

rivm

Rapport 680705006/2008

D. Mooibroek | J.P. Wesseling

Geïnterpoleerde meteorologie voor SRM-1: toepassing in 2007

RIVM Rapport 680705006/2008

Geïnterpoleerde meteorologie voor SRM-1: toepassing in 2007

D. Mooibroek
J.P. Wesseling

Contact:
J.P. Wesseling
Laboratorium voor Milieumetingen
Joost.Wesseling@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van VROM, in het kader van
Beleidsadvisering Stedelijke luchtkwaliteit, project M/680705/07.

© RIVM 2008

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Rapport in het kort

Geïnterpoleerde meteorologie voor SRM-1: toepassing in 2007

Met ingang van 2008 wordt kennis van meteorologie op een nieuwe manier gebruikt om de luchtkwaliteit in stedelijk gebied te berekenen. Hierdoor zal de berekende luchtkwaliteit in straten beter aansluiten bij de realiteit.

In 2007 heeft het RIVM een nieuwe methodiek voorgesteld om de Standaard Reken Methode 1 (SRM-1) te verbeteren. Recentelijk heeft het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) deze methodiek geaccepteerd. In dit rapport wordt de methodiek concreet uitgewerkt. Lokale overheden gebruiken de wettelijk voorgeschreven SRM-1, ook bekend als het CAR II-model, om de luchtkwaliteit in stedelijk gebied te berekenen.

De nieuwe methodiek is nauwkeuriger omdat hij gegevens over windsnelheden van meerdere meetpunten gebruikt. Bovendien maakt het gebruik van zogeheten geïnterpoleerde windvelden, die de lokale situatie beter weergeven. Tot 2008 maakte SRM-1 gebruik van jaargemiddelde gegevens voor de windsnelheid die alleen per regio beschikbaar waren. Hierdoor ontstonden onder meer aan de regiogrenzen 'sprongen' in de berekende bijdragen van verkeer aan concentraties van vervuilende stoffen.

Trefwoorden: luchtkwaliteit, meteorologie, interpolatie

Abstract

Interpolated meteorology for SRM-1: utilization in 2007

In 2008, professional knowledge of meteorology is applied in a new manner to calculate the air quality in urban areas. This approach leads to a better agreement between the calculated air quality and the actual situation.

In 2007, the RIVM proposed the implementation a new methodology aimed at improving the Standard Calculation Method 1 (SRM-1). This new methodology, which is based upon interpolated wind velocities, has recently been approved by the Ministry of Spatial Planning, Housing and the Environment (VROM) of the Netherlands. This report describes in concrete terms how this methodology has been developed. Dutch municipalities use the governmentally approved SRM-1 – also known as the CAR II-model – to calculate air quality in urban areas.

The new methodology is more precise because it enables all available data on wind velocities to be incorporated into the calculations. It also utilizes so-called interpolated windfields, which enables the local situation to be described more accurately. Up until 2008, the SRM-1 used averaged air velocities that were available for different regions in the Netherlands. One of the unwelcome outcomes of this approach was the appearance of sudden ‘jumps’ in the calculated contributions of traffic to the concentration of pollutants at the boundaries of the regions.

Key words: air quality, meteorology, interpolation

Inhoud

	Samenvatting	6
1	Inleiding	7
2	Interpolatie van jaargemiddelde windsnelheid	8
3	Gebruikte gegevens en instellingen	9
3.1	Stationsconfiguratie	9
3.2	Steunpunt tussen De Kooy en Hoek van Holland	11
3.3	Interpolatie in de regio Limburg	11
3.4	Bepaling van de interpolatiestraal, zoekstraal en gridcelgrootte	13
4	Resultaten	14
4.1	Veranderingen op concentratieniveau	18
5	Conclusies	22
	Literatuur	23

Samenvatting

In 2007 is er door het RIVM onderzoek gedaan naar het gebruik van meteorologische gegevens in Standaard Reken Methode 1 (SRM-1), ook bekend als het CAR II-model. Hieruit is een aantal knelpunten gekomen voor het gebruik van regiofactoren en zijn er suggesties aangedragen om deze knelpunten op te lossen.

Het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) heeft een van deze suggesties, een landsdekkende interpolatie van jaargemiddelde windsnelheden van alle beschikbare KNMI-stations overgenomen. In dit rapport worden de uitkomsten van de gekozen methodiek voor SRM-1 in 2007 beschreven.

Met de uiteindelijke geïnterpoleerde windsnelheden zijn de concentratiebijdragen direct aan kust iets lager dan voorheen onder invloed van de hogere windsnelheid in deze streek. Meer landinwaarts zijn de concentratiebijdragen iets hoger. Verder vinden, zoals verwacht, op de grenzen van de oude regio-indeling de grootste veranderingen plaats omdat de voormalige artificiële grenzen zijn verdwenen.

1 Inleiding

In 2007 is er door Mooibroek en Wesseling (2007) onderzoek gedaan naar het gebruik van meteorologische gegevens in Standaard Reken Methode 1 (SRM-1), ook bekend als het CAR II-model. Hieruit is een aantal knelpunten gekomen voor het gebruik van regiofactoren en zijn er suggesties aangedragen om deze knelpunten op te lossen.

Een van deze suggesties, een landsdekkende interpolatie van jaargemiddelde windsnelheden van alle beschikbare KNMI-stations, is met andere modelbouwers besproken en vervolgens overgenomen door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM). Dit rapport beschrijft de uitkomsten van de gekozen methode voor SRM-1 in 2007.

In hoofdstuk 2 wordt nog even kort stilgestaan bij de knelpunten van de oude methode binnen het SRM-1 zoals al uitgebreider beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft de gebruikte informatie en de instellingen van het interpolatie-algorithme voor het berekenen van een dekkend veld van jaargemiddelde windsnelheden over Nederland. In dit hoofdstuk wordt verder speciale aandacht gegeven aan twee knelpunten welke naar voren kwamen tijdens de interpolatie. In het vierde hoofdstuk worden de resultaten voor een aantal geselecteerde jaren gepresenteerd en wordt er kort gekeken naar de veranderingen op concentratieniveau ten opzichte van de oude methode. Tot slot wordt er een aantal conclusies getrokken naar aanleiding van de toepassing en de vergelijking met de oude methode.

