

MNP-rapport 500093001/2006

# **Platinametalen in lucht**

## **Een verkennend literatuuronderzoek**

E. Buijsman

Maart 2006



Milieu- en Natuurplanbureau  
Postbus 303  
3720 AH Bilthoven  
030 2742745  
[www.mnp.nl](http://www.mnp.nl)



Platina wordt gedeeltelijk in dagbouw mijnen gedolven;  
hier de Kroondalmijn in Zuid-Afrika.

## Samenvatting

De invoering van katalysatoren bij auto's heeft geleid tot een toename van de concentratie van platinametalen in de lucht op leefniveau. Over de gezondheidseffecten van deze metalen is weinig tot niets bekend. Op basis van literatuurgegevens over de emissie van platinametalen uit katalysatorsystemen en met gegevens over de samenstelling van het Nederlandse wagenpark is een eersteordeschatting gemaakt van de in Nederland te verwachten concentratieniveaus.

De berekeningen leren dat de jaargemiddelde platinaconcentraties in Nederland variëren van 1,0 pg/m<sup>3</sup> in achtergrondsituaties tot 4,2 pg/m<sup>3</sup> in zwaar belaste situaties in steden. Voor palladium en rhodium zijn deze concentraties 1,0-4,2 respectievelijk 1,0-2,3 pg/m<sup>3</sup>. De concentraties kunnen in het buitenland mogelijk hoger liggen, omdat het aandeel dieselauto's daar groter is. Voor platina liggen deze niveaus ver onder het niveau waarbij effecten te verwachten zijn. Door het ontbreken van gezondheidsrelevante informatie kan voor palladium en rhodium geen uitspraak worden gedaan.

In Nederland zijn tot op heden geen metingen van de concentraties van platinametalen in lucht uitgevoerd. De berekende concentraties kunnen dan ook niet vergeleken worden met meetresultaten. Er is op dit moment in Nederland geen organisatie die een operationeel inzetbare analysemethode voor platinametalen in lucht met de gewenste gevoeligheid beschikbaar heeft. Er ligt echter (voor platina) een groot verschil tussen het berekende niveau en het niveau waarbij gezondheidseffecten verwacht zouden kunnen worden. De situatie voor de overige platinametalen blijft onduidelijk.

## Summary

According to a first-order estimate of the concentrations of platinum metals in ambient air in the Netherlands, platinum metal concentrations in ambient air have increased since the introduction of catalytic convertors in cars and knowledge on the health effects of platinum metals is scarce or even missing. The estimate is based on data from both a literature study on the emission of platinum metals from catalysts and from information on composition of the car fleet in the Netherlands. Calculations showed yearly averages for platinum concentrations in cities in the Netherlands to vary between 1.0 pg/m<sup>3</sup> (background) and 4.2 pg/m<sup>3</sup> (heavily polluted locations). The concentrations for palladium and rhodium ranged from 1.0 to 4.2 and 1.0 to 2.3 pg/m<sup>3</sup>, respectively. Platinum metal concentrations in foreign countries are expected to be higher because of the higher percentage of diesel cars in the car fleet. Current platinum levels in the Netherlands are well below the effect levels. It is unclear how palladium and rhodium measure up to effect levels due to the lack of health-relevant information for these substances.

Since no measurements of platinum group metals have, to date, been carried out in ambient air in the Netherlands, calculated concentrations cannot be compared with measured concentrations. At the moment there is no organisation in the Netherlands using an operational method to perform measurements with adequate sensitivity. However, the difference between the calculated level and the level at which health effects might be expected is large. The situation for the other platinum metals remains unclear.

## **Inhoudsopgave**

1. Inleiding .....	5
2. Achtergrondinformatie .....	5
3. Emissie .....	8
4. Gezondheidsaspecten .....	9
5. Luchtconcentraties .....	10
6. Situatie in Nederland.....	12
Literatuur .....	15
Bijlage A Berekening van de emissiefactoren .....	17

## 1. Inleiding

De invoering van katalysatoren bij het wegverkeer in 1975 in Californië in de Verenigde Staten betekende ook de antropogene introductie van platina en daaraan verwante metalen in het milieu. Aanvankelijk bestonden katalysatorsystemen alleen uit platina. De latere katalysatorsystemen bevatten meerdere platinametalen. Het gebruik van katalysatoren heeft geleid tot een duidelijke verhoging van de concentraties van de platinametalen in lucht ten opzichte van het natuurlijke achtergrondniveau (Van de Velde *et al.*, 2000; WHO, 2000). De vraag is daarbij gerezen hoe de luchtkwaliteit in Nederland voor de platinagroepmetalen zou kunnen zijn.

Deze notitie presenteert de beschikbare kennis op het gebied van platinametalen in relatie tot de luchtkwaliteit op basis van een literatuuronderzoek. Achtereenvolgens komen aan de orde enige achtergrondinformatie, voornamelijk over de winning, het gebruik en toepassing van platinametalen, emissie, gezondheidseffecten en gemeten concentraties in lucht. Tot slot wordt een schatting gemaakt van de in de Nederlandse buitenlucht te verwachten concentraties.

