

RIVM rapport 680600003/2007

**Een vergelijking tussen met CAR II versie 5.0
berekende concentraties en metingen van het
LML**

J.P. Wesseling, D. Mooibroek, W.A.J. van Pul

Contact:

J.P. Wesseling

Laboratorium voor Milieumetingen

Joost.Wesseling@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van VROM, in het kader van project 680600, project stedelijke luchtkwaliteit.

Abstract

A comparison between concentrations calculated with CAR II 5.0 and concentrations measured via the air quality network

Dutch municipalities use the model CAR II (Calculation of Air pollution from Road traffic) to estimate local air quality in streets with traffic. RIVM has shown that the concentrations of nitrogen dioxide and particulate matter, as calculated by CAR II, version 5.0, are in fairly good agreement with measurements. Calculated concentrations are, on average, a few micrograms per cubic metre higher (for nitrogen dioxide) or lower (for particulate matter) compared to measurements.

Based on traffic information provided by municipalities, calculations were performed using CAR II, version 5.0, for the years 2003, 2004 and 2005 for those streets where a measuring station of the national air quality measuring network of the RIVM is located. The results of the calculations were compared with measurements during the same period. Calculated nitrogen dioxide concentrations are on average just over two micrograms per cubic metre higher than measured concentrations. For particulate matter the calculated concentrations are just below measured levels. Furthermore, the spread in differences between measured and calculated concentrations is larger for particulate matter.

With respect to accuracy of the calculations, the yearly averaged concentrations calculated by CAR II comply with legal regulations. It will be difficult to determine to what extent the results of the present study can be used to indicate the reliability and applicability of the CAR model in future. It is also quite possible that several modules of CAR contain errors, which, at present, counteract each other.

Keywords: Air quality, model, measurements, nitrogen dioxide, particulate matter

Rapport in het kort

Een vergelijking tussen met CAR II versie 5.0 berekende concentraties en metingen van het LML

Lokale overheden gebruiken het model CAR II (Calculation of Air pollution from Road traffic) voor de berekening van de luchtkwaliteit in verkeersbelaste situaties. Uit onderzoek van het RIVM blijkt dat de berekende stikstofdioxide en fijn stof concentraties redelijk goed overeen komen met metingen. De berekende concentraties zijn gemiddeld enkele microgrammen per kubieke meter hoger respectievelijk lager dan de gemeten stikstofdioxide en fijn stof concentraties.

Op basis van door gemeenten zelf aangeleverde verkeersgegevens zijn voor de jaren 2003, 2004 en 2005 berekeningen met CAR II, versie 5.0, uitgevoerd in de straten waar meetstations van het van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit van het RIVM staan. De resultaten van de berekeningen voor stikstofdioxide en fijn stof zijn vervolgens vergeleken met metingen in de straten over dezelfde periode.

De berekende stikstofdioxide concentraties zijn gemiddeld ruim twee microgram per kubieke meter hoger dan de gemeten concentraties. De berekende fijn stof concentraties zijn gemiddeld iets lager dan de gemeten concentraties. Er is voor fijn stof een grotere spreiding in de geconstateerde verschillen dan voor stikstofdioxide het geval is. De resultaten van CAR II voldoen voor de jaargemiddelde concentratie van zowel stikstofdioxide als fijn stof aan de in de wet gestelde eisen voor de nauwkeurigheid van de bepaling van jaargemiddelde concentraties.

In hoeverre de resultaten van de uitgevoerde vergelijking een garantie zijn voor de betrouwbaarheid en/of de toepasbaarheid van CAR voor toekomstige jaren is moeilijk te zeggen. Het is niet onmogelijk dat verschillende bouwstenen in de huidige CAR onvolkomenheden bevatten die elkaar nu (deels) compenseren.

Trefwoorden: luchtkwaliteit, model, meting, stikstofdioxide, fijn stof

Inhoud

Samenvatting 5

1. Inleiding 7

2. Het programma CAR 8

2.1 *De historie van CAR 8*

2.2 *De structuur van CAR 8*

2.3 *Uitgevoerde CAR berekeningen 12*

2.3.1 *Meetstations en bepaling van het straattypen 12*

2.3.2 *Gehanteerde verkeersgegevens 15*

3. Vergelijking van CAR berekeningen met resultaten van het LML 16

3.1 *Basisjaar 16*

3.2 *Andere jaren 18*

3.3 *Analyse 20*

3.3.1 *Afwijkingen per station 20*

3.3.2 *Statistische analyse 21*

3.4 *Correcties op de berekeningen 22*

3.5 *Variaties in de invoer 25*

3.6 *Discussie en extrapolatie naar de toekomst 27*

4. Conclusies 28

Literatuur 29

Bijlage 1 Variaties van de CAR instellingen 30

Samenvatting

In de voorliggende studie is nagegaan hoe rekenresultaten verkregen met het model voor luchtkwaliteit CAR (Calculation of Air pollution from Road traffic) voor de gepasseerde jaren zich verhouden tot metingen van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) van het RIVM over diezelfde periode. Het CAR model is in zijn standaardvorm gebruikt, op dezelfde wijze als door gemeenten wordt gedaan bij hun jaarlijkse rapportages luchtkwaliteit. Voor de test zijn voor de locaties van de beschikbare meetstations van het LML die in verkeersbelaste straten staan (zogenaamde “straatstations”) bij de betreffende gemeenten de verkeerscijfers opgevraagd. Met deze gegevens en modelinstellingen die passen bij de verschillende straten zijn vervolgens voor elke locatie de concentraties NO₂ en PM₁₀ berekend. Deze zijn daarna vergeleken met metingen van het meetnet over dezelfde periode en de resultaten van de vergelijking zijn geanalyseerd.

Op basis van de uitgevoerde studie kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De resultaten van CAR voldoen voor de jaargemiddelde concentratie van zowel NO₂ als PM₁₀ ruimschoots aan de in artikel 27 van het “Besluit luchtkwaliteit 2005” gestelde eisen voor de nauwkeurigheid van de bepaling van jaargemiddelde concentraties.
- De meeste straatstations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) van het RIVM staan in straten die overeenkomen met straattypen 2 in de systematiek van CAR, “overige straten”. Er zijn slechts enkele straatstations in straten met eenzijdige bebouwing, straattypen 4 of in straten die een echte streetcanyon vormen, straattypen 3.
- Op basis van de beschikbare metingen en berekeningen kan worden geconcludeerd dat de met CAR II versie 5.0 berekende NO₂ concentraties na correctie voor dubbeltelling goed met de op straatstations van het LML gemeten NO₂ concentraties overeenkomen. De gemiddelde afwijking bedraagt zonder correctie circa +3 µg/m³, waarbij CAR hoger uitkomt dan de metingen. Na correctie voor dubbeltelling bedraagt de gemiddelde afwijking voor NO₂ circa één microgram per kubieke meter, waarbij CAR gemiddeld iets hoger uitkomt dan de metingen.
- Op basis van de beschikbare metingen en berekeningen kan worden geconcludeerd dat de met CAR II versie 5.0 berekende PM₁₀ concentraties de op straatstations van het LML gemeten PM₁₀ concentratie voor alle onderzochte jaren iets lijkt te onderschatten. De gemiddelde afwijking bedraagt circa +1,5 µg/m³. De afwijking varieert per locatie meer dan bij NO₂ het geval is.
- Op basis van de beschikbare metingen en berekeningen kan worden geconcludeerd dat de met CAR II versie 5.0 berekende aantallen etmaaloverschrijdingen van de etmaalnorm voor PM₁₀ slecht overeenkomen met de op straatstations van het LML gemeten aantallen. De afwijking varieert sterk per stationlocatie en bedraagt in een aantal gevallen meer dan 50%.

- Door de keuzemogelijkheden voor instellingen van het CAR model ontstaat een spreiding in de berekende concentraties die kan oplopen tot 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ of meer. Een weloverwogen keuze voor de instellingen van CAR en een heldere rapportage hierover zijn dus van groot belang.
- In hoeverre de resultaten van deze vergelijking een garantie zijn voor de betrouwbaarheid en/of de toepasbaarheid van CAR voor toekomstige jaren is moeilijk te zeggen. Het is niet onmogelijk dat verschillende bouwstenen in de huidige CAR onvolkomenheden bevatten die elkaar nu (deels) compenseren.

1. Inleiding

Het model voor luchtkwaliteit CAR (Calculation of Air pollution from Road traffic) is een simpel model om de luchtkwaliteit in stedelijk gebied te bepalen. Het model combineert vooraf berekende achtergrondconcentraties voor geheel Nederland met een berekende bijdrage van verkeer in de te onderzoeken straat en verkrijgt zo de totale concentratie op dat punt. Er zijn momenteel twee toepassingsgebieden voor CAR. Voor de verplichte jaarlijkse inventarisatie van de luchtkwaliteit gebruiken gemeenten CAR voor berekeningen over het gepasseerde jaar. Bij het opstellen van toekomstplannen wordt CAR ook gebruikt om een prognose van de (verandering in de) luchtkwaliteit te geven.

Belangrijk voor het gebruik van CAR is de vraag of de resultaten voldoen aan de nauwkeurigheidseisen die in het “Besluit luchtkwaliteit 2005” (Staatscourant, 2005) worden gesteld. Berekeningen aan gepasseerde jaren kunnen worden vergeleken met metingen over dezelfde periode om een indruk te krijgen van de toepasbaarheid van het model.

2. Het programma CAR

2.1 De historie van CAR

Het huidige CAR II (Calculation of Air pollution from Road traffic) programma is terug te voeren op een TNO studie, zie Van den Hout en Baars (1988). Op basis van uitgebreide windtunnelmetingen zijn rekenregels opgesteld waarmee vervolgens het TNO Verkeersmodel, een rekenmodel voor de bepaling van concentraties rond wegen, is ontwikkeld. Uit dit rekenmodel is een simpeler model afgeleid, het CAR model. Het model beoogt om op een simpele en laagdrempelige wijze, met een minimum aan benodigde invoer, de luchtkwaliteit in een straat te bepalen. In 1993 is een beschrijving van het model gepubliceerd in *Atmospheric Environment* (Eerens et al., 1993). Een software implementatie van het model, CAR-AMvB versie 2.0, is in 1998 beschikbaar gekomen (Vissenberg en van Velze, 1998). Met de inwerkingtreding van het Besluit luchtkwaliteit in 2001 zijn verschillende aspecten van CAR aangepast aan de nieuwe regels, het resultaat was CAR II, versie 1.0. De aanpassingen en een beperkte validatie van het model zijn beschreven in Teeuwisse (2003). In 2004 is een beschrijving van de effecten van kruisingen in street canyons op de luchtkwaliteit Visser en Wesseling (2004) in de handleiding opgenomen. Met correctiefactoren kan (met de hand) voor het effect van kruisingen worden gecorrigeerd.

Sedert 2001 is elk jaar rond de maand maart een update van CAR II uitgebracht, de laatste volledige update is CAR II, versie 5.0 (Jonkers en Teeuwisse, 2006a). De belangrijkste jaarlijkse wijzigingen betreffen de gebruikte achtergrondconcentraties, diagnostisch zowel als prognostisch, en de emissiefactoren voor verschillende typen verkeer. Het aantal voertuigcategorieën is enige jaren geleden veranderd en in 2006 is een iets uitgebreidere toetsing aan de PM₁₀ etmaalnorm geïmplementeerd. Aan de onderliggende rekenregels voor de verdunning van concentraties in verschillende straattypen is de afgelopen jaren niets veranderd. In november 2006 is de functionele beschrijving van CAR in het Meet- en rekenvoorschrift bevoegdheden luchtkwaliteit opgenomen als “Standaard Reken Methode 1” (Staatscourant, 2006). Naar aanleiding van een wijziging in de afronding van concentraties en het weergeven van meerdere decimalen is CAR II, versie 5.1, uitgebracht (Jonkers en Teeuwisse, 2006b). Afgezien van de afronding en decimalen is er geen verschil tussen versie 5.0 en versie 5.1.

2.2 De structuur van CAR

Een uitgebreide beschrijving van het CAR II model wordt in de handleiding bij het programma gegeven (Jonkers en Teeuwisse, 2006a). Hieronder worden de belangrijkste aspecten kort beschreven.

