

Fijn stof: wat veroorzaakt de hoge dagwaarden?

Dr. J.J. (Hans) Erbrink en Ing H. Spoelstra, KEMA Nederland B.V.I,
PO box 9035, 6800 ET Arnhem, Hans.erbrink@kema.com

Samenvatting

PM10 is al enkele jaren een bron van zorg in het Nederlandse milieubeleid. Er worden veel plannen opgetuigd om de pm10 niveaus in Nederland te verlagen. Deze volgen een driesporen beleid: bevorderen van maatregelen op EU niveau, het nemen van maatregelen op nationaal niveau en een mix aan maatregelen op lokaal niveau. In deze discussie is de vraag aan de orde wat nu eigenlijk aan de hand is op dagen dat de pm10 niveaus de normen overschrijden. Met andere woorden: wat veroorzaakt de pm10 concentraties op de zogenaamde overschrijdingsdagen? Dit artikel poogt daartoe een bijdrage te leveren.

1 INTRODUCTIE

Fijn stof is een verzamelnaam van allerlei zwevende deeltjes met een aerodynamische diameter van rond de 10 μm en kleiner. Het wordt verantwoordelijk gehouden voor gezondheidseffecten die van significant belang zijn. In de media is hier veel aandacht voor en daar is een tendens het gezondheidseffect van fijn stof enigszins of zelfs sterk te bagatelliseren. Het gezondheidseffect zou slecht of helemaal niet aangetoond zijn. Waar zijn die 18000 fijn stof doden? In het blad Milieu gaat Bert Brunekreeft terecht hiertegen tekeer [1] door aan te tonen dat de gezondheidseffecten wel degelijk zijn onderbouwd. Op overtuigende wijze toont hij aan dat de normen voor pm10 niet zomaar uit de lucht zijn gegrepen. Ook bij het MNP bestaat de overtuiging dat als er ergens een milieu effect momenteel een significante maatschappelijke impact heeft, dit de fijn stof problematiek is (afgezien van het versterkte broeikaseffect).

De problematiek staat dus terecht op de agenda, echter de vraag is dan op welke wijze en door welke instanties er door (aangescherpt) beleid de pm10 problematiek kan worden terug gedrongen. Hetzij opgemerkt dat pm10 niet de enige luchtvervuilende stof die de aandacht behoeft en heeft; de NO₂ problematiek is er ook en heeft er naast het gezondheidsaspect bovendien nog enkele dimensies bij (verzuring, vermesting, ozon). Het gezondheidseffect van NO₂ is echter minder duidelijk aangetoond bij de heersende niveaus in de buitenlucht dan voor pm10.

In dit artikel zullen we een case studie behandelen die is uitgevoerd in het kader van de realisatie van de Tweede Maasvlakte. In de aanloop van dit realisatieproject bleek al gauw dat verbetering van de luchtkwaliteit een serieuze opgave zou gaan betekenen. Immers in deze regio zijn de fijn stof niveaus al rond of boven de grenswaarden zodat een extra verhoging niet toelaatbaar is en een mix aan maatregelen nodig is om de effecten te neutraliseren. In deze discussie speelde de vraag wat er aan de hand is op dagen dat de pm10 niveaus boven de limiet van 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ uitstijgen. Algemeen bestaat het besef dat dan de meteorologische omstandigheden niet gunstig zijn, met als gevolg een slechte

verspreiding van pm10. De vraag is dan of het aanpakken van regionale/lokale bronnen bijdraagt aan de verlaging van de niveaus.

2 METHODIEK

Om de vraag naar de oorzaken van de hoge pm10 concentraties beantwoord te krijgen is naar twee dingen gekeken:

- Analyse van fijn stof metingen in de Rijnmond. Daarbij is gekeken naar metingen op een aantal locaties, vooral ook in de buurt van bronnen, waaraan van oudsher een flinke lokale bijdrage aan de pm10 niveaus wordt toegedacht.
- Modelberekeningen met het Nieuw nationaal Model aangevuld met verbeteringen en uitbreidingen voor verkeer en scheepvaart in het KEMA model STACKS. Dit model is recent door VROM goedgekeurd voor toepassing op alle verkeerssituaties en industriële bronnen. Daarmee kunnen integrale berekeningen worden gemaakt.

2.1 Analyse van meetgegevens

In de Rijnmond is zowel het RIVM als de DCMR actief op het gebied van continue metingen van de luchtkwaliteit (zie figuur1). Over de periode van 2002-2003 zijn de meetwaarden van pm10 en TSP (Total Suspended Particles) gebruikt om windrozen van verontreiniging te maken. Als er ergens in de regio bronnen aanwezig zijn, die op lokaal niveau bijdragen aan de niveaus verraden deze bronnen zich snel in dit soort diagrammen. Bovendien zijn de gegevens (uurgemiddelden) gebruikt om correlaties te vinden tussen de pm10 concentraties (daggemiddelde) en allerlei meteofactoren.

