

De uitgangspunten voor het bepalen
van de binnenvaartbijdrage aan de
GCN-data

Notitie
Delft, augustus 2010

Opgesteld door:
F.P.E. (Femke) Brouwer
L.C. (Eelco) den Boer





1 Inleiding

Nederland dient te voldoen aan de Europese normen voor luchtkwaliteit. Hierin voorzien we door het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL). In het NSL staan alle maatregelen die genomen zullen worden ter verbetering van de luchtkwaliteit. Daarnaast bevat het programma alle grote ruimtelijke plannen waar overheden de komende vijf jaar een beslissing over moeten nemen. Het programma bewaakt de balans tussen de (negatieve) effecten van de ruimtelijke plannen en de positieve effecten van de maatregelen.

Het NSL maakt gebruik van kaarten die voor heel Nederland de concentratie van luchtvervuilende stoffen weergeven. Het PBL produceert deze concentratiekaarten voor grootschalige luchtverontreiniging in Nederland (GCN-kaarten) met een 1x1 km grid. De Minister van VROM publiceert deze kaarten conform de Wet milieubeheer rond 15 maart van elk jaar. Bij het opstellen van de kaarten zijn alle relevante bronnen die luchtvervuilende stoffen uitstoten meegenomen.

Rijkswaterstaat en het ministerie van Verkeer en Waterstaat gebruiken de GCN-kaarten bij beslissingen over aanpassingen en aanleg van infrastructuur. Zij bepalen op basis van de gegeven luchtkwaliteit, of nieuwe infrastructuur tot overschrijding van de Europese normen leidt of niet.

Luchtkwaliteit is geen constant gegeven. Schonere voertuigen zorgen voor minder uitstoot, terwijl toenemende bedrijvigheid de concentraties van stikstofoxide (NO_x) en fijn stof (PM_{10}) juist doen toenemen. De GCN-data worden dan ook ieder jaar opnieuw vastgesteld. Tijdens de jaarlijkse update worden niet alleen (invoer)gegevens geactualiseerd, ook nieuwe inzichten in de methodiek ter bepaling van de emissies van de diverse bronnen worden verwerkt.

Bij de laatste update is de bijdrage van de binnenvaart sterk toegenomen. De belangrijkste reden hiervoor is dat de warmte-uitstoot van binnenvaartschepen is bijgesteld van 2,0 naar 0,15 MW, waardoor de uitlaatgassen minder sterk verspreiden. De verticale uittredesnelheid vanuit vervuilende stoffen uit de schoorsteen neemt hierdoor namelijk af. TNO heeft hiervoor een rapportage opgesteld ter onderbouwing van deze bijstelling (TNO, 2010). Er bestaat bij de opdrachtgever echter veel onduidelijkheid over de status van deze en andere beschikbare bronnen. Omdat de consequenties voor zowel natte als droge infrastructuurprojecten van Rijkswaterstaat in potentie groot is (men wordt geconfronteerd met overschrijdingen van de wettelijke grenswaarden aan de luchtkwaliteit), heeft Rijkswaterstaat CE Delft gevraagd:

- een overzicht te geven van de methodiek waarmee binnenvaartemissies in de GCN-data worden verwerkt (zie Hoofdstuk 2);
- de lopende ontwikkelingen op dit vlak ter verbetering en formalisering van scheepvaartmodellen (zie Hoofdstuk 3) te beschrijven;
- inzicht te geven in welke parameters gevoelig zijn, en adviezen en aandachtspunten voor de toekomst te formuleren (zie Hoofdstuk 4).

Er is hierbij ingezet op literatuuronderzoek en op diverse één op één gesprekken met specialisten en betrokkenen binnen de scheepvaartmodellering. Op 19 mei is een workshop belegd bij Rijkswaterstaat DVS om de problematiek nader te verkennen en te bespreken. Onderliggende notitie rapporteert de bevindingen en geeft antwoord op de aangehaalde vragen.



