

Uitlaatgassen van gemotoriseerd verkeer I*

Medisch-biologische gezichtspunten

Prof. dr. R. L. ZIELHUIS** te Oegstgeest

Vraagstelling

Het bestuur van de sectie milieuhygiëne van de ANVSG stelde drie vragen ter discussie *** rondom de bestrijding van de uitlaatgassen van gemotoriseerd verkeer: 1 Waarom is bestrijding gewenst? 2 Hoe is bestrijding mogelijk en wat kost dit? 3 Welke zijn de maatschappelijke implicaties van een dergelijke bestrijding? Op dit ogenblik is de eerste vraag aan de orde: waarom is bestrijding gewenst?

Het valt op dat volgens het bestuur de wenselijkheid van bestrijding vaststaat. Dit is terecht omdat het hier steeds gaat om primair systeemvreemde stoffen waarvan het voorkomen per definitie ongewenst is; deze zijn steeds als een noodzakelijk kwaad te beschouwen al behoeven ze in bepaalde doseringen gedurende een bepaalde tijd het menselijk functioneren niet noodzakelijkerwijs negatief te beïnvloeden (Zielhuis 1968). Het is derhalve principieel juist te stellen dat de meest gewenste situatie een afwezigheid inhoudt. Daarom is bestrijding gewenst. Het antwoord is gegeven en het betoog zou hiermede kunnen eindigen.

Wij leven echter in een onvolmaakte wereld, in die van het compromis. Al zullen wij terdege het doel van minimalisering moeten nastreven, het is tevens duidelijk dat afwezigheid niet onder alle omstandigheden en op alle tijdstippen haalbaar is. Een verbod tot productie van uitlaatgassen zou immers dergelijke implicaties kunnen hebben dat de optimale aanwezigheid van primair systeemgebonden factoren er door in gevaar zou komen. De mogelijkheid tot bestrijding moet worden gezien in het kader van de verdeling der schaarse middelen waarvan het milieu er slechts één is, zij het dan een zeer belangrijk economisch goed.

De vraag moet zich derhalve helaas toespitsen op de limieten die dan wel niet wenselijk maar toch niet onaanvaardbaar zijn uit oogpunt van gezondheid en ziekte, m.a.w. wat is aanvaardbare immissie, omschreven naar concentratie en tijd? Van hieruit is het dan in principe mogelijk de toegestane emissiehoeveelheden te berekenen.

Hierbij komen wel enkele moeilijkheden naar vo-

* Voordracht gehouden voor de sectie Milieuhygiëne ANVSG en de afd. Gezondheidstechniek KIVI op 26 augustus 1970 te 's-Gravenhage

** Hoogleraar-directeur Coronel Laboratorium voor Arbeidshygiëne, Universiteit van Amsterdam

*** Enkele discussiepunten zijn tevens in dit manuscript verwerkt

Een literatuuroverzicht wordt gegeven van de medisch-biologische gevolgen van blootstelling aan uitlaatgassen met name van benzinemotoren. Achtereenvolgens worden besproken: totale emissie, koolmonoxyde, lood en andere metalen, carcinogenen, mutagenen en teratogenen, stikstofoxiden, secundaire verontreiniging en aldehyden.

Aanvaardbare immissieniveaus worden voorgesteld. Het blijkt dat in Nederland te weinig bekend is over de werkelijke mate van milieuverontreiniging door het verkeer: systematische meting is dan ook dringend geboden. Of de huidige situatie aanvaardbaar is kan wegens gebrek aan meetgegevens niet adequaat worden beoordeeld. Gezien in het licht van toenemende verkeersintensiteit zullen zeker drastische maatregelen moeten worden genomen om niet in een evident ongunstige situatie te geraken. Gewaarschuwd wordt tegen een te eenzijdige hygiënische aanpak van de verkeersproblematiek: uit gezondheidsecologisch gezichtspunt vormt de emissie slechts één der problemen die een aanpak dringend noodzakelijk maken.

ren. De medische benadering gaat in de eerste plaats nog te veel uit van het klassieke geneeskundige denken, dat vooral gecentreerd is op de lichamelijke, op ziekte, dood, eventueel duidelijke functiestoornissen, maar nog niet of te weinig op de (positieve) bevordering van ontplooiing van capaciteiten, op het beschikbaar stellen van een groot aantal keuzemogelijkheden tot deze ontplooiing, kortom op het welbevinden.