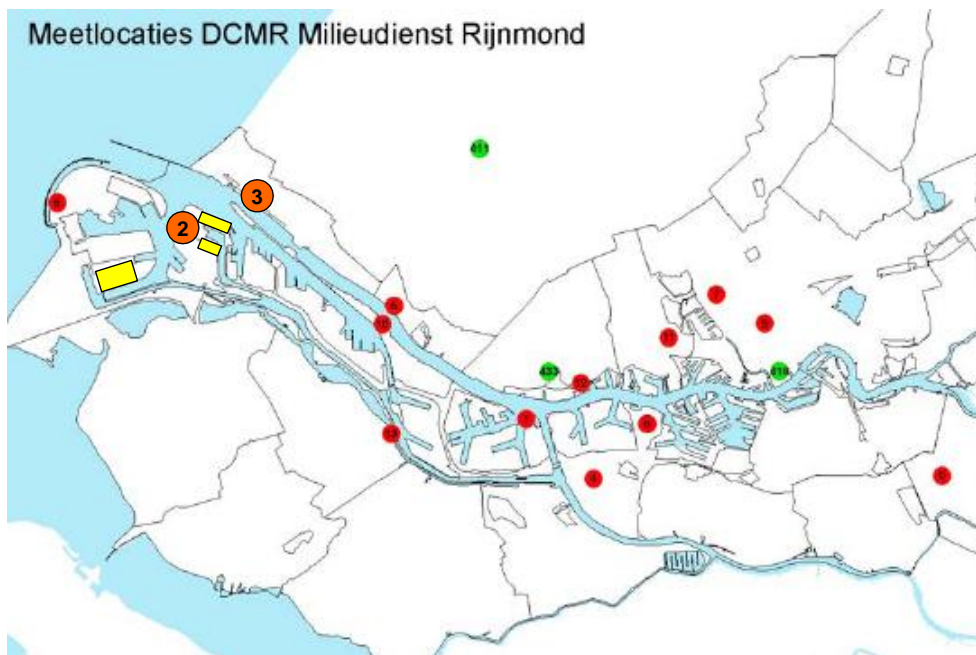
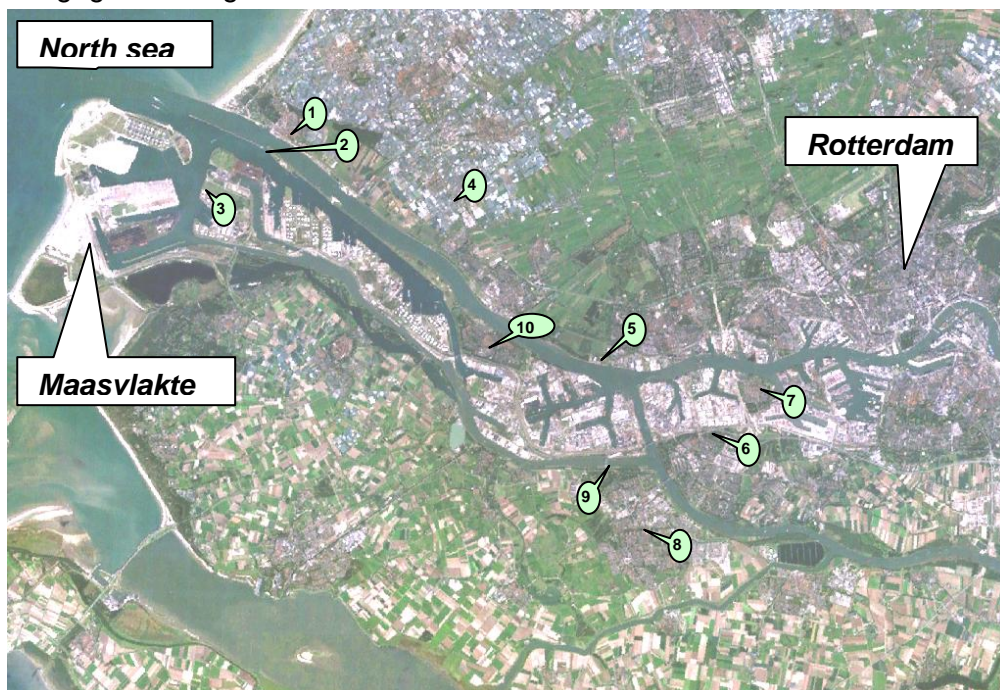


Figure 1. Monitoring stations in het Rijnmond gebied, nummers verwijzen naar meetstations; de gele blokjes zijn de op- en overslagbedrijven in op de Maasvlakte

Tenslotte zijn deze gegevens tot daggemiddelden bewerkt om ze te vergelijken met een andersoortige meteoparameter: de grootschalige weertypering van de weersystemen in Europa. De Duitse weerdienst stelt data beschikbaar waarin de grootschalige luchtstromingen in Europa zijn ingedeeld in wat zij noemen de Grosswetterlagen (GWL). Deze GWL's worden op dagbasis samengesteld door interpretatie van de weerkaarten door het KNMI van Duitsland (Deutsche Wetterdienst). Deze GWL's geven goed aan hoe de transportstromingen in Europa lopen en tevens hoe de drukverdelingen zijn.

