



ALTERRA

rivm

Berekeningsmethode voor de emissie van fijn stof vanuit de landbouw

W.J. Chardon (*Alterra*)
K.W. van der Hoek (*RIVM*)



Alterra-rapport 682, ISSN 1566-7197
RIVM-rapport 773004014

WAGENINGENUR

Berekeningsmethode voor de emissie van fijn stof vanuit de landbouw

Foto omslag: Dr. ir. A.J.A. Aarnink, IMAG Wageningen UR, Afdeling Technologie Dier en Milieu

Strooiselstallen verbeteren het welzijn van pluimvee en varkens, maar geven, blijkt onderzoek van het IMAG, een belangrijke verhoging van de stofemissie.

Berekeningsmethode voor de emissie van fijn stof vanuit de landbouw

W.J. Chardon, Alterra

K.W. van der Hoek, RIVM

**Alterra-rapport 682
RIVM-rapport 773004014**

**Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2002
RIVM, rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu**

REFERAAT

W.J. Chardon, K.W. van der Hoek, 2002. *Berekeningsmethode voor de emissie van fijn stof vanuit de landbouw*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 682/RIVM-rapport 773004014. 36 blz.; 13 ref.

De aanwezigheid van fijn stof (deeltjes < 10 µm) in de buitenlucht kan gezondheidsproblemen veroorzaken; om deze reden zijn in EU verband normen voor fijn stof gesteld. Voor het bestrijden van de emissie van fijn stof is het van belang om de omvang van de verschillende bronnen te kennen. Over de emissie vanuit de landbouw bestond een aantal onduidelijkheden. De afdeling Monitoring en Informatiemanagement (Ministerie VROM, DGM, HIM) heeft een opdracht gegeven aan Alterra om in samenwerking met RIVM, de methodiek van emissieschatting te verbeteren. Het project heeft bestaan uit literatuuronderzoek en het bespreken van de problematiek met een aantal terzake deskundigen tijdens een discussiedag. Uit het onderzoek blijkt dat emissie uit stallen waarschijnlijk de grootste bron is van emissie van fijn stof vanuit de landbouw. Daarnaast is er een aantal relatief kleine posten, met als belangrijkste de toediening van bestrijdingsmiddelen en kunstmest en de aanvoer van krachtvoer op het agrarisch bedrijf. Winderosie is vermoedelijk ook een grote bron, die variabel is in de tijd. De omvang ervan is echter moeilijk te schatten.

Trefwoorden: fijn stof, emissie, landbouw, winderosie, stalemissie

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €13,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 682. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2002 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info@alterra.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

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

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Emissiebronnen van fijn stof binnen de landbouw	11
2.1 Emissie uit stallen	11
2.2 Kunstmesttoediening	11
2.3 Toedienen bestrijdingsmiddelen	11
2.4 Krachtvoer	12
2.5 Hooi	12
2.6 Oogst akkerbouwgewassen	13
2.7 Eventuele overige bronnen	13
2.8 Winderosie	14
2.9 Samenvatting schattingen	17
Literatuur	19
Bijlagen	
1 Verslag workshop: Berekeningsmethode emissie fijn stof uit de landbouw	21
2 Berekening emissie van fijn stof uit stallen veehouderij	27
3 Verbruik van kunstmeststoffen in 1995/1996	31
4 Berekening hoeveelheid hulpstof in gewasbeschermingsmiddelen	33
5 Berekening arealen en drogestof-opbrengst van gewassen die droog worden geoogst (schatting voor 1998).	35

Samenvatting

Rond de emissie van fijn stof vanuit de landbouw bestond tot voor kort een aantal onduidelijkheden. Om deze reden zijn er in de EAJR van 1999 hiervoor geen cijfers opgenomen. Op basis van een AB-DLO rapport "Emissies van fijn stof in de landbouw" en gegevens over stalemissies is eind 1999 een concept-protocol opgesteld. Zowel dit rapport als het concept-protocol werden aan een aantal deskundigen voorgelegd in een workshop. Tevens werd een rapport over dit onderwerp, opgesteld in opdracht van het Britse Ministerie van Landbouw, vergeleken met het eerder genoemde AB-DLO rapport, en werden gegevens van veldmetingen in Duitsland geëvalueerd.

De in dit rapport vermelde emissieschattingen (voor het jaar 1998) kunnen als volgt worden samengevat:

bron	overig	Kton PM10 jaar ⁻¹	verdeling overig %
emissie uit stallen		9,3	
winderosie		10-20	
overig		0,4	
	kunstmest ¹		28
	bestrijdingsmiddelen ²		33
	hooi ³		2
	krachtvoer ⁴		24
	akkerbouwgewassen ⁵		13

¹ aanvoer op agrarisch bedrijf, laden kunstmeststrooier, verspreiden

² verwaaien bij toepassing in het veld

³ oogstwerkzaamheden

⁴ aanvoer en opslag op agrarisch bedrijf

⁵ oogstwerkzaamheden

Emissie uit stallen betreft fijn stof bestaande uit huid-, mest-, voer- en strooisel-deeltjes, die met de ventilatielucht naar buiten worden geblazen. De schatting voor winderosie is zeer onzeker, en de emissie kan van jaar tot jaar variëren. Om deze reden is in de CCDM Emissiemonitor (opvolger EAJR) alleen opgenomen de emissie uit stallen en de bronnen vermeld onder overig. In 1998 bedroeg de emissie uit de landbouw 9,7 Kton PM10, dit is exclusief winderosie.

1 Inleiding

Over de emissie van fijn stof vanuit de landbouw bestond een aantal onduidelijkheden, op grond waarvan voor het jaar 1999 opname van emissiecijfers in de EAJR achterwege is gelaten. Vanuit de CCDM werkgroep Landbouw is bij VROM/DGM aangedrongen op methodiekverbetering. Dit heeft geresulteerd in een opdracht vanuit de Afdeling Monitoring en Informatiemanagement (DGM, Hoofdinspectie Milieuhygiëne) aan Alterra, in samenwerking met RIVM, om genoemde methodiek te verbeteren en voor te leggen aan ter zake deskundigen.

Het project heeft bestaan uit de volgende onderdelen:

- Het bespreken met een aantal deskundigen tijdens een discussiedag van het rapport over de schatting van de bijdrage van de landbouw (Chardon, 1999), en het concept protocol fijn stof emissie landbouw (van der Hoek, 1999).
- Het vergelijken van de methodiek welke in Engeland wordt gebruikt voor het schatten van fijnstof-emissies vanuit de landbouw (Anonymus, 2000), met de in Nederland gebruikte methode.
- Het interpreteren van onderzoeksgegevens die zijn verzameld door Wageningen Universiteit, in het kader van een EU-project, waarin metingen zijn verricht aan de emissie van fijn stof in een akkerbouwgebied bij Cloppenburg (Dld).

In de volgende paragraaf wordt de stand van zaken rond de voornaamste emissiebronnen binnen de landbouw besproken, gebaseerd op respectievelijk het rapport: Emissies van fijn stof in de landbouw (Chardon, 1999, verder aan te duiden als C99), het verslag van de studiedag (opgenomen in bijlage 1), en eventueel aanvullend literatuuronderzoek.

Bij de emissieberekening wordt veelvuldig gebruik gemaakt van zogenaamde emissiefactoren (FSE), die geschat zijn voor op- en overslag van een groot aantal stoffen en producten. Hiertoe zijn de stoffen ingedeeld in 3 klassen: S1, S3 en S5 (Mulder, 1986, zie ook Chardon, 1999).

klasse	S1	S3	S5
emissiefactor totaal stof (gewichts %)	0,1	0,01	0,001
% fijn stof van totaal stof	20	10	5
fijnstof-emissie, ton/Kton (FSE)	0,2	0,01	0,0005

2 Emissiebronnen van fijn stof binnen de landbouw

2.1 Emissie uit stallen

Emissie uit stallen betreft fijn stof bestaande uit huid-, mest-, voer- en strooisel-deeltjes, die met de ventilatielucht naar buiten worden geblazen. Door Van der Hoek is een nieuwe schatting gemaakt voor deze bron, die uitgebreid is weergegeven in bijlage 2; het is een bijstelling van de schatting uit het concept protocol. De schatting is gebaseerd op metingen die rond 1995 zijn uitgevoerd door het IMAG in samenwerking met instituten uit Duitsland, Denemarken en Engeland. De door Groot Koerkamp et al. (1996) uitgevoerde metingen van concentraties aan respirabel stof (deeltjes $< 7 \mu\text{m}$ afgescheiden met behulp van een cycloon) blijken overeen te komen met PM5. Het omrekenen van PM5 naar PM10 leidde tot een hogere schatting van de omvang van deze bron dan de schatting uit het concept protocol, en bedraagt nu ca. 9,3 Kton PM10 per jaar (schatting voor 1998).

