



Relatie tussen geurimmissie en geurhinder in de intensieve veehouderij



VROM07A3, april 2007
PRA Odournet bv



titel: **Relatie tussen geurimmissie en geurhinder in de intensieve veehouderij**

rapportnummer: **VROM07A3**

projectcode: **VROM07A**

trefwoorden: intensieve veehouderij, geurhinder, verspreidingsberekeningen, LTFD, V-Stacks

opdrachtgever: **Ministerie VROM**
Postbus 30945
2500 GX DEN HAAG
Nederland
+31 70 3394446 telefoon
+31 70 3391313 fax

contactpersoon: **de heer B. Knuttel**

opdrachtnemer: **PRA Odournet bv**
Singel 97
1012 VG Amsterdam
Nederland
+31 20 6255104 telefoon
+31 20 6201514 fax
nl@odournet.com

auteur(s): **Dasha Noordegraaf en Margrethe Bongers**

goedgekeurd: voor PRA Odournet bv door



drs. F.J.H. Vossen, directeur

datum: 26 april 2007

copyright: © 2007, PRA Odournet bv

Inhoudsopgave

1	Inleiding en achtergrond	4
2	Verschilfactor tussen V-Stacks en LTFD	5
2.1	Algemeen	5
2.2	Uitgangspunten immissieberekeningen	5
2.2.1	Cumulatieve immissie van meerdere bronnen samen	5
2.2.2	Wel/niet concentratiegebied	6
2.2.3	Ruwheid en meteo	6
2.2.4	Samenvatting uitgangspunten immissieberekening	11
2.3	Verschilfactor V-Stacks vergunning/LTFD voor één-bronsituaties	12
2.4	Verschilfactor V-Stacks gebied/LTFD voor meer-bronsituaties	15
2.5	Omrekening van ge naar ou_E	18
2.6	Relatie tussen immissies berekend met LTFD (ge/m^3) en met V-Stacks (ou_E/m^3)	18
3	Relatie tussen geurimmissie en geurhinder	20
3.1	Toegepast statistisch model	20
3.2	Nauwkeurigheid	21
3.3	Relatie tussen geurimmissie en geurhinder per deelpopulatie	21
4	Interpretatie	27
4.1	Geurimmissie	27
4.2	Relatie tussen geurimmissie en hinder	27
4.2.1	Onaangenaamheid van de geur	27
4.2.2	Tolerantie voor de geur	28
4.3	Onnauwkeurigheid	28
4.4	Meer-bronsituaties	28
4.5	Ruwheid	29
4.6	Binnen/buiten bebouwde kom	29
5	Toegestane hinder volgens Richtlijn 1996 en de Wet Geurhinder en Veehouderij	30
	Bijlagen	31
Bijlage A	Ammoniakemissie in Nederland t.b.v. definitie wel/niet concentratiegebied (2001)	32
Bijlage B	Bijlage B behorende bij artikel 1 van de Wet herstructurering varkenshouderij	33
Bijlage C	Ruwheid bepaald met V-Stacks	36
Bijlage D	Immissieberekeningen LTFD en V-Stacks	38
Bijlage E	Regressieformules	41

1 Inleiding en achtergrond

Per 1 januari 2007 is de Wet Geurhinder en Veehouderij (WGV) in werking getreden. In deze nieuwe wet worden onder meer grenswaarden gesteld voor de maximale toegestane geurbelasting op geurgevoelige objecten vanwege tot veehouderijen behorende dierenverblijven. De wetgeving biedt gemeenten de mogelijkheid gemotiveerd af te wijken van de wettelijke waarden. Daarom is het wenselijk te weten tot welk percentage geurgehinderden de toegestane geurimmissie leidt.

In opdracht van het Ministerie van VROM is door KEMA het model *V-Stacks* opgesteld om de geurimmissie als gevolg van veehouderijbedrijven te berekenen. *V-Stacks* is gebaseerd op het Nieuw Nationaal Model (NNM) ten behoeve van verspreiding van luchtverontreiniging. De berekende geurimmissie wordt uitgedrukt in $\text{ou}_\text{e}/\text{m}^3$ als 98-percentielwaarde. Uiteindelijk is echter niet de geurimmissie van belang, maar de geurhinder die hiervan het gevolg is.

In 2001 is door Project Research Amsterdam (nu PRA Odournet bv) het 'Geurhinderonderzoek stallen intensieve veehouderij'¹ (PRA 2001) uitgevoerd. In dit onderzoek zijn geurimmissies gekoppeld aan geurhindercijfers. De geurimmissie is berekend met het LTFD-model, destijds het Nationaal Model voor de verspreiding van luchtverontreiniging, de geurhinder is gemeten met enquêtes. De geurimmissie berekend met LTFD kan verschillen van die berekend met *V-Stacks*. De relatie tussen immissie en hinder is dan ook afhankelijk van het gebruikte model.

In dit onderzoek wordt de verschilfactor tussen de immissies volgens *V-Stacks* en de immissies volgens LTFD bepaald. Uit deze verschilfactor volgt de relatie tussen de immissie volgens *V-Stacks* en de hinder. Hiermee kan op basis van de geurimmissie volgens *V-Stacks* de geurhinder worden voorspeld.

Ten behoeve van het berekenen van de verschilfactor worden de immissies in één-bronsituaties met *V-Stacks* vergunning berekend. In meer-bronsituaties worden de cumulatieve immissies met *V-Stacks* gebied berekend.

In de Wet Geurhinder en Veehouderij gelden voor de volgende groepen verschillende maximale immissies:

- niet-concentratiegebied (binnen en buiten bebouwde kom),
- concentratiegebied (binnen en buiten bebouwde kom).

In PRA 2001 zijn zes groepen met verschillende hindergevoeligheid onderscheiden. In dit onderzoek wordt daarom tevens onderbouwd welke van deze groepen representatief zijn voor de groepen in de Wet.

In hoofdstuk 2 wordt de verschilfactor tussen *V-Stacks* en LTFD afgeleid. Hoofdstuk 3 legt per groep de relatie tussen de geurimmissie berekend met *V-Stacks* en de in PRA 2001 gerapporteerde hinder. Hoofdstuk 4 gaat in op de interpretatie van de hindercijfers.

¹ 'Geurhinderonderzoek stallen intensieve veehouderij', van maart 2001, door PRA Odournet BV, projectnummer VROM01A.

2 Verschilfactor tussen V-Stacks en LTFD

2.1 Algemeen

De verspreidingsmodellen V-Stacks en LTFD berekenen beide de immissie als gevolg van een bron. De rekenwijze van de modellen verschilt en dat leidt tot verschillende berekende immissies. De verschilfactor tussen de immissies berekend met V-Stacks en LTFD is geen vaste waarde maar afhankelijk van de specifieke situatie. Factoren die de verschilfactor beïnvloeden zijn broneigenschappen zoals: emissiehoogte, uittredesnelheid van de afgassen en gebouwinvloed. Daarnaast zijn de omgevingskenmerken van belang, met name de ruwheid van het gebied rondom bron en receptor. De ruwheid is een maat voor het aantal en de hoogte van de obstakels in een gebied en is van grote invloed op de verspreiding. De broneigenschappen en omgevingskenmerken verschillen per situatie. Voor dit onderzoek dient de verschilfactor V-Stacks/LTFD te worden bepaald voor de onderzoekspopulatie uit PRA 2001. De Wet Geurhinder en Veehouderij stelt verschillende normen voor concentratiegebieden en niet-concentratiegebieden. Daarom is gevraagd de verschilfactor V-Stacks/LTFD vast te stellen per gebied.

Mogelijk ligt op basis van de ruwheidsgegevens een ander onderscheid naar gebieden meer voor de hand. Omdat de normstelling echter uitgaat van het onderscheid concentratiegebieden en niet-concentratiegebieden beperkt het onderzoek zich tot die tweedeling.

In paragraaf 2.2 worden de uitgangspunten voor de immissieberekeningen uit PRA 2001 besproken in relatie tot de uitgangspunten van V-Stacks. In paragrafen 2.3 en 2.4 worden de verschilfactoren V-Stacks/LTFD afgeleid. Paragraaf 2.5 gaat in op de omrekening van ge naar ou_E . Tot slot wordt in paragraaf 2.6 de relatie gelegd tussen immissies berekend met LTFD (ge/m^3) en met V-Stacks (ou_E/m^3).

2.2 Uitgangspunten immissieberekeningen

In deze paragraaf worden de uitgangspunten voor de immissieberekeningen uit PRA 2001 besproken in relatie tot de uitgangspunten van V-Stacks. Aan de orde komen de berekeningswijze van de geurimmissie van meerdere bronnen samen, hoe de onderzoekspopulatie is samengesteld voor wat betreft de verdeling wel/niet concentratiegebied en voor wat betreft de toepasselijke ruwheden en meteogegevens.

2.2.1 Cumulatieve immissie van meerdere bronnen samen

Met *cumulatieve immissie* wordt de geurimmissie bedoeld als gevolg van twee of meer bronnen.

In PRA 2001 is de geurimmissie in meer-bronsituaties berekend op basis van 'alle' bedrijven in de omgeving van de woning; alleen bedrijven die een bijdrage van minder dan 5% hebben aan de totale immissie zijn - meestal - buiten beschouwing gelaten. Dit is een conservatieve methode voor het berekenen van de geurimmissie, want ze leidt tot de hoogst mogelijke cumulatieve immissie. Zou de cumulatieve immissie bijvoorbeeld worden berekend op basis van alleen de meest dominante bron(nen), dan zou dit een lagere immissie geven. Aan die lagere immissie zou dezelfde gemeten hinder worden gekoppeld, zodat hieruit een andere relatie tussen immissie en hinder zou volgen.

Wanneer de in PRA 2001 vastgestelde relatie tussen de cumulatieve immissie en de hinder wordt gebruikt om hinder te voorspellen, is dan ook van belang dat de geurimmissie op vergelijkbare wijze wordt berekend als in PRA 2001. Dit betekent dat voor de berekening van de cumulatieve immissie 'alle' bedrijven meegenomen dienen te worden, alleen bedrijven met een relatieve bijdrage kleiner dan 5% mogen buiten beschouwing worden gelaten.

In V-Stacks gebied worden alle in een *gebied* ingevoerde bedrijven meegerekend. In de gebruikshandleiding van V-Stacks gebied wordt een maximale afstand tussen receptorpunt en bron geadviseerd. De aanbevolen waarde is 2.000 m. Deze afstand is een bruikbare aanbeveling. In de praktijk hebben bedrijven op meer dan 2 km afstand van de ontvanger een geringe immissie en ook een geringe bijdrage aan de totale immissie. Ter illustratie: een traditionele stal met 5.000 mestvarkens veroorzaakt op 2 km afstand een immissie van circa $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ als 98-percentielwaarde. Voor zeer grote bedrijven kan deze afstand groter zijn. Ook gaat deze regel niet op in situaties waar zich binnen 2 km nauwelijks bedrijven van enige omvang bevinden. Om te komen tot een met PRA 2001 vergelijkbare cumulatieve immissie, dienen in V-Stacks tenminste alle bedrijven met een bijdrage van 5% of meer aan de totale immissie te worden meegenomen. Een vuistregel voor de meest gangbare situaties is: alle bedrijven binnen een straal van 2 km rondom de ontvanger dienen te worden meegenomen.

2.2.2 Wel/niet concentratiegebied

De indeling naar wel/niet concentratiegebied in de wet wijkt af van die in het onderzoek PRA 2001.

PRA 2001: De indeling naar wel/niet concentratiegebied is gemaakt op basis van de ammoniakemissie als gevolg van de intensieve veehouderij, op gemeenteniveau. In Bijlage A zijn de emissies van ammoniak naar lucht van de doelgroep landbouw 1997 per vak van 5x5 km opgenomen. Gebieden waar de ammoniakemissie volgens deze plattegrond 150 ton NH_3 per jaar of meer is, zijn beschouwd als concentratiegebied. Niet tot de concentratiegebieden zijn gerekend de gebieden waar de ammoniakemissie lager is dan 150 ton NH_3 per jaar of moet worden toegeschreven aan niet-intensieve veeteelt.

De Wet Geurhinder en Veehouderij: In de wet komt het concentratiegebied overeen met het reconstructiegebied uit Wet herstructurering varkenshouderij (reeds vervallen). De indeling is conform Bijlage B behorende bij artikel 1 van de wet herstructurering varkenshouderij en opgenomen in Bijlage B van dit rapport.