## 2. Achtergrondinformatie

Platina is een metaal met een zilverachtig uiterlijk. Vaak wordt ook gesproken over de zogenaamde platinametalen. Hiermee wordt een groep van metalen aangeduid waar gewoonlijk platina (Pt), palladium (Pd), osmium (Os), ruthenium (Ru), rhodium (Rh) en Iridium (Ir) toe gerekend worden. Platinametalen zijn alle edele metalen. Dit betekent dat ze goed bestand zijn tegen oxidatie en in het algemeen weinig reactief zijn. Ze bezitten uitstekende katalytische eigenschappen, hebben hoge smeltpunten en hebben een uitstekende mechanische sterkte bij hoge temperaturen. De platinametalen komen in kleine hoeveelheden in de aardkorst voor (*tabel 1*).

*Tabel 1 Enige gegevens van platinametalen.*

Metaal	Symbool	Atoom nummer	Voorkomen <sup>2</sup>	Productie <sup>3</sup>	Katalysator <sup>4</sup>	Prijs <sup>5</sup>
			ppm	ton/jaar	%	\$/troy ounce
Iridium	Ir	77	0,0010	205	15	150
Osmium	Os	76	0,0015	500	0	380
Palladium	Pd	46	0,015	206	60	200
Platina	Pt	78	0,0050	200	40	800
Rhodium	Rh	45	0,0010	23	>95	1600
Ruthenium	Ru	44	0,0010	12	0	50

<sup>1</sup> Het atoomnummer geeft de plaats in het Periodiek Systeem der Elementen aan.

<sup>2</sup> Bron: Handbook of Chemistry and Physics.

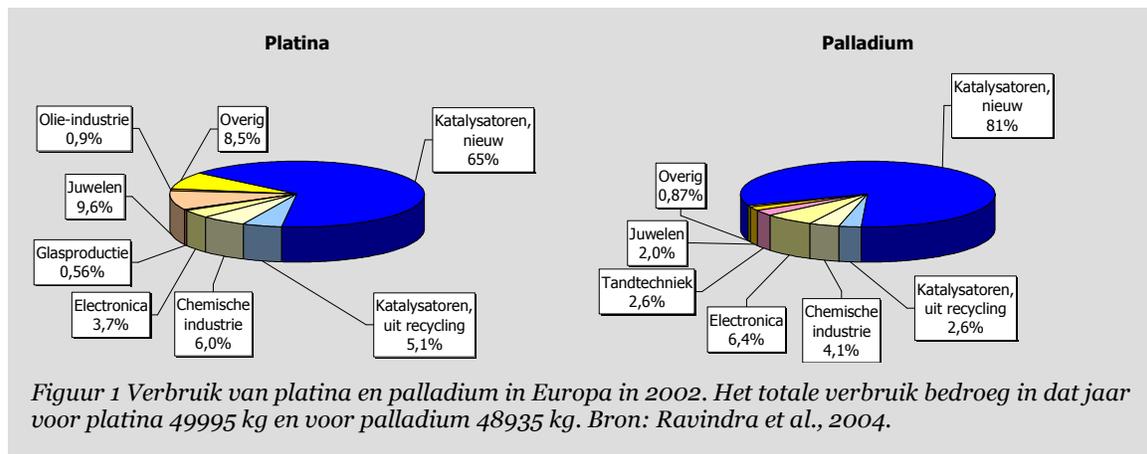
<sup>3</sup> Bron: International Platinum Association.

<sup>4</sup> Gedeelte van de productie voor gebruik in katalysatorsystemen in auto's. Deze cijfers wijken af van die in figuur 2, omdat de tabel het geschatte verbruik over de gehele wereld geeft. Figuur 2 heeft alleen betrekking op Noord-Amerika.

<sup>5</sup> Bron: Platinum today. 1 troy ounce  $\cong$  31 gram.

De platinametalen platina, palladium en rhodium kennen tegenwoordig hun belangrijkste toepassing in de vorm van katalysatorsystemen voor auto's. Daarnaast kennen platinametalen van oudsher belangrijke toepassingen in de chemische industrie vanwege hun uitzonderlijke katalytische eigenschappen. Daarnaast zijn er uiteenlopende toepassingen op gebieden als oliewinning, tandtechniek, glasproductie, enzovoorts (*figuur 1*). De hoge prijzen van de platinametalen hebben er toe bijgedragen dat in een deel van de behoefte wordt voorzien door recycling. Vooral bij platina is dit een aanzienlijk deel.

Een deel van door het verkeer geëmitteerde platinametalen komen op korte afstand weer op de grond terecht. Er is daarom wel gesuggereerd dat deze concentraties wel eens zo hoog zouden kunnen zijn dat winning economisch verantwoord zou zijn (Ely *et al.*, 2001).



Platina en palladium in een katalysator dienen vooral om koolmonoxide en onverbrande koolwaterstoffen om te zetten in kooldioxide en water. Rhodium in de katalysator is vooral bedoeld om stikstofoxiden om te zetten in stikstof en zuurstof. Een katalysatorsysteem van een personenauto bevat 1 tot 3 gram platinametalen. Daarnaast zijn nog andere metalen als aluminium (Al), cerium (Ce) en zirkonium (Zr) aanwezig; deze hebben een constructietechnisch doel. Mechanische slijtage en veroudering van de katalysator leiden tot de emissie van edelmetaaldeeltjes naast de emissie van aluminium-, cerium- en zirkoniumverbindingen.

