag, PBL, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen, 2010.
<www.compendiumvoordeleefomgeving.nl>

PBL, *Natuurbalans 2009*. Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven, 2009.

Reinhard, A.J., V.G.M. Linderhof, R. Michels en N.B.P. Polman, *Landbouwkosten van aanvullende KRW-maatregelen, Achtergrondstudie voor de Ex-Ante Evaluatie*. Rapport 2008-025. LEI Wageningen UR, Den Haag, 2008.

Reinhard, S., A. Gaaff, W. van Deursen, P. Roza, K. van Bommel, E. Bos, J. Jager, S. Groot en L. van Staalduinen, *Additionele kosten en sociaal-economische gevolgen van Natura 2000 - een quick scan*. Rapport 4.06.04. LEI Wageningen UR, Den Haag, 2006.

Roest, A., K. Oltmer, G. Venema, J. Jager, L. Jeurissen, E. Gies, H. Schoorlemmer, V. Hendriks-Goossens, A. Dekking, J. Kamstra en A. Visser, *Kijk op multifunctionele landbouw, omzet en impact; Achtergronddocument*. Rapport 2009-041. LEI Wageningen UR, Den Haag, 2009.

Rougoor C.W. en F.C. van der Schans, *Ammoniak in de veehouderij*. CLM Onderzoek en Advies. Utrecht, 2001.

Salm, C. van der, *Informatieblad Mineralen en Milieukwaliteit*. BO-05-Infoblad-24. Wageningen UR, 2008.

Schans, D. van der, J.N. Jukema, A. van der Klooster, K. Molenaar, H. Krebbers, R. Korver, G-J van Roessel, L. Meertens en J. Truiman, *Toepassing GPS en GIS in de akkerbouw - Nut en rendement van toepassingen op het gebied van geolandbouw*. PPO nr. 3250062000. Praktijkonderzoek PPO, Wageningen UR, 2008.

Smits, M.C.J., R.W. Melse, A.C. Smits, N.W.M. Ogink, *Bouwsteen stallen. Quick scan van opties voor vermindering van ammoniak- en geuremissie uit vleeskalverstallen in de Agrarische Enclave Uddel Elspeet*. Agrotechnology & Food Innovations BV, Wageningen UR, 2005.

Sonneveld, M., J. Bos, J. Schröder, A. Bleeker, A. Hensen, A. Frumau, J. Roelsma, D. Brus, A. Schouten, J. Bloem, R. de Goede en J. Bouma, *Effectiviteit van het Alternatieve Spoor in de Noordelijke Friese Wouden*. Wageningen UR, Wageningen, 2009.

Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel, W. van Dijk, W.J.M. de Groot, J. van Kleef, I.G.A.M. Noij, J.R. van der Schoot, A. van den Toorn en R. Visschers, *Samen-gestelde, peilgestuurde drainage in Nederland, Voortgangsrapport 1 - december 2009*. Alterra, Wageningen UR, Wageningen, 2009.

Tamminga S., L. Šebek, W. Bussink, J. Huijsmans, A. van Pul en G. Velthof, *Maatregelen om ammoniakemissie bij bovengronds toedienen van mest te beperken*. 2009.

Task-force Trojan, *Stikstof/ammoniak in relatie tot Natura 2000. Een verkenning van oplossingsrichtingen*. 2008.

Waterschap Peel en Maasvallei, *Peilgestuurde drainage*. Waterschap Peel en Maasvallei, Venlo, <www.wpm.nl/projecten/@73267/peilgestuurde/>, 2010.

Wageningen UR, *Facts and Figures, Milieuthema Verzuring & vermessing, Deel-thema Atmosferische stikstofdepositie*. <milieucondities.wur.nl/doc/factsheet_ndepositie_v7.pdf> 25 maart 2010.

Veen, M.P. van en I.M. Bouwma, *Perspectieven voor de Vogel- en Habitatrichtlijn in Nederland*. Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven, 2007.

Veerkamp, R., A. van Vuuren en M. de Haan, 'Fokken op lager ureumgehalte - Zowel tussen als binnen rassen bestaan duidelijke verschillen in ureumgehalte.' In: *Veeteelt* november 2, 2005.

Velthof, G.L., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoogeveen en J.F.M. Huijsmans, *Methodiek voor berekening van ammoniakemissie uit de landbouw in Nederland*. WOtrapport 70. Wageningen UR, 2009.

Verkade, S., 'Melkvee in natuurgebieden - toekomstmuziek?' In: *Vakblad Natuur Bos en Landschap* 6, juni 2009.

Vogelzang, T.A., M.A. Borgstein, G.F.J. van den Elzen, F.A. Geerling-Eiff, R.A.M. Schrijver en M. Woud, *Boeren op hoog water - Een studie naar de toekomstperspectieven voor landbouw op natte veengronden in het Groene Hart*. Rapport 3.04.10. LEI Wageningen UR, Den Haag, 2004.

Zeijts, H. van en E. Honig, *Eiwitarm varkensvoer*. Bijlage bij Optiedocument 2010/2020. MNP, Bilthoven, 2006.

Zessen, T. van, 'Melkveesector werkt aan reductie ammoniakuitstoot. Aanzuren van mest is voor één op de vier melkveehouders interessant.' In: *Veeteelt* januari 2010: pp. 54-56, 2010.

Het LEI ontwikkelt voor overheden en bedrijfsleven economische kennis op het gebied van voedsel, landbouw en groene ruimte. Met onafhankelijk onderzoek biedt het zijn afnemers houvast voor maatschappelijk en strategisch verantwoorde beleidskeuzes.

Het LEI is een onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre). Daarbinnen vormt het samen met het Departement Maatschappijwetenschappen van Wageningen University en het Wageningen UR Centre for Development Innovation de Social Sciences Group.

Meer informatie: www.lei.wur.nl

