

THE AIR OVER CITIES

Verslag van het Symposium

met betrekking tot de luchtverontreiniging in steden.

Cincinnati, 6 en 7 november 1961

door Dr. F.H. Schmidt

Het Robert A. Taft Sanitary Engineering Center in Cincinnati, Ohio, ressorterend onder het U.S. Department of Health, Education and Welfare, houdt ongeveer eenmaal in de drie jaar een symposium over luchtverontreiniging waaraan vrijwel uitsluitend door deskundigen uit de Verenigde Staten wordt deelgenomen. Het symposium, dat dit jaar werd georganiseerd en waaraan verslaggever kon deelnemen, dank zij zijn aanwezigheid in de U.S. om andere redenen, was geheel gewijd aan de toenemende luchtverontreiniging in steden en in gebieden met een sterke concentratie van industrieën.

In een twintigtal voordrachten, die in het algemeen van goede kwaliteit waren, werden de verschillende aspecten van de toenemende luchtvervuiling in de moderne grote bevolkingscentra nader in beschouwing genomen.

Aangezien in de diverse bijdragen veelal het gehele probleem werd behandeld, bijvoorbeeld aan de hand van de ervaringen in verschillende steden opgedaan, lijkt het niet zinvol de voordrachten in een aantal groepen onder te verdelen.

Wel kan hier als inleiding een aantal problemen worden opgesomd, die zich bij het bestuderen van het verschijnsel voordoen en waarvan het de moeite waard zou zijn er ook in Nederland enige aandacht aan te besteden.

In de eerste plaats is uit tal van waarnemingen in de Verenigde Staten gebleken - wat ook wel bekend was - hoezeer het stadsklimaat afwijkt van dat van het platteland waar juist in het algemeen de meteorologische waarnemingen worden verricht. Het is daarom de vraag of deze normale synoptische en ten dele ook klimatologische waarnemingen wel de geschikte basis vormen voor het beter leren begrijpen van het gedrag van de luchtverontreiniging in steden. Zo zal een boven het platteland gemeten grondinversie in het algemeen veel minder sterk

tot uiting komen in een grote, nabijgelegen stad terwijl omgekeerd de invloed, die zwakke wind heeft op het toenemen van de concentraties, zich juist in de stad sterker zal doen gevoelen dan daarbuiten. Dit betekent, dat met het oog op luchtverontreiniging steeds sterker de behoefte wordt gevoeld aan meteorologische waarnemingen in steden. Het is in dit verband interessant te bedenken, dat de synoptische en met name de aeronautische behoefte juist tegenovergesteld is gericht: Utrecht-De Bilt, Groningen-Eelde, Maastricht-Vliegveld Zuid-Limburg! Het is wellicht de moeite waard te overwegen of niet in het gebied van de Nieuwe Waterweg enige meteorologische stations in de steden zouden dienen te worden geplaatst! Men zou hierbij o.a. kunnen denken aan de Euromast!

Een ander punt dat vrij algemeen de aandacht kreeg was dat betreffende de invloed van de grote stad op de frekwentie van en de hoeveelheid neerslag. Hoewel er een aantal waarnemingsresultaten tijdens het symposium werd gepresenteerd, dat duidelijk op een vergrotende invloed van de stad op neerslagfrekwentie en -hoeveelheid scheen te wijzen, zou een statistisch onderzoek in Nederland met zijn dicht net van regenstations wellicht nog belangrijke uitkomsten kunnen opleveren.

Van belang was ook de voordracht van Hewson waarin met nadruk werd verklaard, dat een meteorologische toren aan de overgang tussen land en water (in het onderhavige geval aan de kust van een van de Great Lakes, nabij een kernreactor) noodzakelijk moet worden geacht voor het verkrijgen van een voldoende inzicht in de gecompliceerde luchtcirculatie bij een dergelijke overgang.

Algemeen werd het plaatsen van meteorologische instrumenten (wind en temperatuur) alsmede van apparatuur om pollutie-concentraties te meten in televisiemasten bepleit. Voor zover men dit reeds doet werd geen storende invloed van elektrische velden zoals in Lopik waargenomen.

Ten slotte verdient het vermelding, dat men in Canada is begonnen pollutiegegevens en simultaan gedane meteorologische waarnemingen op ponskaarten te zetten.