2.2 Berekeningen met KEMA STACKS+

Het KEMA STACKS + model is gebruikt om de invloed van allerlei lokale bronnen op de pm10 niveaus in de regio na te gaan. Dit is gedaan op zowel alle dagen van de periode 2002-2003 als op alleen de dagen dat daggemiddelde pm10 concentratie hoger is dan 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Immers, het is mogelijk dat op deze zogenaamde overschrijdingsdagen de bijdrage van lokale bronnen juist hoger is dan "normaal". Daarmee wordt dan zichtbaar wat het effect is van een eventuele afwijkende meteo op deze dagen. Het model gebruikt daartoe de achtergrondconcentratie bestanden zoals die door het MNP ter beschikking zijn gesteld, de zogenaamde GCN's (generieke concentraties in Nederland). De emissies van bronnen in het gebied zijn door DCMR geïnterpreteerd: daarin zijn de emissies van hoge en lage bronnen opgenomen, zowel de puntbronnen als de diffuse emissies van met name de op- en overslagbedrijven in de Botlek en in Europoort. In het kader van het project Mainport Rotterdam zijn eveneens scheepvaartemissies geïnterpreteerd en zijn enkele snelwegen doorgerekend; daarbij gaat het om de A15 (van de Maasvlakte tot aan het Vaanplein) en de A4. Berekeningen zijn uitgevoerd voor enkele specifieke locaties in de regio. Deze zijn aangegeven in figuur 2.

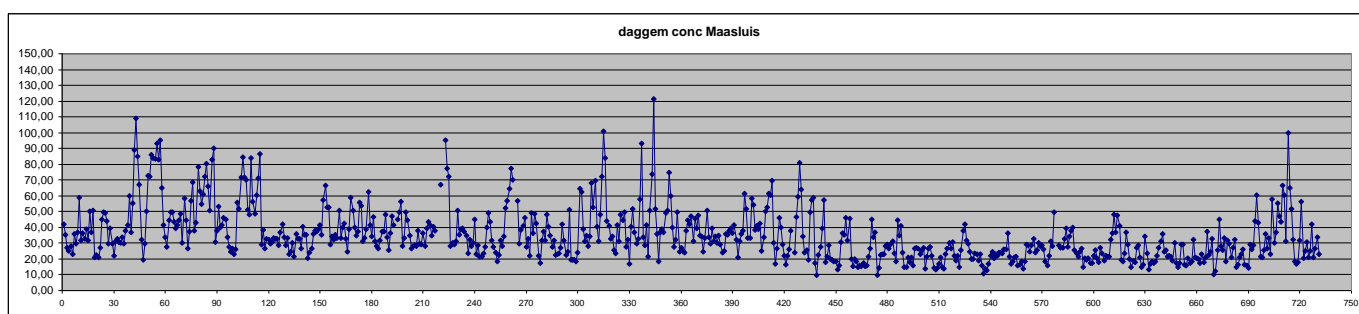


Figuur 2. Het Rijnmond gebied. Groene punten geven de locatie aan waarvoor de berekeningen met het verspreidingsmode KEMA STACKS+ zijn uitgevoerd.

3 RESULTATEN

3.1 Analyse van meetgegevens

De pm10 meetgegevens (uurwaarden) zijn onderzocht in hoeverre deze samenhangen met allerlei lokale parameters: windrichting, windsnelheid, bewolking, neerslag, seizoen, op uurgemiddelde of daggemiddelde basis. Deze correlaties leveren echter weinig op. Weliswaar is er een lichte voorkeur voor wind uit zuid tot oost op de overschrijdingsdagen, maar grootschalige effecten lijken veel meer bepalend. De gemeten daggemiddelde pm10 concentraties zijn overigens bepaald niet willekeurig over het jaar verdeeld. Het blijkt dat de hogere concentraties sterk in groepen voorkomen: de episoden met verhoogde luchtverontreiniging. Figuur 3 laat de tijdreeks zien van pm10 concentraties in Maassluis. Het maakt eigenlijk niet veel uit welk station er gebruikt wordt: de histogrammen lijken allemaal erg op elkaar: dit is al een aanwijzing dat er grote samenhang is tussen de concentraties op de ene en de andere plaats, hetgeen duidt op een gezamenlijke verklarende factor. Het blijkt dat 2/3 van de overschrijdingsdagen in de episoden (een periode met verhoogde stofconcentraties van meer dan 2 a 3 dagen) vallen en 1/3 valt erbuiten. Dit betekent dat niet alleen lokale parameters zoals windrichting, windsnelheid als verklarende variabelen meegenomen zouden moeten worden, maar ook bepaalde grootschalige patronen. Daarom is gekeken naar een niveau hoger: welke grootschalige samenhang in de Pm10 concentraties zien we? Het optreden van bepaalde weersystemen blijkt wél een grote samenhang met deze perioden te vertonen. Er blijkt een grote samenhang met de GWL's te zijn voor deze perioden.



