

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 388

Reductie geurbelasting varkensstallen;
verkenning van technische mogelijkheden,
kosten en verspreidingsberekeningen

Augustus 2010



LIVESTOCK RESEARCH

WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.livestockresearch@wur.nl
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2010

Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research en Central Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen met het Departement Dierwetenschappen van Wageningen University de Animal Sciences Group van Wageningen UR (University & Research centre).

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 gedeponneerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

The impact of technical measures to reduce odor nuisance at close distances from a pig farm was studied. Techniques, their impact on dispersion and costs were explored.

Keywords

Odor nuisance, pig housing, ventilation, stack height, air velocity, dispersion

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteurs

M.C.J. Smits
A.J.J. Bosma
J.P.M. Ploegaert
P. Hofschreuder

Titel

Reductie geurbelasting varkensstallen; verkenning van technische mogelijkheden, kosten en verspreidingsberekeningen
Rapport 388

Samenvatting

Technische maatregelen zijn bestudeerd om de geurbelasting nabij varkensstallen te beperken. De impact op de geurverspreiding en de kosten van technieken zijn verkend.

Trefwoorden

Geurhinder, varkensstallen, ventilatie, uitworphoogte, lichtsnelheid, geurverspreiding



Rapport 388

Reductie geurbelasting varkensstallen; verkenning van technische mogelijkheden, kosten en verspreidingsberekeningen

Reduction of odor nuisance from pig houses
desk study of technical options, costs and
dispersion calculations

M.C.J. Smits
A.J.J. Bosma
J.P.M. Ploegaert
P. Hofschreuder

Augustus 2010

Voorwoord

Dit rapport beschrijft mogelijkheden om de geurbelasting van varkensstallen te verminderen door technische maatregelen zoals verhoging van de uitworphoogte en verdunning van de geurconcentraties. Dit onderzoek is begeleid door een klankbordgroep van het Productschap voor Vee en Vlees. Wij zijn de klankbordgroep erkentelijk voor de aangedragen ideeën en het constructieve meedenken tijdens de uitvoering van dit project.

We hopen dat deze rapportage een goede basis zal vormen voor toepassing van nieuwe maatregelen die geurbelasting kosteneffectief beperken en daarmee de duurzaamheid van de varkenshouderij versterken.

Namens de auteurs,

Michel Smits
Projectleider

Samenvatting

Het Productschap voor Vee en Vlees (PVV) heeft de studie voor het opstellen van dit rapport gefinancierd.

In dit rapport zijn mogelijkheden verkend om de geurbelasting van varkensstallen te verminderen door technische maatregelen. De geurbelasting en kosten van permanente of 'deeltijd' toepassing van een luchtwasser, een hogere uitworp, verdunning van stallucht na de luchtwasser en een voorgeschakelde emissiereducerende techniek zijn vergeleken. Met een geurverspreidingsmodel is de geurbelasting berekend bij permanente toepassing van de verschillende technieken. Tevens is met modelberekeningen verkend of beperkte inschakeling van reductietechnieken effectief kan zijn. Bij beperkte inschakeling is de focus gericht op inschakeling van geurreducerende techniek in de meest belastende situaties. Daartoe zijn berekeningen uitgevoerd bij inschakeling bij lage windsnelheden.

Veruit de hoogste geurbelastingen zijn berekend bij een traditionele stal met uitlaten per afdeling op dakhoogte. Bij aanleg van een centraal ventilatiekanaal en uitworp achter de stal op 7 meter hoogte (zonder luchtwassers) is reeds een aanmerkelijke verbetering van de situatie berekend. Met functionerende chemische wassers neemt de geurbelasting verder af. Een stal met wasser en verdunning van de uitgeworpen lucht na de wasser met buitenlucht (halvering geurconcentraties en verdubbelde uitlaatsnelheid) geeft weer een duidelijke verbetering ten opzichte van de stal met de wasser zonder verdunning. De combinatie van 'een voorgeschakelde techniek + wasser' en de stal met wasser en een 15 meter hoge uitlaat geven de laagste berekende geurbelasting voor de omgeving. Onderling wedijveren beide systemen qua immissieniveau.

Verhoging van de wasser (uitworphoogte) is een interessante optie die kosteneffectief kan zijn voor individuele bedrijven. Om een concurrerend alternatief te zijn, zullen de kosten van voorgeschakelde technieken van een vergelijkbaar niveau of lager moeten zijn dan die van verhoging van de uitworphoogte. De operationele kosten van verdunning van de lucht na de wasser nemen sterk toe naarmate de inschakeltijd hoger is; bij een beperkte inschakelduur kan deze maatregel wel concurreren met andere maatregelen.

Het alleen bij lage windsnelheden (< 1,5 m/s) inschakelen van de emissiereducerende maatregelen blijkt niet voldoende om het 98 percentiel van continu werkende emissiebeperkende maatregelen te benaderen. Verhoging van de windsnelheid van inschakeling van 1,5 m/s (11,3% van de tijd) via 2 m/s (27% van de tijd) naar 3 m/s (47,8% van de tijd) voor een standaardstal met wasser geeft wel een steeds betere benadering van het 98 percentiel bij continue inschakeling, doch bereikt die waarde nog niet. Overwogen kan worden om naar betere selectiecriteria dan alleen de windsnelheid te zoeken voor in- en uitschakeling van emissiebeperkende maatregelen. Daarbij kan gedacht worden aan anticipatie op verhoogde geuremissie door hoge (mest) temperaturen en aan omstandigheden waarbij de omwonenden potentieel meer geurhinder ervaren zoals op zwoele zomeravonden.

In dit project is een beperkt aantal situaties in modelberekeningen benaderd. Voor implementatie van perspectiefrijke maatregelen wordt aanbevolen om nog meer verfijnde berekeningen te doen.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

1	Inleiding	1
2	Technische maatregelen	2
2.1	Vorstudie reductietechnieken.....	2
2.2	Uitgewerkte stal en reductietechnieken	2
2.3	Geurhinder en 98 percentiel	4
2.4	Modelmatige benadering geurverspreiding.....	4
2.5	Effect uitworphoogte berekend met model V-stacks	7
2.6	Kosten van maatregelen	7
3	Resultaten.....	8
3.1	Geurverspreidingsberekeningen.....	8
3.1.1	Resultaten bij permanente inschakeling techniek	8
3.1.2	Schatting minimaal benodigde bedrijfsuren reductietechnieken	12
3.1.3	Effect van het uitsluitend inschakelen van een techniek bij lage windsnelheid.....	12
3.1.4	Effect van inschakeling van een wasser bij windsnelheden lager dan 2 of 3 m/s.....	14
3.1.5	Berekend effect van uitworphoogte chemische wasser volgens V-Stacks	15
3.2	Kosten	15
4	Discussie	17
5	Conclusies.....	20
6	Aanbevelingen voor onderzoek.....	21
	Referenties	22
	Bijlagen.....	24
	Bijlage 1 Biofilter	24
	Bijlage 2 Achtergronden van locatiekeuze, gebouworientatie en positionering van wassers	25
	Bijlage 3 Contourenplots bij opstelling van wassers aan de noordzijde.....	26

1 Inleiding

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van het Productschap voor Vee en Vlees (PVE).

De geurbelasting vanuit de varkenshouderij is een kritische factor in het proces van schaalvergroting. De nieuwe Wet geurhinder en veehouderij is per 1 januari 2007 van kracht. In de varkenshouderij lopen veel bedrijven met de beschikbare stankreducerende technieken voor stallen aan tegen de grenzen (in termen van schaalgrootte of kosteneffectiviteit) die door deze wet worden gesteld. Alternatieve opties van buiten de agrarische sector zijn wellicht geschikt en bieden wellicht meer speelruimte of een hogere kosteneffectiviteit voor de varkenshouderij.

Tot dusver is in de veehouderijpraktijk weinig ervaring opgedaan met technieken die elders toegepast worden, zoals hoge schoorstenen. Om een goede afweging te kunnen maken is er behoefte aan informatie over uitvoeringsmaatregelen (nieuwe technieken en hun effectiviteit) en exploitatiekosten.

In dit project is gezocht naar voor de varkenshouderij nieuwe technische mogelijkheden waarmee de geurverspreiding en de geurbelasting verder kan worden beperkt. Ook kosten van maatregelen zijn ingeschat. Door (nieuwe) technische geurbelasting reducerende maatregelen toe te passen zou een grootschalig(er) bedrijf gerealiseerd kunnen worden met structurele beperking van stankoverlast voor de omgeving. Dit is speciaal relevant bij schaalvergroting en voor bestaande bedrijven met een knellende situatie.

In hoofdstuk 2 worden de technische maatregelen beschreven en wordt de berekeningsmethodiek toegelicht. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van geurverspreidingsberekeningen en de kosten van maatregelen beschreven. In hoofdstuk 4 wordt het voorgaande bediscussieerd. Daarna volgen conclusies en aanbevelingen.

2 Technische maatregelen

2.1 Voorstudie reductietechnieken

In een voorstudie zijn diverse technieken uit de afvalwaterbehandeling (Schenk *et al.*, 2004), de levensmiddelenindustrie (Nicolay *et al.*, 2006), de overige industrie en de veehouderij in o.a. de Verenigde Staten (Gates *et al.*, 2008; Koziel *et al.*, 2008) beoordeeld op mogelijke geschiktheid voor toepassing in de Nederlandse varkenshouderij. Een overzicht van geraadpleegde literatuur is opgenomen aan het einde van dit rapport.

Veel industriële technieken, zoals bijvoorbeeld toevoegmiddelen aan de lucht (maskerende stoffen, reagerende stoffen, adsorberende stoffen) zijn in varkensstallen niet goed toepasbaar vanwege de zeer grote hoeveelheden lucht die vanwege de ventilatiebehoefte van de dieren noodzakelijk zijn. Daarnaast zijn een aantal interessante technieken nog in een premature laboratoriumfase; de effecten en kosten zullen pas na opschaling helder worden. Ook de robuuste effectiviteit van technieken zoals biofilters (bijlage 1) en windsingels (Asman, 2008; Hofschreuder, 2008; Tyndall, 2009) zijn nog onvoldoende duidelijk. Na overleg met een klankbordgroep van het Productschap voor Vee en Vlees is een selectie van technieken uitgewerkt. In de volgende paragraaf worden de uitgewerkte technieken toegelicht.

2.2 Uitgewerkte stal en reductietechnieken

Technieken

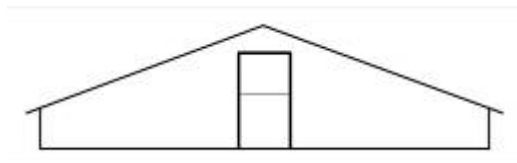
De volgende technieken zijn uitgewerkt:

- een stal met centrale afzuiging en een luchtwasser (referentie);
- idem met verhoogde uitlaat (permanent);
- verdunning van de lucht na de luchtwasser (permanent of alleen bij hoge geurbelasting);
- een voorgeschakelde emissiereducerende techniek (permanent of alleen bij hoge geurbelasting).

Referentiesituatie

Als referentie is uitgegaan van een stal met een wasser. De wasser is gesitueerd aan de kop- of eindgevel. De uitworphoogte is 7 meter.

Figuur 1 Referentiesituatie: stal met een luchtwasser



Stal met centrale afzuiging zonder luchtwasser

Ter vergelijking zijn ook berekeningen uitgevoerd voor een stal zonder operationele luchtwasser, waarbij de lucht wel met dezelfde lichtsnelheid en vanaf de zelfde uitworphoogte wordt uitgeworpen als in de referentiesituatie met operationele luchtwasser.

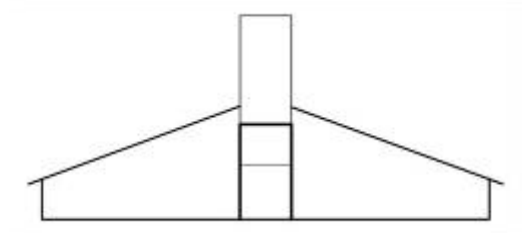
Hogere uitworp

Een bestudeerde variant is een stal waarvan de uitworphoogte van de wasser is verhoogd van 7 naar 15 meter door de wanden van de luchtwasser te verlengen. Uiteraard moet de 15 m hoge wandconstructie robuuster zijn dan die van 7 meter. Dit vanwege het grotere gewicht van de hogere wanden en omdat de hogere wasser meer wordt blootgesteld aan de wind.

Door het plaatsen van een koker van 8 meter boven op de wasser zal de tegendruk die de ventilatoren moeten leveren enigszins toenemen. De toename van de druk zal circa 10 Pascal zijn. Het verlies in ventilatie-debiet zou daardoor circa 3% zijn. Daartegenover kan door de hogere schoorsteen ook een grotere natuurlijke trek ontstaan. De trek van de schoorsteen zal afhankelijk zijn van het temperatuurverschil tussen wasserlucht en buiten lucht, maar wordt ook beïnvloed door de samenstelling van de wasserlucht. Vochtige lucht is lichter dan droge lucht bijvoorbeeld, maar lucht

verzadigd met vocht-aerosolen is weer zwaarder. In de berekeningen hierna wordt uitgegaan van dezelfde ventilatiehoeveelheid en uitworpsnelheid als in de referentiesituatie.