Het symposium werd geopend door A.C. Stern, Hoofd van het Laboratory of Engineering and Physical Sciences, Division of Air Pollution, U.S. Public Health Service, die voorspelde dat omstreeks 1985 het luchtverontreinigingsvraagstuk zo ernstig zal zijn geworden (in de U.S.) dat niemand zich meer zal interesseren voor neerslag en temperatuur maar uitsluitend de vraag zal stellen: "Hoe schoon of hoe verontreinigd is de lucht vandaag?".

In het volgende zal een kort overzicht worden gegeven van de overige tijdens het symposium gehouden voordrachten, die t.z.t. in druk zullen verschijnen.

1. H.E. Landsberg, City Air, Better or Worse?

Het grote bezwaar dat men kan aanvoeren tegen meteorologische onderzoeken met betrekking tot luchtverontreiniging is dat deze onderzoeken te weinig systematisch worden uitgevoerd. Men beschikt in het algemeen over niet meer dan lokale en min of meer op zich zelf staande waarnemingen. Spreker beschouwt de tijd voorbij te zijn dat dit een voldoende benadering van het pollutieprobleem was, omdat door de voortdurende groei van de industriële centra en de steden deze verontreinigingsbronnen elkaar geleidelijk beginnen te beïnvloeden. Dit werd duidelijk gedemonstreerd aan de hand van een situatie met zuidelijke winden waarbij langs de gehele oostkust van de V.S. een sterke mate van luchtverontreiniging aanwezig bleek te zijn.

Hoezeer een en ander de gezondheidstoestand van de bevolking ongunstig beïnvloedt blijkt zowel direct (hoog CO-gehalte in het bloed van verkeerspolitie) als indirect (in de Dnjepr-vallei bedraagt de jaarlijkse stralingsreductie ten gevolge van pollutie 13%).

Ook aan de meteorologische gevolgen van de aanwezigheid van grote steden werd enige aandacht besteed en wel met name aan de hogere temperatuur die in de stad heerst vergeleken met de omgeving en aan het feit dat steden - hetzij door grotere wrijving, hetzij door kern- en waterdampproductie, dan wel door beide - tot vermeerdering van de neerslag aanleiding schijnen te geven.

2. F.H. Schmidt, Behavior of Atmospheric Pollutants in Cities of the Netherlands

De titel (die door Mc Cormick werd bedacht) dekte niet geheel de inhoud van de voordracht waarin een kort overzicht werd gegeven van het onderzoek dat in Nederland is verricht met betrekking tot de invloed van de stabiliteit op de luchtverontreiniging.

3. J.P. Lodge Jr., Recent Developments in the Chemistry of Urban Atmospheres

Spreker trachtte de balans op te maken van onze kennis met betrekking tot de invloed van stads- en industriepollutie op het weer. Afgezien van de bekende speculaties over de invloed van CO₂ en het effect dat SO₂ heeft op het zicht is er niet veel bekend. Er zijn enige aanwijzingen voor dat bepaalde deeltjes (as ?) als bevroezingskernen zouden kunnen optreden, volgens laboratoriumproeven zelfs reeds bij -2,5 °C. Vaststaan doet dit echter geenszins.

Lodge vestigde nog eens de aandacht op de noodzaak een nader onderzoek in te stellen naar de waterbalans in steden.

4. S.A. Changnon Jr., A Climatological Evaluation of Precipitation Patterns over an Urban Area

In een betrekkelijk kleine stad (Champaign-Urbana) met 70.000 inwoners werd met behulp van 12 registrerende regenmeters (ongeveer 1 per vierkante mijl) nagegaan of er een aanwijsbare invloed bestond van de stad op het regenpatroon. Inderdaad bleek in de oostelijke helft van de stad meer regen te vallen dan in de westelijke helft, hetgeen bij overheersende westelijke winden tijdens neerslag op het bestaan van de gezochte invloed zou kunnen wijzen. Een nader onderzoek doet echter twijfel rijzen aan de juistheid van de onderstelling. Zo is het niet helemaal duidelijk waarom het effect zich vooral in de winter doet gevoelen wanneer de neerslag meest van frontale oorsprong is. De vraag doet zich voor of hier een invloed van de wind een rol speelt (afscherming van de oostelijke regenmeters door de stad). Bovendien bleken lokale verschillen zoals in de stad werden aangetroffen ook buiten het stadsgebied wel voor te komen.