2 Interpolatie van jaargemiddelde windsnelheid

De meest belangrijkste meteorologische parameters voor de verspreiding van luchtverontreiniging als gevolg van de uitstoot van het verkeer zijn de windsnelheid en windrichting. In SRM-1 wordt de windrichting als variabele buiten beschouwing gelaten, alleen de jaargemiddelde windsnelheid wordt gebruikt. De concentratiebijdrage van verkeer is evenredig met één gedeeld door de jaargemiddelde windsnelheid. De windsnelheid wordt niet direct zelf gebruikt maar een hiervan afgeleide 'regiofactor'. Deze regiofactor is gedefinieerd als de verhouding tussen de standaard gemiddelde windsnelheid van 5 m/s en de gemiddelde windsnelheid in de betreffende regio.

De jaargemiddelde windsnelheid wordt niet voor elke specifieke locatie apart vastgesteld. Nederland is ingedeeld in zes regio's, waarbij verondersteld wordt dat de jaargemiddelde windsnelheid binnen een regio betrekkelijk constant is. De regio-indeling is afgeleid uit het eerdere 'CAR AMvB 2.0' (Vissenberg en Van Velze, 1998), waarbij diverse oude regio's samengevoegd zijn tot nieuwe regio's. Een belangrijke aanname voor het gebruik van regiofactoren is dat de jaargemiddelde windsnelheid binnen een regio betrekkelijk constant is. Het is evenwel bekend dat de werkelijke 'lokale' regiofactor door allerlei lokale effecten zoals bebouwing aanzienlijk kan afwijken van de gehanteerde regiofactor. De indeling van Nederland in regio's kan in de grensgebieden van regio's voor verschillende resultaten voor de concentratieberekening zorgen. Wanneer een gebied verdeeld ligt over twee regio's kunnen berekeningen met SRM-1 voor twee vergelijkbare nabij gelegen straten in verschillende regio's een verschil geven in de concentraties. Verschillen tot 25% aan de regiogrenzen kunnen optreden.

Een verbetering is om vanuit de gegevens van het KNMI middels een interpolatie een dekkend veld van jaargemiddelde windsnelheden te genereren. Ten opzichte van de oudere methode in SRM-1 heeft het gebruik van interpolatie van de jaargemiddelde windsnelheden op de beschikbare KNMI-stations om een dekkend veld te genereren een aantal voordelen. Deze voordelen zijn ondermeer een kleinere spreiding, geen grenzen en uniformiteit met de huidige bepaling van de achtergrondconcentraties. De implementatie van de interpolatiemethode is relatief simpel en maakt gebruik van alle beschikbare data. Uit recent onderzoek van Mooibroek en Wesseling (2007) is naar voren gekomen dat het gebruik van interpolatie meer recht doet aan de lokale meteorologische variatie in Nederland.

Het gekozen interpolatie-algoritme berekent de waarde in een gridcel als een gewogen gemiddelde van de waarden op de omliggende meetlocaties, waarbij de gemeten waarden op de meetlocaties niet worden meegenomen. Hierdoor kunnen de berekende jaargemiddelde windsnelheden op meetlocaties in een interpolatiegrid afwijken van de gemeten waarden. De berekening wordt uitgevoerd met een gridcelafmeting van 1x1 km. Een uitgebreidere uitleg over het gebruikte interpolatie-algoritme wordt gegeven in Mooibroek en Wesseling (2007).

3 Gebruikte gegevens en instellingen

Voor de interpolatie wordt gebruik gemaakt van de jaargemiddelde windsnelheden (in m/s) van alle beschikbare KNMI-stations. Deze gegevens komen uit het 'Jaaroverzicht van het weer in Nederland', dat elk jaar door het KNMI wordt uitgegeven. De interpolatie is uitgevoerd voor zowel het langjarig gemiddelde (periode 1995-1999) als voor de recente jaren 2006 en 2007. Daarnaast is er voor gekozen om de interpolatie voor het jaar 2003 uit te voeren. In dat jaar zijn de hoogste concentraties voorgekomen van de afgelopen tien jaar. De gegevens voor 2003 kunnen worden gebruikt voor de berekening van worstcasescenario's.

3.1 Stationsconfiguratie

Vooral in de jaren 1995 – 1999 is er sprake van veranderingen in de stationsconfiguratie door bijvoorbeeld uitval, het sluiten van bestaande stations en het opnemen van nieuwe stations in het KNMI-meetnet. Na 1995 zijn er drie nieuwe stations bijgekomen. Daarnaast ontbreken er voor drie andere stations gegevens over de jaargemiddelde windsnelheid voor maximaal twee jaar in de periode 1995 – 1999. Het totale aantal stations per jaar voor de periode 1995 – 1999 varieert van 29 tot 31 stations. Om als station in de huidige analyse mee genomen te worden in de berekening voor het gemiddelde over 1995 – 1999 moeten er van de vijf jaren minimaal drie beschikbaar zijn.

Voor de jaren 2003, 2006 en 2007 zijn er weinig veranderingen in stationsconfiguratie. Voor 34 stations zijn de gegevens voor de jaargemiddelde windsnelheid beschikbaar. In Tabel 1 worden de gebruikte gegevens per station weergegeven. Ook wordt het aantal jaren gebruikt voor de berekening van de gemiddelde windsnelheid over de periode 1995-1999 weergegeven

Tabel 1 Overzicht gebruikte stations en de gemeten jaargemiddelde windsnelheden. Het aantal beschikbare jaren voor de berekening van de jaargemiddelde windsnelheid voor de periode 95-99 wordt weergegeven tussen blokhaken.