Figuur 2 Stal met luchtwasser met verhoogde uitworphoogte

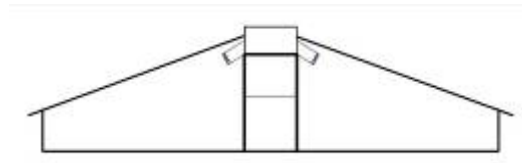


Verdunning

In de uitlaat van de luchtwassers zijn ventilatoren geplaatst met dezelfde ventilatiecapaciteit als de centrale ventilatoren. Deze ventilator zuigen hier van buiten extra lucht aan. Daarmee wordt de geurconcentratie met 50% verdund. Met deze extra ventilatoren wordt tegelijkertijd een verdubbeling bereikt van zowel de luchtsnelheid als van de totale hoeveelheid lucht die het systeem verlaat. De ventilatoren worden geïnstalleerd in een opbouw na de wasser. De uitworphoogte wordt door die opbouw met 2 meter verhoogd.

Door het verlengen van de uitgaande koker van de wasser en door het toevoeren van schone buitenlucht zal de statische druk in de koker toenemen. De drukverhoging ontstaat vooral door de toename van de luchtsnelheid. De verdubbeling van de luchtsnelheid in de koker, veroorzaakt een vier maal zo hoge statische druk direct boven de wasser. Uit een globale technische berekening blijkt dat deze drukverhoging circa 125 Pascal zal zijn. Door de toename van deze druk zou het luchtdebiet door de wasser afnemen met circa 35% bij toepassing van standaardventilatoren voor de wasser. Het luchtdebiet door de wasser kan bij hogere tegendruk op hetzelfde niveau worden gehouden door het toepassen van ventilatoren met een grotere capaciteit of door speciale hoge druk ventilatoren te installeren. In de verspreidingsberekeningen is aangenomen dat de ventilatoren voor de wasser hierop effectief zijn aangepast.

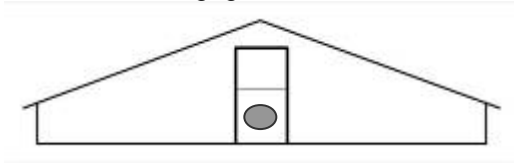
Figuur 3 Stal met luchtwasser en opbouw voor ventilatoren na de wasser ter verdunning van de uitstoot



Voorgeschakelde techniek

Recent zijn nieuwe technieken in beeld gekomen (Koziel *et al.*, 2008) die nog niet op praktijkschaal getest zijn, maar die wellicht op termijn wel toepasbaar zijn. Deze technieken kunnen gelokaliseerd worden in de stal of in het luchtkanaal voor de wasser. Om de geurbelasting bij toepassing van dergelijke technieken te verkennen is een variant uitgewerkt waarbij de geurconcentratie door de voorgeschakelde techniek met 44% gereduceerd wordt. Achterliggende gedachte hierbij is dat de voorgeschakelde techniek de geurconcentratie effectief met 50% terugbrengt (van 23 naar 11,5 OU_E/s) maar dat de wasser daarna de geurconcentratie verhoudingsgewijs wat minder reduceert (van 11,5 naar 9,0 OU_E/s) dan normaal (van 23 naar 16,1 OU_E/s) omdat het verwijderingrendement van luchtwassers afneemt bij het aanbieden van lagere concentraties.

Figuur 4 Stal met luchtwasser en voorgeschakelde techniek ter vermindering van de geurconcentratie voor de wasser. De voorgeschakelde techniek is hier symbolisch weergegeven als ovaal onder de wasser.



Stal met afzuiging per afdeling (decentraal), zonder luchtwasser

Aanvullend zijn ook berekeningen uitgevoerd voor een klassieke stal met dezelfde afmetingen als de referentiestal. De uitlaten van de ventilatie zijn nu over het dak verdeeld. De uitworphoogte is eveneens 7 m. Door het ontbreken van luchtwassers is de emissie per dier $23 \text{ OU}_E \cdot \text{s}^{-1}$.

2.3 Geurhinder en 98 percentiel

De menselijke neus is zeer gevoelig voor geur. Gevoeliger dan veel chemische meetmethoden. Geurconcentraties in stallucht worden bepaald door geurpannels. In die geurpannels worden mensen geselecteerd die een normale gevoeligheid hebben voor geur. Per meetsessie wordt nog gecontroleerd of de afzonderlijke pannellenden op de betreffende dag geen te lage of te hoge gevoeligheid hebben.

Wanneer geur als onaangenaam wordt ervaren kan de geurconcentratie (uitgedrukt in Odour Units per m^3) in combinatie met de mate van onaangenaamheid (hedonische waarde) leiden tot hinder op enige afstand van de stal. Om hinder te beperken zijn door de overheid grenswaarden voor de geurconcentratie vastgesteld op basis van hedonische waarde en aanvaardbaarheid van hinder. Voor die aanvaardbaarheid is gekeken naar hinder enerzijds en vermijdbaarheid en kosten van geurreductie anderzijds. Dit resulteert in vaststelling van streefwaarden, richtlijnwaarden en waarden voor een absolute bovengrens.

Omdat de optredende concentraties sterk afhankelijk zijn van de weersgesteldheid en piekconcentraties niet te vermijden zijn (bij wegvallen van de wind en lage menghoogte), zijn niet de pieken als maat voor vergunningverlening genomen, maar de geurconcentratie, die hoort bij het 98 percentiel. Dat wil zeggen een waarde, die 2% van de tijd (175 uren per jaar) mag worden overschreden.

2.4 Modelmatige benadering geurverspreiding

Stal

Voor de verspreidingsberekeningen is uitgegaan van een referentiestal met 4000 vleesvarkens verdeeld over 2 units met elk centrale afzuiging en een chemische wasser op de achterwand volgens het besluit Huisvesting. De standaard ventilatienorm is $31 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ per dier. De geuremissie is $16,1 \text{ OU}_E \cdot \text{s}^{-1}$ per dier bij toepassing van een chemische luchtwasser (Wijziging Rgv, Staatscourant 18-07-2007). De uitreesnelheid van de lucht uit de wasser is $4,25 \text{ m/s}$. Het uitstrooppervlak is twee maal $4,05 \text{ m}^2$. De effectieve diameter van de uitstroom opening per wasser $2,27 \text{ m}$. De afmetingen van de stal zijn: een lengte van 64 m , een breedte van $33,25 \text{ m}$ en een effectieve hoogte van $5,01 \text{ m}$ (3 m goothoogte plus $1/3$ van de afstand tussen nok (op $9,05 \text{ m}$ hoogte) en goot, bij een dakhoek van 20°). De uitworphoogte is 7 m . De richting van de nok ten opzichte van het noorden is 15° .

Als locatie van de stal is Eindhoven gekozen (met de Amersfoortse coördinaten van vliegveld Eindhoven). Er zijn berekeningen uitgevoerd bij positionering van de wassers aan de zuidzijde en bij positionering aan de noordzijde van de stal. In bijlage 2 worden achtergronden van de locatiekeuze, gebouworientatie en positionering van de wassers toegelicht.

In tabel 1 zijn de belangrijkste uitgangspunten voor de onderscheiden technieken en de referentie situatie weergegeven. De verschillen ten opzichte van de uitgangssituatie zijn vet en onderstreept weergegeven.

Tabel 1 Uitgangspunten voor de onderscheiden situaties

Maatregel	Geur-emissie OU _E /s	Geur-concentratie %	Uitworp-hoogte m	Uittreesnelheid m/s	Ventilatie m ³ /h
Referentie	16,1	100%	7	4,25	31
Hogere uitworp	16,1	100%	<u>15</u>	4,25	31
Verdunnen na water	16,1	<u>50%</u>	<u>9</u>	<u>8,5</u>	<u>31+31</u>
Voorgesch. techniek	<u>9</u>	<u>56%</u>	7	4,25	31
Traditioneel	23	143%	7	4,25	31

Berekeningswijze

De geurconcentraties op diverse afstanden van de stal kunnen berekend worden met een model. Daarbij zijn belangrijke karakteristieken die van de geurbron (zoals de hoogte van het emissiepunt, de sterkte van de bronemissies en uittreesnelheden) en karakteristieken van de omgeving (zoals de ruwheid van het terrein rondom de stal en in de verdere omgeving: bosrijk, heuvelrijk of vlak). Daarnaast zijn ook weersomstandigheden sterk van invloed op de verspreiding. Omdat het weer sterk varieert tussen uren en dagen maar ook tussen jaren, worden modelberekeningen uitgevoerd met een reeks weersgegevens van vijf of tien opeenvolgende jaren. Daaruit kan dan per kaartpositie ten opzichte van de stal (het emissiepunt) afgeleid worden hoeveel % van de tijd de geurconcentratie onder een bepaalde waarde blijft.

Geurverspreidingsberekeningen zijn uitgevoerd met het STACKS model versie 9.1 van mei 2009. Dit is de volledige basisversie van het Nieuw Nationaal Model en als zodanig het beste uitgangspunt om maatregelen te vergelijken. Gebruik van de voor vergunningen van stallen ontwikkelde speciale (vereenvoudigde) versie V-Stacks voor geur is overwogen doch hier niet gebruikt om de volgende redenen:

- Het V-STACKS model voor geur bevat een vereenvoudigde versie van de gebouwmodule. Hier gaat het onder andere juist om geometrie van de uitworp en is het gewenst om deze zo goed mogelijk te schatten.
- Het V-STACKS model heeft een eigen meteorologie (vaste set weersgegevens), waarin geen selecties mogelijk zijn. Het Stacks model laat het gebruik van eigen meteorologische files toe. De laatste versie van Stacks (9.1) laat het gebruik van 10 jarige meteorologie (1995-2004) toe, waar V-Stacks nog werkt met maximaal 5 jarige meteorologie; voorheen was 1995-1999 voorgeschreven.
- In de nieuwste versie van Stacks wordt een gemiddelde ruwheid van 1000*1000 m gebruikt, waar dat 100*100 m was in de oudere versies van Stacks en V-Stacks.

Met het gekozen model is dus volgens de laatste stand van zaken gerekend.

Emissiereducerende technieken die hoge operationele kosten (o.a. elektriciteitsverbruik) hebben maar een (relatief) lage investering vergen, kunnen wellicht kosteneffectief ingezet worden door ze alleen in te schakelen bij omstandigheden met een hoge geurbelasting (het denkbeeldig scheren van de pieken in de geurbelasting), zoals bijvoorbeeld bij nagenoeg windstil weer.

Deze aanpak is verkend voor maatregelen waarbij dit interessant kan zijn. Dit betreft:

- verdunning na de water
- een voorgeschakelde techniek

Ter vergelijking is ook bij de luchtwasser die in de referentiesituatie permanent operationeel is, bestudeerd wat het effect is van het alleen inschakelen van de water bij pieken in geurbelasting. Een hogere uitworp is een maatregel die permanent operationeel is en waarbij geen operationele kosten bespaard kunnen worden door de verhoging van de wanden van de water tijdelijk ongedaan te maken.

De volgende berekeningen zijn uitgevoerd:

- (1) Allereerst zijn voor alle maatregelen berekeningen uitgevoerd bij permanente inschakeling van de techniek. Op basis van deze berekeningen zijn contourenplots gemaakt.
- (2) Vervolgens zijn ruwe schattingen gemaakt van het minimaal benodigd aantal bedrijfsuren om de ernstigste pieken in geurbelastingen weg te nemen. Dit door
 - (a) het 98 percentiel te berekenen op 125 en 250 meter afstand bij 100% inschakeling van de maatregel;

- (b) te berekenen met welk percentiel (pX) de waarde uit a overeenkomt als de (extra) maatregel niet wordt toegepast
- (c) Om de hogere percentielen dan bepaald onder 2 te vermijden moeten de voorzieningen worden ingeschakeld; het minimale aantal operationele uren van een maatregel is dan gelijk aan $(100 - pX) \cdot 365 \cdot 24$
- (3) Daarna is berekend wat het effect is van het uitsluitend inschakelen van een techniek bij lage windsnelheid ($<1,5$ m/s) op het berekende 98 percentiel op een afstand van 125 en 250 meter van het emissiepunt. Dit te vergelijken met de berekende waarden bij continue inschakeling van een techniek.
- (4) Aanvullend is berekend wat het effect is van het uitsluitend inschakelen van een luchtwasser bij een windsnelheid (<2 of <3 m/s) op het berekende 98 percentiel op een afstand van 125 en 250 meter van het emissiepunt.

Ad 2

Door vast te stellen welk percentiel van de situatie zonder ingeschakelde reductietechniek overeenkomt met het 98 percentiel van de situatie met ingeschakelde reductietechniek kan geschat worden hoeveel tijd de reductietechniek ingeschakeld moet zijn. De buitenlucht concentraties, die dan zonder ingeschakelde techniek optreden moeten immers lager zijn dan het 98 percentiel bij wel ingeschakelde techniek. Zo niet, dan zouden die concentratie het 98 percentiel toch verhogen. Deze schatting van de benodigde tijd met ingeschakelde techniek is natuurlijk vooral een theoretische schatting, omdat niet gezegd is, dat we de situaties met te verwachten hoge buitenluchtconcentraties exact goed kunnen aanwijzen. In de praktijk zullen de criteria voor het aanzetten van een extra reductietechniek zo moeten worden gekozen, dat zij ruimer zijn dan de theoretische waarde.