Een nader onderzoek van de invloed van steden op de neerslagverdeling moet dan ook noodzakelijk worden geacht.

Merkwaardig is, dat boven de stad 5 tot 10% meer onweer voorkwam dan boven het op ongeveer 8 km afstand gelegen vliegveld. Dit is trouwens op zich zelf niet in overeenstemming met het feit, dat juist 's zomers stad en vliegveld niet verschillen in neerslaghoeveelheid. Er blijft hier nog veel over dat niet verklaard kan worden.

5. G.C. Holzworth, Some effects of Air Pollution on visibility in and near cities

In een nogal oppervlakkig betoog gaf spreker een overzicht van de zichtveranderingen, die in de laatste decennia op verschillende vliegvelden in de V.S. zijn geconstateerd en die hij voor een gedeelte toeschreef

aan de invloed van de toegenomen luchtverontreiniging. Een en ander was uitsluitend gebaseerd op visuele zichtbepalingen door waarnemers waarbij het totale waarnemingsmateriaal werd verdeeld volgens vier zichtklassen, twee boven ongeveer 4 km en twee er beneden. De waarnemingen op verschillende plaatsen bevestigden elkaar niet. Merkwaardig was het verbeteren van het zicht sedert 1946 in Los Angeles, San Francisco en andere plaatsen! Spreker schreef dit toe aan de overgang van kolen en olie op natuurgas als brandstof. Alles bij elkaar een weinig overtuigend verhaal.

6. P.W. Summers, Smoke concentrations in Montreal related to local meteorological factors

Sedert ongeveer een jaar worden uurlijkse stofwaarnemingen verricht in Montreal, ongeveer volgens de methode die ook in Rotterdam wordt toegepast en wel in het centrum van de stad, op Mac Gill University en op de top van Mount Royal, ongeveer 200 m boven de stad.

De resultaten van de metingen in de stad waren goed vergelijkbaar met die welke in Rotterdam werden verkregen. Ook in Montreal bleek een duidelijk ochtendmaximum voor te komen, dat evenals in Rotterdam in de zomermaanden vroeger wordt aangetroffen dan in het koude jaargetijde.

De invloed van de stabiliteit op de pollutieconcentratie bleek duidelijk uit vergelijking van de periodes februari-half mei uit de jaren 1960 en 1961. De curves lopen parallel tot ongeveer half maart. Dan vertoont 1961 aanzienlijk lagere concentraties dan 1960, een verschil dat tot ruim 30% oploopt omstreeks half april. De oorzaak is vermoedelijk gelegen in het feit, dat in 1960 het sneeuwdek zich veel langer in de stad handhaafde dan in 1961, waardoor in het eerste jaar de grondtemperaturen lager bleven en de stabiliteit dus groter was. Ook de gang van de concentratie-amplitude door het jaar, uitgedrukt in procenten van het maandgemiddelde, wijst op een invloed van de stabiliteit.

Duidelijk was voorts het feit, dat de verontreiniging in het stadscentrum het grootst was, op de berg het kleinst.

Dat wekdagen een grotere concentratie vertoonden dan zaterdagen en zondagen behoeft geen verwondering te wekken.

Interessant was voorts de invloed van de berg - waarop geen pollutie wordt gevormd - op het pollutiepatroon als geheel. Niet alleen is de concentratie op de berg steeds lager dan die in de stad maar ook treedt het ochtendmaximum er ongeveer twee uur later op dan beneden (resp. 4 en 2 uur na zonsopkomst). Blijkbaar heeft de beneden gevormde pollutie tijd nodig om na het opruimen van de ochtendinversie het station boven op de berg te bereiken.

Ook was de invloed van de berg op de concentraties in de stad duidelijk aantoonbaar. Tijdens winden uit SW tot NW, wanneer de beide laaggelegen meetposten in de windschaduw van de berg liggen, bedroeg de concentratie op deze posten gemeten ongeveer de helft van die bij andere windrichtingen!

Ten slotte besprak Summers nog een paar weersituaties waarbij het pollutiegedrag min of meer typisch was.