De gebieden overlappen elkaar niet geheel. De belangrijkste verschillen zijn:

- het gebied dat ongeveer ligt tussen Harderwijk, Ede, Apeldoorn en Arnhem, dus oostelijk van de Gelderse Vallei, is in 2001 niet beschouwd als concentratiegebied maar is wel reconstructiegebied;
- De streek rond Hardenberg (noord-oost Overijssel) is in 2001 wel gerekend als concentratiegebied maar is geen reconstructiegebied.

In het eerste gebied zijn 83 enquêtes afgenomen, in het tweede gebied 131. Het aanpassen van deze indeling zou betekenen dat de onderzoeksgegevens uit 2001 voor een groot deel opnieuw geanalyseerd zouden moeten worden. Dit zou een grote tijdsinspanning vergen. De relaties tussen de geurimmissie en geurhinder in deze twee gebieden zijn daarom indicatief beschouwd, zonder rekening te houden met één-bron versus cumulatiesituaties en wel/niet agrariërs. Het blijkt dat de percentages gehinderden per gebied niet wezenlijk van elkaar verschillen. Naar verwachting compenseren deze gebieden elkaar dus redelijk in het totaal.

In dit onderzoek zal verder worden aangenomen dat, ondanks het verschil in definitie van de gebieden, de resultaten uit 2001 van toepassing zijn voor de nieuwe Wet Geurhinder en Veehouderij.

2.2.3 Ruwheid en meteo

Behalve het model zelf, is het belangrijkste verschil in uitgangspunten tussen de verspreidingsberekeningen de wijze waarop de ruwheid is bepaald.

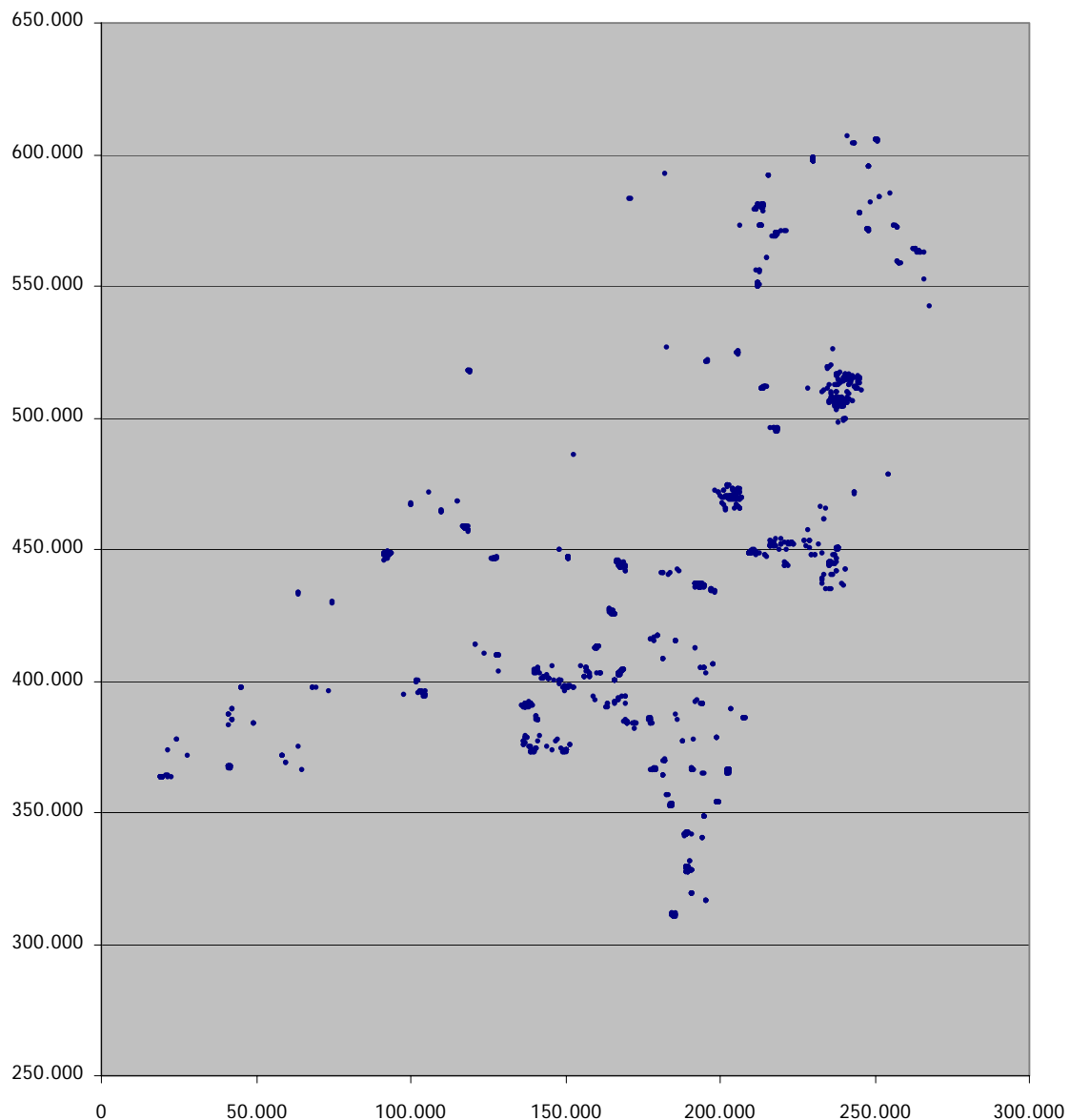
Voor LTFD berekeningen (PRA 2001) is uitgegaan van de ruwheidskaart van Wieringa.

In V-Stacks wordt de ruwheid berekend volgens de 'Roughness maps of The Netherlands' van het KNMI (zie de website van het KNMI).

De ruwheid is van grote invloed op de immissie. Om de relatie immissie-hinder uit PRA 2001 om te rekenen van LTFD naar V-Stacks, is het daarom nodig per model te weten welke ruwheden van toepassing zijn in het onderzoeksgebied. Hierna wordt het onderzoeksgebied uit PRA 2001 gekarakteriseerd voor wat betreft de ruwheid.

2.2.3.1 LTFD-berekeningen (2001)

Figuur a geeft het onderzoeksgebied weer; de blauwe punten geven de rijksdriehoekskoördinaten (RDC) van de 2.303 respondenten grafisch weer.



Figuur a: Rijksdriehoekskoördinaten van de woningen van de respondenten uit PRA 2001 (Geurhinderonderzoek intensieve veehouderij)

Tabel 1 geeft de samenstelling van de onderzoekspopulatie weer voor wat betreft ruwheid en meteoregio van het gebied waar men woont, zoals gebruikt voor de LTFD-berekeningen ten behoeve van PRA 2001. In dit onderzoek is de ruwheid bepaald volgens de ruwheidskaart van Wieringa. In LTFD kunnen de ruwheden 0,25 en 0,5 m volgens de kaart van Wieringa niet ingevoerd worden. Daarom is waar Wieringa ruwheden van 0,25 en 0,5 m aangeeft, in LTFD een ruwheid van 0,3 m ingevoerd.

Tabel 1: Samenstelling van de onderzoekspopulatie in PRA 2001 voor wat betreft wel/niet concentratiegebied, ruwheid en meteoregio (het totaal aantal respondenten is 2.303)

Gebied	Meteoregio	Procentuele verdeling van respondenten per ruwheid			
		$z_0 = 0,1$ m	$z_0 = 0,3$ m	$z_0 = 1,0$ m	totaal
Concentratiegebied	Eindhoven	0%	32%	1%	33%
Niet-concentratiegebied	Eindhoven	0%	41%	2%	43%
Niet-concentratiegebied	Schiphol	3%	21%	0%	24%
Totaal		4%	93%	3%	100%

Uit de tabel blijkt dat 93% van alle respondenten in een gebied met een ruwheid van 0,3 m woont (komt overeen met een ruwheid van 0,25 of 0,5 m volgens de kaart van Wieringa). In de verdere berekeningen zal voor de met LTFD berekende immissie alleen een ruwheid van 0,3 m worden beschouwd.

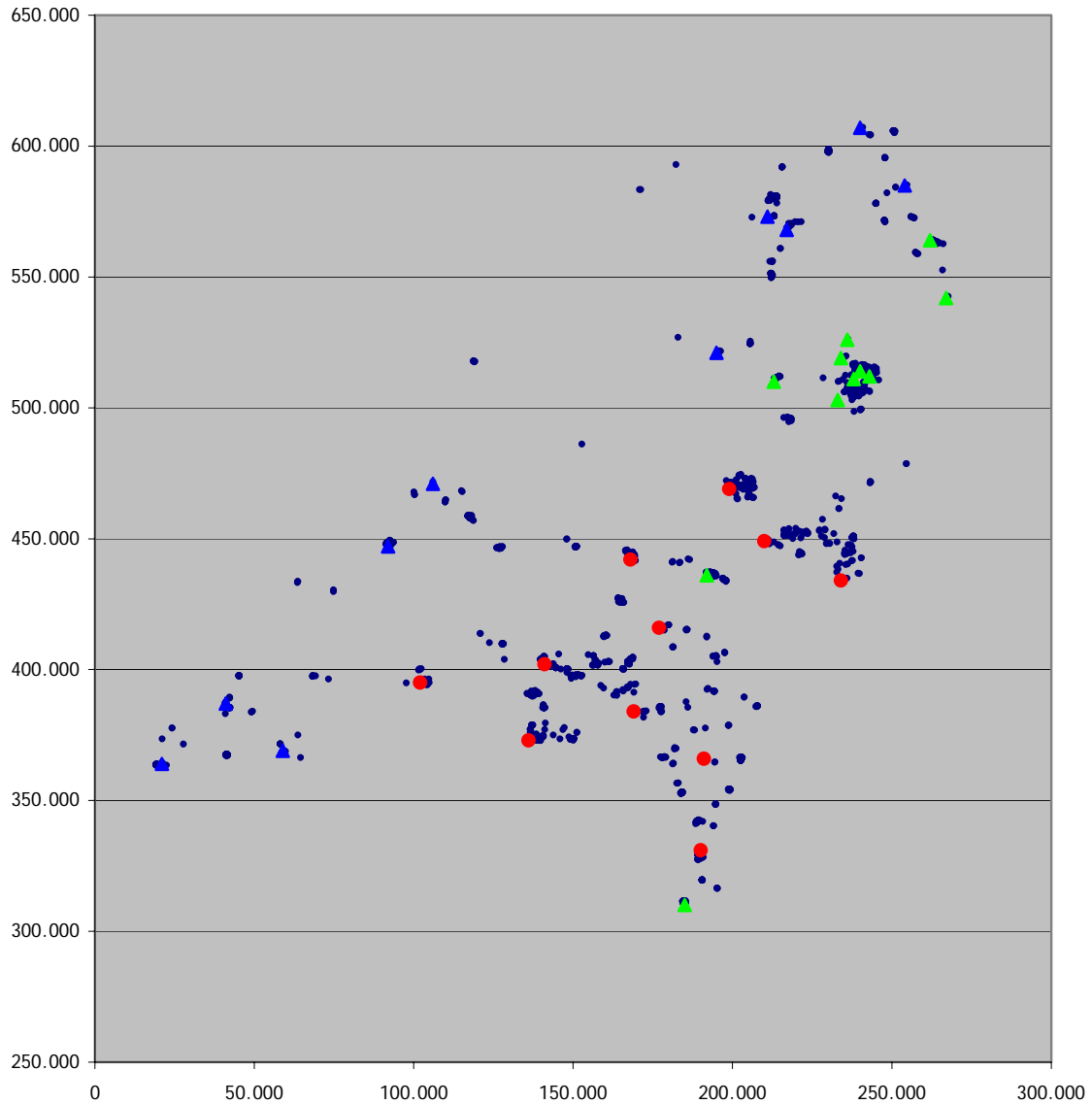
In het concentratiegebied komt alleen meteoregio Eindhoven voor. In het niet-concentratiegebied is de verdeling over de meteoregio's Eindhoven en Schiphol gelijk aan:

- Niet-concentratiegebied, Eindhoven : 64% (43% van 43%+24%),
- Niet-concentratiegebied, Schiphol : 36% (24% van 43%+24%).

Deze verdeling wordt verdisconteerd in de verschilfactor V-Stacks/LTFD voor het niet-concentratiegebied.

2.2.3.2 V-Stacks

Om de ruwheid in het onderzoeksgebied te bepalen volgens V-Stacks, zijn 32 gebieden geselecteerd verspreid over Nederland. Deze clusters zijn in figuur b gemarkeerd.



