

## 10. Conclusies van het onderzoek van de projectgroep

### 10.1 Verschillen tussen de drie benaderingen

Het UUR-VOOR-UURMODEL is voor de gebruiker een doorzichtige benadering. *Hierin wordt een aaneengesloten en representatieve tijdreeks van weersituaties doorgerekend.* Daarmee wordt een tijdreeks van concentraties gegenereerd die direct kunnen worden gemiddeld of waarvan direct de percentiel-waarden kunnen worden bepaald. Bovendien is het op eenvoudige wijze mogelijk een in de tijd variërende emissiehoeveelheid in de berekening mee te nemen. Daarmee zijn correlaties tussen de emissie, de meteorologische omstandigheden (dag-nachtritme, seizoensvariaties enzovoort) en de achtergrondconcentraties in de berekeningen opgenomen. *Als praktisch nadeel geldt dat de rekentijden bij een groot aantal bronnen en receptorpunten soms aanzienlijk kunnen zijn bij de huidige generatie computers.*

De bewerking van een omvangrijke meetreeks hoeft bij toepassing van de MONTE-CARLO-METHODE en het KLASSENMODEL slechts één keer plaats te vinden. Bij het KLASSENMODEL wordt de reeks meteorologische condities (vijf of meer jaar uurlijkse waarnemingen) omgezet in een frequentietabel van voorkomende meteorologische condities. Deze tabel kan dan verder als invoer voor alle volgende toepassingen gelden. Bij toepassing van de MONTE-CARLO-METHODE wordt de steekproef genomen uit alle uren van de reeks met meteorologische condities. Bij toepassing van het uur-tot-uur-model dient de reeks steeds geheel te worden nagelopen. Een en ander leidt ertoe dat de rekentijd bij de statistische methode onafhankelijk is van de lengte van de gebruikte tijdreeks, terwijl in het UUR-VOOR-UURMODEL en de MONTE-CARLO-METHODE de rekentijd evenredig zal zijn met de lengte van de tijdreeks. De representativiteit van de rekenresultaten zal met een langere meetreeks uiteraard toenemen.

Het KLASSENMODEL gaat per definitie uit van een in de tijd constante (= gemiddelde) emissie. Daardoor is minder invoer informatie noodzakelijk, maar worden, vooral indien fluctuaties in de emissies bekend zijn, ook minder juiste resultaten verkregen, in het bijzonder bij percentielberekeningen. Het UUR-VOOR-UUR-MODEL en de MONTE-CARLO-METHODE kunnen beide wel met fluctuaties in de emissiesterke rekening houden; uiteraard kan eveneens een constante, lange-termijngemiddelde emissie worden ingevoerd. Bij de geklassificeerde methode kan in principe wel een van de specifieke meteorologische conditie afhankelijke emissie worden ingevoerd om een eventuele correlatie tussen beide grootheden in rekening te brengen. Dit lijkt evenwel een weinig zinvolle kunstgreep.

Al met al lijkt het KLASSENMODEL bij het berekenen van een lange-termijn gemiddelde concentratie als gevolg van een in de tijd constante of gemiddelde emissie op voorhand eenzelfde resultaat op te moeten leveren als het UUR-VOOR-UUR-MODEL. Dat is ook bevestigd in het onderzoek.

Het direct berekenen van de (hogere) percentielen is met het KLASSENMODEL niet mogelijk. Daarom is de in het verleden ontwikkelde LTFD-methode [2] die deel uitmaakte van het oude Nationaal Model opnieuw aan het KLASSENMODEL gekoppeld. In de LTFD-methode zit een aantal aannames:

- concentratieverdelingen hebben een lognormale verdeling
- de vorm van de verdeling is voor iedere windrichting dezelfde
- de vorm van de verdeling wordt niet belangrijk gewijzigd door toevoeging of verwijdering van een bron
- de vorm van de verdeling is niet afhankelijk van de stof

Over het algemeen wordt waarschijnlijk aan geen van deze voorwaarden voldaan. De lognormale verdeling wordt soms wel gevonden, maar soms niet. Bij verschillende windrichtingen zijn de verdelingen in het algemeen verschillend. Toevoeging van een nieuwe bron verandert de verdeling meestal niet belangrijk, omdat de toevoeging doorgaans klein is t.o.v. de achtergrond, maar dat is niet altijd het geval. De laatste aanname is niet onderzocht. De bezwaren die aan de LTFD-methode kleven zijn voor KEMA de aanleiding geweest om op een laat moment voor te stellen via een steekproefbenadering de rekentijd te verkorten. Na instemming vanuit de Projectgroep is in korte tijd door de KEMA de MONTE-CARLOMETHODE ontwikkeld en via vergelijkende berekeningen met het Referentiemodel onderzocht.