7. F.D. Davis Jr., The Air over Philadelphia

Het moet, aldus spreker, noodzakelijk worden geacht dat meer dan thans het geval is meteorologische metingen worden verricht in steden juist met het oog op het begrijpen van het luchtverontreinigingsgedrag daar. Het "vasthouden" van de warmte vooral door betonnen huizenblokken heeft zonder twijfel een belangrijke invloed op het voorkomen en de grootte van de beruchte ochtendinversie. Ook de wind in steden zou beter bekend moeten zijn. Een pleidooi dus voor het verrichten van meteorologische waarnemingen, die niet direct van synoptisch en aeronautisch belang zijn en waar in de inleiding tot dit verslag reeds op werd gewezen.

Een en ander werd geïllustreerd aan een voorbeeld waarin de SO_2 concentratie in Philadelphia werd gemeten in een periode waarin althans in de stad de wind vrijwel geheel weg viel. Het bleek, dat de concentratie aanvankelijk snel toenam en vervolgens geleidelijk langzamer. Zo bedroeg de gemiddelde concentratie in het eerste uur 0,15 ppm, in het vierde uur 0,43 en in het negende uur ongeveer 0,8 ppm. Dit is een toename die vrij redelijk overeenkomt met de te verwachten toename evenredig met de wortel uit de tijd.

8. J.M. Mitchell Jr., The thermal climate of cities

Spreker lichtte de invloed van steden op het temperatuurpatroon toe aan de hand van een aantal voorbeelden waarbij met behulp van op auto's gemonteerde thermometers een groot aantal waarnemingsresultaten kon worden verkregen.

Het bleek, dat bij grote steden (San Francisco) verschillen tot 20 °F konden voorkomen en in feite, althans in de ochtenduren, regelmatig voorkwamen tussen het centrum van de stad en de directe omgeving. Daarbij moet opgemerkt worden dat het in het geval van San Francisco niet een beïnvloeding van de stadsrand door koud zeewater betrof. Integendeel, het water bleek in de meeste gevallen een hogere temperatuur te bezitten dan de buitenwijken van de stad!

Voorbeelden met betrekking tot kleine steden toonden aan, dat ook daar het effect geenszins verwaarloosbaar is en dat verschillen tot 10 °F frekwent worden aangetroffen.

Het effect - dat zoals werd opgemerkt het sterkst is in de ochtend en nacht - doet zich zowel 's zomers als 's winters voor. In het eerste geval ware te denken aan het "vasthouden" van de warmte in asfalt en beton en in het tweede geval vooral aan de warmteproductie in de stad. In hoeverre extra stof, H₂O en CO₂ een broeikas effect in het leven roepen is een vraag, die momenteel nog niet kan worden beantwoord.

9. G.E. Stout, Some observations of cloud imitation in industrial areas

Een aantal gevallen waarbij wolken boven industriecomplexen ontstonden, analoog aan de stationaire wolk die vaak boven Shell-Pernis wordt aangetroffen, werd onderzocht, o.a. met behulp van radar. Dat dit laatste ook mogelijk was zonder dat neerslag uit de wolk viel wijst erop, dat grotere industriële partikeltjes in de opwaartse stroming worden meegezogen.

Een enkel geval van neerslag die sterk in hoeveelheid de neerslag in de omgeving overtrof zou wellicht kunnen worden toegeschreven aan de bevroingskernen, die volgens een recent artikel in Journal of Meteorology door staalfabrieken zouden worden geproduceerd.

Soms werd de top van een dergelijke wolk op een hoogte van meer dan 6 km waargenomen. Eenmaal traden hoosachtige verschijnselen op! Ook sommige TIROS-foto's tonen duidelijk de invloed van industrieën op het proces van wolkenvorming. (Bij navraag tijdens de Satellite Workshop werd deze laatste bewering van Stout niet bevestigd!)

10. M. Neibarger, The dispersion and deposition of air pollutants over cities

Spreeker ging bij zijn beschouwingen uit van de diffusievergelijking

$$\frac{dC}{dt} = \frac{\partial}{\partial x} (A_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (A_y \frac{\partial C}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (A_z \frac{\partial C}{\partial z})$$

waar C de concentratie van de pollutie is en de overige symbolen de gebruikelijke betekenis hebben.

In zijn verdere betoog reduceerde Neibarger de vergelijking tot

$$\frac{\partial C}{\partial t} = A \frac{\partial^2 C}{\partial z^2}$$

waarbij dan bovendien nog een bron Q werd aangenomen op het niveau z = 0.

