

RIVM Rapport 729999003/2007

De invloed van bebouwing en vegetatie op luchtkwaliteit

Scanning en scouting lucht

H.J.Th. Bloemen
W. Uiterwijk,
E. van Putten
J. Wesseling

Contact:
H.J.Th. Bloemen
LVM
Henk.Bloemen@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van ministerie van VROM, in het kader van project het Scanning en Scouting Lucht.

© RIVM 2007

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

De invloed van bebouwing en vegetatie op luchtkwaliteit Scanning en scouting lucht

De invloed van bebouwing en vegetatie rond snelwegen op de luchtkwaliteit blijkt gering en in enkele gevallen complex van aard.

Gebouwen en vegetatie kunnen van invloed zijn op de luchtkwaliteit van de directe omgeving. De mate waarin is in geval van overschrijdingen van de EU-richtlijnen van belang voor de verantwoordelijke bestuurders. Om meer inzicht te verkrijgen in deze effecten is onderzoek uitgevoerd door het RIVM. In een beperkt complexe situatie rondom een snelweg en een provinciale weg zijn luchtkwaliteitsmetingen voor PM₁₀ en stikstofdioxide uitgevoerd.

De invloed van vegetatie kon niet worden aangetoond en wordt voor de onderhavige situatie als zeer gering of afwezig geschat. Nader onderzoek waarbij de structuur van de vegetatie verder wordt geoptimaliseerd kan wellicht uitsluitsel geven over de mogelijk positieve invloed hiervan. De invloed van hoge gebouwen is zeer complex gebleken en kan leiden tot hogere concentraties stikstofdioxide aan de lizijde van het gebouw.

Een belangrijke observatie in het onderzoek is de hoge bijdrage van lokaal verkeer. In het onderhavige onderzoek werd dit duidelijk onderschat en verwacht wordt dat dit vaker plaatsvindt. Hierdoor kan de relatieve invloed van maatregelen gericht tegen de emissies van verkeer op de snelweg worden overschat.

Trefwoorden: stikstofdioxide, verkeer, vegetatie, bebouwing

Abstract

The impact of buildings and vegetation on air quality

Scanning en scouting air quality

The impact on air quality of build-up and vegetation near highways appears to be limited and in some cases rather complex.

Buildings and vegetation will have an impact on air quality in the direct surroundings. In case of exceedences of the EU directives the scale of this impact is of interest for responsible authorities.

To further the insight of the effects of buildings and vegetation the RIVM has conducted a survey. In a relatively complex situation near the crossing of a highway and a busy local road particulate matter and nitrogen dioxide concentrations are monitored.

The impact of vegetation could not be confirmed and is estimated to be absent or very minor at the survey site. Further investigation in which the structure of the vegetation is optimized might indicate the magnitude of the possible positive effect.

The impact of buildings on air quality appears to be rather complex and can even result in higher concentrations at the lee site of the building. An important observation was the high contribution of local traffic. In the present study this contribution was clearly underestimated in the model calculation of the nitrogen dioxide concentrations and it is anticipated that this might occur more often. As a consequence the relative impact of measures directed at the emissions of traffic on the highway is overestimated.

Key words: air quality, nitrogen dioxide, vegetation, build-up areas

Inhoud

Samenvatting	6
1 Inleiding	7
2 Opzet en uitvoering van het onderzoek	9
1.1. Selectie onderzoekslocatie	9
1.2. Metingen	9
2.1.1 Jaarrond metingen	9
2.1.2 Intensieve metingen	11
2.2 Modelberekeningen	13
3 Resultaten en discussie	16
3.1 Karakterisering van het onderzoeksgebied	16
3.2 Modelberekeningen	19
3.3 Effecten van gebouwen en beplanting op NO ₂ -niveaus	20
3.3.1 West van de A2	21
3.3.2 Oost van de A2	22
4 Conclusie	24
Literatuur	26
Dankbetuigingen	27

Samenvatting

Bij bestuurders, geconfronteerd met de grootschalige overschrijdingen van de EU-richtlijnen voor stikstofdioxide (NO₂) en fijn stof (PM₁₀), bestaat de behoefte meer inzicht te verkrijgen in de invloed op de luchtkwaliteit van bebouwing en vegetatie, waaronder gebouwen, geluidswallen en vegetatie. Een eenvoudig onderzoek is uitgevoerd, als onderdeel van de ‘*scanning* en *scouting*’-activiteiten nabij de A2 en N210, een drukke snelweg en een provinciale weg tussen Nieuwegein en IJsselstein. Gedurende een jaar werden NO₂ concentraties gemeten als vier weeksgemiddelden op een aantal locaties gericht op het vinden van verschillen ten gevolge van de aanwezigheid van vegetatie en bebouwing. Om de bijdrage van het verkeer als de belangrijkste voor het onderzoeksgebied te bevestigen werden een aanvullend aantal locaties bemonsterd en werd gedurende tweemaal drie maanden op twee locaties aan beide zijden van de A2. Daarnaast werd een modelberekening uitgevoerd met de meest optimale informatie zoals die ook wordt uitgevoerd ten behoeve van beslissingen van infrastructurele aard of anderszins.

Evaluatie van de resultaten toonde aan dat de invloed van de vegetatie op de geluidswallen gering of geheel afwezig was en slechts de obstructie van de luchtstroom door de geluidswal versterkte. De vegetatie kan suboptimaal zijn geweest om het gezochte adsorptie-effect te vertonen. Als meer wordt verwacht van begroeiing is onderzoek noodzakelijk waarbij de vegetatie vergaand geoptimaliseerd moet worden. De invloed van grote gebouwen is complex en kan leiden tot hogere concentraties aan de lijszijde. Het bestudeerde gebouw was weliswaar hoog maar niet breed en verder onderzoek is wellicht nodig om de minimale lengte van een compleet gesloten front te schatten om een meer beschermd effect voor de omgeving achter het gebouw te verkrijgen. De achtergrondconcentratie die werd afgeleid uit de metingen was duidelijk lager dan die werd gehanteerd voor de berekeningen. Vanwege de grote invloed van de achtergrondconcentratie bij de ontwikkeling van beleidsmaatregelen verdient deze discrepantie aandacht, zeker ook voor de evaluatie van vergelijkbare studies.

Een belangrijke observatie van dit onderzoek, zeker vanuit de optiek van de bestuurder, betrof de onderschatting van de bijdrage van lokaal verkeer.

1 Inleiding

De stedelijke lokale luchtkwaliteit is in toenemende mate een zorg voor de bevolking en de lokale autoriteiten vanwege de schadelijke effecten op de volksgezondheid. Ondanks maatregelen om de emissies van het wegverkeer te doen afnemen en daarmee de blootstelling van de bevolking, is er een reeks van aanwijzingen dat op veel locaties, vooral in de stedelijke omgeving, de door de Europese Unie gestelde normen voor NO₂ en fijn stof niet gehaald worden. Dit vormt een bestuurlijk probleem omdat in het kader van de EU-grenswaardensystematiek geen overschrijdingen zijn toegestaan. Op lokaal bestuurlijk niveau (provincies en gemeenten) worden deze locaties gerapporteerd in het kader van het Besluit Luchtkwaliteit (de 'hotspots') en wordt aangegeven met welke maatregelen aan de normen voor 2005 en 2010 voldaan zou kunnen gaan worden. Door verschillende gemeenten en provincies wordt de problematiek duidelijk onderkend en zij voeren dan ook *assessments* uit om de mogelijke overschrijdingen nader vast te stellen en de invloed van te ontwikkelen maatregelen in te schatten. Daarnaast heeft het ministerie van V&W middels een innovatieplan het voornemen tot het oplossen van 'hotspots' rond rijkswegen. Daar waar snelwegen stedelijke agglomeraties doorsnijden hebben beide overheidslagen een taak om de niveaus van luchtverontreiniging terug te dringen.