Ad 4

Modelmatig is hierbij de volgende benadering gekozen :

1. Meteogegevens van 10 jaar voor Eindhoven zijn gedownload van de websites van VROM en KNMI (periode 1995-2004).
2. De meteodata zijn gecontroleerd op data die onjuist zijn of die het model niet aan kan. (Instralingwaarden hoger dan de Angotwaarde zijn tot 75% van die waarde teruggebracht, windsnelheden van 0 m/s zijn vervangen door waarden van $0,5 \text{ ms}^{-1}$, windrichtingen met waarden van 0 en 90 graden zijn geïnterpoleerd tussen de aanliggende waarden (persistentie).
3. Als eerste controle zijn de resultaten voor de 98 percentielen van de eigen meteofile met de resultaten bij gebruik van de standaard meteofile in het model vergeleken. Deze zouden niet veel van elkaar af mogen wijken. Kleine verschillen kunnen te wijten zijn aan verschillen tussen ASG en Kema in reconstructie van fouten in de oorspronkelijke meteodataset.
4. In de gecorrigeerde meteofile worden alle windsnelheden lager dan 1,5 m/s geselecteerd. (Omstreeks 13% van de tijd, dus circa tweemaal zo vaak als de minimum schatting op basis van percentiel vergelijking).
5. De geselecteerde lage windsnelheden worden vervangen door een vaste windsnelheid van 10 m/s.⁽¹⁾
6. De gecreëerde meteofile wordt vervolgens qua format geschikt gemaakt voor gebruik als input van het model. Op deze wijze wordt voor de hele periode van 1995-2004 in één keer berekend.
7. De uitkomsten voor het 98 percentiel op 125 en 250 m afstand ten noorden, oosten, zuiden en westen van de stal worden vergeleken met het 98 percentiel van de stal met emissiereducerende voorzieningen in bedrijf.

Resolutie

Op grotere afstanden van de stal is de invloed van de stalgeometrie gering en worden de concentratieprofielen door uitmiddeling van turbulente transportprocessen regelmatig dan nabij de stal. Op grotere afstanden is daarom geen hoge resolutie in de berekeningen nodig. Op korte afstanden willen we juist de invloed van de stalgeometrie goed zien en is een hoge resolutie gewenst. Om die reden zijn de berekeningen met 3 gridgroottes herhaald met een steeds kleiner grid bij hogere resolutie.

¹ Door alle windsnelheden lager dan 1,5 m/s te vervangen door een windsnelheid van 10 m/s brengen we indirect alle corresponderende geurconcentraties met een factor $10/1,5 = 6.7$ of meer omlaag. De concentraties zijn immers omgekeerd evenredig met de windsnelheden. Deze factor is aan de veilige kant omdat de percentielen zich zullen verhouden als de verschillen in bronsterkte. De verspreidingsomstandigheden en dus de verdunning van de concentraties blijven immers gelijk. Er zit maximaal een factor 2.9 tussen de geurconcentratie die de traditionele stal zonder emissiebeperking verlaat en de stal met voorgeschakelde techniek en wasser.

De gekozen resoluties zijn:

- Grid van 10*10 km met gridafstand 500 m (441 roosterpunten)
- Grid van 1*1 km met gridafstand 125 m (81 roosterpunten)
- Grid van 250*250 m met gridafstand 50 m (36 roosterpunten)

2.5 Effect uitworphoogte berekend met model V-stacks

Voor de stal voorzien van chemische wassers is aanvullend ook met V-Stacks berekend wat de geurbelasting is bij een uitworphoogte van 7, 12 en 15 meter. De gemiddelde gebouwhoogte die voor deze stal moet worden aangehouden in V-Stacks is 6 meter. De staldimensies zijn verder zoals beschreven aan het begin van paragraaf 2.3

2.6 Kosten van maatregelen

Van de bestudeerde maatregelen (paragraaf 2.1) zijn de meerkosten doorgerekend. Uitgangspunten zijn deels ontleend aan Vermeij *et al.* (2009). De energiekosten en de overige jaarkosten (rente onderhoud en afschrijving op de investering) zijn afzonderlijk weergegeven. Bij de energiekosten is onderscheid gemaakt tussen permanente inschakeling (100% van de tijd) en inschakeling gedurende een beperkt % van de tijd: 5%, 10%, 20% en 40% van de tijd.

Tevens zijn de kosten voor ombouw van decentrale naar centrale ventilatie indicatief berekend.

3 Resultaten

3.1 Geurverspreidingsberekeningen

3.1.1 Resultaten bij permanente inschakeling techniek

De resultaten bij permanente inschakeling van de bestudeerde technieken zijn gevisualiseerd in contourenplots van de 98 percentielen. Daarbij is aangesloten bij de grenswaarden die nationaal en gemeentelijk gehanteerd worden:

- 35 $\text{OU}_E \cdot \text{m}^{-3}$ als absoluut maximum.
- 14 $\text{OU}_E \cdot \text{m}^{-3}$ voor niet bebouwd gebied in een concentratie zone.
- 8 $\text{OU}_E \cdot \text{m}^{-3}$ voor bebouwd gebied in een concentratie zone.
- 3 $\text{OU}_E \cdot \text{m}^{-3}$ voor niet bebouwd gebied buiten een concentratie zone.
- 2 $\text{OU}_E \cdot \text{m}^{-3}$ voor bebouwd gebied buiten een concentratie zone.

Om ook afstanden van minimale invloed te visualiseren zijn daar de grenswaarden 1,4; 0,8; 0,3 en 0,2 $\text{OU}_E \cdot \text{m}^{-3}$ aan toegevoegd.

De resultaten laten zien, dat de concentraties aan geur op afstanden groter dan 750 m zeer laag worden. Voor visualisatie is daarom gekozen voor plaatjes van 1500 m x 1500 m.

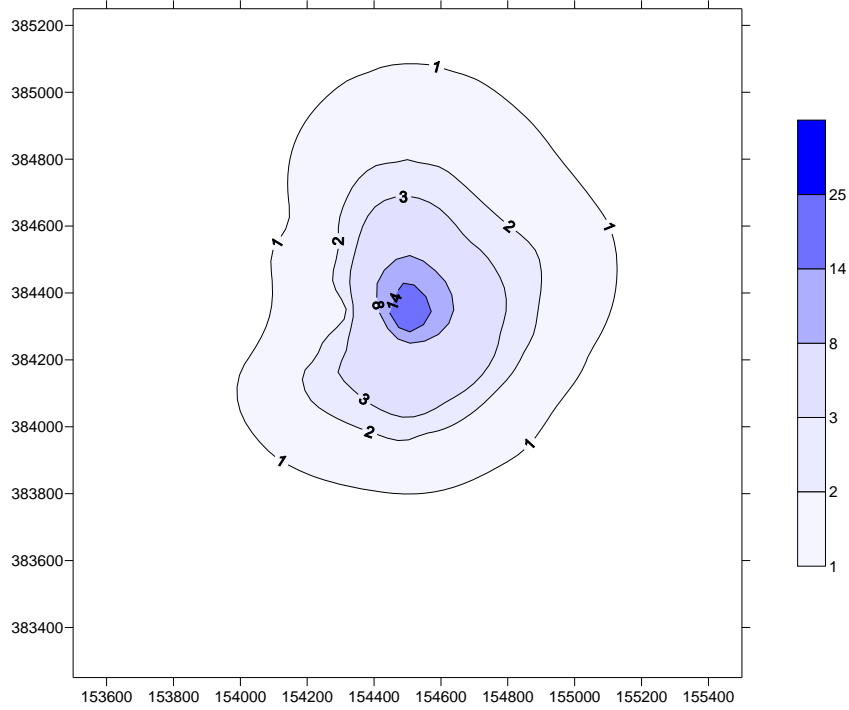
Tussen positionering van de wassers aan de noord- of aan de zuidzijde van de stallen zijn slechts kleine verschillen in de berekende geurcontouren te zien. In deze paragraaf zijn de resultaten daarom alleen bij positionering van de wassers aan de zuidzijde van de stallen weergegeven. De resultaten bij positionering van de wassers aan de noordzijde van de stallen zijn weergegeven in bijlage 3.

In de figuren 5 t/m 10 zijn voor de verschillende situaties steeds de berekende contouren rondom de stal weergegeven. Een contour met waarde 'x' geeft weer op welke afstand van de stal (luchtuitlaat) een geurconcentratie van $x \text{ OU}_E/\text{m}^3$ gedurende 98% van de tijd niet overschreden wordt (en dus gedurende 2% van de tijd wel). Deze contouren zijn een samenvatting van de resultaten die met de geurverspreidingsberekeningen zijn verkregen.

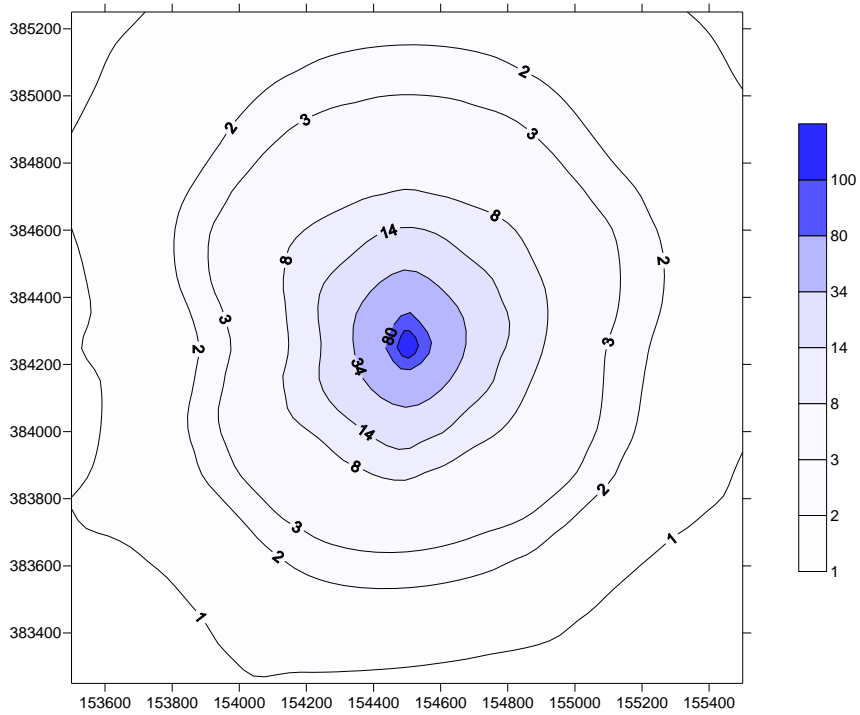
Uit vergelijking van de resultaten in de figuren 5 t/m 10 blijkt dat veruit de hoogste waarden voor het 98 percentiel zijn berekend voor de traditionele stal met uitlaten per afdeling op dakhoogte (figuur 6). Bij aanleg van centrale afzuiging (voorbereiding van uitlaten voor een wasser, zonder plaatsing van de wasser: figuur 7) is reeds een aanmerkelijke verbetering van de situatie berekend.

Daarna volgt de stal met functionerende chemische wassers (figuur 5). De stal met wasser en verdunning met buitenlucht (halvering geurconcentraties en verdubbelde uitlaatsnelheid: figuur 8) geeft weer een duidelijke verbetering ten opzichte van de stal met de wasser zonder verdunning. De combinatie van 'voorgeschakelde techniek + wasser' (figuur 10) en de stal met wasser en 15 m hoge uitlaat (figuur 9) geven de laagste berekende geurbelasting voor de omgeving. Onderling wedijveren beide systemen qua immissieniveau.