De koppeling van de bronbijdrage met achtergrondconcentraties verloopt verschillend in het KLASSENMODEL ten opzichte van de beide andere methoden. Bij het UUR-VOOR-UURMODEL en de MONTE-CARLOMETHODE dienen de achtergrondconcentraties op uur-voor-uur-basis bij de bronbijdrage te worden opgeteld. Deze zijn echter slechts voor een beperkt aantal componenten in Nederland beschikbaar. In de LTFD-methode voorziet de aanname van lognormaliteit bij toepassing op een gemiddelde achtergrondconcentratie per windsector in een aan het KLASSENMODEL aangepast bestand. Met behulp van de aanname van lognormaliteit zou ook een uur-voor-uur-bestand kunnen worden gegenereerd voor toepassing in UUR-VOOR-UURMODEL en MONTE-CARLOMETHODE, maar in het onderzoek is dit niet meer uitgewerkt.

## 10.2 Het beoordelingsproces van de drie rekenwijzen in de Projectgroep

In de Projectgroep was bij voortdurende een tweeledige vraag aan de orde: voldoet een voorgestelde methode uit wetenschappelijk oogpunt aan te stellen voorwaarden en levert de methode voor de gebruiker een praktisch hanteerbaar hulpmiddel op dat in redelijke mate overeenstemt met wat het Referentiemodel berekent?

Na de uitspraak van de begeleidingscommissie dat het UUR-VOOR-UURMODEL in het nieuwe Nationaal Model diende te worden opgenomen is, nadat een voldoende gedetailleerde beschrijving was verkregen, over dit model de wetenschappelijke consensus opnieuw vastgesteld. Over de praktische hanteerbaarheid van het model voor de gebruiker liepen de inzichten

aanvankelijk niet parallel. De omstandigheid dat het Nationaal Model ook gebruikt moest kunnen worden voor het doorrekenen van een complex bronnengebied bracht echter ook in de Projectgroep algemene instemming teweeg met het voorstel om naast het UUR-VOOR-UURMODEL ook snellere rekenwijzen aan te bieden.

Bij het beoordelen van het KLASSENMODEL en de MONTE-CARLOMETHODE werd de Projectgroep gehinderd doordat slechts een beperkte set vergelijkende berekeningen beschikbaar was op de afsluitende vergadering. Omdat het onderzoek aan het einde van het project snel diende te worden afgerond konden de twee methoden niet meer volledig ontwikkeld en getoetst worden. Dat heeft de mogelijkheden tot het bereiken van consensus bemoeilijkt.

Omdat het UUR-VOOR-UURMODEL per definitie de nauwkeurigste resultaten geeft en eind 1997 de penetratie van snellere Personal Computers op de markt al aanzienlijk was voortgeschreden was er consensus dat in kritische situaties met een of enkele bronnen steeds uur-bij-uur gerekend dient te worden. De snelle methoden hebben dan een functie als screeningsmodel. Als criterium of een situatie kritisch is werd voorgesteld dat bijdrage + achtergrond tenminste een factor 2 onder de toetsen waarde moet liggen.

### 10.2.1 Beoordeling KLASSENMODEL

Om tot een snellere rekenmethode te komen was door TNO voorgesteld het oude Nationaal Model te voorzien van een klassificatie die aansloot bij de systematiek van het Referentiemodel. Voor lange-termijngemiddelden kon worden aangetoond dat deze benadering bevredigende resultaten opleverde. Voor het berekenen van percentielwaarden werd voorgesteld de LTFD-methode in het nieuwe KLASSENMODEL op te nemen. Daarbij werd er door TNO vanaf gezien om een methode voor het berekenen van  $\text{NO}_2$ -concentraties aan de LTFD-methode te koppelen. Omdat  $\text{NO}_2$  een dagelijkse gang vertoont in afhankelijkheid van de lichtintensiteit leek het niet haalbaar een methode met voldoende kwaliteit te ontwikkelen binnen de LTFD-methode. Of koppeling met de gebouwmodule acceptabele resultaten oplevert is niet onderzocht. Ook de koppeling met achtergrondconcentraties is niet onderzocht.

Op een aantal vergaderingen is gesproken over de theoretische bezwaren die tegen de LTFD-methode zijn in te brengen (zie 10.1). Daarnaast zijn ervaringen met de oude methode besproken. De verdelingsfunctie blijkt bij een hoge bron bijvoorbeeld verschillend te zijn bij verschillende afstand tot de bron. Ook is geconstateerd dat optellen van een berekende bijdrage van een bestaande bron bij achtergrondconcentraties soms geen goede overeenstemming geeft met metingen. Vergelijkende berekeningen lieten zien dat de overeenstemming met het REFERENTIEMODEL bij toenemende bronhoogte minder goed werd.

Om deze redenen was de Projectgroep in meerderheid van mening dat de LTFD-methode en daarmee ook het KLASSENMODEL niet in aanmerking zou moeten komen voor opname in het Nationaal Model.