In de tweede plaats is de geneeskunde nog te zeer geneigd de mens of de mensheid geïsoleerd te beschouwen van de rest der biologische organismen. Epidemiologisch of experimenteel onderzoek van mensen levert basisgegevens voor criteria, die weer mede ten grondslag liggen aan „guides” en daarna aan „standards” (Zielhuis 1969). Ziet men de mens echter als één der organismen, ziet men ook de mensheid opgenomen in het totale „metabolisme van de wereld”, en krijgt men oog voor de processen tussen biotische organismen en hun omgeving (Zielhuis 1971), dan komt men er toe de aanvaardbare mate van verontreiniging ook vanuit dit

ecologisch gezichtspunt te beschouwen. Men moet dan eventuele effecten op omgeving, plant en dier zien in hun potentiële directe en indirecte invloed op de mens, eventueel in volgende generaties, een aspect dat aan de huidige discussies nog teveel ontbreekt.

Wij zullen daarom de aanvaardbaarheid van de verontreiniging door uitlaatgassen moeten toetsen aan de volgende kwalitatief en/of kwantitatief te beschrijven criteria:

- effect via zintuigprikkeling, hinder
- effect op epitheel en/of mucosa
- effect na resorptie op orgaansystemen en -functies
- carcinogeniteit, teratogeniteit, mutageniteit
- bestaan van drempelwaarde voor effecten
- biologische halfwaardetijd van noxe zelf of van potentieel schadelijke metabolieten; mogelijkheid van cumulatie
- mogelijkheid van synergisme
- fysisch-chemische halfwaardetijd in de omgeving
- effecten op plant en dier die potentieel direct of indirect eventueel pas op langere duur ook de mens negatief kunnen beïnvloeden.

De bestrijding moet nu aangrijpen op effecten van hoogste prioriteit; deze worden bijv. gekenmerkt door lange halfwaardetijd, beïnvloeding van plant en dier, afwezigheid van drempelwaarde voor effecten op de mens, aard van potentiële effecten. Aanvaardbare immissiewaarden dragen per definitie ook steeds een tijdelijk karakter; zij worden mede door deze prioriteitskeuze bepaald.

In dit licht zullen wij ons moeten bezinnen op het waarom van de bestrijding van uitlaatgassen, waarbij we ons niet strikt tot deze laatste mogen beperken maar ook het verlies van brandstof via andere wegen er bij moeten betrekken. Men kan immers ruwweg stellen dat verontreiniging optreedt via (WHO 1969):

- uitlaatgassen: 100% van CO, Pb, N-oxyden; 55% van de koolwaterstoffen (deels gekraakt)
- verdamping uit tank en carburateur: 20% van de koolwaterstoffen (niet gekraakt)
- carter: 25% van de koolwaterstoffen (deels gekraakt).

Beperkingen

Er is reeds veel onderzoek verricht over het onderhavige onderwerp, voornamelijk echter in de VS. Dit houdt in dat men de gegevens wel kwalitatief maar niet kwantitatief kan overnemen, gezien de andere omstandigheden niet alleen van geografie en meteorologie, of van verkeersdichtheid, maar ook omdat men daar in het algemeen Amerikaanse auto's onderzoekt, dus bij 6-8 cylinders. Dit laatste geldt met name als men van aanvaardbare immissie tot dito emissie wil komen. In Europa en zeker in ons land is weinig onderzoek verricht. In het IG-TNO is men blijkens haar werkrapporten pas sinds kort begonnen met op het verkeer gericht onderzoek van de luchtverontreiniging. Er bestaan dus

Tabel 1. Gemiddelde relatieve concentraties van uitlaatgassen in afhankelijkheid van snelheid en versnelling (Luther 1971)

stof	stationair	versnelling	kruissnelheid	vertraging
hexaan	1,7	1,1	1	10,0
acetyleen	4,0	1,0	1	6,2
aldehyden	0,4	0,8	1	5,9
NO ₂	0,2	1,2	1	0,05
CO	2,9	1,1	1	2,0
CO ₂	0,8	1,0	1	0,5
O ₂	1,1	0,8	1	4,8
volume	0,25	4,2	1	0,5

voor ons land bedroevend weinig gegevens betreffende de huidige situatie*.

Er is genoeg literatuur over het onderwerp om per component een hele dag te kunnen besteden aan overdracht van kennis en aan discussie. Op dit ogenblik moeten wij echter volstaan met conclusies waartoe anderen zijn gekomen, deze zo mogelijk toetsend aan de reeds beschreven algemene principes.