In CAR is er voor gekozen om een simpele parametrisatie te gebruiken. Er zijn twee typen street canyons gedefinieerd, een relatief smal type (3b) met een breedte/hoopte verhouding kleiner dan 3.0 en een breed type (3a) met een breedte/hoopte verhouding van 3.0 – 6.0.

Verder is er een type 4 met eenzijdige bebouwing gedefinieerd met een breedte/hoogte verhouding $W/H < 3$. In stedelijk gebied is er verder nog een straattipe 2 gedefinieerd als zijnde alle andere typen dan 3 en 4. Dit komt neer op een gebied met verspreide losse gebouwen, zonder een duidelijke tweedimensionale structuur hierin.

Voor de verschillende straattypen zijn met behulp van op windtunnelmetingen gebaseerde berekeningen verdunningsrelaties gefit (van den Hout en Baars, 1988). Deze relaties geven de (gemiddelde) verdunning van emissies als functie van de afstand tot de as van de weg. Voor het type 3b (smalle streetcanyon) mag worden verwacht dat een dergelijke relatie redelijk goed zal voldoen. Immers, het stromingspatroon dat zal optreden in de street canyon is betrekkelijk simpel en er is naar verwachting een kleine invloed van het optreden van kleinere secundaire wervels. Ingeval van een type 3a (brede streetcanyon) ligt de situatie iets gecompliceerder. Hier kan niet worden uitgesloten dat bij een bepaalde afstand tot de as van de weg de concentratie op een punt wordt beïnvloed door het optreden van een wervel in een van de hoeken van de straat. Voornamelijk in de situatie van een brede straat en toetsing helemaal aan de rand van de straat tegen de bebouwing aan is de kans groot dat daar bij verschillende windsnelheden en windrichtingen een kleine wervel optreedt. Er is dan geen simpele relatie meer tussen de afstand tot de as van de weg en de verdunning.

De in CAR gebruikte relatie voor de verdunning in de straattypen 2, 3a, 3b en 4 heeft de volgende vorm:

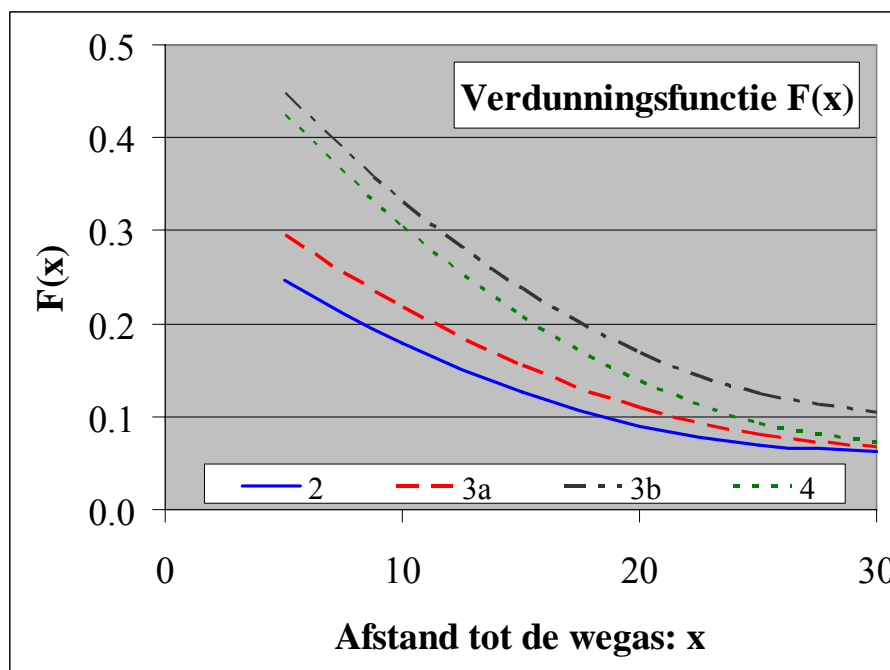
$$F(x) = a x^2 + b x + c \quad (2.1)$$

Met x de afstand van de as van de weg tot het rekenpunt en $F(x)$ de verdunningsfactor. De waarden van de coëfficiënten voor de verdunningsfactor variëren met het wegtype:

Tabel 1 Coëfficiënten in de CAR verdunningsfactoren.

CAR Straattipe	a	Coëfficiënten b	c
2	0,000310	-0,0182	0,33
3a	0,000325	-0,0205	0,39
3b	0,000488	-0,0308	0,59
4	0,000500	-0,0316	0,57

De verdunningen zijn hieronder in Figuur 1 geplot als functie van de afstand tot de as van de weg.



Figuur 1 Verdunningsfactoren van het programma CAR voor de verschillende wegtypen.

Door de oorspronkelijk gekozen vorm van de gefitte relatie (een 2^e orde polynoom) zijn de berekende verdunningen enkel tot 30 meter van de weg bruikbaar. Bij grotere afstanden gaan de verdunningen weer toenemen.

De jaargemiddelde concentratiebijdrage ($C_{b,jm}$) van het verkeer wordt bepaald door de emissie met verschillende factoren te vermenigvuldigen:

$$C_{b,jm} = E \cdot F(x) \cdot F_b \cdot F_{regio} \quad (2.2)$$

waarbij:

- E : Emissie [$\mu\text{g}/\text{m}/\text{s}$].
- $F(x)$: Verdunningsfactor [s/m^2].
- F_b : Bomenfactor (1.00, 1.25, 1.50).
- F_{regio} : Regiofactor met betrekking tot meteorologie. Deze factor wordt jaarlijks aangepast en heeft typisch waarden tussen circa 0.7 en circa 1.4.

Voor bepaling van de NO_2 concentratie wordt eerst de NO_x concentratie berekend welke vervolgens wordt omgezet in een NO_2 concentratie. De jaargemiddelde NO_2 concentratie wordt als volgt bepaald:

$$C_{b,i}[\text{NO}_2] = f_{\text{NO}_2} \cdot C_b[\text{NO}_x] + \frac{B \cdot C_a[\text{O}_3] \cdot C_b[\text{NO}_x] \cdot (1 - f_{\text{NO}_2})}{C_b[\text{NO}_x] \cdot (1 - f_{\text{NO}_2}) + K} \quad (2.3)$$

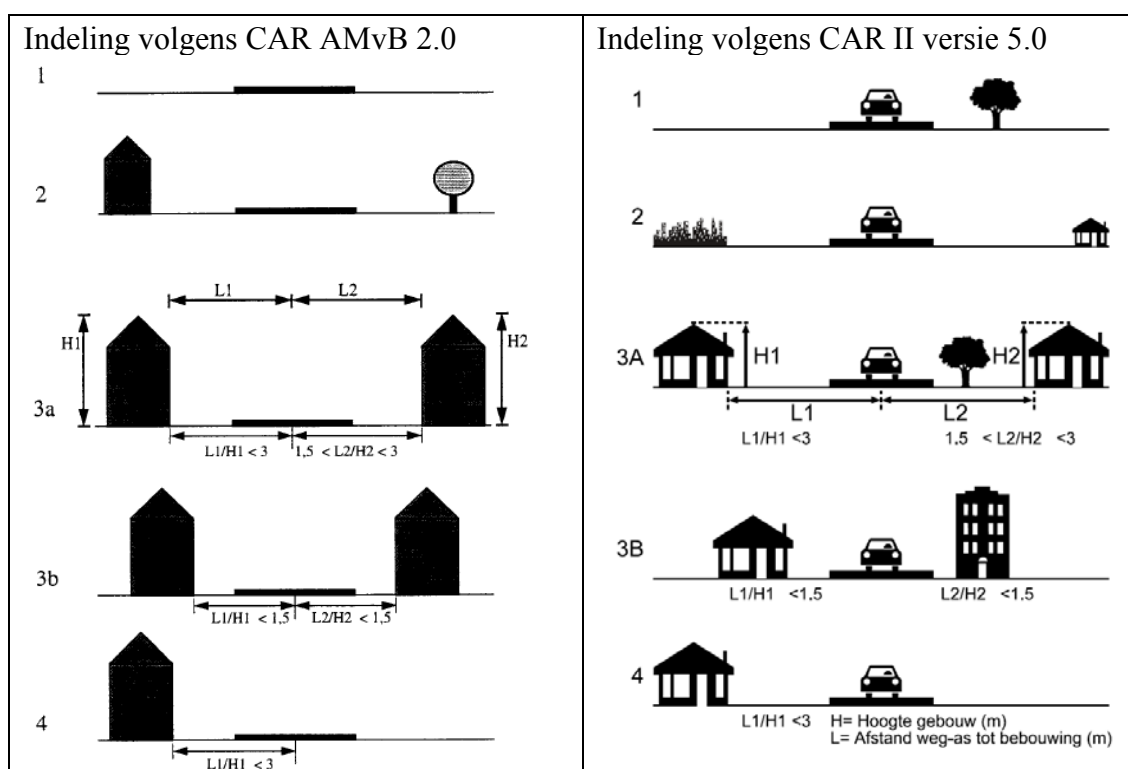
met

- $C_b[\text{NO}_2]$: Jaargemiddelde concentratiebijdrage verkeer aan NO_2 concentratie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$];
- $C_b[\text{NO}_x]$: Jaargemiddelde concentratiebijdrage verkeer aan NO_x [$\mu\text{g}/\text{m}^3$];

- $C_a [O_3]$: Jaargemiddelde grootschalige concentratie ozon (O_3) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$];
- f_{NO_2} : Gewogen fractie direct uitgestoten NO_2 .
Deze factor is in het verleden vastgesteld op 0.05 maar is vermoedelijk aan het toenemen;
- K : Empirisch bepaalde parameter voor de omzetting van NO naar NO_2 , huidige waarde 100.
- B : Factor die in rekening brengt dat een receptor in CAR éézijdig, over een halve windroos, wordt aangestroomd. In die situatie geldt $B=0.6$, anders $B=1.0$, zie (van den Hout en Baars, 1988)

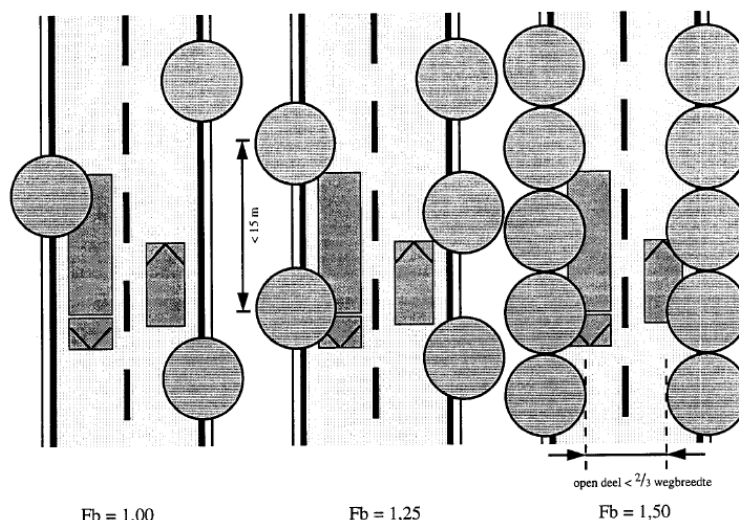
Voor de benodigde PM_{10} , NO_2 en O_3 achtergrondconcentratie wordt gebruik gemaakt van de resultaten van de GCN (Grootschalige Concentratiekaarten Nederland), zie Velders et al. (2006) voor een uitgebreide beschrijving hiervan.

Het gekozen straattypen voor een straat is de basis voor de berekening van de luchtkwaliteit. De mogelijke straattypen zoals omschreven in het oudere CAR AMvB 2.0 en het latere CAR II zijn hieronder weergegeven.



Figuur 2 Verdunningsfactoren van het programma CAR, overgenomen uit Vissenberg en van Velze (1998) en Teeuwisse (2003).

De schematische bebouwing in de handleiding van CAR AMvB 2.0 sluit iets beter aan bij de figuur in de oorspronkelijke studie van TNO en lijkt meer op de feitelijke bebouwing die in veel stadscentra wordt aangetroffen. In tegenstelling tot de latere handleidingen bevatte de handleiding van CAR AMvB een schema om de keuze van de bomenfactor te ondersteunen.



