



## FRONT OFFICE VOEDSEL- EN PRODUCTVEILIGHEID

### Beoordeling van ozon emissie luchtreinigers

---

Beoordeling aangevraagd door:	BuRO
Beoordeling opgesteld door:	RIVM/Ctgb
Datum aanvraag:	12-07-2022
Datum beoordeling:	10-11-2022 (concept) 16-12-2022 (definitief)
Projectnummer:	V/093130/22/NF

---

#### Onderwerp

Een consument heeft een vraag ingediend bij de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) over een luchtreiniger voor bij de kattenbak. Deze zou volgens de leverancier 25 mg ozon per half uur uitstoten. Nader onderzoek door Bureau Risicobeoordeling & Onderzoek (BuRO) op internet leverde op dat er meerdere luchtreinigers te koop worden aangeboden die ozon uitstoten om de lucht te reinigen. Bij deze producten wordt niet altijd vermeld dat deze ruimtes tijdens de luchtbehandeling met ozon niet betreden dienen te worden door huisdieren en mensen. BuRO stelt bij deze toepassingen de vraag in hoeverre blootstelling aan ozon een gezondheidsrisico oplevert.

De inzet van ozon in luchtreinigingstechnieken neemt mogelijk verder toe bij een nieuwe opleving van corona (of andere virussen), ter voorkoming van verspreiding van het virus. BuRO wil daarom de mogelijke gezondheidsrisico's van dergelijke luchtreinigers door blootstelling aan ozon in kaart brengen. Deze luchtreinigers worden onder andere op internet aangeboden door diverse webshops, waarbij voor een aantal apparaten ook de emissie van ozon staat vermeld.

Voor ozon is sinds 1994 een wettelijke grenswaarde van 0,12 mg/m<sup>3</sup> (TGG – 1h, inhalatoir) vastgelegd in het Arbeidsomstandighedenbesluit. Onder REACH is door de registrant een werker DNEL (derived no effect level) voor langdurige blootstelling (inhalatie, lokale effecten) van 0,024 mg/m<sup>3</sup> afgeleid (<https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/22480/7/1>).

Verder geldt de algemene productveiligheidsrichtlijn 2001/95/EG. Hierin wordt gesteld dat non-food producten geen bijzonder gevaar mogen opleveren bij te voorzien gebruik. Ozon wordt toegepast om virussen, waaronder het coronavirus, te bestrijden. De vraag is of *in situ* gegenereerde actieve stoffen, zoals ozon, vallen onder de reikwijdte van de biociden verordening BPR, Verordening (EU) 528/2012. Het is tevens de vraag of luchtreinigers op basis van ozon vallen onder de biociden verordening of de richtlijn algemene productveiligheid.



## Vraagstelling

Wat is het gezondheidsrisico van luchtreinigers op basis van ozon? Deze vraag bestaat uit de volgende deelvragen:

1. Wat zijn de gezondheidseffecten van ozon en wat is de gezondheidkundige grenswaarde voor de algemene populatie bij inhalatoire blootstelling?
2. Wat is de status van ozon als biocide? Is ozon onder de BPR beoordeeld op effectiviteit en veiligheid? Vallen de beoordeelde luchtreinigers onder de reikwijdte van de BPR?
3. Wat is de emissie van de op de markt aangeboden luchtreinigers op basis van ozon? Breng dit via een internetverkenning in kaart. Wat is de blootstelling aan ozon voor zowel kinderen als volwassenen bij het plaatsen van een luchtreiniger op basis van ozon in het huis? Breng dit in kaart voor verschillende ruimtes in de woning: (bij)keuken, woonkamer en slaapkamer. Deze ozonreinigers worden ook aangeboden voor gebruik in de auto. Kan voor deze toepassing een schatting worden gemaakt van de blootstelling?
4. Wat is de maximale emissie aan ozon in de hierboven beschreven scenario's, waarbij er geen gezondheidsrisico ontstaat.

## Conclusies

Het antwoord op de vraag "Wat is het gezondheidsrisico van luchtreinigers op basis van ozon?" is aan de hand van vier deelvragen beschreven.

1. *Wat zijn de gezondheidseffecten van ozon en wat is de gezondheidkundige grenswaarde voor de algemene populatie bij inhalatoire blootstelling?*

Gezondheidseffecten na kortdurende blootstelling aan ozon zijn vooral te vinden in de luchtwegen als gevolg van irritatie als ook op het cardiovasculaire systeem, zoals een verlaagde hartslag. Effecten als gevolg van langdurige blootstelling zijn respiratoire mortaliteit (sterfte als gevolg van luchtwegaandoeningen), het ontstaan van astma bij kinderen en toename in respiratoire effecten bij astmapatiënten. Hoewel uit humane epidemiologische studies carcinogeniteit van ozon niet duidelijk naar voren komt, ligt er een CLH dossier ter beoordeling bij ECHA om ozon op basis van resultaten in dierstudies als genotoxisch carcinogeen te classificeren.

Voor verschillende situaties en populaties (buiten-/binnenlucht, werkers/algemene populatie) zijn verschillende waarden voor ozon afgeleid. In deze beoordeling wordt  $40 \mu\text{g ozon/m}^3$  ( $0,04 \text{ mg/m}^3$ ; 20 ppb) voor langdurige blootstelling (8 uur per dag) gebruikt als gezondheidkundige grenswaarde, zoals afgeleid door Health Canada voor de algemene populatie voor binnenlucht. De waarde is gebaseerd op resultaten van een humane vrijwilligersstudie met als kritisch eindpunt longfunctie en subjectieve ademhalingssymptomen en is het meest representatief voor de verwachte blootstelling bij het gebruik van ozon emitterende luchtreinigers binnenshuis.