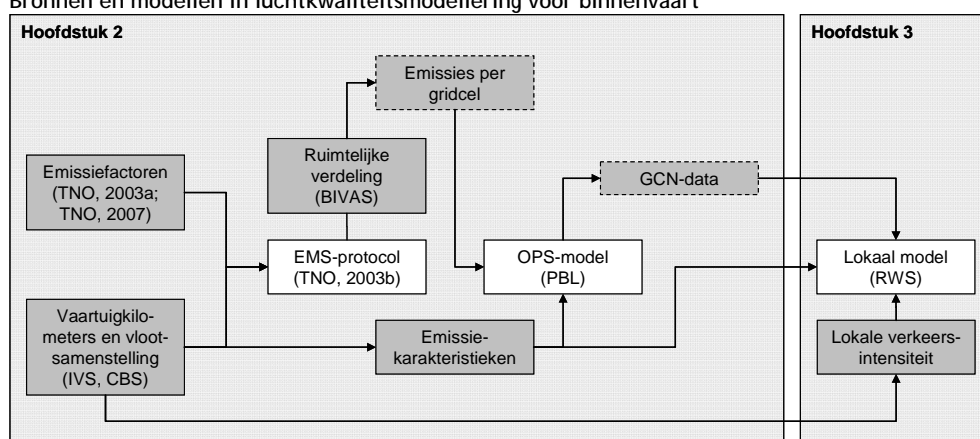
2 Hoe worden de GCN-data voor binnenvaart bepaald?

Figuur 1 laat zien welke stappen worden doorlopen om de bijdrage van de binnenvaartsector aan de Nederlandse luchtkwaliteit te bepalen. Als eerste bepaalt het EMS-protocol de emissies. Daarna worden deze ruimtelijk verdeeld door het OPS-model. Tot slot wordt de lokale concentratie bepaald.

De witte vakken in Figuur 1 staan voor modellen, de grijze vakken betreffen inputdata en de grijze vakken met een gearceerde rand zijn modelresultaten. Figuur 1 geeft aan in welke rapporten de stappen beschreven staan en welke databronnen zijn gebruikt.

Zoals Figuur 1 laat zien, bespreken we het tot stand komen van de GCN-data in dit hoofdstuk. Hieronder komen de inputdata en modellen stuk voor stuk aan bod. In Hoofdstuk 3 bespreken we de lokale bijdrage van binnenvaart.

Figuur 1 Bronnen en modellen in luchtkwaliteitsmodellering voor binnenvaart



Emissiefactoren

Zoals Figuur 1 laat zien zijn emissiefactoren nodig als input voor het EMS-protocol. Deze emissiefactoren zijn afkomstig van TNO. In 2003 hebben zij deze afgeleid uit metingen aan scheepsmotoren op de testbank in laboratoria (TNO, 2003a). Deze metingen leverden de emissies van NO_x en fijn stof in g/kWh.

In 2005 wezen meetresultaten van TNO en ECN erop dat emissies van binnenvaartschepen in de praktijk wellicht lager zijn dan de emissiefactoren doen vermoeden. Dit was aanleiding om studie te doen naar de daadwerkelijke uitstoot door binnenvaartschepen. TNO presenteerde in 2007 de resultaten van deze studie (TNO, 2007); zowel de waarde als de variatie met leeftijd van de emissiefactor voor NO_x werden bijgesteld, voor fijn stof konden geen harde conclusies getrokken worden en deze emissiefactor is dan ook ongemoeid gelaten.

De nieuwe emissiefactoren zijn gebaseerd op metingen van de NO_x -concentratie in de rookpluim van voorbijvarende schepen. De emissiefactor voor NO_x is gebaseerd op 370 metingen op twee representatieve locaties in Nederland. De effecten van de stimulering van vervroegde introductie van CCR2-motoren is hierin niet opgenomen. De omvang van dit effect is echter



onduidelijk. Wel is duidelijk dat de effecten vooral op de korte termijn optreden¹.

Emissiefactoren voor PM₁₀ zijn afkomstig uit het rapport 'Methodiek voor afleiding van emissiefactoren van binnenvaartschepen' (TNO, 2003a). Voor NO_x zijn emissiefactoren geüpdate met meetgegevens; het rapport 'Onderzoek naar emissiefactoren voor fijn stof en stikstofoxiden voor de binnenvaart' (TNO, 2007) presenteert de nieuw vastgestelde emissiefactor voor NO_x.

Vaartuigkilometers en vlootsamenstelling

Het CBS levert jaarlijks vaartuigkilometers voor de binnenvaart, zij verkrijgen hun data uit het Informatie Verwerkend Systeem (IVS) van Rijkswaterstaat. Ze presenteren per scheepsklasse het aantal beladen en onbeladen vaartuigkilometers. Hierbij houden ze een indeling in acht grootteklassen aan. Deze gegevens dienen als input voor het EMS-protocol.