Figuur b: Rijksdriehoekskoördinaten (de noordwesthoek van het gebied) van de gebieden waarvan de ruwheid is bepaald:

- Concentratiegebied, Eindhoven: rondje, rood
- Niet-concentratiegebied, Eindhoven: driehoek, groen
- Niet-concentratiegebied, Schiphol: driehoek, blauw

De kleine donkerblauwe stipjes geven de woningen weer van de respondenten uit PRA 2001.

Per cluster is de ruwheid bepaald op basis van V-Stacks. Tabel 2 geeft de gemiddelde ruwheden per gebied als gebruikt in LTFD (volgens Wieringa) en in V-Stacks weer. In Bijlage C zijn de gedetailleerde gegevens opgenomen.

Overigens is de scheidslijn tussen meteoregio's Eindhoven en Schiphol voor het LTFD-model anders dan voor V-Stacks. Voor de geselecteerde clusters zijn de meteostations in LTFD echter gelijk aan die in V-Stacks.

Tabel 2: Gemiddelde ruwheid per gebied als gebruikt in LTFD (volgens Wieringa) en in V-Stacks

Gebied	Meteoregio	Ruwheid in LTFD [m]	Ruwheid in V-Stacks ¹⁾ [m]
Concentratiegebied	Eindhoven	0,3	0,22
Niet-concentratiegebied	Eindhoven	0,3	0,19
Niet-concentratiegebied	Schiphol	0,3	0,11

1) gemiddelde waarden

Waar in de LTFD-berekening voor PRA 2001 in vrijwel heel Nederland met een ruwheid van 0,3 m is gerekend, zijn volgens V-Stacks de volgende ruwheden van toepassing:

- Concentratiegebied, Eindhoven : 0,22 m,
- Niet-concentratiegebied, Eindhoven : 0,19 m,
- Niet-concentratiegebied, Schiphol : 0,11 m.

De ruwheden berekend met V-Stacks zijn dus in alle gebieden beduidend lager dan die in de LTFD-berekening.

2.2.4 Samenvatting uitgangspunten immissieberekening

Uit voorgaande is gebleken dat:

- Om te komen tot een met PRA 2001 vergelijkbare cumulatieve immissie, dienen in V-Stacks alle bedrijven met een bijdrage van 5% of meer aan de totale immissie te worden meegenomen. Een vuistregel voor de meest gangbare situaties is: alle bedrijven binnen een straal van 2 km rondom de ontvanger dienen te worden meegenomen. Deze vuistregel geldt niet voor: 1) bedrijven groter dan 5.000 mestvarkens in een traditioneel stalsysteem of qua geuremissie daarmee vergelijkbaar en 2) situaties waar zich binnen 2 km nauwelijks bedrijven van enige omvang bevinden.
- De indeling naar wel/niet concentratiegebied in de Wet Geurhinder en Veehouderij wijkt af van die in het onderzoek PRA 2001, de gebieden overlappen elkaar niet geheel. Er is geen reden aan te nemen dat hierdoor het verschil in hindergevoeligheid tussen concentratiegebied en niet-concentratiegebied uit PRA 2001, niet bruikbaar is bij het toepassen van de wet.
- Waar in de LTFD-berekening voor PRA 2001 in vrijwel heel Nederland met een ruwheid van 0,3 m is gerekend, zijn in V-Stacks lagere ruwheden van toepassing:

- concentratiegebied, Eindhoven	:	0,22 m,
- niet-concentratiegebied, Eindhoven	:	0,19 m,
- niet-concentratiegebied, Schiphol	:	0,11 m.

Van de invoergegevens voor de modellen, verschilt dus alleen de ruwheid wezenlijk. In paragraaf 2.3 zal nader worden ingegaan op het effect hiervan.

2.3 Verschilfactor V-Stacks vergunning/LTFD voor één-bronsituaties

In deze paragraaf wordt een gemiddelde verschilfactor afgeleid tussen de immissies berekend met V-Stacks vergunning en de immissies berekend met LTFD. Deze verschilfactor is als volgt berekend:

Met V-Stacks vergunning en met LTFD is voor een standaard emissiesituatie de immissie berekend. In V-Stacks vergunning is gerekend met de in paragraaf 2.2 afgeleide ruwheden (z_0):

- concentratiegebied, Eindhoven : $z_0 = 0,22$ m,
- niet-concentratiegebied, Eindhoven : $z_0 = 0,19$ m,
- niet-concentratiegebied, Schiphol : $z_0 = 0,11$ m.

In LTFD is voor alle situaties met een ruwheid $z_0 = 0,3$ m gerekend.

Per gebied zijn op verschillende afstanden tot de bron de immissies berekend. De verschilfactor V-Stacks/LTFD is bepaald door de immissie berekend met V-Stacks vergunning te delen door de immissie berekend met LTFD. Tabel 3 geeft een overzicht van de berekende verschilfactoren. De gedetailleerde gegevens van de berekening zijn opgenomen in Bijlage D, tabellen D1, D2 en D3.

Tabel 3: Berekende verschilfactoren V-Stacks vergunning/LTFD voor één-bronsituaties

Afstand tot de bron [m]	Concentratiegebied meteo Eindhoven ruwheid in V-Stacks: $z_0 = 0,22$ m	Niet-concentratiegebied meteo Eindhoven, ruwheid in V-Stacks: $z_0 = 0,19$ m	Niet-concentratiegebied meteo Schiphol, ruwheid in V-Stacks: $z_0 = 0,11$ m
50	1,07	1,10	1,19
75	1,07	1,09	1,13
100	1,06	1,08	1,10
200	1,10	1,13	1,11
400	1,18	1,24	1,22
800	1,32	1,41	1,37
1.600	1,43	1,53	1,51

Uit de tabel blijkt dat de verschilfactoren V-Stacks/LTFD variëren van 1,06 tot 1,53. Een verschilfactor groter dan 1 betekent dat V-Stacks vergunning een *hogere* immissie berekent dan LTFD. Uit de tabel blijkt tevens dat de verschilfactor in het concentratiegebied lager is dan in het niet-concentratiegebied voor meteostation Eindhoven. De verklaring hiervoor is de hogere ruwheid in het concentratiegebied ten opzichte van die in het niet-concentratiegebied voor meteostation Eindhoven.

Wat opvalt is dat de verschilfactor V-Stacks/LTFD op korte afstand van de bron (binnen 200 meter van de bron) relatief weinig varieert. Op korte afstand van de bron bedraagt de factor op een geval na 1,1. De uitzondering is de factor op 50 m berekend met de meteogegevens van Schiphol. Vanaf 100 meter van de bron neemt de verschilfactor V-Stacks/LTFD toe naarmate de afstand groter wordt. Overigens is LTFD in principe niet geschikt voor berekeningen binnen 100 m van de bron en de resultaten binnen 100 m afstand zijn daarom minder betrouwbaar.

Het feit dat V-Stacks vergunning andere immissies berekent dan LTFD, wordt voor een deel veroorzaakt door verschillen tussen de modellen. Daarnaast is de lagere ruwheid bij V-Stacks van invloed op de verschillen: bij lage bronnen zoals stallen neemt de immissie toe bij afnemende ruwheid. Er is geen

verklaring voor het feit dat de verschilfactor V-Stacks/LTFD varieert, afhankelijk van de afstand tot de bron.

Hoe de resultaten van V-Stacks vergunning zich verhouden tot het Nieuw Nationaal Model (NNM) is niet door PRA onderzocht.

Tabel 4 geeft voor de onderzoekspopulatie uit PRA 2001 de afstand tussen de woning van de respondent en het meest nabij gelegen bedrijf weer. Het betreft alleen de meer-bronsituaties, van de één-bronsituaties zijn deze afstanden niet bekend.

Tabel 4: Afstand tussen de woning van de respondent en het meest nabij gelegen bedrijf voor de meer-bronsituaties uit PRA 2001

Afstand tot de bron [m]	Representatieve afstand [m]	Concentratiegebied meteo Eindhoven	Niet-concentratiegebied meteo Eindhoven	Niet-concentratiegebied meteo Schiphol
0 - 50	50	5%	2%	1%
50 - 75	75	11%	2%	3%
75 - 100	100	14%	4%	4%
100 - 250	200	32%	24%	20%
250 - 500	400	21%	27%	30%
500 - 1.000	800	16%	26%	29%
1.000 - > 2.000	1.600	2%	14%	14%
Totaal (aantal enquêtes)		100% (733)	100% (871)	100% (294)

Uit tabel 4 blijkt dat de afstand tussen de respondent en het meest nabij gelegen bedrijf in de meeste gevallen 100 tot 1.000 m bedraagt. De respondenten zijn niet gelijkmatig verdeeld over de verschillende afstanden. Hiervoor (in tabel 3) werd aangetoond dat de verschilfactor V-Stacks/LTFD afhankelijk is van de afstand en varieert van 1,1 tot 1,5. Het is van belang een voor de onderzoekspopulatie representatieve verschilfactor V-Stacks/LTFD te bepalen. Gelet op voorgaande, is besloten om de verschilfactoren uit tabel 3 te middelen, gewogen naar het aandeel respondenten per afstand als genoemd in tabel 4. Hieruit volgen de in tabel 5 weergegeven gewogen gemiddelde verschilfactoren V-Stacks/LTFD zoals die van toepassing zijn op de onderzoekspopulatie uit PRA 2001.

Tabel 5: Verschilfactor V-Stacks Vergunning/LTFD voor één-bronsituatie, voor PRA 2001

Gebied	Meteoregio	Aandeel repondenten per gebied	Verschilfactor V-Stacks/LTFD
Concentratiegebied	Eindhoven	100%	1,16
	Gemiddeld	100%	1,16
	Niet-concentratiegebied	Eindhoven	64%
	Schiphol	36%	1,29
	Gemiddeld	100%	1,28

Uit de tabel blijkt dat de verschilfactoren per gebied variëren van 1,16 in het concentratiegebied tot respectievelijk 1,27 en 1,29 voor metestations Schiphol en Eindhoven in het niet-concentratiegebied. Wat opvalt is dat de verschilfactor nauwelijks varieert voor de twee meteoregio's binnen het niet-concentratiegebied. Voor het niet-concentratiegebied zal worden uitgegaan van de gewogen gemiddelde verschilfactor van 1,28.

Oftewel in het onderzoeksgebied van PRA 2001 is de immissie berekend met V-Stacks in het concentratiegebied gemiddeld 1,16 maal zo hoog als die berekend met LTFD en in het niet-concentratiegebied gemiddeld 1,28 maal zo hoog als die berekend met LTFD.

Deze verschilfactoren zijn alleen van toepassing op de onderzoekssituatie uit PRA 2001 en zijn niet algemeen toepasbaar.

2.4 Verschilfactor V-Stacks gebied/LTFD voor meer-bronsituaties

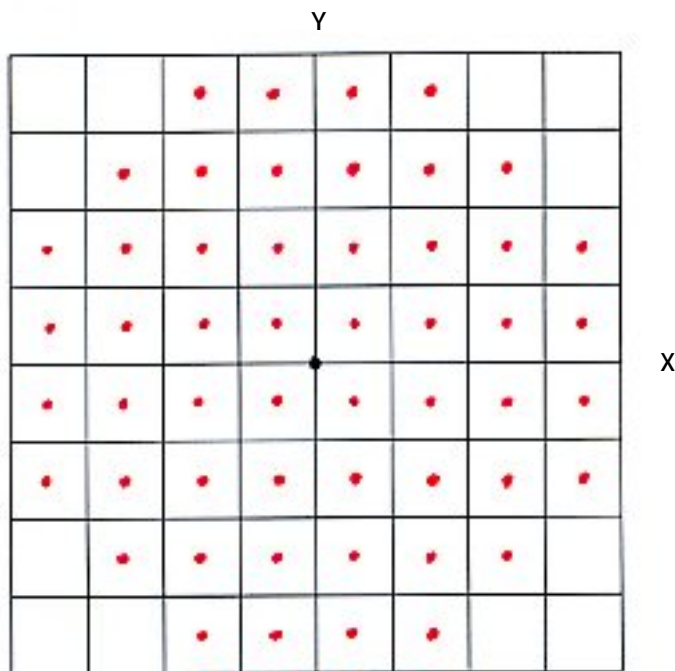
In deze paragraaf wordt een gemiddelde verschilfactor afgeleid tussen de immissies berekend met V-Stacks gebied en de immissies berekend met LTFD. Deze verschilfactor is als volgt berekend:

Met V-Stacks gebied en met LTFD is voor een standaard emissiesituatie de immissie berekend. In V-Stacks gebied is gerekend met de in paragraaf 2.2 afgeleide ruwheden (z_0):

- concentratiegebied, Eindhoven : $z_0 = 0,22$ m,
- niet-concentratiegebied, Eindhoven : $z_0 = 0,19$ m,
- niet-concentratiegebied, Schiphol : $z_0 = 0,11$ m.