De overgang van batterijstallen naar meer scharrelstallen kan in de pluimveehouderij leiden tot meer stofemissie in de toekomst. Het wassen van ventilatielucht zou mogelijk een emissiereductie kunnen veroorzaken, maar gegevens over de invloed van verschillende wasmethoden ontbreken op dit moment. Een mogelijke bron die op dit moment niet wordt meegenomen is dierlijke mest die indroogt in het veld op grasland; over een eventuele emissie als gevolg hiervan zijn echter geen gegevens beschikbaar.

2.2 Kunstmesttoediening

In het rapport C99 is voor poedervormige meststoffen (kalk) de emissiefactor gehanteerd die behoort bij stoffen uit stufgevoeligheidsklasse S1, voor korrels is dit klasse S3. Deze emissiefactoren zijn echter gebaseerd op 2 handelingen die met een stof worden verricht (bijv. in- en uitladen). Er blijken bij kunstmest echter 3 handelingen onderscheiden te kunnen worden: (1) aanvoer op het bedrijf, (2) storten in de kalk- of kunstmeststrooier en (3) het verspreiden in het veld. Voor kunstmesttoediening moet dus worden uitgegaan van 3 (in plaats van 2) handelingen, waardoor de schattingen voor emissie verhoogd worden met een factor ($3/2 =$) 1,5. De schatting wordt berekend in bijlage 3, volgens: verbruik * 1,5 * FSE.

De geschatte emissie bedraagt 94-115 ton PM10 jaar⁻¹, dus gemiddeld 105 ton PM10 jaar⁻¹.

2.3 Toedienen bestrijdingsmiddelen

Bij het schatten van de emissie van PM10 bij het toedienen van bestrijdingsmiddelen werd in C99 uitgegaan van een emissie via druppeldrift van 0,57 Kton werkzame stof per jaar, waarvan 10 % emitteert als PM10 (schatting Huijsmans, IMAG). Tijdens de

discussiedag werd besloten om na te gaan of in de Evaluatie Meerjarenplan Gewasbescherming (MJPG) andere gegevens naar voren zijn gekomen voor genoemde druppeldrift, en of de fractie 10% PM10 nog steeds juist is.

In het Achtergronddocument bij de Evaluatie MJPG wordt gesteld dat de dampdrift bij toediening naar schatting 3% bedraagt van het verbruik aan bestrijdingsmiddelen (citaat Holterman 2001, p. 109 in EC-LNV, 2001). Door Huijsmans (IMAG, pers. meded. 2002) wordt dit bevestigd en gesteld dat onder dampdrift wordt verstaan: de hoeveelheid middel die daadwerkelijk het perceel verlaat, en niet na enkele meters weer uitzakt. In welke mate dampdrift PM10-deeltjes zal betreffen is echter niet duidelijk, voorlopig kan wellicht een fractie van 25% aangenomen worden; dit werd ook voor winderosie door Goossens in Oldenburg gevonden (zie 3.8). Huijsmans gaf aan dat het veld- en modelonderzoek op dit punt nog van start moet gaan.

Het jaarlijkse verbruik van bestrijdingsmiddelen in de landbouw over de periode 1998-2000 bedroeg 11207 ton (EC-LNV, 2001, p. 100), wat een emissieschatting geeft van:

verbruik * fractie drift * fractie PM10 = 11207 * 0,03 * 0,25 = 84 ton PM10 in werkzame stof in dampdrift. Hierop kan nog een correctie voor de gelijktijdige emissie van hulpstoffen worden toegepast (zie C99); de juistheid van de gebruikte factor werd echter betwijfeld. Navraag bij de fa. Luxan leidde tot een herziene factor 1,5 (zie bijlage 4). Hierdoor wordt de schatting van de emissie ($1,5 * 84 = 126$, afgerond:) 125 ton PM10 jaar⁻¹.

2.4 Krachtvoer

Bij de berekening van emissie via aanvoer en opslag van krachtvoer werd in C99 rekening gehouden met een onzekerheid in de mate waarin stof wordt afgevangen. Geschat werd dat het afvangpercentage ligt tussen 1 en 50 %, wat een emissiefractie geeft van 0,5-0,99. Tijdens de discussiedag werd voorgesteld om dit afvangpercentage te schatten op 75 %, wat een emissiefractie geeft van 0,25. De geschatte emissie (voor 1996, zie C99) door het verbruik van krachtvoer in de vorm van meel en brokken wordt hierdoor:

meel: verbruik¹ * 0,5 * FSE-S1² * 0,25 = 3000 * 0,1 * 0,25 = 75 ton PM10 jaar⁻¹

brokken: verbruik¹ * 0,5 * FSE-S3² * 0,25 = 12300 * 0,005 * 0,25 = 15 ton PM10 jaar⁻¹

¹ Kton, ² ton/Kton

2.5 Hooi

Omdat het behandelen van hooi veelal binnen de stal gebeurt, en dit al via stal-emissies wordt meegenomen, wordt de emissie hiervan op 0 gesteld. In C99 werd een aantal posten echter niet meegenomen: het maaien van gras, het keren van het gemaaid gras om dit te laten drogen, en het persen van het droge gras tot een pak of rol. Tijdens het maaien en eerste maal keren zal nog geen emissie optreden, maar bij de tweede en derde maal keren en het persen van het hooi wel. Dit zijn dus 3

handelingen, zodat de emissiefactor met (3/2=) 1.5 moet worden vermenigvuldigd. Bij een hooiproductie van 400 Kton (schatting voor 1996/1997) komt de emissie op: productie¹ * 1.5 * FSE-S3² = 400 * 1.5 * 0,01 = 6 ton PM10 jaar⁻¹.

¹ Kton, ² ton/Kton

2.6 Oogst akkerbouwgewassen

De handelingen die worden verricht bij de oogst van 'droge' akkerbouwgewassen zijn: maaien, lossen, en het gebruik van de stro-pers. Dit zijn dus 3 handelingen, en de FSE moet dus met (3/2=) 1.5 worden vermenigvuldigd. In C99 wordt een range gehanteerd voor de drogestof-opbrengst voor verschillende gewassen, wat leidt tot een range in emissie. In bijlage 5 is een tabel opgenomen met schattingen voor de gemiddelde opbrengst voor gewassen die in droge vorm worden geoogst. Tevens is in deze bijlage een schatting opgenomen voor de totale opbrengst aan drogestof voor Nederland in 2001. Deze bedraagt 3432 Kton jaar⁻¹, wat leidt tot een schatting van de fijnstof-emissie van:

productie¹ * 1.5 * FSE-S3 = 3432 * 1.5 * 0,01 = 51 ton PM10 jaar⁻¹.

¹ Kton, ² ton/Kton

Een niet opgenomen bron van stof emissie bij akkerbouw is het drogen van aardappelen en het sorteren van de droge aardappelen, activiteiten die in een gesloten ruimte plaatsvinden. Koiter (1993) vermeldt literatuurwaarden voor sorteerbedrijven van totaal stof en PM5, van resp. 9,9 en 2,1 mg m⁻³. Deze waarden liggen op het niveau van die van pluimveestallen, en een factor 10-100 hoger dan die in overige stallen (zie bijl. 2). Genoemde metingen zijn gerapporteerd in 1987, waarna mogelijk maatregelen genomen zijn om de gehalten te verlagen. Op dit moment is het niet mogelijk om emissie uit deze bron te relateren aan de verwerkte hoeveelheid aardappelen, waarmee een landelijke schatting zou kunnen worden gemaakt.