Figuur 3. Tijdreeks van gemeten daggemiddelde concentraties in Maassluis.

De GWL data zijn gewoon verkrijgbaar via het internet. (www.dwd.de/de/wir/Geschaefsfelder/Medien/Leistungen/GWL). Van alle gemeten pm10 en TSP metingen selecteerden we de dagen dat op minstens 4 van 6 stations een waarde hoger dan 50 µg/m³ optrad.

Het is opvallend dat begin en einde van een episode veelal samenvalt met een verandering in de weersystemen. Perioden met hoge daggemiddelden treden op bij weertypen met een hogedruk invloed in west Europa en een anticyclonale stroming. In tabel 1 zijn de frequenties gegeven van hoge druk typen en van de "overige" typen. Aangegeven is hoeveel dagen dit

betreft en hoeveel dagen hierin vallen met een pm10 concentratie groter 50 ug/m³. Het blijkt dat alle episodes (75 dagen) in de hoge druk typen vallen; als er cyclonale stromingen zijn, is er ook geen episode. (Omgekeerd, als er hoge druk invloed is, is er niet altijd een pm10-episode). Dit betekent dat in deze episoden er geen neerslag is en er door de hoge druk invloed er een soort putdeksel op de atmosfeer ligt, waardoor uitwisseling met hogere luchtlagen onmogelijk is. Fijn stof komt gemakkelijk in de atmosfeer door het droge weer, het accumuleert er ook door het uitblijven van neerslag en het verplaatst zich van de brongebieden door Europa en ook naar Nederland. In deze perioden ligt er een deken van stoffigheid over Europa. Of het Nederland ook bereikt hangt dan af van windrichting en snelheid op allerlei plaatsen en is niet uit onze locale windrichtingsmetingen af te leiden.

Deze conclusie dat dit grootschalige transport overheersend is bij het optreden van overschrijdingsdagen wordt ook door anderen ondersteund. Zo concludeerden studies uit 2004 [3,8]. naar omvang en fijn stof concentraties in Duitsland (o.a. het Ruhrgebied) dat vooral anticyclonale stromingen ten grondslag liggen aan de overschrijdingsdagen en dat het beheersen van deze dagen niet op lokale schaal mogelijk is. De DCMR heeft deze samenhang ook al onderkend [4] en in het alleszins leesbare fijn stof document van Ed Buijsman [5]. Daarin lezen we: "Hieruit blijkt duidelijk dat luchtverontreiniging door fijn stof voor een groot deel een grootschalig verschijnsel is. Hoge concentraties zijn niet incidenteel en lokaal bepaald, maar gebeuren over een groot gebied." Dit is precies wat we uit onze case studie concluderen. Dit document is ook om andere redenen aan te bevelen om eens goed te lezen. Hierin wordt met groot gevoel voor balans helder gemaakt hoe de (on)zekerheden over de fijn stof problematiek in elkaar steken.

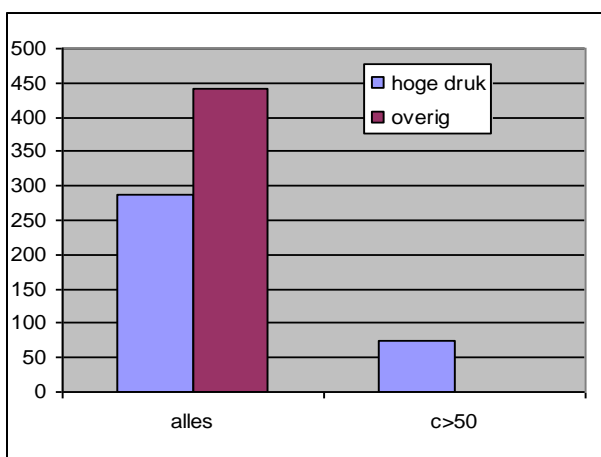
Dit betekent ook dat de mogelijkheden om op lokaalniveau iets aan fijn stof te doen, zijn beperkingen kent. Lokaal beleid zou zich - als we kijken naar effectiviteit - beter kunnen richten op de NO₂ concentraties. In de studie van Ebel wordt bovendien ook aangetoond dat op de dagen dat de pm10 concentraties hoog zijn, die vooral het gevolg is van toegenomen concentratie secundair aerosol. Het aandeel elementair koolstof (lees roet) is minimaal.

Dat neemt overigens niet weg dat maatregelen aan het verkeer in veel gevallen zinnig kunnen zijn. Immers, als de gezondheidseffecten vooral aan het roetdeel in pm10 toegewezen moeten worden, moeten de maatregelen juist daar gezocht worden en is pm10 niet zo'n goede indicator voor de gezondheidseffecten en kan de norm beter ergens anders op gesteld worden (mede daarom wordt door de EU een PM_{2,5} ingesteld).