De verdeling over vaarwegen (inclusief de richting) is vastgelegd in het EMS-protocol. Een jaarlijkse update is niet nodig omdat, de praktijk leert dat de scheepvaartverdeling jaarlijks vrij constant is. Wijzigingen treden alleen op bij verdieping of verbreding van de vaarweg en bij wijzigingen in afzetgebieden of overslagfaciliteiten. Dit komt echter maar zeer beperkt voor.

Het CBS levert jaarlijks vaartuigkilometers per scheepsklasse en beladingstoestand. Deze gegevens gebruikt TNO als input voor het EMS-protocol.

EMS-protocol en -model

EMS staat voor Emissieregistratie en Monitoring Scheepvaart. Het is een protocol dat op basis van het aantal ingevoerde vaartuigkilometers de totale emissies van binnenvaart in Nederland berekent. TNO beheert het EMS-model dat hiervoor wordt gebruikt, zij beschrijven dit in TNO, 2003b. Hieronder geven wij een beschrijving van het model.

Het model berekent emissies door de totale hoeveelheid gebruikte energie (kWh) te vermenigvuldigen met een emissiefactor (g/kWh). Emissiefactoren hebben we hierboven besproken. Hieronder leggen we uit hoe het energiegebruik wordt vastgesteld.

De hierboven besproken vaartuigkilometers per vaartuigklasse en beladingstoestand dienen als startpunt bij het berekenen van het energiegebruik. Het energiegebruik per kilometer is naast de vaartuigklasse en de beladingstoestand ook afhankelijk van de hoeveelheid lading en de vaarrichting. In 2003 is dit in de praktijk onderzocht. Op basis van de resultaten van dit onderzoek heeft TNO, per scheepsklasse en beladingstoestand, het gemiddelde energiegebruik per kilometer (kWh/km) berekend.

In de zogenaamde omreken tabel combineert het EMS-model vaartuigkilometers met het energiegebruik per kilometer om tot een totale energievraag te komen. Zowel kilometers als het energiegebruik zijn gespecificeerd naar scheepsklasse en beladingstoestand. Het EMS-protocol gaat uit van 28 scheepstypes, terwijl de vaartuigkilometers verdeeld zijn over acht klassen. De omreken tabel maakt de vertaalslag tussen deze twee indelingen.

¹ Uit gegevens van Agentschap NL blijkt dat het gaat om ruim 350 gesubsidieerde CCR2-motoren.



Bij het bepalen van het energiegebruik zijn een aantal aannames gedaan:

- Indien de stroomsnelheid gelijk gesteld kan worden aan nul wordt geen onderscheid in vaarrichting gemaakt.
- Voor leegvaart wordt een correctiefactor van 0,75 toegepast op het energiegebruik. Deze waarde is afkomstig uit een enquête onder ongeveer 100 binnenschepen.
- De inzet van hulpmotoren verhoogt het brandstofverbruik met 13%. De GCN-kaarten presenteren de hieruit volgende emissies als aparte kaartlaag. Hulpmotoren met name gebruikt wanneer schepen stil liggen (al dan niet voor anker). Binnen de GCN is echter besloten deze emissies niet apart te modelleren, maar als extra ophoogfactor over alle GCN-grids gelijk mee te nemen. Overigens wordt de bijdrage van stilliggende schepen als puntbron(nen) bij projectstudies van het ministerie van V&W wel apart doorgerekend.

Naast het energiegebruik van schepen is ook hun leeftijd bepalend voor de uitstoot van NO_x en fijn stof. TNO heeft de leeftijdsopbouw van de in Nederland varende binnenvaartvloot onderzocht. Hiervoor hebben zij van 146 schepen² de leeftijd van de motor achterhaald (TNO, 2007). Op basis hiervan is de leeftijdsopbouw van de vloot vastgesteld.

Combinatie van het energiegebruik en de emissiefactoren levert per leeftijdscategorie de emissies van NO_x en fijn stof op. Sommatie over de totale vloot geeft vervolgens de totale uitstoot.

Output van het EMS-model zijn de totale emissies door binnenvaart-schepen in Nederland.

Ruimtelijke verdeling

Het EMS-protocol geeft per jaar de landelijke emissies van NO_x en fijn stof. Deze gegevens alleen zijn niet voldoende om een uitspraak te doen over de luchtkwaliteit. Hiervoor is ook de ruimtelijke verdeling van deze emissies van belang. De eerder gebruikte IVS-data zijn niet voldoende voor deze verdeling. Reden hiervoor is dat in dit systeem alleen hoofdvaarwegen worden gemeten. Het binnenvaart analysesysteem (BIVAS)³ geeft informatie over de vaartuigintensiteit op de vaarwegen in Nederland, waarbij ook de kleinere vaarwegen in kaart zijn gebracht. Deze gegevens maken het mogelijk de uitstoot van NO_x en fijn stof toe te wijzen aan vaarwegen.