Figuur 3 Definitie van de bomenfactor in het programma CAR 2.0 AMvB
Bron: (Vissenberg en van Velze, 1998)

Verder was de definitie van de bomenfactor iets strikter dan in de latere CAR II handleidingen:

“Een bomenfactor hoger dan 1.00 mag slechts worden gebruikt indien er langs de gehele weg, aan tenminste één zijde bomen aanwezig zijn binnen 30 meter van de wegas.”.

In de huidige studie is enkel tot gebruik van een van 1.00 afwijkende bomenfactor in een straat besloten indien het aannemelijk is dat de stroming van de lucht, ter plaatse van het meetstation, wezenlijk door de aanwezigheid van de bomen wordt beïnvloed.

2.3 Uitgevoerde CAR berekeningen

2.3.1 Meetstations en bepaling van het straattyp

In de voorliggende studie is voor alle in de studie betrokken straten, zie onderstaande tabel, een keuze gemaakt voor het te gebruiken CAR straattyp. Het basisjaar is het jaar waarvoor de verkeersgegevens door de betreffende gemeenten beschikbaar zijn gesteld.

Tabel 2 In de studie gebruikte stations van het LML.

Stationnummer	Basisjaar	Locatie
136	2003	Heerlen, Looierstraat
236	2006 ¹	Eindhoven, Genovevalaan
237	2005	Eindhoven, Noord Brabantlaan
433	2004	Vlaardingen, Marathonweg
445	2003	Den Haag, Veerkade
447	2006 ¹	Leiden, Willem de Zwijgerlaan
537	2005	Haarlem, Amsterdamsevaart
544	2004	Amsterdam, Bernhardplein
636	2005	Utrecht, De Jongweg
639	2005	Utrecht, Erzeijstraat
741	2005	Nijmegen, Graafseweg
937	2005	Groningen, Europaweg

Bij het maken van een keuze van het straattypen moet worden bedacht dat de straattypen 3 en 4 in CAR geïdealiseerde tweedimensionale straten zijn. Variaties in de bebouwing langs de straat kunnen de keuze van het juiste type bemoeilijken. Over het algemeen moet voor de keuze worden uitgegaan van de gemiddelde, representatieve, situatie in een straat ter plaatse van het toetspunt. Voor de huidige studie is, voor zover mogelijk, uitgegaan van de gemiddelde situatie in de straat voor minimaal 50 meter aan weerszijden van het meetpunt. Waar de situatie duidelijk niet paste bij een van de typen 3 of 4 is voor type 2 (overig) gekozen. De afstand van de locatie van het station tot de as van de weg is bepaald aan de hand van bij het RIVM aanwezige gegevens, eventueel aangevuld met informatie verkregen met Google Earth² en inspectie ter plaatse. Uiteindelijk is twee maal gekozen voor een type 4 (eenzijdige bebouwing), één maal gekozen voor type 3a (brede street canyon) en één maal voor type 3b (smalle street canyon). In alle andere gevallen is gekozen voor type 2 (basistype). De huidige vergelijking heeft dus een beperkte representativiteit voor de categorie van echte street canyons. Straattypen 1 komt in de studie geheel niet voor. In Tabel 3 wordt per station een summier beschrijving van de gemaakte keuze gegeven.

¹ De verkeersgegevens gemeten aan het begin van 2006 zijn gebruikt voor 2005

² Zie <http://earth.google.com/>

Tabel 3 Motivatie voor de gekozen straattypen en de bomenfactor.

Meetstation	Omschrijving
136	Het meetstation is naast de korte kant van een gebouw gelegen, praktisch op de hoek van een zijstraat. Er is in ieder geval geen sprake van een duidelijke (aaneengesloten) street canyon, vandaar straattypen 2. Omdat de bomen de stroming in de straat niet lijken te belemmeren is gekozen voor een bomenfactor van 1.0.
236	Het meetstation ligt aan de lange kant van een betrekkelijk hoge flat met aan de andere kant een open gebied (parkeerterrein). Het lijkt derhalve een straattypen 4. Het station ligt echter op circa 30 meter van de flat, vandaar dat de classificatie niet heel zeker is.
237	Het meetstation ligt dicht (circa 5 meter) bij de lange kant van een redelijk hoog gebouw met aan de andere kant een open gebied. Het is derhalve een straattypen 4.
433	Het meetstation ligt op enkele meters van een 2x2 weg, achter een circa 2 meter hoge haag. Er is geen sprake van structurele bebouwing binnen 50 meter van het station. Er is duidelijk geen sprake van een street canyon maar er is ook geen sprake van een echt open situatie, vandaar straattypen 2.
445	De locatie is duidelijk in een street canyon gelegen. De breedte van de straat is circa 25 meter en de geschatte hoogte van de bebouwing is circa 12-15 meter. De straat is dus een smalle street canyon, type 3b. Omdat het meetstation midden in de straat is gelegen, waar de verdunningsfuncties van CAR eigenlijk niet zijn gedefinieerd, kunnen substantiële afwijkingen optreden tussen berekende en gemeten concentraties.
447	Het meetstation is schuin naast de korte kant van een flatgebouw gelegen, omgeven door bomen die de stroming naar verwachting substantieel belemmeren. Er is geen duidelijke street canyon structuur van de omliggende bebouwing. Vandaar een straattypen 2 met een vermoedelijke bomenfactor van 1.5.
537	Het meetstation is naast een hoek van een gebouw gelegen, praktisch op de hoek van een grote T-splitsing met veel open ruimte. Er is geen sprake van een duidelijke (aaneengesloten) street canyon, dus straattypen 2.
554	Het meetstation is aan de rand van een grote rotonde gelegen. De diameter van de wegen is circa 100 meter. Er is geen sprake van aaneengesloten bebouwing rond de rotonde, er zijn veel gaten. Vandaar straattypen 2.
636	Dit meetstation ligt betrekkelijk vrij van bebouwing langs een brede straat waar wel sprake is van veel bomen aan weerszijden van de weg. Er is hier dus gekozen voor straattypen 2 en een bomenfactor van 1.25.
639	De straat is breed en heeft aan weerszijden een aaneengesloten bebouwing. Aan een kant eengezinswoningen en aan de kant van het station een flat van 4 woonlagen. Er is sprake van niet al te grote bomen aan weerszijden van de weg, ook half over het meetstation heen. Het straattypen is ofwel 3a ofwel 3b. Uiteindelijk is gekozen voor straattypen 3a en een bomenfactor van 1.25.

741	Het meetstation ligt op circa 10 meter van de lange kant van een korte en niet al te hoge flat. De omgeving rond de locatie van het station is betrekkelijk open zonder een duidelijke tweedimensionale bebouwingsstructuur. Het open gebied van een grotere kruising/rotonde begint al circa 40 meter van het station. Er is derhalve gekozen voor een straattyp 2 met een bomenfactor van 1.0.
937	Dit meetstation ligt aan een brede weg, vlak voor een kruising met een andere brede weg. Omdat er ook hier zeker geen sprake is van een tweedimensionale structuur is uitgegaan van een straattyp 2 en een bomenfactor van 1.0.

2.3.2 Gehanteerde verkeersgegevens

Voor het uitvoeren van de CAR berekeningen zijn verkeersaantallen, samenstellingen en snelheden nodig. Alle gemeenten waarin de gebruikte stations liggen zijn aangeschreven met het verzoek om de benodigde gegevens te verstrekken. De gemeenten hebben hier aan meegewerkt. De verkeerscijfers variëren aanmerkelijk van straat tot straat:

- de verkeersintensiteit varieert tussen circa 10000 en circa 50000 voertuigen per etmaal;
- de fractie vracht (middelzwaar en zwaar samen) varieert tussen circa 3% en circa 10%;
- de fractie bussen (middelzwaar en zwaar samen) varieert tussen 0% en circa 8%;
- de afstand van de as van de weg tot het meetpunt varieert tussen 5 en 25 meter.

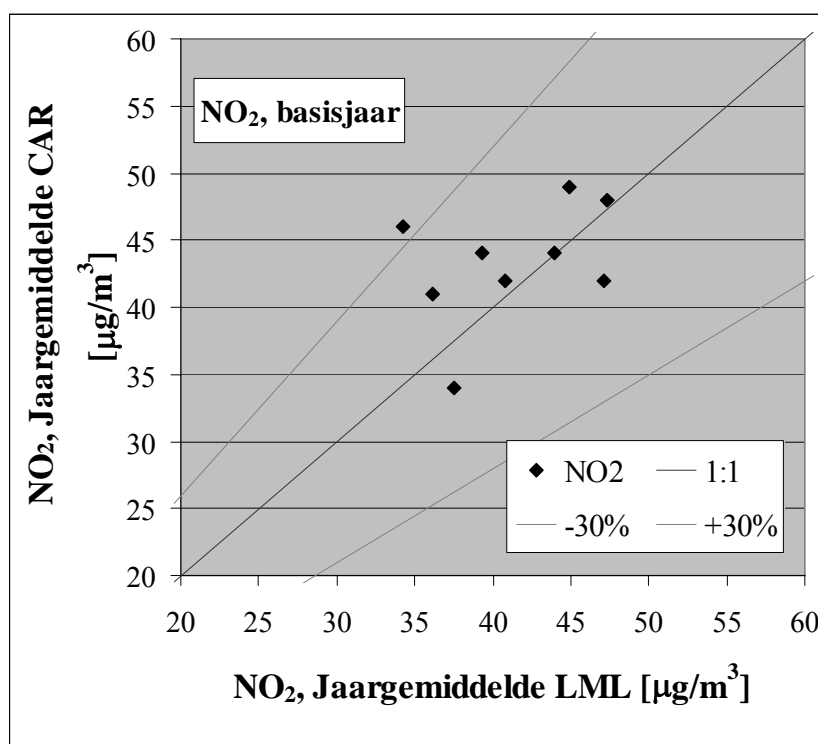
Het type verkeer (stagnerend, normaal of doorstromend stadsverkeer) is geselecteerd op basis van gegevens verstrekt door de gemeente, eventueel aangevuld met andere gegevens en inspectie ter plaatse.

3. Vergelijking van CAR berekeningen met resultaten van het LML

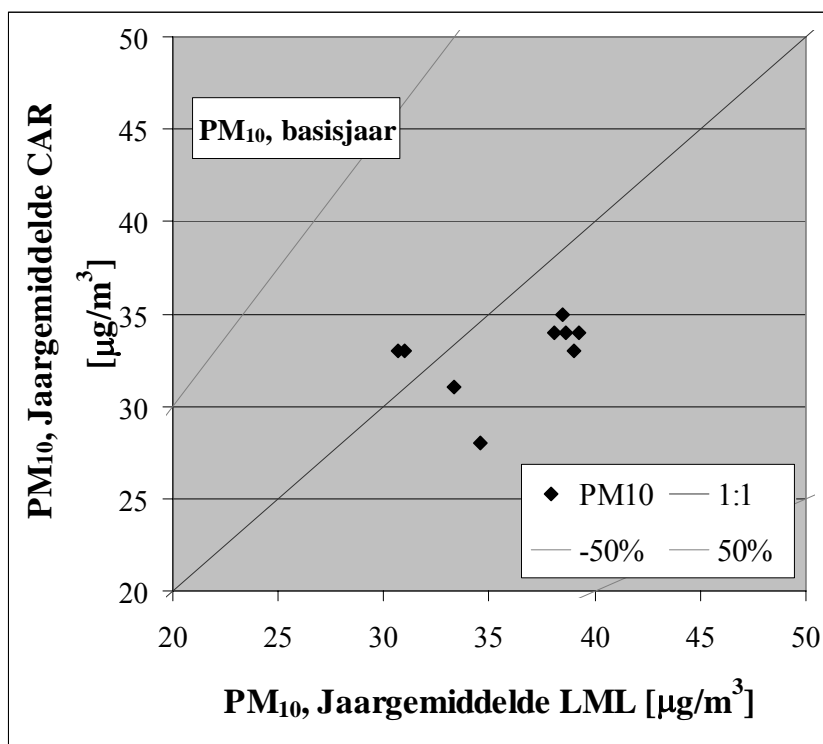
Voor de vergelijking tussen berekende en gemeten concentraties zijn de gevalideerde gegevens zoals bepaald op stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (zie www.lml.rivm.nl) gebruikt. Op basis van gemeten uurlijkse concentraties zijn de jaargemiddelde NO₂ en PM₁₀ concentraties bepaald. Er is voor NO₂ en PM₁₀ een ondergrens aan de beschikbare uren, respectievelijk dagen, van 75% gehanteerd om te bepalen welke stationsdata bruikbaar zijn voor het huidige vergelijk. Deze grens is iets lager dan de grens van 90% welke door de EU wordt gehanteerd. Een aantal stations dat in de loop van een kalenderjaar in gebruik is genomen voldoet niet aan de 75% beschikbaarheid. De andere stations hebben een beschikbaarheid van minimaal 89% voor NO₂ en 92% voor PM₁₀.