2. *Wat is de status van ozon als biocide? Is ozon onder de BPR beoordeeld op effectiviteit en veiligheid? Vallen de beoordeelde luchtreinigers onder de reikwijdte van de BPR?*
  - a. *Wat is de status van ozon als biocide?*

Op dit moment is er voor *in situ* gegenereerde ozon dat gebruikt wordt als biocide in Nederland geen toelating vereist en is er dus ook geen toelatingsbeoordeling van.



- b. *Is ozon onder de BPR beoordeeld op effectiviteit en veiligheid?*  
Ozon als werkzame stof wordt momenteel op EU niveau beoordeeld op werkzaamheid en veiligheid. De beoordeling van alle individuele biocide toepassingen met ozon zal pas plaatsvinden in de komende jaren, nadat fase 1 (de beoordeling van de werkzame stof) is afgerond en er toelatingsaanvragen worden ingediend.
- c. *Vallen de beoordeelde luchtreinigers onder de reikwijdte van de BPR?*  
Alleen als de intentie van de luchtreinigers is om te desinfecteren, valt ozon geproduceerd door luchtreinigers onder de Biocidenverordening (BPR). Het apparaat zelf is enkel een instrument om ozon te genereren en wordt niet beoordeeld door het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb) op de functionaliteit of veiligheid.<sup>1</sup>
3. *Wat is de emissie van de op de markt aangeboden luchtreinigers op basis van ozon? Breng dit via een internet verkenning in kaart. Wat is de blootstelling aan ozon voor zowel kinderen als volwassenen bij het plaatsen van een luchtreiniger op basis van ozon in het huis? Breng dit in kaart voor verschillende ruimtes in de woning: (bij)keuken, woonkamer en slaapkamer. Deze ozonreinigers worden ook aangeboden voor gebruik in de auto. Kan voor deze toepassing een schatting worden gemaakt van de blootstelling?*  
Het marktonderzoek via internet laat zien dat er verschillende type producten te koop zijn bedoeld voor gebruik in auto's en voor gebruik binnenshuis. Volgens de productgegevens zoals die op internet te vinden zijn, hebben de producten bedoeld voor gebruik in auto's emissieranges van <math><0,24</math> tot 32.000 mg ozon/uur. De producten met woningtoepassing hebben emissieranges van 20 tot 2400 mg ozon/uur. De in deze beoordeling gebruikte gezondheidskundige grenswaarde is 40  $\mu\text{g}$  ozon/ $\text{m}^3$ . Ozonconcentraties hoeven derhalve niet te worden omgerekend via correctie voor absorptie en lichaamsgewichten (kinderen en volwassenen), naar een interne blootstelling. Voor de vergelijking met de gezondheidskundige grenswaarde is het relevanter om een luchtconcentratie (mg ozon/ $\text{m}^3$ ) per scenario te geven dan een blootstelling te schatten in mg/kg lichaamsgewicht per dag.  
  
Uit de berekeningen in deze beoordeling wordt geschat dat de producten bedoeld voor de auto na 60 minuten gemiddelde ozonconcentraties bereiken tussen 0,012 en 4000 mg/ $\text{m}^3$ . De geschatte ozonconcentraties van de producten met woningtoepassing zijn na 60 minuten in woonkamer of wc gemiddeld 0,1 tot 290 mg/ $\text{m}^3$ .
4. *Wat is de maximale emissie aan ozon in de hierboven beschreven scenario's, waarbij er geen gezondheidsrisico ontstaat.*  
Er is voor luchtreinigers op basis van ozon geen generieke maximale veilige emissie vast te stellen. Uit de risicobeoordeling in deze beoordeling blijkt dat bij slechts één type luchtreiniger (auto) onder bepaalde omstandigheden (lage emissie) de gezondheidskundige grenswaarde niet overschreden wordt. Bij het gebruik van luchtreinigers in huis (ongeacht lage of hoge emissie) wordt bij alle berekende scenario's de gezondheidskundige grenswaarde (ruimschoots) overschreden. Indien er andere

<sup>1</sup> De BPR is een wetgeving die chemische stoffen betreft. Apparaten zoals luchtreinigers zullen nooit beoordeeld of toegelaten worden onder de BPR. De ozon die geproduceerd wordt door de apparaten valt echter wel onder de BPR. Om ervoor te zorgen dat voor handhaving en andere partijen duidelijk is welke ozon is toegelaten en welke niet, zal in de toekomst de toelating van de ozon geproduceerd door een apparaat gekoppeld worden aan dat specifieke apparaat.



ozonbronnen in de gebruikruimte zijn, zal de waarde eerder worden overschreden. Bij het gebruik van ozon emitterende luchtreinigers kan het optreden van gezondheidsrisico's zoals irritatie van de luchtwegen dan ook niet worden uitgesloten.