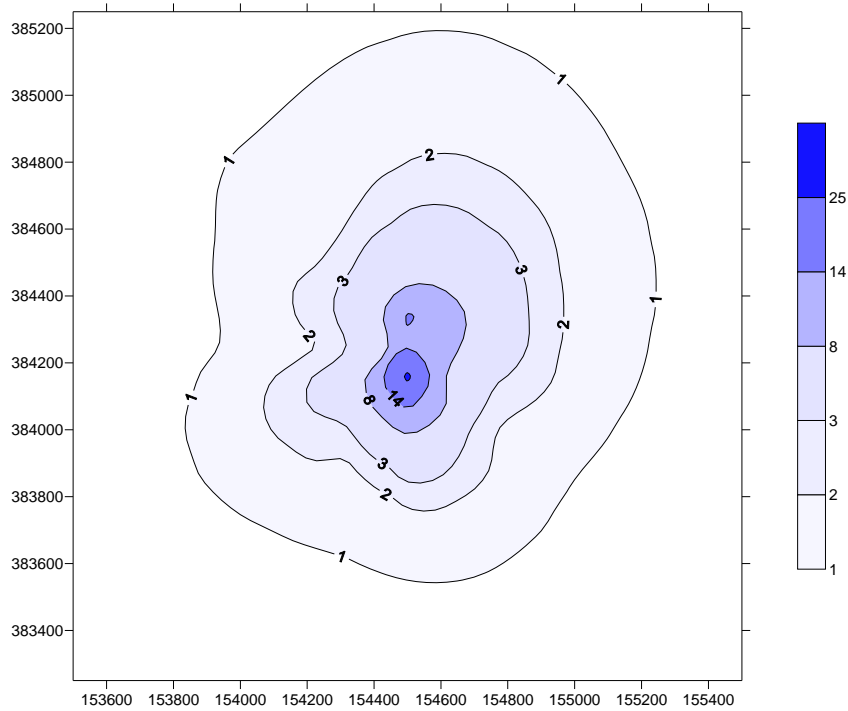
Figuur 5 Contouren van de 98 percentielen voor de referentiestal met water aan de zuidzijde (OU_E/m^3)



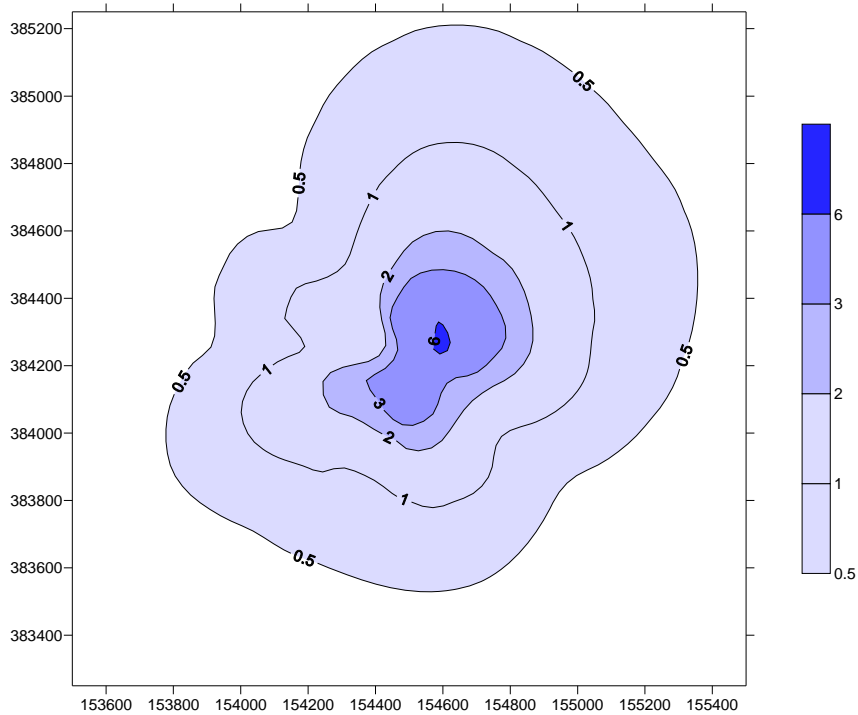
Figuur 6 Contouren van de 98 percentielen voor een traditionele stal met uitlaten per afdeling en zonder emissie reducerende voorzieningen



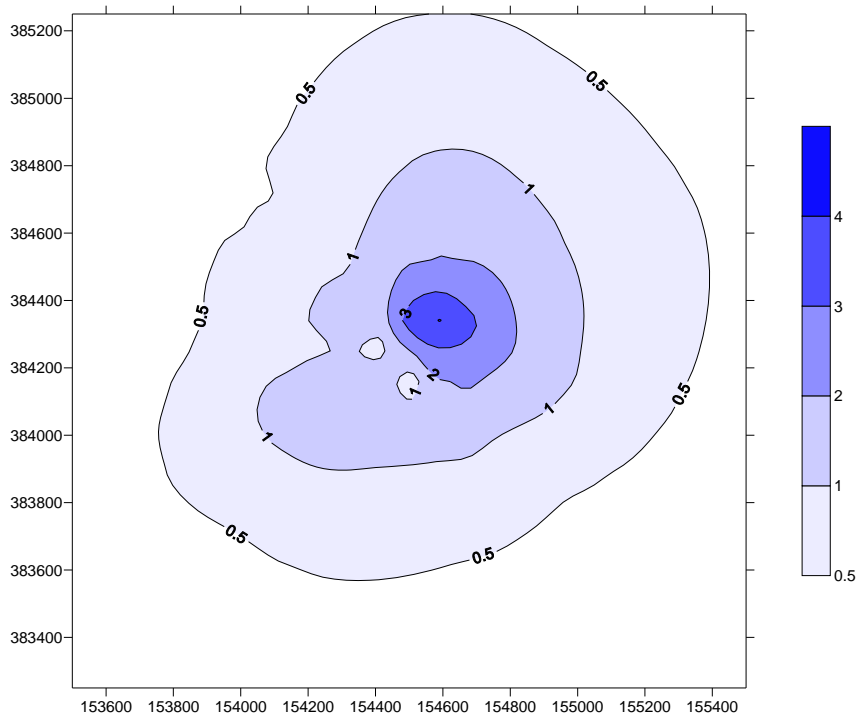
Figuur 7 Contouren van de 98 percentielen voor een stal met centrale afzuiging maar **zonder** wasser (verder zoals referentiestal)



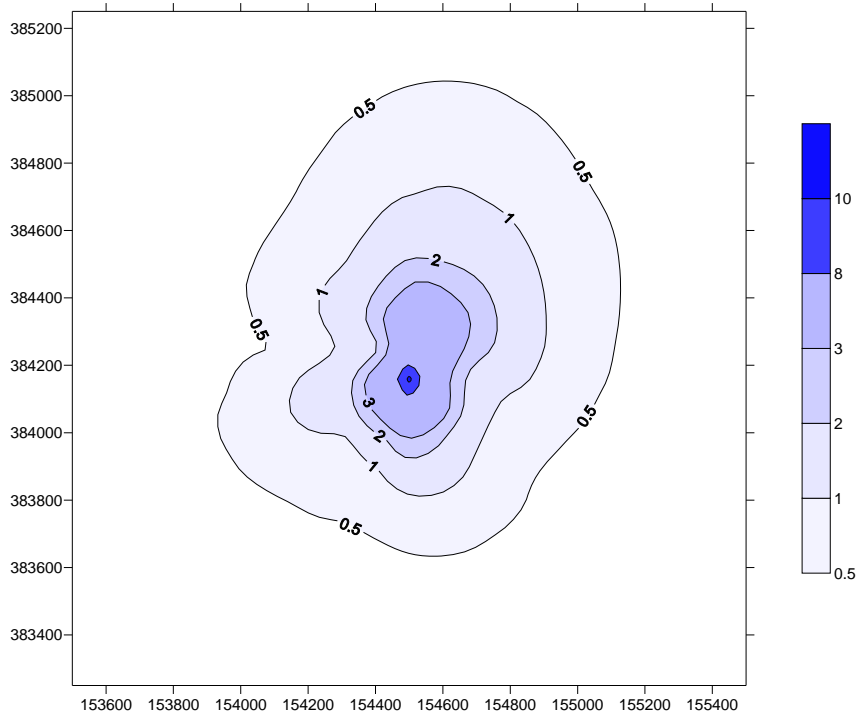
Figuur 8 Contouren van de 98 percentielen voor een referentie stal met wasser en **verdunning** (en tegelijkertijd verdubbelde uitlaatsnelheid)



Figuur 9 Contouren van de 98 percentielen voor een referentie stal met water en 15 m hoge uitlaat



Figuur 10 Contouren van de 98 percentielen voor een referentie stal met voorgeschakelde techniek en water



3.1.2 Schatting minimaal benodigde bedrijfsuren reductietechnieken

In tabel 2 is het gemiddelde en het maximum aantal uren weergegeven dat een installatie ingeschakeld moet zijn om voor de 4 doorgerekende windrichtingen (N, O, Z, en W) altijd onder het 98 percentiel te blijven van de stal met dezelfde installatie permanent in bedrijf.

Tabel 2 Berekende aantal uren dat een installatie minimaal in bedrijf moet zijn om eenzelfde 98 percentiel te halen als wanneer de installatie continu in bedrijf zou zijn. Het minimum aantal uren is gebaseerd op middeling in 4 windrichtingen (N;Z;O;W). Het maximum aantal uren, dat een installatie minimaal aan moet staan is gebaseerd op de meest ongunstige situatie (vaak zuidenwind).

Installatie en positie t.o.v. stal	Afstand m	Minimum h	Maximaal minimum h
Chemische wasser Z	250	280	350
Chemische wasser Z	125	324	394
Chemische wasser N	250	342	526
Chemische wasser N	125	385	701
Verdubbeling ventilatie Z	250	237	394
Verdubbeling ventilatie Z	125	228	307
Verdubbeling ventilatie N	250	306	526
Verdubbeling ventilatie N	125	263	307
Voorgesch. Techniek + wasser Z	250	333	394
Voorgesch. Techniek + wasser Z	125	385	526
Voorgesch. Techniek + wasser N	250	342	438
Voorgesch. Techniek + wasser N	125	385	526

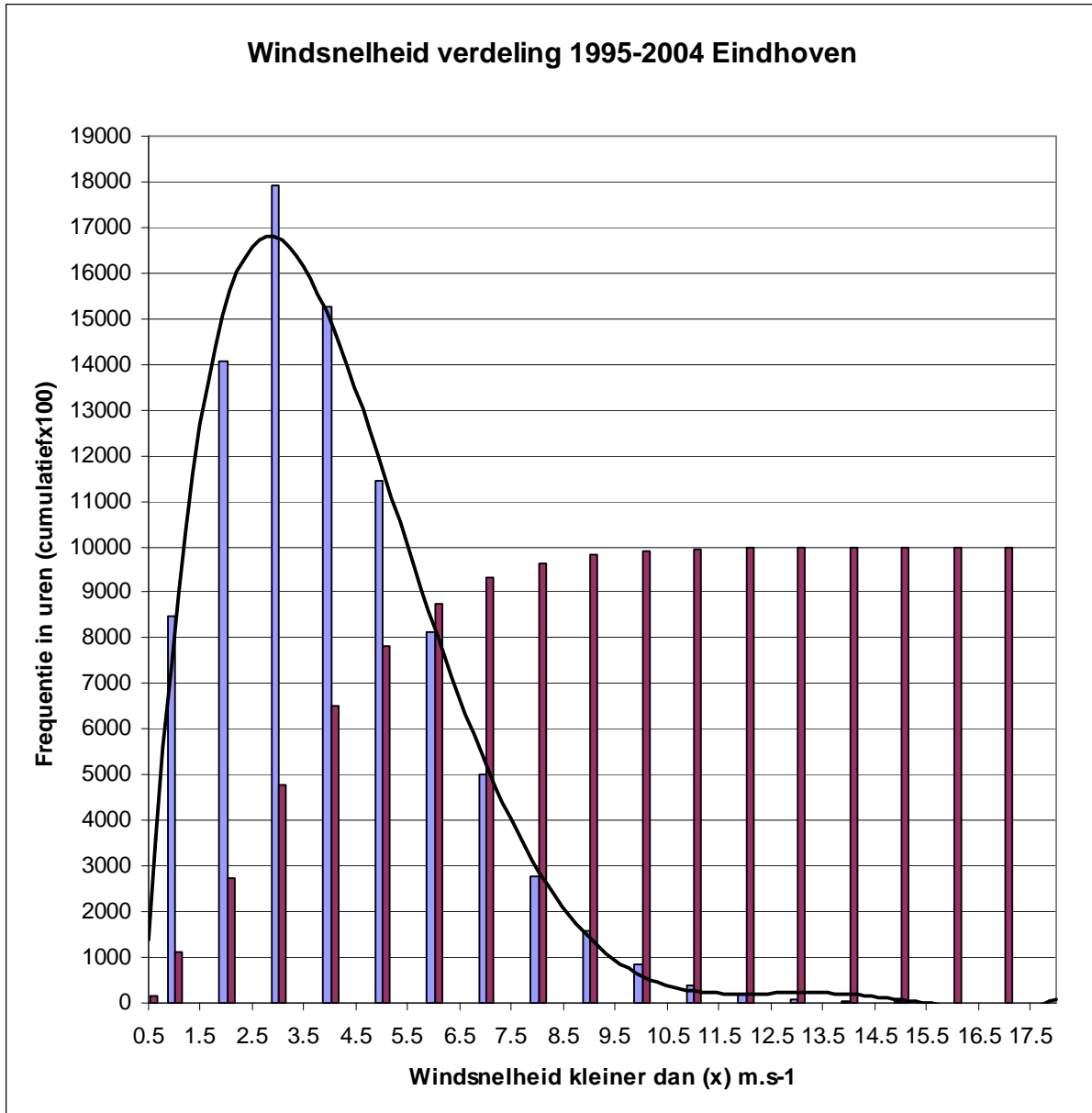
Uit de tabel kan worden afgeleid, dat de plaatsing van de uitlaat van de stal aan de zuidzijde net wat gunstiger uitpakt dan aan de noordzijde. Gaan we van de meest kritische schatting uit, dan ligt de noodzakelijk inschakeltijd omgerekend in dagen tussen 13 dagen en 29 dagen. Hierbij dient te worden bedacht dat dit geen aaneengesloten tijdvakken zijn. Analyse van de weersgegevens in relatie tot de rekenresultaten kan uitsluitsel geven hoe versnipperd de uren zich voordoen.