Bij de beschrijving van deze lokale luchtkwaliteit en de invloed van noodzakelijke maatregelen wordt gebruikgemaakt van een reeks van instrumenten, zoals metingen al dan niet ondersteund met modelberekeningen, modellen alleen en expertise van een reeks van adviesbureaus. De modellen hebben echter een generiek karakter en houden slechts ten dele rekening met specifieke lokale omstandigheden. Deze, doorgaans complexe, situaties ontstaan door het treffen van maatregelen en het aanbrengen van voorzieningen zoals snelheidsbeperking, geluidswering, beplanting en anderszins. De uitkomsten van de *assessments* lijken af te hangen van het gebruikte instrumentarium en de kwalitatieve en kwantitatieve inschatting van de invloed van de maatregelen. Hierdoor worden mogelijk voor de locaties, waar de normen worden overschreden, maatregelen ontwikkeld waarvan onduidelijk is of deze voor de korte termijn en/of voor de lange termijn afdoende zullen zijn.

Het onderhavige onderzoek is gericht op het verkrijgen van inzicht in de invloed van maatregelen die genomen kunnen worden om de concentraties van fijn stof en stikstofdioxiden te kunnen verlagen en de overschrijdingen van jaargemiddelde en daggemiddelde waarden te kunnen verminderen, dus op 'hotspots' voor deze luchtverontreinigende stoffen, waarbij het maatregelen in de fysieke infrastructuur betreft.

De huidige inzichten ontberen voldoende inzicht in de invloed van fysieke obstakels, zoals geluidswallen en hoge bebouwing, en inzicht in de invloed van beplanting, waaronder bomen en begroeide geluidswallen, waarbij enerzijds een belemmering van de atmosferische verdunningsprocessen en anderzijds fysische en biologische adsorptieprocessen een rol spelen. Het wordt algemeen onderkend dat deze processen zeer complex zijn, vooral op de beperkte ruimtelijke schaal waar hier sprake van is. Het verkrijgen van meer kennis hierover vraagt diepte-onderzoek dat niet binnen het kader van scanning en scouting valt.

Het doel van het onderzoek in het onderhavige project wordt beperkt tot de verkenning van effecten van bebouwing en beplanting in een bestaande situatie op de concentraties van PM_{10} en stikstofdioxide waarbij verkeer als de belangrijkste emissiebron geldt.

2 Opzet en uitvoering van het onderzoek

2.1 Selectie onderzoekslocatie

Voor de uitvoering van het onderzoek zijn in eerste instantie locaties geselecteerd die in verschillende onderzoeken zijn aangemerkt als wegvakken van snelwegen waar overschrijdingen van de EU richtlijnen voor NO₂ en/of PM₁₀ optreden. Verdere criteria betroffen de mate van complexiteit van de fysieke omgeving waarbij enerzijds de aanwezigheid van identificeerbare obstakels (gebouwen, geluidswallen, beplanting) en anderzijds een eenduidige invloed van het wegverkeer kon worden berekend, de mogelijkheden om gedurende een jaar in de omgeving passieve metingen en gedurende twee periodes van drie maanden intensieve metingen uit te voeren. Daarnaast speelde de beveiliging van apparatuur en de logistieke aspecten een rol.

Op grond van de genoemde criteria werd gekozen voor de kruising van de N210 met de A2 op de grens van de gemeenten Nieuwegein en IJsselstein. In de directe omgeving bevinden zich hoge bebouwing, een geluidwal en een bomenreeks. Verder konden meetlocaties geselecteerd worden die op verschillende afstanden verwijderd lagen van beide wegen (N210 en A2) en van andere drukke verkeerswegen. Circa 500 meter ten zuiden van deze kruising werden twee locaties geschikt gevonden voor het continue meten van PM₁₀ en NO₂ gedurende de twee perioden van circa drie maanden. In Figuur 1 is een overzicht gegeven van de locatie en de meetpunten.

2.2 Metingen

2.2.1 Jaarrond metingen

Gedurende een periode van circa een jaar (viertien perioden van vier weken, van medio juni 2005 tot eind juli 2006) is op de aangegeven locaties (zie Figuur 1) stikstofdioxide (NO₂) gemeten met passieve monsternamen en analyse met ionchromatografie. De analyses werden in viervoud uitgevoerd en gekalibreerd met de NO₂-metingen in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit Cabauw. Eerder onderzoek heeft aangetoond dat de onzekerheid in concentraties NO₂ gemeten op deze wijze circa 15% bedraagt.



Figuur 1: Overzicht onderzoeksgebied IJsselstein-Nieuwegein, kruising A2 en N210. Monsterlocatie codes refereren naar Tabel 1. De locaties met code YAK en NAH zijn de locaties waar de intensieve metingen hebben plaatsgevonden.

2.2.1.1 Passieve bemonstering NO₂

De monsterneming vond plaats met passieve monsternemingsbuisjes. Een beschrijving van het onderliggende meetprincipe is elders gegeven (Uiterwijk et al., 2004). Op elke locatie werd een RIVM monsternemer WU5.01 geplaatst op een hoogte tussen de 275 en 300 cm aan speciale aluminium masten of aan lantaarnpalen of andere masten.

De WU5.01 bestaat uit een set van vijf passieve monsterbuisjes waarvan er één gedurende de gehele cyclus gesloten blijft en als blanco geldt. Om de monsterbuisjes te beschermen tegen regen is een polyethyleen beschermkap aangebracht. De WU5.01 wordt in zijn geheel geïnstalleerd aan het begin van de meetcampagne. In het veld werden de monsterbuisjes geopend (uitgezonderd de blanco) en na de bemonsteringsduur weer afgesloten en naar het laboratorium getransporteerd. De bemonsteringsduur is niet voor alle periode precies gelijk maar bij de berekening van de concentraties werd met deze verschillen rekening gehouden.

2.2.1.2 Analyse NO₂

De bepaling van de hoeveelheid geadsorbeerde NO₂, omgezet in nitriet en nitraat (NO₃⁻ + NO₂⁻), is elders beschreven (Uiterwijk et al., 2004). Voor de vergelijking met het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) wordt een WU5.01 op een LML-meetlocatie bemonsterd waar ook continue NO_x

(NO en NO₂) wordt gemeten. Voor dit onderzoek is de LML-locatie Cabouw geselecteerd. Met de resultaten van de passieve meting van NO₂ en de continue LML-metingen wordt een factor bepaald waarmee de afhankelijkheid van de passieve monsterneming van vooral de temperatuur wordt gekalibreerd. De combinatie van de passieve en de continue meettechniek, mede door de periodieke vergelijking, maakt het mogelijk om met een kosteneffectieve benadering een ruimtelijk beeld te krijgen van de lange-termijn-gemiddelde concentraties NO₂.