De verschillende bij het marktonderzoek gevonden producten zijn niet bedoeld voor toepassing in één en dezelfde specifieke ruimte, maar voor toepassingsruimtes die variëren in oppervlaktes van <math><1</math> tot

## Inleiding

Ozon (O<sub>3</sub>, CAS-nummer 10028-15-6) is bij normale binnenlucht (bij 20°C en 101,3 kPa atmosferische druk) een kleurloos tot lichtblauw gas met karakteristieke geur. Het komt van nature voor in de lucht. Ozon in de stratosfeer speelt een vitale rol voor het leven op aarde door absorptie van schadelijke UV-straling. In de troposfeer is ozon geïdentificeerd als zogenaamde secundaire verontreinigende stof. Het wordt namelijk niet direct uitgestoten, maar gevormd door chemische reacties waarbij vluchtige organische stoffen (VOS, zoals alkanen, alkenen, aromatische koolwaterstoffen, carbonylverbindingen, alcoholen, organische peroxiden en gehalogeneerde organische verbindingen) en stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) de twee belangrijkste voorlopers zijn. Andere belangrijke elementen die betrokken zijn bij de vorming van ozon zijn koolmonoxide en methaan (World Health Organization, 2021).

Ozon heeft oxiderende, antibacteriële en antivirale eigenschappen waardoor het bijvoorbeeld wordt gebruikt bij het desinfecteren van drinkwater, in water in zwembaden, bij medische toepassingen en in de voedselindustrie. Ook kan het gebruikt worden voor het desinfecteren van lucht in bijvoorbeeld airconditioning. Momenteel ligt er een voorstel voor geharmoniseerde classificatie van ozon als oxiderend gas ter beoordeling bij ECHA (ECHA, 2021b). Ozon kan niet opgeslagen of getransporteerd worden; in de aanwezigheid van oxidatie-veroorzakende onzuiverheden, vocht of harde oppervlakken valt het snel uiteen. Bij het toepassen van ozon als desinfectiemiddel wordt ozon dan ook ter plekke gemaakt met behulp van ozonisatoren. Ozon kan ook ongewenst ontstaan bij apparatuur als UV-lampen, kopieermachines, laserprinters en tijdens lassen. Ozonconcentraties binnenshuis zijn doorgaans sterk gerelateerd aan die in de buitenlucht, maar meestal aanzienlijk lager. Ozon wordt sterk geabsorbeerd door allerlei oppervlakken, vooral door rubber, plastic en textiel; het gas heeft daardoor in een gesloten kamer een levensduur van slechts enkele tientallen minuten. Naast absorptie door oppervlakken wordt het ozonniveau binnenshuis in belangrijke mate bepaald door de ventilatie (Nazaroff & Weschler, 2022; Slooff et al., 1987).

Ozon kan gebruikt worden in luchtreinigers voor geurbestrijding en om lucht te desinfecteren. Het desinfecteren heeft als doel het verwijderen van pathogenen uit de lucht en het bestrijden van micro-organismen. Een overzicht van methodes om lucht te desinfecteren wordt gegeven in het rapport van Huijberts et al., 2022. In een recente literatuurstudie kon niet worden geconcludeerd dat (mobiele) luchtreinigers een meerwaarde hebben in het verminderen van transmissie van het coronavirus SARS-CoV-2 in publieke ruimtes (Vermeulen & Bartels, 2022). In deze literatuurstudie zijn ozongeneratoren echter niet meegenomen, omdat er onvoldoende informatie over dit type luchtreinigers beschikbaar was.

Luchtreinigers werken door middel van mechanische reiniging (fysieke filtratie, genereren geen ozon of andere ionen) of elektrische reiniging (ionisatie zonder of met aanmaak van ozon) (California Air Resources Board, 2022)<sup>2</sup>. De elektrische reinigers zijn op te delen in twee typen:

- Luchtreinigers met ozon-ionisator waarbij lucht wordt gezuiverd met ozon binnenin het apparaat, waarbij er geen ozon zou mogen vrijkomen in de binnenlucht.
- Luchtreinigers met bedoelde ozon emissie waarbij lucht wordt gezuiverd door ozon vrij te laten komen in de toepassingsruimte.

Dit laatste type luchtreinigers valt onder deze opdracht en wordt besproken als 'ozon-luchtreinigers'.

---

<sup>2</sup> De Vermeulen & Bartels (2022) studie meldt dat ionisatoren, elektrostatische filters en plasmaluchtreinigers chemische bijproducten kunnen genereren. Hierbij valt te denken aan ozon, NO<sub>x</sub>, en formaldehyde (zie ook Berry et al., 2022; de Meer et al., 2010; TNO, 2022; Siegel, 2016)

## Ozon als biocide

De stof ozon is een sterke oxidator en oxideert organische stoffen, waaronder micro-organismen. Ozon wordt meestal ter plekke gegenereerd (= *in situ*) omdat de stof instabiel is. Of de toepassing van ozon onder de biocidewetgeving valt, hangt niet alleen van de eigenschappen van ozon af maar ook van de intentie waarmee het ingezet wordt. Ozon wordt voor meerdere doeleinden toegepast: bleken, geurbestrijding, oxideren van chemische verontreinigingen, enz. Als de intentie is om ozon te gebruiken ter bestrijding van (micro-)organismen (als desinfectiemiddel), dan valt dat gebruik van ozon onder de biocidewetgeving.

Voor het gebruik van ozon in luchtreinigers is het daarom de vraag waarom ozon wordt toegepast in deze reinigers. Een voor de hand liggend doel is hier: geurbestrijding. Als het bij geurbestrijding gaat om bijv. het verwijderen van rooklucht, dan gaat het niet om een biocide toepassing maar om reiniging. Maar als het gaat om het bestrijden van geuren die ontstaan door microbiële activiteit, dan gaat het om een biocide toepassing, waarmee het moet voldoen aan de geldende biocidewetgeving.