In LTFD is voor alle situaties met een ruwheid $z_0 = 0,3$ m gerekend.

Per gebied is op het receptorpunt de cumulatieve immissie berekend. Hiertoe is een situatie gemodelleerd waarin meerdere bronnen zich rond één receptorpunt bevinden. De bronnen liggen op verschillende afstanden van het receptorpunt en in verschillende windrichtingen ten opzichte van het receptorpunt. In figuur c is de ligging van de bronnen schematisch weergegeven.



Figuur c: Ligging van de bronnen is rood gemarkeerd; ligging van het receptorpunt is zwart gemarkeerd;

de afmetingen van het rooster: 4.000 x 4.000 m;

de afstand tussen de rasterpunten is 500 m.

De uitgangspunten voor het berekenen van de immissie in de meer-bronsituatie zijn:

minimale afstand tussen twee bronnen: 500 m

maximale afstand bron - as X (of bron - as Y): 1.750 m²

minimale afstand bron - as X (of bron - as Y): 250 m

maximale afstand bron - receptorpunt: 1.904 m

minimale afstand bron - receptorpunt: 354 m.

Voor de overige uitgangspunten, zoals geuremissie, bronhoogte, brondiameter, uitredesnelheid, gebouwhoogte en warmte-inhoud, wordt verwezen naar bijlage D.

De verschilfactor V-Stacks gebied/LTFD is bepaald door de immissie berekend met V-Stacks gebied te delen door de immissie berekend met LTFD. Tabel 6 geeft een overzicht van de berekende verschilfactoren.

Tabel 6 Resultaten van immissieberekeningen met LTFD en V-Stacks gebied (meer-bronsituatie), voor PRA 2001

Gebied	Meteoregio	Ruwheid [m]		Immissie [ou _E /m ³ als 98-percentielwaarde]		Verschilfactor V-Stacks/LTFD
		LTFD	V-Stacks	LTFD	V-Stacks	
Concentratiegebied	Eindhoven	0,3	0,22	281	333	1,18
Niet-concentratiegebied	Eindhoven	0,3	0,19	281	350	1,25
Niet-concentratiegebied	Schiphol	0,3	0,11	225	379	1,68

Uit tabel 6 blijkt dat de verschilfactor voor het niet-concentratiegebied (meteostation Schiphol) hoger is dan deze berekend voor meteostation Eindhoven. Het feit dat V-Stacks gebied andere immissies berekent dan LTFD, wordt voor een deel veroorzaakt door verschillen tussen de modellen. Daarnaast is de lagere ruwheid bij V-Stacks gebied van invloed op de verschillen: bij lage bronnen zoals stallen neemt de immissie toe bij afnemende ruwheid.

In de Wet Geurhinder en Veehouderij is het niet-concentratiegebied niet opgesplitst naar meteoregio. Derhalve zal voor het niet-concentratiegebied worden uitgegaan van de gewogen gemiddelde verschilfactor van 1,45.

Oftewel in het onderzoeksgebied van PRA 2001 is de immissie berekend met V-Stacks gebied in het concentratiegebied gemiddeld 1,18 maal zo hoog als die berekend met LTFD en in het niet-concentratiegebied gemiddeld 1,45 maal zo hoog als die berekend met LTFD.

² Dit is in lijn met het afkapcriterium van V-Stacks gebied: de bronnen op of buiten 2.000 m worden niet meegenomen.

In tabel 7 worden de verschilfactoren voor meer-bronsituaties vergeleken met de verschilfactoren voor één-bronsituaties afgeleid in paragraaf 2.3.

Tabel 7: Verschilfactoren V-Stacks /LTFD voor één- en meer-bronsituaties, voor PRA 2001

Gebied	Meteoregio	Verschilfactor V-Stacks/LTFD	
		één-bronsituatie	meer-bronsituatie
Concentratiegebied	Eindhoven	1,16	1,18
	Gemiddeld	1,16	1,18
	Niet-concentratiegebied	Eindhoven	1,27
	Schiphol	1,29	1,68
	Gemiddeld	1,28	1,45

Uit de vergelijking van de verschilfactoren voor één- en meer-bronsituaties blijkt dat de factoren in zelfde orde van grootte liggen. Voor één- en meer-bronsituatie in het concentratiegebied zijn de waarden nagenoeg gelijk (respectievelijk 1,16 en 1,18).

2.5 Omrekening van ge naar ou_E

De emissies en immissies in PRA 2001 zijn uitgedrukt in geureenheden (ge). De emissies en immissies in V-Stacks worden uitgedrukt in Europese odour units (ou_E).

Bij analyses volgens de NVN 2820/A1³, tot voor kort de voorgeschreven methode voor geurconcentratie metingen, wordt de geurconcentratie uitgedrukt in geureenheden: ge/m^3 . Analyses uitgevoerd conform de nu geldende norm voor geurconcentratie metingen NEN-EN 13725 worden gerapporteerd in Europese odour units: ou_E/m^3 .

Voor de omrekening van ou_E/m^3 naar ge/m^3 geldt per definitie⁴: $1\ ou_E/m^3 = 2\ ge/m^3$.

2.6 Relatie tussen immissies berekend met LTFD (ge/m^3) en met V-Stacks (ou_E/m^3)

Om de immissie berekend met LTFD om te rekenen naar die met V-Stacks, dient rekening te worden gehouden met:

- de in paragrafen 2.3 en 2.4 afgeleide verschilfactoren tussen V-Stacks en LTFD,
- het in paragraaf 2.5 besproken verschil tussen ou_E/m^3 en ge/m^3 .

De relatie tussen de immissies berekend met V-Stacks (ou_E/m^3) en met LTFD (ge/m^3) is dan als volgt:

1. Voor één-bronsituaties:

Concentratiegebied:

- $1\ ou_E/m^3$ als 98-percentielwaarde (V-Stacks vergunning) = $0,58\ (1,16 / 2)\ ge/m^3$ als 98-percentielwaarde (LTFD),
- $1\ ge/m^3$ als 98-percentielwaarde (LTFD) = $1,73\ (2 / 1,16)\ ou_E/m^3$ als 98-percentielwaarde (V-Stacks vergunning).

Niet-concentratiegebied:

- $1\ ou_E/m^3$ als 98-percentielwaarde (V-Stacks vergunning) = $0,64\ (1,28 / 2)\ ge/m^3$ als 98-percentielwaarde (LTFD),
- $1\ ge/m^3$ als 98-percentielwaarde (LTFD) = $1,56\ (2 / 1,28)\ ou_E/m^3$ als 98-percentielwaarde (V-Stacks vergunning).

³ Nederlandse Voornorm Olfactometrie, NVN 2820/A1: 'Sensorische geurmetingen met behulp van een olfactometer'

⁴ <http://www.rva.nl/nl/npers.html#geur>; NeR, paragraaf 2.9.1

2. Voor meer-bronsituaties:

Concentratiegebied:

- ou_E/m^3 als 98-percentielwaarde (V-Stacks gebied) = **0,59** ($1,18 / 2$) ge/m^3 als 98-percentielwaarde (LTFD),
- ge/m^3 als 98-percentielwaarde (LTFD) = **1,69** ($2 / 1,18$) ou_E/m^3 als 98-percentielwaarde (V-Stacks gebied).

Niet-concentratiegebied:

- ou_E/m^3 als 98-percentielwaarde (V-Stacks gebied) = **0,72** ($1,45 / 2$) ge/m^3 als 98-percentielwaarde (LTFD),
- ge/m^3 als 98-percentielwaarde (LTFD) = **1,38** ($2 / 1,45$) ou_E/m^3 als 98-percentielwaarde (V-Stacks gebied).

3 Relatie tussen geurimmissie en geurhinder

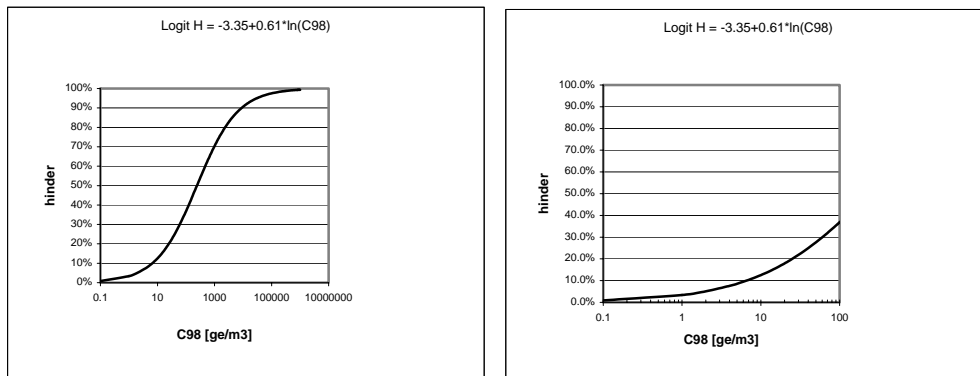
3.1 Toegepast statistisch model

De resultaten van PRA 2001 zijn gebaseerd op enquêtevragen met een beperkt aantal antwoordmogelijkheden (categorische, binaire variabelen). De resultaten worden uitgedrukt in percentages. Percentages worden het best beschreven door logistische regressie⁵. Voor de statistische verwerking van de resultaten van PRA 2001 is daarom van een logistische regressie-analyse gebruik gemaakt.

Om aan te sluiten bij eerder uitgevoerd onderzoek in Nederland naar de relatie tussen geurimmissie en hinder is de geurimmissie uitgezet op een logaritmische schaal. Hiermee blijkt een goede statistische beschrijving van het verband tussen immissie en hinder mogelijk.

Een logistische regressielijn beschrijft het verband tussen blootstelling (logaritmisch) en percentage gehinderden als een S-vormige curve. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in de linker curve in figuur d. Uit de figuur blijkt dat 100% hinder pas wordt bereikt bij zeer hoge belastingen, die in de opvatting van de onderzoekers niet plausibel zijn. Het model is binnen het bestudeerde belastingstraject echter goed bruikbaar.

In PRA 2001 is de staart van deze curve, namelijk het gebied tot circa 40% hinder, van belang. Een voorbeeld daarvan is afgebeeld in de rechter curve in figuur d.



Figuur d: Voorbeeld van een logistische regressielijn

Een logistische regressiecurve wordt beschreven door de formule:

$$\text{Logit}(H) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(C_{98})$$

oftewel:

$$H = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(C_{98}))}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(C_{98}))}$$

waarbij:

⁵ "Applied Logistic Regression Analysis" van Scott Menard Sage (Series: Quantitative Applications in the Social Sciences 106, 1995)

- H = de kans op hinder
- β_0 = constante
- β_1 = richtingscoëfficiënt
- $\ln(C_{98})$ = de natuurlijke logaritme van de geurimmissie

β_0 en β_1 worden ook wel 'regressiecoëfficiënten' genoemd. De constante β_0 is vergelijkbaar met de constante a bij lineaire regressie ($y = a + b \cdot x$) en geeft aan hoe 'laag' de curve begint. De richtingscoëfficiënt β_1 is vergelijkbaar met de richtingscoëfficiënt b bij lineaire regressie ($y = a + b \cdot x$) en geeft aan hoe steil de curve loopt.

3.2 Nauwkeurigheid

Om tot de in PRA 2001 gepresenteerde resultaten te komen, is een aantal stappen doorlopen die elk een bijdrage leveren aan de onnauwkeurigheid van het eindresultaat. Deze stappen worden beschreven in PRA 2001. Het is niet mogelijk de totale onnauwkeurigheid van deze factoren voor alle onderzochte locaties samen op een onderbouwde manier te kwantificeren.