2.2.2 Intensieve metingen

Gedurende twee perioden (6 september 2005 – 30 november 2005 en 24 april 2006 – 6 juni 2007) zijn uurgemiddelde concentraties gemeten van PM₁₀ en stikstofoxiden (NO en NO₂) op twee locaties ten zuiden van de cluster die voor de passieve metingen zijn gebruikt. Naast deze componenten zijn concentraties gemeten van zwaveldioxide (SO₂), koolmonoxide (CO) en zwarte rook (Aethalometer). De resultaten van de Aethalometer vertoonden dusdanige grote variaties dat deze in de verdere evaluatie buiten beschouwing werden gelaten.

2.2.2.1 Meetbehuizing

De monitoren en alle daarvoor benodigde ondersteunende apparatuur zijn ondergebracht in de mobiele meetopstelling – VOCCAR – een acht meter lange trailer uitgerust met elektrische en pneumatische voorzieningen. De VOCCAR is bedoeld om als zelfstandig meetstation te kunnen functioneren. Datacommunicatie is gerealiseerd met mobiele telefonie waarmee op afstand regelmatig, dagelijks, het functioneren van de VOCCAR en alle aangesloten monitoren kan worden gecontroleerd en de meetresultaten naar het laboratorium worden gehaald om verder te worden verwerkt. In de navolgende paragrafen worden de gebruikte voorzieningen beschreven.

2.2.2.2 Centraal aanzuigstelsel

De monitoren zijn aangesloten op het centrale aanzuigstelsel van de mobiele meetopstelling. Dit stelsel is identiek aan het aanzuigstelsel dat in gebruik is het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML). Het debiet in dit aanzuigstelsel is nominaal 6 m³/uur en dit leidt tot een verblijftijd in het stelsel van 2,5 s bij een inwendige diameter van 46 mm en een lengte van 2500 mm. Hierbij worden bestaande dynamische evenwichten in de aangezogen lucht niet of nauwelijks gewijzigd. De aanzuighoogte is circa 60 cm boven het dak van de VOCCAR en bedraagt daarmee 3,8 m boven de grond. Vanuit deze voorziening betrekken de respectieve monitoren monsterlucht, ieder via een eigen, inerte aanzuigleiding met een inwendige diameter van ca 4,5 mm en een lengte van 100-150 cm. Het debiet per instrument verschilt en ligt tussen 0,5 en 1,0 l/min. De temperatuur in de meetbehuizing ligt tussen 16 en 23°C.

2.2.2.3 Stikstofdioxide

Stikstofdioxide (NO₂) wordt continu gemeten met de Tecan/Ecophysics NO_x analyzer, type CLD700. Deze analyzer is gebaseerd op de chemoluminescentie-reactie van stikstofmonoxide met ozon. Stikstofdioxide wordt gemeten na omzetting middels een thermische converter. Stikstofmonoxide wordt gemeten zonder de omzetting. Om voor gevoeligheidsveranderingen ten gevolge van drukveranderingen in de reactiekamer en wijzigingen in de prestaties van de pomp te corrigeren wordt regelmatig (iedere 24 uur) gekalibreerd met de Environics Calibrator. Het kalibratie-gas is een gecertificeerd NO-gasmengsel. Nulgas wordt gegenereerd door buitenlucht te leiden door Purafil en actieve kool.

2.2.2.4 PM₁₀

Voor het meten van de PM₁₀-concentraties wordt gebruikgemaakt van een TEOM 1400. Het meetprincipe van deze monitor is de verandering van de resonantiefrequentie ten gevolge van de verandering van de massa van een oscillerend microbalanssysteem. In deze monitor maakt een filtertje, geplaatst op een glazen aanzuigbuisje, deel uit van het microbalanssysteem. De inlaat van de PM₁₀-aanzuigkop bevindt zich op circa 50 cm boven het dak van de meetaanhanger. Het debiet door de kop bedraagt 16,67 l/min. Een massaflowregelaar zorgt voor het juiste debiet door het filtertje. De aangezogen luchtstroom wordt gedroogd door een permeatiedroger terwijl de diverse delen van de meetopstelling en meetkamer nauwkeurig op een constante temperatuur worden gehouden (30 ± 0,1°C). Het filter wordt regelmatig vervangen na het bereiken van een vastgestelde belading van het filter. Opgemerkt dient te worden dat de TEOM zoals gebruikt in dit onderzoek, verschilt van de monitoren die in het LML worden gebruikt. Hierdoor zullen verschillen bestaan tussen de LML PM₁₀ meetresultaten en die van dit onderzoek (zie ondermeer Van Putten et al., 2002). De resultaten worden niet aangepast met een factor omdat ze enkel dienen voor karakterisering van het onderzoeksgebied. Dit impliceert dat de gemeten concentraties niet kunnen worden gebruikt voor toetsing aan de normen.

2.2.2.5 Zwaveldioxide

Zwaveldioxide (SO₂) concentraties worden gemeten met een Thermo Instruments model 43W monitor, identiek aan de instrumenten in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. Het meetprincipe van deze monitor is de fluorescentie van met UV aangeslagen SO₂-moleculen. De meting wordt niet of nauwelijks beïnvloed door omgevingsvariabelen zodat volstaan kan worden met een dagelijkse nulpuntcontrole en een wekelijkse gevoeligheidscontrole. Deze worden uitgevoerd met respectievelijk buitenlucht, aangezogen over een actief koolfilter, en met gecertificeerd kalibratiegas en een standaard LML-meetnet SO₂-kalibratie-unit.

2.2.2.6 Koolmonoxide

Koolmonoxide (CO) concentraties worden gemeten met het gasfiltercorrelatie-meetinstrument van Thermo Instruments (model 48), gebaseerd op het meetprincipe infrarood-absorptie door koolmonoxide in een meetcel. Van deze monitor wordt dagelijks het nulpunt bepaald door lucht aan te laten zuigen over een Palladium katalysator die het aanwezige CO verwijdert door omzetting naar CO₂. De gevoeligheid wordt wekelijks bepaald met behulp van een gecertificeerd kalibratiegas. Hiervoor wordt gebruikgemaakt van een standaard meetnet CO-kalibratie-unit.

2.2.2.7 Windrichting en snelheid

De windrichting- en windsnelheidsgegevens werden verkregen van het KNMI-station Cabouw en zonder verdere aanpassing gebruikt.

2.2.2.8 Data acquisitie

Alle meetsignalen, met uitzondering van die van de TEOM 1400 en één van de twee Aethalometers, werden verzameld op een Squirrel datalogger van het fabrikaat Grant.

De beide TEOM's en de Aethalometer slaan de meetwaarden intern op. De data werden bij bezoeken aan de meetlocaties gedownload op een laptop. De datalogger werd vanuit Bilthoven uitgelezen met behulp van een GSM-modem en -kaart.