BIVAS maakt gebruik van de basisbestanden goederenvervoer 2004, welke zijn samengesteld op basis van CBS-data (NEA, 2007). Informatie over scheepsgrootte, beginpunt en eindbestemming wordt door middel van modellen vertaald naar de bezetting van vaarwegen door heel Nederland.

Combinatie van de totale emissies uit het EMS-protocol en de ruimtelijke verdeling van vaartuigkilometers over verschillende vaarwegen zoals gegeven door BIVAS, geeft per locatie emissies van fijn stof en NO_x.

² Dit komt overeen met een steekproefgrootte van ongeveer 3%.

³ Meer info op: bivas.chartasoftware.com.



Emissiekaracteristieken

Emissiekaracteristieken zeggen niets over de hoeveelheid die schepen uitstoten, maar geven aan op welke manier de stoffen de bron verlaten. Deze karakteristieken zijn van belang voor de verspreiding van de stoffen in de lucht en daarmee bepalend voor de concentratie op een specifieke locatie. Voor binnenvaart zijn de hoogte van de uitstoot en de warmte-uitstoot van belang.

Zoals in de inleiding aangegeven is de warmte-uitstoot recent aangepast. TNO (2010) onderbouwt de nieuwe waarde voor deze parameter en geeft daarnaast de emissiehoogte voor binnenvaartschepen.

Zowel de emissiehoogte als de warmte-uitstoot van een schip variëren per scheepstype. Sommige schepen stoten hun uitlaatgassen onder water uit terwijl anderen uitstoten op een hoogte van enkele meters. Het OPS-model, waarvoor de emissiekaracteristieken als input dienen, gaat echter uit van een gemiddelde waarde. TNO (2010) presenteert een waarde van 4,5 m voor de emissiehoogte en 0,15 MW voor de warmte-uitstoot.

De emissiehoogte en de warmte-uitstoot zijn de belangrijkste emissiekaracteristieken voor de binnenvaart. Zij dienen naast de emissies als input voor het OPS-model. De gekozen waarden worden onderbouwd in TNO, 2010.

OPS-model

De emissies van verschillende lokale bronnen worden vertaald naar de Nederlandse luchtkwaliteit door middel van het Operational Priority Substances, ofwel het OPS-model⁴. Dit is een verspreidingsmodel, dat concentraties van NO_x en fijn stof berekent op een grid van 1x1 km. De invoer van het model bestaat uit alle relevante bronemissies (zoals industrie, landbouw, wegverkeer en binnenvaart) in combinatie met hun bron-eigenschappen als locatie, uitworphoogte en warmte-inhoud.

Het PBL beheert het OPS-model. Voor de invoer van emissies gebruiken zij de data die volgen uit het EMS-model zoals dit is weergegeven in Figuur 1. TNO levert ook de broneigenschappen van de verschillende emissiebronnen. De emissiekaracteristieken zijn hierboven reeds beschreven.

Output van het OPS-model is de concentratie van luchtvervuilende stoffen (waaronder NO_x en fijn stof) in Nederland. Deze concentratie is gegeven op een grid van 1x1 km, waarbij de bronbijdrage scheepvaart per gridcel gelijkmatig is uitgesmeerd en als aparte kaartlaag binnen de GCN is meegenomen.

3 Lokale bijdrage

Tot op heden heeft Rijkswaterstaat weinig planstudies voor de binnenvaart uitgevoerd. De komende jaren zal dit aantal echter toenemen. Bij het uitvoeren van een planstudie moet onderzocht worden wat het effect van de nieuwe situatie op de luchtkwaliteit is. De hierboven beschreven GCN-data en de lokale uitstoot van het plaatselijke verkeer bepalen samen de lokale luchtkwaliteit.

⁴ Meer info op: www.pbl.nl/ops.



Een lokaal model rekent de lokale uitstoot om naar een concentratie in de lucht. Hiervoor is voor scheepvaart nog geen standaardmodel voorhanden, de modellen die Rijkswaterstaat gebruikt zijn het Pluim-vaarwegmodel van TNO en het STACKS+-model van KEMA⁵.