3.3 Relatie tussen geurimmissie en geurhinder per deelpopulatie

In PRA 2001 is onderzocht of er groepen ('deelpopulaties') met verschillende hindergevoeligheid kunnen worden onderscheiden. Oftewel: is er verschil in de mate van geurhinder die men ervaart bij een gegeven geurimmissie? Het is gebleken dat de inwoners van het niet-concentratiegebied bij eenzelfde geurimmissie meer geurhinder ervaren dan de inwoners van het concentratiegebied. Binnen het concentratiegebied zijn de niet-agrariërs hindergevoeliger dan de agrariërs; buiten het concentratiegebied is er geen verschil in hindergevoeligheid tussen agrariërs en niet-agrariërs. Verder is gebleken dat de gecumuleerde geurimmissie van meerdere bedrijven samen ('meer-bronsituaties') een andere relatie heeft met de geurhinder dan de geurimmissie van één afzonderlijk bedrijf ('één-bronsituaties'). Op basis hiervan zijn in PRA 2001 de volgende zes groepen onderscheiden qua relatie tussen geurimmissie en geurhinder:

één-bronsituaties:

- de inwoners van het niet-concentratiegebied,
- de niet-agrariërs in het concentratiegebied,
- de agrariërs in het concentratiegebied,

meer-bronsituaties:

- de inwoners van het niet-concentratiegebied,
- de niet-agrariërs in het concentratiegebied,
- de agrariërs in het concentratiegebied.

In de Wet Geurhinder en Veehouderij gelden voor de volgende groepen verschillende normen:

- concentratiegebied (binnen en buiten bebouwde kom),
- niet-concentratiegebied (binnen en buiten bebouwde kom).

De in de Wet Geurhinder en Veehouderij genoemde immissies hebben betrekking op de afzonderlijke bedrijven (Artikel 3 van de wet). Hierop zijn de relaties immissie-hinder voor de één-bronsituaties van

toepassing. In de wet zijn geen beperkingen gesteld aan de cumulatieve immissie. De cumulatieve immissie en hinder moeten wel beschouwd worden indien een gemeente af wil wijken van de aanbevolen immissies (Artikel 8 van de wet).

Voor zowel de niet-agrariërs als de agrariërs in het concentratiegebied zal worden uitgegaan van de relatie tussen immissie en hinder die is afgeleid voor de niet-agrariërs in het concentratiegebied.

Tabel 8 vat samen welke groepen uit PRA 2001 qua hindergevoeligheid representatief zijn voor de in de Wet Geurhinder en Veehouderij onderscheiden groepen.

In de wetsartikelen 3 en 6 zijn de aanbevolen, de minimale en de maximale geurimmissies per afzonderlijk bedrijf genoemd. De hinder als gevolg van een afzonderlijk bedrijf kan worden afgeleid uit de geurimmissie als gevolg van dat bedrijf en de relatie tussen immissie en hinder in één-bronsituaties. Artikel 8 lid 1a bepaalt dat, om af te wijken van de aanbevolen geurimmissies als genoemd in artikel 3, de huidige en de te verwachten geursituatie vanwege de veehouderijen in het gebied dienen te worden beschouwd. De cumulatieve geurimmissie kan worden berekend met V-Stacks gebied. Vervolgens kan de cumulatieve geurhinder worden berekend uit de cumulatieve geurimmissie en de relatie tussen geurimmissie en geurhinder in meer-bronsituaties.

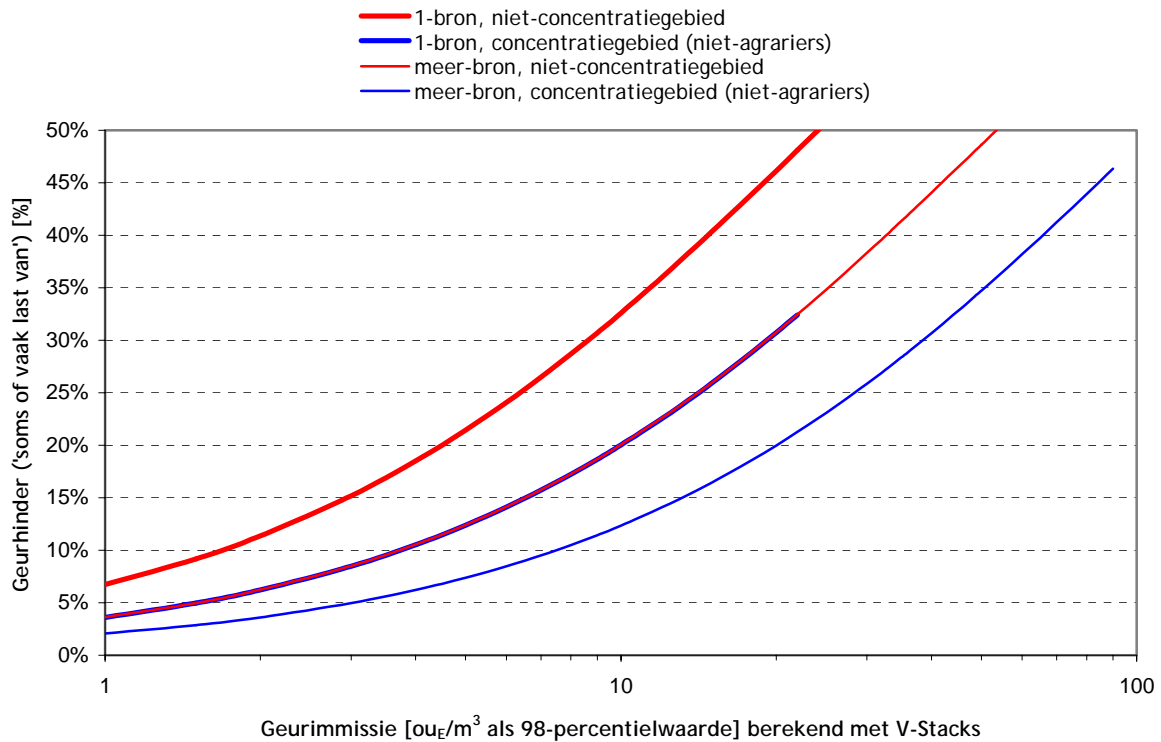
Tabel 8: Groepen uit PRA 2001 die qua hindergevoeligheid representatief zijn voor de in de Wet Geurhinder en Veehouderij onderscheiden groepen

PRA 2001	De Wet Geurhinder en Veehouderij	
	artikelen	omschrijving
<i>één-bronsituaties</i>		
concentratiegebied, niet-agrariërs	3.1.a, 6.1.a	concentratiegebied (agrariërs en niet-agrariërs), binnen bebouwde kom
	3.1.b, 6.1.b	concentratiegebied (agrariërs en niet-agrariërs), buiten bebouwde kom
concentratiegebied, agrariërs	--	--
niet-concentratiegebied	3.1.c, 6.1.c	niet-concentratiegebied, binnen bebouwde kom
	3.1.d, 6.1.d	niet-concentratiegebied, buiten bebouwde kom
<i>meer-bronsituaties</i>		
niet-concentratiegebied	8.1.a	niet-concentratiegebied, binnen bebouwde kom
	8.1.a	niet-concentratiegebied, buiten bebouwde kom
concentratiegebied, niet-agrariërs	8.1.a	concentratiegebied (agrariërs en niet-agrariërs), binnen bebouwde kom
	8.1.a	concentratiegebied (agrariërs en niet-agrariërs), buiten bebouwde kom
concentratiegebied, agrariërs	--	--

Van de zes in PRA 2001 onderscheiden groepen, zijn er dus vier relevant voor de Wet Geurhinder en Veehouderij:

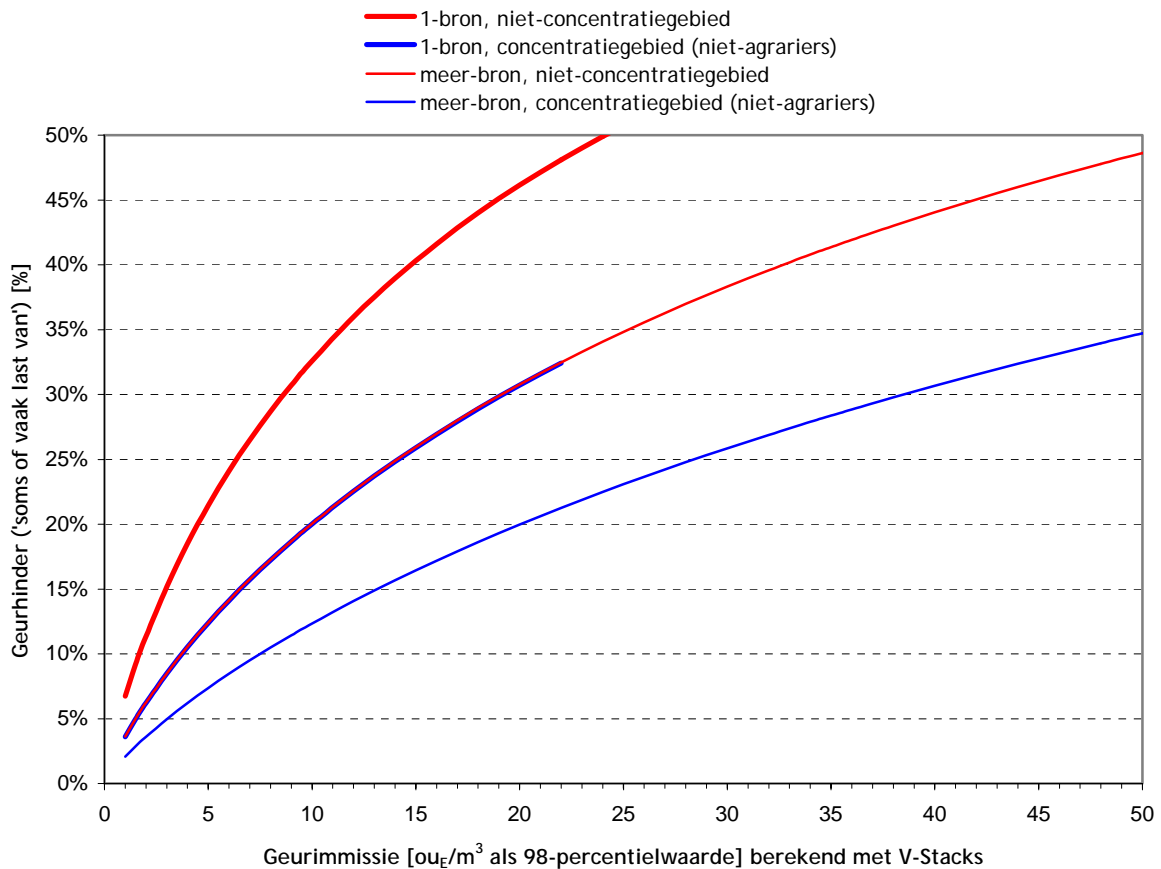
- *één-bronsituaties*: niet-concentratiegebied,
- *één-bronsituaties*: concentratiegebied, niet-agrariërs,
- *meer-bronsituaties*: niet-concentratiegebied,
- *meer-bronsituaties*: concentratiegebied, niet-agrariërs.

Voor deze vier groepen geeft figuur e de relatie weer tussen de geurimmissie en de hinder (H). De immissies (C_{98}) voor één-bronsituaties zijn berekend met V-Stacks vergunning; voor meer-bronsituaties zijn de immissies met V-Stacks gebied berekend. De immissies zijn uitgedrukt in ou_E/m^3 als 98-percentielwaarde. De immissies uit PRA 2001 zijn omgerekend naar V-Stacks met de formules uit paragraaf 2.6.



Figuur e: Verband tussen de geurimmissie (berekend met V-Stacks, uitgedrukt in ou_E/m^3 als 98-percentielwaarde) en de hinder in één-bronsituaties en in meer-bronsituaties, in het niet-concentratiegebied en in het concentratiegebied (niet-agrariërs)

Deze vier relaties zijn nogmaals weergegeven in figuur f. Om het aflezen van waarden uit de grafieken te vereenvoudigen, is de geurimmissie nu op rekenkundige in plaats van logaritmische schaal weergegeven, tot een maximale immissie van $50 ou_E/m^3$ als 98-percentielwaarde.



Figuur f: Verband tussen de geurimmissie (berekend met V-Stacks, uitgedrukt in ou_E/m³ als 98-percentielwaarde) en de hinder in één-bronsituaties en in meer-bronsituaties, in het niet-concentratiegebied en in het concentratiegebied (niet-agrariërs)

De curven in figuur d en e zijn beschreven door de regressieformules die zijn weergegeven in bijlage E. Deze regressieformules werden in PRA 2001 bepaald.

In de volgende tabellen wordt de relatie tussen geurimmissie en geurhinder getalsmatig weergegeven:

- tabel 9: één-bronsituaties,
- tabel 10: meer-bronsituaties.