Naam	95-99		2003	2006	2007
	(m/s)		(m/s)	(m/s)	(m/s)
De Kooy	5,8	[5]	5,2	5,6	5,8
Leeuwarden	4,9	[5]	4,4	4,7	5,0
Eelde	4,4	[5]	3,9	4,2	4,4
Valkenburg	5,1	[5]	4,4	4,7	4,8
Schiphol	5,1	[5]	4,6	5,0	5,1
De Bilt	3,6	[5]	3,1	3,3	3,4
Soesterberg	3,7	[5]	3,4	3,7	3,7
Deelen	4,1	[5]	3,6	3,9	3,9
Twenthe	3,6	[5]	3,2	3,5	3,6
Vlissingen	6,4	[5]	5,4	5,9	6,0
Rotterdam Zestienhoven	4,5	[5]	4,1	4,5	4,5
Gilze-Rijen	3,8	[5]	3,4	3,7	3,7
Eindhoven	3,9	[5]	3,5	3,9	3,9
Volkel	3,8	[5]	3,5	3,8	3,8
Maastricht (Beek)	4,4	[5]	3,9	4,3	4,3
Vlieland	8,1	[3]	7,2	7,8	8,3
Hoorn (Terschelling)	6,5	[5]	5,9	6,3	6,6
Lauwersoog	6,5	[5]	5,9	6,2	6,7
Nieuw Beerta	5,1	[5]	4,7	4,9	5,1
Stavoren	6,4	[4]	5,3	5,7	6,0
Berkhout		[0]	4,6	4,9	5,1
Marknesse	4,4	[5]	3,9	4,3	4,4
Hoogeveen	4,0	[3]	3,8	4,1	4,2
Lelystad	4,3	[5]	4,1	4,5	4,5
Heino	3,3	[4]	2,9	3,2	3,2
Hupsel	3,5	[5]	3,2	3,4	3,5
Cabauw	4,3	[3]	4,0	4,3	4,4
Hoek van Holland	7,4	[5]	6,4	6,9	7,2
Herwijnen	4,2	[5]	3,7	4,1	4,1
Wilhelminadorp	4,8	[5]	4,3	4,7	4,8
Westdorpe	4,3	[5]	3,8	4,2	4,2
Woensdrecht	3,8	[4]	3,4	3,7	3,7
Arcen	3,3	[5]	3,0	3,2	3,2
Ell		[0]	3,3	3,6	3,7

3.2 Steunpunt tussen De Kooy en Hoek van Holland

Uit de eerste resultaten van de interpolatie bleek de geïnterpoleerde jaargemiddelde windsnelheid tussen de locaties De Kooy en Hoek van Holland vergeleken met de rest van de kuststreek een stuk lager te zijn. Dit verschijnsel wordt veroorzaakt door het ontbreken van KNMI-gegevens langs de kust tussen De Kooy en Hoek van Holland, waar een sterke gradiënt aanwezig is. Om dit verschil te ondervangen is er voor gekozen om halverwege De Kooy en Hoek van Holland een steunpunt toe te voegen. Om de jaargemiddelde windsnelheid op dit steunpunt te bepalen wordt aangenomen dat de jaargemiddelde windsnelheid tussen de beide KNMI-stations lineair verloopt. Met behulp van lineaire regressie kan een schatting gemaakt worden van de jaargemiddelde windsnelheid op dit steunpunt.

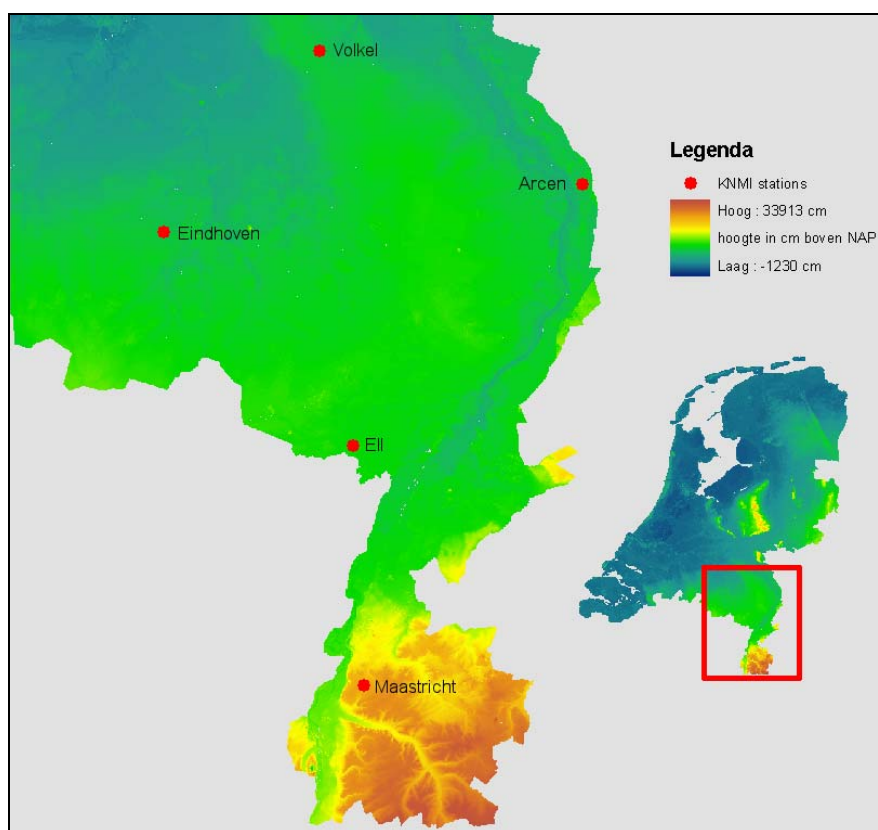
Tabel 2 Overzicht van de jaargemiddelde windsnelheden voor de perioden 1995-1999, 2003, 2006 en 2007 voor KNMI-stations De Kooy, Hoek van Holland en het uit deze gegevens afgeleide steunpunt.

Naam	x-coord ¹ (meter)	y-coord. (meter)	1995-1999 (m/s)	2003 (m/s)	2006 (m/s)	2007 (m/s)
De Kooy	114300	445100	5,8	5,2	5,6	5,8
Hoek van Holland	65600	549100	7,4	6,4	6,9	7,2
Steunpunt	96500	492500	6,7	5,6	6,1	6,8

3.3 Interpolatie in de regio Limburg

In de aanpak van de meteorologie zoals die tot op heden is gebruikt wordt voor Limburg een gemiddelde genomen van metingen op verschillende stations van het KNMI. Als nu in de nieuwe aanpak de relatief hoge gemeten windsnelheid op Maastricht (Beek) wordt genomen dan neemt de gemiddelde windsnelheid in geheel Limburg substantieel toe. Dit is niet realistisch. De locatie van het KNMI-station speelt een belangrijke rol in de hogere windsnelheid, het station ligt op een plateau, aanzienlijk hoger dan de overige stations, zie Figuur 1.

¹ Alle x- en y-coördinaten worden weergegeven in Amersfoortse coördinaten.



Figuur 1 Hoogtekaart van Nederland ten opzichte van het Normaal Amsterdams Peil (NAP) en de ligging van de KNMI-stations (rode punten).