Momenteel werken TNO, KEMA en Royal Haskoning, in opdracht van het ministerie van VROM en DCMR, aan een nieuw model voor het berekenen van de lokale bijdrage van scheepvaart. De intentie hierbij is dat dit model wordt ingepast in de Regeling beoordeling luchtkwaliteit (Rbl) en dat het daarmee de standaard wordt voor het berekenen van de lokale bijdrage van binnenvaart aan de concentraties van fijn stof en NO_x in de lucht. Dit model zou in de zomer van 2010 gereed moeten zijn.

Momenteel is er geen standaard model waarmee de bijdrage van binnenvaart aan de lokale luchtkwaliteit wordt berekend. KEMA, TNO en Royal Haskoning ontwikkelen thans in opdracht van VROM en DCMR een lokaal model en beschrijven de standaard rekenmethode voor scheepvaart die in de Rbl opgenomen zal worden.

4 Ontwikkelingen en aandachtspunten

In Hoofdstuk 2 hebben we uiteen gezet hoe het PBL de huidige GCN-kaarten opstelt. De methodiek en de data die hiervoor als input dienen zijn echter nog niet uitontwikkeld. Zoals de recente aanpassing van de warmte-uitstoot laat zien leiden nieuwe inzichten tot nieuwe resultaten die substantieel hoger of juist lager kunnen liggen dan de huidige resultaten. Om verrassingen in de toekomst te voorkomen is het van belang aandacht te besteden aan onzekerheden en zwakheden in de methodiek en data. Hieronder beschrijven we een aantal aspecten die in aanmerking komen voor nader onderzoek.

Opname van binnenvaart in het NSL

Door de recente aanpassing van de warmte-uitstoot is de bijdrage van binnenvaart aan de luchtkwaliteit nabij vaarwegen fors verhoogd. Op een aantal locaties vindt hierdoor overschrijding van de normen plaats. Om die op te lossen kan het ministerie maatregelen in de binnenvaartsector nemen. Het is echter onduidelijk of het effect van deze maatregelen kan worden opgenomen in de saneringstool.

In de huidige methodiek kunnen maatregelen die de uitstoot door de binnenvaart verminderen verwerkt worden in de GCN-data. Of maatregelen echter op deze manier ingeboekt kunnen worden in het NSL zou juridisch uitgezocht moeten worden. In ieder geval moet opgemerkt worden dat de GCN nadrukkelijk niet bedoeld is om het doelbereik van maatregelen vast te stellen.

De lokale bijdrage van binnenvaart is niet in detail opgenomen in de saneringstool. Deze zit alleen in de GCN-data en is daardoor dus uitgesmeerd over een 1x1 km vak. Het effect van een lokale maatregel is daardoor ook lastig te verwerken in de saneringstool.

Om dit probleem op te lossen moet onderzocht worden hoe de huidige methodiek voor het modelleren van binnenvaartemissies ingepast kan worden in het NSL. Mogelijkheden hiervoor zijn een nadere verfijning van de GCN-gridcellen zoals bij Schiphol en de Maasvlakte is gebeurd. Een stap verder

⁵ Meer info op: www.kema.com/nl/services/consulting/environment/air_quality/Default.aspx.



is om scheepvaart gelijk aan wegverkeer te zien en te modelleren als aparte lijnbron met dubbeltellingscorrectie en het effect van locatie-specifieke scheepvaartmaatregelen te vertalen naar aangepaste emissiefactoren. Deze werkwijze kan vervolgens per planstudie zijn uitwerking krijgen, dan wel geïntegreerd worden in de NSL-systematiek, met de saneringstool als rekenkundig instrument.

Emissiefactor fijn stof

Hoofdstuk 2 beschrijft de emissiefactoren voor NO_x en fijn stof. In 2007 bleek uit meetgegevens dat de emissiefactoren voor NO_x aangepast moesten worden. De studie uit 2007 presenteert ook resultaten voor fijn stof. De gemeten emissiefactor ligt hoger dan de huidige emissiefactor. Doordat het aantal bruikbare metingen echter erg laag was, kan niet geconcludeerd worden dat de gemeten emissiefactor significant verschilt van de huidige emissiefactor.

Na dit onderzoek is de emissiefactor voor fijn stof niet verder onderzocht. De TNO-metingen kunnen er echter op duiden dat de daadwerkelijke emissiefactor hoger ligt dan tot nu toe wordt gedacht. Onderzoek naar de correcte waarde wordt dan ook aanbevolen.