Dat de jaren 2004 en 2005 lagere pm10 concentraties opleveren dan in 2003 gemeten is, is door MNP al uitvoerig besproken [6]. De rol die de GWL's hierbij spelen, is echter onbesproken gebleven. Als we eenvoudig de frequentie van optreden van die GWL's die hoge pm10 niveaus opleveren voor deze afzonderlijke jaren beschouwen, zien we dat de voorkeursweertypen met hoger druk en droog weer in 2003 duidelijk vaker zijn opgetreden (zie tabel 1 en figuur 4).

Tabel 1: frequenties van enkele anticyclone weertypen in 2003,2004 en 2005.

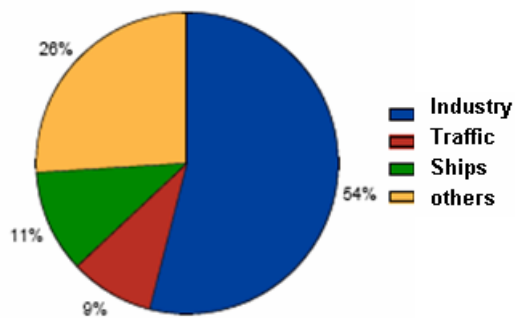
| weertype | C>50 | alle dagen |
|----------|------|------------|
| HB | 6 | 27 |
| HM | 15 | 24 |
| BM | 17 | 136 |
| Hna | 14 | 20 |
| Hfa | 11 | 38 |
| Swa | 6 | 37 |
| Sa | 6 | 6 |
| overig | 0 | 442 |



Figuur 4: Voorkomen van hoge of lage drukweersysteem op a) alle dagen (links) en op dagen met daggemiddelde fijn stof concentratie > 50 µg/m³ (rechts).

3.2 STACKS berekeningen

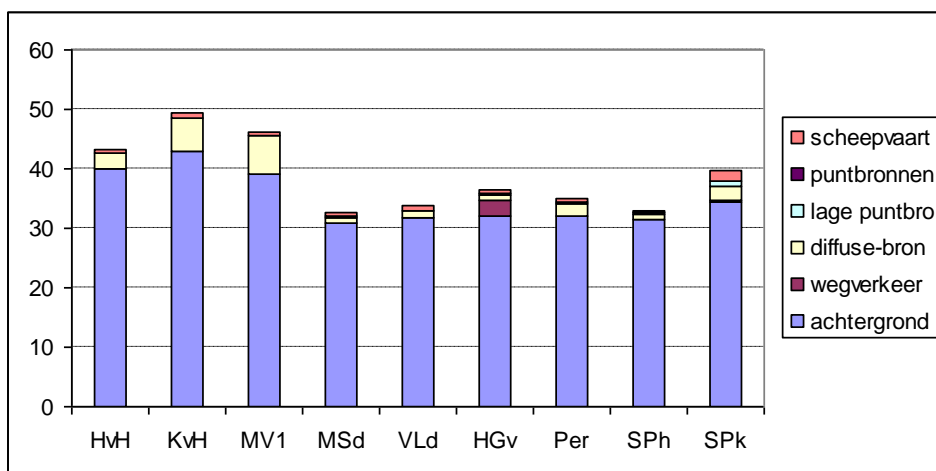
Het merendeel van de pm₁₀ emissies in het Rijnmond gebied komt uit industriële bronnen en worden vooral uit hoge schoorstenen uitgestoten. Op de Maasvlakte bevinden zich enkele potentieel grote (lage) bronnen door de aanwezigheid van kolen- en erts overslag bedrijven. De emissies van deze laatste zijn nog tamelijk onzeker en daarover bestaat nog discussie. Het MNP heeft deze emissies al een of tweemaal naar beneden bijgesteld. In de GCN bestanden die in 2006 zijn uitgegeven, zien we nog een flinke bijdrage van deze diffuse bronnen. De totale emissie van de industriële bronnen is ongeveer 1200 ton/jaar (2005) terwijl de verkeeremissies en scheepsemisies nog eens enkele honderden tonnen/jaar toevoegen. Andere sectoren dragen minder bij (zie figuur 5).