Het KNMI-station in Maastricht (Beek) is het enige meteopunt in het zuiden van de regio Limburg. Hierdoor heeft de gemeten waarde op dit station een grote invloed op de interpolatie voor heel Limburg, waardoor de jaargemiddelde windsnelheid in Limburg te hoog uitkomt. Om dit te vermijden is er gekozen om in de interpolatie gebruik te maken van de regiojaargemiddelde windsnelheid voor het station Maastricht (Beek), in plaats van de aldaar gemeten windsnelheid. De regiojaargemiddelde windsnelheid is berekend uit het gemiddelde van de jaargemiddelde windsnelheid op de stations 275, 290, 375 en 380.

Tabel 3 Jaargemiddelde windsnelheden en regiogemiddelde waarden voor Maastricht

Regio	1995-1999 (m/s)	2003 (m/s)	2006 (m/s)	2007 (m/s)
Maastricht (KNMI)	4,4	3,9	4,3	4,3
Regiogemiddelde	4,0	3,6	3,9	3,9

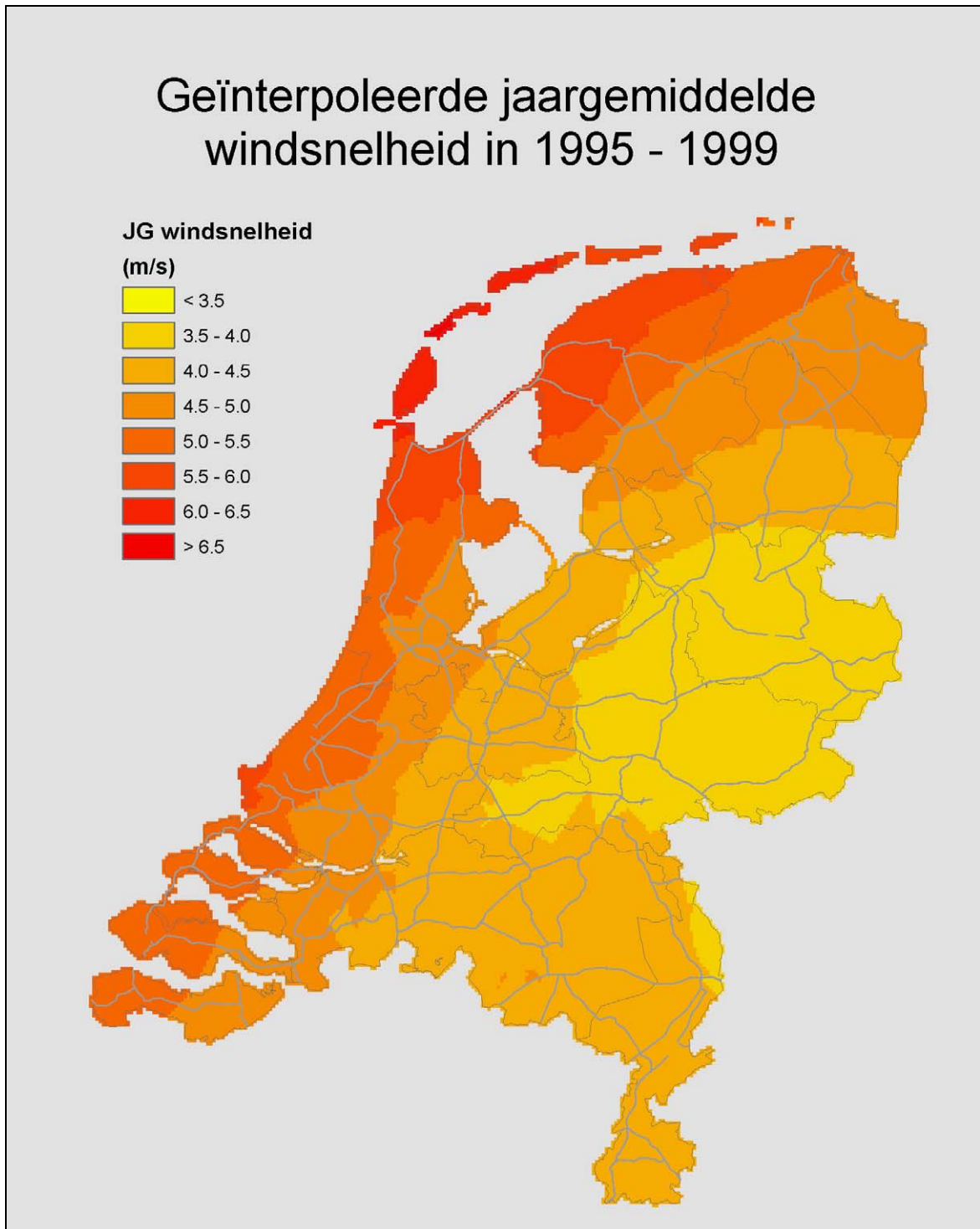
3.4 Bepaling van de interpolatiestraal, zoekstraal en gridcelgrootte

Om een interpolatie uit te voeren moeten verschillende keuzes worden gemaakt ten aanzien van de methode en de instellingen, zie ook Mooibroek en Wesseling (2007). De interpolatiestraal, de zoekstraal en de grootte van een gridcel zijn parameters welke naast de coördinaten en de gemeten jaargemiddelde windsnelheden aan het gekozen interpolatie-algoritme kunnen worden meegegeven. De interpolatiestraal is een specifieke afstand die aangeeft op welke afstand de meetwaarden gecorreleerd zijn. Het gekozen interpolatie-algoritme is in staat om deze parameters automatisch te berekenen op grond van de aangeboden informatie. Daarnaast kan de gebruiker ook zelf deze gegevens invoeren.

Om de resultaten voor verschillende jaren onderling vergelijkbaar te houden is het belangrijk dat voor elke interpolatie een vaste constante interpolatiestraal en zoekstraal worden gebruikt. Om deze constanten vast te stellen is voor het gemiddelde van de jaren 1995-1999 en voor de afzonderlijke jaren 2000 tot en met 2007 een interpolatie berekend waarbij het programma de interpolatiestraal en de zoekstraal zelf heeft bepaald. De gemiddelde interpolatiestraal over de gebruikte data is met deze methode vastgesteld op 45 kilometer, de zoekstraal is vastgesteld op 150 kilometer.