De oplossing voor de grondconcentratie wordt dan ten slotte:

$$C_0 = 2 Q \sqrt{\frac{t}{\pi A}}$$

hetgeen niet anders is dan een speciaal geval van de meer algemene oplossing van Bouman en Schmidt waarbij bronnen in alle niveaus tot de verandering van de grondconcentratie bijdragen.

Neiberger modificeerde nu dit resultaat voor het geval dat schone lucht horizontaal een stad binnendringt en al voortbewegende steeds verder wordt verontreinigd door t te vervangen door $\frac{x}{u}$.

Een en ander werd toegepast op Los Angeles waarbij rekening werd gehouden met de aanwezigheid van een inversie op een paar honderd meter hoogte. Dit laatste gebeurde zodanig, dat de atmosfeer in twee lagen werd verdeeld. Beneden de inversie werd $A = \infty$ gesteld, in en boven de inversie werd A "klein" genomen.

Het resultaat waarvan een duidelijke afleiding achterwege bleef, werd getoetst aan het verloop van de concentraties van de kust tot Pasadena.

11. F.V. Brock, Analog simulation of diffusion from an area source

Brock ging uit van dezelfde vergelijking als Neiberger met deze verschillen, dat rekening werd gehouden met de valsnelheid van deeltjes door toevoeging van een term $f \frac{\partial C}{\partial z}$ en met eventueel verval in het geval van radioactieve stoffen door toevoeging van $-\lambda C$, beide in het rechter lid. In het linker lid was $\frac{\partial C}{\partial t}$ vervangen door $\bar{u}(z) \frac{\partial C}{\partial x}$. Als bron werd een cirkelvormig gebied aangenomen, gegeven door $y^2 + (x - \frac{a}{z})^2 = \frac{a^2}{4}$; $z = 0$. De bronsterkte was constant over dit oppervlak.

Voor het windprofiel werd de $\frac{1}{7}$ wet gebruikt, terwijl de schuifspanning constant werd genomen wat leidt tot $K(z) = K_1 \left(\frac{z}{z_1}\right)^{6/7}$. Het is de vraag of dit toelaatbaar is.

Wordt nu de diffusievergelijking over y (de richting loodrecht op de wind) geïntegreerd, dan ontstaat een vergelijking die met behulp van een analoge computer kan worden opgelost. Het bleek mogelijk de atmosfeer daarbij in 10 lagen te verdelen waarbij in iedere laag u en K konden worden gekozen. Hierdoor was het mogelijk situaties met verschillende stabiliteit op verschillende hoogte na te bootsen.

Het bleek uit gegeven voorbeelden, dat vooral het door hun zwaarte uitvallen van deeltjes en radioactief verval de concentraties aan de grond reduceren. De aanwezigheid van een inversie op ongeveer 200 m hoogte beïnvloedde bij een brondiameter van 1 km de grondconcentraties op nauwelijks waarneembare wijze.

12. F. Pooler, Dispersion calculations for multiple sources

In een theoretische beschouwing zonder enige praktische toepassing gaf Pooler een min of meer symbolische schrijfwijze van de bij pollutieproblemen voorkomende diffusievergelijkingen.

Bij een stationaire toestand waarbij een groot aantal op de x-as gelegen puntbronnen de pollutie leveren geldt voor de concentratie in een enkel punt P van de x-as:

$$\chi_P = \sum_i \frac{Q_i}{u} D_{yz}(x)$$

waarbij D_{yz} een verdelingsfunctie is.

Zo geldt voor het meest algemene geval van een continue maar niet uniforme driedimensionale bronverdeling, die bovendien evenals de atmosferische omstandigheden met de tijd varieert:

$$\chi(x,y,z,t) = \iiint \iiint Q(x,y,z,t) \cdot D_{xyz}(t)$$

Een voordracht die weinig nieuws bracht.