Onzekerheid en validatie van gegevens

Een groot deel van de inputdata berust op schattingen of beknopte studies (zie Bijlage A). Omdat binnenvaart eerder geen grote bijdrage leverde aan de concentraties van NO_x en fijn stof, was er geen urgentie om deze data te valideren. Nu blijkt dat deze emissiebron van belang is, lijkt het ook goed om meer aandacht te besteden aan validatie van de inputdata. Uit een workshop met experts uit het werkveld (19 mei jl.) zijn een aantal parameters herleid die binnen de huidige scheepvaartbijdrage in de GCN niet of slecht onderbouwd zijn:

- kenmerken van vaarwegen (van invloed op het energiegebruik);
- scheepskarakteristieken als snelheid en vermogen;
- leeftijdsopbouw van de vloot;
- ruimtelijke verdeling van schepen over vaarwegen;
- emissiehoogte;
- warmte-uitstoot.

De eerste parameters hebben te maken met de kwaliteit van de invoerdata in de modellen, welke door extra monitoring verbeterd kunnen worden. De laatste twee parameters zijn vaste modelparameters, die een rol spelen in de rekenregels in het OPS-model.

Advies

De genoemde parameters hebben grote invloed op de uiteindelijke bijdrage van binnenvaart aan de Nederlandse luchtkwaliteit. We bevelen dan ook aan een gevoeligheidsanalyse te doen voor deze parameters en de belangrijke parameters verder te onderzoeken. Hiervoor kan een aanpak gekozen worden waarbij de bijdrage van de scheepvaart wordt bepaald in een 0-situatie, waarbij de gangbare data worden gebruikt. De bovenstaande parameters zouden dan gevarieerd moeten worden (bijvoorbeeld -50.. -20.. 0.. +20..+50, maar afhankelijk van parameter), om de gevoeligheid van het model voor de parameters aan te tonen. Op basis van de uitkomsten van deze analyse kan een plan worden gemaakt over welke parameters beter moeten worden onderbouwd.

Bijlage A geeft een eerste aanzet tot een gevoeligheidsanalyses. Voor een nadere beschouwing is diepgaander onderzoek noodzakelijk.



Daarnaast is een validatie van de modellen aan bestaande metingen ook een mogelijkheid om de nauwkeurigheid van de modellen te toetsen.

5 Referenties

NEA, 2007

Basisbestanden goederenvervoer 2004 binnenvaartmatrix
Rapportnummer: R20070127/30378000/dui/rlo

TNO, 2003a

H. Oonk, J. Hulskotte, R. Koch, G. Kuipers, J. van Ling
Methodiek voor afleiding van emissiefactoren van binnenvaartschepen
Rapportnummer: R2003/437 (versie 2)

TNO, 2003b

Jan Hulskotte (TNO), Ernst Bolt (AVV), Dick Broekhuizen (AVV)
EMS-protocol Emissies door Binnenvaart: Verbrandingsmotoren
Versie 3
November 2003

TNO, 2007

Jan Duyzer (TNO), Hilbrand Weststrate (TNO), Arjan Hensen (ECN),
Aline Kraai (ECN)
Onderzoek naar emissiefactoren voor fijn stof en stikstofdioxide voor de
binnenvaart
Rapportnummer: 2007-A-R0791/B

TNO, 2010

Dröge R., B. Jansen, J.H.J. Hulskotte, A.J.H. Visschedijk en D.C. Heslinga
Verbetering en onderbouwing van de emissiekenmerken van individueel
en collectief geregistreerde bronnen, TNO-rapport (in voorbereiding)
Utrecht : TNO Bouw en Ondergrond, 2010



Bijlage A Validatie van relevante parameters

Tabel 1 Validatie van relevante parameters

Emissies	Gevalideerd?	Belang
Snelheid-vaarweg-vermogen	Nee	Lineair met emissies
Fysische vaarwegkenmerken	Nee	Lineair met emissies
Ruimtelijke verdeling	Nee	Locale bijdrage emissies
Emissiefactoren	Deels	PM-emissie niet goed gevalideerd
Directe NO ₂ fractie	Nee	Ruwe schatting
Leeftijd motoren	Nee	Toekomstige emissies
Verspreiding		
Emissiehoogte	Schatting	Matig
Pluimstijging gekoppeld aan warmte-output	Nee	Groot

Bron: TNO, Jan Hulskotte.