Standaard bij het gebruik van de automatische instellingen is de grootte van een gridcel gedefinieerd als 5 bij 5 km. Tijdens de berekening van de diverse jaargemiddelde windsnelheden grids is de grootte van een gridcel gedefinieerd als 1x1 km teneinde aan te sluiten bij de kaarten met generieke concentraties voor Nederland (GCN).

4 Resultaten

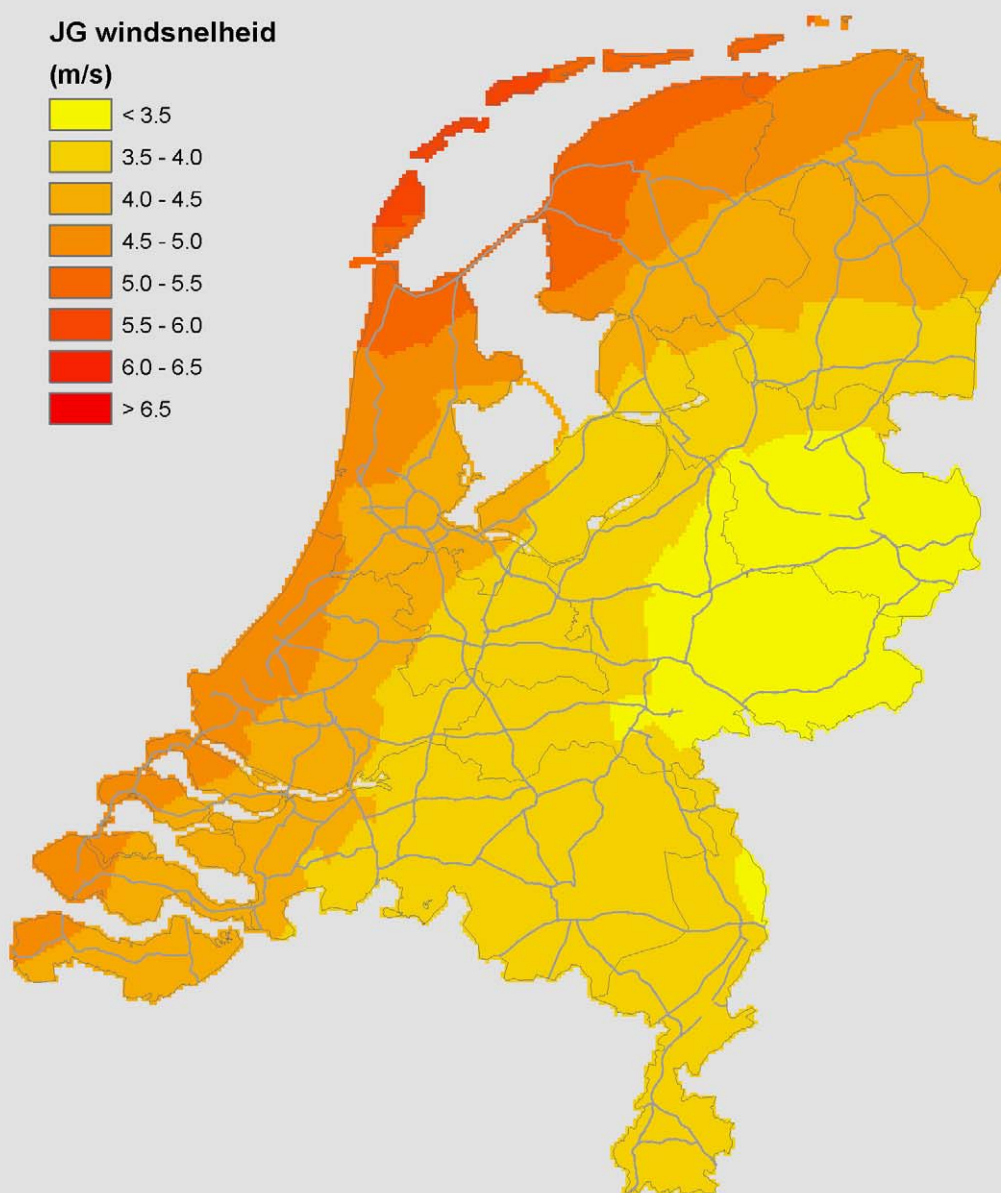
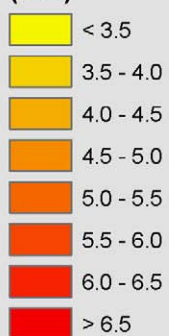


Figuur 2 Geïnterpoleerde jaargemiddelde windsnelheid voor de periode 1995-1999.