In tabel 9 zijn de in de Wet Geurhinder en Veehouderij genoemde aanbevolen (artikel 3) en maximale (artikel 6) geurimmissies en bijbehorende hinderpercentages vet weergegeven.

Tabel 9: Relatie tussen geurimmissie en geurhinder voor één-bronsituaties

Geurimmissie berekend met V-Stacks [ou _E /m ³ als 98-percentielwaarde]	Geurhinder ('soms of vaak last') ¹⁾	
	Concentratiegebied	Niet-concentratiegebied
1	4%	7%
1,5	5%	9%
2	6%	11%
3	8%	15%
4	11%	19%
5	12%	21%
6	14%	24%
7	16%	26%
8	17%	29%
9	19%	31%
10	20%	33%
12	23%	36%
14	25%	39%
16	27%	42%
18	29%	44%
20	31%	46%
22	32%	48%
24	(34%)	50%
26	(36%)	52%
28	(37%)	(53%)
30	(38%)	(54%)
32	(40%)	(56%)
34	(41%)	(57%)
35	(41%)	(58%)
36	(42%)	(58%)
38	(43%)	(59%)
40	(44%)	(60%)

1) De tussen haakjes weergegeven percentages zijn berekend door extrapolatie naar hogere immissies dan voor deze groep onderzocht in PRA 2001. Ze zijn daarom minder betrouwbaar dan de overige percentages.

Tabel 10: Relatie tussen geurimmissie en geurhinder voor meer-bronsituaties

Geurimmissie (cumulatief) berekend met V-Stacks [ou _E /m ³ als 98-percentielwaarde]	Geurhinder ('soms of vaak last') ¹⁾	
	Concentratiegebied	Niet-concentratiegebied
1	2%	4%
1,5	3%	5%
2	4%	6%
3	5%	9%
4	6%	11%
5	7%	12%
6	8%	14%
7	10%	16%
8	10%	17%
9	11%	19%
10	12%	20%
12	14%	23%
14	16%	25%
16	17%	27%
18	19%	29%
20	20%	31%
22	21%	32%
24	22%	34%
26	24%	36%
28	25%	37%
30	26%	38%
32	27%	40%
34	28%	41%
35	28%	41%
36	29%	42%
38	30%	43%
40	31%	44%
42	32%	45%
44	32%	46%
46	33%	47%
48	34%	48%
50	35%	49%
55	37%	(51%)
60	38%	(52%)
65	40%	(54%)
70	41%	(56%)
75	43%	(57%)
80	44%	(58%)
85	45%	(59%)
90	(46%)	(61%)
95	(47%)	(62%)
100	(49%)	(63%)

1) De tussen haakjes weergegeven percentages zijn berekend door extrapolatie naar hogere immissies dan voor deze groep onderzocht in PRA 2001. Ze zijn daarom minder betrouwbaar dan de overige percentages.

4 Interpretatie

In dit hoofdstuk worden besproken:

- paragraaf 4.1: Geurimmissie,
- paragraaf 4.2: Relatie tussen geurimmissie en hinder:
Onaangenaamheid van de geur (4.2.1) en Tolerantie voor de geur (4.2.2),
- paragraaf 4.3: Onnauwkeurigheid,
- paragraaf 4.4: Meer-bronsituaties,
- paragraaf 4.5: Ruwheid,
- paragraaf 4.6: Binnen/buiten bebouwde kom.

4.1 Geurimmissie

De geurhinder is afhankelijk van de *geurimmissie*: hoe hoger de geurimmissie, des te meer hinder.

De geurimmissie wordt beschreven als een geurconcentratie in Europese odour units (gemeten volgens de norm EN13725) per m³ als 98-percentielwaarde (C₉₈ in ou_E/m³). Waar deze geurimmissie optreedt, wordt de betreffende geurconcentratie gedurende 98% van een jaar onderschreden; gedurende 2% van een jaar kan dus overschrijding van deze geurconcentratie plaatsvinden.

De geurimmissie wordt onder meer bepaald door de grootte van de geuremissie, de afstand tot de geurbron en de verspreiding naar de omgeving. Een belangrijke factor bij de verspreiding is de *ruwheid* van de omgeving: is het overwegend vlak land, of is sprake van een gebied met veel huizen en bomen. Eveneens van invloed is hoe vaak en hoe lang men een bepaalde immissie ondervindt.

De relatie tussen geurimmissie en geurhinder is in principe toepasbaar bij elke geurimmissie. Voorwaarde is wel dat de geurimmissie in de onderzochte range van geurimmissies ligt. Hogere immissies leiden tot een minder betrouwbaar resultaat.

De relatie is bepaald op basis van situaties verspreid over Nederland. Deze situaties omvatten grote en kleine bedrijven, woningen dichtbij het bedrijf en op grotere afstand van het bedrijf, gebieden met een lage ruwheid en gebieden met een hoge ruwheid. De relatie geldt daarom voor elke specifieke situatie, ongeacht of het een groot of klein bedrijf is, een woning vlakbij of ver van het bedrijf, een vlak of juist intensief bebouwd gebied. In paragraaf 4.5 wordt nader ingegaan op het effect van de ruwheid.

4.2 Relatie tussen geurimmissie en hinder

De relatie tussen geurimmissie en geurhinder hangt af van de mate van *(on)aangenaamheid van de geur* en van de *tolerantie voor de geur* onder de omwonenden.

4.2.1 Onaangenaamheid van de geur

De mate van (on)aangenaamheid van de geur kan worden beïnvloed door de diersoort die wordt gehouden en door bijvoorbeeld het stalsysteem waarin de dieren worden gehouden. De relatie tussen geurimmissie en hinder is bepaald voor varkenshouderijen. Niet bekend is in hoeverre de relatie tussen geurimmissie en geurhinder afwijkt bij bedrijven waar andere diersoorten worden gehouden.

4.2.2 Tolerantie voor de geur

Een voorbeeld van het effect van de tolerantie voor de geur is het verschil in gevoeligheid tussen mensen in de niet-concentratiegebieden en in de concentratiegebieden. Bij eenzelfde geurimmissie ondervindt men buiten het concentratiegebied meer hinder dan in het concentratiegebied.

In de wetsartikelen 3 en 6 zijn de aanbevolen en maximale geurimmissies per afzonderlijk bedrijf genoemd. De hinder als gevolg van een afzonderlijk bedrijf kan worden afgeleid uit de geurimmissie als gevolg van dat bedrijf en de relatie tussen immissie en hinder in één-bronsituaties.

Artikel 8, lid 1a bepaalt dat, om af te wijken van de aanbevolen geurimmissies als genoemd in artikel 3, de huidige en de te verwachten geursituatie vanwege de veehouderijen in het gebied dienen te worden beschouwd. De cumulatieve geurimmissie kan worden berekend met V-Stacks gebied. Vervolgens kan de cumulatieve geurhinder worden berekend uit de cumulatieve geurimmissie en de relatie tussen geurimmissie en geurhinder in meer-bronsituaties.

De in de tabellen 9 en 10 van paragraaf 3.3 gepresenteerde hindercijfers zijn gemiddelden van allerlei situaties verspreid over Nederland. In een specifieke situatie kan tolerantie voor de geur afwijken en de relatie kan anders liggen.

4.3 Onnauwkeurigheid

Rond de hindercijfers ligt een bandbreedte vanwege de onnauwkeurigheid. Deze bandbreedte is niet gekwantificeerd in PRA 2001 (zie ook paragraaf 3.2).

De gepresenteerde waarden geven de meest betrouwbare voorspelling van de te verwachten hinder.

4.4 Meer-bronsituaties

De relatie tussen geurimmissie en hinder in meer-bronsituaties is van belang om een globaal beeld te verkrijgen van de hinder bij een geurgevoelig object dat door meerdere veehouderijen wordt belast.

Een cumulatieve beoordeling dient als volgt te worden uitgevoerd:

- de hinder wordt berekend op basis van de geurimmissie per bron (tabel 9);
- daarnaast wordt de hinder berekend op basis van de cumulatieve geurimmissie (tabel 10);
- de *hoogste* van deze twee hinderpercentages is maatgevend.

Uit de tabellen in hoofdstuk 3 blijkt dat *bij gelijke geurimmissie*, de hinder als gevolg van één bron *hoger* is dan de hinder als gevolg van meer bronnen. De oorzaak hiervan ligt mogelijk in de wijze waarop de geurimmissie in meer-bronsituaties is berekend: ook bronnen op grote afstand zijn meegerekend en veroorzaken wel een toename van de immissie terwijl ze waarschijnlijk nauwelijks van invloed zijn op de ervaren hinder. Een wetenschappelijk onderbouwde verklaring voor dit fenomeen is echter niet gevonden.

Om te komen tot een met PRA 2001 vergelijkbare cumulatieve immissie (achtergrondbelasting), dienen in V-Stacks alle bedrijven met een bijdrage van 5% of meer aan de totale immissie te worden meegenomen.

Een vuistregel voor de meest gangbare situaties is: alle bedrijven binnen een straal van 2 km rondom de ontvanger dienen te worden meegenomen.

Deze vuistregel geldt niet voor: 1) bedrijven groter dan 5.000 mestvarkens in een traditioneel stalsysteem of qua geuremissie daarmee vergelijkbaar en 2) situaties waar zich binnen 2 km nauwelijks bedrijven van enige omvang bevinden. Zie voor de onderbouwing paragraaf 2.2.1.

Voor cumulatiesituaties geldt een grotere onnauwkeurigheid dan voor één-bronsituaties vanwege de variëteit in situaties. Er zijn situaties met twee bedrijven op vrij korte afstand van elkaar en er zijn situaties met tientallen bedrijven in een klein gebied. Uit PRA 2001 blijkt dat er een relatie is tussen het aantal bedrijven binnen een straal van 500 m van het geurgevoelig object en de te verwachten hinder. Wanneer de geurimmissie het gevolg is van twee bedrijven leidt dat tot meer hinder dan wanneer zes of meer bedrijven diezelfde geurimmissie veroorzaken. Het verschil ten opzichte van de in tabel 10 genoemde gemiddelde waarden bedraagt hooguit circa 4% (de bandbreedte is dus het in tabel 10 genoemde percentage \pm 4%).

4.5 Ruwheid

De in de tabellen 9 en 10 gegeven relaties tussen geurimmissie en hinder worden mede bepaald door de ruwheid in het onderzoeksgebied. De relatie tussen geurimmissie en hinder is berekend op basis van een gemiddelde ruwheid (zie ook hoofdstuk 2).

De gegeven relaties immissie - hinder zijn echter overal van toepassing, ongeacht de lokale ruwheid. De lokale ruwheid in een specifieke situatie is dus geen reden om een afwijkende relatie immissie - hinder te veronderstellen. Zie ook hetgeen hierover is gesteld in paragraaf 2.2.3.

Voorbeeld. In een relatief vlak gebied treedt een bepaalde immissie op grotere afstand van het bedrijf op dan in een gebied met veel bebouwing, al zijn het type stal en het aantal dieren hetzelfde. Voor een bedrijf in vlak gebied werkt de norm dus strenger uit dan wanneer hetzelfde bedrijf in een gebied met veel bebouwing zou liggen. Er is echter geen reden om de norm aan te passen, want de geurimmissie is in een vlakke omgeving ook daadwerkelijk hoger.

4.6 Binnen/buiten bebouwde kom

In de Richtlijn veehouderij en geurhinder 1996 zijn vier omgevingscategorïen onderscheiden: 1, 2, 3 en 4. De categorieën 1 en 2 komen redelijk overeen met de bebouwde kom, de categorieën 3 en 4 komen redelijk overeen met buiten de bebouwde kom.

In PRA 2001 is expliciet onderzocht of sprake is van verschil in hindergevoeligheid tussen deze omgevingscategorïen. Er bleek geen verschil in hindergevoeligheid te zijn tussen de categorieën 1, 2, 3 en 4. Hieruit volgt dat de relatie tussen geurimmissie en percentage geurgehinderden binnen en buiten de bebouwde kom gelijk is.

Behalve het percentage geurgehinderden, is echter ook het absolute aantal geurgehinderden van belang. Bescherming van de bebouwde kom heeft meer effect op het absolute aantal gehinderden dan bescherming van het buitengebied. Bijvoorbeeld: 25% hinder in een gebied met 10 inwoners betekent dat 2 à 3 mensen hinder ondervinden, terwijl 25% hinder in een gebied met 1.000 inwoners betekent dat 250 mensen hinder ondervinden. Het is daarom raadzaam om behalve naar de te verwachten hinderpercentages ook steeds te kijken naar absolute aantallen gehinderden. Op grond hiervan is het verdedigbaar om voor de bebouwde kom een strengere eis te stellen dan voor buiten de bebouwde kom.