2.7 Eventuele overige bronnen

In een rapport over stof-emissie vanuit de landbouw, opgesteld in opdracht van het (toenmalige) Ministerie van Landbouw in Engeland (Anonymus, 2000) wordt het rijden op onverharde wegen genoemd als emissiebron. Hiervoor werd een emissieschatting gebruikt, afkomstig van de US-EPA, voor een voertuig van 10 ton bij een snelheid van ca. 8 km h⁻¹. De emissie wordt geschat op 421 g PM10 per verreden km per voertuig. Voor de UK wordt aangenomen dat er per 100 ha landbouwgrond 2 km onverharde weg voorkomt, en dat elke weg 1 maal per jaar wordt bereden. Voor de 4,721 10⁶ ha landbouwgrond in Engeland komt dit op:

$$4.721.000 * 0,02 * 0,421 = 39,75 = \text{ca. } 40 \text{ ton PM10 jaar}^{-1}$$

Voor Nederland, met 1,953 10⁶ ha landbouwgrond, komt dit neer op:

$$1.953.000 * 0,02 * 0,421 = 16,44 = \text{ca. } 16 \text{ ton PM10 jaar}^{-1}$$

Dit zou dus een erg kleine post vormen. Volgens de US-EPA (citaat in VDI, 1999) is de emissie afhankelijk van de korrelgrootteverdeling; het % deeltjes < 75 µm; de rij-snelheid; het voertuiggewicht en het aantal wielen; het aantal dagen per jaar dat

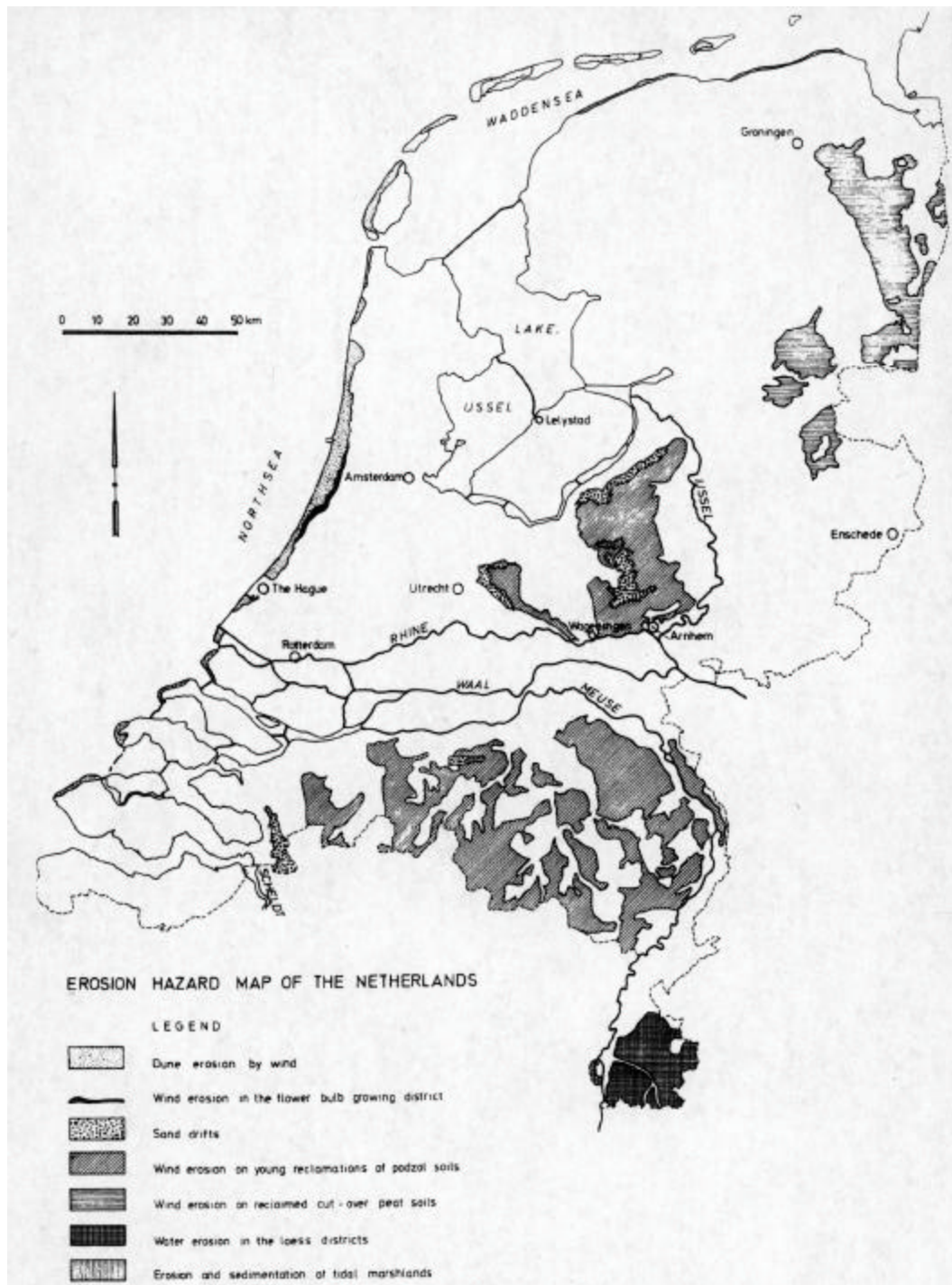
minder dan 3 mm regen valt. Het is niet eenvoudig om dergelijke factoren voor Nederland in te schatten, wat de bijdrage aan de totale emissie erg onzeker maakt.

2.8 Winderosie

In het rapport C99 wordt voor door de wind geërodeerd materiaal een gehalte aan PM10 aangenomen van 0,1 – 0,4 %; deze aanname is gebaseerd op slechts één Amerikaanse publicatie. Over het in deze studie gebruikte type meetinstrument werd tijdens de discussiedag opgemerkt dat bij veldmetingen de fractie PM10 vaak wordt onderschat.

Door Goossens werden bij Oldenburg (Dld) metingen uitgevoerd op sterk stuifgevoelige akkerbouwgrond die (enigszins) vergelijkbaar is met de Veenkoloniën in Nederland (zie figuur 1). Winderosiegevallen komen in dit gebied eenmaal per 1-2 jaar voor. Tijdens 2 erosieperioden werden metingen verricht waarvoor een totale erosie van 14-15 ton materiaal < 63 µm werd gemeten (Goossens et al. 2001), het gemiddelde over drie meetjaren bedroeg ca. 6 ton ha⁻¹ jaar⁻¹ (Goossens, pers. meded.). Dit betreft uitsluitend de minerale fractie; de organische fractie in het geërodeerde materiaal was 10-20% van het minerale deel, dus de totale erosie was gemiddeld ca. 7 ton ha⁻¹ jaar⁻¹. Dit komt goed overeen met de schatting voor de Veenkoloniën van 3-7 ton ha⁻¹ jaar⁻¹ (zie C99), rekening houdend met het feit dat het meetgebied bij Oldenburg als sterk stuifgevoelig wordt gezien. Het percentage PM10 in het tussen 0,5 en 5 m hoogte opgevangen materiaal lag tussen de 14 en 34%, met als gemiddelde 25%, uitgedrukt als percentage van de minerale fractie (Goossens, pers. meded.). Na correctie voor organische stof is het percentage ca. 22% van totaal geërodeerd materiaal, zodat de PM10-emissie gemiddeld ca. 1500 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ bedroeg. De korrelgrootteverdeling werd bepaald na het verwijderen van organische stof met H₂O₂ (Goossens et al. 2001); niet zeker is of bij een rechtstreekse meting van PM10 eenzelfde emissie zou zijn gevonden.