Vanuit toepassingsoogpunt zou daarmee echter een stukje functionaliteit van het oude Nationaal Model verloren zijn gegaan. Indien de bijdrage van een nieuwe bron aan een bestaande

achtergrond dient te worden berekend is daarvoor in de UUR-VOOR-UURMETHODE (en ook bij de MONTE-CARLOMETHODE) een bestand van uurwaarden vereist. Dat is met enig geografisch detail in Nederland alleen beschikbaar voor de componenten van het Landelijk Meetnet Luchtverontreiniging, de zg AMvB-componenten (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>/NO/NO<sub>2</sub>, CO, ozon, lood en stof). Andere componenten worden in Nederland niet in dit detail gemeten. In de LTFD-methode voorzag dezelfde aanname van een lognormale verdeling in zo'n bestand, indien kon worden beschikt over een lange-termijngemiddelde per windrichting. Om deze functionaliteit ook in het nieuwe Nationaal Model te behouden is daarom door de Projectgroep aanbevolen het KLASSENMODEL i.v.m. deze toepassing toch op te nemen. Een meerderheid van de Projectgroep wilde dit, gezien de hierboven (10.1) aangegeven bezwaren, echter beperken tot uitsluitend deze toepassing. Gezien de t.o.v. het oude Nationaal Model sterk verbeterde en bevredigende prestaties van het KLASSENMODEL bij het berekenen van o.m. de lange-termijngemiddelden vond een minderheid deze beperking niet acceptabel en werd op dit punt geen consensus bereikt.

De bereikte conclusies en concept-aanbevelingen zijn gerapporteerd aan de begeleidingscommissie met daarbij het verzoek een uitspraak te doen op het in de Projectgroep open gelaten punt van de toepassing van het KLASSENMODEL.

### 10.2.2 Beoordeling MONTE-CARLOMETHODE

De MONTE-CARLOMETHODE kon beoordeeld worden aan de hand van vergelijkingen met het REFERENTIEMODEL voor lange-termijngemiddelden, 95-, 98- en 99- en 99,5-percentielwaarden, droge, natte en totale depositie voor 1-uurswaarden; ook waren er resultaten voor 24-uursblokken en was de invloed van de variatie in terreinruwheid nagegaan. De Monte-Carlomethode die dichter bij het REFERENTIEMODEL blijft dan het KLASSENMODEL bleek op deze punten meestal betere overeenstemming te vertonen, zoals in deelrapport III is gerapporteerd. Er waren geen gegevens over de berekening van NO<sub>2</sub>-concentraties, optellen van de bijdrage van een bron bij achtergrondconcentraties en de invloed van een gebouw. Het principe van de steekproef was echter voldoende doorzichtig voor de Projectgroep om de MONTE-CARLOMETHODE te accepteren als een elegante methode om de rekentijd te bekorten. Ook bij de Monte-Carlomethode neemt de overeenstemming met het Referentiemodel af bij toenemende bronhoogte, zodat voor het toepassingsgebied een begrenzing moest worden afgesproken. Voor iedere toepassing is aangegeven of die acceptabel was en zo ja, voor welke schoorsteenhoogtes.

## 10.3 Conclusies van de Projectgroep

1. Het model STACKS van de KEMA is in het project Revisie Nationaal Model (1995-1997) door de Projectgroep beoordeeld en na aanpassing geaccepteerd als model waarin de huidige kennis van de grenslaagmeteorologie optimaal is gebruikt. Het is in detail gedocu-

- menteerd en heeft de status van REFERENTIEMODEL gekregen waarop andere modellen dienen te worden geijkt.
2. Van het REFERENTIEMODEL zijn in Nederland twee onafhankelijke implementaties voor Personal Computer geprogrammeerd, waarvan is vastgesteld dat ze binnen een zekere marge gelijke rekenresultaten opleveren.
  3. In het project is op basis van het REFERENTIEMODEL een drietal onderling verwante rekenwijzen ontwikkeld en beoordeeld:
    - het UUR-VOOR-UURMODEL; dit model is in essentie gelijk aan het REFERENTIE-MODEL.
    - het KLASSENMODEL; dit model is afgeleid van het REFERENTIEMODEL door uren met ongeveer dezelfde verspreidingskarakteristiek in klassen samen te nemen; voor het berekenen van percentielwaarden wordt de LTFD-methode uit het oude Nationaal Model gebruikt;
    - de MONTE-CARLOMETHODE; bij deze methode wordt een a-selecte steekproef uit het totaal aantal uren van het UUR-VOOR-UURMODEL doorgerekend.
  4. Het Nationaal Model wordt gevormd door het UUR-VOOR-UURMODEL; het KLASSENMODEL en de MONTE-CARLOMETHODE zijn door de begeleidingscommissie aanbevolen benaderingen met een afgebakend toepassingsgebied (ook te noemen: de snellere modellen). Het verschil in status wordt veroorzaakt door de geringere nauwkeurigheid van deze modellen.
  5. Met het Nationaal Model is het mogelijk om berekeningen uit te voeren van de onderstaande grootheden:
    - lange-termijngemiddelde concentraties
    - percentiel-waarden in het bereik 0 tot 99,9
    - korte-termijn concentraties met een kleinste tijdstap van één uur
    - droge, natte en totale depositie