3.1 Basisjaar

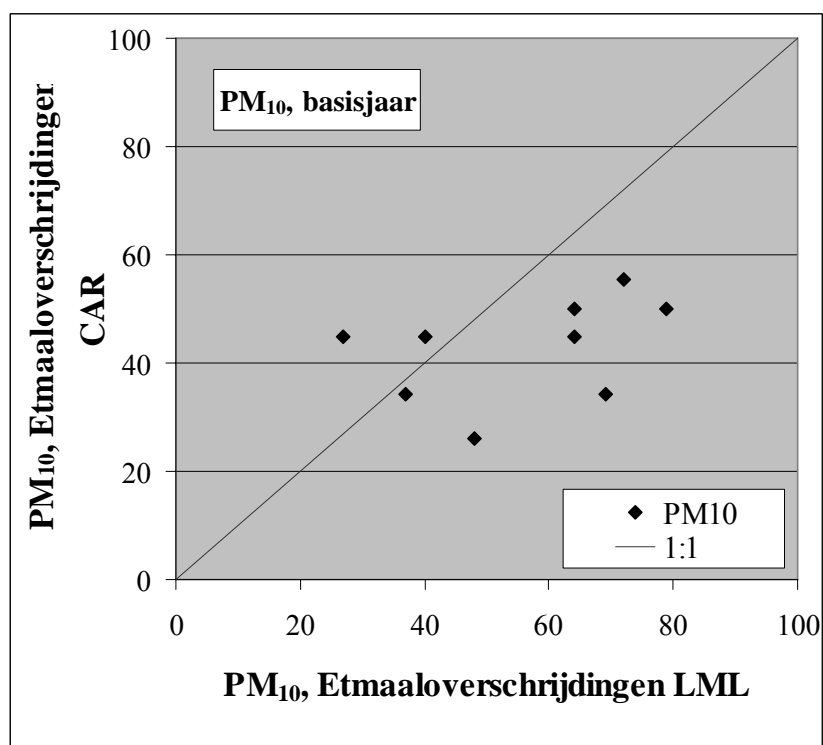
Met de in hoofdstuk 2 beschreven invoergegevens zijn CAR berekeningen uitgevoerd voor de specifieke jaren waarvoor verkeersgegevens beschikbaar zijn. De resultaten van de berekeningen en de meetcijfers van het LML zijn weergegeven in de Figuren 4, 5 en 6.



Figuur 4 Vergelijking tussen met CAR berekende en op het LML gemeten NO₂ concentraties voor het basisjaar



Figuur 5 *Vergelijking tussen met CAR berekende en op het LML gemeten PM₁₀ concentraties voor het basisjaar*



Figuur 6 *Vergelijking tussen met CAR berekende en op het LML gemeten PM₁₀ etmaaloverschrijdingen voor het basisjaar*

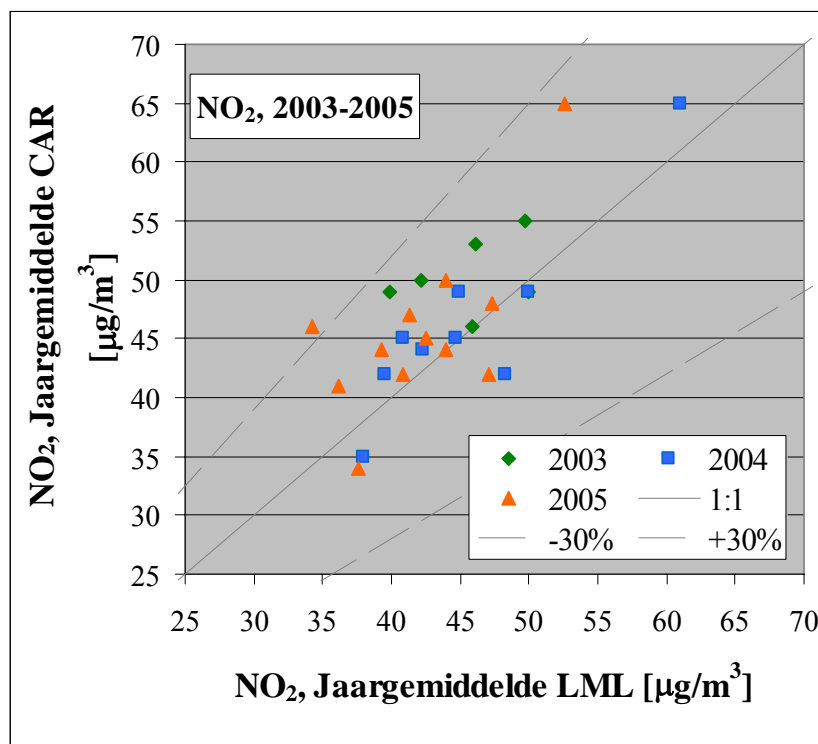
Hoewel er een beperkt aantal datapunten beschikbaar is, is wel duidelijk dat de berekende NO₂ concentraties de gemeten NO₂ concentraties iets lijken te overschatten. Voor PM₁₀ is de situatie juist omgekeerd, de berekende concentraties liggen onder de gemeten concentraties.

In de figuren zijn ook lijnen aangegeven behorende bij +30% en -30% afwijking voor NO₂ en +50% en -50% afwijking voor PM₁₀. Op een enkel punt na liggen alle berekende jaargemiddelde concentraties (ruim) binnen de wettelijke norm van $\pm 30\%$ respectievelijk $\pm 50\%$ van de gemeten concentraties (Staatscourant, 2005). De overeenkomst tussen de aantallen berekende en gemeten etmaaloverschrijdingen is minder goed, de berekende aantallen liggen aanmerkelijk onder de gemeten aantallen.

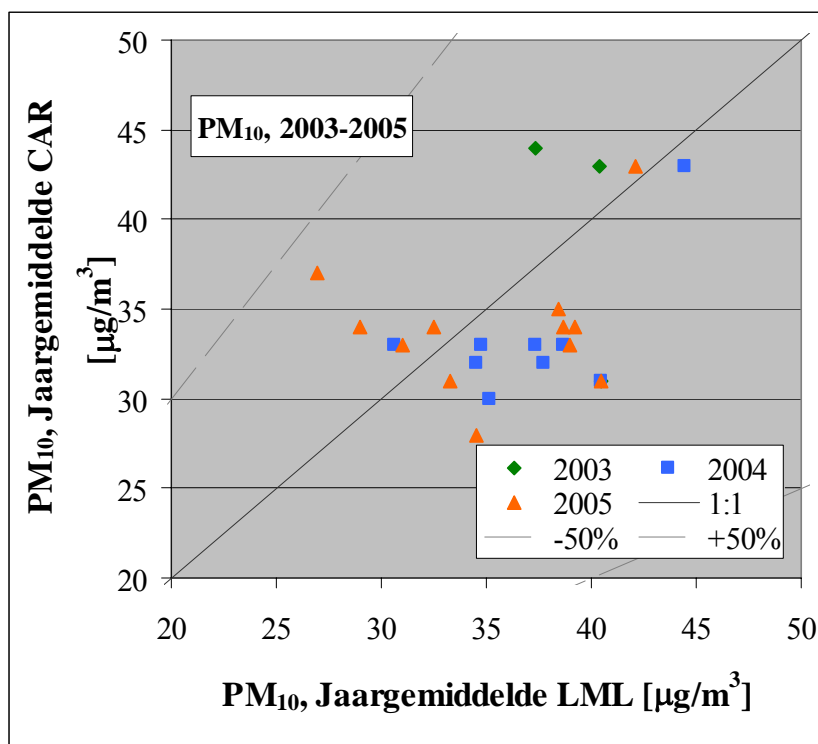
3.2 Andere jaren

Met de in hoofdstuk 2 beschreven invoergegevens zijn ook CAR berekeningen uitgevoerd voor enkele jaren direct voorafgaand aan en volgend op de specifieke jaren waarvoor verkeersgegevens beschikbaar zijn. Hierbij is aangenomen dat de verkeersgegevens slechts beperkt (+/- 2,5%) variëren van jaar tot jaar. Voor elk jaar vóór het basisjaar (waarvoor expliciete gegevens beschikbaar zijn) is aangenomen dat de verkeersintensiteit 2,5% lager is en voor elk jaar na het basisjaar is een groei van 2,5% aangenomen. Tenzij de verkeerssituatie in een straat wezenlijk verandert, bijvoorbeeld wegens werkzaamheden of door veranderingen in het verkeersplan van een stad, mag worden aangenomen dat veranderingen in de luchtkwaliteit vooral het gevolg zijn van veranderingen in de achtergronden of in de meteorologie. Omdat de verkeersbijdrage aan de totale concentraties voor zowel NO₂ als PM₁₀ beperkt is, zelden meer dan 20-30% bedraagt, is de keuze voor een jaarlijks veranderpercentage niet heel belangrijk.

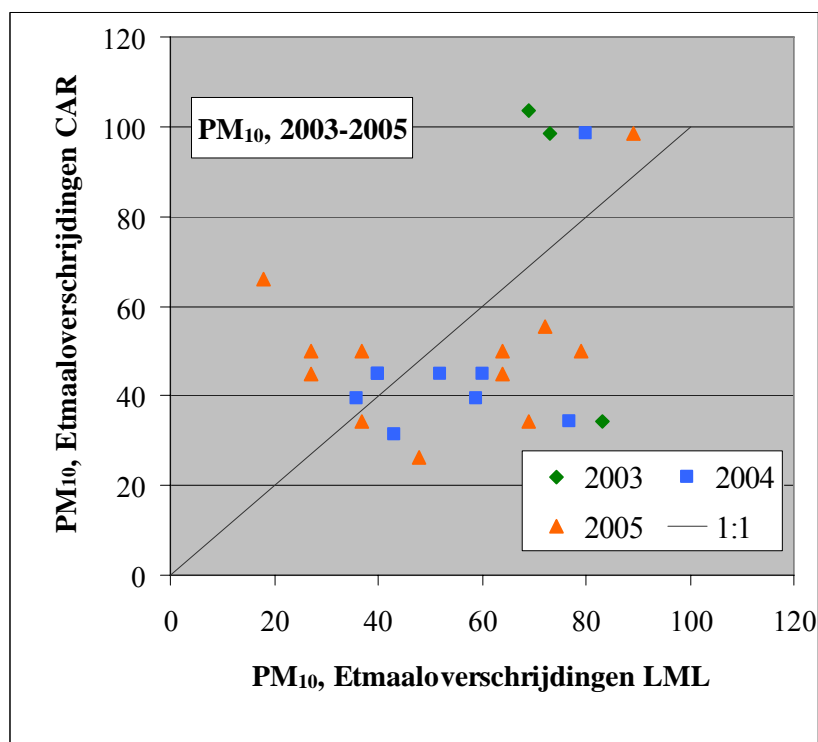
De resultaten van de berekeningen voor de geëxtrapolerde jaren en de meetcijfers van het LML zijn weergegeven in de Figuren 7, 8 en 9.