2.3 Modelberekeningen

Voor het studiegebied (zie Figuur 1) zijn concentraties PM₁₀ en NO₂ berekend. Hierbij is gebruikgemaakt van de meest recente gegevens en het TNO Verkeersmodel. De resultaten van deze modelberekening zijn separaat gerapporteerd (Van den Brugh, 2007). Hier wordt een korte samenvatting gegeven.

Voor het verkeer zijn de emissiefactoren gehanteerd afkomstig van het VERSIT model van TNO Automotive (stand 2007). De waarden, gemiddeld voor 2005 en 2006, zijn voor de berekeningen gebruikt. De achtergrondconcentraties zijn afkomstig van de GCN-kaarten geproduceerd door het RIVM en zijn eveneens gemiddeld over 2005 en 2006 en bedragen voor NO₂ 33,0 µg /m³ en voor PM₁₀ 28,7 µg/m³. Voor het schatten van de concentraties is rekening gehouden met de dubbel telling van het verkeer. De klimatologie die is gehanteerd, is de werkelijk optredende tijdens de projectperiode. De concentraties zijn berekend met Pluim Snelweg versie 1.2 release 07 van september 2006 in een rooster met een resolutie van 10 m en voor de individuele receptorpunten waar passief NO₂ is gemeten.

Tabel 1: Periodegemiddelde concentraties NO₂ per receptor.

Meet																
Periode		14-6	11-7	8-8	6-9	4-10	1-11	29-11	27-12	25-1	22-2	22-3	19-4	17-5	15-6	Gem.
Afstand		2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2006	2006	2006	2006	2006	2006	
Code	tot A2 (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
YVA	1	94,4	68,6	52,4	84,5	47,1	81,0	61,3	42,1	54,6	49,9	64,9	74,6	43,3	53,8	63,0
YRN	176	39,0	19,5	24,0	34,2	28,8	31,9	31,7	25,5	29,0	27,0	21,5	42,9	18,8	34,1	28,8
YZM	70	42,3	25,4	24,8	35,3	29,7	45,4	32,0	28,3	31,3	29,5	29,9	35,2	15,4	28,0	31,1
YTU	46	49,6	22,8	32,6	43,4	35,3	40,1	35,9	32,2	38,3	32,9	31,5	39,2	19,3	26,4	34,8
YPU	103	38,1	16,9	23,4	37,9	39,0	48,1	39,4	28,5	31,0	35,1	24,6	29,1	18,0	20,6	31,5
YTI	40	51,6	31,5	28,1	46,4	13,3	42,7	35,9	30,5	35,3	27,6	25,8	40,8	17,0	28,5	32,8
YPI	92	36,4	18,5	21,9	39,5	27,7	47,9	39,6	24,9	33,1	35,7	15,8	29,7	16,7	21,3	29,8
YWP	526	12,8	15,3	15,7	29,5	20,7	37,7	30,0	22,2	27,0	22,4	19,8	22,8	12,1	16,8	22,2
YKH	1775	32,6	15,7	20,8	27,7	24,1	32,5	26,9	26,4	26,8	15,3	18,8	25,9	15,0	17,2	23,7
NBD	310	40,2	26,3	30,6	41,3	33,7	59,9	42,1	31,9	36,7	28,9	33,0	36,8	22,2	21,9	35,7
NKA	124	41,2	33,7	29,6	41,8	31,8	47,1	40,9	31,5	30,3	28,3	42,2	37,6	25,2	23,7	35,5
NKV	67	36,6	25,2	25,9	43,1	29,3	52,5	36,6	25,1	40,5	27,6	27,6	34,9	20,3	25,4	32,7
NBB	403	29,6	28,8	28,8	37,9	32,5	46,3	37,9	27,9	40,9	30,7	30,1	35,1	18,6	20,2	32,7
NVF	280	28,8	25,2	22,6	31,8	30,6	32,4	37,2	25,9	37,3	26,3	28,6	30,4	18,5	18,5	28,9
NRK	564	19,2	23,0	22,7	35,6	22,8	44,4	34,1	25,6	30,7	25,8	30,9	27,9	17,0	17,4	27,7

Tabel 2: Resultaten modelberekeningen voor PM₁₀ en NO₂ (in µg/m³) voor de individuele receptorpunten.

Receptor	NO ₂ gemeten	NO ₂ berekend	PM ₁₀ berekend
YVA	62,3	75,2	43,4
YRN	29,1	39,7	30,2
YZM	30,9	44,9	31,8
YTU	34,2	48,1	33,0
YPU	30,7	41,9	30,9
YTI	32,5	47,9	32,9
YPI	29,2	42,8	31,1
YWP	21,8	36,3	29,4
YKH	23,3	33,3	28,7
NBD	34,7	40,9	30,2
NKA	34,6	45,6	31,3
NKV	32,2	49,2	32,3
NBB	31,8	40,9	30,1
NVF	28,2	40,3	30,0
NRK	26,9	37,2	29,4

3 Resultaten en discussie

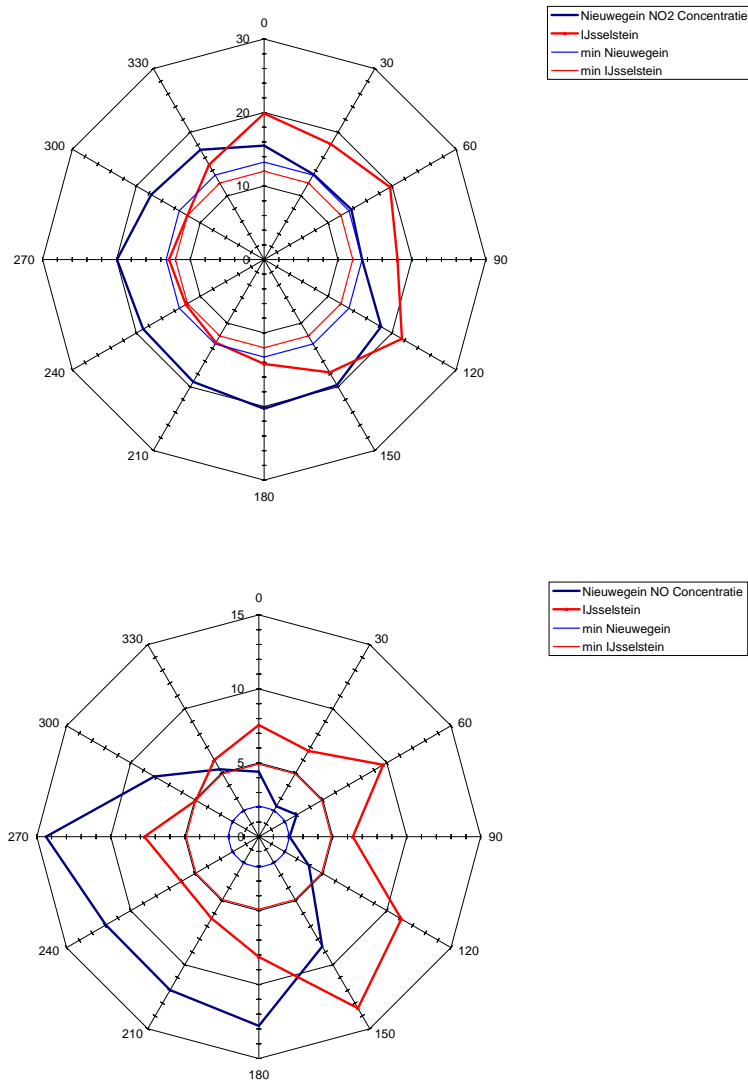
3.1 Karakterisering van het onderzoeksgebied