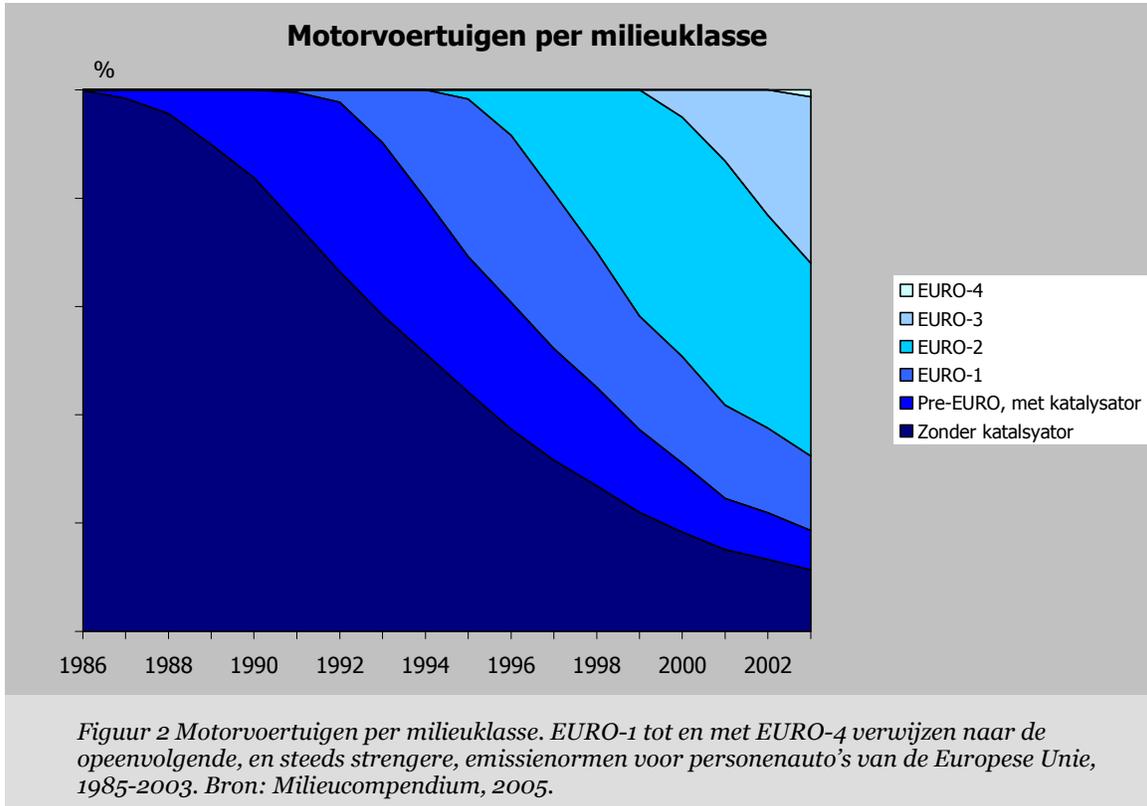
Er is overigens een ontwikkeling gaande waarbij platina als katalysatormateriaal in toenemende mate door palladium wordt vervangen. Een nieuwe ontwikkeling is de introductie van iridium als katalysatormateriaal. Dit metaal heeft zijn intrede gedaan in zogenaamde DeNO<sub>x</sub>-katalysatoren om de emissie van stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) te verminderen bij lean burn motoren dat zijn motoren die werken met relatief weinig brandstof en veel lucht.

De geregelde en ongeregelde driewegkatalysator <sup>1</sup> heeft in (benzine)auto's voor de Nederlandse markt aan het eind van de jaren tachtig zijn intrede gedaan. Vanaf 1993 wordt in alle benzineauto's alleen nog maar een geregelde katalysator ingebouwd. De driewegkatalysator bestaat in feite uit twee delen. Een deel oxideert koolmonoxide (CO) en koolwaterstoffen tot kooldioxide (CO<sub>2</sub>) en water; het andere deel reduceert stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) tot stikstofgas (N<sub>2</sub>). De driewegkatalysator is daarmee een effectief middel om te komen tot een vermindering van de uitstoot van schadelijke stoffen door het verkeer. In de tweede helft van de jaren negentig kwamen ook dieselauto's met katalysatoren op de markt. Dit zijn oxidatiekatalysatoren en doen dus iets aan de reductie van de koolmonoxide- en koolwaterstoffenuitstoot. Een driewegkatalysator zou bij een auto met een dieselmotor niet goed functioneren, omdat deze met luchtoverschot werkt. Ook zijn de temperaturen doorgaans te laag.

In Nederland waren er in 2002 1,0 miljoen benzinepersonenauto's zonder katalysator en 4,5 miljoen met een driewegkatalysator. Daarnaast waren er nog eens 0,9 miljoen dieselauto's, waarvan naar schatting tweederde voorzien is van een oxidatiekatalysator. Van de 0,3 miljoen auto's die op LPG rijden, zijn er 50.000 niet voorzien van een driewegkatalysator.

Gemeten in kilometers leverden in 2002 auto's met een katalysatorsysteem 89% van de vervoersprestatie.

<sup>1</sup> Het verschil tussen een geregelde en een ongeregelde katalysator is dat een geregelde katalysator een zogenaamde lambdasonde heeft. De lambdasonde meet de brandstof-luchtverhouding en stuurt elektrische signalen naar de elektronische unit van het systeem. De brandstof-luchtverhouding kan dan zonodig bijgesteld worden tot de optimale verhouding bereikt is, waarbij schone verbranding plaatsvindt. De ongeregelde katalysator heeft zo'n voorziening niet en zal dus in principe vervuilerder zijn.



### 3. Emissie

De tegenwoordige katalysatorsystemen in auto's voor de Europese markt zijn van het zogenaamde monolithische type. De katalyserende materialen bevinden zich hierbij op een keramisch of metalen honingraatstructuur (figuur 1).