## De status van ozon onder de biocidewetgeving

Er is momenteel zowel Europese regelgeving voor biociden (de Biocidenverordening, BPR (Verordening (EU) Nr. 528/2012)) als Nederlandse wetgeving (de Wet gewasbeschermingsmiddelen en biociden, Wgb). De bedoeling is dat alle biociden uiteindelijk onder de BPR beoordeeld en toegelaten worden. Voor ozon is de beoordeling onder de BPR wel gestart, maar nog niet afgerond. Dat betekent dat ozon nu nog onder de Wgb valt (het overgangsrecht). Onder het overgangsrecht van de Wgb heeft *in situ* geproduceerde ozon een bijzondere status: de stof is uitgezonderd (zie Bijlage IX van de Regeling gewasbeschermingsmiddelen en biociden (RgB) van 31 augustus 2013) en die uitzondering luidt: Ozon, dat op de plaats van toepassing wordt opgewekt door middel van daartoe bestemde apparatuur, valt niet onder de werking van deze wet. Verdere toelichting rondom de regelgeving van luchtdesinfectie is toegelicht in het rapport van Huiberts et al., 2022.

De BPR beoordeling gebeurt in 2 fasen: eerst de fase waarin de werkzame stof (hier: de stof ozon) beoordeeld wordt. Het beoordelingsrapport wordt opgesteld door een lidstaat en krijgt daarna een peer-review in het Biocidal Products Committee (BPC) onder leiding van ECHA. Op basis van die beoordeling kan de stof in de EU goed- of afgekeurd worden. Na goedkeuring van de stof volgt de tweede fase: de toelating in de lidstaten van elk individuele biocide dat gebaseerd is op de stof. In NL beoordeelt het Ctgb dat. Bij individuele biociden moet je denken aan bijvoorbeeld de ozon die geproduceerd wordt met apparaat x van de firma y.

Pas als de tweede fase doorlopen is, is het proces van het onder de BPR brengen van ozon afgerond, waarmee tevens de uitzondering in de RgB vervalt. Dat is in principe maximaal 3 jaar na goedkeuring van de werkzame stof voor de relevante toepassing.

### Fase 1. Centrale beoordeling van ozon als werkzame stof

Ozon wordt op stofniveau op dit moment beoordeeld op EU niveau op werkzaamheid en veiligheid. Zowel door Duitsland als Nederland is gewerkt aan een beoordelingsrapport voor ozon (Competent Authority Report; CAR). De Duitse CAR is definitief (ECHA, 2021a), eind september 2022 is de Nederlandse CAR ook door ECHA vastgesteld. De documenten samen moeten nu gaan resulteren in een besluit over goed- of afkeuring van ozon als werkzame stof voor biocide toepassing. Het eindbesluit hiervan wordt niet voor midden 2023 verwacht.

## Fase 2. De beoordeling van een biocide met ozon

De beoordeling van de stof gebeurt aan de hand van één of enkele representatieve toepassingen van die stof. In de beoordeling van de individuele biociden met ozon wordt elke toepassing beoordeeld. Daarbij moet het individuele product werkzaam en veilig bevonden worden om een NL toelating van die biocide te kunnen krijgen. De beoordeling daarvan kost tijd. Zodoende is nu de verwachting dat over circa 5 jaar, biociden op basis van ozon die nu op de markt zijn, zullen moeten voldoen aan de BPR.

In de huidige beoordelingen door Duitsland en Nederland (de eerste fase) wordt de toepassing van ozon in luchtreinigers niet meegenomen. Dat gebeurt dus pas in fase twee (mits het inderdaad gaat om een biocide toepassing).

Bij de toelating van biociden geldt dat deze producten niet op de markt gebracht mogen worden voor gebruik door particulieren indien die producten voldoen aan één van de criteria zoals genoemd in artikel 19.4 van de BPR<sup>3</sup>. Die criteria zijn gebaseerd op de classificatie van dat product.

Recent is in de EU afgesproken dat die beperking van niet op de markt brengen voor gebruik door particulieren ook van toepassing is voor *in situ* gegenereerde producten (CA-June22-Doc. 4.7: Relation between Article 19(4) of the BPR and *in situ* biocidal products<sup>4</sup>). *In situ* gegenereerde biociden worden niet op de markt gebracht, omdat ze ter plekke direct voor gebruik worden gegenereerd. De Europese afspraak van CA-June22-Doc.4.7 zorgt er nu voor dat de bescherming van particulieren die artikel 19.4 biedt ook geldt voor *in situ* gegenereerde biociden, zoals ozon. De wetgever bevestigt hiermee dat het niet wenselijk is dat particulieren worden blootgesteld aan ozon dat gebruikt wordt als biocide.

Voor ozon is nog geen geharmoniseerde classificatie. Er ligt wel een CLH (Harmonised Classification and Labelling) dossier ter beoordeling bij ECHA (zie paragraaf 'gezondheids-effecten van ozon'). Uitgaande van de voorgestelde classificatie voldoet een product met 100% ozon aan de criteria van 19(4) gezien de classificatie met Acute Tox. 1; H330 (dodelijk bij inademing), STOT SE1; H370 (nervous system; veroorzaakt schade aan het zenuwstelsel bij eenmalige blootstelling) en, STOT RE1; H372 (cardiovascular, nervous, respiratory system; veroorzaakt schade aan organen bij langdurige of herhaalde blootstelling). Of classificatie van een product daadwerkelijk nodig is hangt echter af van de concentratie ozon in het product.