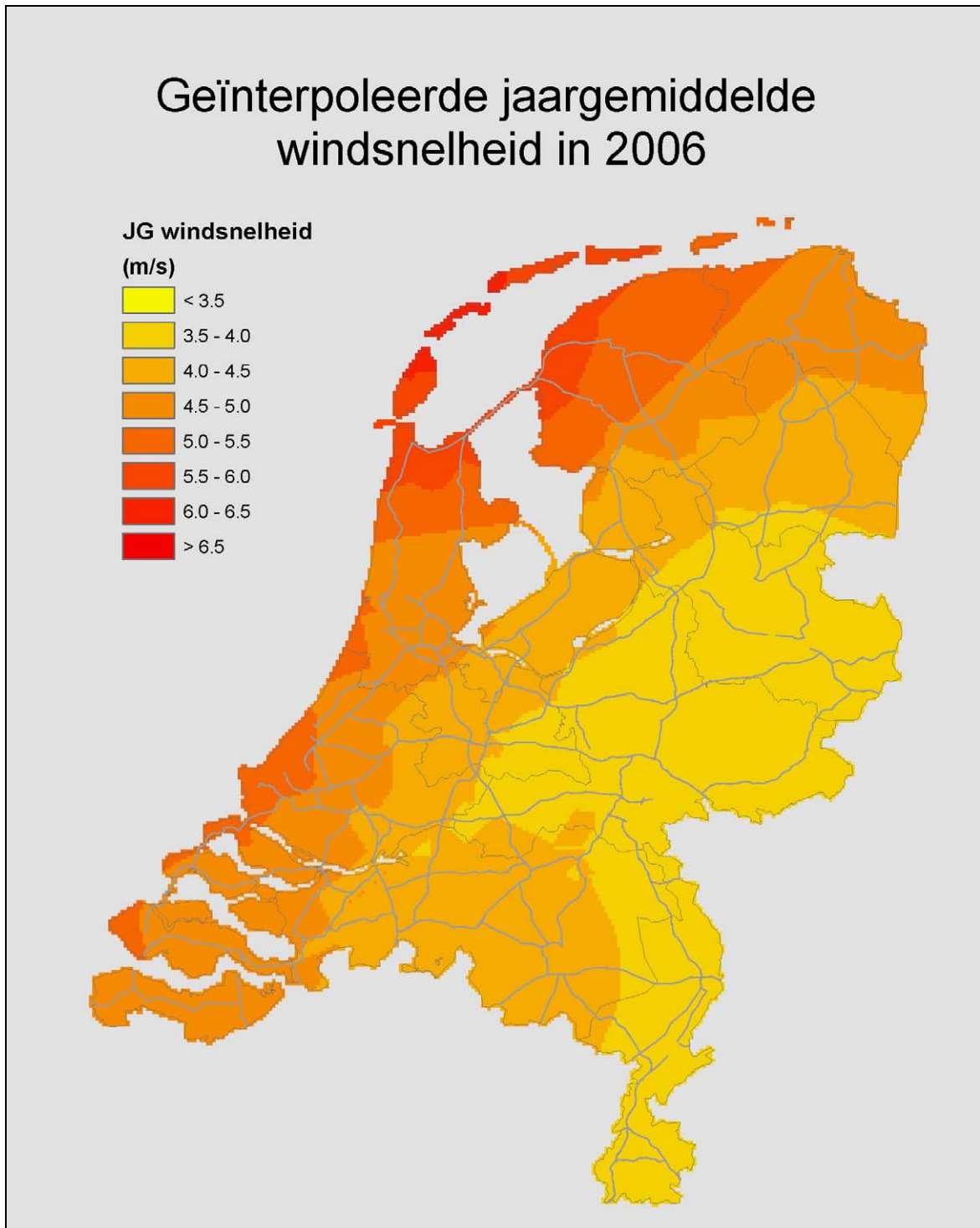
Geïnterpoleerde jaargemiddelde windsnelheid in 2003

JG windsnelheid

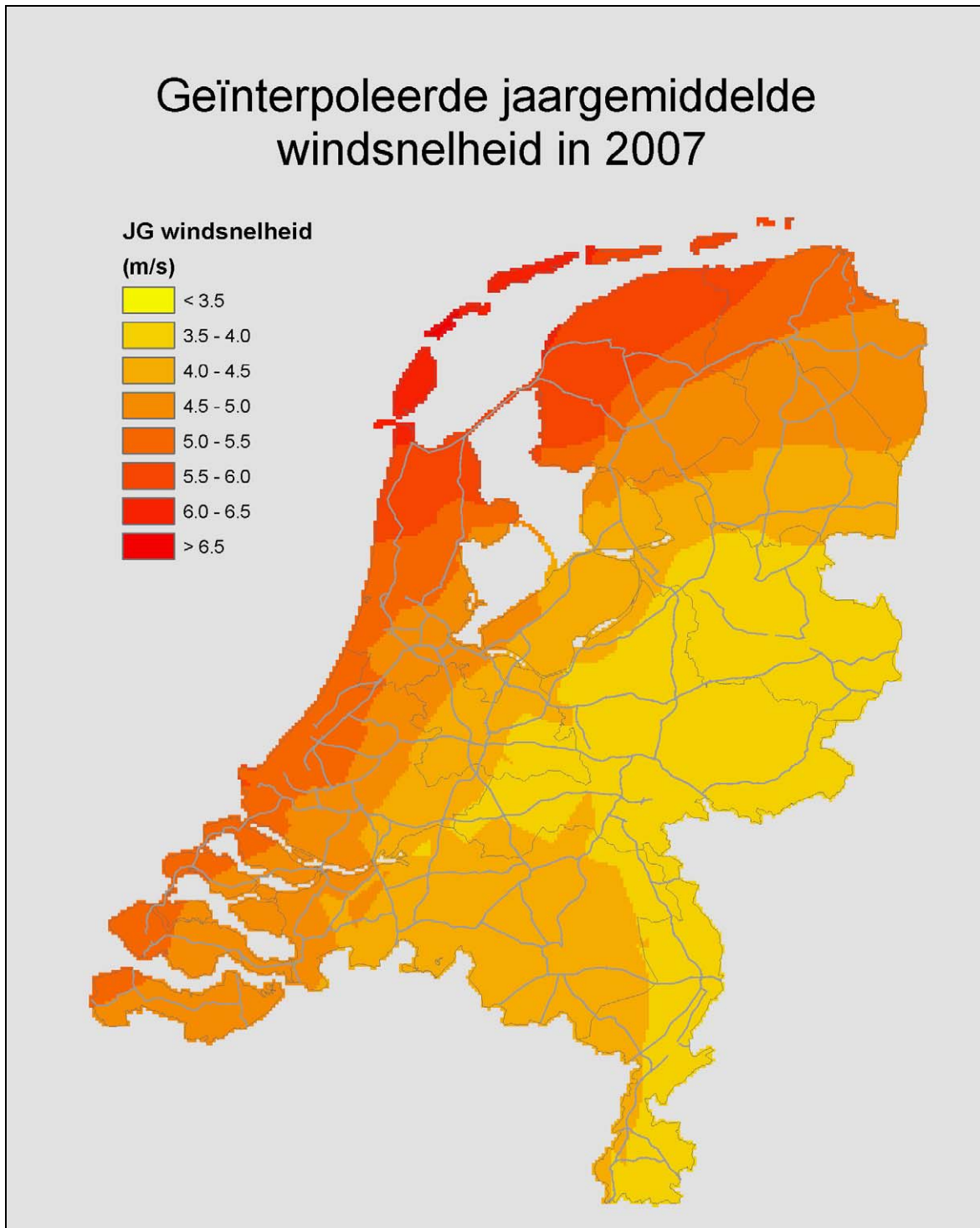
(m/s)



Figuur 3 Geïnterpoleerde jaargemiddelde windsnelheid voor 2003.



Figuur 4 Geïnterpoleerde jaargemiddelde windsnelheid voor 2006.