Figuur 3 De monolithische katalysator.

Bron: [www.cateran.com.au/cateran/data.aspx](http://www.cateran.com.au/cateran/data.aspx).

De emissie van katalysatordeeltjes vindt grotendeels plaats in de vorm van de edele metalen op deeltjes van aluminiumoxide ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) of cordieriet (magnesiumaluminium-silicaat;  $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ ). De hoeveelheid edele metalen in het katalysatorsysteem is overigens gering, gewoonlijk minder dan 0,1% op gewichtsbasis. De emissie van edele metalen uit katalysatorsystemen is vooral het gevolg van mechanische slijtage aan het katalysatoroppervlak. De geëmitteerde edele metalen verkeren vrijwel geheel in metallische toestand. Slechts een klein deel bevindt zich in oplosbare vorm. Diverse onderzoekers rapporteren verschillende percentages: van minder dan 1% (Artelt *et al.*, 1999) tot 10% (Palacios *et al.*, 2001). Het sowieso geringe percentage oplosbaar platina is van belang bij de beschouwing van de gezondheidskundige aspecten van de platinametalen.

Het is lastig om een nauwkeurige uitspraak te doen over de emissie van platinametalen uit katalysatorsystemen. Er is weinig onderzoek verricht. Het schaarse onderzoek is bovendien gebaseerd op weinig experimenten. Een overzicht van de resultaten van de meest recente leert dat een eenduidige conclusie niet te trekken valt (tabel 2). Wel kan gesteld worden dat de emissie afneemt met toenemende ouderdom van de katalysator. Ook is duidelijk dat katalysatorsystemen van dieselauto's (aanzienlijk) meer platina of platinametalen emitteren dan katalysatorsystemen van benzineauto's. De emissie lijkt verder af te hangen van factoren als de snelheid van het voertuig en van de temperatuur van de katalysator.

De geëmitteerde deeltjes hebben een grootte die kan lopen van het submicrongebied ( $< 1 \mu\text{m}$ ) tot meer dan  $10 \mu\text{m}$ . Een groot deel van de deeltjes heeft een diameter boven de  $10 \mu\text{m}$ ; dit kan oplopen tot 70% (Artelt *et al.*, 1999).

De belangrijkste industriële bron van atmosferisch platina is waarschijnlijk de productie van salpeterzuur ( $\text{HNO}_3$ ). De meest gebruikte productiemethode is die waarbij ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) katalytisch wordt omgezet in stikstofmonoxide ( $\text{NO}$ ). Platina wordt hierbij als katalysator gebruikt.

Er zijn geen betrouwbare gegevens over de emissie van platinametalen naar lucht, onderscheiden naar landen en bronnen.

Tabel 2 Emissie van platinametalen door personenauto's.

Type brandstof, staat katalysator	Platina	Palladium	Rhodium	Referentie <sup>1,2</sup>
	<i>ng/km</i>			
Benzine, nieuw, Pt/Pd/Rh	130-310	~100	30-60	Moldovan <i>et al.</i> , 1999
Benzine, 18.000 km, Pt/Pd/Rh	10-60	2-20	1-7	
Benzine, nieuw, Pt/Rh	~30	~20	~10	
Diesel, Pt	50-170	~5	10-25	
Benzine, nieuw, Pt/Pd/Rh	30-320	25-120	10-260	Moldovan <i>et al.</i> , 2002
Benzine, 30.00-80.000, Pt/Pd/Rh	2-25	4-35	2-15	
Benzine, nieuw, Pt/Rh	~30	~20	~10	
Diesel, Pt	50-170	~5	10-25	
Benzine, nieuw <sup>3</sup>	10-90	-	-	Artelt <i>et al.</i> , 1999
Benzine, 'medium-aged'	20-110	-	-	
Benzine, na 120.000 km	10-25	-	-	
Benzine, nieuw	100	250	50	Palacios <i>et al.</i> , 2000
Benzine, na 30.000 km	6-8	12-16	3-12	
Diesel, nieuw	400-800	25-200	80-180	
Diesel, na 30.000 km	108-150	100-150	25-40	
Benzine, Pt/Pd/Rh	10	15	3	Rauch <i>et al.</i> , 2002
Diesel, Pt	220	75	35	

1 Omwille van de overzichtelijkheid zijn de in de tabel vermelde getallen geaggregeerd.

2 De meetresultaten zijn in alle experimenten afgeleid uit weinig metingen. De onzekerheid is de vermelde waarden is dan ook groot; in de orde van tientallen tot 100%.

3 Samenstelling van de katalysator niet gegeven; alleen omschreven als 'driewegkatalysator'.

## 4. Gezondheidsaspecten

De emissie van platina uit katalysatorsystemen vindt voor het grootste deel plaats als metallisch platina. Dit nanokristallijne platina zal grotendeels gebonden zijn deeltjes die afkomstig zijn van het dragermateriaal van katalysatorsystemen, dat willen zeggen aan aluminiumoxidedeeltjes in het micrometerbereik. De emissie van platina in de vorm van platinaverbindingen is gering (Artelt *et al.*, 1999; Palacios *et al.*, 2001). Dit gegeven is bijzonder relevant, omdat uit het schaarse onderzoek blijkt dat vooral (opgeloste of oplosbare) platinaverbindingen schadelijke effecten hebben. Een zeer conservatieve schatting geeft een niveau waarbij geen effect verwacht mag worden, van 15-150 ng totaal platina/m<sup>3</sup> (Merget en Rosner, 2001). Bij de afleiding van deze waarde is ervan uitgegaan dat 1% in een oplosbare vorm verkeert. Over de andere platinametalen is nauwelijks enige informatie over mogelijke gezondheidseffecten bekend.