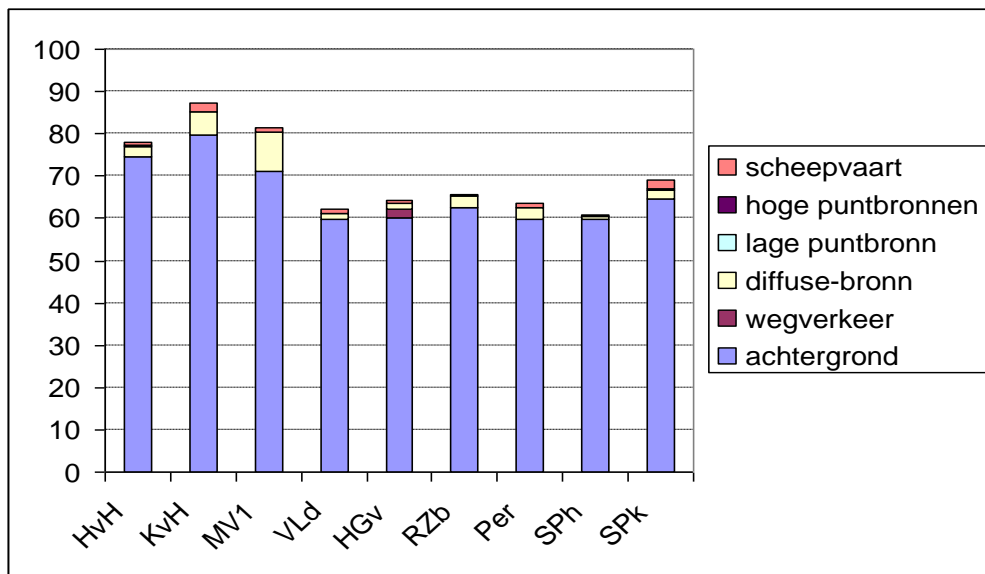
Sources of pm10 emissions in Rijnmond

Figuur 5. emissies in het Rijnmond gebied (DCMR, Regionaal actieprogramma Rijnmond, 2005)

Deze emissies zijn als invoer gebruikt voor het STACKS model. Omdat met name de situatie in 2020 van belang is voor de ontwikkeling van de tweede Maasvlakte zijn berekeningen voor het jaar 2020 uitgevoerd. Dit bepaalt wel de achtergrondniveaus, maar voor de emissies zijn voorzichtige prognoses gebruikt: verkeersemissies volgens de MNP opgaven (zoals ook in het CAR model gebruikt), scheepvaart (binnenvaart) wordt geacht in 2020 gehalveerd te zijn, de zeescheepvaart is op hetzelfde niveau als in 2006 gesteld, de industriële emissies zijn in enkele gevallen (daar waar emissiereductieplannen bekend zijn) verlaagd, maar in het merendeel op dat van 2006 gehandhaafd. De uitkomsten van de berekeningen (pm10 jaargemiddelden) zijn als staafdiagrammen gegeven in figuur 6 (voor alle dagen van de regenperiode) en figuur 7 (voor alleen die dagen waarbij de pm10 concentratie > 50 µg/m3 bedraagt).



Figuur 6. Opbouw van de pm10 concentraties op enkele locaties in 2020 in Hoek van Holland.

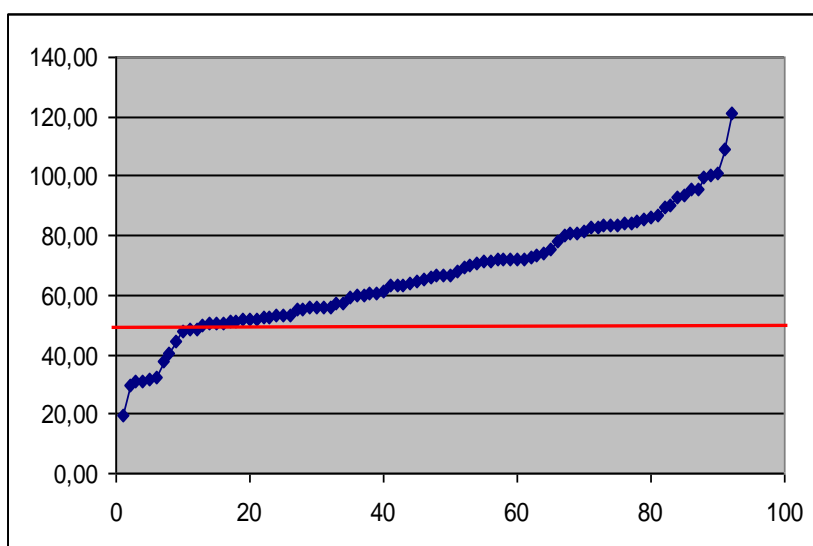


Figuur 7. Opbouw van de pm10 concentraties op enkele locaties voor het jaar 2020 in Hoek van Holland, nu alleen voor overschrijdingsdagen (ongeveer 75 stuks).

Zoals uit deze figuren valt af te lezen, zijn noch de lage bronnen noch de hoge bronnen in de staafdiagrammen terug te vinden: hun bijdrage aan de pm10 concentraties is heel gering. Op locaties dicht bij wegen is de bijdrage van het verkeer wel zichtbaar, maar niet groter dan ruwweg 10%. Daarbij moet opgemerkt worden dat alleen de emissies van A15 en A4 beschouwd zijn, als alle emissies van de regio worden betrokken zal de bijdrage iets hoger komen te liggen. Scheepvaart draagt nog enigszins bij op de meeste plaatsen. De op- en overslagbedrijven volgens deze studie hebben nog de grootste invloed van de lokale bronnen. De bijdrage is echter zelden meer dan 10%. Als we de verdeling van daggemiddelde concentraties in de episoden beschouwen (zie figuur 8) dan zien we dat het nemen van maatregelen op lokale schaal, zelfs als we alle lokale emissies tot nul weten te reduceren, het aantal overschrijdingsdagen met een dag of 10 a 20 kunnen terugdringen. Let wel: we spreken nog steeds niet over situaties in binnenstedelijk gebied. Het kan zo zijn dat daar de situatie iets anders ligt en de bijdrage van verkeer aan pm10 concentraties relatief wat hoger ligt: doordat het als het ware opgesloten zit in zogenaamde street canyons (dichte bebouwing langs straten) waarbij accumulatie kan optreden. Echter, ook daar is het niet zo erg waarschijnlijk dat daarmee de problematiek beheerst kan worden. Op andere plaatsen worden de concentraties gedomineerd door de achtergrond. Op de overschrijdingsdagen zijn zorgen niet de lokale bijdragen voor de overschrijding, maar de verhoogde achtergrond. De lokale bijdrage is ook op overschrijdingsdagen niet bijzonder te noemen: de verspreiding is ook dan "normaal".