Figuur 7 Vergelijking tussen met CAR berekende en op het LML gemeten NO₂ concentraties



Figuur 8 Vergelijking tussen met CAR berekende en op het LML gemeten PM₁₀ concentraties



Figuur 9 Vergelijking tussen met CAR berekende en op het LML gemeten PM₁₀ etmaaloverschrijdingen

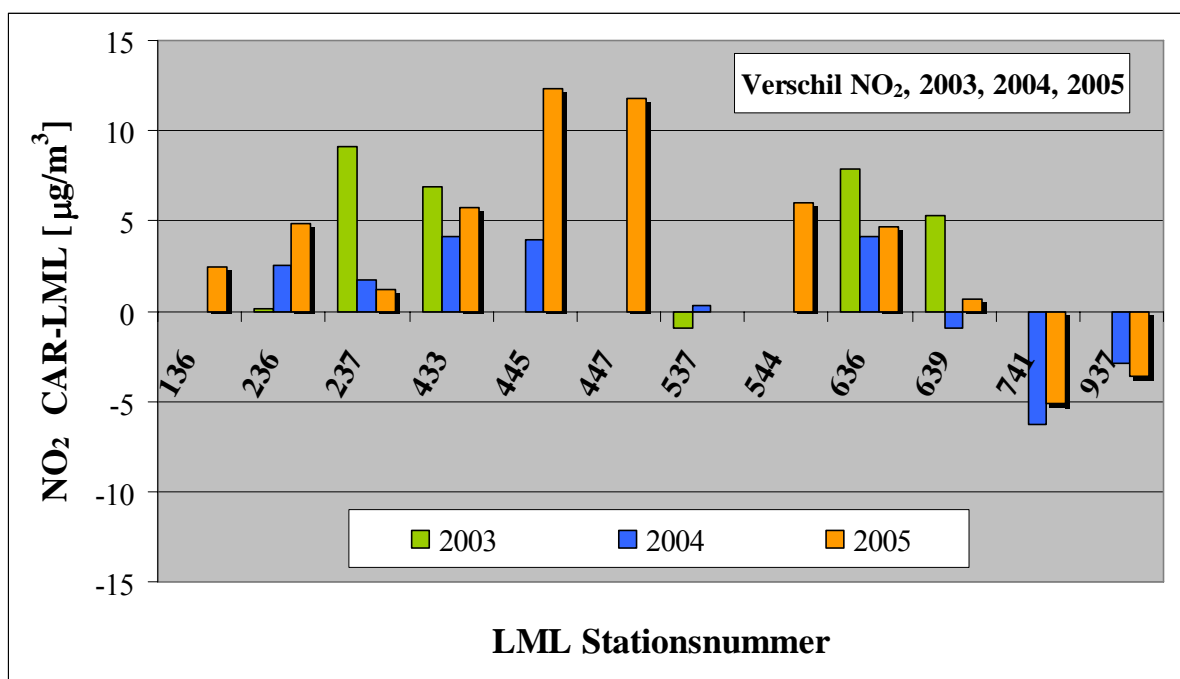
In de uitgebreidere dataset is, net als voor het basisjaar, duidelijk dat de berekende NO₂ concentratie de gemeten NO₂ concentratie voor alle jaren iets lijkt te overschatten. In het jaar 2003 liggen zowel de berekende als de gemeten concentraties enkele microgrammen hoger dan in 2004 en 2005 het geval is.

Voor PM₁₀ is de situatie ook bij gebruik van de uitgebreidere dataset omgekeerd, de berekende concentraties liggen iets onder de gemeten concentraties. In de uitgebreide dataset is de overeenkomst tussen de berekende en gemeten aantallen etmaaloverschrijdingen niet goed. In CAR worden de aantallen etmaaloverschrijdingen berekend aan de hand van de jaargemiddelde concentratie. Als de jaargemiddelde concentraties van CAR en LML al niet goed overeenkomen is een substantieel verschil in aantallen etmaaloverschrijdingen te verwachten.

3.3 Analyse

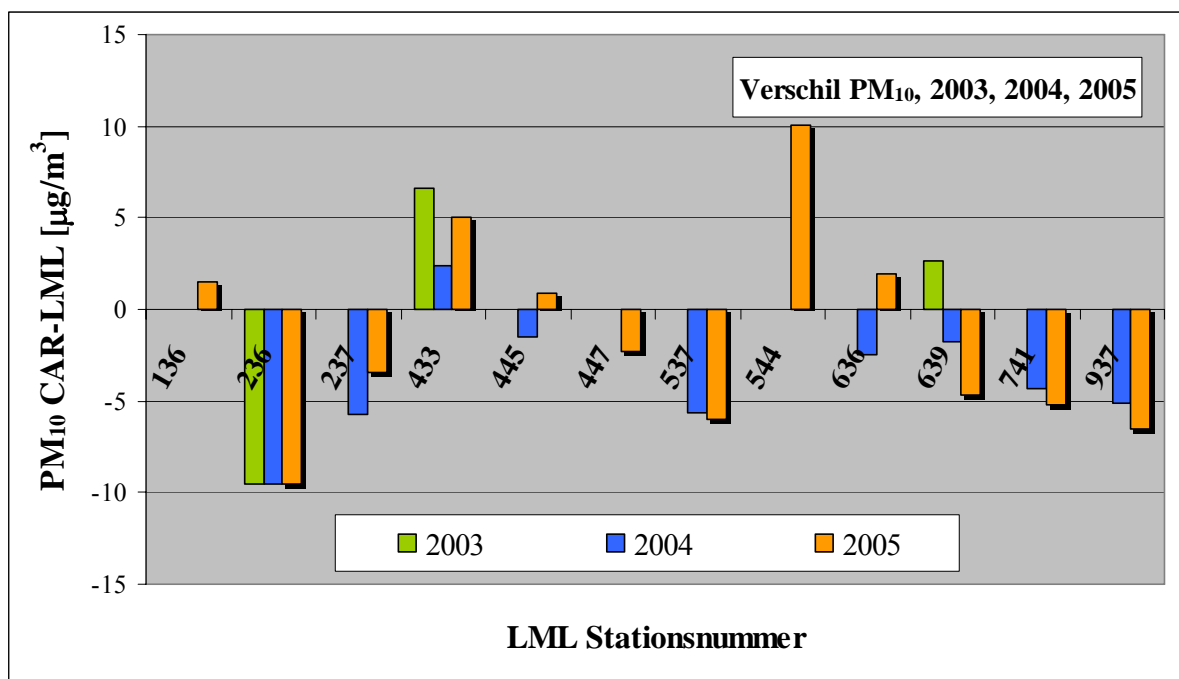
3.3.1 Afwijkingen per station

In de Figuren 10 en 11 zijn de verschillen (CAR berekening – LML meting) geplot als functie van het stationsnummer.



Figuur 10 Vergelijking tussen met CAR berekende en op het LML gemeten NO₂ concentraties

Voor NO₂ wordt op enkele stations een lagere NO₂ concentratie berekend dan gemeten. Op alle andere locaties zijn de berekende concentraties hoger dan de gemeten concentraties.



Figuur 11 Vergelijking tussen met CAR berekende en op het LML gemeten PM_{10} concentraties

Voor PM_{10} wordt op de meeste stations een lagere PM_{10} concentratie berekend dan gemeten. De op LML station 433 gemeten concentraties zijn voor alle jaren 2003, 2004 en 2005 lager dan de door CAR berekende concentraties.

3.3.2 Statistische analyse

Bij studies die de resultaten van dispersiemodellen en metingen met elkaar vergelijken wordt voor de statistische analyse van de resultaten vaak gebruik gemaakt van statistische kentallen die zijn berekend met het zogenaamde BOOT pakket, zie Hanna et al. (1993) en Chang en Hanna (2005). De belangrijkste parameters³ die door dit pakket worden berekend zijn:

- sigma, de standaarddeviatie van de meetwaarden respectievelijk de modelwaarden;
- bias, het gemiddelde van het verschil tussen de metingen en berekeningen, een positieve waarde van de bias geeft aan dat, gemiddeld, het model de metingen onderschat;
- fractional bias (FB), de verhouding tussen de bias en de gemiddelde waarden van de verdelingen;
- normalized mean square error (NMSE);
- correlatie coëfficiënt (R);

³ Er is geen poging gedaan om de Engelse terminologie te vertalen in het Nederlands.

Tabel 4 Statistische kentallen voor de berekende en gemeten concentraties.

Stof	#punten	Sigma LML	Sigma CAR	Bias	FB	NMSE	R
NO ₂ basisjaar	9	4,5	4,2	-2,1	-0,05	0,02	0,41
NO ₂ alle jaren	27	5,6	6,9	-2,8	-0,06	0,01	0,75
PM ₁₀ basisjaar	9	3,3	2,0	3,1	0,09	0,02	0,42
PM ₁₀ alle jaren	24	4,3	4,3	2,2	0,06	0,02	0,31

Voor een perfecte fit tussen model en data moet gelden dat $FB=N MSE=0,0$ en $R=1,0$. Globale criteria voor een bevredigende beschrijving van de metingen door het model zijn, volgens de auteurs van het pakket, $|FB|<0,3$ en $NMSE<1,5$. Aan deze criteria wordt ruimschoots voldaan.

Een negatieve bias geeft aan dat de cijfers van het LML onder die van CAR liggen. De cijfers bevestigen wat al in de figuren is te zien:

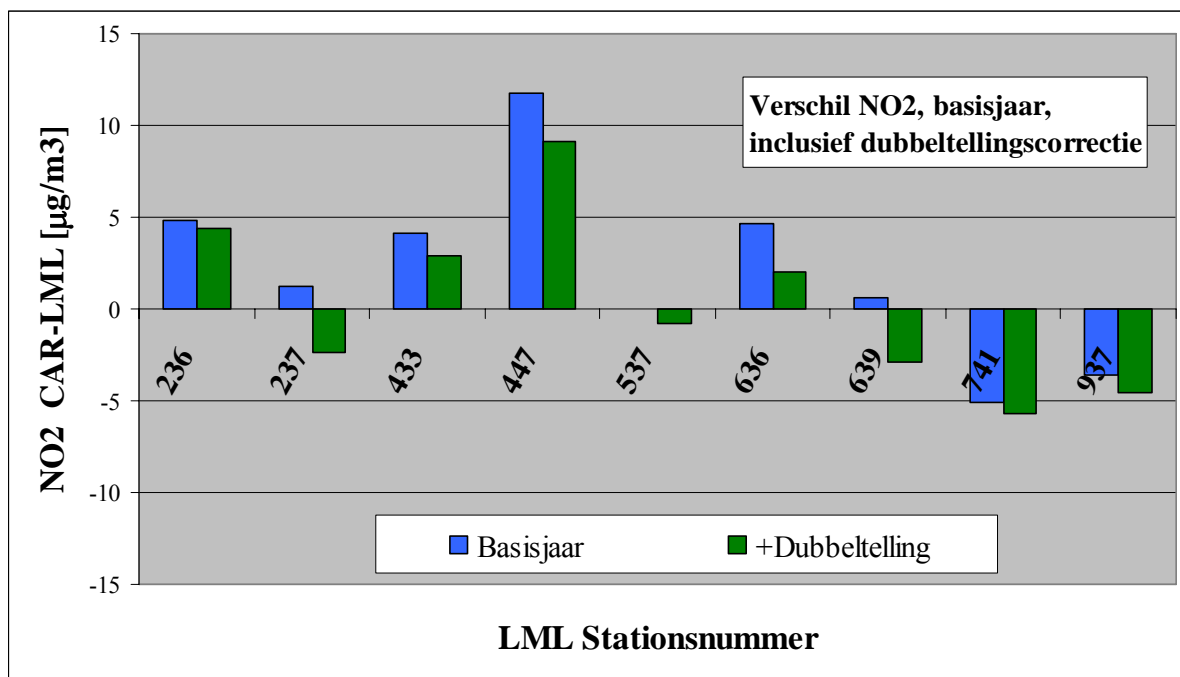
- CAR berekent voor zowel het basisjaar als voor de uitgebreidere dataset iets hogere NO₂ concentraties dan op de LML stations worden gemeten en
- CAR berekent voor zowel het basisjaar als voor de uitgebreidere dataset iets lagere PM₁₀ concentraties dan op de LML stations worden gemeten.

3.4 Correcties op de berekeningen

De LML stations waarop de concentraties in de huidige studie met CAR berekeningen worden vergeleken liggen allen binnen 1-4 kilometer van een drukke snelweg. Het is bekend (Hoogerbrugge, 2005) dat snelwegen bij lokale studies tot een zogenaamde “dubbeltelling” leiden. In feite is dit vooral een uitsmering van de emissies op de snelweg over een te groot gebied. Om correct voor een dubbeltelling te corrigeren dient de uitgesmeerde invloed van de emissies op de snelweg in mindering te worden gebracht op de achtergrondconcentraties waarna deze vervolgens worden gecombineerd met de in ruimtelijk detail berekende bijdrage van de betreffende snelweg. Dubbeltelling is vooral van belang voor NO₂, de bijdrage van PM₁₀ aan de totale concentratie is over het algemeen zo klein dat een correctie voor dubbeltelling niet significant is.