Voor het evalueren van de resultaten van het jaarrond programma is het van belang de relevante bronnen in het onderzoeksgebied te identificeren. Hiervoor zijn de gegevens van de twee intensieve meetcampagnes, verzameld over de twee perioden, geanalyseerd met een windrichtinganalyse van gelijktijdig op beide locaties beschikbare resultaten. Voor NO₂ en NO bestrijken deze resultaten circa 33% van de totale projectperiode. Voor PM₁₀ is dit slechts 10% van de totale tijd. Voor zowel de oost- als de westlocatie geldt dat een deel van de windroos belemmerd wordt door obstakels. Voor de oostelijke locatie (Nieuwegein) is de belasting door de A2 ongehinderd te meten vanuit de sector 200-285° en voor de westelijke locatie (IJsselstein) vanuit de sector 50-140°. Bovendien geldt voor de laatste locatie dat de bijdrage van de weg, parallel aan de A2, een belasting vormt vanuit de westelijke richting.

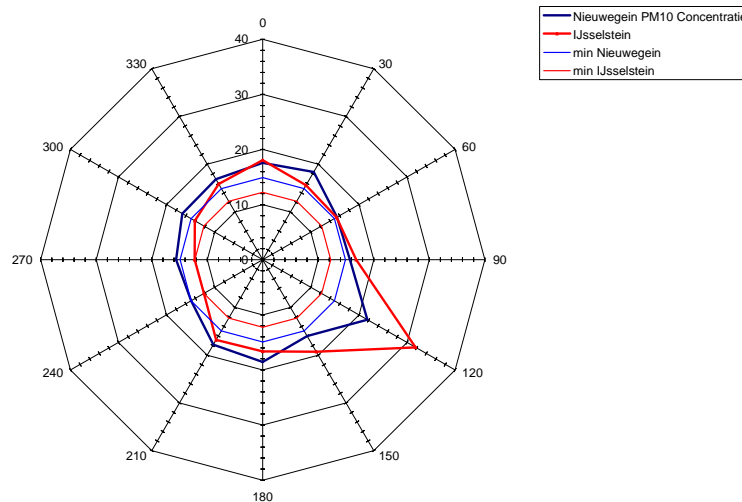
In Figuur 2 zijn de windrozen voor beide locaties gegeven voor NO₂ en voor NO en tevens de laagste gemiddelde waarde vanuit een sector van 30°, een schatting van de achtergrond. Voor NO₂ zijn de bijdragen van de A2 op beide locaties duidelijk herkenbaar. De laagst gemeten concentratie op beide locaties gedurende de twee periodes bedraagt 12 µg/m³ vanuit de sector 30 - 90° op de locatie Nieuwegein. De bijdrage van de A2 wordt hiermee berekend op 7,9 µg /m³ voor de Nieuwegeinlocatie en 9,6 µg/m³ voor de IJsselsteinlocatie. Dit verschil is in overeenstemming met het verschil in afstand tot de snelweg. Voor NO is de bijdrage van de A2 aan de totale concentratie nog hoger: voor de Nieuwegeinlocatie wordt deze berekend op 12,3 µg/m³ van in totaal 14,4 µg/m³ en voor de IJsselsteinlocatie op 11,3 µg/m³ van in totaal 13,4 µg/m³. Daarnaast is vanuit de westelijke richting op de IJsselstein locatie een bijdrage van 2 á 3 µg/m³ waar te nemen. De som van de bijdragen van NO₂ en NO is 20,2 en 20,9 µg/m³ voor achtereenvolgens Nieuwegein en IJsselstein. Opgemerkt dient te worden dat deze waarden geen indicatie zijn voor het jaargemiddelde van de concentraties op de betreffende locatie. Hiervoor zouden de bijdragen gewogen moeten worden over de frequenties van de windrichtingen en een extrapolatie van de twee perioden naar een geheel jaar. Dit valt echter buiten het doel van deze evaluatie.

De uurgemiddelde bijdrage van het verkeer op de A2, gemeten als het verschil boven- en benedenwinds, bedraagt 5 tot 40 µg/m³ voor NO₂, van 3 tot 45 µg/m³ voor NO. Op grond van de

resultaten kan worden geconcludeerd dat het verkeer op de A2 de belangrijkste bijdrage levert aan de concentraties NO₂ in de directe omgeving.



Figuur 2: Windroos op beide locaties voor NO₂ en NO (µg/m³) als de gemiddelde concentratie per windrichtingsector (30°) en de minimale waarde gedefinieerd als de achtergrondconcentratie.



Figuur 3: Windroos op beide locaties voor PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) als de gemiddelde concentratie per windrichtingsector (30°) en de minimale waarde gedefinieerd als de achtergrondconcentratie.

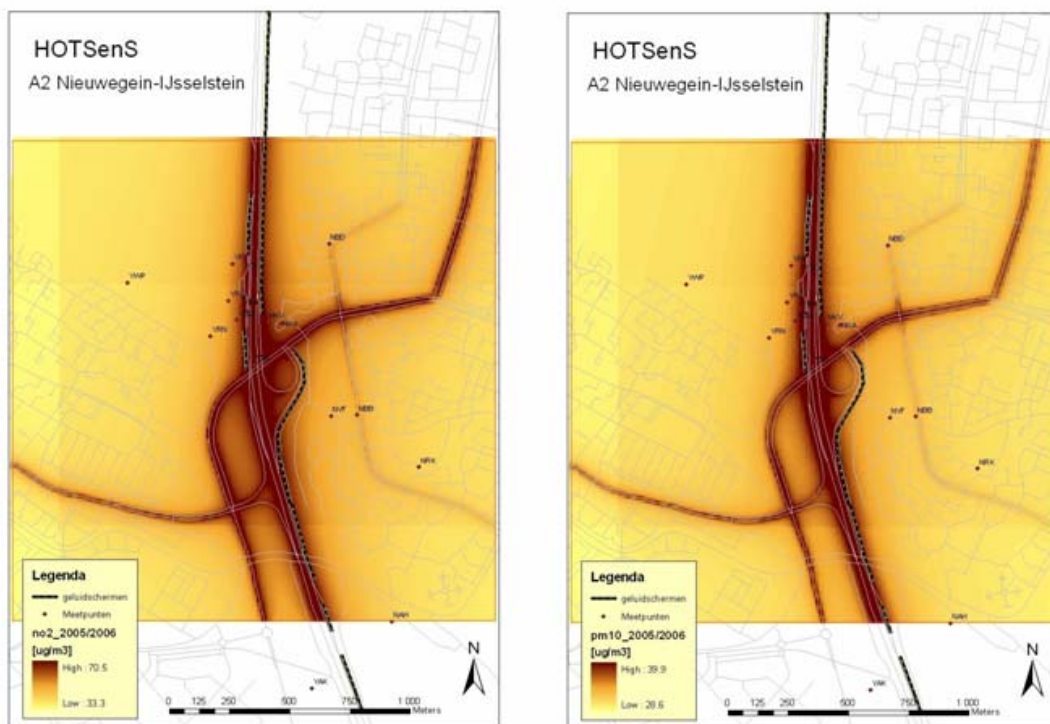
Voor PM_{10} is de situatie duidelijk anders. Evaluatie van de windroos toont een duidelijke bron in de richting van de 120° sector (zie Figuur 3). Het feit dat voor beide locaties deze sector gelijk is duidt op een bron anders dan het verkeer op de A2 en waarschijnlijk verder weggelegen. Opgemerkt dient te worden dat de tijd waarin meetresultaten van beide locaties beschikbaar zijn en de wind uit deze richting waait, slechts 2% van de tijd bestrijkt. Mede omdat in die richting geen duidelijke bron kan worden gevonden is het waarschijnlijk dat het hier om een weliswaar substantiële maar incidentele emissie gaat.