Om het gebied in te perken wordt vnl. aandacht besteed aan de consequenties van benzinemotoren; de dieselmotoren zullen er slechts - waar relevant - hier en daar bij worden betrokken.

Het ligt in de bedoeling slechts te spreken over aanvaardbare immissie- en niet over de hieruit af te leiden emissienormen voor de auto zelf. Het vraagstuk van verontreiniging door afslijten van banden, door asbestvezels (remmen en koppelingsplaat) en door stof van de weg wordt eveneens niet besproken.

Totale emissie

Het gaat bij benzinemotoren kwalitatief om de volgende verontreinigers: koolmonoxyde, lood, stikstofoxyden, aldehyden, ethyleen en aromatische koolwaterstoffen; alifatische koolwaterstoffen anders dan ethyleen worden niet van belang geacht behalve - en dat is een zeer belangrijk punt - bij de secundaire luchtverontreiniging via chemische interacties ná de emissie. Dieselmotoren produceren slechts verwaarloosbare hoeveelheden CO, geen lood, minder lichte koolwaterstoffen, maar meer deeltjes (rook) en stankstoffen, eventueel ook carcinogenen en SO₂.

Vroeger gaf men vooral op de concentraties van deze noxen in de uitlaatgassen waarbij de relatieve concentratie afhankelijk blijkt van de snelheid en versnelling van de auto. Een voorbeeld, geldend voor een Europese 4-cylinder Ottomotor, vindt men bij Luther (1961); de concentraties bij kruissnelheid zijn hier op 1 gesteld (Tabel 1).

* Sommige overheidsinstanties zijn uitermate terughoudend met meetgegevens ten aanzien van luchtverontreiniging. Men moet in het geval dat meetresultaten niet tot rationele publieke meningsvorming kunnen bijdragen wel tot de irrationele argumentatie komen dat de metingen „lastig hoge” waarden opleverden

Hieruit volgt bijv. dat wat de concentraties betreft vertraging ongunstiger is dan versnelling, met name t.a.v. onverbrande koolwaterstoffen, acetyleen en aldehyden; NO₂ ontstaat vooral bij versnelling en CO in het bijzonder tijdens stationair draaien en vertraging. Hurn (1969) geeft verder voor Amerikaanse auto's op dat bijv. bij gemiddelde snelheid van 10 mijl/uur de CO-concentratie 5-6% kan zijn, bij 25 mijl/uur 3,0%, bij 60 mijl/uur 2,0%; voor koolwaterstoffen is het dan resp. 2.000 ppm, 1.365 ppm, 1.000 ppm.

Het gaat echter niet alleen om de concentratie maar vooral om de totale hoeveelheid per afgelegde weg. Het laat zich aanzien dat voor personen op straat vlak bij kruispunten of voor inzittenden van auto's de concentratie relatief belangrijk kan zijn, maar voor de totale luchtverontreiniging gaat het toch om het product van concentratie en volume.

Heine (1968) komt tot iets meer gespecificeerde getallen dan Luther voor de onder verschillende omstandigheden geproduceerde volumina. Deze blijken echter te sterk afhankelijk van type auto. Uit zijn gegevens zijn de volgende relatieve hoeveelheden af te leiden (de spreiding is betrekkelijk groot: factor 3):

kruissnelheid 40 mijl/uur:	1
kruissnelheid 20 mijl/uur:	0,5
kruissnelheid 60 mijl/uur:	2,5
versnelling 0-60 mijl/uur:	6,5
versnelling 0-25 mijl/uur:	2,5
stationair	0,25

De rijcyclus is sterk afhankelijk van de lokale mogelijkheden: dichtheid van verkeer, stoplichten, enz. Over een groter areaal gerekend bestaat de grootste productie aan koolwaterstoffen tijdens vertraging en aan alle overige componenten tijdens versnelling. Men bedenke dat bijv. in een stad de meeste tijd een auto in versnelling of vertraging is; tijdens stationair draaien is de CO-concentratie wel relatief het hoogst (factor 2,9) maar het geproduceerde volume het kleinst (factor 0,25); overigens staat bij kruispunten juist een groot aantal wagens tegelijkertijd stationair te draaien naast voetgangers en fietsers.

De totale emissie is dus afhankelijk van:

- verkeersintensiteit
- lokale situatie die dwingt tot bepaald rijpatroon
- aard van de auto's: cylinderinhoud, lucht-benzine verhouding, preventief-technische voorzieningen.

Hieruit volgt ook - en dat is vooral voor de maatschappelijke consequenties van belang - dat verandering van de wegsituatie in de zin van betere doorstroming aanzienlijk er toe kan bijdragen om de verontreiniging door uitlaatgassen te verminderen.

Volgens de WGO (1969) produceert een Amerikaanse auto zonder technisch-preventieve voorzieningen, die ongeveer 19.000 km per jaar aflegt, de volgende totale hoeveelheden per jaar:

via de uitlaatpijp:	koolwaterstoffen	135 kg
	CO	765 kg
	N-oxyden	40 kg
via carter:	koolwaterstoffen	58 kg
via verdamping:	koolwaterstoffen	40 kg

Stresemann (1969) voert een andere berekening uit; een auto produceert per min 0,14 - 5,6 m³ uitlaatgassen; uit 1000 liter benzine zou ontstaan ca. 360 kg CO, 24-48 kg koolwaterstoffen, 6-18 kg N-oxyden, 0,6 kg aldehyden, 0,6-1,2 kg zwavelverbindingen, 0,24 kg organische zuren, 0,24 kg ammoniak en 36 g vaste stoffen. Als wij uitgaan van een Nederlands benzineverbruik van 3,6 miljoen m³ per jaar, waarvan 3/4 wordt gebruikt voor het autoverkeer (persoonlijke mededeling ANWB), dan zal dit voor ons land neerkomen op: 972.000 ton CO, 65.000-130.000 ton koolwaterstoffen, 16.000-50.000 ton N-oxyden (exclusief uitlaatgassen van bromfietsen, 5% van benzineverbruik). Deze getallen moeten vooral worden gezien als orden van grootte. De Wiardi Beckmanstichting (1965) schatte voor 1970 de te verwachten uitworp aan CO op ongeveer 250.000 ton, voor half- en onverbrande koolwaterstoffen op 170.000 ton; zij is dus voor de CO vermoedelijk aan de lage kant.

Hoog (1970) komt voor de VS tot de volgende emissie door het verkeer (in miljoen ton): CO 59,6 (65,0), koolwaterstoffen 9,7 (15,0), N-oxyden 3,1 (8,0) (tussen haakjes de totale emissie). Voor Groot-Brittannië geeft Sharp (1970) de volgende getallen (in miljoen ton): CO 5,7, koolwaterstoffen 0,28, N-oxyden 0,19, bij een jaarlijks (1964) benzineverbruik van 12.084 miljoen ton.

Bij het voorgaande is dan nog niet gesproken over de emissie van anorganisch lood, die volgens Guicherit (1970) voor ons land in 1969 800 ton bedroeg en voor 1969 wordt geschat op 1000 ton. Voor de VS geeft hij op 180.000 ton tegen een totale loodproductie aldaar van meer dan 1 miljoen ton per jaar (zie overigens Bartress verder op).

Uit dit alles moge blijken dat het - ook voor ons land - reeds om enorme hoeveelheden gaat zelfs nu we de verkeersverzuiging nog niet hebben bereikt. Men bedenke dat ook nog niet gesproken is over de productie van secundaire verontreiniging via chemische interactie.

Er zijn geen gegevens bekend over motoren en bromfietsen*. Iets meer aandacht verkrijgt de laatste jaren het luchtverkeer. Bartress (1969) geeft voor 1967 de volgende benaderende vergelijking van door lucht- en autoverkeer geproduceerde hoeveelheid verontreinigingen in de VS (in miljoen ton/jaar):

* Tijdens de vergadering werd door prof. Boiten medegedeeld dat een bromfiets aan uitlaatgassen 25-50% produceert van de emissie van de gemiddelde auto. Dit zijn voor ons land dus enorme hoeveelheden. Een aanval op de emissie door het gemotoriseerd verkeer zal dus eveneens de bromfiets aan moeten pakken. Dit maakt de sociale consequenties des te groter

	CO	N-oxyden	lood	SO ₂	organische stoffen
luchtverkeer	2,4	0,3	0,01	0,03	0,3
autoverkeer	66	6	1	1	12

In New York en Los Angeles zou het vliegverkeer voor minder dan 1% bijdragen aan de totale emissie, in Washington DC voor minder dan 3%. *Bartress* wijst er echter op dat de toename van het luchtverkeer veel sneller zal gaan dan die van het autoverkeer; in de 70-er jaren komt hij zo tot een schatting van 3-5% van het aandeel in de emissie. Volgens *George et al.* (1969) zou plaatselijk in Los Angeles het aandeel van het luchtverkeer aan stofdeeltjes 15%, aan koolwaterstoffen 3% van dat van het autoverkeer bedragen; voor 1969-1975 rekenen zij op een toename van 2 maal van de emissie door vliegtuigen. Tenslotte nog een mededeling van de VDI (1970): een Boeing 707 produceert bij de start evenveel uitlaatgassen als 6850 volkswagens; van 1965 tot 1980 schat men de toename van straalvliegtuigen op een factor 4.

Na deze ruwe schattingen van de totale emissies zullen de componenten afzonderlijk worden besproken met hun potentiële consequenties voor de volksgezondheid.

Koolmonoxyde

Benzinemotoren produceren via de uitlaat grote hoeveelheden CO, omdat het benzine-luchtmengsel rijk is d.w.z. relatief te veel benzine ten opzichte van zuurstof bevat. De stoichiometrische verhouding benzine - lucht ligt bij 14,5 : 1 (*Hurn* 1969). Ook een juist ontstekingsstijp en een zorgvuldig afstellen van de carburateur zijn voor de CO-productie van belang. Hier liggen dus aangrijpingspunten voor technisch-preventieve maatregelen; op deze wijze moet het volgens *Hurn* bijv. mogelijk zijn de CO-concentraties beneden gemiddeld 1 1/4% te houden, gerekend over een stadstraject. Gegevens over dalende CO-concentratie bij toenemende snelheid zijn in het voorgaande reeds genoemd. Volgens *Eilers* (1970) zouden Europese wagens slechts een goede acceleratie hebben indien zij bij onbelast lopen ca. 5% CO in de uitlaatgassen hebben; dit zou dan tijdens stadsverkeer neerkomen op 3%; dit is door de Economische Commissie voor Europa als

Tabel 2. CO-emissieniveaus in enkele Europese en Amerikaanse steden (*Venemans* 1970)

stad	CO-concentratie in ppm	
	max. gemiddelde per dag	kortstondig
Parijs	18,5	40-50
München	18	40
Frankfurt	15	49
Chicago	32	71
Washington	23	45
Denver	20	69
Philadelphia	25	55

basis voor de toelatingseisen voor nieuwe autotypen gekozen. Maximaal mag dan een kleine wagen (<750 kg) tijdens een 4 km testrit niet meer dan 100 g CO produceren, een auto van 1500 kg niet meer dan 169 g.

De bereikte concentraties in de buitenlucht variëren vanzelfsprekend sterk al naar omstandigheden van verkeersintensiteit, situatie van de weg, meteorologie en geografie. Zeer algemeen mag men stellen (*WGO* 1969) dat ook bij grote verkeersintensiteit de gebruikelijke maxima in de range van 20-100 ppm liggen; de gemiddelde waarden in de stad zijn veel lager, van nauwelijks aantoonbaar tot 12-16 ppm. In 1960 werd in Parijs op 1,5 m hoogte in 2,4% van de waarnemingen een waarde boven de 100 ppm gevonden, soms zelfs >200 ppm (*Eilers* 1970). *Venemans* (1970) verschaftte de volgende gegevens over CO-emissieniveaus in enkele Europese en Amerikaanse steden in 1965 (Tabel 2).

Over de VS verschaften *Landau et al.* (1969) onlangs nog weer veel gegevens. Zij wijzen er op dat er in de eerstvolgende 20 jaren een verdubbeling van de totale CO-uitworp zou optreden als geen technische voorzieningen aan de auto's werden getroffen. Overigens zou dit nog niet een verdubbeling van de buitenluchtconcentraties in de steden inhouden omdat hier het verkeersverzadigingsniveau al wel bereikt is maar het zou wel het totale gebied met hogere CO-concentraties vergroten en daarmee dus de verblijfsduur bij verhoogde concentraties. Overigens meent *Heine* (1968) een daling van de CO-concentraties in de steden van de VS te bespeuren. Men verwacht in de VS bij het volgen van stringente emissienormen eerst een daling van de CO-concentratie waarna omstreeks 1980 het oorspronkelijk niveau weer bereikt zal worden ten gevolge van de toename van het aantal auto's.

Er is een duidelijk verband tussen CO-concentratie en verkeersdichtheid; men kan er zelfs de leefgewoonten in een stad uit afleiden. Een voorlopig onderzoek verricht door het IG-TNO (1969) bij de doorlaatpost Zevenaar/Beek leverde herhaaldelijk overschrijdingen van 100 ppm op, tot maximaal 162 ppm als uiting van het gebrek aan vacantierepreading.

Wij moeten in deze context vooral ook denken aan de concentraties binnen in de auto's, met name bij in file rijden tijdens piekuren. In de VS vond men hier waarden van 10-40 ppm, met maxima tot 100 ppm (*Heine*, 1968, *Landu et al.* 1969, *Ramsey* 1970), in het algemeen hoger dan in de buitenlucht op straat.

Tot welke concentraties in het bloed geeft deze luchtverontreiniging nu aanleiding? *De Bruin* (1967) vond bij verkeersagenten in Rotterdam en Amsterdam een significante stijging die echter ver beneden 2-4% bleef bij niet-rokers; hetzelfde gold voor andere verkeersdeelnemers. In deze publicatie vindt men tevens veel gegevens uit de literatuur. Meer recent vonden *Ayres et al.* (1969) bij niet-rokende personen in New York gemiddeld 0,6%

COHb, bij rokers van 1 pakje sigaretten/dag 1,8% COHb, van 2 pakjes/dag 3,0% COHb; voor tunnelbewakers waren de getallen respectievelijk 2, 2 en 4. Göthe et al. (1969) kwamen voor Zweedse politieagenten tot gelijksoortige bevindingen als De Bruin. Goldsmith et al. (1969) vermelden eveneens vergelijkbare recente gegevens. Ramsey (1970) mat inplaats van toename van COHb de reductie van vol.% O₂ in capillair bloed; er was een daling bij 30 gezonde chauffeurs en bij 30 chauffeurs met aandoeningen die met hypoxaemie gepaard gaan; allen waren niet-rokers; er werd 90 min. gereden door de stad; de concentratie CO in de auto bij het hoofd van de proefpersoon was gemiddeld 38,1 ppm; de reductie was bij de patiënten (gem. 1,14 vol.%) groter dan bij de gezonden (gem. 0,49 vol.%) maar in beide gevallen significant. Reichel et al. (1970) toonden eens te meer aan dat bij verkeersdeelnemers en politieagenten, verblijf houdende bij een druk verkeerskruispunt, een stijging in het COHb alleen optreedt bij niet-rokers; bij rokers, die tijdens de 3 uur durende proef niet mochten roken daalde daarentegen het COHb.

Er is verband tussen CO-concentratie van de inademiingslucht, expositieduur, de mate van inspanning en bereikt COHb. Miranda et al. (1967) geven hiervoor een aantal formules. We moeten goed bedenken dat vooral bij relatief lage concentraties het zeer vele uren kan duren voordat het evenwicht wordt bereikt; voor concentraties in de orde van grootte van 30 ppm kan dit wel 8 uur bedragen, 2/3 van het evenwicht zou echter reeds in 2 uren bereikt zijn; 5 uur blootstelling aan 20 ppm zou resulteren in een stijging in COHb van 1,64% (Clayton 1969; Beard 1969; Goldsmith en Cohen 1969). Volgens Larsen (1970) kan men dan ook het beste het gemiddelde over een periode van 4-8 uur bepalen als maat voor het te verwachten COHb.

Het blijkt dus dat de COHb-concentraties tengevolge van inhalatie van uitlaatgassen in de regel niet hoger komen dan 5%, tenzij tevens zwaar wordt gerookt, vooral sigaretten. Wat zijn nu de te verwachten effecten? Zeer goede overzichten van de literatuur zijn hierover onlangs gegeven door Goldsmith en Cohen (1969) en Beard (1969).

Men kent van CO drie soorten effecten: belemmering van het O₂-transport door bezetting van het Hb, van de perifere O₂-afgifte door verschuiving van de O₂-dissociatiecurve naar links (Haldane effect) en van de intracellulaire diffusie naar de mitochondriën door het bezetten van myoglobine (Ayres et al. 1969). Volgens Beard (1969) zouden beide laatste effecten echter pas van belang zijn bij COHb-concentratie boven de 10%.

Het effect van bemoeilijkt O₂-transport zal zich vooral uiten bij personen die marginaal van O₂ worden voorzien dus bijv. met ernstige anaemie, met vergrote O₂-behoefte, met gestoorde ademhaling en bloedsomloop. Bovendien moet men die personen er bij rekenen aan wie hoge eisen worden gesteld inzake optimale functionele integriteit van zintuigen en zenuwstelsel. Goldsmith en Cohen (1969) be-

spraken enkele epidemiologische onderzoeken. Men kon in Los Angeles county niet aantonen dat het COHb-niveau van aan hartinfarct overledenen hoger was dan bij sterfgevallen aan andere vaatziekten. Evenmin was er een verband tussen ziekenhuisopneming en CO-concentratie in de buitenlucht, wel echter tussen de sterftekans aan hartinfarct en de CO-concentratie op de dag van opneming.

In New York vond men een positieve correlatie van klachten over hoofdpijn en oogprikkeling met de CO-concentratie; hier was kennelijk sprake van de invloed van verscheidene verontreinigers. Een voorlopig onderzoek legde ook een vermoedelijk verband tussen CO-blootstelling in het verkeer en maximale prestatie bij het zwemmen.

Goldsmith en Cohen (1969) kwamen tot de volgende conclusies t.a.v. de effecten van de relevante lage COHb-concentraties:

— er bestaat vermoedelijk geen kans op chronische effecten

— dagelijkse blootstelling aan CO-concentraties boven 10 ppm kan verband houden met toegenomen sterftekans bij hartinfarct-patiënten.

In dit verband is het onderzoek van Ayres et al. (1969) van groot belang. Zij wezen er op dat normaliter de hartspier ongeveer 75% van de O₂ onttrekt in de coronaircirculatie in tegenstelling tot de andere spieren, waar het a-v-verschil slechts ongeveer 25% is; grotere behoefte aan O₂ kan in het hart niet worden opgevangen door sterkere onttrekking van O₂ maar moet komen uit een grotere „flow”, wat bij personen met een atherosclerotische coronaircirculatie niet mogelijk is; deze komen dan al gauw in een anaërobe stofwisseling terecht. Vandaar het grote risico voor deze personen reeds van geringe verhoging van het COHb.

Beard (1969) ging vooral ook in op het effect op zintuigen en zenuwstelsel. Sommige onderzoekers hebben al bij 4,5% COHb een daling van de gezichtsscherpte gevonden; anderen zagen reeds een verlaging van de prestatie in verschillende psychomotorische tests bij een COHb van 5%. In eigen onderzoek stelden Beard en Wertheim (1967) personen bloot aan 50 ppm gedurende 90 min; zij vonden een verminderd tijdsduur-onderscheidingsvermogen voor geluiden vooral indien gecombineerd met andere taken; vermoedelijk was er al een effect bij 1,5 - 2,5% COHb. Onlangs werd het onderzoek van Lewis et al. (1970) gepubliceerd; deze vonden een daling van de prestatie bij auditieve vigilantie, bij optelsommen en bij begrijpen van zinnen, indien proefpersonen lucht inademen die afgezogen werd vanaf de straat; de verontreinigende componenten werden echter niet gemeten en de lucht werd op zeer geringe hoogte afgezogen (ongeveer 30 cm boven straatniveau).

In het al beschreven onderzoek van Ramsey (1970) (gezonde en hypoxische personen 90 min rijdend in auto bij 38,1 ppm CO) werd de visuele reactietijd vergeleken voor en na de rit; er was bij beide groepen een verlenging van de reactietijd in tegenstelling tot die bij niet geëxponeerde contro-

lepersonen; de reactietijd was ook voor de proef al langer bij de patiënten. Ramsey acht het waarschijnlijk dat vooral t.a.v. de O₂-voorziening geïncapaciteerden door deelname aan het verkeer tot een ongunstig psychomotorisch gedrag kunnen komen met kans op ongevallen.

De vraag is herhaaldelijk gesteld of deze gegevens relevant zijn voor het deelnemen aan het verkeer. Dinman (1969) stelde categorisch dat extrapolatie van de resultaten van bijv. Beard et al. naar het verkeer niet geoorloofd zijn. Er moet nog veel onderzoek in deze richting plaats vinden. Men heeft in Parijs wel een verband menen te vinden tussen het betrokken zijn bij verkeersongevallen en het COHb-gehalte maar de gegevens van dit onderzoek laten deze conclusie niet zonder meer toe. Ray en Rockwell (1970) verrichtten een onderzoek onder reële verkeerssituaties bij proefpersonen met 0, 10 en 20% COHb; zij vonden een met het COHb-percentage stijgende verstoring van de prestatie met name in het reageren op veranderingen der relatieve snelheid en het helderheidsonderscheidingsvermogen.