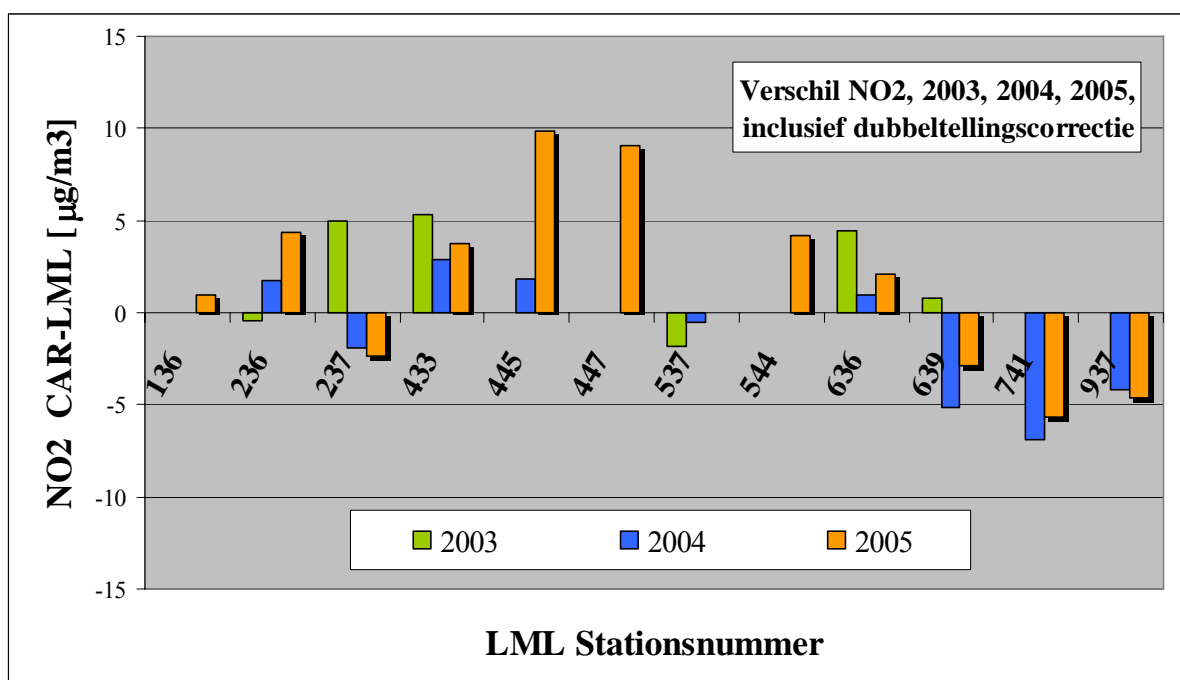
Om een indruk te krijgen van de invloed van dubbeltelling op het huidige vergelijk is deze correctie voor NO₂ voor alle locaties berekend. De verkeersgegevens zijn ontleend aan de rapportage van het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) in het kader van het Besluit luchtkwaliteit voor 2005 (Vermeulen en Bleeker, 2006). De dubbeltellingcorrectie varieert voor de onderzochte locaties tussen 0,4 en 4,5 µg/m³. De invloed van de betreffende snelwegen is op basis van dezelfde rapportage in rekening gebracht. Voor stations die meer dan een kilometer van de meest nabije snelweg af liggen zijn de cijfers van het ECN geëxtrapoleerd.

Als de dubbeltellingcorrectie op de met CAR berekende concentraties in mindering wordt gebracht en snelwegbijdragen er bij op worden geteld dan veranderen de verschillen tussen berekende en gemeten concentraties voor het basisjaar.

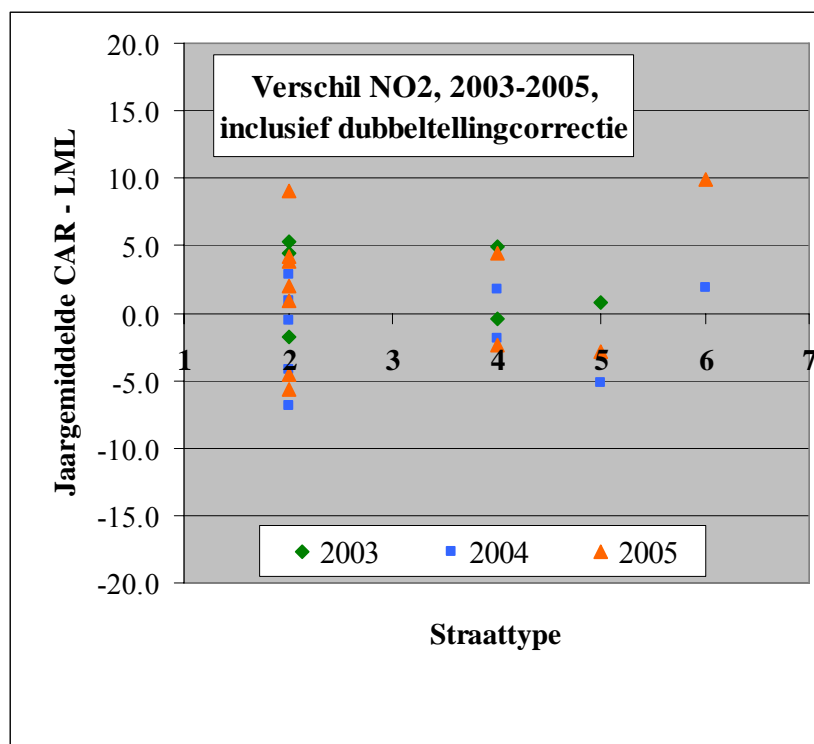


Figuur 12 Vergelijking voor het basisjaar tussen met CAR berekende en op het LML Gemeten NO₂ concentraties, inclusief de dubbeltellingcorrectie.

Voor de uitgebreidere dataset zijn de resterende verschillen tussen berekende en gemeten concentraties weergegeven in onderstaande Figuur 13.



Figuur 13 Vergelijking tussen met CAR berekende en op het LML gemeten NO₂ concentraties, inclusief de dubbeltellingcorrectie.



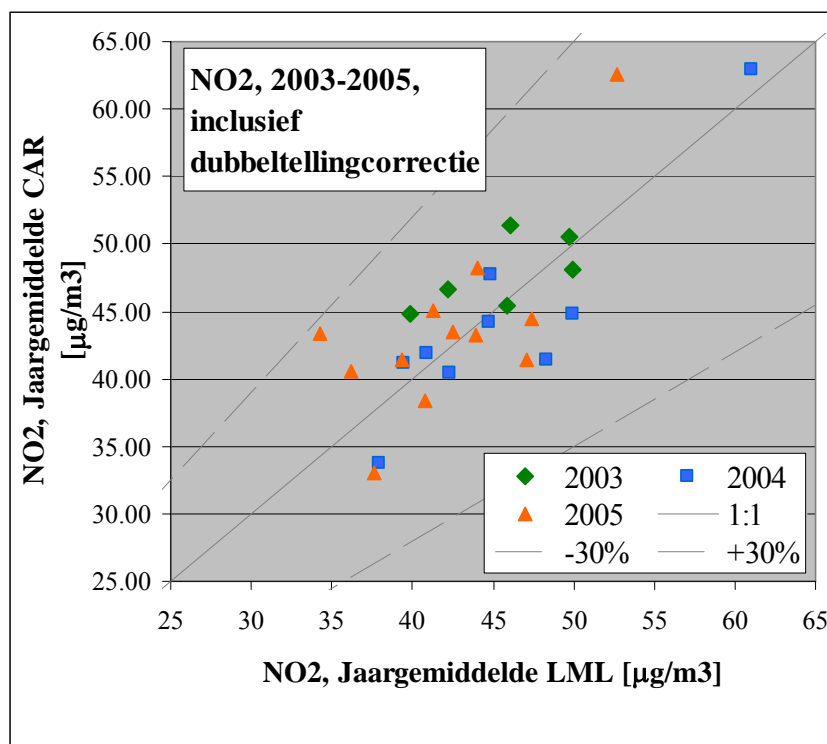
Figuur 14 Vergelijking tussen met CAR berekende en op het LML gemeten NO₂ concentraties, per straattypen, inclusief de dubbelcorrectie. Straattypen 5 komt overeen met CAR type 3a en straattypen 6 komt overeen met CAR type 3b.

De aangepaste NO₂ concentraties zijn eveneens met behulp van het BOOT pakket statistisch geanalyseerd.

Tabel 5 Statistische kentallen voor de berekende en gemeten NO₂ concentraties, inclusief dubbelcorrectie.

Stof	#punten	Sigma LML	Sigma CAR	Bias	FB	NMSE	R
Exclusief correctie voor dubbelcorrectie							
NO ₂ basisjaar	9	4,5	4,2	-2,1	-0,05	0,02	0,41
NO ₂ alle jaren	27	5,6	6,9	-2,8	-0,06	0,01	0,75
Inclusief correctie voor dubbelcorrectie							
NO ₂ basisjaar	9	4,5	3,7	-1,7	-0,04	0,01	0,47
NO ₂ alle jaren	27	5,6	6,5	-2,3	-0,05	0,01	0,77

Het uitvoeren van de dubbelcorrectie leidt voor de meeste berekende concentraties tot een kleine verlaging. Als gevolg wordt de overschatting van de LML concentraties door de CAR concentraties ook iets kleiner, 2,8 µg/m³ zonder en 2,3 µg/m³ met dubbelcorrectie.



Figuur 15 *Vergelijking voor alle jaren tussen met CAR berekende en op het LML gemeten NO₂ concentraties, inclusief de dubbeltellingcorrectie.*

Los van de correctie voor dubbeltelling zijn meer correcties denkbaar om de berekende en gemeten concentraties wetenschappelijk zuiverder met elkaar te vergelijken, deze zijn echter (ruimschoots) kleiner dan de correctie voor dubbeltelling. Mede gezien de spreiding in resultaten is er daarom voor gekozen om geen verdere correcties uit te voeren.

3.5 Variaties in de invoer

De benodigde invoer voor berekeningen met CAR is bijzonder simpel. Omdat het programma uit gaat van een simpele en schematische indeling van mogelijk straattype, snelheidstypen, beperking van bomen, etcetera, zijn er in de praktijk weinig straten die exact en zonder enige discussie in een van de mogelijke typen passen. In de praktijk komt het geregeld voor dat, bijvoorbeeld, de keuze tussen een type 3a of een type 3b niet evident is. Evenzo komen er in straten veel configuraties van bomen voor die in geen van de beschikbare typen invloed passen. Er is dus een zekere interpretatieruimte die tot variaties in de invoer zal leiden. Om na te gaan wat nu de invloed is van kleine wijzigingen in de invoer zijn deze doorgerekend. Uitgangspunt bij de variatieberekeningen is dat elke te kiezen type-indeling, uitgaande van de beginsituatie, één gradatie of stap varieert. De doorgerekende variaties zijn in Tabel 6 weergegeven.

Als in de beginsituatie de bomenfactor op 1.00 is gezet betekent dit meestal dat er helemaal geen bomen in de betreffende straat aanwezig zijn. Daarom is er voor gekozen om geen variatie van een bomenfactor 1.00 naar 1.25 als variatiemogelijkheid op te nemen. Een

straattypen 4, eenzijdige bebouwing, is over het algemeen ook betrekkelijk eenduidig. Omdat dit type niet snel per abuis met een type 2 of 3 zal worden verward is er voor gekozen om geen variatie van een straattypen 4 naar andere straattypen als mogelijkheid op te nemen. Straattypen 1 komt in de huidige studie niet voor.

Tabel 6 Mogelijke interpretaties in de instellingen van CAR.

