

Animal Sciences Group

Kennispartner voor de toekomst



process for progress

Rapport 136

Inzet van groenelementen rond agrarische bedrijven om luchtkwaliteit te verbeteren; een quick scan

Juli 2008



ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group van Wageningen UR

Postbus 65, 8200 AB Lelystad

Telefoon 0320 - 238238

Fax 0320 - 238050

E-mail Info.veehouderij.ASG@wur.nl

Internet <http://www.asg.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Liability

Animal Sciences Group does not accept any liability for damages, if any, arising from the use of the results of this study or the application of the recommendations.

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

This report summarizes the results of a quick scan into the applicability of vegetative shelterbelts close to livestock buildings to improve energy efficiency and reduce the exposure to high concentration of aerial pollutants.

Positive effects are to be expected and in most cases more important for air quality, than for energy efficiency.

To quantify benefits, more research has to be done to assess the effect of animal houses and vegetation as a combination of obstacles, on air flow.

Keywords: vegetative shelterbelts, aerial pollutants, ammonia, odour, pm, methane, nitrous oxide, livestock housing

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur: P. Hofschreuder

Titel: Inzet van groenelementen rond agrarische bedrijven om luchtkwaliteit te verbeteren; een quick scan
Rapport 136

Samenvatting

Dit rapport geeft het resultaat weer van een quick scan naar de milieueffecten van groenelementen rond een stal. Het betreft emissies van ammoniak, geur, fijn stof, methaan en lachgas, evenals de effecten op energie-efficiëntie.

Theoretisch zijn positieve effecten te verwachten, maar om deze effecten te kwantificeren is meer onderzoek nodig naar de effecten van stallen in combinatie met verschillende vormen van vegetatie, op de luchtstroming.

Trefwoorden: landschapselementen, luchtverontreiniging, ammoniak, geur, fijn stof, methaan, lachgas, veehouderij



Rapport 136

Inzet van groenelementen rond agrarische bedrijven om luchtkwaliteit te verbeteren; een quick scan

Vegetative shelterbelts close to livestock houses to improve air quality; a quick scan

P. Hofschreuder

Juli 2008

Samenvatting

In deze quick scan wordt geïnventariseerd in hoeverre groenelementen een nuttige bijdrage kunnen leveren aan de energiehuishouding en in de verdunning en afvangst van stalemissies in de nabijheid van veehouderijbedrijven.

Het effect van groenelementen op de energiehuishouding bij natuurlijk geventileerde stallen werkt tweemaal. In de winter werkt de verlaging van de windsnelheid rond de stal positief uit. De verminderde windsnelheid kan in de zomer echter aanleiding geven tot meer hittestress. Dit betekent dat langs de kust (minder kans op hoge temperaturen en meer kans op hoge windsnelheden) groenelementen een positieve werking hebben. Voor de situatie landinwaarts ligt dit anders en daarom kunnen we overall geen uitspraak doen.

Voor mechanisch geventileerde stallen zal de invloed op de energiehuishouding in het algemeen positief zijn. De beschaduwing, verlaging van de windsnelheid en verdamping van vocht door de vegetatie verlagen de temperatuur rond de stal in de zomer; de interceptie van infrarode warmtestraling vanuit stal en bodem zal in de winter juist voor wat hogere temperaturen zorgen. De mechanische ventilatie wordt slechts in geringe mate door de windsnelheid beïnvloed.

Ook voor de invloed op concentraties van luchtverontreiniging rond de stal is onderscheid tussen natuurlijk geventileerde stallen en mechanisch geventileerde stallen nodig. Voor natuurlijk geventileerde stallen omgeven door groen zullen de concentraties aan verontreiniging door emissies in de stal hoger zijn dan zonder groenelement als gevolg van de geringere ventilatie. Voor de concentratie buiten de stal is het moeilijker een uitspraak te doen. Er kan sprake zijn van een concentratieverhoging door de geringere ventilatie, maar anderzijds kan de vegetatie een minder sterke lijwervel achter de stal veroorzaken, met een lagere concentratie aan de lijzijde van de stal tot gevolg. Daarnaast kan verhoging van de ruwheid rond de stal zorgen voor lagere concentraties door extra turbulentie. Turbulentie veroorzaakt menging van de lucht met hogere schonere luchtlagen. De invloed op verspreiding en verdunning geldt zowel voor gassen als voor deeltjes. Voor snel deponerende stoffen als ammoniak en fijn stof is er bovendien nog een beperkte filterende werking. Deze effecten zijn reeds aangetoond voor vrijstaande groenstroken. Een groenstrook rond een stal is echter qua stroming meer complex omdat de stal maar beperkt doorstroombaar is. Om vast te stellen of vegetatie rond een stal ook aanleiding geeft tot verlaging van concentraties door depositie op de vegetatie is meer onderzoek nodig.

Voor mechanisch geventileerde stallen is de situatie eenvoudiger dan voor natuurlijk geventileerde stallen. Door de mechanische ventilatie treedt geen verhoging van de stalconcentraties op. Voor de invloed van de groenstrook op de stroming geldt hetzelfde als in de vorige alinea, dus een betere temperatuurhuishouding, gunstige invloed op de verspreiding van stalemissies en afvangst van stof en ammoniak door de vegetatie. Voor natuurlijk en mechanisch geventileerde stallen geldt, dat de extra afvangst en verdunning gunstig kan zijn in verband met eventuele verspreiding van ziektekiemen vanuit de stal in de omgeving.

Voor de meeste stoffen zijn vooral de concentraties in de omgeving belangrijk. Voor ammoniak geldt dat het niet om de concentratie gaat, maar om de *depositie*. Op korte afstanden is deze vraag niet zonder aannamen en extra rekenwerk te beantwoorden. Er is sprake van afvangst door de vegetatie en extra verdunning, wat tot lagere concentraties op korte afstanden leidt. De turbulentie-intensiteit wordt echter hoger, wat tot geringere transportweerstand leidt. Hoe de balans uitpakt is niet eenvoudig te voorspellen. Voor grotere afstanden (> 500 m) zal er door de lagere concentraties en demping van de extra turbulentie een verlaging van de depositie zijn. Als de concentratieverlaging op een realistische 10% gesteld wordt, kan de depositie op een gevoelig gebied met een groenstrook worden teruggebracht tot 4,5%.

Gezien de overwegend positieve aspecten van groenelementen is het zinvol informatie over de stroming rond een combinatie van groen en gebouw nader te analyseren. Onderzoek onder praktijkomstandigheden is goed ter validatie van geschatte effecten, maar erg duur. Starten met modelberekeningen of uitvoering van oriënterend onderzoek in een grenslage windtunnel is voordeliger. Modelonderzoek kan worden uitgevoerd met een *CFD-model* bijvoorbeeld het *Envimet-model*. Dit model wordt binnenkort gevalideerd aan de hand van berekeningen en metingen van het effect van vrijstaande groenstroken langs wegen (A50) binnen het *IPL-programma*. Op grond van de resultaten van dit onderzoek kan vervolgens een rekenmodule worden ontworpen voor inbouw in de relevante modellen *V-Stacks* (geur), *AAgro-Stacks* (ammoniak) en *ISL3a* (fijn stof).

Summary

In this quick scan we present a survey to what extent vegetative shelterbelts can contribute to the energy balance and to attenuating and catching barn emissions near farms.

The effect of vegetative shelterbelts on the energy balance of naturally ventilated housing systems works two ways. In winter the effect of decreased wind speed around the barn is positive, whereas this decreased wind speed may cause extra heat stress in summer. This means that along the coast (less chance of high temperatures and more chance of high wind speeds) vegetative shelterbelts have a positive effect. For an inland situation this is different, so we cannot make an unambiguous assertion about this.

For the mechanically ventilated housing systems the influence on the energy balance will generally be positive. The shade, decreased wind speed and evaporation of moisture by vegetation decrease the temperature around the barn in summer, while the interception of infrared radiant heat from the barn and soil will cause higher temperatures in winter. Mechanical ventilation is only slightly influenced by wind speed.

A distinction is also needed for the influence on concentrations of air pollutants around the barn between naturally and mechanically ventilated housing systems. In naturally ventilated systems, the concentrations of pollutants by emissions will be higher than without vegetative shelterbelts, due to less ventilation. This applies to the concentrations in the barn. For the situation outside the barn it is difficult to make an assertion. There is an increased concentration due to less ventilation, but vegetation can realise that a lee area behind the barn can be less developed, which decrease the high concentrations at this leeside. Increasing the roughness around the barn can result in extra attenuation due to extra turbulence. The influence on dispersion and attenuation holds for gases as well as for particles. For rapidly depositing substances, such as ammonia and fine dust, there is also a limited filtering effect. These effects have already been demonstrated in free green elements. A landscape element around the barn is, however, as far as air flow is concerned, more complicated, because then there is less air flowing through the barn. More research on this subject is needed.