De platinaverbindingen waarvan effecten bekend zijn, zijn hexachloorplatinazuur (H<sub>2</sub>[PtCl<sub>6</sub>]) en een aantal verbindingen met chloride, zoals ammoniumhexachloorplatinaat ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>[PtCl<sub>6</sub>]), kaliumtetrachloorplatinaat (K<sub>2</sub>[PtCl<sub>4</sub>]), kaliumhexachloorplatinaat (K<sub>2</sub>[PtCl<sub>6</sub>]) en natriumtetrachloorplatinaat (Na<sub>2</sub>[PtCl<sub>4</sub>]). De effecten zijn meestal overgevoeligheidsreacties zoals netelroos, contactdermatitis en luchtwegbezuarden als niesen, kortademigheid en soms ernstige astma (IPCS, 1991).

Overigens is ook het gezondheidskundig onderzoek van de platinametalen bijzonder beperkt in omvang (WHO, 1991; WHO, 2000). De WHO Task Group on Environmental Health Criteria for Platinum concludeerde aan het begin van de jaren negentig dat milieuverontreiniging door platina uit monolithische driewegkatalysatoren zeer laag of mogelijk zelfs verwaarloosbaar is (WHO, 1991). In feite is dit later door de WHO bevestigd (WHO, 2000). De WHO heeft dan ook (nog steeds) geen richtwaarde voor platina in lucht vastgesteld. Wel beveelt de WHO aan om onderzoek te (blijven) doen naar speciatie, dat wil zeggen in welke vorm en in welke concentraties komen de platinametalen voor. Voor de werkplek is een zogenoemde occupational exposure limit geformuleerd. Deze bedraagt als jaargemiddelde concentratie  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en heeft betrekking op platina in de vorm van platinaverbindingen.

De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) heeft een schatting gemaakt van de opname van platina door mensen. Bij een platinaniveau in lucht van  $0,3\text{-}30 \text{ pg}/\text{m}^3$  en een hoeveelheid van  $20 \text{ m}^3$  per dag geïnhaleerde lucht leidt dit tot een opname van 6 tot  $600 \text{ pg}$  per dag. De WHO merkt hierbij – overigens zonder nadere uitleg - op dat ‘this is likely to be an overestimate’. De opname van platina in de vorm van voedsel schat de WHO op  $1,44 \mu\text{g}$  per dag. Platinaconcentraties in drinkwater zijn geschat op  $100 \text{ pg}$  per liter. Dit zou een opname van enkele honderden  $\text{pg}$  per dag kunnen betekenen. Uit deze gegevens kan worden afgeleid dat de belasting in massatermen via het voedsel het belangrijkste is. Hierbij moet overigens wel worden aangetekend dat inhalatie-effecten anders kunnen zijn dan orale effecten.

Voor de andere metalen uit de platinagroep is nog minder onderzoek gedaan. Soortgelijke gegevens als voor platina over opname zijn dan ook niet bekend.

Er is geen onderzoek gedaan naar de effecten van platinametalen op ecosystemen. Uit onderzoek blijkt wel dat langs wegen een aanzienlijke cumulatie van platinametalen kan optreden (Chichella *et al.*, 2003; Cinti *et al.*, 2002; Djingova *et al.*, 2003; Ward & Dudding, 2004; Whiteley & Murray, 2003).

## 5. Luchtconcentraties

De kennis over het voorkomen van platinametalen in lucht is niet groot. De reden hiervoor is dat de concentraties in lucht laag zijn en de analytisch-chemische mogelijkheden gering zijn. Er zijn niet veel analysemethoden die de vereiste kleine hoeveelheden kunnen vaststellen: cathodic stripping voltammetry (CSV), neutron activation analysis, en inductively coupled plasma with mass spectrometry (ICP-MS). Deze methoden vereisen specialistische kennis en dure apparatuur. Een complicatie is verder dat de analyse van palladium en rhodium gehinderd wordt door elementen die in dezelfde matrix als palladium en rhodium voorkomen.

Platina komt van nature in lucht voor, zij het op een zeer laag niveau. De aanwezigheid van platina wordt toegeschreven aan de constante toevoer van platina aan de atmosfeer als onderdeel van meteorieten. Schattingen geven een flux van  $10 \text{ kg}$  platina per dag op deze wijze.

Metingen van voor 1980 worden als minder betrouwbaar beschouwd, omdat toen de analytisch-chemische mogelijkheden aanzienlijk geringer waren in vergelijking met later. Metingen zijn in 1989 in Frankfurt, Duitsland, uitgevoerd. Katalysatoren waren toen nauwelijks nog aanwezig. Concentraties varieerden van minder  $1$  tot  $13 \text{ pg}/\text{m}^3$  in de stad tot minder dan  $0,6$  tot  $1,8 \text{ pg}/\text{m}^3$  buiten de stad. Deze niveaus duiden waarschijnlijk op het toenmalige achtergrondniveau zonder een bijdrage van de emissies uit katalysatorsystemen.

De resultaten van latere metingen zijn samengevat in *tabel 3*. Uit aanvullend onderzoek blijkt dat het grootste massadeel, dat is in de orde van  $50\%$ , in de kleinste deeltjesfractie zit (Gómez *et al.*, 2001).