13. W.A. Perkins, Some effects of city structure on transport of airborne material

Spreker gaf een gedetailleerde beschouwing over een aantal aspecten van het stadsklimaat, die voor het goed begrip van het gedrag van luchtverontreiniging in steden van belang zijn. In de eerste plaats geldt dit voor het temperatuurbeeld dat de stad vertoont. De nachtelijke inversie die zo kenmerkend is voor het platteland verdwijnt in de stad tot de hoogte van de huizen. Gaat men na hoeveel energie per uur nodig is om de daartoe noodzakelijke verwarming van de lucht tot stand te brengen, dan blijkt deze hoeveelheid redelijk te kloppen met hetgeen door verbranding en het vrijkomen van in straten en huizen opgezamelde warmte per uur aan de stadslucht wordt toegevoerd. Natuurlijk betreft het hier slechts betrekkelijk ruwe schattingen. Bovendien wordt het opruimen van de grondinversie - aldus spreker - nog bevorderd door de grotere ruwheid van het aardoppervlak.

Een belangrijk probleem vormt verder het invangen van stofdeeltjes door obstakels zoals huizen. Bij de windsnelheden die voor het probleem in aanmerking komen geldt ongeveer, dat deeltjes door de luchtstroming zullen worden meegenomen en dus niet op de obstakels afgezet wanneer het kwadraat van de deeltjesdiameter, uitgedrukt in micron, gedeeld door de (karakteristieke) diameter van het obstakel in cm groter dan of gelijk is aan 35.

$$\frac{[d(\mu)]^2}{D(\text{cm})} \geq 35$$

Uiteraard is ook dit niet meer dan een zeer globale uitspraak. Zelfs bij

deeltjes met een diameter d van 100μ , die al snel vallen, zou een die deeltjes opvangend gebouw een D van hoogstens 300 cm mogen bezitten!

Een en ander werd bevestigd gevonden uit metingen van het stofgehalte van de lucht op verschillende plaatsen in Los Angeles.

14. G.R. Hilst, Source configurations and atmospheric dispersion in mathematical models of urban pollution distributions

Na een inleidende algemene beschouwing waarbij werd aangegeven hoe bij een continue puntbron de gemiddelde verdeling, die na een lange monster-tijd tot stand komt, gedacht kan worden als een superpositie van de verdelingen die worden aangetroffen gedurende opeenvolgende korte monster-perioden (zie Wippermann Int. J. of Air- and Water Pollution, die dit probleem veel grondiger behandelt) ging spreker over op de klassieke modellen voor een lijnbron, een oneindig grote oppervlaktebron en een bron die een eindig oppervlak beslaat. Een stad, die doorsneden wordt door stroken met grasvelden en parken, kan worden opgevat als een reeks van bronnen met eindig oppervlak. De pollutieverdeling bij een dergelijke configuratie werd berekend waarbij bleek, dat bij ieder groene strook de concentratie snel afnam om bij de volgende bebouwde strook weer toe te nemen, op zich zelf geen opzienbarend resultaat.

15. J. Halitsky, Diffusion Problems in City Streets

Door de "wafel"achtige structuur van de grote (Amerikaanse) stad, diep ingesneden straten tussen hoge rechthoekige huizenblokken, dienen twee windsystemen in zo'n stad te worden onderscheiden: 1e de wind nabij de grond, die afgebogen zal zijn in de richting van de straten, en 2e de wind boven de huizen, die zich van die boven het platteland zal onderscheiden door sterkere turbulentie.

De in de stad geproduceerde pollutie stamt globaal gezien van drie soorten bronnen, die op straatniveau (auto's), die op het niveau van de daken (verwarming van huizen) en die, welke afkomstig is van een aantal hoger reikende schoorstenen. Met betrekking tot deze laatste soort bronnen kan de bovenzijde van de huizen als - zeer ruw - aardoppervlak worden beschouwd.

De uit het voorgaande af te leiden kennelijk grote gecompliceerdheid van het pollutieprobleem in steden leidde spreker tot de overtuiging, dat men vooral een inzicht in de verspreiding van verontreiniging in steden zal kunnen krijgen door het nemen van modelproeven in de windtunnel. Een en ander werd op knappe wijze toegelicht aan de hand van proeven, die in de windtunnel van het College of Engineering van de Universiteit van

New York werden verricht in verband met ventilatiemoeilijkheden ondervonden in een groot New Yorks ziekenhuis waarbij in bepaalde gevallen verontreinigde, afgevoerde lucht een eind verder weer het gebouw werd binnengezogen. Dergelijke problemen zijn ook in Nederland bekend. Interessant was, dat de lucht vlak boven het dak ten gevolge van wervels soms in tegenovergestelde richting waait als overeenkomt met de algemene luchtbeweging.