Vanaf het moment dat luchtreinigers waarbij ozon vrij komt als biocide stof moeten voldoen aan de BPR (over ca. 5 jaar), en voldoen aan één of meerdere criteria zoals genoemd in artikel 19.4 van de BPR, mogen deze luchtreinigers (uitgaande van 100% ozon) niet meer gebruikt worden op plaatsen waar particulieren en het algemene publiek in aanraking kan komen met die ozon. Ook het gebruik van dergelijke luchtreinigers op die plaatsen is dan niet meer toegestaan.

---

<sup>3</sup> - Voldoet aan de criteria van Verordening (EG) nr. 1272/2008 voor indeling als: acute orale toxiciteit, categorie 1, 2 of 3; acute dermale toxiciteit, categorie 1, 2 of 3; acute toxiciteit bij inademing (gassen en stofdeeltjes/nevel), categorie 1, 2 of 3; acute toxiciteit bij inademing (dampen), categorie 1 of 2; toxiciteit voor specifieke doelorganen bij eenmalige of herhaalde blootstelling, categorie 1; kankerverwekkend, categorie 1A of 1B; mutageen, categorie 1A of 1B, of voor de voortplanting giftig, categorie 1A of 1B;

- Bestaat uit een stof of deze bevat of genereert die voldoet aan de criteria om overeenkomstig Bijlage XIII bij Verordening (EG) nr. 1907/2006 als PBT of vPvB te worden aangemerkt;

- Hormoonontregelende eigenschappen bezit; of

- Ontwikkelingsneurotoxische of -immunotoxische gevolgen heeft

<sup>4</sup> <https://circabc.europa.eu/ui/group/e947a950-8032-4df9-a3f0-f61eefd3d81b/library/6f2627b4-98d2-4998-aa67-6799d5915771/details>

Zodra officieel duidelijk is dat ozon eigenschappen heeft die blootstelling van het algemene publiek ongewenst maakt ontstaat de situatie dat vanuit de BPR de blootstelling van het algemene publiek aan ozon voorkomen moet worden, maar tegelijkertijd bestaat dan nog de uitzondering in de Wgb dat ozon nog vrij door iedereen gebruikt mag worden. Het is aan de ministeries van I&W en LNV als verantwoordelijke voor de Nederlandse wetgeving voor gewasbeschermingsmiddelen en biociden om te overwegen om de wetgeving op dit punt aan te passen.

### **Gezondheidseffecten van ozon**

Er is veel literatuur beschikbaar over met name de acute effecten van blootstelling aan ozon. Het is de afgelopen jaren onder andere uitgebreid beschreven door de WHO (World Health Organization, 2021), maar ook in bijvoorbeeld het Duitse CAR (ECHA, 2021a). Een uitgebreid overzicht van de gezondheidseffecten van ozon is te vinden in Bijlage 1. Uit humane studies blijkt dat effecten na kortdurende blootstelling aan ozon vooral te vinden zijn in de luchtwegen als gevolg van luchtwegirritatie (epitheelbeschadiging, ontsteking) en op het cardiovasculaire systeem (verlaging van de hartslag). Mensen met bestaande luchtwegklachten zoals chronische bronchitis, astma of emfyseem hebben grotere risico's op ozon-gerelateerde gezondheidseffecten. Dit is te verklaren door verschillen in de hoeveelheid geabsorbeerde ozon als gevolg van onder andere een hogere ademfrequentie.

Voor effecten als gevolg van langdurige blootstelling is minder bewijs en deze zijn vooral gebaseerd op associaties gevonden in epidemiologische studies. Uit deze studies komen respiratoire mortaliteit (sterfte als gevolg van luchtwegaandoeningen zoals COPD, longontsteking, astma en griep)<sup>5</sup>, ontstaan van astma bij kinderen en toename in respiratoire effecten bij astmapatiënten naar voren (Nuvolone et al., 2018). Hoewel bij muizen in studies met verschillende blootstellingsduren en protocollen longtumoren werden gevonden, komen uit humane epidemiologische studies geen of onvoldoende associaties naar voren tussen chronische blootstelling aan ozon en een verhoogd risico op longkanker (ECHA, 2021a). De epidemiologische studies laten wel een duidelijker verband zien tussen blootstelling aan ozon en mutagene effecten.