Naar aanleiding van de resultaten dient op een potentieel probleem van deze analyse te worden gewezen. De berekende minimaal benodigde inschakeltijd varieert tussen 3,5% en 8,0%. Het percentage windstil weer in Eindhoven bedraagt volgens Wieringa en Rijkooft (1983) omstreeks 6%. De rekenresultaten zijn sterk afhankelijk van de wijze, waarop in het rekenmodel met windstil weer wordt omgegaan. Qua vergunningverlening is dit geen punt, omdat de procedure als zodanig is vastgelegd. Voor de praktische schatting van de benodigde inschakeltijd van reductiesystemen betekent dit waarschijnlijk, dat in elk geval alle situaties met windstil weer ($v < 1$ m/s) meegenomen moeten worden. De minimale inschakeltijd komt daarmee op 6% of 526 uren voor Eindhoven en 175 uren voor Schiphol (2% van de tijd windstil).

3.1.3 Effect van het uitsluitend inschakelen van een techniek bij lage windsnelheid

In figuur 11 is de frequentieverdeling weergegeven van de windsnelheden in Eindhoven op 10 m meethoogte voor de jaren 1995 tot en met 2004.

Figuur 11 Verdeling van de windsnelheden in Eindhoven op 10 m meethoogte voor de jaren 1995 tot en met 2004. Op de Y-as is de frequentie in uren per 10 jaar (blauw) en de cumulatieve frequentieverdeling in procenten maal 100 (rood) weergegeven.



In tabel 3 zijn de berekende 98 percentielen weergegeven bij inschakeling van technieken tot een luchtsnelheid van 1,5 m/s. Doel was om met inschakeling bij $v < 1,5$ m/s in de buurt van de 98 percentielen voor de stallen met continue inschakeling van emissiebeperkende maatregelen te komen. Uit de tabel kan afgeleid worden dat de waarden bij continue inschakeling toch substantieel lager zijn.

In de referentiesituatie en de situatie met voorgeschakelde techniek en wasser is er alleen sprake van een verschil in bronsterkte. Bij dezelfde meteorologie en dezelfde verdunningfactoren zullen de 98 percentielen zich dan verhouden zoals de bronemissies. Dit zowel bij continue inschakeling als bij inschakeling bij alleen $v < 1,5$ m/s. Proportioneel zijn dus dezelfde effecten te verwachten van het 'piekscheren' ten opzichte van permanent operationele techniek.

Voor de situatie met verdunning is de situatie gecompliceerder, omdat de emissie hetzelfde blijft, de aanvangsconcentratie bij verdubbeling van de ventilatie wel halveert, maar de pluimstijging door de hogere ventilatie ook groter wordt.

Tabel 3^A Berekende 98 percentiel waarde op een afstand van 125 en 250 m van de stal (het emissiepunt) bij continue inschakeling versus bij inschakeling bij windsnelheden lager dan 1,5 m/s ($v < 1,5$ m/s). De waarden zijn weergegeven bij positionering van de wassers aan de *zuidzijde* van de stallen.

Installatie	Afstand m	Continu (OU _e /m ³)	Alleen bij $v < 1,5$ m/s (OU _e /m ³)
Chemische wasser	250	3,2	4,5
Chemische wasser	125	10,1	14,4
Verdunnen	250	2,3	3,2
Verdunnen	125	5,1	8,3
Voorgeschakelde techniek	250	1,8	4,3
Voorgeschakelde techniek	125	5,7	13,5

Tabel 3^B Berekende 98 percentiel waarde op een afstand van 125 en 250 m van de stal (het emissiepunt) bij continue inschakeling versus bij inschakeling bij windsnelheden lager dan 1,5 m/s ($v < 1,5$ m/s). De waarden zijn weergegeven bij positionering van de wassers aan de *noordzijde* van de stallen.

Installatie	Afstand m	Continu (OU _e /m ³)	Alleen bij $v < 1,5$ m/s (OU _e /m ³)
Chemische wasser	250	3,3	4,5
Chemische wasser	125	10,6	14,5
Verdunnen	250	2,4	3,3
Verdunnen	125	5,5	7,8
Voorgeschakelde techniek	250	1,8	4,5
Voorgeschakelde techniek	125	5,9	14,5

Uit de resultaten van de berekeningen (tabel 3) blijkt dat inschakeling bij **alleen windsnelheden kleiner dan 1,5 m/s** voor de beperkende maatregelen geen gelijkwaardige oplossing is. De berekende 98 percentielwaarden zijn dan zowel bij situering van het emissiepunt aan de noordzijde als bij situering aan de zuidzijde van de stal immers toch hoger dan bij continue inschakeling.

3.1.4 Effect van inschakeling van een wasser bij windsnelheden lager dan 2 of 3 m/s

Omdat het berekende effect van sturing op windsnelheden lager dan 1,5 m/s wat tegenviel, is bij toepassing van een wasser nader verkend wat inschakeling tot windsnelheden van 2 of 3 m/s oplevert.

Dit is op analoge wijze modelmatig benaderd als in de vorige paragraaf: in de meteorologische inputfile zijn alle windsnelheden ≤ 2 m/s vervangen door 15 m/s. Gemiddeld over 10 jaren is gedurende 27,4 % van het jaar de windsnelheid lager dan of gelijk aan 2 m/s .

Hetzelfde is ook nog uitgevoerd voor windsnelheden ≤ 3 m/s (47,8% van de tijd). De resultaten zijn weergegeven in tabel 4.

Tabel 4 Vergelijking van 98 percentielwaarden voor stallen met luchtwassing continu in bedrijf en uitlaten aan de Zuidzijde met dezelfde stal met alleen verlaagde emissie bij windsnelheden lager dan 1,5 m/s ; bij windsnelheden lager dan 2 m/s en bij windsnelheden lager dan 3 m/s.

Afstand m	Inschakeling wasser	OU _e /m ³	% tijd ingeschakeld
125	continu	10,1	100
250	continu	3,2	100
125	$v < 1,5$ m/s	14,4	11,3
250	$v < 1,5$ m/s	4,5	11,3
125	$v < 2$ m/s	12,5	27,4
250	$v < 2$ m/s	4,1	27,4
125	$v < 3$ m/s	12,3	47,8
250	$v < 3$ m/s	3,2	47,8

Uit tabel 4 blijkt dat de 98-percentielen voor stallen met “deeltijd”-inschakeling van een wasser dichterbij de 98 percentielen bij voltijdse inschakeling van een wasser komen naarmate de inschakelwindsnelheid hoger wordt gekozen en de voorzieningen dus ook langer in bedrijf zijn.

3.1.5 Berekend effect van uitworphoogte chemische wasser volgens V-Stacks

De verspreidingsberekeningen in de voorgaande paragrafen zijn gedaan met de uitvoerige versie van het Nieuwe Nationale Model (Stacks V 9.1). In deze paragraaf zijn oriënterende berekeningen met V-Stacks (Versie 2010.1) weergegeven. Dit is het wettelijke instrument dat bij vergunningen wordt gebruikt.

De met V-Stacks berekende geurbelasting van 2 stallen met chemische wassers met een uitworphoogte van 7, 12 en 15 meter is in tabel 5 weergegeven bij 2 oppervlakteruwheden.

Tabel 5 Met V Stacks Vergunning (V2010.1) berekende geurbelasting (98-percentielwaarde, OU_e/m^3) bij een uitworphoogte van 7, 12 en 15 meter; dit bij een ruwheid van 0,5 en 0,25 meter. De berekende 98- percentielwaarden op een afstand van 125 en 250 meter van de stallen zijn weergegeven.

Hoogte	Ruwheid	125 m	250 m
7	0,5	19,3	6,0
12	0,5	16,0	6,4
15	0,5	11,3	5,4
7	0,25	23,0	7,5
12	0,25	15,6	7,6
15	0,25	9,5	5,7

Uit tabel 5 blijkt dat de geurbelasting op 125 meter afstand van de stallen (emissiepunten) afneemt bij een hogere uitworp (van 7 naar 12 en van 12 naar 15 meter). Op 250 meter van de stallen neemt de geurbelasting wel af als de uitworphoogte van 7 naar 15 meter wordt aangepast. Bij een uitworphoogte van 12 meter is er op 250 meter geen afname van de geurbelasting ten opzichte van een uitworphoogte van 7 meter.

3.2 Kosten

Kosten maatregelen

De berekende meerkosten per dierplaats van de maatregelen ten opzichte van een referentiestal zonder die maatregelen zijn weergegeven in tabel 6. De energiekosten en de overige jaarkosten (rente onderhoud en afschrijving op de investering) zijn afzonderlijk weergegeven. Bij de energiekosten is onderscheid gemaakt tussen permanente inschakeling (100% van de tijd) en inschakeling gedurende een beperkt % van de tijd.

Tabel 6 Meerkosten van maatregelen bij permanente inschakeling (100%) of inschakeling gedurende een beperkt % van de tijd, in € per varkensplaats

Maatregel	Invester- ring	Jaarkosten investering	Energiejaarkosten				
			100%	40%	20%	10%	5%
Hogere uitworp na wasser	15	2,30	0	0	0	0	0
Verdunnen na wasser*	12	1,70	2,65	1,06	0,53	0,27	0,13
+ aanpassing standaard vent	+10%	+10%	+20%	+20%	+20%	+20%	+20%

* inclusief kosten van een eenvoudig meteorostation waarmee de buitentemperatuur en luchtsnelheid nabij de stal gemeten kunnen worden, zodat het systeem bij weersomstandigheden die een hoge geurbelasting geven ingeschakeld kan worden en daarna weer uit

Bij de kosten van verdunnen na de wasser is in tabel 6 een toeslag van 10% aangegeven vanwege de benodigde krachtigere ventilatoren voor de wasser. Vanwege het hogere benodigde vermogen om de grotere tegendruk na de wasser te overwinnen is bij de energiejaarkosten een toeslag van +20% aangegeven. Dit is het extra elektriciteitsgebruik voor standaardventilatoren die voor de wasser geïnstalleerd zijn.

De kosten van voorgeschakelde geurreducerende technieken (zoals afbraak van geurcomponenten met UV licht in een met Titaniumoxide gecoate ruimte) kunnen nog niet berekend worden omdat deze technieken nog niet op praktijkschaal zijn ontwikkeld. Over de opschaling van laboratoriumopstelling naar praktijkstallen is nog onvoldoende bekend.

Kosten luchtwassers

Ter informatie zijn in tabel 7 de investeringsbedragen en de jaarkosten van diverse luchtwassystemen weergegeven. Deze bedragen zijn ontleend aan de KWIN-V (2009-2010).

Tabel 7 De investeringsbedragen en tussen haakjes de jaarkosten van diverse luchtwassystemen, € per dierplaats

Systeem	Vleesvarken	Gespeend	Kraamzeugen	Dragend/gust
Chemisch 70%	30 (8)	10 (2,0)	105 (20)	60 (15)
Chemisch 95%	35 (11)	12 (3,5)	120 (30)	70 (20)
Biologisch 70% met denitrificatie	40 (10)	15 (3,0)	170 (30)	90 (20)
Combiwasser 85%	50 (12)	16 (4,0)	170 (35)	100 (23)

Kosten ombouw van decentrale naar centrale ventilatie

Bij het berekenen van de kosten van ombouw is aangenomen dat de ventilatoren en de regelkasten van de afdelingen verwijderd worden. De restwaarde hiervan is gelijk verondersteld aan de kosten van het verwijderen. Dit betekent een waardeverlies voor de huidige ventilatie. Uitgegaan is van 50% van de nieuwwaarde (halverwege de afschrijftermijn).

De bouw van een centraal afzuigkanaal vindt plaats in de nok van de stal. In verband met verbouw in een bestaande stal in plaats van nieuwbouw is gerekend met 25% extra kosten ten opzichte van de bouw van een centraal afzuigkanaal in een nieuwe stal.

Ombouw van decentrale naar centrale ventilatie vereist een investering van € 18,52 per varkensplaats en gaat gepaard met jaarkosten van € 2,87.

Vleesvarkens		Investering	Jaarkosten
Reservering bestaande ventilatie	50% nieuwwaarde	€ 5,37-	€ 0,83-
Bouw centraal afzuigkanaal	25% extra kosten	€ 17,70	€ 2,74
Nieuwe ventilatie		€ 6,19	€ 0,96
Totale investering per vleesvarkenplaats		€ 18,52	€ 2,87

4 Discussie

Sturing op lage windsnelheid

Het hoge percentage benodigde inschakeltijd om de situatie bij continue inschakeling te benaderen, lijkt er op te duiden dat sturing op alleen lage windsnelheid wellicht niet de meest adequate aanpak is om tijdelijke inschakeling van geurreducerende maatregelen op te sturen.

Voor (nieuwbouw-)locaties waar de geurbelasting niet over een kritische grens gaat, kan het echter toch overwogen worden, aangezien de operationele kosten daarmee wel substantieel verlaagd kunnen worden.