16. E. Robinson, The relative importance of some meteorological factors in urban pollution

Robinson beweerde, dat met betrekking tot het luchtverontreinigingsprobleem in steden altijd te veel aandacht wordt besteed aan de eventueel aanwezige inversies en te weinig aan de invloed van de wind. Hij lichtte dit toe aan de hand van SO₂ metingen in San Francisco, zoals die waarvan de resultaten zijn weergegeven in het onderstaande tabelletje.

SO₂ gehalte in ppm ergens in San Francisco

inversiehoogte windsnelheid	1000 ft	1500 ft
8 mph	0,11	0,07
5 mph	0,17	0,11
2 mph	0,43	0,29

Merkwaardigerwijze is bij een bepaalde windsterkte het product van inversiehoogte en concentratie ongeveer constant (110-105, 170-165, 430-435). Het lijkt alsof de beschikbare ruimte min of meer egaal of althans volgens een of ander similarity-principe met verontreiniging wordt gevuld. Dat ook het product van windsnelheid en concentratie constant is (.88, .85, .86 en .56, .55, .58) kan naar analogie van de Suttonformule voor een continue puntbron gemakkelijker worden begrepen. Uit een en ander volgt overigens, dat de inversiehoogte niet zo onbelangrijk is als spreker wilde doen voorkomen.

Ook zijn later gemaakte opmerking, dat de correlatiecoëfficiënt tussen windsterkte en de concentratie van oxidanten -0,70 bedraagt, die tussen inversiehoogte en dezelfde concentratie -0,67, ondergroef zijn oorspronkelijke uitgangstelling.

17. E.W. Hewson, Measurement programs required for evaluation of man-made and natural contaminants in urban areas

De officiële titel dekte de inhoud van deze voordracht nauwelijks. Hewson sprak in hoofdzaak over de moeilijkheden die zich voordoen bij het

beschrijven van het gedrag van luchtverontreiniging in overgangssituaties, hetzij in de tijd - bijvoorbeeld de tijdelijke "fumigation"-situatie tijdens het epruimen van de nachtelijke grondinversie- , hetzij in de ruimte, bijvoorbeeld bij de overgang van land naar water.

Het laatste probleem, dat ook voor Nederland van belang is in verband met de reactoractiviteiten in Petten, werd toegelicht aan de hand van meetresultaten (conventioneel!) verricht aan een meteorologische mast van 250 ft hoogte, die is opgesteld aan de kust van één van de Great Lakes. Instructief waren vooral foto's van het gedrag van rookpluimen, die uit de mast wegdreven en waarbij duidelijk het verschil in turbulentie-intensiteit boven land en water bleek.

Belangrijk was voorts het constateren van een inversie boven het water in de voorjaars- en zomermaanden, die zich ook landinwaarts handhaafde. Gunstig is de natuurlijke ventilatie, die optreedt door het land-zeewind-effect.

Hewson kon ten slotte niet nalaten nog iets te vertellen over de verspreiding van ragweed pollen (Jacob's kruiskruid) maar dat had niets met het onderwerp van het symposium te maken (zie ook *Advances in Geophysics VI*).

18. M.E. Smith, The representativeness of local observations in air pollution surveys

Een overzicht van windwaarnemingen op verschillende plaatsen verricht met een beschouwing over de voorwaarden waaraan moet zijn voldaan, willen de waarnemingen van de ene plaats representatief worden geacht voor een andere.

Uiteraard speelt de orografie hierbij een belangrijke rol. Een en ander bracht geen nieuws en had ook weinig met het symposium-onderwerp te maken.

19. R.E. Munn, Present and future needs for meteorological and air quality observations in Canada

De belangrijkste opmerking die tijdens deze voordracht werd gemaakt was dat de plaatsen waar air pollution waarnemingen worden gedaan het beste door meteorologen kunnen worden aangegeven. Hoewel dit misschien ietwat overdreven is moet wel worden gesteld, dat de meteoroloog in een belangrijke mate zeggenschap dient te hebben bij het bepalen van deze waarnemingsplaatsen.

Ook Munn brak een lans voor het verrichten van meteorologische waarnemingen in steden. Dit is vooral noodzakelijk met betrekking tot de wind en de windstructuur. Spreker beweert, dat grote wervels die bij bepaalde

toestanden - bijvoorbeeld indifferent evenwicht of onstabilliteit - buiten de steden voorkomen, in de steden door de vele obstakels in een groot aantal kleine wervels uiteenvallen.