Parameter	Beginsituatie	Plausibele andere interpretaties van de situatie
<i>Straattypen</i>	2	3a
	3a	2, 3b
	3b	3a
	4	4
<i>Snelheidstypen</i>	stagnerend	normaal
	normaal	stagnerend, doorstromend
	doorstromend	normaal
<i>Bomenfactor</i>	1.25	1.00, 1.50
	1.50	1.25

De resultaten van de berekeningen, beginsituaties plus de geldige variaties en de meetcijfers van het LML zijn weergegeven in Bijlage 1. Voor alle mogelijke geldige variaties in de huidige studie is nagegaan wat het effect op de berekende concentratie is. Uit deze analyse blijkt dat de variaties voornamelijk tot hogere concentraties lijken te leiden. Voor zowel NO₂ als voor PM₁₀ bedraagt de concentratieverhoging circa één microgram per kubieke meter.

Los van de huidige studie leiden variaties in de invoer voor CAR in veel situaties tot hogere berekende concentraties. Dit is als volgt te begrijpen:

- uitgaande van normaal stadsverkeer (vermoedelijk het meest gebruikt) leiden variaties naar stagnerend of juist doorstromend verkeer tot een redelijk symmetrisch effect op de berekende concentraties;
- uitgaande van een straattypen 2 bestaan alleen variaties die tot hogere concentraties leiden, het effect is dus asymmetrisch op de berekende concentraties;
- uitgaande van een straattypen 3a leiden variaties naar ofwel een type 2 ofwel een type 3b, dit laatste type resulteert echter in een iets grotere concentratietoename dan variatie naar een type 2 tot een concentratieafname leidt (zie ook Figuur 1) en dus is er sprake van een asymmetrisch effect op de berekende concentraties, de concentraties gaan iets omhoog.

De spreiding in berekende concentraties ten gevolge van de variaties in de invoer kan aanmerkelijk zijn. Bovenstaand effect staat los van systematisch positief of negatief uitwerkende keuzes die worden gemaakt bij het toepassen van CAR. Het verdient dus sterk aanbeveling om aandacht te besteden aan de juiste de instelling voor CAR en deze vervolgens helder te rapporteren.

3.6 Discussie en extrapolatie naar de toekomst

Bij het gebruik van CAR moet worden bedacht dat het qua opzet en gebruik een bijzonder simpel model is. Gegeven deze beperkingen kan worden vastgesteld dat binnen de huidige studie een bijzonder goede overeenkomst is gevonden tussen berekende en op het meetnet gemeten NO₂ concentraties. Voor PM₁₀ is de overeenkomst minder goed.

Mogelijke redenen voor de resterende verschillen tussen CAR en de resultaten van het LML zijn, onder andere:

- CAR is een geschematiseerde weergave van de realiteit. De in CAR ingebouwde standaard straattypes zullen maar beperkt exact overeen komen met de feitelijke situatie in een straat, dus ook niet met de in deze studie onderzochte straten.
- CAR deelt Nederland op in zes meteorologische regio's. Het aangenomen windklimaat in een regio is correct voor de gemiddelde situatie. In de praktijk ligt elke straat wel iets meer of minder door andere bebouwing voor de wind afgeschermd dan gemiddeld is aangenomen;
- CAR brengt het effect van de oriëntatie van de straat op de windroos niet in rekening. Omdat zowel de windfrequenties als de achtergronden niet uniform over de windroos zijn verdeeld geeft dit een kleine afwijking tussen berekening en meting.
- CAR gebruikt de achtergrondconcentraties zoals berekend door het RIVM en het MNP. Door de structuur van deze achtergronden, met name het feit dat ze op een betrekkelijk grove ruimtelijke structuur zijn bepaald, mag niet verwacht worden dat ze op elk punt exact overeenkomen met de feitelijk optredende concentratieniveaus.

In hoeverre de huidige vergelijking een indicatie is voor de betrouwbaarheid en/of de toepasbaarheid van CAR voor toekomstige jaren is moeilijk te zeggen. Het is zeer wel mogelijk dat verschillende bouwstenen in de huidige CAR (bijvoorbeeld emissiefactoren, het percentage directe NO₂ uitstoot, de dispersie, de NO₂/NO_x chemie, de achtergronden, etcetera) onvolkomenheden bevatten die elkaar (deels) compenseren. Als nu de invloed van deze bouwstenen voor gepasseerde en toekomstige jaren verschillend is dan valt niet uit te sluiten dat rekenresultaten van CAR voor toekomstige jaren beter of juist slechter overeen zullen komen met de feitelijke situatie. In 2007 zal het RIVM naar verwachting een nadere detailstudie verrichten naar de samenstellende delen van CAR.

4. Conclusies

Op basis van de uitgevoerde studie kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De resultaten van CAR voldoen voor de jaargemiddelde concentratie van zowel NO₂ als PM₁₀ ruimschoots aan de in artikel 27 van het “Besluit luchtkwaliteit 2005” gestelde eisen voor de nauwkeurigheid van de bepaling van jaargemiddelde concentraties.
- De meeste straatstations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) van het RIVM staan in straten die overeenkomen met straattypen 2 in de systematiek van CAR, “overige straten”. Er zijn slechts enkele straatstations in straten met eenzijdige bebouwing, straattypen 4 of in straten die een echte streetcanyon vormen, straattypen 3.
- Op basis van de beschikbare metingen en berekeningen kan worden geconcludeerd dat de met CAR II versie 5.0 berekende NO₂ concentraties na correctie voor dubbel telling goed met de op straatstations van het LML gemeten NO₂ concentraties overeenkomen. De gemiddelde afwijking bedraagt zonder correctie circa +3 µg/m³, waarbij CAR hoger uitkomt dan de metingen. Na correctie voor dubbel telling bedraagt de gemiddelde afwijking voor NO₂ ruim twee microgram per kubieke meter, waarbij CAR gemiddeld iets hoger uitkomt dan de metingen.
- Op basis van de beschikbare metingen en berekeningen kan worden geconcludeerd dat de met CAR II versie 5.0 berekende PM₁₀ concentraties de op straatstations van het LML gemeten PM₁₀ concentratie voor alle onderzochte jaren iets lijkt te onderschatten. De gemiddelde afwijking bedraagt circa +1.5 µg/m³. De afwijking varieert per locatie meer dan bij NO₂ het geval is.
- Op basis van de beschikbare metingen en berekeningen kan worden geconcludeerd dat de met CAR II versie 5.0 berekende aantallen etmaaloverschrijdingen van de etmaalnorm voor PM₁₀ slecht overeenkomen met de op straatstations van het LML gemeten aantallen. De afwijking varieert sterk per stationlocatie en bedraagt in een aantal gevallen meer dan 50%.
- Door de keuzemogelijkheden voor instellingen van het CAR model ontstaat een spreiding in de berekende concentraties die kan oplopen tot 5 µg/m³ of meer. Een weloverwogen keuze voor de instellingen van CAR en een heldere rapportage hierover zijn dus van groot belang.
- In hoeverre de resultaten van deze vergelijking een garantie zijn voor de betrouwbaarheid en/of de toepasbaarheid van CAR voor toekomstige jaren is moeilijk te zeggen. Het is niet onmogelijk dat verschillende bouwstenen in de huidige CAR onvolkomenheden bevatten die elkaar nu (deels) compenseren.

Literatuur

Chang JC, Hanna SR. 2005. Comprehensive Atmospheric Modeling Program, School of Computational Sciences. George Mason University. USA.

Eerens HC, Sliggers CJ, Hout KD van den. 1993. The CAR model: the Dutch method to determine city street air quality. *Atmospheric Environment* 27B: 389-399.

Hanna, SR, Chang JC, Strimaitis DG. 1993. Hazardous gas model evaluation with field observations, *Atmospheric Environment* 27A: 2265-2285.

Hoogerbugge R. 2005. Het effect van dubbeltelling bij luchtkwaliteitberekeningen in de buurt van bestaande snelwegen. notitie RIVM-MEV. Beschikbaar op: www.infomil.nl/contents/pages/27774/dubbeltelling_snelwegeindversieinfomil.pdf

Hout KD van den, Baars HP. 1988. Ontwikkeling van twee modellen voor de verspreiding van luchtverontreiniging door verkeer: het TNO-Verkeersmodel en het CAR Model. TNO rapport R88/192.

Jonkers S, Teeuwisse SD. 2006a. Handleiding bij software pakket CAR II versie 5.0. TNO rapport R 2006-A/078/B.

Jonkers S, Teeuwisse SD. 2006b. Handleiding bij software pakket CAR II versie 5.0. TNO rapport R 2006-A/078/B versie 2.

Staatscourant. 2005. Staatscourant 142. 26 juli 2005,.

Staatscourant. 2006. Staatscourant 215. 3 november 2006.

Teeuwisse SD. 2003. CAR II: Aanpassing van CAR aan de nieuwe Europese richtlijnen. TNO rapport 2003/119.

Velders GJM, Aben JMM, Beck JP, Blom WF, Hoen A, Jimmink BA, Matthijsen J, Ruiter JF de, Smeets WLM, Velze K van, Visser H, Vries WJ de, Wieringa K. 2006. Concentratiekaarten voor grootschalige luchtverontreiniging in Nederland. Rapportage 2006. MNP rapport. 500093002.

Vermeulen AT, Bleeker A. 2005. Software behorende bij Rapportage Blk 2005, ECN.

Vissenberg HA, Velze K van. 1998. Handleiding CAR-AMvB programma (versie 2.0). RIVM rapport 722101035.

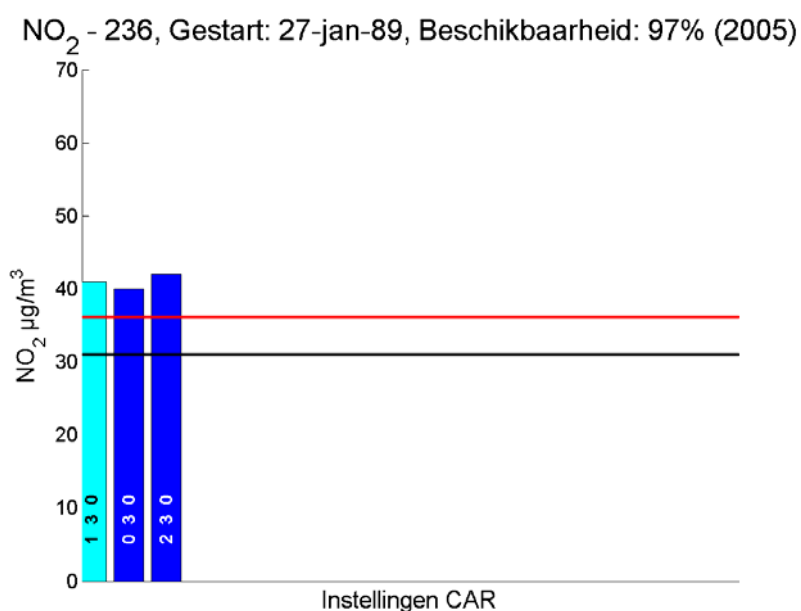
Visser GTh, Wesseling JP. 2004. Windtunnelmetingen naar het effect van een kruising van streetcanyons op de verspreiding van verkeersemissies. TNO rapport R2004/137, 2004.