Echter, met de conclusie dat lokale maatregelen niet zo veel zin hebben, moeten we ook weer voorzichtig zijn. De RIVM fijn stof metingen in 2006 overziende (www.lml.rivm.nl/data/overschrijding/overschrijdingpm10.html), roept de vraag op waarom in bepaalde drukke straten het aantal overschrijdingsdagen duidelijk verhoogd is, meer dan de 10 a 20, die eerder in deze paragraaf is genoemd. Ten opzichte van het landelijk gemiddelde is het aantal overschrijdingsdagen in diverse steden soms 50 dagen hoger (namelijk rond de

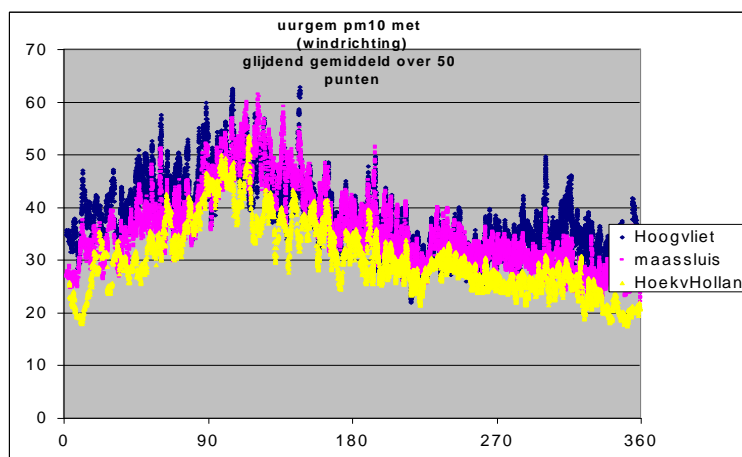
80). Dit laat zich lastig verklaren door de directe emissies van verkeer. Er is wellicht meer aan de hand. Het kan heel goed zijn dat niet alleen verkeer (of andere lokale bronnen) bijdragen, maar dat resuspensie van bodemstof belangrijk bijdraagt. Vreemd genoeg is hier erg weinig over bekend. Een van de weinige studies over herkomst en samenstelling van pm10 in Nederland is van RIVM in 2001 [7]. In dit lijvige document blijkt dat de verkeersbijdrage geschat wordt op 1 (achtergrondstations) tot 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (drukke straten, uitlaat+bandenslijtage). Deze cijfers volgen uit metingen (elementair en organisch koolstof: EC resp. OC) en uit modelberekeningen met OPS. Als we de statistische relatie tussen jaargemiddelde en aantal overschrijdingsdagen erbij betrekken, betekent dit een verhoging van $4 \cdot 5 = 20$ dagen, geen 50. Natuurlijk is hier van alles over op te merken, maar een dringende behoefte om dit nader te beschouwen lijkt voor de hand te liggen. Andere metingen uit buitenlandse bronnen en CAR berekeningen geven een hogere bijdrage. Verkennende metingen in Overschie (dichtbij de A13, 50 m) laten bijdragen van 2 a 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor EC zien en 5 a 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor OC [2]. Mogelijk is er een flinke bijdrage van geresuspendeerd pm10 (Visser et al. schatten deze op een even grote bijdrage als de uitlaatbijdrage). De fijn stof problematiek op lokale schaal lijkt niet goed begrepen. Diverse maatschappelijke organisaties (wijkcomités, gemeentebesturen en milieuorganisaties) kunnen hier absoluut niet uit de voeten: immers op diverse locaties ontstaat bij herhaling een mismatch tussen metingen en modelberekeningen. Dit ondergraaft het vertrouwen in onderbouwende studies en dus in het draagvlak voor verdere ontwikkelingen in infrastructuur en bedrijvigheid in ons land. Dit moge weer blijken uit de commotie rond de wegverbredingen en ontwikkeling van bedrijventerreinen. Bij omwonenden bestaat ook veel onbegrip over deze materie. Bewoners halen hun vingers over de kozijnen en zien duidelijk “de neerslag van al dat verkeer” in het zwarte roet dat zij aantreffen. Nu is dat neergedwarrelde stof maar voor een beperkt deel pm10 (hoeveel is nergens onderzocht), en wat zwart is niet altijd roet. Maar leg dat maar eens uit als er geen goede informatie over beschikbaar is.