Uit proefdierstudies blijken verschillende effecten na herhaalde blootstelling, zoals hartritme stoornissen en verlaagde hartslag, en veranderingen met aanzienlijke orgaanschade in verschillende hersengebieden die waarschijnlijk verband houden met de geobserveerde gedragsveranderingen zoals verminderde motorische activiteit. Voor ozon is nog geen geharmoniseerde classificatie. Er ligt wel een CLH dossier ter beoordeling bij ECHA (ECHA, 2021b) met een voorstel van Duitsland voor geharmoniseerde classificatie van ozon als: Ox. Gas 1; H270 (kan brand veroorzaken of bevorderen; oxiderend), Acute Tox. 1; H330 (dodelijk bij inademing), Muta. 2; H341 (verdacht van het veroorzaken van genetische schade), Carc. 2; H351 (verdacht van het veroorzaken van kanker), STOT SE1; H370 (nervous system; veroorzaakt schade aan het zenuwstelsel bij eenmalige blootstelling), STOT SE3; H335 (kan irritatie van de luchtwegen veroorzaken), STOT RE1; H372 (cardiovascular, nervous, respiratory system; veroorzaakt schade aan organen bij langdurige of herhaalde blootstelling), Aquatic Acute 1; H400 (M-factor =100; zeer giftig voor in het water levende organismen) en Aquatic Chronic 1; H410 (M-factor=1; zeer giftig voor in het water levende organismen, met langdurige gevolgen). Dit voorstel is gebaseerd op gegevens in het CAR, waarin ten aanzien van mutageniteit en carcinogeniteit geconcludeerd is dat ozon een genotoxisch carcinogeen is. Het voorstel voor classificatie

---

<sup>5</sup> Volgens de International Classification of Diseases and Related Health Problems (ICD-10 classificatie) (<https://class.whofig.nl/browser.aspx?scheme=ICD10-nl.cla>). Volgens deze classificatie wordt onder respiratoire mortaliteit verstaan dat de primaire doodsoorzaak een aandoening aan de luchtwegen, zoals zoals COPD, longontsteking, astma of griep, is. Overlijden als gevolg van kanker (primaire doodsoorzaak) valt hier niet onder.



voor carcinogeniteit is uitsluitend gebaseerd op resultaten in dierstudies, gezien de onvoldoende aanwijzingen uit epidemiologische studies (ECHA, 2021a/b). Naar verwachting komt het Comité risicobeoordeling (RAC) van ECHA voorjaar 2023 met een opinie over dit voorstel.

### **Gezondheidskundige grenswaarden**

Voor een gezondheidskundige grenswaarde worden in de wetenschappelijke literatuur, rapporten en wet- en regelgevingen verschillende soorten waarden gebruikt.<sup>6</sup> Voor lucht bestaat er bijvoorbeeld een (wettelijke) grenswaarde of (wettelijke) richtwaarde.<sup>7</sup> Een richtwaarde is een waarde die de overheid moet proberen te realiseren.

Hieronder worden voor ozon de normen of gezondheidskundige grenswaarden voor werknemers<sup>8</sup> en de algemene populatie<sup>9</sup> beschreven waarbij de afleiding van de waarde kort wordt toegelicht. Een overzicht wordt gegeven in Tabel 1.

#### Waarden voor werknemers

##### *Nederlandse wettelijke grenswaarde*

In Nederland is de wettelijke grenswaarde voor werknemers voor ozon 0,12 mg/m<sup>3</sup> (120 µg/m<sup>3</sup>; 60 ppb; TGG – 1 uur (tijdgewogen gemiddelde voor een periode van 1 uur))<sup>10</sup> (SER, 1994). Dit is gebaseerd op het rapport van de Gezondheidsraad (Gezondheidsraad, 1992) die deze waarde indertijd baseerde op acute effecten in de longen in een aantal humane studies waaruit werd geconcludeerd dat de meest prominente niet-nadelige effect-concentratie van ozon bij de mens bij 120-240 µg/m<sup>3</sup> (60-120 ppb) gedurende een aantal uur blootstelling ligt (Gezondheidsraad, 1992).

##### *“Reference value” uit biociden CAR*

Het CAR (ECHA, 2021a) geeft als “reference value” voor werknemers voor een kortduurende blootstelling een NOAEC<sub>short-term</sub> van 120 µg/m<sup>3</sup> (60 ppb). Deze is gebaseerd op een humane studie met gezonde vrijwilligers (15 jonge mannen en 15 jonge vrouwen die 6,6 uur tijdens inspanning worden blootgesteld) (Adams, 2002; 2006). In de studie werden veranderingen in longfunctie gevonden. Er is een onzekerheidsfactor van 1 (humane studie en minimale effecten) toegepast.

##### *DNEL uit REACH Registratie Dossier*

In het REACH Registratie Dossier (ECHA, 2022) wordt door de registrant voor werknemers een DNEL (Derived No Effect Level) gegeven van 24 µg/m<sup>3</sup> (12 ppb) (long-term en

---

<sup>6</sup> <https://rvs.rivm.nl/onderwerpen/normen>

<sup>7</sup> <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/luchtkwaliteit/regelgeving/wet-milieubeheer/beoordelen/grenswaarden>

<sup>8</sup> Een norm afgeleid voor de werknemer wordt in Nederland een grenswaarde genoemd. Dit is een maximaal toegestane concentratie van een stof in de individuele ademhalingszone van een werknemer. De grenswaarde geldt voor een gedefinieerde referentieperiode (bijvoorbeeld het gemiddelde bij 1 uur blootstelling) en wordt vastgesteld door de minister of staatssecretaris van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. Bij waarden voor werknemers wordt over het algemeen uit gegaan van blootstelling gedurende de hele arbeidsperiode: 8 uur per dag, 5 dagen per week, 40 weken per jaar gedurende 40 jaar.