Belangwekkend was het ten slotte te vernemen, dat men sedert enige tijd in Canada een speciale ponskaart in gebruik heeft voor het vastleggen van luchtverontreinigingsgegevens. De kaart bevat o.a. de temperatuur op een hoogte van 20 voet, de wind op drie niveaus, drie temperatuurverschillen tussen verschillende niveaus, de netto straling, de neerslag, bivaangegevens, vochtigheidsgegevens en het gehalte aan SO_2 en oxidanten in ppm.

20. E.K. Kauper, Problems associated with forecasting air pollution over urban cities

Spreker is meteoroloog bij het Air Pollution Control District in de County of Los Angeles en is als zodanig nauw betrokken bij het probleem van het voorspellen van de mate van luchtverontreiniging. Men botst hierbij voortdurend, aldus ook Kauper, tegen het niet representatief zijn van de gebruikelijke meteorologische waarnemingen.

Men heeft wel getracht waarschuwingen te geven door bijvoorbeeld bij smog omstandigheden te adviseren niet onnodig per auto naar de stad te gaan maar deze waarschuwingen worden thans na protesten van de zijde van het bedrijfsleven niet meer gegeven.

De vraag die het meest door het publiek (in de ruimste zin) wordt gesteld is hoe lang een bestaande smog situatie zal aanhouden. Men slaat hier dan in het algemeen een slag naar, omdat men niet precies op de hoogte is van de wind in de stad en van de hoogte van de inversie. Ook de stroming in de bovenlucht is bij de slappe smog situaties onvoldoende bekend.

21. Als laatste sprak F. Field van het Albert Einstein College of Medicine of Yeshiva University over The need for more meteorological and air quality observations for mortality and morbidity studies.

Nadat men aanvankelijk heeft getracht maximum admissable concentrations vast te stellen voor verschillende soorten luchtverontreiniging is men nu tot het inzicht gekomen, dat ook lagere concentraties door hun voortdurend of frekvent aanwezig zijn op de duur min of meer ernstige gevolgen kunnen hebben. Ten einde hierover meer informatie te krijgen kan men in principe drie richtingen van onderzoek inslaan.

a) Men kan mensen aan laboratoriumproeven blootstellen maar ontmoet daarbij gewoonlijk zowel morele als wettelijke bezwaren.

b) Men kan proeven nemen op dieren. De onder a) genoemde bezwaren bestaan dan niet of in veel mindere mate maar het nadeel van deze methode is, dat men er nooit geheel zeker van is dat bij dieren gevonden uitkomsten op de mens mogen worden overgedragen.

c) Zo blijft ten slotte als vrijwel enig praktisch uitvoerbare methode over het onderzoek van de mens in zijn normale omgeving.

Dit betekent, dat men ziektefrekwenties en bepaalde doodsoorzaken (medisch gezien) tracht in verband te brengen met de luchtzuiverheid.

Terwijl in een aantal landen (betrekkelijk weinig volgens spreker) redelijk betrouwbare statistieken worden bijgehouden van doodsoorzaken, is de kennis omtrent de luchtgesteldheid in het algemeen zeer beperkt. Ook is het verband tussen bepaalde ziekten (of doodsoorzaken) en de luchtverontreiniging niet altijd duidelijk aan te geven. Zo komen bepaalde ademhalingsstoornissen zowel bij lage temperatuur als bij abnormaal verontreinigde lucht voor. De vraag kan daarbij nog worden gesteld in hoeverre in een stad lage temperatuur en abnormale luchtverontreiniging (stabiliteit?) samengaan.

Te weinig is ook bekend van de luchtzuiverheid (c.q. onzuiverheid) op het platteland, die men toch zou moeten kennen om een vergelijking met hetgeen in de stad wordt waargenomen mogelijk te maken.

Resumerend stelde spreker, dat in de medische wereld behoefte bestaat aan:

- a) betere medische statistieken;
- b) meer waarnemingen van de kwaliteit van de lucht;
- c) meer meteorologische waarnemingen met name in de steden;
- d) een grondiger onderzoek naar de medische- en de pollutie-situatie op het platteland.