Tabel 3 Voorkomen van platinametalen in lucht.

Plaats, land	Periode	Type	Concentratie		Referentie
			Range	Gemiddelde	
			in pg/m <sup>3</sup>		
Göteborg, SE	1999	PM <sub>10</sub> , stedelijke omgeving, buiten- stedelijk	Pt: 0,9-19 Pd: 0,1-10 Rh: 0,3-4	daggem Pt 14 (high traffic) 4 (low traffic) 1 (non urban) Pd 8 (high traffic) 2 (low traffic) 1 (non urban) Rh 4 (high traffic) <1 (low traffic) <1 (non urban)	Rauch <i>et al.</i> , 20001
Göteborg, SE	1999-2000			Pt: 12 Pd: 4 Rh: 3	Gomez <i>et al.</i> , 2002
Klagenfurt, AT	2000	PM <sub>10</sub>	maandgem Pd: 3-5	maandgem Pd: 4	Limbeck <i>et al.</i> , 2004
London, UK	1999-2000			Pt: 6	Gomez <i>et al.</i> , 2002
Madrid, ES	1999-2000			Pt: 16 Rh: 4	
Madrid, ES	1999	PM <sub>10</sub>	48- uursgem Pt: 2-57 Rh: <0,2- 22	Pt: 13 Rh: 4	Gomez <i>et al.</i> , 2001
München, DE	1999-2000	PM <sub>10</sub>		Pt: 4 Rh: <1	Gomez <i>et al.</i> , 2002
Rome, IT	1999-2000	Stedelijke omgeving met 'heavy traffic'		Pt: 11 Pd: 51 Rh: 4	Gomez <i>et al.</i> , 2002
Salzburg, AT	2000	PM <sub>10</sub>	maandgem Pd: 7-31	maandgem Pd: 17	Limbeck <i>et al.</i> , 2004
Sheffield, UK	1999-2000			Pt: 4	Gomez <i>et al.</i> , 2002
Wenen, AT	2002	PM <sub>10</sub> , 'Heavy traffic area'		d<10 µm, weekgem Pt: 4,3 Pd: 2,6 Rh: 0,4 d<30 µm, weekgem Pt: 38 Pd: 146 Rh: 6,6	Kanitsar <i>et al.</i> , 2003

## 6. Situatie in Nederland

Er zijn, voor zover bekend, in Nederland nooit metingen naar het voorkomen van platinametalen in de buitenlucht verricht. Daarom is op basis van literatuurgegevens van buitenlands onderzoek een eersteordeschatting gemaakt van wat in Nederland verwacht zou kunnen worden. Hierbij is gebruik gemaakt van het CAR-model (Buijsman, 2004; Eerens *et al.*, 1993). Het CAR-model is ingezet om schattingen te maken van de optredende concentraties in de nabijheid van straten en drukke verkeerswegen. De voor het CAR-model benodigde emissiefactoren zijn afgeleid uit gegevens over het Nederlandse wagenpark (zie voor een uitleg *Bijlage A*). De berekeningen zijn gemaakt met emissiefactoren van 30, 30 en 12 ng/km voor platina, palladium respectievelijk rhodium (*tabel 4*).

Tabel 4 Berekende jaargemiddelde concentraties van platinametalen in lucht

situatie	platina	palladium	rhodium
	<i>pg/m<sup>3</sup></i>		
Grootschalige achtergrond	1,0	1,0	1,0
Drukke snelweg <sup>a)</sup> , 150.000 voertuigen per dag, 10% vrachtverkeer; op 30 meter van de wegas.	2,4	2,4	1,6
Drukke straat in stad, streetcanyon <sup>b)</sup> , 17.000 voertuigen per dag, 10% vrachtverkeer; op 10 meter van de wegas	2,2	2,2	1,5
Drukke straat in stad, halfopen omgeving <sup>c)</sup> , 20.000 voertuigen per dag, 10% vrachtverkeer; op 10 meter van de wegas	3,1	3,1	1,8
Zeer drukke straat in stad, streetcanyon <sup>d)</sup> , 30.000 voertuigen per dag, 10% vrachtverkeer; op 10 meter van de wegas	4,2	4,2	2,3

- a) Situatie komt overeen met straattypen 1 in het CAR-model. Een voorbeeld van deze situatie is de ring A10 bij Amsterdam. Een voorbeeld van straattypen 1 geeft *figuur 4*.
- b) Situatie komt overeen met straattypen 3B in het CAR-model. Een voorbeeld van deze situatie is de Amsterdamse Veerkade in Den Haag (*figuur 5*).
- c) Situatie komt overeen met straattypen 3A in het CAR-model. Een voorbeeld van deze situatie is het Vasteland in Rotterdam (*figuur 6*).
- d) Situatie komt overeen met straattypen 3B in het CAR-model. Een voorbeeld van deze situatie is de Stadhouderskade in Amsterdam.

De berekende concentraties liggen op een niveau dat voor platina geen gezondheidseffecten te verwachten zijn. Het ontbreken van gelijksoortige informatie over de gezondheidseffecten van palladium en rhodium leidt ertoe dat een dergelijke uitspraak voor de andere metalen niet kan worden gedaan. In Nederland zijn tot op heden geen metingen van de concentraties van platinametalen in lucht uitgevoerd. Het ontbreken van meetinformatie over de Nederlandse situatie kan als een gemis gevoeld worden. De berekende concentraties kunnen namelijk dan niet vergeleken worden met meetresultaten. Er is op dit moment in Nederland geen organisatie die een operationeel inzetbare analysemethode voor platinametalen in lucht met de gewenste gevoeligheid beschikbaar heeft. Er ligt echter (voor platina) een groot verschil tussen het berekende niveau en het niveau waarbij gezondheidseffecten verwacht zouden kunnen worden. Het ontbreken van meetgegevens voor platina wordt daarom op dit moment niet als problematisch gezien. De situatie voor de overige platinametalen blijft onduidelijk.