5 Toegestane hinder volgens Richtlijn 1996 en de Wet Geurhinder en Veehouderij

In PRA 2001 (hoofdstuk 8) wordt inzicht gegeven in de hinder die in het huidige stankbeleid voor de veehouderij is toegestaan. Daartoe is de afstandsgrafiek uit de Richtlijn 1996 omgerekend naar hinderpercentages. De afstandsgrafiek uit de Richtlijn is bedoeld voor individuele toetsing van bedrijven. Voor de omrekening van geurimmissies naar hinderpercentages is daarom uitgegaan van de regressievergelijking voor één-bronsituaties.

Tabel 11 geeft de geurimmissies en geurhinderpercentages weer uit PRA 2001 (hoofdstuk 8, tabel 37) omgerekend van LTFD naar V-Stacks. De indeling naar omgevingscategorieën is conform die uit de Richtlijn 1996.

Tabel 11: Maximaal toegestane geurimmissies berekend op basis van de afstandsgrafiek uit de Richtlijn 1996 en de bijbehorende hinder in één-bronsituaties

Omgevingscategorie ¹⁾ :	I	II	III	IV
Geurimmissie C_{98} [ge/m^3] die overeenkomt met de afstandsgrafiek berekend met <i>LTFD</i>	7	10	20	46
Concentratiegebied				
Geurimmissie C_{98} [ou_E/m^3] berekend met <i>V-Stacks</i>	4	6	12	27
Hinder ('soms of vaak last van') bij niet-agrariërs	11%	14%	22%	36%
Niet-concentratiegebied				
Geurimmissie C_{98} [ou_E/m^3] berekend met <i>V-Stacks</i>	5	6	13	29
Hinder ('soms of vaak last van')	20%	25%	37%	54%

1) Categorie-indeling volgens de Richtlijn Veehouderij en stankhinder 1996.

Ter vergelijking met de Richtlijn 1996, geeft tabel 12 de volgens de Wet Geurhinder en Veehouderij maximaal toegestane geurimmissies en de bijbehorende hinder in één-bronsituaties weer (samenvatting van de waarden uit tabel 9).

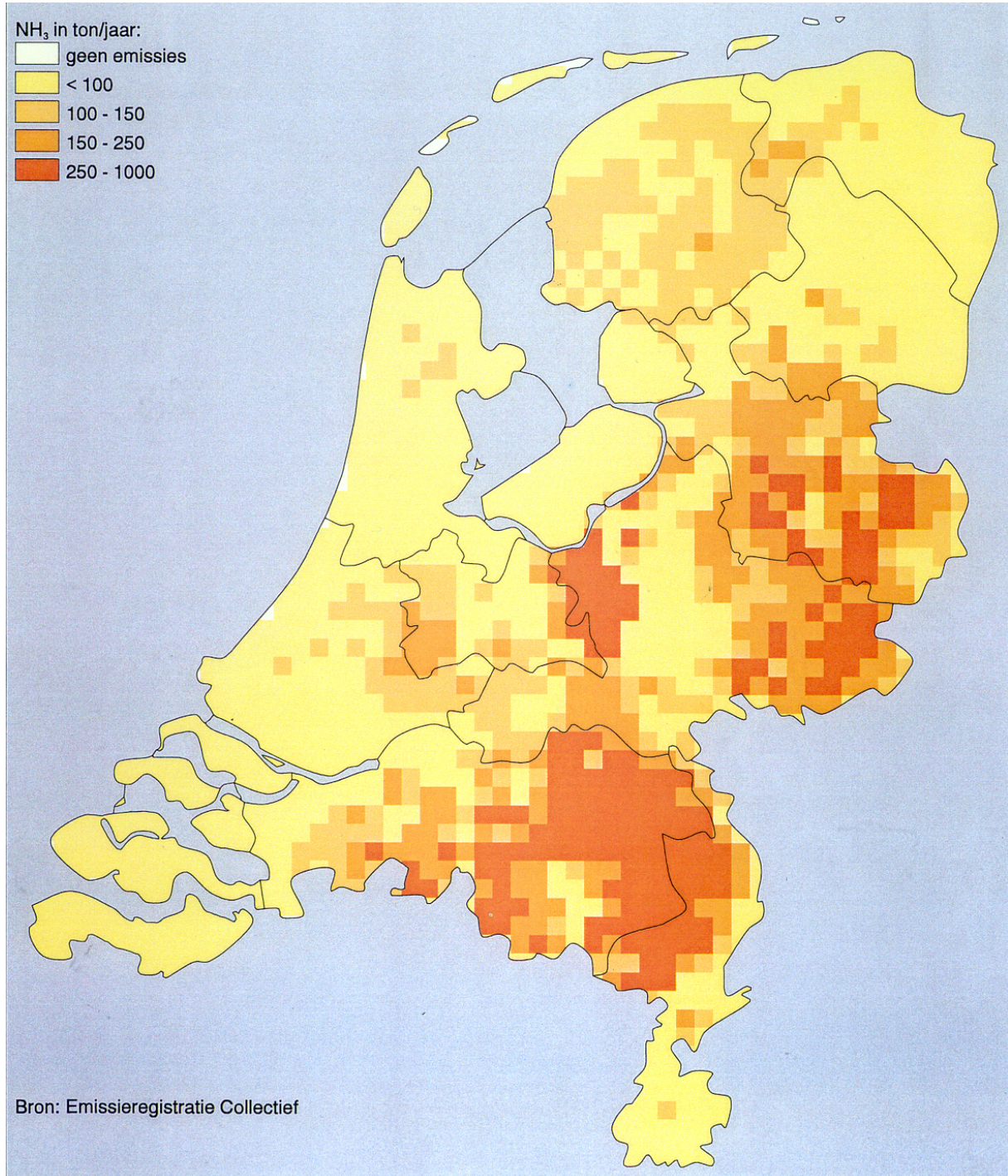
Tabel 12: Maximaal toegestane geurimmissies volgens het wetsvoorstel 2006 en de bijbehorende hinder¹⁾ in één-bronsituaties

	Binnen bebouwde kom		Buiten bebouwde kom	
	aanbevolen (artikel 3)	maximaal (artikel 6)	aanbevolen (artikel 3)	maximaal (artikel 6)
Concentratiegebied (niet-agrariërs en agrariërs)				
Geurimmissie C_{98} [ou_E/m^3] berekend met <i>VStacks</i>	3	14	14	35
Hinder ('soms of vaak last van')	8%	25%	25%	(41%)
Niet-concentratiegebied				
Geurimmissie C_{98} [ou_E/m^3] berekend met <i>VStacks</i>	2	8	8	20
Hinder ('soms of vaak last van')	11%	29%	29%	46%

1) De tussen haakjes weergegeven percentages zijn berekend door extrapolatie naar hogere immissies dan voor deze groep onderzocht in PRA 2001. Ze zijn daarom minder betrouwbaar dan de overige percentages.

Bijlagen

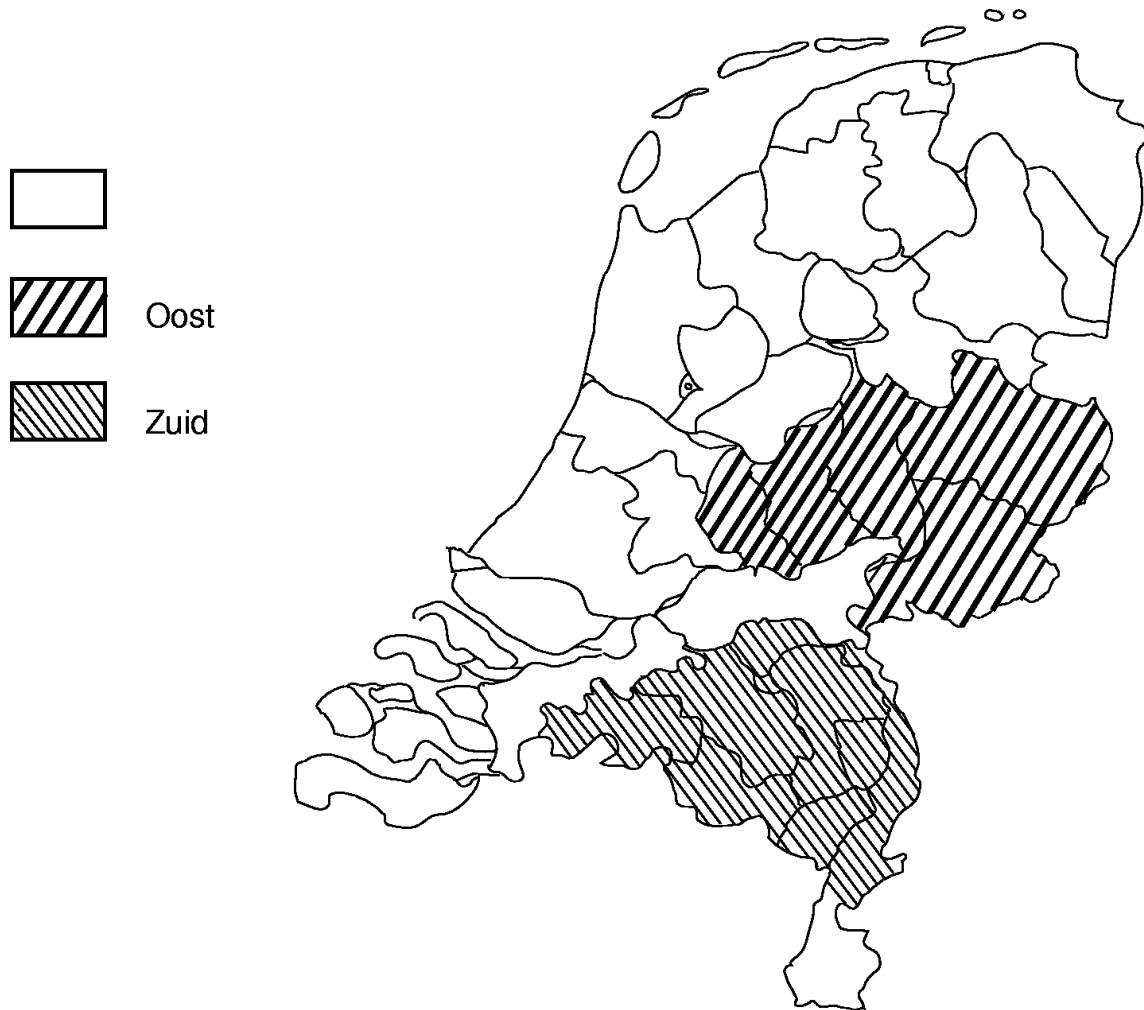
Bijlage A Ammoniakemissie in Nederland t.b.v. definitie wel/niet concentratiegebied (2001)



Bijlage B Bijlage B behorende bij artikel 1 van de Wet herstructurering varkenshouderij

Wet herstructurering varkenshouderij [vervallen]

Bijlage B behorende bij artikel 1 van de Wet herstructurering varkenshouderij



Concentratiegebied Oost omvat, gerekend naar de situatie op 1 januari 1997, het grondgebied van de navolgende gemeenten:

Aalten	Ede	Leersum	Scherpenzeel
Almelo	Eemnes	Leusden	Soest
Ambt-Delden	Eibergen	Lichtenvoorde	Stad-Delden
Amerongen	Elburg	Lochem	Steenderen
Amersfoort	Enschede	Losser	Tubbergen
Angerlo	Epe	Maarn	Ubbergen
Apeldoorn	Ermelo	Markelo	Veenendaal
Baarn	Gendringen	Millingen a/d Rijn	Voorst
Barneveld	Goor	Neede	Vorden
Bathmen	Gorssel	Nunspeet	Vriezenveen
Bergh	Groenlo	Nijkerk	Warnsveld
De Bilt	Haaksbergen	Oldenbroek	Weerselo
Borculo	Den Ham	Oldenzaal	Wehl
Borne	Harderwijk	Olst	Westervoort
Brummen	Hattem	Ommen	Wierden
Bunschoten	Heerde	Ootmarsum	Winterswijk
Dalfsen ¹⁾	Hellendoorn	Putten	Wisch
Denekamp	Hengelo Gld.	Raalte	Woudenberg
Deventer	Hengelo Ov.	Renswoude	Wijhe
Didam	Hoevelaken	Rhenen	Zeist
Diepenheim	Holten	Ruurlo	Zelhem
Diepenveen	Hummelo en Keppel	Rijnwaarden	Zevenaar
Dinxperlo		Rijssen	Zutphen
Doesburg			
Doetinchem			
Doorn			
Driebergen/Rijsenburg			
Duiven			

1) Tot het grondgebied van de gemeente Dalfsen wordt uitsluitend gerekend het deel van Lemelerveld dat vóór 1 januari 1997 werd gerekend tot de gemeenten Ommen en Raalte.