<sup>9</sup> Een norm voor de algemene populatie is in het algemeen lager dan die voor werknemers omdat de blootsteldingsduur per dag en de blootstellingsperiode verschillen: bij de algemene populatie wordt uit gegaan van een levenslange blootstelling van 70 jaar, 365 dagen per jaar, 24 uur per dag. Daarnaast bevat de beroepsbevolking geen kinderen, gepensioneerden en ernstig zieken, waardoor de gebruikte onzekerheidsfactoren (‘assessment factors’) voor gevoelige groepen bij het afleiden van grenswaarden voor de algemene populatie vaak groter zijn dan voor werknemers. Grenswaarden voor de algemene populatie en grenswaarden voor werknemers kunnen dan ook niet één op één met elkaar worden vergeleken.

<sup>10</sup> Voor het omrekenen van ozonconcentraties wordt uitgegaan van (bij 20° en 1013 hPa): 1 part per billion (ppb) = 1,9957 µg/m<sup>3</sup>.

voor lokale effecten)<sup>11</sup>. Deze DNEL is gebaseerd op een NOAEC (No Observed Adverse Effect Concentration) van 235 µg/m<sup>3</sup> (120 ppb) voor lokale effecten in een chronische inhalatie toxiciteitsstudie in ratten (Chang et al., 1995). In deze studie werden ratten gedurende 6 uur per dag, 5 dagen per week gedurende 20 maanden aan 0, 120, 500 of 1000 ppb ozon blootgesteld. Dieren blootgesteld aan 500 of 1000 ppb vertoonden een verdikking van interstitium en epitheel door metaplasie in de alveolaire kanalen. Bij 1000 ppb werden fibrotische reacties (interstitiële matrix en cellulair interstitium) waargenomen. Componenten van de interstitiële matrix (bijv. collageen, elastine, basaalmembraan) waren ook verhoogd. De auteurs concludeerden dat de toename van cellulair interstitium werd gemedieerd door het verhoogde volume van interstitiële fibroblasten. Bij 1000 ppb vertoonden de dieren ook ontstekingsreacties.

Er is een onzekerheidsfactor van 5 gebruikt voor intraspecies verschillen.<sup>12</sup> De keuze om de DNEL op basis van deze studie/NOAEC af te leiden en de DNEL waarde zelf is in het huidige advies niet verder beoordeeld.

### Waarden voor de algemene populatie

#### *Wet Milieubeheer*

In de Wet Milieubeheer (2010) staat: “voor ozon geldt de volgende richtwaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens, die met ingang van 1 januari 2010 voor zover mogelijk moet worden bereikt: 120 µg/m<sup>3</sup> als hoogste acht-uurgemiddelde concentratie van een dag, waarbij geldt dat deze gemiddeld over drie jaar op maximaal vijftwintig dagen per kalenderjaar mag worden overschreden.” En ook: “Voor ozon geldt de volgende richtwaarde voor de lange termijn voor de bescherming van de gezondheid van de mens: 120 µg/m<sup>3</sup> als hoogste acht-uurgemiddelde concentratie van een dag, gedurende een kalenderjaar.” Dit is gebaseerd op de EU-streefwaarde zoals vermeld in de Richtlijn (2008/50/EG) betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa.

#### *“Air Quality Guideline” WHO*

In de Air Quality Guideline van de WHO is voor ozon een waarde van 100 µg/m<sup>3</sup> (50 ppb) vastgelegd. Deze waarde geldt voor de algemene populatie, voor buitenlucht, en als ‘jaarlijkse op drie na hoogste dagelijkse maximale 8 uursconcentratie, gemiddeld over 3 jaar’ (World Health Organization, 2021). De waarde is gebaseerd op gevonden associaties van ozon met sterftecijfers voor alle oorzaken en ademhalingsstelsel in een systematische review (Huangfu & Atkinson, 2020 in World Health Organization, 2021).

#### *“National Ambient Air Quality Standard” (NAAQS), US EPA*

In de National Ambient Air Quality Standard (NAAQS) van de US EPA is voor ozon een waarde van 140 µg/m<sup>3</sup> (70 ppb) vastgelegd (US EPA, 2022b). Dit betreft een waarde voor ‘jaarlijkse op drie na hoogste dagelijkse maximale concentratie van 8 uur, gemiddeld over 3 jaar’. Deze waarde is in 2015 afgeleid op basis van longeffecten in de humane vrijwilligers studie van Schelegle et al. (Schelegle et al., 2009).

#### *“Residential Indoor Air Quality Guideline”, Health Canada*

In de “Residential Indoor Air Quality Guideline” in Canada is voor ozon een waarde van 40 µg/m<sup>3</sup> (20 ppb) vastgelegd (Health Canada, 2010). Dit is een waarde voor de

---

<sup>11</sup> Bedrijven moeten voor de stoffen die zij vervaardigen of importeren de gevaren en potentiële risico's beoordelen en een DNEL bepalen. De DNEL is een gezondheidskundige waarde die wordt bepaald aan de hand van reeds bekende informatie en eventuele aanvullende testen. De voorgeschreven testen zijn afhankelijk van de hoeveelheid die geregistreerd wordt (voor stoffen die geregistreerd worden voor minder dan 10 ton per jaar per registrant hoeft zelfs helemaal geen DNEL te worden afgeleid). Voor degene die de stof op de markt brengt dient de DNEL (zowel voor acute als voor herhaalde blootstelling) als referentiewaarde voor de afleiding van de risicobeheersmaatregelen. Voor meer informatie zie <https://echa.europa.eu/nl/regulations/reach/registration>.