*Figuur 4 Voorbeeld van een meetstation dat gelegen is een omgeving met straattipe 1; zie ook Tabel 4. Het meetstation is Breukelen-snelweg aan de A2, Utrecht-Amsterdam. Het meetstation maakt deel uit van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. Foto: Laboratorium voor Milieumetingen, RIVM.*



*Figuur 5 De Amsterdamse Veerkade in Den Haag is een voorbeeld van straattipe 3B in het CAR-model; zie ook Tabel 4. In deze straat is meetstation 445, Den Haag-Amsterdamse Veerkade, gerealiseerd. Foto: Laboratorium voor Milieumetingen, RIVM.*



*Figuur 6 Meetstation Vasteland in Rotterdam van de DCMR Milieudienst Rijnmond. De situatie komt overeen met straattypen 3A in het CAR-model ; zie ook Tabel 4. Foto: DCMR Milieudienst Rijnmond.*

## Literatuur

- Artelt, S., Kock, H., König, H.P., Levsen, K., Rosner, G., 1999. Engine dynamometer experiments: platinum emissions from differently aged three-way catalytic converters. *Atmospheric Environment* **33**, 3559-3567.
- Barbante, C., Veyssyere, A., Ferrari, C., Velde, K. van de, Morel, C., Capodaglio, G., Cescon, P., Scarponi, G. en Boutron, C., 2001. Greenland snow evidence of large scale atmospheric contamination for platinum, palladium, and rhodium
- Buijsman, E. (red.), 2004. Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 2002. Rapportnr. 500037004, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Chicella, D., De Vivo, B., Lima, A., 2003. Palladium and platinum concentration in soils from the Napoli metropolitan area, Italy: possible effects of catalytic exhausts. *The Science of the Total Environment* **308**, 121-131.
- Cinti, D., Angelone, M., Masi, U., Cremisini, C., 2002. Platinum levels in natural and urban soils from Rome and Latium (Italy): significance for pollution by automobile catalytic converter. *The Science of the Total Environment* **293**, 47-57.
- Djingova, R., Kovacheva, P., Wagner, G., Markert, B., 2004. Distribution of platinum group elements and other traffic related elements among different plants along some highways in Germany. *The Science of the Total Environment* **308**, 235-246.
- Eerens, H. C., Sliggers, C. J. en Hout, K. D. van den, 1993. The CAR model: The Dutch method to determine city street air quality. *Atmospheric Environment* **27B**, 389- 399.
- Ek, K.H., Morrison, G.M., Rauch, S., 2004. Environmental routes for platinum group elements to biological materials – a review. *The Science of the Total Environment* **334-335**, 21-38.
- Ely, J.C., Neal, C.R., Kulpa, C.F., Schneegurt, M.A., Seidler, J.A. en Jain, J.C., 2001. Implications of Platinum-Group Element Accumulation along U.S. Roads from Catalytic-Converter Attrition. *Environmental Science and Technology* **35**, 3816 -3822, 2001.
- Gómez, B., Gómez, M., Sanchez, J.L., Fernández, R., Palacios, M.A., 2001. Platinum and rhodium distribution in airborne particulate matter and roas dust. *The Science of the Total Environment* **269**, 131-144.
- Gómez, B., Palacios, M.A., Gómez, M., Sanchez, J.L., Morrison, G., Rauch, S., McLeod, C., Ma, R., Caroli, S., Alimonti, A., Petrucci, F., Bocca, B., Schramel, P., Zischka, M., Petterson, C., Wass, U., 2002. Levels and risk assessment for humans and ecosystems of platinum-group elements in the airborne particles and road dust of some European cities. *The Science of The Total Environment* **299**, 1-19.
- Gregurek, D., Melcher, F., Niskavaara, H., Pavlov, V.A., Reimann, C., Stumpfl, E.F., 1999. Platinum-group elements (Rh, Pt, Pd) and Au distribution in snow samples from the Kola Peninsula, NW Russia. *Atmospheric Environment* **33**, 3281-3290.
- IPCS, 1991. Platinum. Environmental Health Criteria 125, International Programme on Chemical Safety.  
☞ <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc125.htm>.
- Kanitsar, K., Koellensprenger, G., Hann, S., Limbeck, A., Puxbaum, H., Stingeder, G., 2003. Determination of Pt, Pd and Rh by inductively coupled plasma sector field mass spectrometry (ICP-SFMS) in size-classified urban aerosol samples. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* **18**, 239-246.
- Kümmerer, K., Helters, E., Hubner, P., Mascart, G., Milandri, M., Reinthaler, F., Zwakenberg, M., 1999. European hospitals as a source for platinum in the environment in comparison with other sources. *The Science of The Total Environment* **225**, 155-165.