Wanneer hoge geurbelasting

Omdat de berekende effectiviteit wat tegenvalt bij sturing op alleen een lage windsnelheid zetten we hier op basis van de huidige stand van de wetenschap over verspreiding van gasvormige stoffen kort op een rij wanneer een hoge geurbelasting verwacht mag worden; wat zijn de uitwisselingsarme omstandigheden, die zorgen dat hoge geurconcentraties rondom een emissiebron optreden?

Allereerst is er de *windsnelheid*. Waait het twee keer zo hard als gemiddeld, dan wordt de geur in twee keer zoveel lucht opgenomen en is de concentratie de helft van het gemiddelde. Halveert de luchtsnelheid, dan is de concentratie tweemaal zo hoog. Een reden om de windsnelheid als belangrijke bepalende factor goed in het oog te houden.

Een tweede factor is de *atmosferische stabiliteit*. Dat is in feite een maat voor de mechanische en thermische turbulentie in de atmosfeer. Is er veel turbulentie, dan wordt de atmosfeer goed gemengd en gaat verdunning hard. Is er weinig turbulentie (geringe of geen instraling van de zon en weinig wind= stabiele atmosfeer) dan is er weinig menging en beweegt de lucht zich uit de uitlaat als een smalle pluim met hoge concentraties voort. Bevindt zich die pluim dicht bij de grond, dan kan dat al gauw aanleiding geven tot hoge concentraties op leefniveau en hinder. Deze situatie kan zich vooral 's nachts en op een sombere winterdag voor doen. Een tweede situatie met hoge concentraties kan optreden bij *lage windsnelheid gecombineerd met veel zonne-instraling* (een mooie zomers dag). Net als bij stabiel weer zorgt de lage windsnelheid niet voor veel verdunning. In dit geval is de verticale (en horizontale) menging wel effectief door alle opstijgende warmte bellen (thermische turbulentie) van de grond. Dicht bij de bron vinden we dan hoge concentraties, doch deze nemen door de goede menging snel af met de afstand.

Een derde situatie geldt ook alleen dicht bij de bron. *Bij hoge windsnelheden kan er achter een stal een lijwervel ontstaan*. Een deel of alle emissies van de stal kunnen in deze lijwervel terecht komen, waardoor de concentraties in de lijwervel hoog zijn. De mate waarin emissies in de lijwervel komen is niet alleen afhankelijk van de windsnelheid maar ook afhankelijk van de warmte-inhoud van de afgassen (stijgkracht), de uitworphoogte boven het dak van de stal en de uitworpsnelheid van de gassen.

In de meeste geschetste situaties met een hoge geurbelasting is er sprake van een lage windsnelheid. Die situaties zijn in dit rapport in de berekeningen met sturing op windsnelheid geadresseerd. De situaties waarin bij hoge windsnelheid een zodanige lijwervel ontstaat dat de geurbelasting nabij de stal sterk toeneemt, zijn nog niet geïdentificeerd. Dit vereist nadere studie met veel omvangrijke berekeningen. In vervolgonderzoek zou hier verder naar gekeken kunnen worden. Dit kan ook relevant zijn voor de verspreiding van fijnstof en ammoniak en dus verdient een gebundelde aanpak aanbeveling.

Kosten van maatregelen

Omdat geurbelasting beperkende maatregelen veelal gepaard gaan met extra investeringen en extra energieverbruik zal uiteindelijk per bedrijf en locatie gezocht moeten worden naar een juiste balans tussen de uitvoering van dergelijke technische maatregelen, de effecten op geurbelasting en de eventuele extra productiecapaciteit die hierdoor kan worden geschapen.

De berekende kosten van een verhoging van de uitlaat van een wasser kunnen in knellende situaties acceptabel zijn. De kosten van andere maatregelen zullen hiermee qua kosteneffectiviteit moeten concurreren

Verdunning van de uitworp met opbouw van extra ventilatoren na de wasser die gelijktijdig een verdubbeling van de luchtsnelheid in de koker geven, gaat gepaard met een 4x zo hoge druk direct boven de wasser. Door aangepaste ventilatoren (type voor hogere druk) te installeren voor de wasser kan dit opgevangen worden. Hierdoor wordt de investering in ventilatoren voor de wasser wel ca. 10% hoger en het elektriciteitsverbruik van de ventilatoren voor de wasser wordt ca. 20% hoger. Deze percentages zullen per stalsituatie variëren en zijn ondermeer afhankelijk van de reservecapaciteit van de geïnstalleerde ventilatoren en de karakteristieken bij hoge frequenties.

Een alternatief waarbij het drukprobleem niet ontstaat (maar dat in deze studie niet verder is uitgewerkt) is verdubbeling van de oppervlakte van de uitstroomopening. Dan halveert de geurconcentratie wel, maar neemt de uitreesnelheid niet toe ten opzichte van de situatie zonder verdubbeling van de diameter van de uitstroomopening. De in dit rapport bestudeerde situatie met zowel halvering van de geurconcentratie als verdubbeling van de uitreesnelheid zal uiteraard de geurbelasting sterker doen afnemen dan wanneer maar één van beiden wordt aanpast.

Controle en handhaving

De optie piekscheren zal nog door de overheid geaccepteerd moeten worden als controleerbare en handhaafbare systematiek. Technisch is het mogelijk om aan een emissiereducerend systeem een datalogger te koppelen die de tijden registreert waarop het systeem aan en uitgeschakeld is. Ook het regelsysteem dat de aansturing van de techniek aanstuurt, kan toegankelijk gemaakt worden voor controleurs zodat de rekenregels die toegepast worden gecontroleerd kunnen worden. Tenslotte zou het elektriciteitsverbruik van een reductiesysteem apart geregistreerd kunnen worden. Eventueel kunnen de registraties via internet ook op afstand controleerbaar gemaakt worden. Kortom technisch is de controleerbaarheid afdoende te borgen.

De optie piekscheren is vooralsnog niet opgenomen in V-Stacks maar dit zou in een nieuwe versie wel ingebouwd kunnen worden.

Een hogere uitworphoogte is eenvoudig fysiek waarneembaar en controleerbaar. Een eenmalige controle bij oplevering of bij een nadien aangebrachte modificatie is afdoende; eventueel kan nadien een incidentele controle snel uitgevoerd worden.

Modelmatige benadering en vergelijking NNM met V-stacks

Studies als deze zijn altijd aan een aantal beperkingen onderhevig. Een logische vraag is "Hoe goed is het model?"

Het Nieuw Nationaal Model en deze versie Stacks-9.1 wordt nationaal gezien als het beste model om concentraties van luchtverontreiniging in Nederland op lokale schaal te schatten. Andere modellen worden aan dit model getoetst. Daarnaast zijn met dit model verspreidingsberekeningen gedaan voor ammoniak uit stallen en de optredende ammoniakconcentraties op twee meetpunten, die daartoe speciaal waren neergezet (Smits *et al.*, 2005; van Pul *et al.*, 2008) met elkaar vergeleken. De standaard deviatie van de relatie tussen berekende en gemeten concentraties was van de orde van grootte van 10%, wat extreem goed is te noemen (Hofschreuder *et al.*, 2007). Een model is immers altijd een benadering van de werkelijkheid.

AAgro-Stacks en ook V-Stacks maakt gebruik van een vereenvoudigde gebouwmodule, die vooral op korte afstanden een afwijkende schatting van de concentraties geeft t.o.v. Stacks. Om die reden wordt aanbevolen de vereenvoudigde module voor V-Stacks en AAgro-Stacks versie 2.0 te verbeteren.

Een tweede verschil tussen Stacks en V-Stacks is, dat V-Stacks werkt met een discrete keuze tussen de meteo van Schiphol of van Eindhoven (SRE *et al.*, 2006), terwijl de huidige versie van Stacks (9.1) en ook AAgro-Stacks met een interpolatie op basis van Amersfoortse coördinaten werken.

Bedacht dient wel te worden dat de optredende verschillen nog altijd kleiner zijn dan de verschillen tussen Stacks en de afstandstabel (geurcirkels) die voorheen werden gebruikt (Hofschreuder *et al.*, 2005).

Opmerkelijk is dat in een pretest voor dit project bleek dat de berekende waarden met een eigen meteofile voor Eindhoven in vergelijking met de standaard meteofile in het model goed overeenkomen voor de berekening van het 98 percentiel, maar minder goed voor bijvoorbeeld het 90 percentiel. Dit duidt er op dat de extremen goed en vergelijkbaar in beeld komen, maar dat meer voorkomende situaties grotere verschillen te zien geven. Dit kan komen door verschillen in reparatie van ontbrekende waarden en fouten in de ruwe meteo data en het zetten van de minimum windsnelheid op 0,5 m/s. Gezien de geringe invloed van de lage windsnelheden op het 98 percentiel worden deze invloeden echter gering geacht. De enige variabele, die niet in de hand gehouden kan worden en ook niet controleerbaar is, is het gebruikte temperatuur profiel in de verticaal, dat de verticale verspreiding beïnvloedt. Hier kunnen mogelijkwijs verschillen optreden.

De keuze van vervanging van lage windsnelheden (lager dan resp. 1,5; 2; 3 m/s) door resp. 10; 15 en 20 m/s lijkt een veilige methode om de invloed van lage windsnelheden te elimineren. Bij die lage windsnelheden worden namelijk emissiebeperkende maatregelen ingeschakeld en zal de concentratievermindering recht evenredig zijn met de reductie in emissies. Door de windsnelheid zo te verhogen dat de optredende concentraties in die omstandigheden altijd lager zullen zijn dan bij toepassing van emissiereductie (de verlaging door toename in windsnelheid is groter dan het quotiënt

tussen niet beperkte en beperkte emissie) wordt een veilige schatting van het 98 percentiel verkregen. Ondanks dat levert inschakeling gedurende 47% van de tijd (windsnelheden lager dan 3 m/s) nog hogere 98 percentielwaarden dan permanente inschakeling. Overwogen kan worden om te zoeken naar een betere inschatting van omstandigheden, waarbij hoge concentraties optreden. Daarnaast zou gezocht kunnen worden naar meteo-omstandigheden waarbij de omwonenden potentieel meer geurhinder ervaren zoals op zwoele zomeravonden als velen buiten zitten of de ramen 's avonds en 's nachts open houden.

Om berekeningen met een model (Stacks 9.1) dat de meteo interpoleert tussen Schiphol en Eindhoven te kunnen vergelijken met de meteo van een vaste plek (Eindhoven) is ervoor gekozen de stal op het vliegveld Eindhoven te plaatsen. Dit heeft invloed op de automatisch voor die plek berekende ruwheid, die omstreeks 0,5 m bedraagt. Dit omdat het vliegveld omgeven is door bos. In het algemeen zal de gemiddelde ruwheid van de omgeving wat lager zijn (0,2-0,3 m). Dit resulteert theoretisch in wat lagere concentraties op heel korte afstanden, omdat de pluim minder snel op leefniveau komt en wat hogere concentraties op grotere afstanden door minder turbulente menging. Of dit ook werkelijk zo is, is een vraag, die in het licht van het probleem om de uitwisselingsarme omstandigheden goed te identificeren niet beantwoord kan worden.

5 Conclusies

- Bij de gekozen uitgangspunten qua stalgeometrie is het in alle gevallen iets gunstiger om de uitlaat van de stallen aan de zuidzijde te plaatsen dan aan de noordzijde.
- De hoogste waarden voor het 98 percentiel zijn gevonden voor de traditionele stal met uitlaten per afdeling op dakhoogte.
- Aanleg van centrale afzuiging (voorbereiding van 2 uitlaten voor een wasser, zonder plaatsing van de wasser) geeft reeds een aanmerkelijke verbetering van de situatie.
- De combinatie van een voorgeschakelde techniek en wasser wedijvert qua immissieniveau met de stal met wasser en 15 m hoge uitlaat. Deze combinaties geven de laagste geurbelasting voor de omgeving.
- De stal met wasser en verdunning met buitenlucht (halvering concentraties en verdubbelde uitlaatsnelheid) geeft wat hogere immissieniveaus dan beide voorgaande systemen, maar duidelijk lager dan de stal met wasser zonder verhoogde uitlaatsnelheid.
- Het alleen bij lage windsnelheden ($< 1,5$ m/s) inschakelen van de emissiereducerende maatregelen blijkt niet voldoende om het 98 percentiel van continu werkende emissiebeperkende maatregelen te benaderen.
- Verhoging van de windsnelheid van inschakeling van 1,5 m/s (11,3% van de tijd) via 2 m/s (27% van de tijd) naar 3 m/s (47,8% van de tijd voor een standaardstal met wasser geeft wel een steeds betere benadering van het 98 percentiel bij continue inschakeling, doch bereikt die waarde nog niet.
- Overwogen kan worden om naar betere selectiecriteria dan alleen de windsnelheid te zoeken voor in en uitschakeling van emissiebeperkende maatregelen.
- Behalve de atmosferische verspreiding condities speelt ook de dynamiek in emissies een rol. Belangrijk zijn hoge (mest)temperaturen (hoge geuremissie) in combinatie met uitwisselingsarme atmosferische omstandigheden.
- Verhoging van de wasser (uitworphoogte) is een interessante optie die kosteneffectief kan zijn voor individuele bedrijven.
- Om een concurrerend alternatief te zijn, zullen de kosten van voorgeschakelde technieken die nog in ontwikkeling zijn van een vergelijkbaar niveau of lager moeten zijn dan die van verhoging van de uitworphoogte.
- De operationele kosten van verdunning van de lucht na de wasser nemen sterk toe naarmate de inschakeltijd hoger is; bij een beperkte inschakelduur kan deze maatregel wel concurreren met andere maatregelen.