Het Nationaal Model is geldig in een gebied tussen 100 meter en 25 km van de bron; het geldt voor relatief inerte verbindingen, maar ook voor stikstofdioxide.
  6. Indien het Nationaal Model wordt toegepast om de bijdrage van een nieuwe bron te berekenen dient gekozen te worden uit de langjarige gegevens van de stations Schiphol of Eindhoven als meteorologische invoer. De tijdreeks dient tenminste een periode van vijf jaar en bij voorkeur 10 jaar te beslaan.
  7. Het aanbevolen gebruik van de drie rekenwijzen is afhankelijk van de toepassing en verschillend indien de bijdrage van slechts enkele bronnen moet worden geschat of indien de concentratie in een gebied met veel bronnen gevraagd is. Een tweede criterium dat bepalend is voor de keuze van een rekenwijze is het al of niet beschikbaar zijn van uurgemiddelde achtergrondconcentraties. In arbitragegevallen geldt alleen het UUR-VOOR-UURMODEL.

## 10.4 Concept-aanbevelingen van de PROJECTGROEP

Gezien de verschillen in overeenstemming van de snelle methodes met het REFERENTIEMODEL en ook onderling zijn de grenzen van de toepasbaarheid van elk der drie rekenwijzen

gedetailleerd geformuleerd aan de hand van de resultaten zoals die in hoofdstuk 6 zijn samengevat. Deze zijn als concept-aanbevelingen aan de begeleidingscommissie aangeboden met het verzoek een uitspraak te doen over de controversen ten aanzien van de opname van het KLASSENMODEL. Dit concept heeft vervolgens geresulteerd in de in Hoofdstuk 11 opgenomen Aanbevelingen van de Begeleidingscommissie.

## 10.5 Onderwerpen voor toekomstig onderzoek en onderhoud

Het project Revisie Nationaal Model heeft met de oplevering van een nieuw consensus-model en twee benaderingen daarvoor aan zijn doel beantwoord. Dat wil niet zeggen dat alle wetenschappelijke vragen zijn opgelost en dat alle gewenste toepassingen nu beschikbaar zijn. Gedurende de looptijd van het project en opnieuw bij de beëindiging ervan kwam een aantal onderwerpen aan de orde waarover het laatste woord nog niet werd gesproken. Hieronder wordt vastgelegd wat nog voor nader onderzoek in aanmerking komt en bij toekomstig onderhoud kan worden toegevoegd aan het Nationaal Model.

1. Percentielberekeningen bij ontbrekende gedetailleerde achtergrondconcentraties zijn tijdens het project geen onderwerp van onderzoek geweest. Het verdient aanbeveling om de gegeven schattingen van de daardoor geïntroduceerde onnauwkeurigheid nader in kaart te brengen en naar oplossingen te zoeken om fouten onder die omstandigheden te minimaliseren.
2. De percentielberekening volgens de LTFD-methode die bij hogere bronnen sterk afwijkt komt, op basis van thans bekende oorzaken daarvan, voor verbetering in aanmerking. In onderzoek hiernaar dient ook de vorming van stikstofdioxide betrokken te worden.
3. De percentielberekening bij andere middelingstijden dan 1 uur in de snelle methoden dient nader gepreciseerd.
4. De recent gepresenteerde dataset van meetgegevens rond een bron in Indianapolis komt in aanmerking voor een validatiestudie. Met name de aanbeveling uit Amerikaans onderzoek met behulp van deze dataset de Monin-Obukhovlengte  $L$  zo te kiezen dat  $L > 100 x$  zo zou gecheckt moeten worden.
5. De kwaliteit van het Nationaal Model voor de berekening van de verspreiding uit lage en oppervlaktebronnen is onvoldoende bekend en dient, zodra aanvullend validatiemateriaal beschikbaar is getoetst te worden.
6. Onderzoek naar een methode voor het schatten van concentraties over kortere middelingstijden dan 1 uur wordt aanbevolen.
7. Onderzoek naar een methode voor verspreidingsberekeningen van emissies uit een bron in complex bebouwd (stedelijk, industrieel) gebied is dringend gewenst.
8. In de modellering van de droge depositie van  $SO_2$  dient rekening te worden gehouden met de reversibiliteit van het scavengingproces.