Concentratiegebied Zuid omvat, gerekend naar de situatie op 1 januari 1997, het grondgebied van de navolgende gemeenten:

Alphen-Chaam	Echt	Kessel	Schijndel
Ambt Montfort	Eersel	Laarbeek	Sevenum
Arcen en Velden	Eindhoven	Landerd	Sint Anthonis
Asten	Geldrop	Lith	St. Michielsgestel
Baarle Nassau	Gemert-Bakel	Loon op Zand	St. Oedenrode
Beesel	Gennep	Maasbracht	Someren
Belfeld	Gilze en Rijen	Maasbree	Son en Breughel
Bergen (L.)	Goirle	Maasdonk	Stramproy
Bergeijk	Grave	Meerlo-Wanssum	Swalmen
Bernheze	Grubbenvorst	Meyel	Tegelen
Best	Haaren	Mierlo	Thorn
Bladel	Haelen	Mill en St. Hubert	Tilburg
Boekel	Heel en Panheel	Mook en Middelaar	Uden
Boxmeer	Heeze-Leende	Nederweert	Valkenswaard
Boxtel	Helden	Nuenen, Gerwen en	Veghel
Breda ²⁾	Helmond	Nederwetten	Veldhoven
Broekhuizen	's-Hertogenbosch	Oirschot	Venlo
Budel	Heusden ⁴⁾	Oisterwijk	Venray
Cuijk	Heythuysen	Oss	Vierlingsbeek
Deurne	Hilvarenbeek	Ravenstein	Vught
Dongen ³⁾	Horst	Reusel-De Mierden	Waalre
	Hunsel	Roerdalen	Weert
		Roermond	Zundert
		Roggel en Neer	
		Rucphen ⁵⁾	

2) Tot het grondgebied van de gemeente Breda wordt niet gerekend het grondgebied van de opgeheven gemeenten Prinsenbeek en Teteringen.

3) Tot het grondgebied van de gemeente Dongen wordt uitsluitend gerekend het grondgebied van de opgeheven gemeente Dongen.

4) Tot het grondgebied van de gemeente Heusden wordt uitsluitend gerekend het grondgebied van de opgeheven gemeente Drunen.

5) Tot het grondgebied van de gemeente Rucphen wordt uitsluitend gerekend het grondgebied van deze gemeente, zoals dat werd begrensd vóór 1 januari 1997.

Gegevens deze versie:

Bron: 09-04-1998, Stb. 236. Iwtr: 01-09-1998

Bron iwtr: 21-04-1998, Stb. 237

Kamerstukken: 25746

Eerste ministerie: Landbouw, Natuurbeheer en Visserij

Wetsfamilie: Wet herstructurering varkenshouderij

Soort regeling: Wet

Documenttype: Bijlage

Bijlage C Ruwheid bepaald met V-Stacks

De ruwheid is berekend met V-Stacks-Gebied. De uitgangspunten voor de berekening waren:

Afstand tussen de gridpunten : 100x100 m
 afmetingen gebied : tenminste 4 km²

Onderstaand volgen per gebied de rijksdriehoekskoordinaten die het gebied begrenzen en de berekende ruwheden (gemiddelde van de beoordelingspunten).

Tabel C1: Concentratiegebied, meteo Eindhoven

	X		Y		Ruwheid	
	van	tot	van	tot	LTFD	V-stacks
1	102.000	104.000	395.000	397.000	0,3	0,32
2	136.000	150.000	373.000	377.000	0,3	0,36
3	141.000	143.000	402.000	404.000	0,3	0,14
4	168.000	170.000	442.000	444.000	0,3	0,15
5	169.000	171.000	384.000	386.000	0,3	0,11
6	177.000	179.000	416.000	418.000	0,3	0,32
7	190.000	192.000	331.000	333.000	0,3	0,18
8	191.000	193.000	366.000	368.000	0,3	0,38
9	199.000	204.000	469.000	471.000	0,3	0,11
10	210.000	223.000	449.000	452.000	0,3	0,17
11	234.000	237.000	434.000	450.000	0,3	0,22
Gemiddeld						0,22
Min - Max						0,11 - 0,38

Tabel C2: Niet-concentratiegebied, meteo Eindhoven

	X		Y		Ruwheid	
	van	tot	van	tot	KNMI	V-Stacks
1	185.000	187.000	310.000	312.000	0,122	0,13
2	192.000	194.000	436.000	438.000	0,440	0,44
3	213.000	215.000	510.000	512.000	0,122	0,15
4	233.000	237.000	503.000	510.000	0,291	0,29
5	234.000	236.000	519.000	521.000	0,120	0,12
6	236.000	238.000	526.000	528.000	0,123	0,12
7	238.000	243.000	511.000	517.000	0,153	0,15
8	240.000	242.000	514.000	516.000	0,156	0,17
9	243.000	245.000	512.000	514.000	0,106	0,10
10	262.000	264.000	564.000	566.000	0,146	0,15
11	267.000	269.000	542.000	544.000	0,199	0,23
Gemiddeld					0,180	0,19
Min - Max						0,10 - 0,44

Tabel C3: Niet-concentratiegebied, meteo Schiphol

	X		Y		Ruwheid	
	van	tot	van	tot	KNMI	V-Stacks
1	21.000	23.000	364.000	366.000	0,089	0,09
2	41.000	43.000	387.000	389.000	0,098	0,11
3	59.000	61.000	369.000	371.000	0,099	0,11
4	92.000	94.000	447.000	449.000	0,103	0,11
5	106.000	108.000	471.000	473.000	0,147	0,14
6	195.000	197.000	521.000	523.000	0,147	0,14
7	211.000	212.000	573.000	579.000	0,064	0,09
8	217.000	221.000	568.000	571.000	0,091	0,09
9	240.000	242.000	607.000	609.000	0,089	0,09
10	254.000	256.000	585.000	587.000	0,150	0,15
Gemiddeld					0,108	0,11
Min - Max						0,09 - 0,15

Bijlage D Immissieberekeningen LTFD en V-Stacks

De immissies zijn berekend met LTFD en met V-Stacks. De immissie in de één-bronsituatie is berekend met V-Stacks vergunning. De immissie in de cumulatieve situatie is berekend met V-Stacks gebied.

De volgende uitgangspunten zijn aangehouden:

- geuremissie : 1.000.000 ou_E/s,

Voor LTFD geldt aanvullend:

- effectieve bronhoogte : 2 m,
- warmte-inhoud : 0 MW,
- gebouwinvloed is verdisconteerd in de - effectieve - bronhoogte.

Voor V-Stacks gelden aanvullend de volgende uitgangspunten:

- bronhoogte : 4 m,
- brondiameter : 0,5 m,
- uittredesnelheid : 4 m/s,
- gebouwhoogte : 3,5 m
(dit is het gemiddelde van goot op 2 m en nok op 5 m)

De gekozen uitgangspunten zijn naar schatting representatief voor de situatie in 1999, toen het onderzoek PRA 2001 werd uitgevoerd.

Voor V-Stacks gebied geldt aanvullend:

- Het percentage rekenuren : 25%

Met het LTFD-model zijn de immissies berekend aan de meest representatieve zijde, dus bij de windrichting die een vrij gemiddeld resultaat geeft:

- LTFD + Eindhoven : noordoostzijde,
- LTFD + Schiphol : noordoostzijde,

Met V-Stacks vergunning is de immissie berekend in 8 windrichtingen: aan de noord-, noordoost-, oost-, zuidoost-, zuid-, zuidwest-, west en de noordwestzijde.

Daar het gaat om een verschilberekening, zijn de absolute emissies en immissies niet relevant.

Tabel D1 Resultaten van immissieberekeningen met LTFD en V-Stacks vergunning in het *concentratiegebied*, meteostation Eindhoven, ruwheid LTFD is 0,3m, ruwheid V-Stacks is 0,22 m

Afstand [m]	Immissie [ou _E /m ³ als 98-percentielwaarde]										F ²⁾
	LTFD	V-stacks vergunning									
	NO	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW	Gemid. ¹⁾	
50	2.000	2.696	2.688	2.316	1.721	1.518	2.151	1.671	2.784	2.139	1,07
75	1.080	1.444	1.464	1.237	921	871	1.138	874	1.504	1.154	1,07
100	700	914	934	786	582	586	721	560	963	739	1,06
200	235	304	323	262	221	218	242	187	344	258	1,10
400	77	106	108	93	85	80	87	62	117	91	1,18
800	24	37	39	34	30	30	30	21	39	32	1,32
1.600	8	13	14	12	11	10	10	7	14	11	1,43

1): Geometrisch gemiddelde van de verschillende windrichtingen

2): F - Verschilfactor

Tabel D2 Resultaten van immissieberekeningen met LTFD en V-Stacks vergunning in het *niet-concentratiegebied*, meteostation Eindhoven; ruwheid LTFD is 0,3m, ruwheid V-Stacks is 0,19 m

	Immissie [ou _E /m ³ als 98-percentielwaarde]										F ²⁾
	LTFD	V-stacks vergunning									
	NO	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW	Gemid. ¹⁾	
50	2.000	2.812	2.784	2.401	1.767	1.551	2.208	1.708	2.827	2.200	1,10
75	1.080	1.492	1.524	1.285	937	851	1.162	891	1.546	1.179	1,09
100	700	951	975	810	587	591	731	566	997	757	1,08
200	235	323	332	269	229	224	250	191	356	266	1,13
400	77	113	114	99	88	84	91	65	122	95	1,24
800	24	39	41	36	33	31	31	22	42	34	1,41
1.600	8	14	15	13	12	11	11	8	14	12	1,53

1): Geometrisch gemiddelde van de verschillende windrichtingen

2): F - Verschilfactor

Tabel D3 Resultaten van immissieberekeningen met LTFD en V-Stacks vergunning in het *niet-concentratiegebied*, meteostation Schiphol; ruwheid LTFD is 0,3m, ruwheid V-Stacks is 0,11 m

Afstand [m]	Immissie [ou _E /m ³ als 98-percentielwaarde]										F ²⁾
	LTFD	V-stacks vergunning									
	NO	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW	Gemid. ¹⁾	
50	1.750	2.317	2.288	2.088	1.916	2.017	1.774	2.362	1.989	2.084	1,19
75	980	1.248	1.224	1.107	1.001	1.077	903	1.302	1.044	1.106	1,13
100	625	785	769	685	613	687	541	852	644	691	1,10
200	210	263	253	212	225	229	179	297	221	232	1,11
400	69	95	88	79	84	86	60	112	80	84	1,22
800	22	36	33	26	31	30	20	43	29	30	1,37
1.600	7	14	12	9	11	10	7	15	10	11	1,51

1): Geometrisch gemiddelde van de verschillende windrichtingen

2): F - Verschilfactor

Bijlage E Regressieformules

Onderstaande formules geven de relatie weer tussen de geurimmissie en de hinder (H), waarbij de immissie (C_{98}) is berekend met LTFD en uitgedrukt in ge/m^3 als 98-percentielwaarde.

$$\text{Eén-bronsituaties, concentratiegebied (niet-agrariërs):} \quad H = \frac{\exp(-3,74 + 0,83 * \ln(C_{98}))}{1 + \exp(-3,74 + 0,83 * \ln(C_{98}))}$$

$$\text{Eén-bronsituaties, niet-concentratiegebied:} \quad H = \frac{\exp(-2,99 + 0,83 * \ln(C_{98}))}{1 + \exp(-2,99 + 0,83 * \ln(C_{98}))}$$

$$\text{Meer-bronsituaties, concentratiegebied (niet-agrariërs):} \quad H = \frac{\exp(-4,29 + 0,83 * \ln(C_{98}))}{1 + \exp(-4,29 + 0,83 * \ln(C_{98}))}$$

$$\text{Meer-bronsituaties, niet-concentratiegebied:} \quad H = \frac{\exp(-3,55 + 0,83 * \ln(C_{98}))}{1 + \exp(-3,55 + 0,83 * \ln(C_{98}))}$$