Verdere analyse van de windroos toont aan dat vanuit de sectoren richting A2 voor beide locaties 4 tot $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wordt bijgedragen. Voor de uurgemiddelde waarden geldt dat de bijdrage van het verkeer op de A2, gemeten als het verschil in gelijktijdig optredende concentraties op de bovenwindse en benedenwindse meetlocatie, varieert van 5 tot $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor PM_{10} , waarvan de variatie vooral wordt bepaald door de windsnelheid. Op grond van deze resultaten kan geconcludeerd worden dat het verkeer op de A2 een wezenlijke maar beperkte bijdrage aan de PM_{10} -concentraties levert.

Voor SO_2 (windroos niet getoond) is er een duidelijke bijdrage vanuit oostelijke richting voor beide locaties in overeenstemming met het grootschalige beeld voor geheel Nederland. Voor CO (windroos eveneens niet getoond) zijn extra bijdrages waarneembaar vanuit alle richtingen in vergelijking met de zuidelijke sectoren. Dit geeft de geringe bijdrage van verkeer op de A2 aan de totale concentratie van CO aan en onderstreept verder het grootschalige karakter hiervan.

3.2 Modelberekeningen

De resultaten van de berekeningen van NO₂ en PM₁₀ voor het onderzoeksgebied zijn gegeven in Figuur 4. Hierin zijn tevens de gehanteerde geluidsschermen weergegeven (zwarte lijnen langs de A2). De concentraties berekend voor de verschillende receptorpunten zijn gegeven in Tabel 2. Voor zowel PM₁₀ als NO₂ wordt een vergelijkbaar beeld van de concentraties verkregen. Naast de A2 en de N210 is ook de invloed van de lokale ontsluitingswegen zichtbaar. Zoals verwacht op grond van de achtergrondconcentraties en de bijdragen aan de totale concentraties is de range van NO₂ duidelijk meer dan die van PM₁₀. Het verloop over de lijn YWP-YRN-(YVA)-NVF-NRK toont de invloed van de A2 (zie Figuur 5). De verschillen tussen de te onderscheiden locaties rondom geluidswallen en bebouwing vallen binnen de invloed van de A2 en de N210.



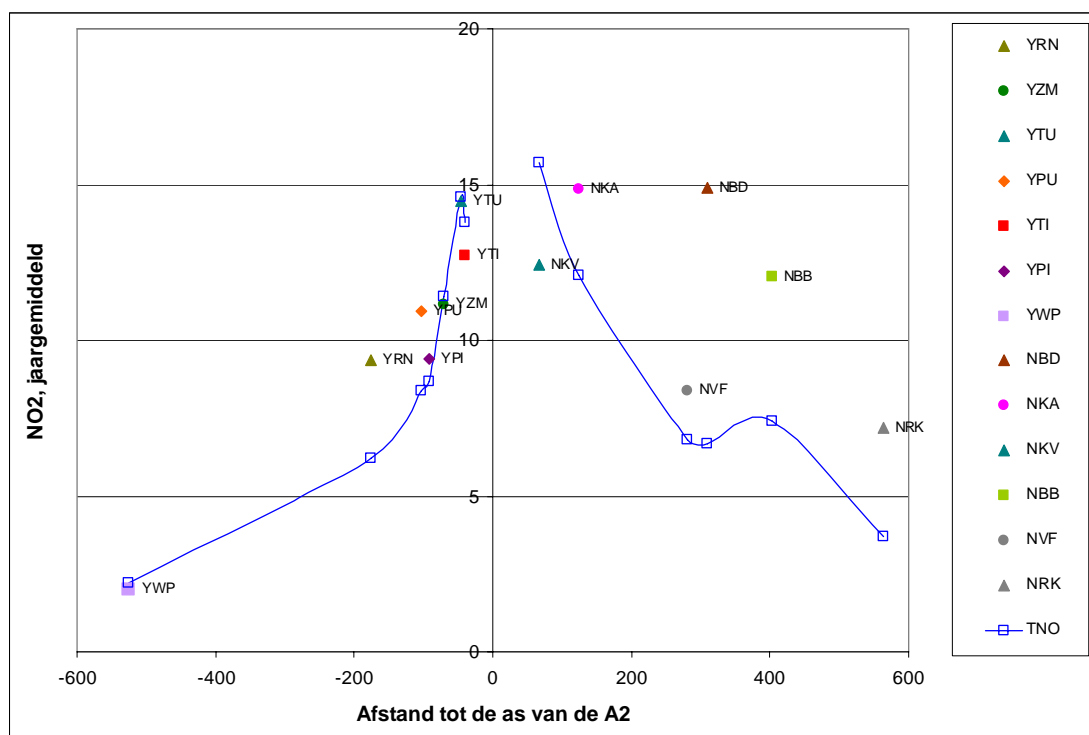
Figuur 4: Resultaten modelberekening (genomen uit Van den Brugh, 2007)

3.3 Effecten van gebouwen en beplanting op NO₂-niveaus

Voor het beoordelen van de invloed van de bebouwing en de geluidswallen zijn de resultaten van de passieve metingen van NO₂ (Tabel 1) geëvalueerd. Het gedrag van NO₂ en PM₁₀ kan wegens de invloed van de atmosferische chemie niet gelijk worden gesteld.

De vergelijking van de passief gemeten concentraties met de resultaten van de berekeningen heeft ten doel, in overeenstemming met de doelstelling van dit project, om het bereik van de invloed aan te geven waarbinnen obstakels, zoals geluidswallen en bebouwing, van belang zijn.

In Figuur 5 zijn de gemeten jaargemiddelde NO₂-concentraties uitgezet als functie van hun afstand tot de as van de A2.



Figuur 5: Resultaten van de passieve metingen en de TNO-modelberekeningen vermindert met 19,8 µg/m³.