For mechanically ventilated housing systems the situation is simpler than for naturally ventilated housing systems. Due to mechanical ventilation there are no increased concentrations. For an effect of the landscape element on air flow, the same applies as mentioned above, so a better temperature balance, favourable effect on dispersion of emissions and catching fine dust and ammonia by the vegetation. Concerning naturally and mechanically ventilated housing systems, the extra catch and attenuation can be favourable in relation to possible dispersion of pathogens from the barn into the environment.

For most substances the concentrations in the environment are particularly important. As far as ammonia is concerned, the concentration is not important, but the deposition. For short distances this question cannot be answered without assumptions and extra computations. There is catching due to vegetation and extra attenuation, which lead to lower concentrations within short distances. The turbulence intensity will be higher, however, which leads to less transport resistance. What the balance will look like cannot easily be predicted. For larger distances (>500 m) the lower concentrations and attenuation of the extra turbulence will cause a decrease in deposition. If we put concentration decrease at a realistic 10%-level, deposition can be reduced to 4.5% with a landscape element.

Given the mainly positive aspects of vegetative shelterbelts, it is useful to analyse more specifically information about air flow around a combination of green elements and buildings. Practical research to validate estimated effects would be ideal, but is extremely expensive. Starting with model calculations or conducting exploratory research in a boundary layer wind tunnel is cheaper. Model research can be conducted with a CFD-model. The Envimet-model could be used for this. This model, part of the IPL-program, validates the calculations of the effect of vegetative shelterbelts along roads.

On the basis of those results and the data on the effect of free vegetative shelterbelts along roads becoming available (IPL), a module can then be designed for building into the relevant models V-Stacks (odour), AAgro-Stacks (ammonia) and into ISL3a (particulate matter).

Inhoudsopgave

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Beïnvloeding door groenelementen	2
2.1	(Micro)Milieu	2
2.1.1	Windsnelheid, theoretische beschouwing	2
2.1.2	Invloed op de turbulentie voor en achter het scherm	2
2.1.3	Plaatsing van het groen ten opzichte van de bebouwing	4
2.1.4	Windsnelheid en turbulentie, praktische consequenties	4
2.1.5	Gevolgen voor de energiehuishouding van stallen	5
2.1.6	Gevolgen voor de luchtvochtigheid	5
2.2	Landinrichting	5
2.2.1	Landschappelijke waarden	5
2.2.2	Ecologische waarden	6
2.2.3	Opbrengstderving	6
2.2.4	Landschappelijke inpassing	6
2.3	Gezondheid van mens en dier	6
2.4	Uitvoering en onderhoud	6
2.4.1	Ontwerp van een groenstrook	6
2.4.2	Standplaatsfactoren	6
2.4.3	Groei en onderhoud	7
2.4.4	Esthetische aspecten	7
3	Perspectief van groenelementen als milieuvriendelijk alternatief	8
4	Discussie	11
4.1	Een groenstrook of een andere oplossing	11
4.2	Alternatieve oplossingen	11
4.2.1	Isolatie, gecontroleerde ventilatie en koeling	11
4.2.2	Emissiereducerende technieken	11
4.2.3	Verhoogde uitlaten	12
5	Conclusies en aanbevelingen	13
	Literatuur	14
	Bijlagen	15
	Bijlage 1 Begrippenlijst	15

1 Inleiding

Groenelementen werden in het verleden al rond boerderijen geplaatst om de wind te breken en daarmee een gunstiger energiehuishouding voor het bedrijf te bewerkstelligen. Daarnaast was het hout bruikbaar voor afzettingen e.d. (denk hierbij aan het zogenaamde boerengeriefhout). Deze nuttige functies kunnen nog steeds opgaan. Het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit vond het tijd om deze functies opnieuw te bekijken. Groenelementen wordt daarbij gedefinieerd als lijnvormige structuren van beperkte breedte (2-10 m) met een hoogte van minimaal 4 m. Deze structuren sluiten de stallen in en beïnvloeden luchtstroming waardoor, naast een verbeterde energiehuishouding, een extra verdunning en/of afvangst van verontreinigende stoffen in de lucht bewerkstelligd kan worden. Hiermee kan de blootstelling van de omgeving aan verontreiniging verminderen. Reductie van het energiegebruik is met de stijgende energieprijzen weer een actueel aandachtspunt.

Een evaluatie van het effect van groenelementen is op zijn plaats om vast te stellen of groenelementen onder de huidige omstandigheden positieve of negatieve invloed hebben op de concentraties van emissies van luchtverontreinigende stoffen uit stallen (ammoniak, geur, fijn stof, methaan en lachgas) in de omgeving. Met name de emissies van ammoniak, fijn stof en geur kunnen beperkend zijn voor de bedrijfsomvang, wanneer gevoelige objecten in de buurt zijn. Extra verdunning door beïnvloeding van de stroming rond de stal en neerslag van ammoniak, geurstoffen en fijn stof in de groenstrook zou op een duurzame manier ruimte kunnen scheppen, die men anders slechts door technische maatregelen kan realiseren.

Daarmee komen de volgende doelstellingen van deze studie in beeld:

1. Beschouwing van de rol die groenelementen in de energiehuishouding van stallen kunnen vervullen.
2. Inventariseren van het effect van groenelementen op de verspreiding en depositie van emissies uit stallen.
3. Randvoorwaarden aangeven die bij de keuze voor en inrichting van een groenelement een rol spelen.
4. Vaststellen van de invloed van plaatsing van groenelementen op de gezondheid van mens en dier.

Naast deze doelstellingen geven we kort aan wat alternatieven zijn voor de inrichting van een groenstrook.

Deze evaluatie wordt als quick scan uitgevoerd en is daarmee meer een expert judgement, dan een met uitgebreide literatuur stevig onderbouwd rapport. Op basis van deze studie wordt inzichtelijk wat het milieutechnische perspectief van groenelementen kan zijn en welke aspecten nader beschouwd dienen te worden om deze effecten van groenelementen te toetsen.

Leeswijzer

In de tekst staan sommige termen, wanneer voor de eerste keer gebruikt, cursief gedrukt. Deze termen worden nader gedefinieerd en uitgelegd in Bijlage 1. In hoofdstuk 2 paragraaf 2.1 komen de invloeden van groen op het (micro)milieu aan de orde. Deze invloed wordt doorgetrokken naar de invloed op energiehuishouding en verspreiding van gassen en deeltjes. Een groenstrook moet echter ook in het landschap passen en geen problemen opleveren bij de bedrijfsvoering (zie paragraaf 2.2.).

De groenstrook beïnvloedt niet alleen de concentraties rond een stal, maar ook de concentraties binnen een stal door de invloed op de ventilatie. Dit kan van invloed zijn op de gezondheid van mens en dier. Hieraan wordt aandacht besteed in paragraaf 2.3.

Tenslotte vergt een groenstrook onderhoud. Dit onderhoud is afhankelijk van een geschikte combinatie van standplaatsfactoren en groenkeuze. Daarop wordt in paragraaf 2.4 ingegaan.

Geeft hoofdstuk 2 een systematisch beeld van de theoretische achtergronden van veel aspecten van een groenstrook, in hoofdstuk 3 wordt de groenstrook juist neergezet door het stellen en beantwoorden van een aantal belangrijke praktijkvragen.

Randvoorwaarden en economische overwegingen kunnen een rol spelen bij de keuze voor toepassing van groenelementen of andere (mechanische) oplossingen voor de energiehuishouding en milieuproblemen. Deze keuzemogelijkheden worden zeer summier aangegeven in hoofdstuk 4.

In hoofdstuk 5 volgen de conclusies uit deze studie aangevuld met een literatuuroverzicht in hoofdstuk 6.