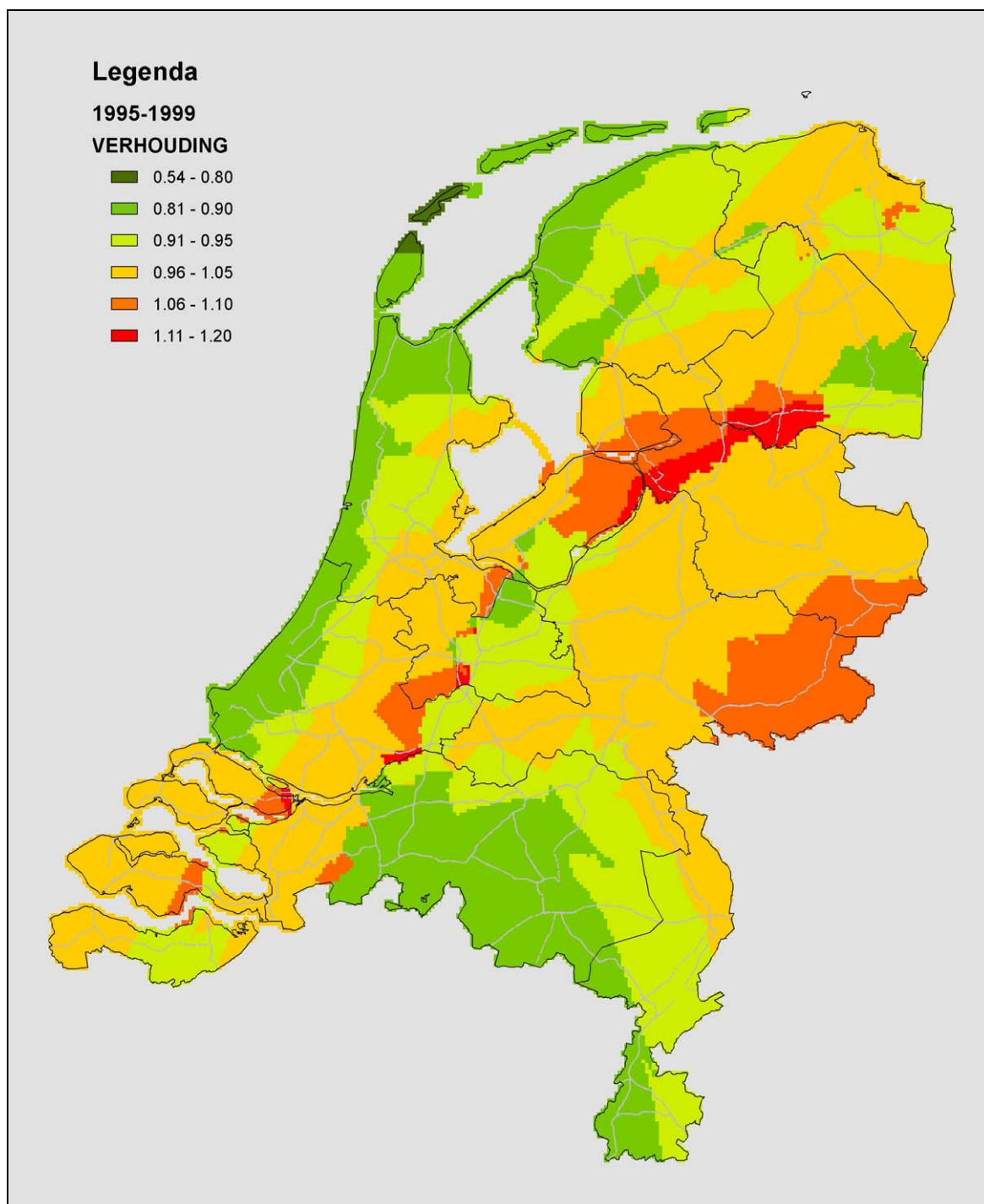


Figuur 5 Geïnterpoleerde jaargemiddelde windsnelheid voor 2007.