In Figuur 5 zijn tevens de resultaten van berekeningen van TNO weergegeven. De negatieve afstanden zijn ten westen van de A2 en positieve afstanden zijn ten oosten van de A2. De in de berekening gehanteerde achtergrond van 33,0 µg/m³ is aanmerkelijk hoger dan de laagste waarde van 21,8 µg/m³

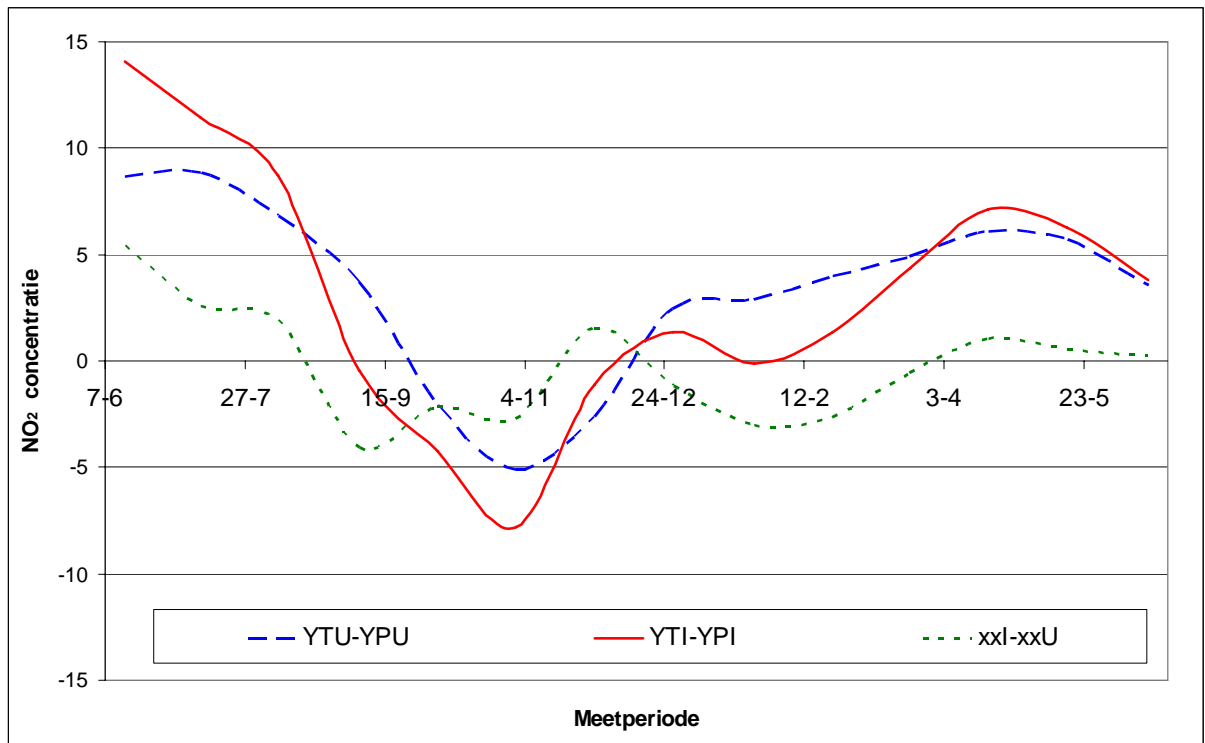
die in het meetgebied wordt gemeten. Het verschil tussen de beide concentraties is ook aanmerkelijk groter dan de circa $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die uit de vuistregel voor dubbeltelling volgt. Voor een vergelijking tussen gemeten en berekende concentratiebijdragen van de emissies op de A2 is een achtergrondconcentratie van $19,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aangenomen.

Op punt YWP is er dan nog sprake van een gemeten concentratiebijdrage van circa $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en is in goede overeenstemming met de door TNO berekende concentratiebijdrage. Aan de westkant van de A2 zijn de gemeten en berekende concentratiebijdragen redelijk met elkaar in overeenstemming. Dichtbij de weg zijn de verschillen beperkt tot circa $1-2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Aan de oostkant van de A2 liggen de gemeten concentratiebijdragen, op een enkele uitzondering na, allemaal substantieel hoger dan de berekende concentratiebijdragen. De verschillen en, indien mogelijk, de onderliggende redenen zullen hieronder voor alle punten afzonderlijk worden besproken.

3.3.1 West van de A2

Aan de westkant van de A2 vormen de locatieparen YTU en YPU en YTI en YPI steeds metingen langs de weg en achter de langs de A2 aanwezige begroeiing. Tussen de punten YTI en YPI bevindt zich een met bomen begroeide wal van enkele meters hoog terwijl zich tussen de meetpunten YTU en YPU een met betrekkelijk dunne bossages begroeide wal bevindt. De verschillen in concentratiebijdragen die op de punten worden gemeten, zijn dus een maat voor de effecten op de luchtkwaliteit van de verschillende omstandigheden. Het verschil in concentraties tussen de beide locatieparen YPI, YTI en YPU, YTU is klein. De verschillen YTI-YPI en YTU-YPU alsmede het verschil (YTI-YPI) - (YTU-YPU) zijn weergegeven in Figuur 6. Hoewel er wel enig verloop zichtbaar is in de verschillen valt het verschil (YTI-YPI) - (YTU-YPU) praktisch geheel in een band van $\pm 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en is daarmee nauwelijks als significant te beschouwen. Gemiddeld over het meetjaar bedraagt het verschil (YTI-YPI) - (YTU-YPU) praktisch nul $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Het is interessant om naar de verhoudingen van de NO_2 -bijdragen YTI/YPI en YTU/ YPU te kijken in de zomer- en winterperioden. Over de gehele meetperiode zijn de verhoudingen 1,35 en 1,32. In de zomer is dit echter 1,45 en 1,40 en in de winter 1,01 en 1,07. Winter is hierbij gedefinieerd als de periode van 1 november 2005 tot medio april 2006. De begroeiing tussen de meetlocaties langs de weg en de punten verder weg, leidt tot een verhoging van de concentratieverhoudingen en dit kan als een betere blokkade door de geluidswal van de stroming worden geïnterpreteerd. Er is echter geen significant verschil tussen de meetparen ten noorden en zuiden van het benzinestation, dus de verschillen in begroeiing en omstandigheden doen er in dit onderzoek blijkbaar niet toe.



Figuur 6: Verloop van de verhoudingen van de periodegemiddelde concentraties op de locaties YPI, YTI en YPU, YTU.

3.3.2 Oost van de A2

Aan de oostkant is de overeenstemming tussen de berekende en gemeten concentratiebijdragen beperkt. Op korte afstand (70 meter) van de A2 ligt de locatie NKV pal tegen een flatgebouw van circa twaalf verdiepingen hoog. De gemeten concentratiebijdrage is bijna 5 µg/m³ lager dan de berekende bijdrage. Blijkbaar geeft het gebouw aanleiding tot een zodanige verstoring van de aanstroming vanaf de A2 dat de concentratiebijdragen erg laag zijn. Aan de oostkant, in de luwte van het kantoorgebouw (locatie NKA), daarentegen, op 125 meter van de A2, is de gemeten bijdrage circa 3 µg/m³ hoger dan de berekende bijdrage. Ofwel de aanwezigheid van het gebouw leidt tot wervelingen die een verhoogde concentratiebijdrage geven ofwel emissies van het verkeer op het achter het gebouw gelegen parkeerterrein dragen merkbaar bij aan de totale NO₂-concentraties. Dit laatste wordt niet waarschijnlijk geacht omdat de verkeersintensiteit als zeer gering is geschat. De huidige vergelijking geeft in ieder geval aan dat de luchtkwaliteit rond een groot gebouw langs een snelweg complex is en

dat moet worden gerekend met substantiële onzekerheden bij de schatting van de invloed van gebouwen.