2 Beïnvloeding door groenelementen

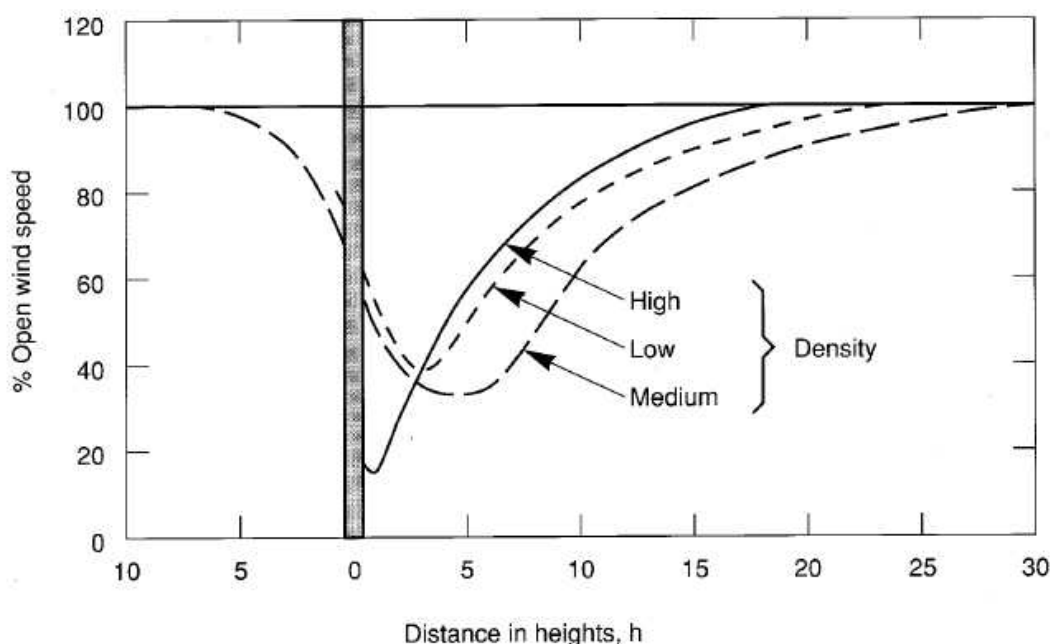
De plaatsing van groenelementen heeft invloed op het micromilieu rond een bedrijf, is in een groter geheel van invloed op de landinrichting en kan door invloed op de verdunning en depositie van gassen en stofdeeltjes de gezondheid van mens en dier beïnvloeden. Wanneer een technische bewerking van het groen is gewenst, dienen er eisen te worden gesteld aan de uitvoering van het groenelement en het onderhoud. Deze aspecten komen in de volgende paragrafen aan de orde.

2.1 (Micro)Milieu

2.1.1 Windsnelheid, theoretische beschouwing

Er is een reductie in windsnelheid door schermen vastgesteld in metingen en met CFD-rekenmodellen. Deze reductie is afhankelijk van de porositeit van het scherm, de breedte en de richting van aanstroming van de wind (Heimann 2003). Met deze gegevens is een optimale structuur van de vegetatie te berekenen om windreductie te bewerkstelligen.

Figuur 1 Windsnelheid uitgedrukt als fractie van de windsnelheid in het vrije veld als functie van de afstand tot het scherm (uitgedrukt als het aantal keren de hoogte (h) van het scherm (distance in heights, h)) en de dichtheid (density) van het scherm



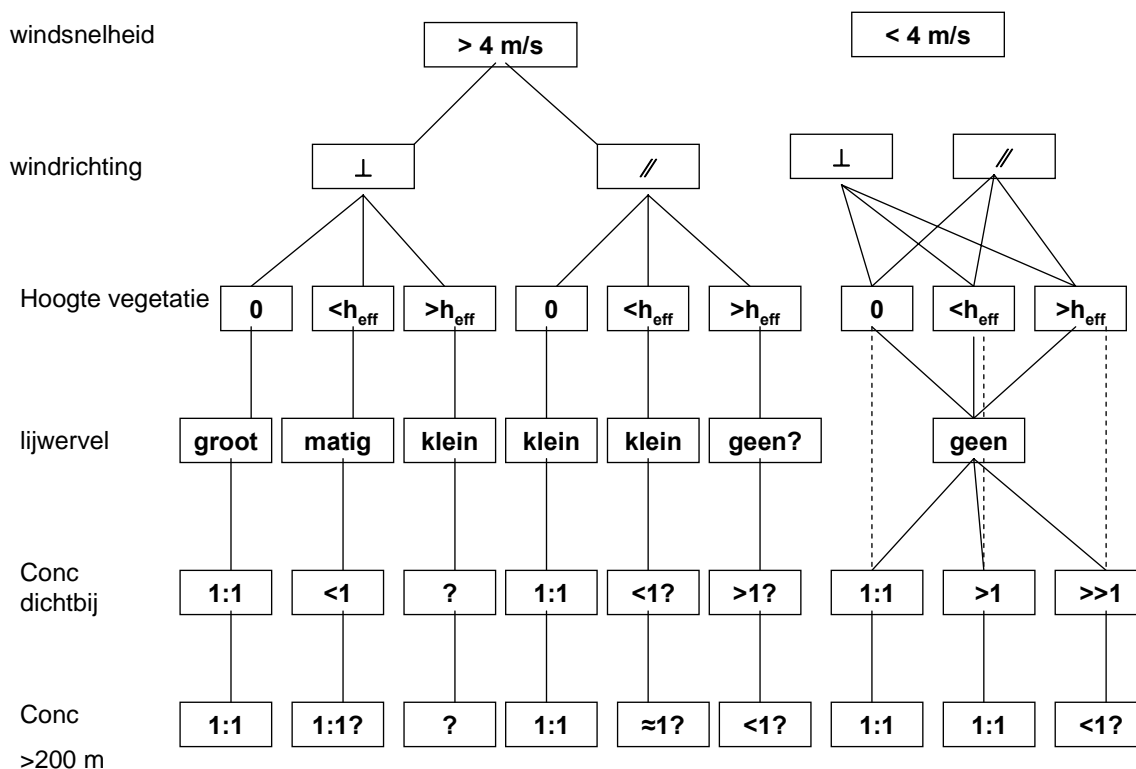
2.1.2 Invloed op de turbulentie voor en achter het scherm

Een vrijstaand scherm geeft een reductie in windsnelheid en daarmee een stuiving van de lucht over het scherm. Hiermee wordt extra turbulentie gecreëerd (Jacobs, 1983). Inmenging van schonere lucht van hogere luchtlagen zorgt voor verlaging van de concentraties van uitgeworpen stoffen voor het scherm.

Voor stallen met vegetatie eromheen is de situatie meer complex. Omdat een stal beperkt doorstroombaar is, wordt veel lucht over een stal gestuurd. Dit geldt vooral voor mechanisch geventileerde stallen, maar door de stromingweerstand ook voor natuurlijk geventileerde stallen, zij het in mindere mate. Deze obstructie zorgt bij een stal zonder vegetatie bij hogere windsnelheden voor een *lijwervel* met hogere concentraties binnen die wervel. Vegetatie rond de stal zorgt voor een meer geleidelijke overgang van de windsnelheid naar een stroming over de stal en daarmee een minder sterke lijwervel bij hogere windsnelheden. De stroming rond de stal, de hoogte van

de vegetatie, de richting van de stal en de uitworprichtung bepalen wat de invloed is op de concentraties direct rond de stal en op grotere afstand van de stal (100-200 m). De invloeden zijn systematisch en schematisch weergegeven in figuur 2.

Figuur 2 Het functioneren van lijwervels op grond van windsnelheid en windrichting t.o.v de stal en de hoogte van de al dan niet aanwezige vegetatie rond de stal. De invloed op de concentraties vlak bij de stal en verder weg zijn geschat. De waarden zijn weergegeven t.o.v. een stal zonder vegetatie, h_{eff} is de effectieve hoogte van de stal.



De invloed op de concentraties is ingeschat op basis van:

1. De invloed van de vegetatie op de lijwervel. Doordat de vegetatie stuwing voor het gebouw veroorzaakt is er een meer vloeiende stroming over het gebouw met een kleinere lijwervel tot gevolg. Bij hoge vegetatie kan het gebouw zich zelfs op een plaats bevinden, waar de stroming bijna gelijk wordt aan nul.
2. De concentratie in de uitgangslucht van de stal wordt opgenomen in de lijwervel. Daar vindt onder invloed van turbulentie inmenging van schonere lucht van boven plaats en transport van vervuilde lucht naar de stroming buiten de wervel.
3. De sterkste turbulentie wordt opgewekt bij abrupte overgangen in de stroming. Een overgang zonder vegetatie is abrupter en levert meer turbulentie op dan een overgang met vegetatie bovenwinds.
4. Benedenwinds is de overgang ook minder abrupt met geringere drukverschillen, waardoor minder turbulentie ontstaat en de vorming van een lijwervel wordt onderdrukt.
5. De invloed van verhoogde turbulentie door een obstakel strekt zich verder uit dan de invloed op de snelheid van de lucht (Jacobs, 1983).

De combinatie van stroming en stuwing rond de stal met vegetatie (resultierend in lagere luchtsnelheden rond de stal), het onderdrukken van de lijwervel (waarin juist ophoping van emissies plaatsvindt) en de onderdrukking van turbulentie ten opzichte van een stal zonder vegetatie bepaalt of er verhoging of verlaging van concentraties van componenten in de lucht rond de stal optreedt. Of het *receptorpunt* zich binnen of buiten de lijwervel bevindt maakt dat de invloed dichtbij en veraf verschillend kan zijn.