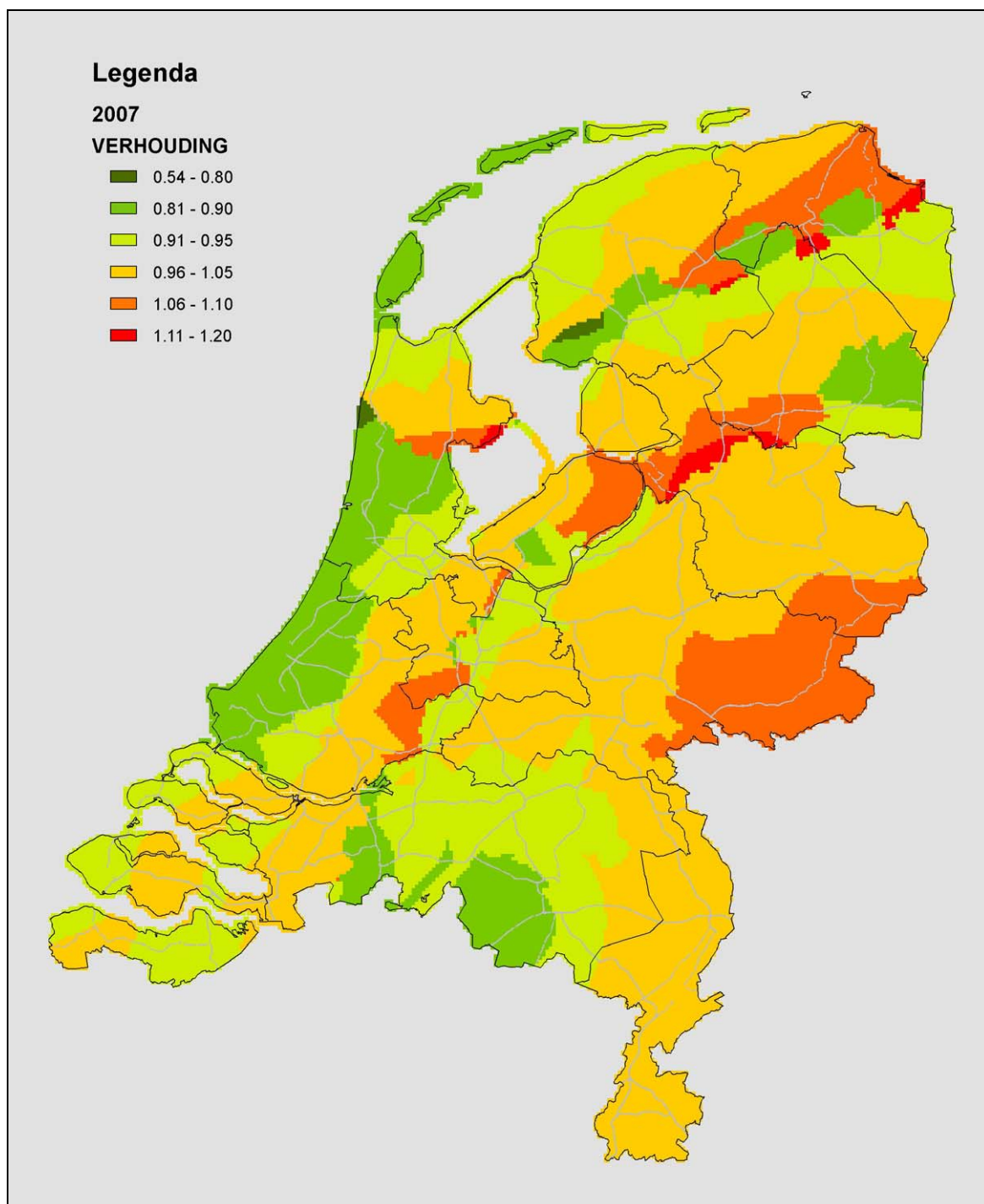
4.1 Veranderingen op concentratieniveau

Het gebruik van geïnterpoleerde meteo in de Standaard Reken Methode (SRM) kan leiden tot een lokale verandering van concentratiebijdragen. Om meer inzicht te krijgen in deze verschillen is er gekeken naar de verhouding tussen de concentratiebijdragen van lokale (wegverkeer) bronnen zoals berekend met de geïnterpoleerde windsnelheden ten opzichte van de concentratiebijdragen berekend met de regiogemiddelde windsnelheden. Deze verhouding is bepaald voor zowel de combinatie van de jaren 1995-1999 als het afzonderlijk jaar 2007. Een verhouding kleiner dan 1,0 geeft dus aan dat de concentratiebijdragen met de geïnterpoleerde meteorologie kleiner zijn dan ze tot en met 2007 waren.

In verreweg het grootste deel van Nederland ligt de verhouding tussen concentratiebijdragen van wegverkeer zoals berekend met de oude regio-indeling en berekend met behulp van interpolatie tussen 90% en 110%. De bijdragen van verkeer aan de PM_{10} -concentraties bedraagt op een testset van LML-stations grofweg $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Wesseling en Sauter, 2007). Een verschil van $\pm 10\%$ komt dus overeen met circa $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Voor NO_2 is de situatie iets gecompliceerder aangezien de beschikbare hoeveelheid ozon ook van belang is voor de bepaling van de totale bijdrage van wegverkeer aan de NO_2 -concentraties. Gemiddeld komt een verandering in de NO_x -bijdrage van $\pm 10\%$ overeen met een verandering in de NO_2 -bijdrage van $\pm 8-10\%$. In absolute waarden komt dit overeen met circa $0,3 - 1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur 6 De verhouding tussen concentratiebijdragen van lokale (wegverkeer) bronnen zoals berekend met de geïnterpoleerde windsnelheden ten opzichte van de concentratiebijdragen berekend met de regiogemiddelde windsnelheden voor de periode 1995-1999.



Figuur 7 De verhouding tussen concentratiebijdragen van lokale (wegverkeer) bronnen zoals berekend met de geïnterpoleerde windsnelheden ten opzichte van de concentratiebijdragen berekend met de regiogemiddelde windsnelheden voor de periode 2007.

In de Figuren 6 en 7 is duidelijk waarneembaar dat de concentratiebijdragen direct aan kust gedaald zijn onder invloed van de hogere windsnelheid in deze streek. Meer landinwaarts zijn de concentratiebijdragen iets hoger. In 2003 zijn de jaargemiddelde windsnelheden duidelijk lager dan in de andere jaren het geval is.

Verder is duidelijk te zien dat, zoals verwacht, op de grenzen van de oude regio-indeling de grootste veranderingen plaatsvinden omdat de voormalige artificiële grenzen zijn verdwenen. Hierbij moet echter worden aangetekend dat de verschillen over het algemeen kleiner zijn dan die welke in de oude systematiek met regio's optraden langs de regiogrenzen.

5 Conclusies

Dit rapport beschrijft de totstandkoming van de geïnterpoleerde meteogegevens voor het SRM-1 zoals in 2008 vrijgegeven door het ministerie van VROM. Tijdens deze totstandkoming is een aantal knelpunten gesignaleerd en aansluitend opgelost.

Met de geïnterpoleerde windsnelheden zijn de concentratiebijdragen direct aan kust iets lager dan voorheen onder invloed van de hogere windsnelheid in deze streek. Meer landinwaarts zijn de concentratiebijdragen iets hoger. Verder is duidelijk te zien dat, zoals verwacht, op de grenzen van de oude regio-indeling de grootste veranderingen plaatsvinden omdat de voormalige artificiële grenzen zijn verdwenen.

Literatuur

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, 1996, Jaaroverzicht van het weer in Nederland, jaar 1995, 92^e jaargang, nummer 13.

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, 1997, Jaaroverzicht van het weer in Nederland, jaar 1996, 93^e jaargang, nummer 13.

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, 1998, Jaaroverzicht van het weer in Nederland, jaar 1997, 94^e jaargang, nummer 13.

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, 1999, Jaaroverzicht van het weer in Nederland, jaar 1998, 95^e jaargang, nummer 13.

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, 2000, Jaaroverzicht van het weer in Nederland, jaar 1999, 96^e jaargang, nummer 13.

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, 2007, Jaaroverzicht van het weer in Nederland, jaar 2006, 103^e jaargang, nummer 13.

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, 2008, Jaaroverzicht van het weer in Nederland, jaar 2007, 104^e jaargang, nummer 13.

Mooibroek D. en Wesseling J.P., 2007, Meteorologie in CAR II, RIVM-rapport 680705002.

Vissenberg H.A. en Velze K. van, 1998, Handleiding CAR-AMvB programma (versie 2.0), CAR-AMvB programma voor de rapportage besluiten luchtkwaliteit over 1997, 1998, 1999 en 2000, RIVM-rapport 722101035.

Wesseling J.P. en Sauter F.J., 2007. Kalibratie van het programma CAR II aan de hand van metingen van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit van het RIVM, RIVM-rapport 680705004.

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl