

Proactief advies

*De impact van luchtvervuiling op de
(volks)gezondheid en de nood aan nieuwe
beleidsperspectieven*

Brussel, 27 juni 2013

Proactief advies

Goedkeuring raad: 27 juni 2013

Inhoud

Krachtlijnen van het advies.....	4
Advies.....	6
Situering advies	6
Hoofdstuk 1 Polluenten en pathologieën	8
1. Inleiding.....	8
2. Gezondheidschadende polluenten aanwezig in vervuilde lucht.	9
3. Pathologieën geassocieerd met luchtvervuiling	14
Hoofdstuk 2 Aanbevelingen	19
1. Inleiding.....	19
2. Het Europese momentum aangrijpen.....	20
3. Beleidsniveau- en beleidsdomeinoverschrijdende afstemming noodzakelijk	22
4. Wegverkeer prioritair.....	23
5. Naar gedragswijzigingen.....	26
6. Informatie & draagvlak	26
Bijlage: literatuurlijst hoofdstuk 1 ‘polluenten en pathologieën’	29

Krachtlijnen van het advies

Luchtvervuiling heeft een negatieve impact op de cardiovasculaire, respiratoire en neurologische gezondheid. De levenskwaliteit en het maatschappelijk welzijn worden aangetast wat ook maatschappelijke gevolgen en kosten met zich mee brengt.

De SAR WGG wil uitdrukkelijk zijn bezorgdheid overmaken aan de Vlaamse regering over de impact van luchtvervuiling op de gezondheid en het welzijn van mensen. Andere beleidsperspectieven dringen zich op.

Nood aan een (Europese) sprong voorwaarts

Het Europese beleidsniveau is van doorslaggevend belang in de normering van polluenten. Emissiewaardenplafonds voor verschillende polluenten zijn opgenomen in een aantal Europese richtlijnen. Deze emissiewaardenplafonds liggen echter onder de waarden zoals aanbevolen door de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO), maar ook onder de waarden die gehanteerd worden in de Verenigde Staten. Gevolg hiervan is dat de niet-overschrijding van de Europese emissieplafonds zeker niet wil zeggen dat de gezondheid van mensen beschermd is.

Dit jaar doet zich een unieke kans voor omdat de 'Thematische Strategie inzake Luchtverontreiniging' alsook de Europese regelgeving worden herzien. Vlaanderen (België) moet van dit Europese momentum gebruik maken om de politieke consensus in Europa mee in de richting van de medisch-wetenschappelijke consensus van de WGO te bewegen. Er moet worden gestreefd naar en gepleit worden voor emissiewaarden die gezondheidsbeschermend zijn - en dus geijkt zijn aan de WGO-normen.

Beleidsafstemming

Luchtvervuiling vormt een transnationale en lokale uitdaging. Emissiereductiebeleid dient daarom geïmplementeerd te worden op het internationale, nationale maar ook op het regionale en lokale niveau. Daarom is afstemming tussen de verschillende overheden van groot belang.

Op het Vlaamse beleidsniveau is het dan weer zaak dat er afgestemd wordt met onder meer het gezondheidsbeleid, klimaatbeleid, transportbeleid, landbouwbeleid en het ruimtelijke ordeningsbeleid. Vandaag gebeurt dit nog steeds te weinig. Enkel door meer afstemming kan de doelmatigheid en doeltreffendheid van het beleid verhoogd worden.

Afscheiding wegverkeer en woon- en leefomgevingen prioritair

In Vlaanderen is luchtvervuiling door ontploffingsmotoren de belangrijkste gezondheidsbedreigende bron van luchtvervuiling. Maatregelen op lokale schaal – zoals een aantal opgenomen in het Vlaamse Luchtkwaliteitsplan, waaronder de lage-emissiezones - kunnen hier wel degelijk effect ressorteren omdat ze impact kunnen hebben op niveaus van fijn stof, elementair koolstof, stikstofdioxide....

Om de gezondheidsschade ten gevolge van luchtpollutie op lokale schaal echter op drastische wijze te verminderen moet er voor de SAR WGG een zo groot mogelijke scheiding zijn tussen leef- en woonomgevingen en verkeer. Hierbij moet extra aandacht uitgaan naar stedelijke kernen en omgevingen met gebouwen bedoeld voor

kwetsbare groepen - denken we maar aan scholen, kinderopvangvoorzieningen, woonzorgcentra...

Enkel een scheiding tussen druk verkeer en leef- en woonomgevingen kan de emissie van 'klassieke' luchtpolluenten, maar ook van zogenaamd grof stof (zoals de slijtage van banden en remmen) - dat minstens even gezondheidsschadend is - teruggedrongen worden.

Met de huidige kennis is het vooral van belang om een *no regret*-beleid te voeren. Aangezien de kennis over de toxische componenten onvolledig is, is het noodzakelijk om een beleid te voeren dat gericht is op het voorkomen en ontmoedigen van ritten met private voertuigen met een verbrandingsmotor in de omgeving van bevolkingscentra. Dit is te verkiezen boven maatregelen die een bepaalde technologie viseren.

De promotie van alternatieve vervoersmodi zoals wandelen en fietsen is complementair met dit beleid. Dit zal bovendien bijdragen tot een betere algemene, cardiovasculaire en mentale gezondheid. Hierbij kan beleidsmatig een rechtstreekse link gelegd worden met de Vlaamse Gezondheidsdoelstelling 'Voeding en Beweging'. Belangrijke voorwaarde hiervoor is evenwel de gevoelige verbetering van de wandel- en fietsinfrastructuur, wat ook inhoudt dat de wandel- en fietsomgevingen ontkoppeld moeten zijn van druk verkeer. Enkel zo kan de blootstelling verminderen.

Het pleidooi voor een *no regret*-beleid houdt echter niet in dat er op eerder korte termijn geen urgente, flankerende maatregelen moeten worden genomen. Het gebruik van dieselontploffingsmotoren moet bijvoorbeeld blijvend ontmoedigd worden; de elektrificatie van wagens aangemoedigd, (groen) openbaar vervoer moet blijvend worden gestimuleerd...

Bevolking informeren

Tot slot dient de bevolking op toegankelijke wijze geïnformeerd te worden. Dit vergroot het draagvlak en kan leiden tot gedragswijzigingen. Hierbij moet ook extra aandacht uitgaan naar gezondheids promotie bij kwetsbare groepen (kinderen, ouderen, chronisch zieken...) en bij specifieke doelgroepen die door hun woon- en werkomstandigheden extra belast zijn - waaronder in de eerste plaats mensen met een lage sociaal-economische status die vaak genoodzaakt zijn om in de buurt van drukke verkeersaders te wonen.

Advies

Situering advies

De opmaak van een proactief advies over de impact van luchtvervuiling op de (volks)gezondheid maakt deel uit van het werkprogramma 2013 van de SAR WGG. Naast effecten op klimaat, landbouw en gebouwen heeft luchtvervuiling immers vooral op de gezondheid een zeer negatieve invloed. Het is een van de belangrijkste ziekte-determinanten.

Op de raadsvergadering van 25 april 2013 heeft raadslid prof. dr. Nicolas van Larebeke een discussienota ter voorbereiding van het advies over luchtvervuiling en (volks)gezondheid voorgesteld. De raad besliste om een hoorzitting te organiseren over het thema. Zodoende kon het advies worden ingewonnen van externe deskundigen inzake de inhoud van de discussienota van raadslid van Larebeke.

Er werden 11 experts aangeschreven. De nota werd uiteindelijk gereviseerd door volgende experts:

- Prof. dr. Luc Int Panis (VITO, UH)
- Prof. dr. Frans De Baets (UZ Gent)
- Prof. dr. Luc Hens (VUB)
- Dr. Marc Goethals (OLV Aalst)
- Dr. Rosette Van den Heuvel (VITO)
- Frans Fierens en Edward Roekens (VMM)

In dit advies werd rekening gehouden met een aantal van de schriftelijke suggesties en opmerkingen van de experts. De experts die naast het leveren van een schriftelijke bijdrage ook hebben deelgenomen aan de hoorzitting op de raadsvergadering van 30 mei 2013 zijn:

- Prof. dr. Luc Int Panis
- Prof. dr. Luc Hens
- Dr. Marc Goethals

Voorliggend advies heeft tot doel aan te geven waarom een beleid gericht op het inperken van luchtvervuiling prioritair is, en in welke richting maatregelen dienen te worden genomen. Dit advies heeft niet de ambitie om concrete of gedetailleerde analyses en maatregelen voor te stellen. De uitwerking van gedetailleerde analyses en maatregelen zal uiteraard nodig zijn in fasen van voorbereiding en uitvoering van beleid.

In dit ontwerpadvies worden de belangrijkste stoffen inzake luchtverontreiniging op een rij gezet. De raad is zich ervan bewust dat een stoffenbenadering slechts een deel van het luchtvervuilingverhaal is. Het Vlaamse luchtverontreinigingsbeleid heeft immers niet alleen een stoffencomponent maar ook een benadering naargelang groepen van stoffen, maar ook milieukundig-thematische en sectorale benaderingen. Het zou nuttig zijn om een beleid dat meer gericht is op gezondheid hierbij te laten aansluiten.

Deze nota gaat ook niet in op aspecten die specifiek met luchtvervuiling binnenshuis te maken hebben, noch op eventuele gezondheidsaspecten van broeikasgassen, de klimaatproblematiek of lawaaivervuiling. Het was in het kader van deze oefening evenmin mogelijk om dieper in te gaan op kwantitatieve aspecten van blootstelling en gezondheidsrisico's.

Een advies over al deze thema's en vanuit al deze benaderingen overstijgt het tijdsframe waarbinnen de raad opereert. Ook zijn er maar een beperkt aantal deskundigen ter zake onder de leden van de raad.

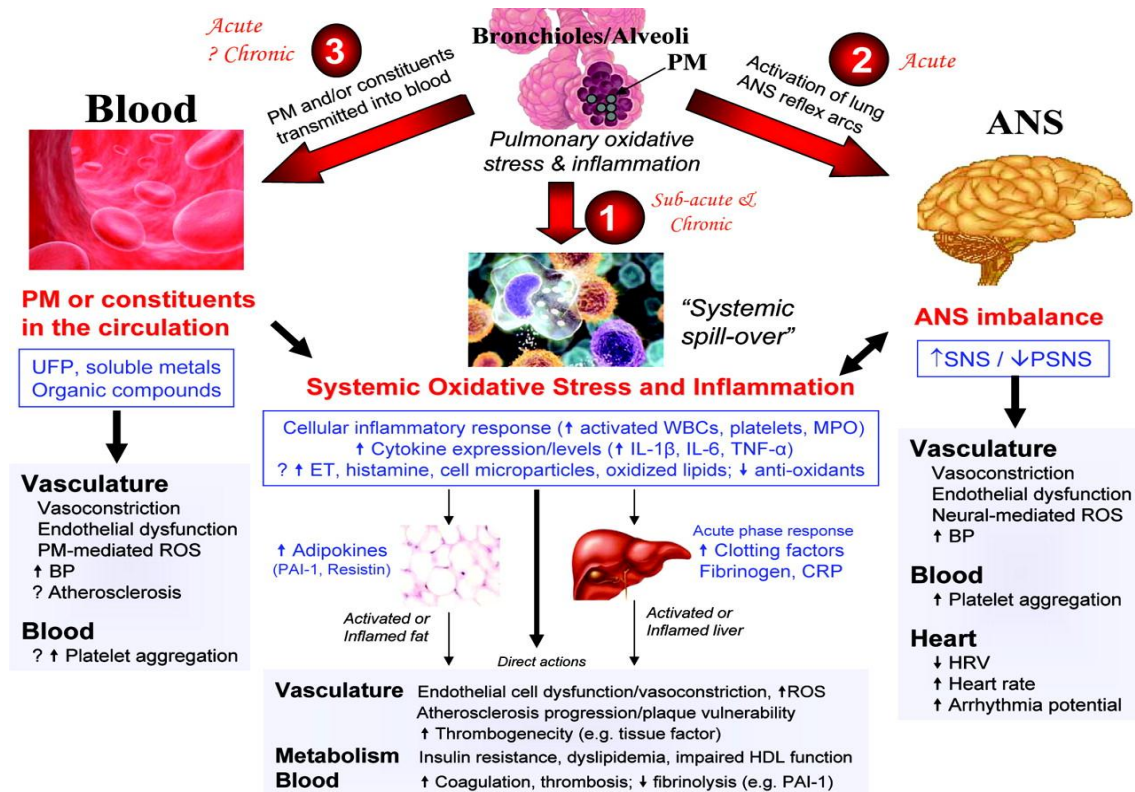
De raad wil in dit ontwerpadvies uitdrukkelijk zijn bezorgdheid overmaken aan de Vlaamse Regering over de impact van luchtvervuiling op de gezondheid en het welzijn van mensen. Bijzonder vatbaar voor luchtvervuiling zijn kinderen, ouderen, chronisch zieken, mensen met een lage sociaaleconomische status die vaak genoodzaakt zijn om in de buurt van drukke verkeersaders te wonen. Dit proactief advies werd unaniem goedgekeurd door de SAR WGG waarbij één lid zich onthouden heeft.

Hoofdstuk 1 Polluenten en pathologieën

1. Inleiding

Een overzicht geven van de wetenschappelijke evidentie inzake luchtvervuiling is niet vanzelfsprekend. Haast elke benadering leidt tot ‘onvolledigheid’: het aantal epidemiologische en toxicologische studies blijft toenemen, de verbanden tussen stoffen en eindpunten worden gevonden, maar zijn niet altijd eenduidig.¹

Luchtvervuiling gaat over een cocktail, een mengsel van stoffen waarbij fijn stof en ozon belangrijke indicatoren zijn. De complexiteit tussen de verbanden wordt duidelijk aangetoond door onderstaande ondertussen klassieke illustratie.



Bron: Brook et. al., Circulation 2010

Het hoofdstuk ‘polluenten en pathologieën’ in dit advies is per definitie onvolledig. De gehanteerde stoffenbenadering is immers slechts een deel van het luchtverpollutieverhaal. Het Vlaamse luchtverontreinigingsbeleid heeft niet alleen een stoffencomponent

¹ Asbest is een van de weinige gekende stoffen waar er een duidelijk verband is wegens de een-op-eenrelatie.

maar ook een benadering naargelang groepen van stoffen (pesticiden, endocriene verstoorders), maar ook milieukundig-thematische (verzuring) en sectorale benaderingen (transport, energie, landbouw, industrie, consumenten). Deze nota gaat ook niet in op aspecten die specifiek met luchtvervuiling binnenshuis te maken hebben, noch op eventuele gezondheidsaspecten van broeikasgassen, de klimaatproblematiek of la-waaivervuiling. Het was in het kader van deze oefening evenmin mogelijk om dieper in te gaan op kwantitatieve aspecten van blootstelling en gezondheidsrisico's.

Een volledig overzicht geven zou te ambitieus geweest zijn daar de wetenschappelijke evidentie ter zake dagelijks aandikt, en dit het tijdsframe, maar ook de expertise waarbinnen de raad opereert, overstijgt. Een advies met aanbevelingen inzake luchtvervuiling en (volks)gezondheid kon echter niet om een minimale voorstelling van pollutanten en pathologieën om. De raad beseft dat de weergave hiervan in dit advies daarom onvermijdelijk zou leiden tot een vorm van onvolledigheid.

Gelet op het feit dat pollutanten en pathologieën nog steeds te weinig met elkaar in verband worden gebracht, en gelet op het feit dat geen enkele verwijzing naar pollutanten en pathologieën pas echt onvolledig geweest zou zijn, heeft de raad besloten om dit noodzakelijk hoofdstuk op te nemen in dit advies.

De impact van luchtvervuiling op de cardiovasculaire, respiratoire en neurologische gezondheid, inclusief de maatschappelijke gevolgen (kosten) hiervan zijn van die aard, dat andere beleidsperspectieven zich opdringen.

2. Gezondheidschadende pollutanten aanwezig in vervuilde lucht.

Fijn stof

Fijn stof is een verzameling van een veelheid van verschillende types van partikels en de erop geabsorbeerde stoffen. Er zijn hoogstwaarschijnlijk fracties die toxischer zijn (bv. dieselroet) en fracties die minder toxisch zijn (bv. de secundaire gevormde ammoniumnitraten die het grootste deel uitmaken van het PM₁₀ in Vlaanderen).

- Sommige fracties dragen organische stoffen die mutagene (Lewtas 2007; Whichmann, 2007) en/of hormoonversturende (Wenger et al., 2009; Andrysik et al. 2011) eigenschappen hebben.
- Fijn stof draagt bij tot inflammatoire toestanden van de luchtwegen (Valavanidis et al.; 2008) en tot systemische inflammatie meetbaar in het bloed (Bhatnagar, 2009).
- Fijn stof veroorzaakt longkanker (Lewtas, 2007; Whichmann, 2007), cardiovasculaire ziekten (Lewtas, 2007) en draagt alleszins bij tot het verergeren en wellicht ook tot het ontstaan van chronisch obstructief longlijden (Andersen et al., 2011; Schikowski et al., 2013).

Vlaanderen behoort samen met de Randstad, het Ruhrgebied, en sommige streken in Noord-Italië, tot de gebieden met de hoogste fijn stof concentraties in Europa.

De WHO beschouwt PM_{2,5} als meest relevante indicator voor gezondheidseffecten gelieerd aan fijn stof (EU studiedag Health and Air Quality, Brussel, 30-31/01/2013). Wel is het aangewezen (bepaalde) componenten van (ultra)fijn stof nader te onderzoeken: deeltjesaantallen, black/elementair carbon...

Ultrafijn stof

Ultrafijn stof heeft grotendeels dezelfde eigenschappen als fijn stof, maar is de meest gezondheidsschadende vorm van partikels in de lucht (Araujo et al., 2008; Araujo & Nel, 2009; Tong et al., 2010; Dvorackova et al., 2013; Betha & Balasubramanian, 2013) - vooral dan m.b.t. cardiovasculaire pathologie. Het is gekend dat deze deeltjes via de olfactorische zenuw en het bloed ook de hersenen en andere organen kunnen bereiken.

Epidemiologisch is echter nog niet aangetoond dat deze deeltjes inderdaad de meest gezondheidsschadende vorm van partikels zijn. Hier is het meer aangewezen zich op experimentele en moleculair-epidemiologische bevindingen te baseren dan op klassieke epidemiologische. De klassieke epidemiologie heeft immers een meer beperkte gevoeligheid en een beperkt onderscheidend vermogen.

Zoals hierboven aangehaald beschouwt de WHO PM_{2,5} echter nog steeds als meest relevante indicator voor gezondheidseffecten gelieerd aan fijn stof. Van groot belang bij het denken over gezondheidsbeschermende maatregelen is de waarneming dat het aantal ultrafijne partikels 300 meter onder de wind van een autosnelweg – wat een belangrijke bron van ultrafijne partikels is - tot het aantal is herleid dat boven de wind van de autosnelweg wordt gemeten (Zhu et al., 2002).

In Vlaanderen komen zeer hoge concentraties aan ultrafijn stof voor langs snelwegen en op plaatsen met druk verkeer (N. van Larebeke, persoonlijke metingen). Het aantal partikels met een aerodynamische diameter tussen de 10 en de 300 nanometer kan daarbij oplopen tot meer dan 150.000 per kubieke centimeter.

Black carbon

Een andere parameter in de beschrijving van fijn stof in de lucht is *black carbon*: partikels die vooral uitgestoten worden door verkeer. Het grootste deel van de black carbon deeltjes behoort wat afmetingen betreft tot de categorie ultrafijn stof.

Recente studies geven aan dat black carbon meer gerelateerd is met gezondheidseffecten dan de massa fijn stof (Janssen et al., 2011).² Er zijn al lang aanwijzingen dat luchtvervuiling die geassocieerd is met verkeer mogelijk de meest schadelijke polluen-

² Zie ook: http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0004/162535/e96541.pdf

ten omvat. Associaties met CO, NO, NO₂ en dergelijke kunnen dus mogelijks niet te wijten zijn aan deze gassen maar aan andere verkeerscomponenten die ermee gecorrelleerd zijn.

Recent is een kwantitatief verband beschreven tussen gezondheidseffecten en black carbon. Von Klot et al. (2011) vonden een verband tussen persoonlijke blootstelling aan dieselroet en Acuut Myocardiaal Infarct (AMI). Deze studie vond geen verband met ambient PM_{2.5}. Dat betekent dat niet enkel de concentratie op het thuisadres belangrijk is, maar ook en vooral de concentraties die men tegenkomt op andere plaatsen en tijdens verplaatsingen. Von Klot et al. besluiten dat AMI in het bijzonder geassocieerd is met de hoeveelheid roet die men inademt terwijl men zelf in het verkeer is. Ook in Vlaanderen is aangetoond dat dit de belangrijkste blootstellingswijze is (Dons et al., 2011, 2012).

Janssen et al. hebben een literatuuroverzicht gemaakt dat elementair koolstof linkt aan verschillende eindpunten en mortaliteit (Janssen et al., 2011). Zich baserend op een omzetting van black smoke (BS) en black carbon (BC) naar elemental carbon (EC) besloten ze dat per µg/m³, EC 10 keer toxischer is dan PM_{2.5} (hun schatting bedraagt een stijging van 4 tot 9% per 1 µg/m³ EC).

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen

De polycyclische aromatische koolwaterstoffen met een hoger moleculair gewicht zijn grotendeels geassocieerd aan de partikelfase (op fijne en ultrafijne partikels), behalve bij hogere luchttemperaturen in de zomer wanneer ze ook in de gasfase kunnen voorkomen, zoals ook in een Vlaamse studie waargenomen (Du Four et al., 2005). Polycyclische aromatische koolwaterstoffen met lager moleculair gewicht bevinden zich hoofdzakelijk in de gasfase.

De oudst gekende kankerverwekkende stoffen zijn polycyclische aromatische koolwaterstoffen. Een groot deel van de genotoxische activiteit verbonden aan de polycyclische aromatische koolwaterstoffen aanwezig in vervuilde lucht wordt gedragen door keton en nitroderivaten van deze stoffen die in atmosferische condities gevormd worden (Atkinson, 1994). De “klassieke”, niet gesubstitueerde polycyclische aromatische koolwaterstoffen vertegenwoordigden in een Vlaamse studie slechts een beperkt percentage (gemiddeld 3.1%) van de totale mutagene activiteit in omgevingslucht (Du Four et al., 2005).

Hoewel de benzo(a)pyreenconcentraties gemeten in Vlaamse omgevingslucht eerder laag waren, bleek de mutagene activiteit aanwezig in de lucht eerder hoger te zijn dan op vele andere plaatsen in Europa (Du Four et al., 2005).

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen en hun derivaten kunnen, naast genotoxische eigenschappen, ook hormoonverstorende eigenschappen hebben. Andrysik et al. (2011) stelden vast dat hun aanwezigheid in de organische fractie van luchtvervuiling verantwoordelijk was voor een aantal AhR (dioxine receptor) gemedieerde effecten op cellen in vitro.

Aandacht is nodig voor de optimalisatie van de bepaling van PAK's in de omgevingslucht op een kwantitatieve wijze.

Grof stof (PM_{>10})

Deeltjes afkomstig van de slijtage van banden en remmen kunnen eveneens toxisch zijn (Riediker et al., 2004b; Riediker et al., 2008; Meister et al., 2011) maar worden vaak ten onrechte over het hoofd gezien.

Ozon

Ozon heeft genotoxische effecten gemeten op lymfocyten in het perifere bloed bij de mens (Palli et al., 2009) en draagt bij tot inflammatoire toestanden van de luchtwegen. Deze is ook geassocieerd met een toename van de totale sterfte op korte termijn (Romieu et al., 2012) en op lange termijn met een toename van de sterfte door longziekten (Jerrett et al., 2009).

In Vlaanderen worden in de zomerperiode frequent hoge waarden voor ozon gemeten.

NO₂

Er werden genotoxische effecten waargenomen op het menselijke neusslijmvlies (Koehler et al., 2011). Deze worden geassocieerd met een stijging van het risico op cardiovasculaire ziekten en longkanker (Cesaroni et al., 2013). Vooral N₂O₃ zou de mutagene vorm van stikstofoxyden in de gasfase zijn (Kelman et al., 1997).

Meestal wordt aangenomen dat NO₂ een proxy is voor één of meerdere andere polluenten uitgestoten door het wegverkeer. Het is bijzonder moeilijk bepaalde gezondheidseffecten specifiek aan NO₂ blootstelling toe te schrijven.

In Vlaanderen komen frequent hoge concentraties aan stikstofoxyden voor in de lucht, voornamelijk in associatie met druk verkeer

Asbest

Asbest induceert longkanker (Lenters et al., 2011) en mesotheliale kanker waaronder niet alleen mesothelioma van de longvliezen maar ook van de peritoneale (buik) vliezen (Kanarek, 2011).

Op sommige plaatsen in Vlaanderen, nabij industriële vestigingen waar asbest verwerkt werd, heeft in het verleden een verhoogde blootstelling plaatsgevonden.

SO₂

SO₂ draagt bij tot inflammatoire toestanden van de luchtwegen en wordt geassocieerd met een stijging in het risico op longkanker - vooral dan carcinomen van het plaveiselcel type (Tseng et al., 2012).

In het verleden kwamen vrij hoge SO₂-concentraties voor, maar op heden is dit sterk verminderd.

Zware Metalen

Diverse zware metalen komen voor in associatie met partikels in de lucht (Potgieter-Vermaak et al., 2012). Sommige metalen hebben genotoxische (Banfalvi et al., 2012), neurotoxische (Mameli et al., 2001) of hormoonverstorende (Kortenkamp, 2011; Jimenez-Ortega, 2012) eigenschappen.

In de Vlaamse biomonitoring waren hogere concentraties aan lood in navelstrengbloed geassocieerd aan neurotoxische effecten op de leeftijd van 36 maanden (zie rapport van het Steunpunt Milieu en Gezondheid over pasgeborenen van de biomonitoring-campagne 2000-2006). Partikels met een hoger gehalte aan metalen zijn geassocieerd met een toename van de onmiddellijke sterfte ten gevolge van cardiovasculaire ziekten, chronische obstructieve longaandoeningen en cerebrovasculaire aandoeningen (Valdes et al., 2012).

Op sommige plaatsen in Vlaanderen heeft, in het verleden, een sterke verontreiniging met lood of cadmium plaats gevonden. De inwendige blootstellingen aan cadmium zijn eerder hoog in Vlaanderen, vooral op bepaalde plaatsen.

Vervuiling van de lucht geeft ook aanleiding tot vervuiling van voedsel

Het staat vast dat emissies en luchtvervuiling niet alleen via de ademhalingswegen gezondheidsschadende effecten kunnen hebben. Via depositie op planten geraken pollutanten uit vervuilde lucht in de voedingketen en kunnen zo de mens bereiken.

Dit is onder meer van belang voor cadmium (Nawrot et al., 2010), dioxine-achtige stoffen (Chi et al., 2012) en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (Phillips, 1999). De totale inwendige blootstelling aan polycyclische aromatische koolwaterstoffen is voor een groter deel afkomstig van neerslag op plantaardige voedingswaren dan van bereiding van voedingswaren of van ingeademde lucht (Phillips, 1999). De gezondheidseffecten van deze blootstellingen kunnen aanzienlijk zijn (Nawrot et al. 2008; 2010) zoals ook doorheen de Vlaamse biomonitoring werd vastgesteld (zie van Larebeke et al., 2012, Resultatenrapport opvolgstudie Volwassenen, Vlaams Humaan Biomonitoringsprogramma 2007-2011).

Op blootstellingen via de voeding en op de gezondheidseffecten van deze blootstellingen wordt hier niet verder ingegaan.

3. Pathologieën geassocieerd met luchtvervuiling

Totale sterfte en algemene gezondheid

Totale sterfte is duidelijk geassocieerd met blootstelling aan luchtvervuiling, zoals onder meer bleek uit een grote Amerikaanse studie (Krewski et al., 2009).

Recente Amerikaanse studies hebben het positieve effect van een verbetering van de luchtkwaliteit op de gezondheid aangetoond (Pope et al, 2009). Ook de studie van de tijdelijke luchtkwaliteitsverbetering in Peking, ten tijde van de Olympische Spelen, toont duidelijk het oorzakelijk verband aan tussen een betere luchtkwaliteit en een betere gezondheid (Zhang et al., 2013, Mededeling op de Annual meeting van het Health Effects Institute).

Cardiovasculaire ziekten

Het risico op cardiovasculaire ziekten, gebaseerd op de vorming van atheroomplaten, wordt duidelijk verhoogd door blootstelling aan vervuilde lucht (Allen et al., 2013; Heinrich et al., 2013; Cesaroni et al., 2013). Luchtvervuiling bleek onder meer geassocieerd aan een toename van de calcificatie van kroonslagaders (Lambrechtsen et al., 2012)

Luchtvervuiling door fijn stof wordt in verband gebracht met alle fasen in het ontstaan van cardiovasculaire aandoeningen, van de vroege fase met vorming van atheroomplaten tot en met de arteriele thrombose door interferentie met stollingsmechanismen en fibrinolyse (voor een overzicht cfr. Brook et. al., Particulate Air Pollution and Cardiovascular disease: an Update to the Scientific Statement of the American Heart Association, *Circulation* 2010; 121; 2331-2378 en Sun et al Cardiovascular Effects of Ambient Particulate Air Pollution Exposure, *Circulation* 2010; 121; 2755-2765)

Kanker

Het risico op longkanker wordt duidelijk verhoogd door blootstelling aan vervuilde lucht (Cislaghi & Nimis, 1997; Raaschou-Nielsen et al., 2010; Katanoda et al., 2011; Allen et al., 2013; Heinrich et al., 2013).

Luchtvervuiling gemeten in termen van biologische activiteit - de beperking van de diversiteit van korstmossen - bleek duidelijk geassocieerd met de mortaliteit tengevolge van longkanker bij mannen (Cislaghi & Nimis, 1997). Mogelijk, en wat men op mechanistische basis zou verwachten, wordt ook het risico op andere vormen van kanker opgedreven door blootstelling aan luchtvervuiling, waaronder borstkanker (Crouse et al., 2010), blaaskanker (Liu et al., 2009) en nierkanker (Soll-Johanning et al., 1998).

Een verband tussen luchtvervuiling en andere kankers wordt echter niet algemeen aanvaard.

Het risico op kanker is in Vlaanderen bij de hoogste ter wereld.

Chronisch obstructief longlijden

Dat blootstelling aan vervuilde lucht kan leiden tot een verergering van de symptomen bij personen die lijden aan chronisch obstructief longlijden is sedert lang bekend.

In een recente prospectieve studie op 57.053 personen, over een periode van 35 jaar m.b.t. het effect van blootstelling aan verkeersgebonden luchtvervuiling, bleek blootstelling aan verontreinigde lucht betekenisvol bij te dragen tot het ontstaan van chronisch obstructief longlijden (Andersen et al., 2011).

Astma

Dat astmatische klachten verergerd kunnen worden door blootstelling aan gepollueerde lucht is reeds lang geweten. Recente gegevens suggereren ook een oorzakelijk verband tussen blootstelling aan gepollueerde lucht en het ontstaan van astma (Carlsten & Melen, 2012). Volgens Islam et al. (2007) vermindert blootstelling aan gepollueerde lucht het beschermend effect van een goede longfunctie. Omwille van de beperkingen en tekortkomingen in de betreffende studies kan een oorzakelijk verband tussen luchtvervuiling en astma echter niet als bewezen worden beschouwd.

Volgens Kim et al. (2013) zou de interactie tussen eerdere bronchiolitis en luchtvervuiling bijdragen tot het ontstaan van astma bij kinderen. Deze studie wijst voornamelijk op een toegenomen bronchiale prikkelbaarheid gerelateerd aan luchtvervuiling en ook een hogere frequentie aan wheezing episodes, maar er is nog geen bewijs dat die hogere frequentie van wheezing episodes op latere leeftijd tot astma leidt. In Sao Paulo zou stedelijke luchtvervuiling een significante risicofactor zijn voor astma bij kinderen (Vieira et al., 2012). Deze studie had echter slechts betrekking op een klein aantal kinderen, en er werd geen verband gevonden tussen concentraties aan stikstofoxyde of ozon en astma. Bovendien is de luchtvervuiling in Sao Paulo wellicht veel intenser dan in de meeste Europese steden.

We kennen in Vlaanderen een hoge prevalentie van astma.

Allergie

Recente gegevens wijzen op een associatie tussen lange termijn blootstelling aan verkeersgebonden luchtvervuiling en nieuw ontwikkelde sensitizatie bij kinderen (Brauer et al., 2007; Carlsten & Melen, 2012). Er is echter voor het ogenblik geen enkele studie die onomstootbaar bewijst dat luchtvervuiling allergie induceert.

Dat allergische fenomenen verergerd kunnen worden tengevolge van blootstelling aan vervuilde lucht is reeds lang geweten.

Diabetes

Het risico op diabetes, en dan vooral type 2 diabetes, zou toenemen onder invloed van luchtvervuiling (Bhatnagar, 2009). Maar bij kinderen zou blootstelling aan luchtvervuiling ook het risico op type 1 diabetes kunnen doen toenemen (Hathout et al., 2006). Krämer et al. (2010) stelden een associatie vast tussen verkeersgebonden luchtvervuiling en de incidentie van diabetes bij oudere vrouwen, en Andersen et al. (2012) stelden een associatie vast tussen diabetes en verkeersgebonden luchtvervuiling, in het bijzonder bij personen met een gezonde levensstijl, niet-rokers en fysiek actieve mensen. Luchtvervuiling, in het bijzonder verkeersgebonden luchtvervuiling, bleek geassocieerd met diabetes type 2 bij zwarte vrouwen in Los Angeles (Coogan et al., 2012).

De stijging van het risico op diabetes zou ten dele kunnen berusten op de verminderde gevoeligheid aan insuline waargenomen bij gezonde personen die gedurende 5 dagen gedurende 4 of 5 uren per dag werden blootgesteld aan stedelijke luchtvervuiling (Brook et al., 2012). Ook inductie van ontstekingsverschijnselen geassocieerd aan blootstelling aan luchtpolluenten zou kunnen bijdragen tot de inductie van type 2 diabetes (Liu et al., 2012). Ook de afname in het aantal en de afmetingen van mitochondriën, de celorganellen betrokken bij de energieproductie in de cel - zoals vastgesteld bij muizen voor langere tijd blootgesteld aan omgevingslucht rijk aan fijne partikels (PM_{2.5}) - zou kunnen bijdragen tot het risico op diabetes (Xu et al., 2011).

Overgewicht en obesitas

Naast verkeerde voedingsgewoonten zouden ook hormoonverstoring in het algemeen en blootstelling aan luchtpolluenten kunnen bijdragen tot de overgewicht- en obesitas epidemie waargenomen in vele landen (Bhatnagar, 2009). Benzo(a)pyreen, één van de polycyclische aromaten aanwezig op fijn stof, inhibeerde het vetmetabolisme in muizen en veroorzaakte een gewichtstoename (Irigaray et al., 2006).

Fertiliteit

Vergeleken met Prachatic, een ruraal district met relatief zuivere lucht, bleken perioden met intense luchtvervuiling in Teplice (een sterk geïndustrialiseerd district in Tsjechië) op significante wijze geassocieerd aan een vermindering van de kwaliteit van het sperma bij jonge mannen. Ook werd een significante associatie gevonden tussen periodes van intense luchtvervuiling en het percentage spermatozoïden met abnormaal chromatine (onder meer veroorzaakt door schade aan DNA) (Selevan et al., 2000). Ook andere auteurs bevestigden dat luchtvervuiling, vooral dan met partikels, bij concentraties die frequent voorkomen in omgevingslucht, genotoxisch is voor spermatozoïden (Somers & Cooper, 2009).

Blootstelling aan uitlaatgassen van auto's, doorheen tewerkstelling aan snelweg tolganctoren, was geassocieerd met een lagere concentratie aan spermatozoïden, lagere totale aantallen spermatozoïden, minder totale en minder progressieve motiliteit van spermatozoïden, minder normaal gevormde spermatozoïden en met meer schade aan DNA van spermatozoïden (Calogero et al., 2011).

Luchtvervuiling (in termen van $PM_{2.5}$) was geassocieerd met een vermindering van de motiliteit van spermatozoïden twee tot drie maanden na de blootstelling (Hammoud et al., 2010).

Een meer intense interne blootstelling aan polycyclische aromatische koolwaterstoffen was geassocieerd aan een abnormaal lage concentratie aan spermatozoïden en een abnormaal laag aantal spermatozoïden per ejaculatie (Xia et al., 2009). Han et al. (2011) namen een associatie waar tussen urinaire metabolieten van polycyclische aromatische koolwaterstoffen en DNA schade in spermatozoïden in de algemene mannelijke bevolking van Chongqing, China.

De kwaliteit van het sperma van spermadonoren die zich aanboden bij de spermabank van het Gentse universitaire ziekenhuis is sedert 1977 sterk gedaald (Comhaire et al., 2007).

Vroeggeboorte

Verhoogde ozon concentraties tijdens de eerste trimester van de zwangerschap bleken in Zweden geassocieerd te zijn aan een verhoogd risico op vroeggeboorte en op pré-eclampsie (Olsson et al, 2013). Tijdens de Vlaamse biomonitoring werd een associatie vastgesteld tussen verhoogde concentraties aan luchtvervuiling met fijne partikels tijdens het eerste trimester van de zwangerschap en vroeggeboorte.

Laag geboortegewicht en intrauteriene groeivertraging.

Blootstelling aan vervuilde lucht (met hogere concentraties aan PM_{10} partikels en hogere concentraties aan kankerverwekkende polycyclische aromatische koolwaterstoffen) tijdens de eerste maand van de zwangerschap was geassocieerd aan intrauteriene groeivertraging in de Czech Republic (Sram et al., 2013).

Neurologische en neuropsychische aandoeningen

Recente gegevens wijzen erop dat luchtvervuiling ook geassocieerd is aan een stijging van het risico op een aantal neurologische of neuropsychische aandoeningen. Het National Institute of Environmental Health Sciences/National Institute of Health riep een panel wetenschappers samen die daarover in 2012 een omstandig rapport publiceerden (Block et al., 2012).

Bij post mortem onderzoek werden bij kinderen en jonge volwassenen die blootgesteld waren aan zware stedelijke luchtvervuiling fijne stofpartikels in de hersenen aangetroffen (Calderon-Garciduenas et al., 2008). Blootstelling aan gepollueerde lucht werd geassocieerd aan wijzigingen in de hersenen typisch voor de ziekte van Parkinson of voor de ziekte van Alzheimer en ook aan een stijging van het risico op herseninfarct (Block et al., 2012). Ook zou blootstelling aan luchtvervuiling gepaard gaan met veranderingen in het elektro-encefalogram, met een vermindering in de cognitieve functies, slechtere resultaten in neuropsychische tests bij kinderen, een vermindering van de

neuropsychische ontwikkeling in de eerste 4 jaren van het leven, en een stijging van het risico op autisme (Block et al., 2012).

Zich baserend op een grote cohorte van oudere dames (Nurses' Health Study Cognitive Cohort, 19.409 vrouwen tussen 70 en 81) toonden Jennifer Weuve en collega's in 2012 aan dat er een verband is tussen de snelheid van mentale veroudering en lange termijn blootstelling aan grof stof en PM2.5. Het effect van elke toename van $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ is van dezelfde grootteorde als de natuurlijke achteruitgang van de cognitie op twee jaar tijd.

Belangwekkend is dat in een Vlaamse studie serumconcentraties van Brain Derived Neurotrophic Factor (BDNF) niet toenamen na een fietsrit naast de Antwerpse Ring. BDNF is belangrijk voor de groei, differentiatie en het overleven van neuronen en speelt een belangrijke rol in het lange termijn geheugen. Een stijging van BDNF wordt typisch wel waargenomen na een sportieve inspanning (Bos et al., 2011). In een latere studie stelden dezelfde auteurs dat na een langere trainingsperiode het resultaat op een cognitieve test wel verbeterde bij sporters in een landelijk gebied, maar niet in Brussel (Bos et al., 2013).

Hoofdstuk 2 Aanbevelingen

1. Inleiding

De “*Clean Air for Europe*”-studie van de Europese Commissie gaf aan dat het verlies aan levensverwachting te wijten aan blootstelling aan PM_{2,5} fijn stof voor de Belgische burger *gemiddeld* 13,2 maanden bedraagt – voor een verstedelijkt gebied als Antwerpen bedraagt de vermindering van de levensverwachting maar liefst drie jaar.³

Dit is dramatisch voor personen die in vervuilde zones leven. De impact op de levenskwaliteit en het maatschappelijk welzijn – twee centrale begrippen in de visienota *Maatschappelijk Verantwoorde Zorg* van 24 februari 2011 van de SAR WGG⁴ - kan niet onderschat worden. Bovendien worden inwoners met een lage sociaaleconomische status buitenproportioneel getroffen omdat ze vaker in de stedelijke zones leven waar de luchtvervuiling het hoogst is. Sociale ongelijkheid zet zich met andere woorden ook verder in de blootstelling aan luchtvervuiling.

Ook vanuit gezondheidseconomisch oogpunt betekent dit verhoogde uitgaven voor de ziekte- en invaliditeitsverzekering wegens de respiratoire, cardiovasculaire en neurologische gevolgen. Een belangrijke studie in opdracht van de Europese Commissie kwam tot de bevinding dat het verlies van een gezond levensjaar tengevolge van luchtvervuiling (“the value of a life year (VOLY) lost by air pollution mortality”) een economisch verlies voor de maatschappij (van de lidstaten van de EU) van 40.000 euro betekent.⁵ Een Nederlandse studie concludeerde dat “de effecten van luchtvervuiling de [Nederlandse] maatschappij per jaar minimaal 4 miljard euro kosten. Het grootste deel daarvan is het gevolg van vroegtijdige sterfte door langdurende blootstelling aan fijn stof.”⁶

We kunnen niet meer langs de aanval op de levenskwaliteit, het maatschappelijk welzijn, maar ook niet meer langs de individuele en maatschappelijke kosten van luchtvervuiling heen.

³ Amann M. et. al, 2005.

⁴ http://www.sarwgg.be/sites/default/files/documenten/SARWGG_20110224_Visienota_MVZ_DEF.pdf

⁵ DESAIGUES, B. e.a., *Final Report on the monetary valuation of mortality and morbidity risks from air pollution*, Delivery n° 6.7 –RS 1b, februari 2007, 54 p.

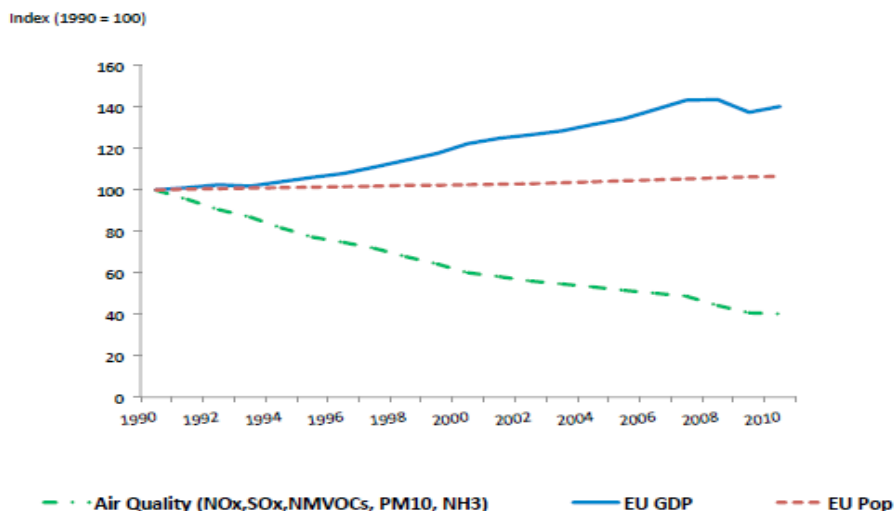
⁶ Verder wordt ook gespecificeerd: “Ongeveer een kwart van dit bedrag wordt bepaald door het ontstaan of de toename van ziekten en klachten als COPD (met name chronische bronchitis), ontstekingsreacties in de luchtwegen, vermindering van longfunctie en verergering van bestaande longklachten (waaronder astma-aanvallen)”. SINGELS, M. e.a., *Luchtkwaliteit in Nederland: gezondheidseffecten en hun maatschappelijke kosten*, Delft, CE, september 2005, p. 1.

2. Het Europese momentum aangrijpen

Milieubeleid zoals het beleid rond emissies van een aantal polluenten krijgt vorm op het internationale en Europese niveau.⁷ Het Europese beleid is evenwel van doorslaggevend belang in het milieubeleid, en dus in de normering van polluenten. Er is de richtlijn met betrekking tot nationale emissieplafonds, NEC-richtlijn 2001/81/EG, met absolute emissieplafonds per lidstaat voor NO_x, SO₂, VOS en NH₃. Richtlijn 2008/50/EG is de belangrijkste richtlijn met normen voor PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, SO₂, CO, benzeen en Pb. Normen voor As, Cd, NI en het PAK B(a)P zijn opgenomen in richtlijn 2004/107/EG.

De Europese, nationale en regionale autoriteiten leveren al decennia inspanningen om de luchtkwaliteit te verbeteren. In de jaren negentig tot aan de financieel-economische crisis van 2008 heeft de EU een trend gekend van economische groei en verbetering van luchtkwaliteit. Op het Europese niveau zijn de emissies van heel wat polluenten ook afgenomen. Beide trends zien we op onderstaande grafieken van de Europese Commissie.

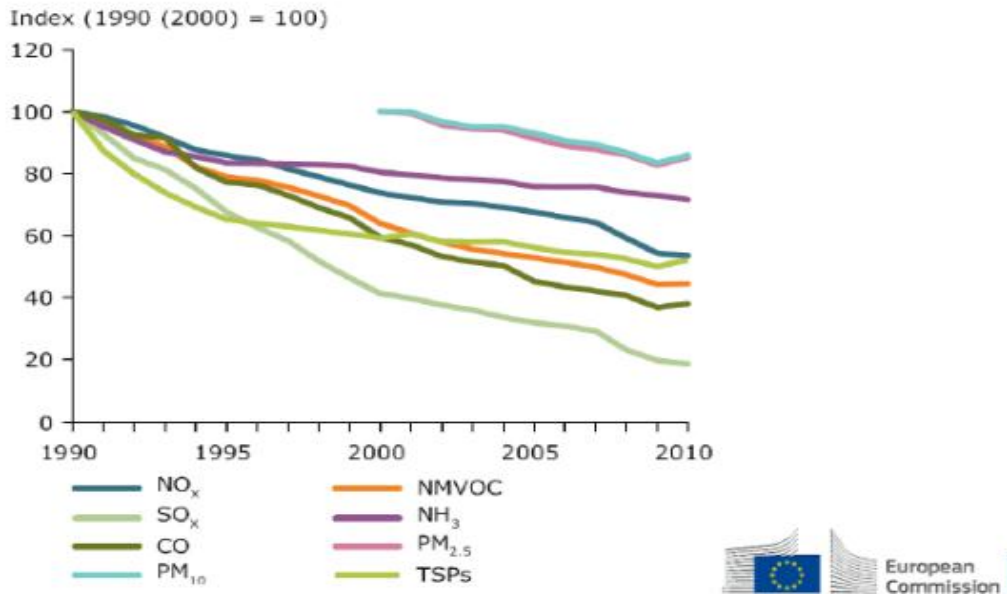
Trends in Emissions



Bron: Europese Commissie (Thomas Verheye, presentatie)

⁷ Wat het internationale niveau betreft, zie onder meer de United Nations Economic Commission for Europe (een aantal conventies en protocols met emissieplafonds).

Trends in Emissions



Bron: Europese Commissie (Thomas Verheye, presentatie)

Hoewel op Europese schaal de emissies afnemen en de band met economische groei doorgeknipt lijkt te zijn, bestaan er evenwel sterke nationale en regionale verschillen in luchtkwaliteit. De relatieve inspanningen van de diverse overheden en de algemene daling van de emissies van een aantal pollutanten op Europese schaal ten spijt, blijft de kwaliteit van onze lucht voor heel wat Europese burgers een gevoelig punt. Terecht ook: in vele delen van Europa, waaronder Vlaanderen, laat de luchtkwaliteit te wensen over. Het jaar 2013 is niet voor niets uitgeroepen tot het 'Europese Jaar van de Lucht'.

Uit een recente peiling van de Eurobarometer blijkt dat iets meer dan de helft (56%) van de Europeanen vindt dat de luchtkwaliteit er de laatste tien jaar op achteruitgegaan is. Een overweldigende meerderheid vindt dat ademhalingsziekten (97%), astma en allergieën (87%) en cardiovasculaire ziekten (92%) grote problemen zijn. Een meerderheid van de Europeanen vindt dat er te weinig wordt gedaan om goede luchtkwaliteit te promoten of te garanderen: 72%, 64% en 61% vindt dat respectievelijk de publieke autoriteiten, de energieproducenten en huishoudens niet genoeg doen om de kwaliteit van de lucht te garanderen ("not doing enough to promote good air quality"). De impact van verkeer (auto's, vrachtwagens) op de luchtkwaliteit wordt door maar liefst 96% van de ondervraagden onderkend.⁸

Verder is het van belang te onderstrepen dat zelfs als de huidige emissiewaardenplafonds uit de richtlijnen niet overschreden zouden worden – wat in het geval van een aantal landen en regio's, waaronder Vlaanderen, moeilijk blijkt - hiermee niet gezegd is dat de gezondheid van mensen beschermd is. Zelfs voldoen aan de huidige normen in Europa (die regelmatig overtreden worden door verschillende lidstaten en regio's,

⁸ Europese Commissie, *Attitudes of Europeans towards air quality*, report, Flash Eurobarometer 360, januari 2013, 187p. Te vinden op: http://ec.europa.eu/public_opinion/flash/fl_360_en.pdf

waaronder Vlaanderen) wil dus niet zeggen dat de gezondheid van mensen beschermd is. Dit heeft natuurlijk te maken met het feit dat de Europese richtwaarden ruim boven de waarden zitten die aanbevolen worden door de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO). Voor $PM_{2,5}$ bedraagt de maximum toegelaten concentratie in Europa $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (jaarlijks gemiddelde) terwijl de door de WGO aanbevolen waarde $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bedraagt.⁹ In de VS wordt door de *US Environmental Protection Agency* een grenswaarde van $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voorgesteld. Europa kan en moet dus ambitieuzer zijn.¹⁰ De politieke consensus in Europa moet in de richting van de medisch-wetenschappelijke consensus van de WGO bewegen.

Het jaar 2013 is een belangrijk jaar wat luchtvervuiling en (volks)gezondheid betreft. Dit jaar wordt het EU-beleid doorgelicht en herzien. Het gaat dan meer bepaald over herziening van de 'Thematische Strategie inzake Luchtverontreiniging' uit 2005 (die tot een bundeling van regelgeving had geleid alsook doelstellingen met het oog op 2020). De revisie zal betrekking hebben op de strategie, de regelgeving, de emissieplafonds van de richtlijn uit 2001 en noodzakelijke maatregelen.¹¹

De ontwerp teksten worden op dit moment door de Europese Commissie voorbereid en zullen in het najaar worden voorgelegd aan de lidstaten, en dus voorwerp van discussie uitmaken. De SAR WGG roept op om het Vlaamse en Belgische standpunt maximaal op elkaar af te stemmen: in de Europese context moet er worden gestreefd naar en gepleit voor emissiewaarden die gezondheidsbeschermend zijn, en dus geijkt zijn aan de WGO-normen.

3. Beleidsniveau- en beleidsdomeinoverschrijdende afstemming noodzakelijk

Luchtvervuiling stopt niet aan de grens. Het is een transnationaal fenomeen waarmee heel wat Europese landen kampen en waar Vlaanderen door zijn ligging en infrastructuur extra onder te lijden heeft. Heel wat van de fijnstofvervuiling in Vlaanderen wordt bepaald door buitenlandse emissies, en bovendien zijn emissienormen voor voertuigen een Europese bevoegdheid zodat een aantal technische maatregelen best op Europees niveau worden geregeld.

⁹ WHO, *Air Quality and Health*, fact sheet n° 313, september 2011.

¹⁰ European Environmental Bureau, *Air Pollution Threat Highlighted at Launch of 2013 Year of Air*. Op: <http://www.eeb.org/EEB/index.cfm/news-events/news/air-pollution-threat-highlighted-at-launch-of-2013-year-of-air/>

¹¹ Europese Commissie, *Review of the Thematic Strategy on air pollution and associated legislation*, oktober 2012, 5 p. http://ec.europa.eu/governance/impact/planned_ia/docs/2013_env_001_strategy_air_pollution_en.pdf

Beleid op het internationale en Europese niveau is met andere woorden even belangrijk als of aanvullend op beleid op het nationale, regionale of lokale niveau. Soms blijven concentraties immers moeilijk te verlagen door lokaal of Vlaams beleid net omwille van het transnationale karakter van luchtvervuiling. Toch zijn zowel Europese, Belgische, regionale als stedelijk/lokale maatregelen voor bijkomende emissiereducties nodig.

In de Belgische context is afstemming met de federale overheid (en de andere gewesten) van groot belang - zeker als het gaat over maatregelen met fiscale incentives zoals de noodzakelijke terugdringing van de verdieselijking.

Op het Vlaamse niveau is het van belang dat het luchtkwaliteitsbeleid afgestemd wordt met onder meer het gezondheidsbeleid, klimaatbeleid, transportbeleid en landbouwbeleid. Dit gebeurt vandaag nog steeds te weinig. Enkel door meer afstemming kan de doelmatigheid en doeltreffendheid van het beleid verhoogd worden.

De ruimtelijke ordening moet ook in functie zijn van de noodzaak van een vermindering van de uitstoot door voertuigen. Ziekenhuizen, scholen, woonzorgcentra, kinderopvanginitiatieven..., kortom: gebouwen met kwetsbare personen en groepen, moeten op voldoende afstand gelegen zijn van drukke verkeersassen.¹² Lintbebouwing moet ontmoedigd worden. Er moet worden nagedacht hoe drukke wegen naar buiten de bebouwde kom worden verlegd, zonder dat dit ten koste gaat van natuur- en landbouwgebied. Er moeten ook voldoende groenzones als rustpunten binnen een stad zijn. Deze elementen verdienen aandacht in het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen.

De raad herhaalt zijn betoog uit het advies over het Luchtkwaliteitsplan dat er nood is aan een gezondheidseffectenrapportage die – zeker voor grootschalige projecten met plan-MER-verplichtingen - maximaal wordt afgestemd met andere effectrapportages (milieueffectenrapportage, mobiliteitseffectenrapportage en ruimtelijke uitvoeringsplannen). Uiteraard moet in geval van opmaak van regelgeving een jongeren- en kindereffectenrapportage plaatsvinden, zoals bepaald door het decreet van 18 juli 2008 houdende het voeren van een Vlaams jeugd- en kinderrechtenbeleid.

4. Wegverkeer prioritair

In Vlaanderen is vervuiling door ontploffingsmotoren de belangrijkste gezondheidsbedreigende bron van luchtvervuiling. De raad is tevreden dat in het Luchtkwaliteitsplan van 30 maart 2012 de focus op wegverkeer ligt. Deze focus is van het grootste belang daar verkeer o.m. een aandeel van ruim 60% van de totale NO_x-emissies voor zijn re-

¹² In een advies van de Nederlandse Gezondheidsraad aan de bevoegde minister lezen we: “Belangrijke nadelige effecten op de gezondheid zijn aangetoond bij mensen die in de nabijheid van drukke wegen wonen of naar school gaan. Het is echter niet mogelijk om uit de gegevens een precieze afstand af te leiden waarbuiten geen betekenisvolle effecten op de gezondheid meer optreden die worden veroorzaakt door de uitstoot van het wegverkeer.” (Gezondheidsraad. Gevoelige bestemmingen luchtkwaliteit. Den Haag: Gezondheidsraad, 2008; publicatiennr. 2008/09.)

kening neemt, waarvan 63% door wegverkeer. NO_x is een belangrijke gidsstof voor luchtvervuiling. Binnen wegverkeer hebben diesellootvoertuigen (personenwagens en vrachtwagens) een aandeel van maar liefst 96,8% in de NO_x-emissies.¹³

Er zijn recent verstrengde emissiewaarden en –normen voor stookinstallaties, raffinaderijen, elektriciteitsnetten, chemie- en glasproducenten en zwavelzuurproducten.¹⁴ Hoewel in de meeste stationaire bronnen de afgelopen jaren een NO_x reductie heeft plaatsgevonden kan dit niet gezegd worden van wegverkeer.

Maatregelen op lokale schaal kunnen ook een effect hebben. Het is in dit advies niet de bedoeling om elke maatregel die opgesomd is in het Luchtkwaliteitsplan te beoordelen. Een beleidsinitiatief zoals het streven naar lage-emissiezones dat opgenomen is in het luchtkwaliteitsplan, de beleidsbrief 2012-2013 van minister Schauvliege, maar ook op de agenda staat van de Interministeriële Conferentie Leefmilieu, is van belang omdat het de verkeersemissie binnen een zone gevoelig kan inperken. Ook de Europese Commissie heeft hier in het verleden in het kader van de fijn stof problematiek al op aangedrongen.

Het is de taak van hogere overheden om het wettelijk kader inzake lage-emissiezones vast te leggen. Wat de toepassing ervan betreft moet in het nodige overleg worden voorzien met de lokale overheden. De raad schaart zich achter de oproep van de Mobiliteitsraad Vlaanderen (MORA) in zijn advies over het Luchtkwaliteitsplan voor wat betreft: de creatie van draagvlak voor lage emissiezones middels een globale benadering waarbij een in transparant systeem wordt voorzien waarbij naburige gemeenten hun beleid afstemmen, onder meer voor het goederenvervoer.¹⁵ Om dit in de praktijk te realiseren is het natuurlijk ook belangrijk dat de lokale besturen over de nodige middelen kunnen beschikken om dit te kunnen handhaven - bv. het verkrijgen van relevante voertuigenmerken uit de databank van de Dienst voor Inschrijving van Voertuigen van de federale overheidsdienst Mobiliteit en vervoer.

Ook autoluwe leefgebieden zijn van belang. Er moet aandacht zijn voor gekende lucht-polluenten maar ook voor zogenaamd 'grof stof' – zoals de slijtage van banden, bijvoorbeeld – die eveneens een gezondheidsbedreigend effect hebben en alleen maar kunnen worden verminderd door het verkeersvolume in woon- en leefgebieden drastisch te verminderen.

In het luchtkwaliteitsplan zijn heel wat maatregelen opgenomen zoals dynamische verkeersaanduiding en een betere doorstroming van het verkeer, de vergroening van het wagenpark - sinds 1 maart 2012 is een shift in werking getreden met een focus op de overgang van diesel- naar benzinewagens - het belang naar meer elektrische voertuigen, aangepaste fiscaliteit, het stimuleren van de implementatie van nieuwe technolo-

¹³ SCHAUVLIEGE, J. *Luchtkwaliteitsplan in het kader van de uitstelaanvraag voor de normen van NO₂*, 30 maart 2012, p. 4.

¹⁴ VAN DER ELST, M., *Luchtkwaliteitsbeleid in Vlaanderen*, Departement LNE (presentatie).

¹⁵ MORA, *Advies over het Luchtkwaliteitsplan*, Brussel, 28 oktober 2011, p. 16.

gieën, vertramping, vergroening openbaar vervoer, samenwerking tussen steden en gemeenten... De raad kan deze maatregelen alleen maar onderschrijven. Zulke maatregelen kunnen impact hebben op niveaus van fijn stof, elementair koolstof, stikstofdioxide en zo meer. Toch herhaalt de raad hier de noodzaak aan prioriteiten in de uitvoering, de periodieke opvolging en tussenevaluaties, budgettaire implicaties en kosteneffectiviteit van de maatregelen.¹⁶ De SAR WGG is voor ambitieuze, coherente maar ook budgettair becijferde maatregelenpakketten waarin elke actor een rol heeft.

Normen komen tot stand op het internationale niveau. Daar kan Vlaanderen (België) een (beperkte) politieke bijdrage leveren. En emissies in het buitenland – binnen maar ook buiten Europa – hebben een impact op de luchtkwaliteit bij ons. Toch is het van groot belang om de blootstelling te verminderen in woongebieden, stedelijke kernen, in de buurt van scholen, kinderopvanginitiatieven, woonzorgcentra en zo meer. Hier moeten andere vervoersmodi gestimuleerd worden (wandelen, fietsen...). Met de huidige kennis is het aangeraden een “no-regret”-beleid te voeren.¹⁷ Aangezien de kennis over de toxische componenten uiteraard onvolledig is, dienen zowel technische maatregelen (waaronder het gebruik van voertuigen met elektrische motoren of voorzien van brandstofcellen gebaseerd op waterstof) alsook een beleid gericht op het voorkomen van ritten met private voertuigen met een verbrandingsmotor in de omgeving van bevolkingscentra te verkiezen boven maatregelen die een bepaalde technologie viseren.

Inzetten op meer fietsen en wandelen draagt bovendien ook bij tot een betere algemene, cardiovasculaire en mentale gezondheid (zie verder).¹⁸ De wandel- en fietsinfrastructuur moet verbeterd worden maar men moet er voor zorgen dat leef-, wandel- en fietsomgevingen ontkoppeld zijn van verkeer. Enkel zo kan de blootstelling verminderen. In de Eurobarometer 2013 lezen we dat bijna twee derde van de Europeanen (63%) publiek transport, fietsen en wandelen als een alternatief voor auto's ziet. Er kan dan ook aandacht gegeven worden aan ongelijkheden in de blootstelling (tussen groepen, plaatsen, activiteiten) en in effecten (kwetsbare groepen).

Een “no regret”-beleid moet geflankeerd worden met maatregelen die urgent zijn. Op korte termijn moet: het gebruik van dieselontploffingsmotoren (blijvend) ontmoedigd worden onder meer via de fiscaliteit; blijvend geïnvesteerd worden in het openbaar vervoer; best beschikbare technologie gestimuleerd worden voor installaties met betekenisvolle emissies van fijn stof en mutagene of hormoonverstorende stoffen¹⁹; het gebruik en de aanschaf van elektrisch aangedreven voertuigen aangemoedigd worden. In alle lidstaten van de EU blijkt er een meerderheid te zijn voor elektrische wagens - gemiddeld is 71% voor.²⁰ Het draagvlak en momentum moeten worden aangegrepen om de elektrificatie van wagens door te duwen.

¹⁶ SAR WGG, *Advies Luchtkwaliteitsplan*, 27 oktober 2011.

¹⁷ De term komt uit de presentatie van prof. dr. Luc Int Panis tijdens de hoorzitting van de SAR WGG op 3 juni 2013.

¹⁸ Presentatie prof. dr. Luc Int Panis, 3 juni 2013.

¹⁹ Met ‘best beschikbare technologie’ wordt bedoeld: technologie waarvan bewezen is dat deze geen of minder gezondheidsschade toebrengt.

²⁰ Europese Commissie, *Attitudes of Europeans towards air quality*.

5. Naar gedragswijzigingen

Gedragswijzigingen zoals bijvoorbeeld meer duurzaam verplaatsingsgedrag zijn onontbeerlijk om de luchtvervuiling effectief in te dijken. Zo zullen de niet-uitlaat-emissies zoals zogenaamd 'grof stof' - als gevolg van de slijtage van banden, remmen of het opwaaien van stof - alleen maar kunnen afnemen door het beperken (evenals het verschuiven, weg van woon- en leefomgevingen) van het volume aan voertuigen.

Het promoten van duurzaam vervoer, meer collectief vervoer, maar ook meer wandelen, fietsen (en sporten) kan gelinkt worden aan de Vlaamse Gezondheidsdoelstelling 'Voeding en Beweging' ("*Het realiseren van gezondheidswinst op bevolkingsniveau door een stijging van het aantal mensen dat voldoende fysiek actief is, evenwichtig eet en een gezond gewicht nastreeft.*"²¹)

De promotie van bewegen betekent echter ook dat er in de nodige infrastructuur moet worden voorzien, maar ook moet worden nagedacht of en hoe bestaande infrastructuur, waaronder fietspaden, moeten worden herzien, opdat deze afgescheiden is van druk verkeer. Zo niet is de impact van de blootstelling aan luchtvervuiling bij een fysieke inspanning vele malen hoger dan zonder fysieke inspanning (tot 400 %²²). Wat niet de bedoeling kan zijn.

6. Informatie & draagvlak

Het sensibiliseren van de bevolking, en draagvlak onder de bevolking, zijn van groot belang. Daarom moet de overheid voor voldoende, transparante en laagdrempelige informatie zorgen.²³

Informatie en communicatie van overheidswege moet ook het draagvlak verhogen bij het publiek voor maatregelen – inclusief de eigen verantwoordelijkheid in bv. de aanschaf van een (type) wagen - die de luchtkwaliteit verbeteren en de eigen gezondheid zo veel als mogelijk beschermen. Het is maar een uit vele voorbeelden, maar de burger moet bijvoorbeeld weten dat hij meer dan een derde van de totale dosis black car-

²¹ Agentschap Zorg en Gezondheid, *Gezondheidsdoelstelling Voeding en Beweging*. Op: <http://www.zorg-en-gezondheid.be/Beleid/Gezondheidsdoelstellingen/Gezondheidsdoelstelling-voeding-en-beweging/>

De eerste subdoelstelling gaat over voldoende fysieke activiteit om gezondheidswinst te bekomen. Voor een volwassene betekent dit 10.000 stappen per dag zetten of dagelijks minstens een half uur bewegen met een matige fysieke inspanning, ofwel 3 dagen per week minstens 20 minuten intens bewegen.

²² Prof. dr. Int Panis, hoorzitting.

²³ Er moet extra aandacht zijn voor de digitale kloof en de complexiteit van de luchtkwaliteitsproblematiek.

bon opdoet wanneer hij/zij zelf in de auto zit.²⁴ Er is met andere woorden nog veel ruimte voor bewustwording.

Gezien de hoge bevolkingsdichtheid en de impact van verkeer en industrie op de luchtvervuiling, zal het voor de inwoners in Vlaanderen wellicht niet snel mogelijk zijn om te ontsnappen aan de schadelijke invloed van luchtvervuiling. Dit in acht genomen zou het goed zijn dat de overheid initiatieven neemt die de burger toelaten om zich in de mate van het mogelijke te beschermen tegen de negatieve gevolgen van luchtvervuiling. Men kan hierbij denken aan gezondheids promotie voor specifieke doelgroepen die door hun woon- en werkomstandigheden extra belast zijn, maar ook aan gezondheids promotie voor mensen met een extra kwetsbaarheid of voor kinderen.

²⁴ Ibid.

Bijlage: literatuurlijst hoofdstuk 1 'polluenten en pathologieën'

Allen R.W., E. Gombojav, B. Barkhasragchaa, T. Byambaa, O. Lkhasuren, O. Amram, T. K. Takaro, and C. R. Janes. An assessment of air pollution and its attributable mortality in Ulaanbaatar, Mongolia. *Air Qual.Atmos.Health* 6 (1):137-150, 2013.

Andersen Z.J., M. Hvidberg, S. S. Jensen, M. Ketzel, S. Loft, M. Sorensen, A. Tjonneland, K. Overvad, and O. Raaschou-Nielsen. Chronic obstructive pulmonary disease and long-term exposure to traffic-related air pollution: a cohort study. *Am.J.Respir.Crit Care Med.* 183 (4):455-461, 2011.

Araujo J.A. and A. E. Nel. Particulate matter and atherosclerosis: role of particle size, composition and oxidative stress. *Part Fibre.Toxicol.* 6:24, 2009.

Atkinson R. and J. Arey. Atmospheric chemistry of gas-phase polycyclic aromatic hydrocarbons: formation of atmospheric mutagens. *Environ.Health Perspect.* 102 Suppl 4:117-126, 1994.

Banfalvi G., A. Sarvari, and G. Nagy. Chromatin changes induced by Pb and Cd in human cells. *Toxicol.In Vitro* 26 (6):1064-1071, 2012.

Betha R. and R. Balasubramanian. Emissions of particulate-bound elements from bio-diesel and ultra low sulfur diesel: size distribution and risk assessment. *Chemosphere* 90 (3):1005-1015, 2013.

Bhatnagar A.. Could dirty air cause diabetes? *Circulation* 119 (4):492-494, 2009.

Block M.L., A. Elder, R. L. Auten, S. D. Bilbo, H. Chen, J. C. Chen, D. A. Cory-Slechta, D. Costa, D. az-Sanchez, D. C. Dorman, D. R. Gold, K. Gray, H. A. Jeng, J. D. Kaufman, M. T. Kleinman, A. Kirshner, C. Lawler, D. S. Miller, S. S. Nadadur, B. Ritz, E. O. Semmens, L. H. Tonelli, B. Veronesi, R. O. Wright, and R. J. Wright. The outdoor air pollution and brain health workshop. *Neurotoxicology* 33 (5):972-984, 2012.

Brook R.D., X. Xu, R. L. Bard, J. T. Dvonch, M. Morishita, N. Kaciroti, Q. Sun, J. Harkema, and S. Rajagopalan. Reduced metabolic insulin sensitivity following sub-acute exposures to low levels of ambient fine particulate matter air pollution. *Sci.Total Environ.*, 2012.

Calderon-Garciduenas L., A. C. Solt, C. Henriquez-Roldan, R. Torres-Jardon, B. Nuse, L. Herritt, R. Villarreal-Calderon, N. Osnaya, I. Stone, R. Garcia, D. M. Brooks, A. Gonzalez-Maciuel, R. Reynoso-Robles, R. gado-Chavez, and W. Reed. Long-term air pollution exposure is associated with neuroinflammation, an altered innate immune response, disruption of the blood-brain barrier, ultrafine particulate deposition, and accumulation of amyloid beta-42 and alpha-synuclein in children and young adults. *Toxicol.Pathol.* 36 (2):289-310, 2008.

Calogero A.E., Vignera S. La, R. A. Condorelli, A. Perdichizzi, D. Valenti, P. Asero, U. Carbone, B. Boggia, Rosa N. De, G. Lombardi, R. D'Agata, L. O. Vicari, E. Vicari, and Rosa M. De. Environmental car exhaust pollution damages human sperm chromatin and DNA. *J.Endocrinol.Invest* 34 (6):e139-e143, 2011.

- Carlsten C. and E. Melen. Air pollution, genetics, and allergy: an update. *Curr.Opin.Allergy Clin.Immunol.* 12 (5):455-460, 2012.
- Cesaroni G., C. Badaloni, C. Gariazzo, M. Stafoggia, R. Sozzi, M. Davoli, and F. Forastiere. Long-term exposure to urban air pollution and mortality in a cohort of more than a million adults in rome. *Environ.Health Perspect.* 121 (3):324-331, 2013.
- Chi K.H., S. J. Kao, K. T. Liu, and T. Y. Lee. Evaluation of atmospheric PCDD/F depositions via automated and traditional water surface samplers in Taiwan. *Environ.Sci.Technol.* 46 (5):2839-2846, 2012.
- Ciobanu C., B. G. Slencu, and R. Cuciureanu. Estimation of dietary intake of cadmium and lead through food consumption. *Rev.Med.Chir Soc.Med.Nat.Iasi* 116 (2):617-623, 2012.
- Comhaire F.H., A. M. Mahmoud, and F. Schoonjans, "Sperm quality, birth rates and the environment in Flanders (Belgium)," *Reprod.Toxicol.*, vol. 23, no. 2, pp. 133-137, 2007.
- Coogan P.F., L. F. White, M. Jerrett, R. D. Brook, J. G. Su, E. Seto, R. Burnett, J. R. Palmer, and L. Rosenberg. Air pollution and incidence of hypertension and diabetes mellitus in black women living in Los Angeles. *Circulation* 125 (6):767-772, 2012.
- Crouse D.L., M. S. Goldberg, N. A. Ross, H. Chen, and F. Labreche. Postmenopausal breast cancer is associated with exposure to traffic-related air pollution in Montreal, Canada: a case-control study. *Environ.Health Perspect.* 118 (11):1578-1583, 2010.
- Du Four V, C. R. Janssen, E. Brits, and Larebeke N. Van. Genotoxic and mutagenic activity of environmental air samples from different rural, urban and industrial sites in Flanders, Belgium. *Mutat.Res.* 588 (2):106-117, 2005.
- Dvorackova J., H. Bielnikova, and J. Macak. [Nanopathology as a new scientific disciplineMinireview]. *Cesk.Patol.* 49 (1):46-50, 2013.
- Hammoud A., D. T. Carrell, M. Gibson, M. Sanderson, K. Parker-Jones, and C. M. Peterson. Decreased sperm motility is associated with air pollution in Salt Lake City. *Fertil.Steril.* 93 (6):1875-1879, 2010.
- Han X, Zhou N, Cui Z, Ma M, Li L, Cai M, Li Y, et al.. Association between urinary polycyclic aromatic hydrocarbon metabolites and sperm DNA damage: a population study in Chongqing, China. *Environ.Health Perspect.* 2011,119 (5):652-657.
- Hathout E.H., W. L. Beeson, M. Ischander, R. Rao, and J. W. Mace. Air pollution and type 1 diabetes in children. *Pediatr.Diabetes* 7 (2):81-87, 2006.
- Heinrich J., E. Thiering, P. Rzehak, U. Kramer, M. Hochadel, K. M. Rauchfuss, U. Gehring, and H. E. Wichmann. Long-term exposure to NO₂ and PM₁₀ and all-cause and cause-specific mortality in a prospective cohort of women. *Occup.Environ.Med.* 70 (3):179-186, 2013.
- Irigaray P., V. Ogier, S. Jacquenet, V. Notet, P. Sibille, L. Mejean, B. E. Bihain, and F. T. Yen. Benzo[a]pyrene impairs beta-adrenergic stimulation of adipose tissue lipolysis and causes weight gain in mice. A novel molecular mechanism of toxicity for a common food pollutant. *FEBS J.* 273 (7):1362-1372, 2006.

- Jimenez-Ortega V., Barquilla P. Cano, P. Fernandez-Mateos, D. P. Cardinali, and A. I. Esquifino. Cadmium as an endocrine disruptor: Correlation with anterior pituitary redox and circadian clock mechanisms and prevention by melatonin. *Free Radic.Biol.Med.* 53 (12):2287-2297, 2012.
- Kanarek M.S.. Mesothelioma from chrysotile asbestos: update. *Ann.Epidemiol.* 21 (9):688-697, 2011.
- Karakatsani A., A. Analitis, D. Perifanou, J. G. Ayres, R. M. Harrison, A. Kotronarou, I. G. Kavouras, J. Pekkanen, K. Hameri, G. P. Kos, J. J. de Hartog, G. Hoek, and K. Katsouyanni. Particulate matter air pollution and respiratory symptoms in individuals having either asthma or chronic obstructive pulmonary disease: a European multicentre panel study. *Environ.Health* 11:75, 2012.
- Kelman D.J., D. Christodoulou, D. A. Wink, L. K. Keefer, A. Srinivasan, and A. Dipple. Relative mutagenicities of gaseous nitrogen oxides in the supF gene of pSP189. *Carcinogenesis* 18 (5):1045-1048, 1997.
- Kim B.J., J. H. Seo, Y. H. Jung, H. Y. Kim, J. W. Kwon, H. B. Kim, S. Y. Lee, K. S. Park, J. Yu, H. C. Kim, J. H. Leem, J. Y. Lee, J. Sakong, S. Y. Kim, C. G. Lee, D. M. Kang, M. Ha, Y. C. Hong, H. J. Kwon, and S. J. Hong. Air pollution interacts with past episodes of bronchiolitis in the development of asthma. *Allergy*, 2013.
- Koehler C., C. Ginzkey, G. Friehs, S. Hackenberg, K. Froelich, A. Scherzed, M. Burghartz, M. Kessler, and N. Kleinsasser. Ex vivo toxicity of nitrogen dioxide in human nasal epithelium at the WHO defined 1-h limit value. *Toxicol.Lett.* 207 (1):89-95, 2011.
- Kortenkamp A.. Are cadmium and other heavy metal compounds acting as endocrine disrupters? *Met.Ions.Life Sci.* 8:305-317, 2011.
- Krewski D. M. Jerrett, R. T. Burnett, R. Ma, E. Hughes, Y. Shi, M. C. Turner, C. A. Pope, III, G. Thurston, E. E. Calle, M. J. Thun, B. Beckerman, P. DeLuca, N. Finkelstein, K. Ito, D. K. Moore, K. B. Newbold, T. Ramsay, Z. Ross, H. Shin, and B. Tempal-ski. Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society study linking particulate air pollution and mortality. *Res.Rep.Health Eff.Inst.* (140):5-114, 2009.
- Lambrechtsen J., O. Gerke, K. Egstrup, N. P. Sand, B. L. Norgaard, H. Petersen, H. Mickley, and A. C. Diederichsen. The relation between coronary artery calcification in asymptomatic subjects and both traditional risk factors and living in the city centre: a DanRisk substudy. *J.Intern.Med.* 271 (5):444-450, 2012.
- Lenters V., R. Vermeulen, S. Dogger, L. Stayner, L. Portengen, A. Burdorf, and D. Heederik. A meta-analysis of asbestos and lung cancer: is better quality exposure assessment associated with steeper slopes of the exposure-response relationships? *Environ.Health Perspect.* 119 (11):1547-1555, 2011.
- Lewtas J.. Air pollution combustion emissions: characterization of causative agents and mechanisms associated with cancer, reproductive, and cardiovascular effects. *Mutat.Res.* 636 (1-3):95-133, 2007.
- Liu C., Z. Ying, J. Harkema, Q. Sun, and S. Rajagopalan. Epidemiological and Experimental Links between Air Pollution and Type 2 Diabetes. *Toxicol.Pathol.*, 2012.

- Liu C.C., S. S. Tsai, H. F. Chiu, T. N. Wu, C. C. Chen, and C. Y. Yang. Ambient exposure to criteria air pollutants and risk of death from bladder cancer in Taiwan. *Inhal.Toxicol.* 21 (1):48-54, 2009.
- Mameli O., M. A. Caria, F. Melis, A. Solinas, C. Tavera, A. Ibba, M. Tocco, C. Flore, and Randaccio F. Sanna. Neurotoxic effect of lead at low concentrations. *Brain Res.Bull.* 55 (2):269-275, 2001.
- Nawrot T.S., Hecke E. Van, L. Thijs, T. Richart, T. Kuznetsova, Y. Jin, J. Vangronsveld, H. A. Roels, and J. A. Staessen. Cadmium-related mortality and long-term secular trends in the cadmium body burden of an environmentally exposed population. *Environ.Health Perspect.* 116 (12):1620-1628, 2008.
- Nawrot T.S., J. A. Staessen, H. A. Roels, E. Munters, A. Cuypers, T. Richart, A. Rutens, K. Smeets, H. Clijsters, and J. Vangronsveld. Cadmium exposure in the population: from health risks to strategies of prevention. *Biometals* 23 (5):769-782, 2010.
- Palli D., F. Sera, L. Giovannelli, G. Masala, D. Grechi, B. Bendinelli, S. Caini, P. Dolarra, and C. Saieva. Environmental ozone exposure and oxidative DNA damage in adult residents of Florence, Italy. *Environ.Pollut.* 157 (5):1521-1525, 2009.
- Phillips D.H.. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the diet. *Mutat.Res.* 443 (1-2):139-147, 1999.
- Potgieter-Vermaak S., G. Rotondo, V. Novakovic, S. Rollins, and Grieken R. Van. Component-specific toxic concerns of the inhalable fraction of urban road dust. *Environ.Geochem.Health* 34 (6):689-696, 2012.
- Romieu I, N. Gouveia, L. A. Cifuentes, A. P. de Leon, W. Junger, J. Vera, V. Strappa, M. Hurtado-Diaz, V. Miranda-Soberanis, L. Rojas-Bracho, L. Carbajal-Arroyo, and G. Tzintzun-Cervantes. Multicity study of air pollution and mortality in Latin America (the ESCALA study). *Res.Rep.Health Eff.Inst.* (171):5-86, 2012.
- Schikowski T., I. C. Mills, H. R. Anderson, A. Cohen, A. Hansell, F. Kauffmann, U. Kramer, A. Marcon, L. Perez, J. Sunyer, N. Probst-Hensch, and N. Kunzli. Ambient air pollution- a cause for COPD? *Eur.Respir.J.*, 2013.
- Soll-Johanning H., E. Bach, J. H. Olsen, and F. Tuchsén. Cancer incidence in urban bus drivers and tramway employees: a retrospective cohort study. *Occup.Environ.Med.* 55 (9):594-598, 1998.
- Somers C.M. and D. N. Cooper. Air pollution and mutations in the germline: are humans at risk? *Hum.Genet.* 125 (2):119-130, 2009.
- Sram R.J., B. Binkova, M. Dostal, M. Merkerova-Dostalova, H. Libalova, A. Milcova, P. Rossner, Jr., A. Rossnerova, J. Schmuczerova, V. Svecova, J. Topinka, and H. Votavova. Health impact of air pollution to children. *Int.J.Hyg.Environ.Health*, 2013.
- Tong H., W. Y. Cheng, J. M. Samet, M. I. Gilmour, and R. B. Devlin. Differential cardiopulmonary effects of size-fractionated ambient particulate matter in mice. *Cardio-vasc.Toxicol.* 10 (4):259-267, 2010.
- Tseng C.Y., Y. C. Huang, S. Y. Su, J. Y. Huang, C. H. Lai, C. C. Lung, C. C. Ho, and Y. P. Liaw. Cell type specificity of female lung cancer associated with sulfur dioxide from air pollutants in Taiwan: an ecological study. *BMC.Public Health* 12:4, 2012.

- Valdes A., A. Zanobetti, J. I. Halonen, L. Cifuentes, D. Morata, and J. Schwartz. Elemental concentrations of ambient particles and cause specific mortality in Santiago, Chile: a time series study. *Environ.Health* 11:82, 2012.
- Vieira S.E., R. T. Stein, A. A. Ferraro, L. D. Pastro, S. S. Pedro, M. Lemos, E. R. da Silva, P. D. Sly, and P. H. Saldiva. Urban air pollutants are significant risk factors for asthma and pneumonia in children: the influence of location on the measurement of pollutants. *Arch.Bronconeumol.* 48 (11):389-395, 2012.
- Wenger D., A. C. Gerecke, N. V. Heeb, P. Schmid, C. Hueglin, H. Naegeli, and R. Zenobi. In vitro estrogenicity of ambient particulate matter: contribution of hydroxylated polycyclic aromatic hydrocarbons. *J.Appl.Toxicol.* 29 (3):223-232, 2009.
- Xia Y., Y. Han, P. Zhu, S. Wang, A. Gu, L. Wang, C. Lu, G. Fu, L. Song, and X. Wang. Relation between urinary metabolites of polycyclic aromatic hydrocarbons and human semen quality. *Environ.Sci.Technol.* 43 (12):4567-4573, 2009.
- Xu X., C. Liu, Z. Xu, K. Tzan, M. Zhong, A. Wang, M. Lippmann, L. C. Chen, S. Rajagopalan, and Q. Sun. Long-term exposure to ambient fine particulate pollution induces insulin resistance and mitochondrial alteration in adipose tissue. *Toxicol.Sci.* 124 (1):88-98, 2011.
- Zhu Y., W. C. Hinds, S. Kim, and C. Sioutas. Concentration and size distribution of ultrafine particles near a major highway. *J.Air Waste Manag.Assoc.* 52 (9):1032-1042, 2002.