Uit figuur 2 blijkt dat in het algemeen voor hogere windsnelheden nauwelijks een effect of lichte verlaging van concentraties zal optreden op zowel de korte als de langere afstanden. Voor het grovere deel van het *aërosol* ($d_p > 5 \mu m$) en het zeer fijne aerosol ($d_p < 0,1 \mu m$) zal de verlaging sterker zijn dan voor het middelfijne aerosol ($0,1 < d_p < 5 \mu m$). Dit komt door verhoging van de verliezen door depositie op de vegetatie. De middelfijne fractie

heeft een lage depositiesnelheid en de concentratie wordt weinig beïnvloed door depositie op de vegetatie. Voor gassen geldt hetzelfde als voor deeltjes; snel deponerende gassen als ammoniak geven naast een lichte verlaging van de concentratie door extra turbulentie nog een extra verlaging te zien door depositie. Voor niet deponerende gassen als lachgas en methaan is er alleen het effect van wat extra turbulente verdunning. Voor geur kan voorzichtigheidshalve hetzelfde worden aangehouden als voor de niet deponerende gassen. De depositiesnelheid voor geur is niet bekend. Bij lage windsnelheden zal er op grotere afstanden weinig verschil zijn; op kortere afstanden treden hogere concentraties op door verlaging van de windsnelheid, terwijl daar door de geringe opwekking van turbulentie onder die omstandigheden geen sterkere verdunning tegenover staat. De depositie voor zeer grof aërosol ($d_p > 10 \mu\text{m}$) en zeer fijn aërosol zal door *sedimentatie* en *diffusie* hoger zijn dan bij hogere windsnelheden; maar dit compenseert waarschijnlijk niet de verhoging van de concentratie door de lagere luchtsnelheid. De fractie tussen 0,1 en $10 \mu\text{m}$ zal een hogere concentratie geven. Dit kan meer normoverschrijdingen op korte afstanden tot de stal betekenen.

Samenvattend moet bij het bepalen van het effect van de turbulentie op de concentraties van de milieuverontreinigende componenten in de lucht rondom een stal, rekening gehouden worden met windsnelheid, windrichting, hoogte van het groenelement, porositeit van het groenelement, afstand van vegetatie tot de emissiebron en grootte van depositiesnelheid van de milieuverontreinigende component.

2.1.3 Plaatsing van het groen ten opzichte van de bebouwing

De plaatsing van groen direct rond een stal is in paragraaf 2.1.2 al aan de orde gekomen. De plaatsing direct rond de stal is wel gebruikelijk, maar niet de enige mogelijkheid. Het is denkbaar de vegetatie op grotere afstand van de stallen te plaatsen. Bij voldoende afstand tussen groenstrook en stal (10-15 h, zie figuur 1) kan de windsnelheid rond de stal op een niveau worden gehouden, die slechts iets lager is dan in het vrije veld. Vooral het windsnelheidsprofiel met de hoogte en de atmosferische turbulentie worden dan beïnvloed door de grotere ruwheid van het gebied. Dit geeft meer verdunning van de emissies zonder belangrijke verhoging van de concentraties door een lagere windsnelheid rond de stallen. De werking wordt nog effectiever als men met lijnvormige groenelementen werkt die op regelmatige afstanden (zo'n 20-30 x de schermhoogte) worden herhaald.

2.1.4 Windsnelheid en turbulentie, praktische consequenties

De plaatsing van groen heeft verschillende effecten op de verspreiding en depositie van gassen en deeltjes. Belangrijke milieuverontreinigende gasvormige emissies van stallen zijn ammoniak, methaan, lachgas en geur. Voor de verspreiding van het gas in de atmosfeer heeft het molecuulgewicht van de gassen geen invloed. Voor de depositie kan het molecuulgewicht wel een rol spelen, omdat dit van invloed is op de moleculaire diffusie in grenslagen. In de meeste gevallen zijn echter de eigenschappen zoals oplosbaarheid belangrijker dan de transporteigenschappen. Goed oplosbare gassen als ammoniak deponeren snel, niet in water oplosbare stoffen als methaan en lachgas deponeren niet.

Voor de gassen geldt dat toenemende turbulentie als gevolg van groenstroken de atmosferische transportweerstand verlaagt, wat de depositie zou verhogen. De extra turbulentie levert echter ook een verlaging van de concentratie op, wat de depositie weer doet afnemen. De lagere windsnelheid zorgt juist voor verhoging van de concentraties. Nagegaan moet worden, welke van de drie effecten het zwaarst telt.

Naast bovengenoemde gassen emitteren stallen ook fijn stof: PM-10 en PM-2.5. Dit zijn deeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan $10 \mu\text{m}$, respectievelijk kleiner dan $2,5 \mu\text{m}$. Voor deeltjes is het effect van groenelementen sterk afhankelijk van de deeltjesgrootte. Voor grof aërosol met een diameter tussen de 5 en de $10 \mu\text{m}$ wordt de depositie in belangrijke mate bepaald door de valsnelheid (sedimentatiesnelheid ten gevolge van de zwaartekracht van de deeltjes). Een geringere transportsnelheid (= windsnelheid) zorgt ervoor dat de deeltjes dichter in de buurt van de stal neerslaan. Vegetatie heeft vooral een wegvangend effect op de fijnere deeltjes $< 5 \mu\text{m}$ ten gevolge van de inertiedepositie. Voor de allerkleinste deeltjes ($< 0,1 \mu\text{m}$) geldt dat diffusie naar oppervlakken een belangrijk verdwijnmechanisme is.

In hoeverre een lagere windsnelheid (met dikkere grenslagen voor diffusie) wordt gecompenseerd door de sterkere turbulentie bij vegetatie (wat de grenslagen weer dunner zou maken), is zonder nadere studie niet te zeggen. Wat wel duidelijk is, is de grote toename van het wegvangend oppervlak bij het aanbrengen van

vegetatie. In zijn algemeenheid mag worden verwacht dat vegetatie de blootstelling aan fijn aërosol zal verminderen.

Stof van stallen bestaat voor 80% uit de fractie van 2,5-10 µm, daarbij zijn vooral het afvangen door zwaartekracht en inertiedepositie belangrijke afvangmechanismen. Een afnemende windsnelheid maakt dat afvangen door inertiedepositie minder effectief. De toename van blad, naalden en twijgen geeft echter meer mogelijkheden tot het afvangen van stof. Hoe dit in de praktijk uitpakt, is moeilijk te zeggen. Zwaartekracht voor grote deeltjes is onafhankelijk van de windsnelheid. De windsnelheid bepaalt in dit geval de transportafstand, die kleiner zal zijn naarmate de windsnelheid lager is. Vegetatie zal daardoor de depositie van grof aërosol rond de stal versterken.

2.1.5 Gevolgen voor de energiehuishouding van stallen

Dat erfbeplanting in de winderige streken van Nederland in het verleden veel werd toegepast, geeft aan dat door erfbeplanting de energiehuishouding gunstig werd beïnvloed. Een heroverweging is echter op zijn plaats. In het verleden was het aantal dieren en de dierdichtheid laag, zodat het voordelig was de geproduceerde lichaamswarmte van de dieren vast te houden. Met het huidige aantal dieren en de dierbezetting per oppervlakte eenheid is er eerder sprake van de noodzaak te ventileren om de temperatuur, het CO₂ gehalte van de lucht en de luchtvochtigheid voor de dieren niet te hoog op te laten lopen. De ventilatiebehoefte is in de zomer groter dan in de winter, terwijl de traditionele groenelementen van loofhout juist in de winter kaal zijn (minder energie). In de winter zijn doorgaans de windsnelheden hoger en is de temperatuur lager. Een wintergroenscherm zou daarmee voor de energiehuishouding voordeliger zijn dan de traditionele loofhoutschermen.

Voor de zomersituatie dienen we onderscheid te maken tussen mechanisch geventileerde stallen en natuurlijk geventileerde stallen. Voor mechanisch geventileerde stallen is afscherming van de stal tegen direct zonlicht en de omzetting van stralingsenergie in een latente warmtestroom (verdamping) gunstig, omdat lucht met een lagere temperatuur wordt aangezogen. Voor natuurlijk geventileerde stallen is de situatie minder duidelijk. De temperatuur van de lucht is wel lager, maar de snelheid van de lucht is dat ook. Modelleren van de ventilatie van de stal met eventuele natuurlijke trek door de nok zou uitsluitsel moeten geven wat het meest gunstig is.

Kijken we naar de grotere (landschap)schaal, dan kan worden verwacht, dat repeterende groengordels een positief effect hebben op hittestress in de zomer. Door de hogere Leaf Area Index en het dieper wortelen dan landbouwgewassen zal de gebiedsverdamping groter zijn met daardoor een grotere latente warmtestroom (vochtflux) en een geringere voelbare warmtestroom, resulterend in lagere omgevingstemperaturen. Negatieve effecten op de waterhuishouding en gemiddelde energiehuishouding kunnen dan worden gecompenseerd door geringere risico's op hittestress.