- Limbek, A., Rendl, J., Heimburger, G., Kranabetter, A., Puxbaum, H., 2004. Seasonal variation of palladium, elemental carbon and aerosol mass concentration in airborne particulate matter. *Atmospheric Environment* **38**, 1979-1987.
- Merget, R. en Rosner, G., 2001. Evaluation of the health risk of platinum group metals emitted from automotive catalytic converters. *The Science of the Total Environment* **270**, 165-173.
- Moldovan, M., Gómez, M.M., Palacios, M.A., 1999. Determination of platinum, rhodium and palladium in car exhaust fumes. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* **14**, 1163-1169.
- Moldovan, M., Palacios, M.A., Gómez, M.M., Morrison, G., Rauch, S., McLeod, C., Ma, R., Caroli, S., Alimonti, A., Petrucci, F., Bocca, B., Schramel, P., Zischka, M., Pettersson, C., Wass, U., Luna, M., Saenz, J.C., Santamaría, J., 2002. Environmental risk of particulate and soluble platinum group elements released from gasoline and diesel engine catalytic converters. *The Science of The Total Environment* **296**, 199-208.
- Palacios, M.A., Gomez, M.M., Moldovan, M., Morrison, G., Rauch, S., McLeod, C., Mac, R., Laserna, J., Lucena, P., Caroli, S., Alimonti, A., Petrucci, F., Bocca, B., Schramel, P., Lustig, S., Zischka, M., Wass, U., Stenbom, B., Luna, M., Saenz, J.C., Santamaria, J., Torren, J.M., 2000. Platinum-group elements: quantification in collected exhaust fumes and studies of catalyst surfaces. *The Science of the Total Environment* **257**, 1-15.
- Rauch, S., Lu, M., Morrison, G.M., 2001. Heterogeneity of platinum group metals in airborne particles. *Environmental Science and Technology* **35**, 595-599.
- Rauch, S., Morrison, G.M., Moldovan, M., 2002. Scanning laser ablation-ICP-MS tracking of platinum group elements in urban particles. *The Science of the Total Environment* **286**, 243-251.
- Ravindra, K., Bencs, L., Van Grieken, R., 2004. Platinum group elements in teh environment and their health risk. *The Science of the Total Environment* **318**, 1-43.
- Van de Velde, K., Brabante, C., Cozzi, G., Morte, I., Bellomi, T., Ferrari, C., Boutron, C., 2000. Changes in the occurrence of silver, gold, palladium and rhodium in Mont Blanc ice and snow since the 18th century. *Atmospheric Environment* **34**, 3117-3127.
- Ward, N. en Dudding, L.M., 2004. Platinum emissions and levels in motorway dust samples: influence of traffic characteristics. *The Science of the Total Environment* **334-335**, 457-463.
- Whiteley, J.D. en Murray, F., 2003. Anthropogenic platinum group elements (Pt, Pd and Rh) concentrations in road dusts and roadside soils from erth, Western Australia. *The Science of the Total Environment* **317**, 121-135.
- WHO, 1991. *Platinum*. Environmental Health Criteria, No. 125. World Health Organization, Geneva.
- WHO, 2000. *Air Quality Guidelines for Europe*. WHO Regional Publications, European Series, No. 91. World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen.  
☐ [http://www.euro.who.int/InformationSources/Publications/Catalogue/20010910\\_6](http://www.euro.who.int/InformationSources/Publications/Catalogue/20010910_6).

### Algemeen informatieve websites

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/platinum/>

<http://www.platinum.matthey.com/>

## Bijlage A Berekening van de emissiefactoren

De berekening van de emissiefactoren is gebaseerd op gegevens van het Centraal Bureau voor de Statistiek over de samenstelling van het Nederlandse wagenpark. De emissiefactoren zijn gewogen naar het percentage voorkomen van de verschillende typen. Verder is gerekend met gegevens over de verkeersprestatie. Hieruit is afgeleid dat een benzineauto gemiddeld 11.000 km per jaar rijdt en een diesel- en een LPG-auto 20.000 km per jaar. Er is verondersteld dat er nog 1 miljoen benzineauto's en 300.000 dieselauto's zonder katalysator rondrijden. Deze hebben dus een emissiefactor 0. Op basis van de leeftijd van het wagenpark is er vanuit gegaan dat benzineauto's gedurende twee jaar een hoge emissiefactor van 100 ng/km hebben; daarna is de emissiefactor 10 ng/km (zie ook tabel 3). Dezelfde veronderstelling is gemaakt voor LPG-auto's. De dieselauto's hebben een constant hoge emissiefactor van 100 ng/km toegedacht gekregen.

Tabel B1 Platinametalen: gehanteerde emissiefactoren en resulterende bijdragen aan de emissie.

Aantal voertuigen	Platina		Palladium		Rhodium	
	Emissie- factor	Bijdrage aan de emissie	Emissie- factor	Bijdrage aan de emissie	Emissie- factor	Bijdrage aan de emissie
	ng/km	%	ng/km	%	ng/km	%
<i>Benzineauto's</i>						
1.000.000	0	0	0	0	0	0
1.000.000	100	50	100	69/50	50	60
3.500.000	10	17	10	24/17	5	21
<i>Dieselauto's</i>						
300.000	0	0	0	0	0	0
600.000	100	30	5 / 100 <sup>a)</sup>	1/30	20	15
<i>LPG-auto's</i>						
40.000	100	4	100	3/4	50	2
260.000	10	3	10	2/3	5	2
<i>Totaal</i>						
<b>6.700.000</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>22/30 <sup>a)</sup></b>	<b>100</b>	<b>12</b>	<b>100</b>

a) De onderzoeken geven sterk uiteenlopende resultaten voor de emissie van palladium door dieselauto's met een katalysator. Daarom is voor dieselauto's gerekend met twee verschillende emissiefactoren.