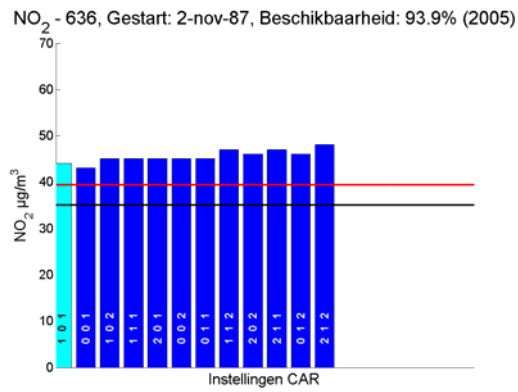
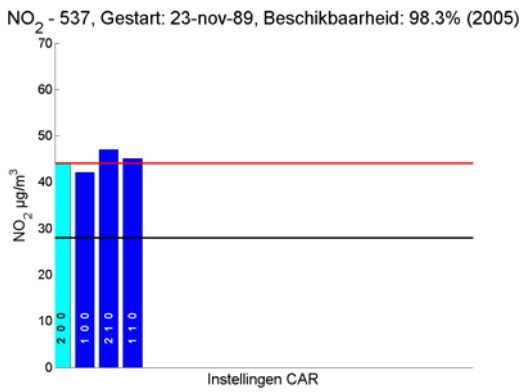
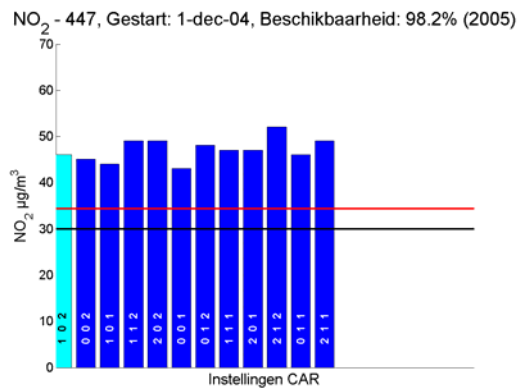
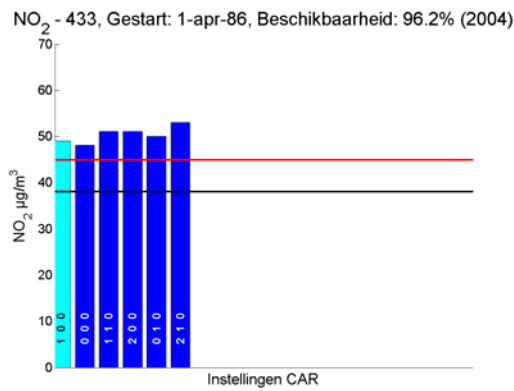
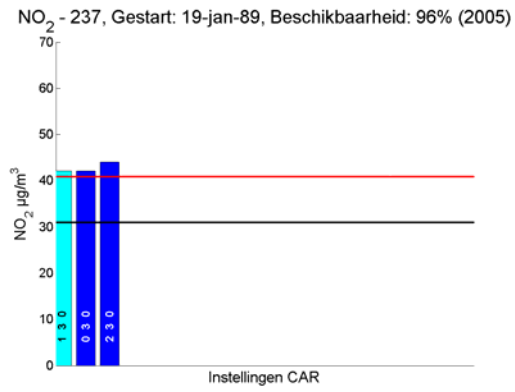
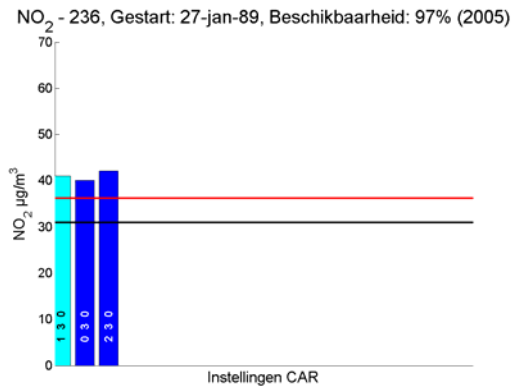
Bijlage 1 Variaties van de CAR instellingen

In onderstaande figuren is voor alle gebruikte locaties de achtergrondconcentratie volgens GCN aangegeven (zwarte lijn), is de LML meetwaarde aangegeven (rode lijn), is de berekende concentratie met de door het RIVM gekozen CAR instellingen voor de locatie (eerste lichte kolom) en zijn de concentraties bij de mogelijk variaties in instellingen weergegeven (donkere kolommen). Als grens voor de minimale beschikbaarheid van data op de meetstations is 75% aangenomen. De codering van de gebruikte CAR instellingen in de figuren is als volgt:

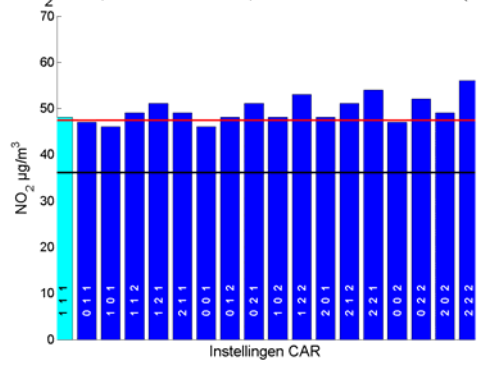
Verkeertype Code	CAR type	Straattype Code	CAR type	Bomenfactor Code	CAR type
0	stagnerend	0	2	0	1
1	normaal	1	3a	1	1,25
2	doorstromend	2	3b	2	1,5
		3	4		

Als voorbeeld is hieronder het resultaat voor station 236 weergegeven. De straat waaraan dit station is gelegen is in de huidige studie geclassificeerd als: normaal verkeer, straattype 4, geen bomen. De codering is dan dus 130 (zie de tabel). Volgens de in paragraaf 3.5 van dit rapport besproken mogelijke variaties van de CAR kenmerken kan de omgeving van het station worden gevarieerd naar ofwel stagnerend ofwel doorstromend verkeer. Straattype 4 wordt voldoende uniek geacht dat dit gemiddeld niet snel ten onrechte zal worden gekozen. Eenzelfde argument is van toepassing op de keuze van de bomenfactor. De lichtblauwe kolom geeft de met CAR berekende concentratie aan voor de gekozen basisinstelling. De donkerblauwe kolommen geven de concentraties aan behorende bij de variaties in de instellingen.

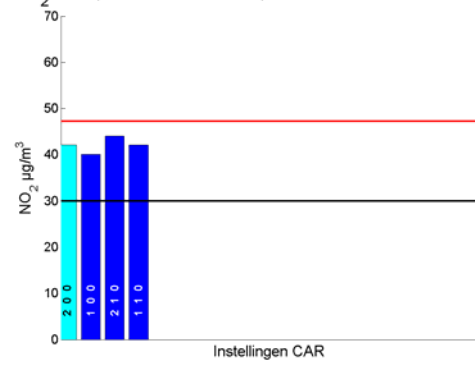




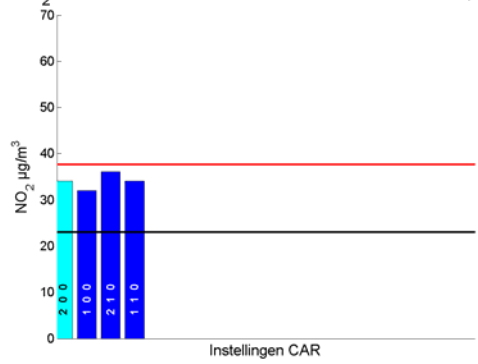
NO₂ - 639, Gestart: 7-okt-87, Beschikbaarheid: 96.2% (2005)



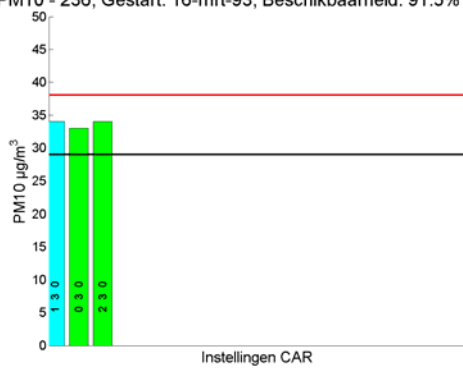
NO₂ - 741, Gestart: 14-mei-03, Beschikbaarheid: 90.2% (2005)



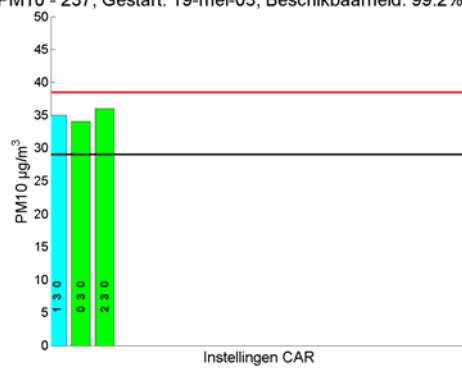
NO₂ - 937, Gestart: 1-mei-03, Beschikbaarheid: 89.4% (2005)



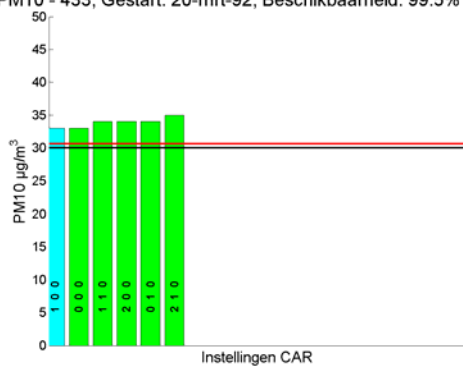
PM10 - 236, Gestart: 16-mrt-93, Beschikbaarheid: 91.5% (2005)



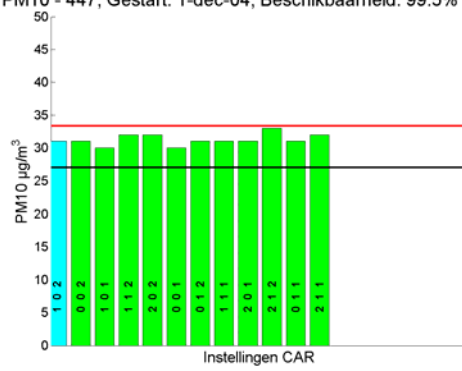
PM10 - 237, Gestart: 19-mei-03, Beschikbaarheid: 99.2% (2005)



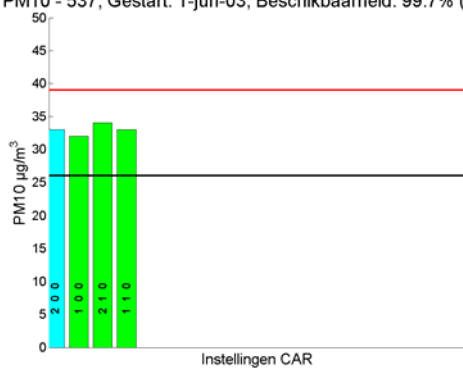
PM10 - 433, Gestart: 20-mrt-92, Beschikbaarheid: 99.5% (2004)



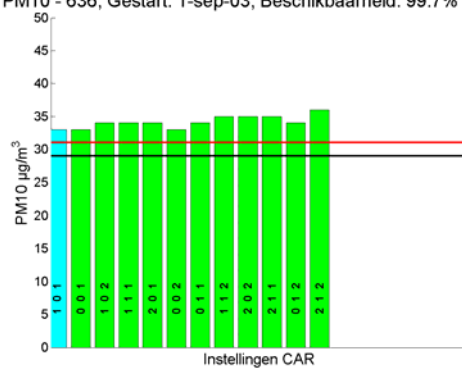
PM10 - 447, Gestart: 1-dec-04, Beschikbaarheid: 99.5% (2005)



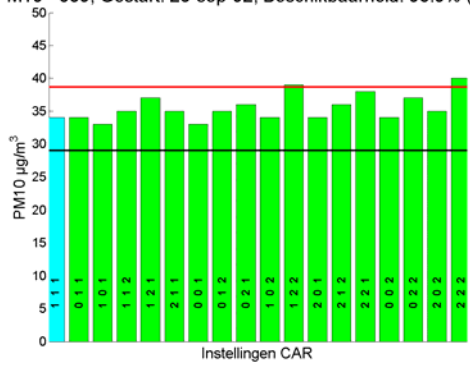
PM10 - 537, Gestart: 1-jun-03, Beschikbaarheid: 99.7% (2005)



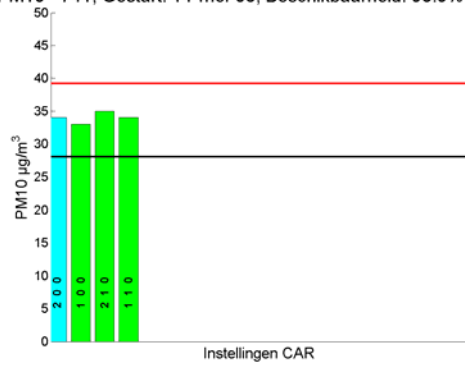
PM10 - 636, Gestart: 1-sep-03, Beschikbaarheid: 99.7% (2005)



PM10 - 639, Gestart: 23-sep-92, Beschikbaarheid: 98.9% (2005)



PM10 - 741, Gestart: 14-mei-03, Beschikbaarheid: 98.9% (2005)



PM10 - 937, Gestart: 1-mei-03, Beschikbaarheid: 98.4% (2005)