2.1.6 Gevolgen voor de luchtvochtigheid

Vegetatie geeft altijd een verhoging van de luchtvochtigheid als gevolg van verdamping. De luchtvochtigheid is in Nederland zelden zo laag dat ze nadelig is voor dieren of aanleiding geeft tot verhoogde giften aan drinkwater. Situaties met hoge luchtvochtigheid komen vaker voor. De verhoging van de luchtvochtigheid door de vegetatie direct rond de stal levert daarmee geen voordeel op voor de dieren.

2.2 Landinrichting

2.2.1 Landschappelijke waarden

De aanwezige vegetatie bepaalt in belangrijke mate het aanzien van een landschap. Het aanbrengen van groenstroken kunnen we daarom niet los zien van het bestaande landschap en de vorm, waarin we dit willen behouden. In een coulissen-landschap en een bosrijke omgeving zullen groenelementen geen problemen opleveren. De inrichting wordt hoogstens wat anders, als men meer kiest voor optimale inrichting voor energiehuishouding en milieu dan voor het traditionele landschap. Vergelijking van een geoptimaliseerde situatie met bestaande situaties kan aangeven of er conflicterende belangen zijn.

2.2.2 Ecologische waarden

Bestaande landschapselementen zijn in het verleden een bron van discussie geweest. Vormen zij een plaag (onkruiden) voor de landbouwgewassen of hebben zij juist een functie in de duurzame huisvesting van nuttige organismen, die een rol kunnen spelen in het ecologisch evenwicht? Op basis van bv. ecologische verbindingzones mogen we voorzichtig concluderen dat in een aantal gevallen de beoordeling voor groen positief uitvalt. Wel merken we op dat het een aantal jaren kost voor ecologische systemen stabiel worden.

2.2.3 Opbrengstderving

Groene elementen zullen zeker aanleiding geven tot opbrengstderving. Hierbij denken we aan beschaduwning (minder fotosynthese en minder productie), concurrentie om vocht en een strook grond langs het element, die moeilijk te bewerken is door keermoeilijkheden van trekkers en wortels. Opbrengstvermeerdering is in bepaalde gevallen ook mogelijk. Daarbij kan gedacht worden aan de windsnelheidverlagende werking, die vruchtrui, legering van gewassen e.d. kan voorkomen.

2.2.4 Landschappelijke inpassing

Door de omvang van moderne bedrijven en de hoogte van stallen nemen deze een steeds duidelijker plaats in het landschap in. De meer industriële aanpak kan net als rond industrieterreinen leiden tot dezelfde wensen; namelijk dat omwonenden en passanten liever hebben dat het bedrijf door groen aan het zicht wordt onttrokken. Groenstroken zijn bij uitstek een middel om dit te realiseren.

2.3 Gezondheid van mens en dier

Onder praktische consequenties van windsnelheid en turbulentie zijn de effecten van groenelementen op de concentratie en depositie al ter sprake gekomen. Hierbij was de aandacht vooral gericht op de naaste omgeving, waarbij vooral uit oogpunt van milieuverontreiniging door stallen, positieve effecten van groen zijn te verwachten. De vegetatie heeft echter ook invloed op de dieren in de stal en de ondernemer. Denk hierbij aan de verminderde (natuurlijke) ventilatie, de verhoogde luchtvochtigheid en de verhoogde temperatuur in de stal. Daarin dient naar optimalisatie te worden gezocht. Daarnaast wordt een ecosysteem tot naast de stal gebracht. Dit kan resulteren in meer muggen, vliegen, muizen e.d., maar eventueel ook meer predatoren in de omgeving van de stal. Daarnaast verdienen emissies van de vegetatie als pollen, zaden e.d. de aandacht in verband met mogelijke effecten op mens en dier.

2.4 Uitvoering en onderhoud

2.4.1 Ontwerp van een groenstrook

Bij het ontwerp van een groenstrook spelen een groot aantal factoren een rol. Allereerst de standplaatsfactoren, waarbij gekeken wordt wat er, gegeven de lokale condities, wel en niet kan groeien. Daarnaast dienen de kosten voor onderhoud zo laag mogelijk te zijn. De soortensamenstelling wordt bepaald door de voorgaande factoren; het bestand zijn van de soorten tegen ter plaatse heersende concentraties aan verontreiniging en de efficiëntie in afvangst van die verontreiniging. Bovendien spelen de potentiële negatieve effecten op de mens en het dier in de stal een rol.

2.4.2 Standplaatsfactoren

Standplaatsfactoren als grondsoort, grondwatertrap, voedingstoestand van de grond, concentraties van verontreiniging in de lucht en het al dan niet aanwezig zijn van een voorgaande (pionier)vegetatie bepalen welke soorten kunnen worden aangeplant. Zowel bij de aanleg van bossen in Flevoland als bij de aanleg van nieuwe

recreatiebossen in het westen van Nederland in de jaren zeventig is hier veel ervaring mee opgedaan. Hierover zijn ook studies van het toenmalige Instituut voor Bos- en Natuurbeheer verschenen

2.4.3 Groei en onderhoud

Groeiende vegetatie geeft veranderingen in hoogte, dichtheid en dichtheidsverdeling. Voor een optimale werking ten behoeve van bepaalde doelen dienen kernwaarden (breedte, hoogte porositeit) binnen een bepaalde range te liggen. Door de groei als functie van standplaats en tijd te voorspellen is het mogelijk te schatten hoe onderhoudsgevoelig een vegetatie is en op dit punt ook naar optimalisatie te streven.

2.4.4 Esthetische aspecten

De esthetische aspecten raken sterk aan de omgeving enerzijds en de persoonlijke appreciatie anderzijds. Aanplant van een groenstrook met naaldhout in een omgeving met louter loofhout zal eerder storend worden ervaren als wanneer dezelfde groenstrook zich bevindt in een gebied met veel naaldhout. Monoculturen worden eerder als storend ervaren dan gemengde vegetatie. Belangrijke informatie kan ongetwijfeld worden ontleend aan studies naar de beleving van groen door recreanten. Hierover zijn o.a. door Staatbosbeheer veel studies verricht. De esthetische aspecten dienen te worden afgewogen tegen de technische en economische aspecten.

3 Perspectief van groenelementen als milieuvriendelijk alternatief

In dit hoofdstuk gaan we in op de milieuvriendelijke perspectieven van groenelementen (zie ook hoofdstuk 2). Er zijn zowel positieve als negatieve aspecten te melden op de terreinen van milieu, landinrichting, gezondheid van mens en dier en kosten van uitvoering en onderhoud. Daarbij spelen ook de schaal van het bedrijf en alternatieven voor vermindering van de belasting van de omgeving een rol.

De argumenten worden hierna kwalitatief besproken aan de hand van de volgende praktijkvragen.

- a) Is een groenelement een nuttig instrument voor de energie-efficiëntie van bedrijven?
- b) Is een groenelement een nuttig instrument ter vermindering van de milieubelasting in de omgeving van een stal?
- c) Voor welke stoffen zal aanleg van een groenelement werken?
- d) Wat zijn de voor- en nadelen?
- e) Wat zijn de alternatieven?
- f) Past een groenelement bij het bedrijf en het landschap?
- g) Weten we al genoeg om optimale groenstructuren te kunnen ontwerpen?
- h) Welke ontwikkelingen vinden op dit moment plaats op het gebied van de toepassing van groenelementen?
- i) Welk aanvullend onderzoek is nodig om meer groene oplossingen in de landbouw te kunnen toepassen?

a) Is een groenelement een nuttig instrument voor de energie-efficiëntie van bedrijven?

Voor natuurlijk geventileerde (rundvee)stallen is er nauwelijks invloed op de energie-efficiëntie, omdat niet wordt verwarmd tijdens koude perioden en ook de ventilatie geen energie vraagt. Positief voor het stalklimaat in de winter is de windreductie, waardoor de afkoeling geringer is en de staltemperatuur (bij bezetting met dieren) hoger. Deze reductie van wind en ventilatie zal in de zomer ook leiden tot minder warmteafvoer uit de stal. Een hogere staltemperatuur is onder deze omstandigheden echter minder gewenst en kan leiden tot hittestress. Onder hittestress verstaan we het suboptimaal functioneren van dieren of zelfs een verhoogd sterfterisico als gevolg van hoge temperaturen in de stal. Aan de andere kant zal door schaduwwerking opwarming van de stal door instraling van de zon afnemen, wat een reducerend effect zal hebben op de staltemperatuur. Het netto-effect zal afhangen van de weersomstandigheden. Over het algemeen worden energiekosten vooral bepaald door ventilatiekosten en niet door verwarmingskosten (behalve bij zeer jonge dieren). Economisch zal het effect dus bepaald worden door de mate van hittestress. Vooral voor mechanisch geventileerde stallen kan de beschaduwing van de stallen gunstig zijn om hittestress te voorkomen. Het negatieve effect van geringere warmteafvoer door de constructie door geringere luchtsnelheid om de stal is vooral afhankelijk van de verhouding tussen energieflex via de mechanische ventilatie en de energieflex via de wanden. Bij jonge dieren die bijverwarming nodig hebben, is een groenelement energetisch gunstig door vermindering van het warmteverlies door de wanden en dak als gevolg van lagere luchtsnelheden om de stal.

b) Is een groenelement een nuttig instrument ter vermindering van de milieubelasting in de omgeving van een stal?

Over vermindering van concentraties in de omgeving kan zonder nadere studie geen uitspraak worden gedaan. De lagere luchtsnelheid verhoogt de concentraties rond en in de stal, maar het daardoor minder optreden van lijwervels kan weer gunstig uitpakken. De extra verdunning door turbulentie kan sterk afhangen van de hoogte van het groenelement ten opzichte van de hoogte van de stal. Naast het effect van extra verdunning is het effect van afvangst van verontreiniging door de vegetatie. Het effect op fijn stof zal groter zijn dan voor gasvormige verontreinigingen. (zie hoofdstuk 2.1).

c) Voor welke stoffen zal aanleg van een groenelement werken?

Belangrijke emissies vanuit de landbouw zijn ammoniak, fijn stof, geur, methaan, lachgas en door stof gedragen ziektekiemen. Over methaan en lachgas kunnen we kort zijn: deze gassen hebben een lange verblijftijd in de atmosfeer, zijn broeikasgassen en hebben geen gezondheidseffecten (bij normale concentraties). Door hun inerte karakter is er ook geen depositie. Beïnvloeding van de concentraties direct om de stal is daarmee niet van betekenis.

Ammoniak komt in verband met de gezondheid van dieren in de stal over het algemeen niet in concentraties voor die schadelijk voor de gezondheid zijn; hoewel ze er dicht tegenaan kunnen zitten. Extra verdunning direct om de stal kan in dat geval gunstig zijn ter verlaging van de belasting van de omgeving. Daarbij komt dat de vegetatie ook in staat is ammoniak op te nemen. Oriënterende berekeningen geven aan dat dit percentage afhankelijk van de omstandigheden (beschreven in hoofdstuk 2) kan variëren van 3 -10%. De extra verdunning en afvangst van ammoniak leiden tot een verlaging van de ammoniakbelasting voor nabijgelegen natuurgebieden. Hierbij moet zich gerealiseerd worden dat voor ammoniak de concentratie niet zozeer milieutechnisch van belang is, zoals

bijvoorbeeld bij fijn stof en geur, maar dat het vooral gaat om de depositie. De extra verdunning verlaagt wel de bijdrage aan de depositie op korte afstand, maar draagt toch onverminderd bij aan de achtergrondconcentraties voor gebieden verder weg. Als de concentratieverlaging op een realistische 10% gesteld wordt, kan de depositie op een gevoelig gebied met een groenstrook worden teruggebracht tot 4,5%.

De invloed van een groenelement op deeltjesvormige verontreiniging vertoont in grote lijnen hetzelfde beeld als voor ammoniak. In dit geval is de verdunning in de stal nog belangrijker, omdat er eigenlijk geen ondergrens is aan te geven waar deeltjes niet schadelijk zijn (Brunekreef en Holgate, 2002). De concentratie in stallen gaat bovendien sterk uit boven de waarden, die als grenswaarde voor de buitenlucht worden gesteld, zodat er in de onmiddellijke omgeving van de stal eigenlijk altijd problemen zijn. De depositie op de vegetatie zal voor deeltjes hoger zijn dan voor gassen, omdat fysische aspecten als afvangen en sedimentatie mede een rol spelen in de depositie. De afvangst kan worden geschat op maximaal 15% (Wesseling et al, 2004).

Stof kan de drager zijn van schadelijke stoffen als endotoxinen, mycotoxinen, antibiotica e.d. Behalve met stof uit voer hebben we in stallen ook te maken met stof dat van de dieren zelf of van het strooisel in een stal afkomstig is. Als hier ziektekiemen (bv. vogelpest) in voorkomen (wat onlangs is aangetoond, zie Weesendorp et al, 2008), is de invloed van groen zeker van belang door afvangst en sterkere verdunning. Hierdoor komen concentraties sneller onder een niveau waarbij infecties in de omgeving waarschijnlijk zijn. Geur tenslotte, is een lokaal probleem, waar extra verdunning de concentraties sneller onder de grens van waarneembaarheid zal brengen. Daar moeten we wel bij opmerken dat de extra verdunning niet opgaat voor situaties met lage windsnelheden, waarbij juist de hoogste concentraties kunnen optreden.

d) Wat zijn de voor- en nadelen?

Groenelementen kunnen extreme temperaturen dempen en verontreiniging afvangen. Dit laatste zal effectiever zijn voor fijn stof dan voor gasvormige verontreiniging (ammoniak, geur). Hoeveel wordt afgevangen, is moeilijk te voorspellen. Belangrijker is de invloed van het groenelement op de luchtstroming rond een stal. Het voorkomen van het ontstaan van lijwervels en de betere menging door grotere ruwheid van het landoppervlak kunnen de concentraties van schadelijke stoffen in de directe omgeving verlagen. Visueel kan een groenelement aantrekkelijk zijn. Bovendien blijft de werking behouden bij een minimale hoeveelheid onderhoud. Nadelen zijn de verhoging van de luchtvochtigheid, ecosystemen dicht bij de stal (insecten e.d.) en ruimtebeslag.

e) Wat zijn de alternatieven?

Wanneer niveaus van verontreiniging in de directe omgeving van bedrijven moeten worden gereduceerd, kan dit zowel door plaatsen van groen als door technische maatregelen. De keuze hangt af van de omvang van het bedrijf, de inpassing in de omgeving en de economie van andere oplossingen. Oplossingen als wassers, biofilters en verhoging van schoorstenen worden kort aangegeven in Aarnink et al 2008, Hofschreuder et al, 2003. Het binnenmilieu wordt, behalve voor temperatuur, in situaties met natuurlijke ventilatie beïnvloed door geringere ventilatie. Hierdoor kunnen concentraties aan vocht, CO₂ en verontreiniging hoger oplopen. Of dit nadelig is hangt af van de niveaus die worden bereikt.

f) Past een groenelement bij het bedrijf en landschap?

Indien men vaststelt dat groenelementen een gunstig effect hebben op de niveaus van verontreiniging rond bedrijven, past een groenelement beter bij kleine bedrijven dan bij grote. Effecten van groen zijn naar verwachting niet voldoende om effecten op de omgeving tot een aanvaardbaar niveau terug te brengen. Wel kan groen een bedrijf voor de omgeving visueel afschermen. Of dit wenselijk is, hangt af van de landschappelijke en cultuurhistorische waarde van de omgeving.

g) Weten we al genoeg om optimale groenstructuren te kunnen ontwerpen?

Zowel de meting van de effectiviteit van groenelementen in relatie tot de luchtkwaliteit als de modellering van het effect van groenstroken op de stroming en concentratievelden van verontreiniging zullen komend jaar in Nederland veel aandacht krijgen in het kader van het IPL-programma van de ministeries van Verkeer en Waterstaat en VROM. In het buitenland is hier al eerder aandacht aan besteed, maar het aantal gedegen studies waarin niet alleen wordt gemodelleerd maar ook gemeten, is zeer beperkt. Het gebruik van groenelementen in landbouwkundige toepassingen kan niet zonder meer uit deze studies worden afgeleid, omdat de stroming door groenstroken direct gevolgd door gebouwen (groen om een stal) zowel meettechnisch als modelmatig niet is onderzocht. Over de effectiviteit van verschillende soorten beplantingen voor het reinigen van de lucht wordt wel informatie verkregen. Voor de IPL-locatie 2 (zie hierna) wordt gewerkt aan het opstellen van een vegetatiemodule voor toepassing in het *Nieuw Nationaal Model*.

h) Welke ontwikkelingen vinden op dit moment plaats op het gebied van de toepassing van groenelementen?

Groen in de stad heeft al geruime tijd aandacht in het beleid. Het gaat daarbij zowel om de verbeterende werking van de luchtkwaliteit als om de invloed op het stadsklimaat door de veranderde energiehuishouding van de gebouwde en versteende omgeving met efficiënte waterafvoer: parken kunnen dienen als vochtreservoir en verdampend oppervlak, waardoor de temperatuur lager blijft. De microcirculatie die daardoor kan ontstaan, kan voor reiniging van de lucht zorgen voor wijken die aan het park grenzen. De microcirculatie kan ook de temperatuur reduceren in perioden van een hittegolf. Deze aspecten zullen in het *Klimaat voor Ruimte programma* aandacht krijgen.

Binnen het Innovatie Programma Luchtkwaliteit (IPL) zal op twee plaatsen aan de werking van vegetatie ter reductie van niveaus van luchtverontreiniging worden gemeten en gemodelleerd. Dit zijn de locatie Vaassen met een bestaande groenstrook en de locatie Heteren met een speciaal aan te leggen groenstrook. Hiermee wordt de invloed van vegetatie zonder achterliggende obstakels als gebouwen, in kaart gebracht en gemodelleerd (Stadsregio, 2007).

i) Welk aanvullend onderzoek is nodig om meer groene oplossingen in de landbouw te kunnen toepassen?

Met het hiervoor geschetste onderzoek komt informatie beschikbaar over de vangst van verontreiniging door vegetatie afhankelijk van de eigenschappen van die vegetatie. De grootste onzekerheid in de voorspelling van het effect van vegetatie komt voort uit onzekerheden over de stroming en turbulentie in de combinatie van groenelementen met een stal. De toetsing en verbetering van de CFD-modellering binnen de twee IPL-projecten geven de mogelijkheid om nauwkeuriger dan nu een modelmatige schatting van de effectiviteit van een groenstrook te maken. Met de modellen kunnen gevoeligheidsanalyses worden uitgevoerd en aanvullend eventueel windtunnelsimulaties. Pas in een later stadium kan toetsing van een theoretisch optimaal groenelement in de praktijk aan de orde komen.

4 Discussie

4.1 Een groenstrook of een andere oplossing

In de voorgaande hoofdstukken is de invloed van groenstroken op de energiehuishouding van stallen, de ventilatie, de verlaging van het risico op hittestress en de verspreiding van emissies aan de orde gekomen. Naast positieve komen ook negatieve aspecten aan de orde zoals verhoging van de concentraties vlak bij de stal door lagere windsnelheid en de invloed op het fysieke (vocht) en biologische stalklimaat (ongedierte). Daarnaast kunnen landschappelijke waarden een rol spelen. Een groot voordeel van het gebruik van groen is, dat vaak voor een duurzamer oplossing wordt gekozen dan andere oplossingen, die meestal meer energie vergen. Groen kan echter niet altijd en overal worden toegepast. In dat geval moet men voor alternatieven zorgen.

4.2 Alternatieve oplossingen

Alternatieven voor het aanbrengen van vegetatie zijn toepassing van isolatie, gecontroleerde ventilatie en eventueel koeling voor de energiehuishouding en hittestress. Alternatieven voor verlaging van de concentraties aan verontreiniging in de omgeving kunnen bestaan uit emissiereducerende technieken zoals stalsystemen die emissie van verontreinigende stoffen voorkomen en wassers of biofilters. Tenslotte is het verhogen van de uitlaat van de stal een optie.

Voor de landschappelijke inpassing van bedrijven is een groenelement rond het bedrijf het meest voor de hand liggend. Bedrijven het uiterlijk geven van de traditionele boerderijen in de streek is lastig door de schaalvergroting van de gebouwen, de noodzakelijke moderne inrichting en de bouwkosten. Meer innovatieve oplossingen zijn op dit moment niet in beeld.

4.2.1 *Isolatie, gecontroleerde ventilatie en koeling*

Anders dan in de woningbouw is isolatie niet op voorhand een logische keuze voor een stal. We hebben in een stal te maken met vaak een groot aantal dieren met gezamenlijk een stevige warmteproductie. Klimaatregulatie komt hier niet neer op het binnenhouden van warmte, zoals bij woningen, maar juist op het efficiënt afvoeren ervan. Die warmte wordt afgevoerd door ventilatie en transport van warmte door de wanden en het dak van de stal (warmteflux). De warmteflux is afhankelijk van de isolatiewaarde en de temperatuursgradiënt tussen de stallucht en de buitenlucht. Deze warmteflux zal in de winter groter zijn dan in de zomer. Ventilatie wordt gebruikt als aanvulling op de warmteafvoer. Deze kan laag zijn in de winter (tot het niveau dat andere factoren zoals de CO₂-concentratie meer ventilatie nodig maken) en hoog in de zomer. Dit geldt zowel voor mechanische ventilatie als voor natuurlijke ventilatie. Bij een bepaalde minimumventilatie in verband met CO₂, vocht of verontreinigingniveaus in de stal, kan bij lage buitentemperaturen het warmteverlies zodanig zijn, dat bijverwarming noodzakelijk is. Op grond van de klimatologie van de streek (maar ook de windsnelheidsbeïnvloeding door groen) is een optimale isolatiewaarde te bepalen in relatie tot het energiegebruik voor ventilatie en de afschrijving van extra kosten voor isolatie.

Optimalisatie van de energiehuishouding roept problemen op bij extreme warmte of koude. In zeer koude winters zal bijverwarming nodig zijn. Dat is relatief gemakkelijk te realiseren. Hittegolven vragen om koeling indien men de ventilatie niet verder kan opvoeren die door de hoge buitenluchttemperaturen bovendien weinig effectief is. Dit kan op energiezuinige wijze gebeuren door vernevelen van water (verdamping vergt energie) of een warmtewisselaar in te schakelen, die koelt met grondwater (10 °C) of opgeslagen regenwater. Koelsystemen op basis van compressie-expansie zijn over het algemeen te duur in energiegebruik.

4.2.2 *Emissiereducerende technieken*

In de Rav (Regeling ammoniak en veehouderij) en de Rgv (Regeling geur en veehouderij) zijn technieken beschreven die ammoniak- en geuremissie uit stallen reduceren. Allereerst gaat het over technische aanpassingen in de staluitvoering die vervluchtiging van ammoniak en geur uit mest voorkomen. Ten tweede zijn in deze regelingen ook systemen opgenomen die men aanduidt als zogenaamde end-of-pipe oplossingen. De vervluchtiging van de stoffen vindt wel plaats, maar deze worden voordat ze uitgestoten worden, weggevangen uit de ventilatielucht door wassers of filters. Voor fijn stof zijn op dit moment diverse opties in onderzoek, zowel technische maatregelen in de stal, als end-of-pipe oplossingen in de vorm van wassertechnieken (Aarnink et al,

2008). Ook voor methaan en lachgas zijn maatregelen geïnventariseerd om stalemissies te reduceren. Deze zijn afhankelijk van de bron (dier of mest) dierkundig dan wel technisch van aard. Methaan en lachgas kunnen met de huidige stand der techniek nog niet met een end-of-pipe-oplossing weggevangen worden. In algemene zin kunnen staltechnieken de voorkeur hebben boven end-of-pipe technieken omdat ze meestal goedkoper zijn en omdat ze het milieu in de stal verbeteren, wat goed is voor de gezondheid van de veehouder en de dieren. Het voordeel van end-of-pipe technieken, is dat het meerdere componenten tegelijk kan reduceren met een relatief hoog rendement.

4.2.3 Verhoogde uitlaten

Hoge concentraties van emissies uit stallen in de omgeving worden vooral veroorzaakt door de geringe uitworphoogte gecombineerd met een uitworp op stalhoogte. Eerdere berekeningen van stallen met verhoogde (centrale) uitlaat (Hofschreuder et al, 2003) geven aan dat gebruik van centrale uitlaten en hoge uitworp zeer grote verlaging van concentraties en depositie in de omgeving kan bewerkstelligen.

5 Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

Het aanbrengen van groenelementen kan een belangrijke maatregel zijn ter verbetering van de energie-efficiëntie van mechanisch geventileerde stallen en natuurlijk geventileerde stallen in West Nederland. Wanneer groenelementen dicht op de stal geplaatst worden is dit geen aanbeveling voor natuurlijk geventileerde stallen in Oost Nederland, in verband met het risico op hittestress.

Groenelementen kunnen op duurzame wijze concentraties aan verontreiniging in de omgeving reduceren. Het verdunningseffect wordt daarbij geschat van grotere invloed te zijn dan het depositie-effect. Het depositie-effect is voor componenten als ammoniak en stof echter niet verwaarloosbaar en wordt geschat op 5-10%. Voor stoffen als ammoniak, fijn stof en geur is de verlaging van de concentratie belangrijk ter verlaging van de milieudruk op de omgeving. Voor de broeikasgassen (methaan en lachgas) is de uitstoot belangrijk en niet de concentraties in de omgeving. Voor deze gassen is een groenelement niet van belang.

Door de IPL-studies naar de effectiviteit van groen langs wegen komt informatie beschikbaar over het effect van vegetatie op de extra verdunning en depositie van NO₂ en fijn stof langs snelwegen. Daarbij worden verschillende soorten vegetatie gebruikt, die ook worden geoptimaliseerd voor verbetering van de luchtkwaliteit. De resultaten van de IPL-studies kunnen echter niet zonder meer worden toegepast op groenelementen rond stallen, door verschillen in stromingspatroon door aanwezigheid van de stal.