Tijdens de discussiedag werd voorgesteld om (voorlopig) voor PM10 een percentage aan te houden van 5 % (van totaal, mineraal + organisch), overeenkomend met stuifgevoeligheidsklasse S5, waarmee de schatting voor erosiegevoelige gronden uitkomt op 350 kg ha⁻¹ jaar⁻¹, en voor Nederland op 30 Kton PM10 jaar⁻¹; en voor de niet-stuifgevoelige gronden een factor 20 lager (zie C99) op (350/20=) 17,5 kg ha⁻¹ jaar⁻¹, of ca. 15 Kton PM10 jaar⁻¹. Het totaal zou hiermee uitkomen op (30+15=) 45 Kton PM10 jaar⁻¹. Bij deze berekening is het oppervlak van stuifgevoelige gronden geschat op 83.000 ha, en voor de niet-stuifgevoelige gronden op 924.000 ha. Het is echter niet waarschijnlijk dat een dergelijke emissie elk jaar op het gehele areaal zal plaatsvinden. Wanneer daarentegen het bovengenoemde, door Goossens vastgestelde, percentage van 22% wordt gehanteerd dan zou het totaal voor Nederland uitkomen op ca. 200 Kton PM10 jaar⁻¹, wat niet erg reëel lijkt. Een mogelijke verklaring voor de discrepantie is dat wellicht drie bodemklassen moeten worden onderscheiden: (1) sterk gevoelig voor erosie (zoals in Cloppenburg), (2) matig gevoelig, en (3) niet-stuifgevoelig; het percentage van 22% zou dan alleen voor de eerste categorie mogen worden gehanteerd.



Figuur 1. Gebieden in Nederland die gevoelig zijn voor winderosie (Eppink, 1985)

Vrins en Schulze (2000) hebben berekeningen uitgevoerd aan gegevens van metingen van fijn stof in de buitenlucht, en zijn nagegaan welk deel hiervan 'windgedreven' is, wat inhoudt dat (bodem)erosie de belangrijkste bron is. Zij komen tot een schatting van een PM10-gehalte van $3 \mu\text{g m}^{-3}$ in de buitenlucht dat 'windgedreven' is, overeenkomend met een jaarlijkse emissie van $30 \text{ Kton jaar}^{-1}$, afkomstig van alle oppervlakten (wegen, opslag materiaal, (landbouw)grond etc.). Door Denier van der Gon (TNO-MEP, pers. meded.) wordt, op basis van elementanalyse in opgevangen fijn stof het aandeel van bodemstof geschat op 8-15%. Het percentage is afhankelijk van de locatie: aan zee is het aandeel van zeezout hoger, en van bodemstof daardoor lager. Het betreft het aandeel in de minerale fractie, voor organisch materiaal is geen schatting gemaakt. Bij de gehalten aan PM10 die in Nederland in de buitenlucht gemeten worden ($30\text{-}40 \mu\text{g m}^{-3}$) komt het genoemde percentage overeen met ca. $3 \mu\text{g m}^{-3}$, en komt dus overeen met de schatting van Vrins en Schulze (zie boven). Wel moet rekening gehouden worden met het feit dat er ook andere bronnen kunnen zijn van bodemmateriaal dan de landbouw. Aannemend dat de landbouw verantwoordelijk is voor $1/3$ tot $2/3$ van de windgedreven emissie van bodemmateriaal leiden de schattingen van Vrins en Schulze en van Denier van der Gon tot een (voorlopige) range van ca. $10\text{-}20 \text{ Kton jaar}^{-1}$ voor emissie door winderosie, en overtreft daarmee de schatting die gemaakt is voor de emissie uit stallen (zie 2.1). De schatting is echter zeer onzeker, en de emissie kan gedurende het jaar sterk variëren.

In het eerder genoemde MAFF-rapport (Anonymus, 2000) wordt over winderosie opgemerkt: "Wind erosion of soil is another source of particle emissions which is probably very low on a national scale, but may be significant at certain times of year in local areas with soils prone to this type of erosion....This topic has been widely studied in the USA, but this data is not considered relevant to conditions in the UK". Met winderosie als bron wordt dan ook geen rekening gehouden in het rapport, wat opmerkelijk is gezien het feit dat winderosie in Nederland vermoedelijk de grootste bijdrage levert aan de emissie van fijn stof vanuit de landbouw.

2.9 Samenvatting schattingen

De in bovenstaande paragrafen vermelde schattingen voor emissie van fijn stof vanuit verschillende bronnen binnen de landbouw zijn samengevat in het volgende overzicht.

bron	overig	Kton PM10 jaar⁻¹	ton PM10 jaar⁻¹	%
emissie uit stallen		9,3		
winderosie		10-20		
overig		0,4		
	kunstmesttoediening		105	28
	bestrijdingsmiddelen		125	33
	hooi		6	2
	krachtvoer		90	24
	oogst akkerbouwgewassen		51	13

Emissie uit stallen betreft fijn stof bestaande uit huid-, mest-, voer- en strooisel-deeltjes, die met de ventilatielucht naar buiten worden geblazen. De schatting voor winderosie is zeer onzeker, en de emissie kan van jaar tot jaar variëren. Om deze reden is in de CCDM Emissiemonitor (opvolger EAJR) alleen opgenomen de emissie uit stallen en de bronnen vermeld onder overig. In 1998 bedroeg de emissie uit de landbouw 9,7 Kton PM10, dit is exclusief winderosie.

Literatuur

- Anonymus (2000) Atmospheric emissions of particulates from agriculture: a scoping study. Final Project report CSG 15, Min. Agric. Fisheries and Food (MAFF), UK, by IC Consultants and Silsoe Res. Inst., 97 pp.
- Chardon, W.J. (1999) Emissies van fijn stof in de landbouw. Rapport 105, AB-DLO, Wageningen, 26 pp.
- EC-LNV (2001) Achtergronddocument bij de Evaluatie Meerjarenplan Gewasbescherming (MJPB). Expertisecentrum LNV, Ede
- Eppink, L.A.A.J. (1985) Erosie in Nederland, een overzicht. Landschap 2 (2):80-87
- Findenegg, G.R. & Janssen, B.H. (1984) Plantevoeding en bemesting. Diktaat LH Wageningen, Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding, 241 pp.
- Goossens, D., Gross, J. & Spaan, W. (2001) Aeolian dust dynamics in agricultural land areas in lower Saxony, Germany. *Earth Surface Processes and Landforms* 26:701-720
- Groot Koerkamp, P.W.G., Uenk, G.H. & Drost, H. (1996) De uitstoot van respirabel stof door de Nederlandse veehouderij. Rapport 96-10, IMAG-DLO, Wageningen. 36 pp.
- Hoek, K.W. van der (1999) Concept protocol fijn stof emissie uit de landbouw; ingebracht in CCDM werkgroep Landbouw, dec. 1999. RIVM, Bilthoven.
- Holterman, H.J. (2001) Druppeldrift en verdamping tijdens de toediening van bestrijdingsmiddelen. Een eerste screening van veldproeven en modelberekeningen. Nota P 2001-29, IMAG, Wageningen.
- Koiter, N.D. (1993) Luchtwegproblemen bij aardappelsorteerders: een onderzoek naar silicose, longfunctiestoornissen en luchtwegklachten bij aardappelsorteerders; de forced oscillation technique bestudeerd. Amsterdam : CORVU, 41 pp. met bijlagen
- LEI & CBS (1998) Land- en tuinbouwcijfers 1998. LEI-DLO, den Haag; CBS, Voorburg.
- Mulder, W. (1986) Emissiefactoren van stof bij de op- en overslag van stortgoederen & emissiefactoren voor fijn stof. TNO, Delft, rapport no. R 86/205, 39 pp. + bijlage.
- VDI (1999) Umweltmeteorology. Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen: Lagerung, Umschlag und Transport von Schüttgütern. Verein Deutsche Ingenieuren, VDI-Richtlinien 3790, Blatt 3, 48 pp.
- Vrins, E. & Schulze, F. (2000) Windgedreven concentratie van fijn stof. Rapport vr037, 50 pp. Studie uitgevoerd in opdracht van Min. van VROM, DGM.

Bijlage 1 Verslag workshop: Berekeningsmethode emissie fijn stof uit de landbouw

Plaats: ·Alterra, Wageningen; ·Tijd: ·31 januari 2002, 10 –16 uur

Deelnemers:

André Aarnink (IMAG; ochtend)
Wim Chardon (Alterra; *verslag*)
Hans Eerens (RIVM)
Daan Goense (IMAG)
Dirk Goossens (Wageningen Univ., KU Leuven)
Klaas van der Hoek (RIVM, *discussieleider*)
Ernest Vrins (Vrins Luchtonderzoek)

Verhinderd:

Anton Visschedijk (MEP/TNO)

Agenda

1. Introductie door discussieleider, K. van der Hoek
2. Kennismaking
3. Emissieschattingen *toelichting door:*
 - Emissie uit stallen van der Hoek bijl. 5
 - Kunstmesttoediening Chardon bijl. 3
 - Toedienen bestrijdingsmiddelen idem bijl. 3
 - Krachtvoer idem bijl. 3
 - Hooi idem bijl. 3
 - Oogst akkerbouwgewassen idem bijl. 3
 - Eventuele overige bronnen ieder
 - Winderosie Chardon bijl. 3, 4
4. Afspraken
5. Afsluiting

Bijlagen bij agenda:

1. Projectomschrijving (toegezonden op 25-1-2002)
2. Concept protocol (toegezonden op 25-1-2002)
3. Rapport 105, AB-DLO (toegezonden op 25-1-2002)
4. Publicatie Goossens et al. (toegezonden op 25-1-2002)
5. Notitie emissie uit stallen (per e-mail verzonden op 30-1-2002)

Ad 1. Introductie

Van der Hoek stelt dat tijdens de workshop de berekeningsmethodiek centraal staat die gehanteerd moet gaan worden voor de emissie van fijn stof vanuit de landbouw; effecten van de emissie worden dus niet behandeld. De CCDM (Coördinatie Commissie Doelgroep Monitoring) vraagt aan verschillende maatschappelijke

sectoren om een transparante manier van berekenen van emissies, die uitgevoerd kan worden door verschillende personen maar waarbij het resultaat niet afhangt van de persoon die de berekening uitvoert. Het kader waarin berekeningen worden uitgevoerd is de internationale rapportage van emissiedata aan de UNECE (EU, VS, Canada), die over het jaar 2000 vrijwillig is uitgevoerd, maar volgend jaar verplicht wordt.

In 1999 is door Van der Hoek een concept protocol voor het berekenen van fijn-stof emissie vanuit de landbouw (bijl. 2) voorgelegd aan de CCDM. Deze gaf als reactie dat het concept moest worden voorgelegd aan ter zake deskundigen, wat tijdens deze workshop gebeurt. Tevens werden in de jaren 1998-2000 door Goossens metingen uitgevoerd van emissies door winderosie in Oldenburg (Dld). Indien mogelijk dienen de resultaten van deze metingen ook verwerkt te worden in een definitieve versie van het protocol.

Ad 3. Emissieschattingen

3.1 Emissie uit stallen

Van der Hoek geeft een toelichting op de huidige schatting (bijl. 5), die een bijstelling is van de schatting uit het concept protocol. De schatting is gebaseerd op metingen die rond 1995 zijn uitgevoerd door het IMAG i.s.m. instituten uit Duitsland, Denemarken en Engeland. Door Groot Koerkamp et al. (1996) werden metingen van concentraties aan respirabel stof (deeltjes $< 7 \mu\text{m}$ afgescheiden met behulp van een cycloon) apart gerapporteerd; bij het opstellen van het concept protocol werd ervan uitgegaan dat dit overeenkomt met PM7. Deze concentraties werden eenvoudigheidshalve gelijkgesteld aan PM10, en vermenigvuldigd met het gemiddelde luchtverversingsdebiet van stallen leidde dit tot een schatting van 2100 ton PM10 per jaar. Het blijkt echter dat metingen met genoemde cycloon overeenkomen met PM5, wat inhoudt dat 50% van de afgescheiden deeltjes kleiner is dan $5 \mu\text{m}$, en de overige 50% van de deeltjes $5-7 \mu\text{m}$ is. Het omrekenen van PM5 naar PM10 leidde tot een hogere schatting van de omvang van deze bron (ca. 9300 ton per jaar, zie bijlage 2 van dit rapport). PM5 wordt normaliter vastgesteld t.b.v. het beoordelen van arbeidsomstandigheden.

Door TNO werden eveneens emissieschattingen gedaan gebaseerd op de eerder genoemde studie (IMAG, Dld, Dk en UK), maar daarbij werd per diercategorie het gemiddelde genomen van de emissiefactoren van de 4 deelnemende landen, terwijl door Van der Hoek de emissiefactoren van Nederland zijn gebruikt, wat leidde tot verschillende schattingen. Volgens Aarnink wordt in andere landen mogelijk meer strooisel en hooi gebruikt i.p.v. brokken, wat tot meer stof kan leiden.

De overgang van batterijstallen naar meer scharrelstallen kan in de pluimveehouderij leiden tot meer stofemissie. Het wassen van ventilatielucht zou mogelijk een emissiereductie kunnen veroorzaken, maar gegevens over de invloed van verschillende wasmethoden ontbreken op dit moment. Een mogelijke bron die op dit moment niet wordt meegenomen is dierlijke mest die indroogt in het veld op grasland; over een eventuele emissie hieruit zijn echter geen gegevens beschikbaar.

3.2 Kunstmesttoediening

Chardon licht de manier toe waarop de berekening in het rapport Chardon (1999, verder aangehaald als C99) is gebaseerd. Voor poedervormige meststoffen (kalk) is de emissiefactor gehanteerd die behoort bij stoffen uit stuifgevoeligheidsklasse S1, voor korrels is dit klasse S3. Deze emissiefactoren zijn echter gebaseerd op 2 handelingen die met een stof worden verricht (bijv. in- en uitladen). Goense stelt dat bij kunstmest 3 handelingen kunnen worden onderscheiden: (1) aanvoer op het bedrijf, (2) storten in de kalk- of kunstmeststrooier en (3) het verspreiden in het veld. Het verspreiden gebeurt op een vrij ruige manier; als bovenschatting zou gehanteerd kunnen worden dat alle PM10-deeltjes in een product bij het verspreiden geëmitteerd worden; over gehalten aan deze deeltjes in kalk en kunstmeststoffen zijn echter geen gegevens beschikbaar. Besloten wordt om voor kunstmesttoediening uit te gaan van 3 (i.p.v. 2) handelingen, waardoor de schattingen voor emissie verhoogd worden met een factor ($3/2 =$) 1.5.

3.3 Toedienen bestrijdingsmiddelen

Bij het schatten van de emissie van PM10 bij het toedienen van bestrijdingsmiddelen werd uitgegaan van een emissie via druppeldrift van 0,57 Kton werkzame stof per jaar, waarvan 10 % emitteert als PM10. Besloten werd om na te gaan of in de Emissie Evaluatie MJPG 2000 andere gegevens naar voren zijn gekomen voor genoemde druppeldrift, en of de fractie 10% PM10 nog steeds klopt.

3.4 Krachtvoer

Bij de berekening van emissie via aanvoer en verwerken van krachtvoer werd rekening gehouden met een onzekerheid in de mate waarin stof wordt afgevangen. Geschat werd (C99) dat het afvangpercentage ligt tussen 1 en 50 %, wat een emissiefractie geeft van 0,5-0,99. Voorgesteld wordt om dit afvangpercentage te schatten op 75 %, wat een emissiefractie geeft van 0,25. De geschatte emissies door het verbruik van krachtvoer in de vorm van meel wordt hierdoor 75, en van brokken 15 ton jaar⁻¹.

3.5 Hooi

Omdat het behandelen van hooi veelal binnen de stal gebeurt, en dit al via stalemissies wordt meegenomen, wordt voorgesteld om de emissie hiervan op 0 te stellen. Wat in C99 echter niet wordt meegenomen is het maaien van gras, het omzetten van het gemaaid gras om dit te laten drogen, en het persen van het droge gras tot pak of rol. Tijdens het maaien en eerste maal keren zal nog geen emissie optreden, maar bij de tweede en derde maal keren en het persen van het hooi wel. Dit zijn dus 3 handelingen, zodat de emissiefactor met ($3/2 =$) 1.5 moet worden vermenigvuldigd, en de emissie komt op: $1.5 * (FSE S3 =) 0,01 * 400 \text{ Kton} = 6 \text{ ton PM10 jaar}^{-1}$.

3.6 Oogst akkerbouwgewassen

De handelingen die worden verricht bij de oogst van 'droge' akkerbouwgewassen zijn: maaien, lossen, en het gebruik van de stro-pers. Dit zijn dus 3 handelingen, en de FSE moet dus met ($3/2 =$) 1.5 worden vermenigvuldigd.