6 Aanbevelingen voor onderzoek

Op basis van dit rapport worden de volgende aanbevelingen gedaan:

In dit rapport zijn diverse mogelijkheden verkend op basis van modelberekeningen in een beperkt aantal stalsituaties. Om een volledig beeld te krijgen van de impact verdient het aanbeveling om voor de meest perspectiefvolle maatregelen een uitvoerigere serie berekeningen bij diverse stalsituaties (stalgeometrie en omgevingskarakteristieken) te doen.

Tevens is het wenselijk om bij implementatie van maatregelen in pilots te monitoren of de berekende effecten overeenkomen met de gemeten effecten.

Nader onderzoek naar de mate waarin bij hoge windsnelheden een ophoping van geur in de lijwervel kan ontstaan (volgens modelberekeningen en in praktische situaties) is wenselijk. Het lijkt logisch om daarbij een gecombineerde aanpak na te streven met de andere gasvormige emissies en fijnstof waar dit fenomeen ook een belangrijke impact kan hebben op de berekende verspreiding op korte en langere afstanden.

In de huidige versie van het geurverspreidingsmodel dat voor vergunningen wordt toegepast (V-Stacks) ontbreken enkele verfijningen die in de complete versie van het nieuwe nationale model al wel zijn opgenomen; met name een verfijnde gebouwmodule zou de werkelijkheid beter benaderen. Bij implementatie van maatregelen zoals in dit rapport verkend, is toetsing aan een zo compleet mogelijk model wenselijk.

Referenties

Hofschreuder, P, Willers, H.C & N.W.M. Ogink, 2005. Geurhinder en geurbeleving; een vergelijking tussen de afstandstabel en berekeningen met het Nieuw Nationaal Model. Wageningen UR, A&F report 551, 46 pp.

Hofschreuder, P., Wolff, J. de, Erbrink, H.J.& N.W.M. Ogink., 2007. AAgro-Stacks ammoniak-depositiemodel voor veehouderijen: Modelbeschrijving, achtergronden en vergelijking. Vertrouwelijk rapport. Wageningen UR, Animal Sciences Group, 93 pp.

Hofschreuder, P & N.W.M. Ogink, 2005. Ontwikkeling van een geurverspreidingsmodule voor beleidsinstrument stankregulering veehouderij; Toepassingsmogelijkheden van het NNM. Wageningen UR, A&F rapport 551, 90 pp

Melse, R.W., 2009. Air treatment techniques for abatement of emissions from intensive livestock production. Proefschrift Wageningen Universiteit, 196 pp

Melse, R.W. & J.C.T.J. Franssen, 2010. Elektronische monitoring van luchtwassers op veehouderijbedrijven. Wageningen UR, Livestock Research rapport 349, 15 pp.

SRE, Kema, Prov. Noord Brabant, VROM & Infomil, 2006. Gebruikershandleiding V-Stacks vergunning; Verspreidingsmodel bij de Wet Geurhinder en Veehouderij. SenterNovem, 35 pp.

Vermeij, I., Bosma, A.J.J., Evers, A.G., Harlaar, W. & F.G. Vink, 2009. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2009-2010. Handboek 11, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad

Wieringa, J, & , P.J. Rijkoort, 1983. Windklimaat van Nederland. Staatsuitgeverij Den Haag, ISBN 90 12 044669, 263 pp.

Referenties voorstudie reductietechnieken

Ahn, H., S. Chae, *et al.* (2007). Efficient taste and odour removal by water treatment plants around the Han River water supply system. *Water-Science-and-Technology* 55(5): 103-109.

Asman, W. (2008). Entrapment of ammonia, odour compounds, pesticide sprays and pathogens by shelterbelts, DJ F Plant Science Report No. 135, Faculty of Agricultural Sciences University of Aarhus, Denmark, 167 pp.

Blanes-Vidal, V., M. N. Hansen, *et al.* (2009). Characterization of odor released during handling of swine slurry: Part II. Effect of production type, storage and physicochemical characteristics of the slurry. *Atmospheric Environment* 43(18): 3006-3014.

Brose, G., E. G., E. Hartung and T. Jungbluth (2001). Detection of the dynamics of odour emissions from pig farms using dynamic olfactometry and an electronic odour sensor. *Water Science & Technology* 44(9) 9-64

Coulson, J.M. & J.F. Richardson (1991). *Chemical Engineering Vol 2* (4th ed.): Particle technology & separation processes, 979 pp.

Decottignies, V. G. F., A Bruchet (2007). Characterisation of odour masking agents often used in the solid waste industry for odour abatement. *Water science and technology* vol:55 (5): 359-364

Dorin, B., M. R. Lisa, *et al.* (2007). Electrochemical Deodorization and Disinfection of Hog Manure. *The Canadian Journal of Chemical Engineering* 85(6): 929-935.

Gates, R.S. (2009) US animal feeding operations air emissions mitigation, state of science University of Kentucky

Hofschreuder, P. (2008). Inzet van groenelementen rond agrarische bedrijven om luchtkwaliteit te verbeteren: een quick scan. Lelystad : Animal Sciences Group, (Rapport 136/ Animal Sciences Group rapport 136 - p. 15.

Jeavons, J., P Hodgson, J Upton (2000). Matching odour treatment processes to odour sources. *Water Science & Technology*, 41 (9): 227-232.

Kleeberg, K., M Schlegelmilch, J Streese, H Steinhart & R Stegman (2005). Odour abatement strategy for a sustainable odour management. *Proceedings Tenth Int. Waste Management and Landfill Symposium, CD ROM Proceedings, Sardinia, Italy.*

- Koziel, J., Yang, X, Cutler, T, Zhang, S, Zimmerman, J, Hoff, SJ, Jenks, WS, Van Leeuwen, H, and Y. Laor, Uzi, R & A Robert (2008). Treatment of livestock odor and pathogens with ultraviolet photocatalysis. In: 3rd International Water Association (IWA) Odour and VOC's conference: Measurement, Regulation and Control Techniques. 8-10 October, Barcelona, Proceedings CD ROM.
- Lemay, S. P., S. Godbout, *et al.* (2007). Swine production impact on ambient gas and odor concentrations in agricultural areas. 2007 ASABE Annual International Meeting, Technical Papers.
- Lin, X. J., S. Barrington, *et al.* (2007). Simulation of the effect of windbreaks on odour dispersion. *Biosystems-Engineering* 98(3): 347-363.
- Lin, X. J., S. Barrington, *et al.* (2006). Influence of windbreaks on livestock odour dispersion plume in the field. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 116(3-4): 263-272.
- Nicolay, N. E. (2006). Odors in the Food Industry. Series: Integrating Safety and Environmental Knowledge Into Food Studies towards European Sustainable Development, Vol. 2, Springer, 162 pp.
- Park, C. M. (2008). The Effect of Cations on Volatile Solids Destruction, Odors, and Dewatering in anaerobic digestion.
- Petersen, R. L., Reifschneider, J.D. (2008). The effect of ganging on pollutant dispersion from building exhaust stacks. *ASHRAE Transactions Volume 114 PART 1, 2008, Pages 458.*
- Phillips, V. R., D. S. Lee, *et al.* (2001). SE--Structures and Environment: A Review of Methods for measuring Emission Rates of Ammonia from Livestock Buildings and Slurry or Manure Stores, Part 2: monitoring Flux Rates, Concentrations and Airflow Rates. *Journal of Agricultural Engineering Research* 78(1): 1-14.
- Pinelli, M. and G. Bucci (2008). Numerical based design of exhaust gas system in a cogeneration power plant. *Applied Energy* In Press, Corrected Proof.
- Powel, W. I. S. U. E. (2004). The Science of smell: Principles of odor control.
- Schenk, J., Greefkes, G, Surink, J & M Brattinga (2004). Hoe om te gaan met Geur. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, AWKB, 101 pp.
- Schlegelmilch, M., J. Streese, *et al.* (2005). Odour management and treatment technologies: An overview." *Waste-Management* 25(9): 928-939.
- Shareefdeen, Z. A. S. (2005). *Biotechnology for Odor and Air Pollution Control* Springer, 409 pages.
- Thorne, P. S., A. C. Ansley, *et al.* (2009). Concentrations of Bioaerosols, Odors, and Hydrogen Sulfide Inside and Downwind from Two Types of Swine Livestock Operations. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 6(4): 211 - 220.
- Tyndall, J. (2009). Characterizing pork producer demand for shelterbelts to mitigate odor: an Iowa case study. *Agroforestry Systems*.
- Tyndall, J. and J. Colletti (2007). Mitigating swine odor with strategically designed shelterbelt systems: a review. *Agroforestry Systems* 69(1): 45-65.
- Va, N. (1999). Consider Dilution for Odor Control. *Chemical Engineering Progress* [0360-7275] / vol:95: 81.
- Yu, Z., H. Guo, *et al.* (2009). Setting acceptable odour criteria using steady-state and annual hourly weather data. *Biosystems Engineering* 103(3): 329-337.

Bijlagen

Bijlage 1 Biofilter

Biofilters zijn in dit rapport niet uitgewerkt als technische maatregel, omdat tijdens de literatuurinventarisatie te grote knelpunten gesignaleerd werden. Inmiddels zijn er mogelijkheden om de knelpunten te ondervangen. In deze bijlage wordt dit kort beschreven.

Een biofilter is een luchtbehandelingstechniek met een organisch pakkingmateriaal en een relatief lage bevochtigingssnelheid (Melse, 2009). Biofilters kunnen zowel 'stand alone' als gecombineerd (zogenaamde combiwassers) met een chemische en/of waterwaster toegepast worden. Bij 'stand alone' biofilters is de biologische stabiliteit van het filterpakket en de aanwezigheid van geschikte condities voor biologische activiteit cruciaal voor het adequaat functioneren. Door verstopping met grof stof, verzuring door ophoping van producten en een onvoldoende/ongelijkmatige vochtigheid kan de werking van het biofilter in gevaar komen; tot nu toe was de goede werking onvoldoende geborgd. Bij combiwassers wordt door eerdere wastrappen het risico van verstopping en verzuring van een biofilter sterk gereduceerd en is bevochtiging door de eerdere wastrappen gewaarborgd.

De stabiliteit en werking van een 'stand alone' biofilter kan wellicht elektronisch goed gemonitord worden (meten drukval, temperatuur, luchtvochtigheid voor en na het filter, enzovoort) om zo meer zicht te krijgen op de biologische werking en het verwijderingsrendement van het biofilter. Op basis van monitoring kan zonodig bijgestuurd worden of kan het pakket tijdig vervangen worden, zodat de effectiviteit geborgd kan worden.

Bij pluimvee wordt waarschijnlijk binnenkort een pilot gestart (primaire focus fijnstof maar ook NH₃ en geur worden waarschijnlijk meegenomen). Er is al een pilot naar elektronische monitoring van wassers (biowassers en chemische wassers; geen biofilters) bij varkensstallen uitgevoerd (Melse & Franssen, 2010).

Bijlage 2 Achtergronden van locatiekeuze, gebouworientatie en positionering van wassers

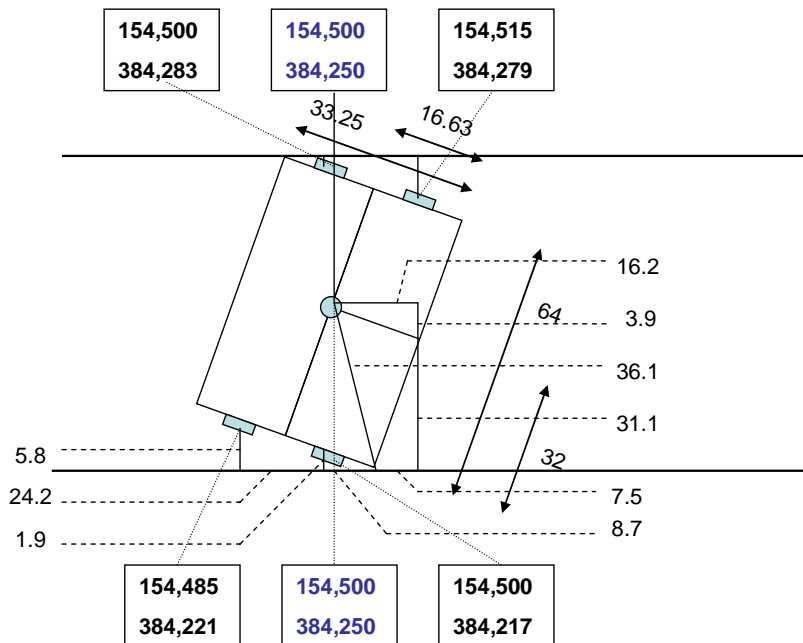
Als locatie van de stal is Eindhoven gekozen (Amersfoortse coördinaten van het vliegveld) op grond van de volgende overwegingen;

1. De meeste varkensstallen komen voor in zuid Nederland met Eindhoven als representatieve meteorologie.
2. Meteorologie van Eindhoven (en Schiphol) is downloadbaar en kan worden gebruikt om selecties voor het model te maken.
3. Werken met andere coördinaten dan Schiphol of Eindhoven resulteert in Stacks in interpolatie van windrichting en windsnelheid tussen beide stations. Daarmee is de meteorologie niet meer vergelijkbaar met die van de selecties onder 2. Door de coördinaten van Eindhoven te nemen is de interpolatie bij gebruik van de meteorologie uit Stacks voor de locatie Eindhoven vliegveld minimaal.