Harde kwantitatieve uitspraken over het effect van groenelementen op concentraties in en om een stal zijn moeilijk te doen. Dit komt door gebrek aan gegevens over de invloed van het groen op de ventilatie (en daarmee ook op de concentraties in de stal) en het ontbreken van informatie over de stroming rond een combinatie van stal en groenstrook.

Aanbevelingen

Door de onzekerheden van het effect van groenelementen op de luchtstroming rondom een stal en het effect op de ventilatie (en concentratie) in de stal, kunnen we geen harde kwantitatieve uitspraken doen over het effect van groenelementen. Daarnaast is de modellering van de depositie van verontreiniging op het groenelement is nog niet volledig ontwikkeld.

De ten behoeve van de IPL-modellering verbeterde en getoetste CFD-modellen (Janssen et al, 2008) zouden in eerste aanzet wel een vrij goed beeld van de stroming door en over een groenelement en de effectiviteit van depositie op het groenelement moeten kunnen geven. In die situatie ontbreekt nog de aanwezigheid van een partieel doorstroombare stal, maar plaatsing van die stal in het gevalideerde model moet wel een eerste schatting van stroming en drukverschillen en hun effect op ventilatie kunnen geven. Een eerste aanbeveling is dan ook om de te valideren CFD-modellen (ENVI-Met) te gebruiken om de effectiviteit van een groenelement rond een stal te schatten. Dit kan eventueel voor de stroming aangevuld worden met windtunnelstudies. De depositie kan hiermee niet worden gesimuleerd.

Praktijktoetsing hoeft pas aan de orde te komen op het moment dat vereenvoudigde groenmodules voor inbouw in operationele NNM modellen (V-Stacks, (geur) AAgro-Stacks (ammoniak) en ISL3a (fijn stof)) ten behoeve van vergunningverlening worden overwogen.

Literatuur

Aarnink, A.J.A, Ellen, H.H. 2006. Processen en factoren bij fijn stof emissie in de veehouderij. *ASG rapport nr. 11, Oktober, pp 25.*

Ogink, N.W.M.; Aarnink, A.J.A. 2008. Removal of PM10 and PM2.5 by combined air scrubbers in livestock operations. *In: International Conference, DustConf 2007, How to improve air quality, 23 - 24 April, 2007, Maastricht, the Netherlands.*

Brunekreef, B, Holgate, S.T. 2002. Air pollution and health: Review. *The Lancet: 360, Oct. 19, 1233-1242.*

Essers, S, Hofschreuder, P. 2007 Overlast van een mengvoederbedrijf; Onderzoek naar mogelijke geuroverlast en gezondheidsrisico's door stofemissies voor omwonenden van de firma De Heus in Ravenstein. Wetenschapswinkel WUR. pp 32.

Heimann, D. 2003. Meteorological aspects in modelling noise propagation outdoors. *Paper ID: 213-IP, Euronoise Naples, pp 5.*

Hofschreuder, P, Willers, H.C, Ogink, N.W. 2003. Geurhinder en geurbeleving; Een vergelijking tussen de afstandstabel en berekeningen met het Nieuw Nationaal Model. *A&F report, pp 43.*

Hofschreuder, P, Tonnejck, F, Hofschreuder, E. 2005. Optimalisatie van geluidsschermen voor verbetering van de luchtkwaliteit. *WURA&F rapport 538. pp 90.*

Jacobs, A.F.G. 1983. Flow around a line obstacle. *Dissertation Landbouwhogeschool Wageningen 28 September, pp 105.*

Janssen, S., de Maerschalk, B., Vankerkom, J. en Vliegen, J., 2008. Modelanalyse van de IPL meetcampagne langs de A50 te Vaassen ter bepaling van het effect van vegetatie op luchtkwaliteit langs snelwegen; ENVI-met modellering van de ECN meetcampagne te Vaassen. VITO rapport (in voorbereiding), pp 74.

Mosquera, J., Hol, J.M.G., Huis in 't Veld, J.W.H., Nijeboer, G. 2007 Rendementsmeting luchtwasser 90/95% ammoniakreductie Inno+ Luchtwassysteem. *ASG rapport 43, pp 17.*

Stadsregio Arnhem-Nijmegen. 2007 Flora: Meten en modelleren aan groene oplossingen voor de stadsregionale luchtkwaliteit langs Rijkswegen. *Inschrijving Prijsvraag IPL "Meten is Weten", aanbesteding Vegetatie voor een betere luchtkwaliteit. 2 oktober, pp 31.*

Wang, H., Takle, E.S. 1996. On shelter efficiency of shelterbelts in oblique wind. *Agricultural and Forest meteorology 81, (1) 95-117.*

Weesendorp, E., Landman, W.J.M., Stegeman, A., Loeffen, W.L.A., 2008 Detection and quantification of classical swine fever virus in air samples originating from infected pigs and experimentally produced aerosols. *Veterinary Microbiology, 127, 2008: 50-62*

Wesseling, J.P., Duyzer, J., Tonnejck, A.E.G., van Dijk, C.J., 2004. Effecten van groenelementen op NO2 en PM-10 concentraties in de buitenlucht. *Rapport R2004/383 TNO, Apeldoorn.*

Bijlagen

Bijlage 1 Begrippenlijst

CFD-model: Computational Fluid Dynamics model. Een model dat de stromingspatronen van vloeistoffen en gassen in een vooraf gedefinieerde (gebouw)omgeving kan simuleren.

NNM: Nieuw Nationaal Model. Met het NNM kan de verspreiding van emissies in de lucht worden berekend. Het NNM wordt in Nederland toegepast bij het vaststellen van de kwaliteit van buitenlucht, bijvoorbeeld in het kader van milieuvergunningen.

Envimet-model: Een driedimensionaal grenslagenmodel voor stedelijke ruimtes dat zich richt op de beschrijving van energie en massa-interacties in deze grenslagen.

IPL programma: Het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit werkt in opdracht van de ministeries van Verkeer en Waterstaat en VROM aan innovatieve oplossingen die bijdragen aan verbetering van de luchtkwaliteit op en rond snelwegen.

V-Stacks-model: Het verspreidingsmodel voor geuremissie uit stalgebouwen, dat in Nederland gebruikt wordt voor de toetsing van geurbelasting bij vergunningverlening aan veehouderijen.

AAgro-Stacks-model: Het model voor de berekening van ammoniakdepositie als gevolg van de uitstoot van ammoniak uit stalgebouwen. Het model wordt toegepast indien de belasting op nabijgelegen Natura-2000 moet worden getoetst in het kader van vergunningverlening.

Lijwervel: Verticale wervelingen aan de zijzijde van een gebouw bij een luchtstroming die daar dwars op staat.

Depositie: Neerslag op de bodem van verbindingen. In het geval van ammoniakdepositie gaat het om de neerslag van in de lucht gebrachte ammoniak/ammonium-verbindingen op de bodem.

Stalemissies: uitstoot van gasvormige milieuverontreinigende stoffen uit huisvestingsystemen voor landbouwhuisdieren zoals NH_3 , CH_4 , N_2O , geur en fijn stof.

Receptorpunt: meetpunt, daar waar concentraties gemeten worden.

Aërosol: een combinatie van twee of meer verschillende chemische stoffen bestaande uit zeer kleine vaste of vloeibare deeltjes die gesuspendeerd zijn in een gas. Wolken en mist zijn voorbeelden van een aerosol dat bestaat uit zeer kleine druppeltjes water. Een voorbeeld van aerosol dat bestaat uit vaste deeltjes is rook.

Diffusie: Bij verschillen in concentratie leidt diffusie tot een netto verplaatsing van deeltjes van plaatsen met een hoge concentratie naar plaatsen met een lage concentratie.

Sedimentatie: de benaming voor verplaatst en afgezet materiaal.

Inerte depositie: depositie waarbij gebruik gemaakt wordt van het gegeven dat een deeltje dat wordt meegevoerd door een luchtstroom die afbuigt door een obstakel (vezel, waterdruppel, etc.), niet exact de luchtbeweging volgt, maar als gevolg van zijn massa (inertia) een licht afwijkende, meer rechtdoor gerichte baan volgt.

ISL3a: Implementatie Standaardrekenmethode Luchtkwaliteit 3. Rekenmodel om de gevolgen van emissies van punt- en oppervlaktebronnen van industriële en agrarische inrichtingen op de luchtkwaliteit te bepalen. ISL3a is in opdracht van het ministerie van VROM en het ministerie van LNV door KEMA ontwikkeld. ISL3a maakt gebruik van de NNM rekenmethode.

Klimaat voor Ruimte-programma: onderzoeksprogramma dat de gevolgen bestudeert van klimaatverandering en manieren om daarmee om te gaan, toegesneden op het ruimtegebruik, ter ondersteuning van de besluitvorming over de toekomstige inrichting van ons land.