Uit het voorgaande is wel duidelijk geworden dat bij lage concentratie CO in de inademiingslucht al potentiële schadelijke effecten kunnen optreden zowel t.a.v. invloed op hartvaatstelsel als op het optimaal functioneren van zintuigen en zenuwstelsel. De relevantie voor het verkeersgedrag staat nog niet vast. Goldsmith en Cohen (1969) komen vooral op grond van het risico voor hartvaatpatiënten tot een maximum aanvaardbare concentratie van 10 ppm CO als gemiddelde over de dag maar zij zeggen er niet bij of dit over 8 of 24 uur wordt gemeten. De American Industrial Hygiene Association (1969) komt tot 20 ppm als 8-uursgemiddelde, met een maximum van 70 ppm over 1 uur. Het lijkt te vroeg om tussen 10 en 20 ppm als 8-uursgemiddelde een duidelijke keus te kunnen maken.

Bezien we de aanvaardbare concentratie in het licht van de eerder gegeven kenmerken, dan kan worden gesteld dat CO niet stinkt en geen effect heeft op slijmvliesen en epitheel maar wel werkt na resorptie op orgaansystemen en vooral bij minder-

validen negatieve effecten kan hebben, dat de biologische halfwaardetijd betrekkelijk kort is zodat geen cumulatie optreedt, dat er geen sprake is van carcinogeniteit enz., en evenmin van een effect op planten, terwijl hogere dieren reageren als mensen; evenmin is er vermoedelijk sprake van een synergie met andere bekende verontreinigers.

De vraag rest waar het CO in de biosfeer blijft. Clayton (1969) stelde dat er vermoedelijk in de hogere atmosfeer een oxydatie tot CO₂ onder invloed van kortgolvig ultraviolet optreedt maar over de fysisch-chemische halfwaardetijd bestaan nog veel te weinig gegevens; zij schijnt niet kort te zijn.

Het is bekend dat CO in onze atmosfeer voorkomt in concentraties van 0,1 - 0,2 ppm; als voornaamste bron gelden de uitlaatgassen; daarnaast bosbranden en wellicht ook organische afbraak in de oceanen. De levensduur van CO wordt geschat op ongeveer 3 jaar, wat dus zou wijzen op de mogelijkheid van zeer geleidelijke, over een zeer lange reeks van jaren wellicht aan te tonen opbouw van een atmosferische belasting (Junge 1969).

Als voorlopige conclusie kan worden gesteld dat het dus stellig aangewezen is er voor te zorgen dat de luchtverontreiniging in onze buitenlucht zo laag mogelijk blijft en in ieder geval 10-20 ppm over 8 uur gemiddeld niet overschrijdt.

Er is te weinig bekend over CO-concentraties in ons land om te weten of deze grenzen worden overschreden. Dit vormt derhalve een aansporing om te gaan meten.

Wordt vervolgd

Naschrift

Recent werd door de GG en GD te Amsterdam een rapport uitgebracht (drs. H. Heida en dr. C. A. Bank) over het CO-gehalte in de buitenlucht op een aantal drukke verkeerspunten in Amsterdam. Dit is het eerste ruim opgezette onderzoek naar stedelijke verontreiniging met CO in ons land. Op drukke verkeerspunten blijkt, wat de CO-concentratie betreft, Amsterdam niet onder te doen voor andere Europese en Amerikaanse steden; de 10 ppm-richtlijn werd in 9,6% van het totaal aantal metingen overschreden.

Berichten

Cursus Gezondheidstechniek

De brochure van de Stichting Post-akademiale vorming gezondheidstechniek vermeldt weer een reeks cursussen voor het jaar 1971-1972. Hiertoe behoren o.m. Bouwen en wonen (1, 2, 3 november 1971), zweminrichtingen (15-19 november 1971), verontreiniging van de buitenlucht (10-14 april 1972). Inlichtingen en aanmelding bij de cursusleider, ir. J. L. N.

Spangenberg, gebouw Nieuwelaan der Technische Hogeschool, Nieuwelaan 76, Delft.

Doeltreffend besturen

„Doeltreffend besturen in een veranderende samenleving” is het thema van de Najaars-Efficiency-dagen 1971, op 24 en 25 november 1971 in het Nederlands congresgebouw, Den Haag.

Nadere inlichtingen: Nederlands Instituut voor Efficiency, Parkstraat 18, Den Haag.