Als ruwheid voor de gekozen coördinaten wordt 0.487 m opgegeven. Dit is zeker geen onderschatting van de gemiddelde ruwheid in Noord Brabant.

De positie van Eindhoven en de coördinaten voor het centrum van de stal en de uitlaten van de wassers bij plaatsing aan de zuidzijde respectievelijk de noordzijde van de stal worden hieronder in beeld gebracht.

Referentiestal met coördinaten voor centrum en uitlaten van de wassers ten zuiden
Resp. ten noorden van de stal (richting 15 °)



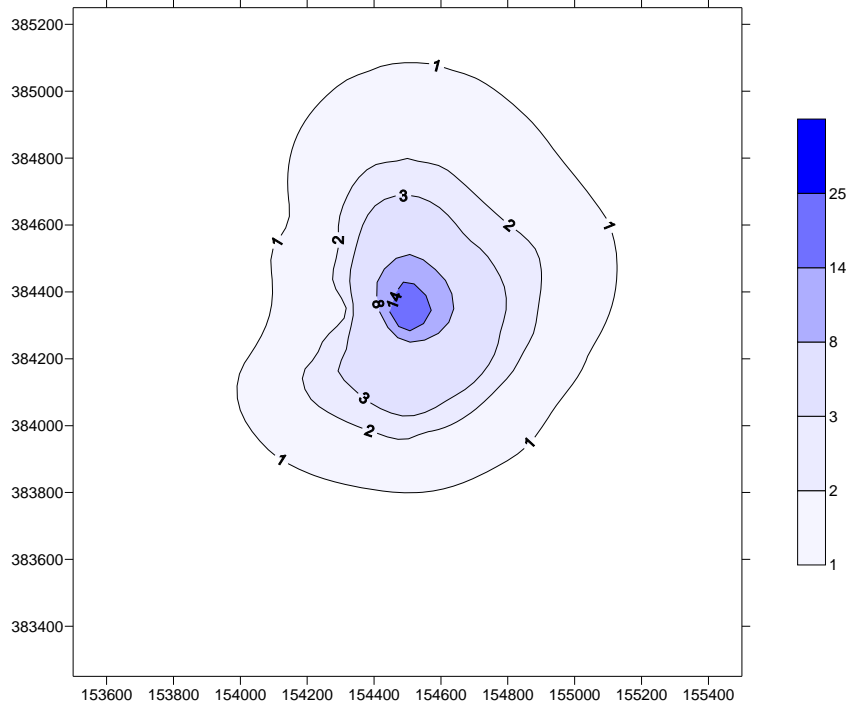
De coördinaten van de referentiestal en de beide uitlaten van de luchtwassers bij positionering aan de noordzijde en aan de zuidzijde (of/of).

Positionering van de stal en uitlaten

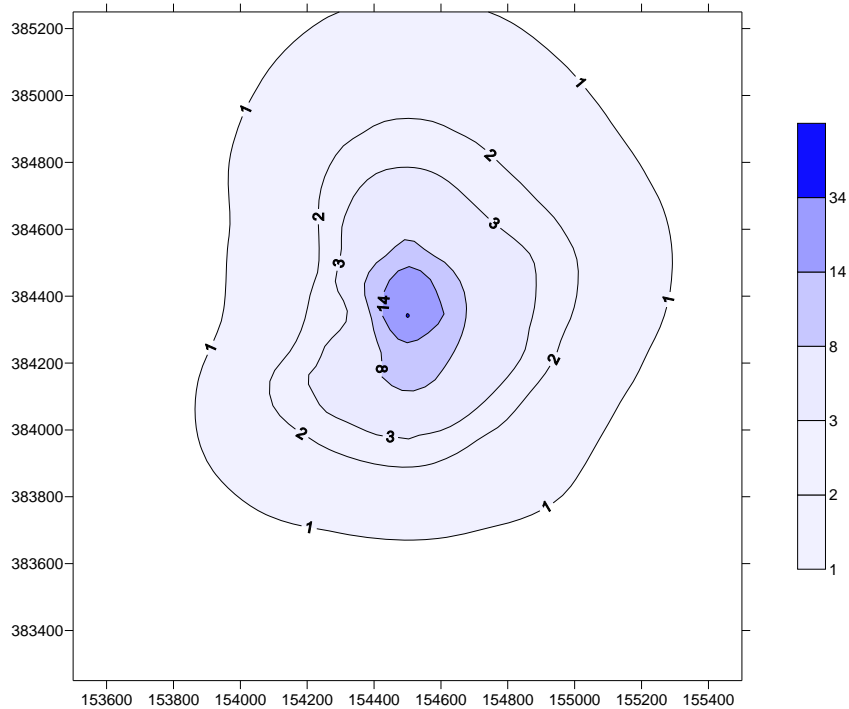
Eerdere analyses naar de invloed van de lengterichting van de stal op de concentraties rond de stal (Hofschreuder *et al.*, 2005) gaven aan, dat de richting van de stal van geringe invloed is. Wel moet worden opgemerkt, dat dit traditionele stallen betrof met voor elke afdeling een uitlaat op de stal. Omdat de uitlaten van de wassers zich aan de kopkant van de stal bevinden wordt gerekend met een stal met een nokrichting van 15 graden (geeft een gemiddeld verspreidingspatroon) met twee configuraties; wassers ten zuiden van de stal en wassers ten noorden van de stal. Omdat een zuidwestelijke windrichting qua frequentie het meest voorkomt en een noordoostelijke richting juist het minst, wordt zo een beeld verkregen van de maximale verschillen in invloed van de positie van de uitlaten ten opzichte van de stal.

Bijlage 3 Contourenplots bij opstelling van wassers aan de noordzijde

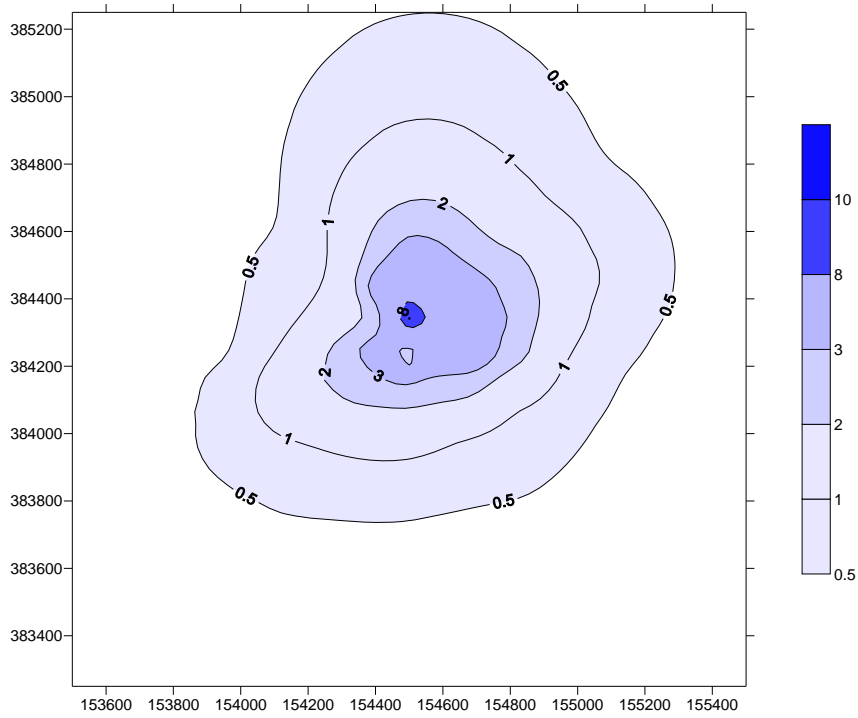
Figuur 5B Contouren van de 98 percentielen voor de referentiestal met water



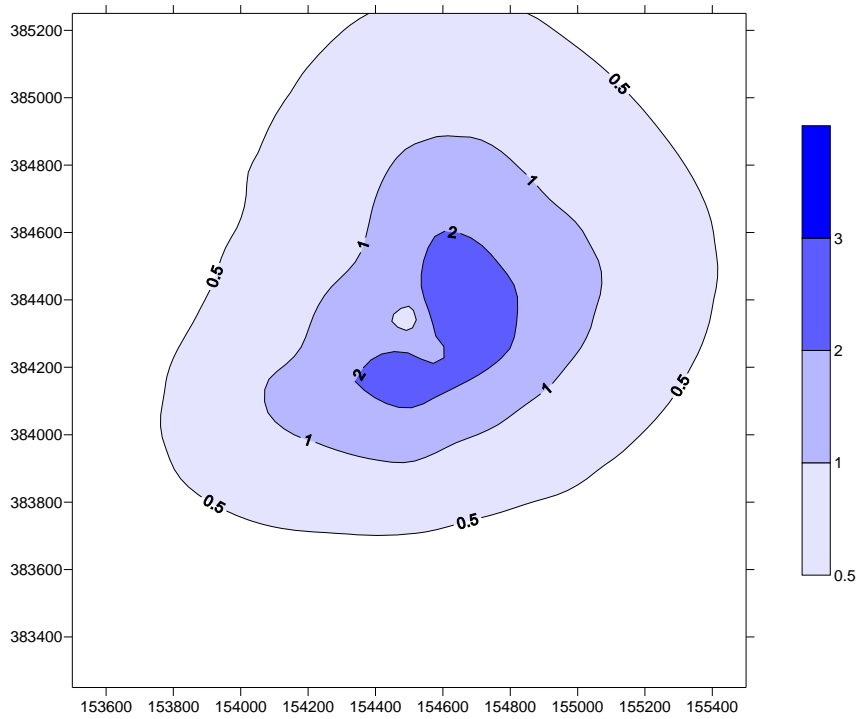
Figuur 7B Contouren van de 98 percentielen voor een referentie stal zonder emissie reducerende voorzieningen (centrale afzuiging met uitlaat aan noordzijde)



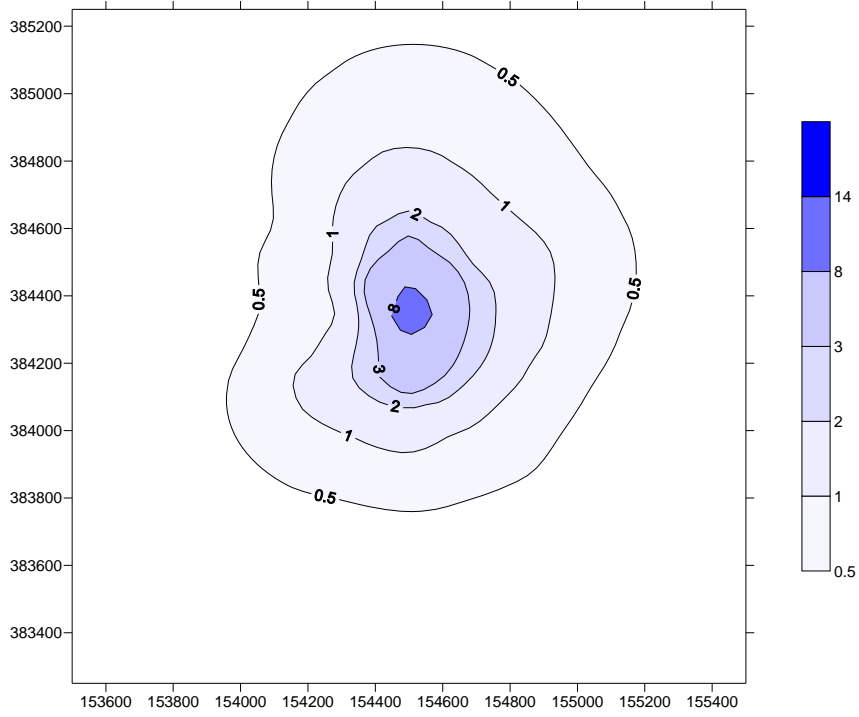
Figuur 8B Contouren van de 98 percentielen voor een referentie stal met water en **verduunning** (en tegelijkertijd verdubbelde uitlaatsnelheid)



Figuur 9B Contouren van de 98 percentielen voor een referentie stal met water en **15 m hoge uitlaat**



Figuur 10B Contouren van de 98 percentielen voor een referentie stal met **voorgeschakelde techniek en water**





Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E info.livestockresearch@wur.nl | www.livestockresearch.wur.nl