In tabel 12 van C99 moet de opbrengst aan drogestof van het loof (stro) worden meegeteld [*noot: dit is reeds het geval*]. Van een aantal gewassen is alleen een bovengrens vermeld van de opbrengst per ha, wat (impliciet) leidt tot een ondergrens van 0 en daardoor een te lage schatting van de emissie; dit moet worden aangepast. [*noot: dit is niet het geval, aangezien in dit geval boven- en ondergrens aan elkaar gelijk zijn gesteld.*]

Een niet opgenomen bron van stof emissie bij akkerbouw is het drogen van aardappelen, en het sorteren van de droge aardappelen. Goense gaat na of hierover gegevens beschikbaar zijn.

3.7 Eventuele overige bronnen

In een rapport over stof-emissie vanuit de landbouw, opgesteld voor het (toenmalige) Min. van Landbouw in Engeland (Anonymus, 2000) wordt het rijden op onverharde wegen genoemd als emissiebron. Hiervoor werd een emissieschatting gebruikt, afkomstig van de US-EPA, voor een voertuig van 10 ton bij een snelheid van ca. 8 km/h. De emissie wordt geschat op 421 g PM10 per verreden km. Voor de UK wordt aangenomen dat er per 100 ha landbouwgrond 2 km onverharde weg voorkomt, en dat elke weg 1 maal per jaar wordt bereiden. Voor de $4,721 \cdot 10^6$ ha landbouwgrond komt dit op 40 ton PM10 jaar⁻¹. Wanneer dezelfde aannames voor Nederland zouden worden gebruikt, met $1,953 \cdot 10^6$ ha landbouwgrond, dan wordt een emissie berekend van 16 ton jaar⁻¹; dit zou dan een erg kleine post vormen.

Over de bovengenoemde aannames werd opgemerkt dat de lengte van de onverharde wegen in Nederland waarschijnlijk kleiner is maar het gebruik intensiever, en dat de emissiefactor lager is bij een gemiddeld hogere snelheid. Toegezegd werd dat Eerens zou nagaan of er gegevens over de emissiefactor beschikbaar zijn, en dat Goense nagaat of het IMAG gegevens heeft over het gebruik van onverharde wegen.

3.8 Winderosie

In het rapport C99 wordt voor door de wind geërodeerd materiaal een gehalte aan PM10 aangenomen van 0,1 – 0,4 %; deze aanname is gebaseerd op een publicatie van Fryrear et al. (1996). Vrins merkt op dat bij veldmetingen de fractie PM10 vaak wordt onderschat wanneer het type meetinstrument wordt gebruikt zoals bij Fryrear et al. het geval was.

Door Goossens werden bij Oldenburg (Dld) metingen uitgevoerd op stuifgevoelige akkerbouwgrond die (enigszins) vergelijkbaar is met de Veenkoloniën in Nederland. Winderosiegevallen komen in dit gebied eenmaal per 1-2 jaar voor. Gedurende 2 winderosieperioden werden metingen verricht waarvoor een totale erosie van 14-15 ton materiaal < 63 µm werd gemeten. Het percentage PM10 lag tussen de 10 en 25%, wat inhoudt dat de PM10-emissie boven de 1000 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ lag. Goossens zegt toe om voor zijn overige meetgegevens na te gaan welk % van het geërodeerde materiaal uit PM10 bestaat. Eerens zegt toe om na te gaan of in de literatuur hierover gegevens voorkomen. Voorgesteld wordt om (voorlopig) een percentage aan te houden van 5 %, overeenkomend met stuifgevoeligheidsklasse S5, waarmee de schatting voor erosiegevoelige gronden uitkomt op 350 kg ha⁻¹ jaar⁻¹, en voor Nederland op 30 Kton PM10 jaar⁻¹; en voor de niet stuifgevoelige gronden op (350/20=) 17,5 kg ha⁻¹ jaar⁻¹, of ca. 15 Kton PM10 jaar⁻¹. Het totaal zou hiermee uitkomen op (30+15=) 45 Kton PM10 jaar⁻¹. Bij deze berekening is het oppervlak

van stuifgevoelige gronden geschat op 83.000 ha, en voor de niet-stuifgevoelige gronden op 924.000 ha.

Vrins en Schulze (2000) hebben berekeningen uitgevoerd aan gegevens van metingen van fijn stof in de buitenlucht, en zijn nagegaan welk deel hiervan 'windgedreven' is, wat inhoudt dat (bodem)erosie de belangrijkste bron is. Zij komen tot een schatting van een PM10-gehalte van $3 \mu\text{g m}^{-3}$ in de buitenlucht dat 'windgedreven' is, overeenkomend met een jaarlijkse emissie van $30 \text{ Kton jaar}^{-1}$, afkomstig van alle oppervlakten (wegen, opslag materiaal, (landbouw)grond etc.).

Ad. 4 Afspraken

- Chardon gaat na of in Emissie Evaluatie MJPG 2000 andere gegevens naar voren zijn gekomen voor genoemde druppeldrift, en of de fractie 10% PM10 nog steeds klopt.
- Chardon corrigeert (indien nodig) tabel 12 van C99 door de opbrengst aan drogestof van het loof (stro) mee te tellen.
- Chardon vermeldt voor elk gewas in tabel 12 van C99 zowel een onder- als een bovengrens, of een enkele schatting van de opbrengst per hectare.
- Goense gaat na of er gegevens beschikbaar zijn over stof emissie bij het drogen van aardappelen, en het sorteren van de droge aardappelen.
- Eerens gaat na of er gegevens beschikbaar zijn over de emissiefactor voor het rijden op onverharde wegen.
- Goense gaat na of het IMAG gegevens heeft over het gebruik van onverharde wegen.
- Goossens zal voor zijn meetgegevens nagaan welk % van het geërodeerde materiaal uit PM10 bestaat.
- Eerens gaat na of in de literatuur gegevens voorkomen over de fractie PM10 in geërodeerd materiaal.

Literatuur behorend bij verslag workshop

- Anonymus (2000) Atmospheric emissions of particulates from agriculture: a scoping study. Final Project report CSG 15, Min. Agric. Fisheries and Food (MAFF), UK, by IC Consultants and Silsoe Res. Inst., 97 pp.
- Chardon, W.J. (1999) Emissies van fijn stof in de landbouw. Rapport AB-DLO, Wageningen, nr. 105, 26 pp.
- Expertisecentrum LNV (2001) Evaluatie Meerjarenplan Gewasbescherming, Achtergronddocument. Eindevaluatie van de taakstellingen over de periode 1990-2000. Expertisecentrum LNV, Ede, oktober 2001.
- Fryrear, D.W., Xiao, J.B. & Chen, W. (1996) Wind erosion and dust. In: Int. Conf. Air Pollut. Agric. Operations, Kansas City, MO. 7-9 Feb 1996. Midwest Plan. Serv., Ames, IA, pp 57-64.
- Groot Koerkamp, P.W.G., Uenk, G.H. & Drost, H. (1996) De uitstoot van respirabel stof door de Nederlandse veehouderij. Rapport 96-10, IMAG-DLO, Wageningen. 36 pp.

- Holterman, H.J. (2001) Druppeldrift en verdamping tijdens de toediening van gewasbeschermingsmiddelen. Een eerste screening van veldproeven en modelberekeningen. IMAG nota P 2001-29, IMAG, Wageningen
- Vrins, E. & F. Schulze (2000) Windgedreven concentratie van fijn stof. Rapport vr037, 50 pp. Studie uitgevoerd in opdracht van Min. van VROM, DGM.

Bijlage 2 Berekening emissie van fijn stof uit stallen veehouderij

Emissie uit stallen betreft fijn stof bestaande uit huid-, mest-, voer- en strooisel-deeltjes, die met de ventilatielucht naar buiten worden geblazen. De fijn stof emissie uit de veehouderij wordt berekend door per diercategorie de emissiefactor voor fijn stof te vermenigvuldigen met het aantal dieren in de betreffende diercategorie en daarna de emissies per diercategorie te sommeren.

Deze notitie gaat achtereenvolgens in op het onderzoek waaraan de fijn stof emissiefactoren ontleend zijn, de omrekening van de emissiefactoren naar PM10 en PM2.5 en tenslotte wordt de gekozen indeling in diercategorieën toegelicht.

Tabel 1 geeft een voorbeeld berekening van de fijn stof emissies uit veehouderij stallen voor het jaar 1998.