Op bijna 300 meter van de A2 ligt de meetlocatie NVF aan een rustige straat. De gemeten en berekende NO₂-bijdragen verschillen circa 15% (1.4 µg/m³) en stemmen dus goed overeen. Iets verder van de A2, op ruim 300 meter, ligt de meetlocatie NBB aan een grotere wijkontsluitingsweg nabij een bushalte. Hoewel de emissies van het verkeer op deze weg wel door TNO zijn gemodelleerd, is de berekende concentratiebijdrage bijna 40%, oftewel circa 4 µg/m³, te laag. Nog meer naar het oosten ligt de meetlocatie NRK op circa 550 meter van de A2 aan een rustige weg. De berekende concentratiebijdrage onderschat met bijna 4 µg/m³ de gemeten concentratiebijdrage van bijna 7 µg/m³. Meer naar het noorden ligt de meet NBD op circa 300 meter ten oosten van de A2. De gemeten concentratie is met circa 15 µg/m³ ruim 8 µg/m³ hoger dan de berekende waarde, vermoedelijk door het verkeer op de weg waaraan de meetlocatie ligt.

4 Conclusie

Voor dit onderzoek is een locatie geselecteerd waar verkeersemissies van de snelweg en de provinciale weg de belangrijkste bronnen zijn, naast het verkeer van wegen van lagere orde. Alleen voor PM_{10} werd kortstondig een belangrijke bron gemeten. De complexiteit is dusdanig dat met het TNO-verkeersmodel een goede beschrijving kan worden gegeven van de dispersie. Dit gebied kan als typisch worden beschouwd voor een groot aantal locaties, aangemerkt als 'hotspots'.

Opgemerkt wordt dat de obstakels en begroeiing zijn zoals ze werden aangetroffen in het projectterrein en niet zijn aangepast, als dit al mogelijk zou zijn geweest. Vooral voor de vegetatie is het dus zeer goed mogelijk dat plaatsing, dichtheid en hoogte suboptimaal zijn geweest. Het is echter wel een goede afspiegeling van wat doorgaans wordt aangetroffen langs snelwegen.

De gemiddelde concentraties, uitgezonderd het niveau boven de A2 (YVA), zijn alle lager dan de norm van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hoewel de meetmethode procedureel wordt vergeleken met de officiële LML-methode kunnen de gegevens in dit project niet worden gebruikt om aan de norm te toetsen.

De opzet van het onderzoek maakt het mogelijk om de achtergrondconcentratie te schatten. Hierbij blijkt een belangrijk verschil tussen berekeningen en metingen. De gehanteerde achtergrondconcentratie van NO_2 , gebruikt voor de modelberekening en afkomstig van de GCN-kaarten, blijkt $10\text{-}13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ te hoog. In dit onderzoek is niet gedurende het gehele jaar PM_{10} gemeten en daarom kan geen schatting worden gegeven van de achtergrond van PM_{10} .

De bijdrage van NO_2 -emissies aan de concentraties in de omgeving van de A2 en de N210 is substantieel. Nog groter is de bijdrage van het wegverkeer aan de NO -concentraties. Voor PM_{10} is de concentratiebijdrage gering. Beide observaties zijn in lijn met de verwachtingen.

De invloed van de vegetatie op de geluidswal aan de westzijde van de A2 is zeer gering tot afwezig. De begroeiing versterkt wel de obstructie van de doorstroming zoals die optreedt door de invloed van een (dichte) geluidswal. Zoals al eerder opgemerkt kan de vegetatie suboptimaal zijn geweest voor het onderzochte effect, adsorptie van luchtverontreinigende componenten.

De invloed van bebouwing met een hoog kantoorgebouw blijkt complex te zijn. Voor het gebouw, aan de zijde van de snelweg, blijkt de gemiddelde concentratie lager te zijn dan achter het gebouw aan de lijszijde. Complexe wervelingen zijn hiervan mogelijk de oorzaak.

Het verloop aan de westzijde van de A2 zoals gemeten op de projectlocaties is in goede overeenstemming met de berekende niveaus. Dit onderstreept de grofweg adequate berekening van de dispersie. Verwacht mag dan ook worden dat deze overeenstemming ook voor de oostzijde van de A2 geldt. De hogere gemeten niveaus in vergelijking met de berekende niveaus tonen aan dat de invloed van verkeer op lokale wegen (wijkontsluitingswegen en anders) aanmerkelijk groter is dan wordt aangenomen. Dit maakt ook dat de evaluatie van de beperkende invloed van maatregelen moet worden gesteld tegenover de, onderschatte, bijdragen van lokaal verkeer.

Samengevat kan worden gesteld dat de beschrijving van de luchtverontreiniging middels de hier gebruikte technieken goed bruikbaar is. De complexiteit van het onderzoeksgebied omvat obstakels die mogelijk van invloed zouden kunnen zijn op de niveaus.

De invloed van vegetatie is niet aangetoond en moet voor de onderhavige situatie als zeer gering worden gesteld. Nader onderzoek waarbij de structuur van de vegetatie verder wordt geoptimaliseerd kan wellicht uitsluitsel geven over de mogelijke positieve invloed hiervan.

De invloed van hoge gebouwen is zeer complex gebleken en alleen zeer ver ontwikkelde modellen kunnen hierbij meer inzicht geven.

Een belangrijk aspect dat naar voren kwam in dit onderzoek is de hoge bijdrage van lokaal verkeer. In het onderhavige onderzoek werd dit duidelijk onderschat en het mag verwacht worden dat deze onderschatting meer plaatsvindt. Hierdoor kan de relatieve invloed van maatregelen gericht tegen de emissies van verkeer op de snelweg worden overschat.

Literatuur

Uiterwijk, W., Fokkert, L., Van Putten, E.M., Bloemen H.J.Th., 2004.
Stikstofdioxide overschrijdingen in stedelijke gebieden Arnhem.
RIVM/LVM briefrapport januari 2004, Bilthoven.

Brugh, J.H.A.M. van den en Jonkers S., 2007.
HOTSens Luchtkwaliteitsonderzoek A2 ter hoogte van Nieuwegein en IJsselstein,
TNO rapport 2007-A-R0654/B

Putten E.M. van, Bloemen H.J.Th., Meulen A. van der, 2002.
Betrouwbaarheid van PM10-metingen in Nederland: een samenvattend overzicht
RIVM rapport 650010026

Dankbetuigingen

Het projectteam is Hans Verboom dank verschuldigd voor zijn assistentie en volharding bij het opzetten van de metingen en is beide medewerkers van Werkwijzer, Willem Leyns en Rob Steenbergen erkentelijk voor het uitvoeren van de monsterwisselingen.