Figuur 8. Verdeling van PM10 concentraties in episoden.

Tenslotte nog een opmerking over de bijdragen van op- en overslagbedrijven. Uit metingen valt af te leiden dat de bijdrage van deze bijdragen niet zo groot kan zijn. Als we de windroos

beschouwen van de gemeten pm10 concentraties zien we, zelfs op afstanden minder dan 2 km van deze brongebieden geen echt duidelijke verhoging van de pm10 concentraties in de richting waaruit de wind vanaf de bron naar het receptorpunt waait, zie figuur 11. In de richting dat het receptorpunt wordt aangewaaid door de diffuse bronnen (bij zuidwesten wind) zien we nauwelijks een verhoging van de pm10 niveaus, niet meer dan 5 µg/m³. Als we de frequentie van voorkomen van deze windsector (30 graden) in acht nemen (15%), dan kan de bijdrage aan het jaargemiddelde niet meer bedragen dan 0,15 * 5, ofwel minder dan 1 µg/m³. In de achtergrondwaarden, GCN-waarden zien een beduidend hogere waarden. Een kritische evaluatie van dit soort bronnen blijft dus nog aan te bevelen.



Figuur 11. Gemeten pm10 concentraties op drie locaties als functie van de windrichting (glijdend gemiddeld over een aantal punten)

4 CONCLUSIES

De case studie voor het Rijnmond gebied laat zien dat verhoogde pm10 concentraties in het algemeen niet zijn toe te wijzen aan de invloed van lokale bronnen. De bijdrage van lokale bronnen is op overschrijdingsdagen hetzelfde als op normale (niet-overschrijdingsdagen). Overschrijdingsdagen blijken geen sterke correlaties te vertonen met lokale weerparameters, zoals windrichting, windsnelheid en dergelijke. Wel is er een sterke samenhang met grootschalige weersystemen. Perioden met hoge daggemiddelden treden op bij weertypen met een hogedruk invloed in west Europa en een anticyclonale stroming. Het is dan droog en er is weinig uitwisseling met hogere luchtlagen, waardoor accumulatie optreedt. Bovendien komt fijn stof nog eens gemakkelijker in de atmosfeer door het droge weer en het verplaatst zich van de brongebieden door Europa en ook naar Nederland. In deze perioden ligt er een deken van stoffigheid over Europa. Of het Nederland ook bereikt hangt dan af van windrichting en snelheid op allerlei plaatsen en is niet uit onze lokale windrichtingsmetingen af te leiden.

Het bestrijden van verhoogde pm10 niveaus lijkt weinig effectief te zijn met lokale bronmaatregelen, gezien de modelberekeningen met KEMA STACKS+ (andere bronnen bevestigen dit overigens bij herhaling). Meer generiek beleid (zoals ook door Brunekreeft bepleit) is veel effectiever. Waarom in bepaalde straten en steden de pm10 niveaus dan toch sterker zijn verhoogd dan op grond van modelberekeningen kan worden toegewezen aan

druk verkeer is verbazend weinig onderzocht. De conclusies over effectiviteit van lokale maatregelen is daarom moeilijk echt hard te maken. Bijdragen van opwaaiend stof, bandenslijtage en dergelijke zijn waarschijnlijk. Een gedegen onderzoek naar deze hot spots is daarom dringend gewenst.

Acknowledgments

De auteurs zijn de DCMR dank verschuldigd voor de beschikbaarstelling van de stof metingen in de regio. Het achterliggende werk is gefinancierd door het ministerie voor Verkeer en Waterstaat.

Referenties

- [1]. Brunekreef, 2006. Rookgordijnen rond "fijn stof" in Milieu, 2006, nr. 3, uitgave van VVM.
- [2]. Persoonlijke communicatie H. Spoelstra, 2007.
- [3]. A. Ebel, M. Memmesheimer, E. Friese, H.J. Jakobs, H. Veldman, C. Kessler, G. Piekorz, 2004. Analysis of seasonal changes of atmospheric aerosols on different scales in Europe using sequentially nested simulations. 27th NATO/CCMS International Technical Meeting on air pollution and its application, Banff centre, Canada, 25-29 October 2004.
- [4]. DCMR, 2006. Lucht-in-cijfers-2005, DCMR publication (annual air quality report), may 2006.
- [5]. Ed Buijsman, 2006. Een boekje open over fijn stof.
- [6]. MNP, 2006. New insights into the scale of into the particulate matter problem in The Netherlands. RIVM report no 500093004/2006, march 2006.
- [7]. H. Visser, E Buringh, P.B. van Breugel, 2001. Composition and origin of airborne particulate matter in The Netherlands. RIVM rapport 650010029.
- [8]. W. Endlicher, 2005. Feinstaubbelastung in Berlin: Spitzenwerte bei Hochdruckwetter Deutsche Gesellschaft für Geographie. (DGfG), Geographisches Institut der Humboldt-Universität zu Berlin, Abteilung für Klimageographie und klimatologische Umweltforschung.