Onderzoek naar emissie van fijn stof uit veehouderij stallen

De fijn stof emissiefactoren zijn afkomstig uit Nederlands onderzoek, uitgevoerd in de periode september 1993 tot november 1995 aan verschillende typen praktijkstallen. Het betrof steeds een zomer- en een wintermeting gedurende een etmaal en per diersoort werden een viertal stallen gemeten (derhalve dus per diersoort vier stalmetingen in de zomer en vier stalmetingen in de winter) (zie tabel 4 in Groot Koerkamp et al., 1996). De metingen zijn uitgevoerd door IMAG-DLO en waren een onderdeel van een EU project, waaraan verder Denemarken, Duitsland en het Verenigd Koninkrijk deelnamen (Takai et al., 1998). In het IMAG-DLO onderzoek zijn de hoeveelheden totaal fijn stof en respirabel stof gemeten. Deze laatste fractie werd gemeten met een cycloon waarbij deeltjes kleiner dan 7,07 µm werden afgescheiden. Deze respirabele fractie is in tabel 1 voor de gemeten stallen gepresenteerd. De gemeten respirabel stof fractie komt volgens Groot Koerkamp et al. (1996) overeen met PM5.

Omrekening naar PM10 en PM2.5

Voor de omrekening naar PM10 is de volgende formule gehanteerd: $PM10 = 45\%$ van de totaal stof fractie. Deze formule wordt gebruikt in een Engelse fijn stof emissie inventarisatie (Anonymus, 2000, pagina 12) en is ontleend aan Fins onderzoek (Louhelainen et al., 1987). Recent Nederlands onderzoek heeft deze formule bevestigd (Aarnink et al., 1999). De omrekening naar PM2.5 wordt gedaan met de formule $PM2.5 = 8\%$ van de totaal stof fractie. Ook hiervoor gelden de beide literatuurreferenties als bij PM10. In tabel 1 worden alleen de PM10 emissiefactoren gepresenteerd. Hierbij is uitgegaan van de gemeten PM5 emissies en met behulp van de gemeten concentraties totaal stof en respirabel stof wordt vanuit de PM5 emissiefactor de PM10 emissiefactor berekend.

Indeling in diercategorieën

In tabel 1 is te zien dat voor 10 stalsystemen emissiemetingen hebben plaatsgevonden. Om de fijn stof emissie uit de totale Nederlandse veestapel te kunnen berekenen, is een vertaalslag nodig naar die diercategorieën waarvan geen emissiemetingen beschikbaar zijn. De gekozen indeling in diergroepen is analoog aan de

indeling die gebruikt wordt voor de mest- en ammoniakberekeningen. De aantallen dieren worden ontleend aan de jaarlijks uitgevoerde Landbouwtelling.

Categorie 1: melkkoeien

Bij de berekeningen is ervan uitgegaan dat 10% van de koeien is gehuisvest in een grupstal en 90% in een ligboxenstal, dit levert een gemiddelde emissie van 15,1 mg/uur per dier. De winterperiode is gesteld op 190 dagen en in de zomerperiode valt 40% van de mest in de kelder, dit levert een berekende emissiefactor van:

$190 * 24 * 15,1 + 175 * 0,4 * 24 * 15,1 = 94$ gram/dierplaats/jaar uit de stal. De fractie fijn stof emissie uit de stal in de zomer is dus gelijkgesteld aan de fractie mest die in de zomerdag in de stal terechtkomt.

De lengte van de winter/zomerperiodes en het percentage zomermest dat in de stal wordt opgevangen, is ontleend aan de WUM (werkgroep uniformering mestcijfers).

Categorie 2: jongvee voor de fokkerij

Deze groep omvat alle jongvee voor de fokkerij en de stieren voor de fokkerij.

De emissiefactor is gebaseerd op die van melkkoeien en is berekend met behulp van de forfaitaire fosfaatexcreties van jongvee (tot 1 jaar 9 kg en van 1 tot 2 jaar 18 kg per jaar) en van melkkoeien (41 kg per jaar). De emissiefactor bedraagt dan:

$\{(9 + 18) / 2\} / 41 * 94 = 31$ gram/dierplaats/jaar uit de stal.

Categorie 3: stalvleesvee

Deze groep omvat alle mestjongvee, aangevuld met geiten.

De emissiefactor is gebaseerd op 365 staldagen.

Categorie 4: weidend vleesvee (= zoogkoeien)

Deze groep omvat zoogkoeien en schapen. Voor schapen is geen fijn stof emissie opgenomen omdat deze dieren slechts enkele maanden per jaar in de stal verblijven. Het aantal schapen is dus niet opgenomen in het aantal stuks weidend vleesvee.

De fijn stof emissie van zoogkoeien is gelijkgesteld aan stalvleesvee met een correctie voor de weideperiode die 200 dagen bedraagt, derhalve dus $165 * 24 * 23,8 = 94$ gram/dierplaats/jaar uit de stal. De lengte van de weideperiode is ontleend aan de WUM (werkgroep uniformering mestcijfers).

Categorie 5: vleeskalveren

De emissiefactor is gebaseerd op 365 staldagen.

Categorie 6: vleesvarkens

De emissiefactor is gebaseerd op 365 staldagen.

Categorie 7: fokzeugen

Deze categorie omvat alle categorieën zeugen, aangevuld met beren. Bij de vaststelling van het aantal dieren in deze diercategorie worden de jonge biggen niet meegeteld omdat hun emissie aan de zeug wordt toegerekend.

Per zeugenplaats is er 2,63 biggenplaats (KWIN), derhalve is de fijn stof emissie:

$365 * 24 * 6,4 + 2,63 * 365 * 24 * 3,3 = 132$ gram/zeugenplaats/jaar.

Categorie 8: legpluimvee

Tot de categorie legpluimvee worden gerekend leghennen < 18 weken, leghennen > 18 weken, vleeseenden, moederdieren < 5 maanden en moederdieren > 5 maanden. Het aantal dieren is weergegeven als legpluimvee-equivalent : de tot deze categorie behorende dieren worden op basis van de forfaitaire fosfaatexcretie omgerekend naar aantallen legpluimvee-equivalent (zijnde de leghen met 0,50 kg P₂O₅ per jaar). Op basis van de forfaitaire fosfaatuitscheiding is voor 1998 berekend dat 52% van de geproduceerde mest in scharrelstallen (grondhuisvesting) werd geproduceerd en 48% in mestbandbatterijen.

Categorie 9: vleespluimvee

Tot deze categorie behoren : vleeskuikens, vleeskalkoenen, kalkoenouderdieren < 7 maanden en kalkoenouderdieren > 7 maanden. Net als bij legpluimvee is ook hier omgerekend naar aantallen vleespluimvee-equivalent (zijnde het vleeskuiken met 0,24 kg P₂O₅ per jaar).

Literatuur behorend bij berekening emissie uit stallen

- Aarnink,A.J.A., Roelofs,P.F.M.M., Ellen,H. & Gunnink,H. (1999) Dust sources in animal houses. *In: Congress Proceedings International Symposium on Dust control in animal production facilities. May30th – June 2nd 1999, Aarhus. Danish Institute of Agricultural Sciences, Horsens, Denmark.*
- Anonymus (2000) Atmospheric emissions of particulates from agriculture: a scoping study. Final Project report CSG 15, Min. Agric. Fisheries and Food (MAFF), UK, by IC Consultants and Silsoe Res. Inst., 97 pp.
- Groot Koerkamp,P.W.G., Uenk,G.H. & Drost,H. (1996) De uitstoot van respirabel stof door de Nederlandse veehouderij. IMAG-DLO rapport 96-10, Wageningen. 36 pp.
- Louhelainen,K., Vilhunen,P., Kangas,J. & Terho,E.O. (1987) Dust exposure in piggeries. *Eur. J. Respiratory Diseases Vol 71 suppl. 152, page 80-90.*
- Takai,H., Pedersen,S., Johnsen,J.O., Metz,J.H.M., Groot Koerkamp,P.W.G., Uenk,G.H., Phillips,V.R., Holden,M.R., Sneath,R.W., Short,J.L., White,R.P., Hartung,J., Seedorf,J., Schroder,M., Linkert,K.H. & Wathes,C.M. (1998) Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in Northern Europe. *J. Agric. Engineering Res., 70: 59-77.*

Tabel 1. Emissiefactoren voor respirabel stof (= PM5) en PM10 uit stallen in de Nederlandse veehouderij en bijbehorende emissies voor het jaar 1998. Bronnen: zie tekst

Diercategorie	Aantal dieren	Resp emissie Mg/uur/dier	PM5		
			Em.fact Gr/dp/jr	Emissie ton jaar ⁻¹	Emissie ton jaar ⁻¹
Rundvee					331,30
Melkkoeien	1.610.630		94	151,40	
Grupstal		11,0			
Ligboxenstal		15,6			
Jongvee fokkerij	1.450.386		31	44,96	
Stalvleesvee	416.659	23,8	208	86,67	
Zoogkoeien	165.570		94	15,56	
Vleeskalveren	710.991	5,3	46	32,71	
Varkens					627,82
Vleesvarkens	6.591.246	6,9	60	395,47	
Fokzeugen	1.760.154		132	232,34	
Guste/dragende zeugen		6,4			
Biggen		3,3			
Pluimvee					1327,13
Legpluimvee	52.700.287				
Scharrelstal	27.404.149	2,3	20	548,08	
Mestbandbatterij	25.296.138	0,14	1,2	30,36	
Vleespluimvee	53.477.941	1,6	14	748,69	
Totaal generaal					2286,24

vervolg tabel 1

Diercategorie	Concentratie in mg m ⁻³			PM10			
	Totaal stof	Resp stof	Resp/totaal	Emissie Mg/uur/dier	Em.fact Gr/dp/jr	Emissie ton jaar ⁻¹	Emissie ton jaar ⁻¹
Rundvee							938,19
Melkkoeien					297	478,36	
Grupstal	0,34	0,05	0,147	33,7			
Ligboxenstal	0,14	0,02	0,143	49,1			
Jongvee fokkerij					98	142,14	
Stalvleesvee	0,37	0,07	0,189	56,6	496	206,66	
Zoogkoeien					224	37,09	
Vleeskalveren	0,25	0,05	0,200	11,9	104	73,94	
Varkens							3099,87
Vleesvarkens	2,8	0,25	0,089	34,8	305	2010,33	
Fokzeugen					619	1089,54	
Guste/dragende zeugen	1,1	0,12	0,109	26,4			
Biggen	3,4	0,30	0,088	16,8			
Pluimvee							5284,32
Legpluimvee							
Scharrelstal	8,4	1,25	0,149	7,0	61	1671,65	
Mestbandbatterij	0,68	0,07	0,103	0,6	5,4	136,60	
Vleespluimvee	11,8	1,14	0,097	7,5	65	3476,07	
Totaal generaal							9322,37

Bijlage 3 Verbruik van kunstmeststoffen in 1995/1996

	Verbruik ¹ Kton	percentage ² %	Percentage N, P ₂ O ₅ K ₂ O, CaO ³	Kton product	Soort product	Klasse	Fijn stof emissie (ton jr-1)
N	389						
% kalkammonsalpeter		71,5	26	1070	korrel	S3	16
% stikstofmagnesia		9,1	22	161	korrel	S3	2
% NPK, diversen		19,4	12-26	290-629	korrel	S3	4-9
P₂O₅	66						
% superfosfaat		13,1	16-22	39-54	korrel	S3	0,6-0,8
% NPK, diversen		86,9	8-35	164-717	korrel	S3	2-11
% Thomasslakkenmeel		0,03 ⁴	14-18	0,1	poeder	S1	0
% natuurfosfaat		0,03 ⁵	25-35	0,1	poeder	S1	0
K₂O	74						
% KCl, 40%		3,6	40	7	v,k,g ⁶	S3	0,1
% KCl, 60%		45,2	60	56	v,k,g	S3	0,8
% patentkali, 30%		11,5	30	28	v,k,g	S3	0,4
% kaliumsulfaat		6,4	50	9	v,k,g	S3	0,1
% kalisalpeter		4,0	46	6	v,k,g	S3	0,1
% NPK, diversen		29,3	7-30	72-310	v,k,g	S3	1-5
CaO	183						
% kalkmergel		15,9	40	72	50% < 0,15 mm	S1	22
% koolzure Mg-kalk		24,8	35	130	>90% < 0,15 mm	S1	39
% schuimaarde		46,4	20-30	283-425	vochtige kalk	S3	4-6
% diverse		12,9	20-40	59-118		S3	1-2
Totaal	712						94-115

¹ LEI-CBS, 1998, tabel 28-b; ² LEI-CBS, 1998, tabel 28-d; ³ Findenegg & Janssen, 1984; ⁴ IKC, 1996, schatting voor 1993

⁵ Ehlert, Alterra, pers. meded.; ⁶ vlokken, korrels of granulaten

Bijlage 4 Berekening hoeveelheid hulpstof in gewasbeschermingsmiddelen

Door Merkelbach (Alterra) werd getwijfeld aan de juistheid van de correctiefactor voor de aanwezigheid van hulpstoffen in gewasbeschermingsmiddelen. De heer Michel de Ruyter (firma Luxan, Elst Gld) werd gevraagd om een schatting te maken van de hoeveelheid hulpstof (h.s.) in deze middelen. Voor de schatting onderscheidt hij drie categorieën middelen:

1. emulgeerbare concentraten in organische oplosmiddelen met emulgatoren:
200-4/500 mg L⁻¹ actieve stof (a.s.), 4-5% emulgatoren, rest oplosmiddelen →
8-20% h.s. van a.s., gemiddeld 14%
2. spuitpoeders en in water dispergeerbare granules
50-75% actieve stof, 6% emulgatoren, rest inerte vulstof klei + mineralen →
33-100% h.s. van a.s., gemiddeld 67%
3. suspensie concentraten: poeder opgelost in water
500 mg L⁻¹ actieve stof, 6-7% hulpstoffen → 12-14% h.s. van a.s., gemiddeld 13%

Voor Nederland is de verkoop als volgt verdeeld over de 3 genoemde categorieën middelen:

1: 15-20%, 2: 60-65%, 3: 20%, wat leidt tot een gewogen gemiddelde van:
 $0,175 * 14 + 0,625 * 67 + 0,2 * 13 = 46,9 \%$, of afgerond: 50% hulpstof van actieve stof. Dit houdt in dat de dampdrift van actieve stof vermenigvuldigd moet worden met een factor 1.5, en niet een factor 3 zoals in C99 is genoemd.

Bijlage 5 Berekening arealen en drogestof-opbrengst van gewassen die droog worden geoogst (schatting voor 1998).

Gewas	areaal ¹ X 1000 ha	oogst droog ²	opbrengst ³ Kton d.s. ha ⁻¹	opbrengst Nederland Kton d.s. jaar ⁻¹
Granen (korrel+stro)	189,3			
wintertarwe	125,0	1	12	1500
zomertarwe	12,5	1	10	125
wintergerst	2,6	1	10	26
zomergerst	39,3	1	8	314
rogge	5,0	1	9	45
haver	2,0	1	9	18
triticale	2,9	1	10	29
Graszaad	23,9	1	8	191
Peulvruchten	4,2			
groene erwten	0,7	½	5	2
kapucijners / grauwe erwten	0,5	½	5	1
bruine bonen	2,0	1	3	6
veldbonen	1,0	1	5	5
Handelsgewassen	5,7			
koolzaad	0,6	1	3	2
karwijzaad	0,2	1	1,5	0
blauwmaanzaad	0,6	1	1,5	1
vlas	4,3	1	8	34
Uien	15,6			
poot- en plantuien	4,5	1	50	225
zaaiuien	10,6	1	50	530
zilveruitjes	0,5	1	30	15
Overige akkerbouw	18,1			
korrelmaïs	12,7	1	20	254
corn cob mix	5,4	1	20	108
Totaal				3432

¹ Bron: LEI & CBS, 1998. Land- en tuinbouwcijfers 1998. LEI-DLO, Den Haag; CBS, Voorburg.

² Bij factor 1 wordt aangenomen dat de oogst geheel in droge vorm plaatsvindt, bij factor ½ is dit 50%

³ Bron: Kwantitatieve informatie voor de akkerbouw en groenteteelt in de vollegrond 1995, IKC,DLV en Proefstation AGV. p. 6-11.