<sup>12</sup> In het REACH registratie dossier (ECHA, 2022) wordt voor de DNEL<sub>werker</sub> de NOAEC van 235 µg/m<sup>3</sup> gebruikt en wordt een overall assessment factor (AF) van 5 beschreven. Dit zou moeten resulteren in een DNEL van 48 µg/m<sup>3</sup>, de waarde van 24 µg/m<sup>3</sup> in het registratie dossier lijkt dan ook foutief, of de AF klopt niet.

algemene populatie, voor binnenlucht en voor 8 uur per dag. Deze waarde is afgeleid op basis van de studie van Adams uit 2002 met humane gezonde vrijwilligers die gedurende 6,6 uur tijdens inspanning werden blootgesteld (Adams, 2002). In de studie werd de longfunctie en subjectieve ademhalings symptomen (uitgedrukt als pijn bij diepe inspiratie en totale symptomenscore) beoordeeld. Bij de laagst geteste concentratie ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (40 ppb)) werden geen significante verschillen gevonden in vergelijking met de controlegroep (NOAEC). Afname van de longfunctie en toename van ademhalings symptomen werden wel geobserveerd bij de hogere concentraties.

Voor het afleiden van een referentiewaarde voor langdurige blootstelling (8 uur per dag) voor de algemene populatie heeft Health Canada deze NOAEC van  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (40 ppb) gebruikt. Voor intraspecies verschillen werd een onzekerheidsfactor van 10 toegepast, wat resulteert in een referentiewaarde van  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (4 ppb). Uit onderzoek naar binnenhuisconcentraties van ozon in Canada (Toronto) blijkt de gemiddelde concentratie overdag echter rond  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (7 ppb) te liggen, met het 95ste percentiel rond  $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (22 ppb) (Liu et al., 1995). Health Canada adviseert daarom voor langdurige blootstelling (8 uur per dag) een maximale blootstellingslimiet voor binnenlucht van  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (20 ppb). Gezien de binnenhuisconcentraties van ozon is deze waarde realistischer haalbaar dan de berekende  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (4 ppb) op basis van de studie van Adams uit 2002, en ligt nog altijd ruim onder de NOAEC van  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (40 ppb) uit de studie.

#### *“Reference value” uit biociden CAR*

Het CAR (ECHA, 2021a) geeft als “reference value” voor “professionals, non-professionals and general public” een MEL (Minimal Effect Level) van 10% extra risico op mortaliteit bij  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (25 ppb) ozon. Voor de afleiding van een referentiewaarde voor langdurige blootstelling wordt in het CAR een MEL als uitgangspunt genomen (ECHA, 2021a), naar analogie met de DMEL (“Derived Minimal Effect Level”) onder REACH<sup>13</sup>. In het CAR wordt dit als volgt uitgelegd: “For ozone, there is no indication for the existence of NOAECs/NOAELs from the relevant epidemiological studies submitted for the critical effect. In addition, ozone was identified as a genotoxic carcinogen. In the absence of suitable information, the existence of a threshold for this effect cannot be assumed. As AEL [adverse effect level] values cannot be derived for suspected genotoxic carcinogens without established threshold, a minimal effect level (MEL) is proposed in analogy to the DMELs under REACH.”.

Voor het bepalen van de MEL is de humane epidemiologische studie van Jerret et al. (Jerrett et al., 2009) gebruikt, waaruit geconcludeerd kan worden dat er een duidelijk verband is tussen blootstelling aan ozon en overlijden door ademhalingsproblemen<sup>14</sup> waarbij het risico toeneemt bij een hogere ozonconcentratie. Het risico op overlijden door respiratoire mortaliteit neemt bij elke  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (10 ppb) extra blootstelling aan ozon toe met ongeveer 2,9% in een model met één vervuילende stof en 4% in een model met twee vervuילende stoffen. Wanneer een lineair model wordt toegepast komt ca. 10% extra risico op respiratoire mortaliteit overeen met  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (25 ppb) ozon. Na toepassen van een onzekerheidsfactor van 1 wordt in het CAR een referentiewaarde (MEL) voor langdurige blootstelling van  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (25 ppb) afgeleid voor zowel werknemers als de algemene populatie (ECHA, 2021a).

---

<sup>13</sup> Voor effecten zonder drempelwaarde (zoals mutagene en/of carcinogene stoffen zonder drempelwaarde) kan geen niveau zonder effect, en dus geen DNEL, worden vastgesteld. In sommige gevallen is een kwalitatieve of semi-kwantitatieve benadering van het risico mogelijk. De DMEL is een semi-kwantitatieve aanpak voor stoffen zonder drempelwaarde. Waar een DNEL een waarde uitdrukt van een ‘veilig’ niveau waarbij geen effecten verwacht worden, wordt voor stoffen zonder drempelwaarde aangenomen dat een no-effect-level niet vastgesteld kan worden. En DMEL drukt daarom een blootstellingsniveau uit wat overeenkomt met een laag, mogelijk theoretisch risico (ECHA 2009).

<sup>14</sup> Volgens de ICD-10 classificatie valt overlijden als gevolg van kanker (primaire doodsoorzaak) hier niet onder (zie voetnoot 5). Uit een eerdere studie met hetzelfde cohort als gebruikt in de studie van Jerret et al. (2009) werd geen associatie gevonden tussen blootstelling aan ozon en longkanker (Krewski et al. (2000) in Jerret et al. (2009)).

### Samenvattend

Gevonden gezondheidkundige grenswaarden voor ozon liggen in dezelfde orde van grootte, en verschillen ook niet veel of ze afgeleid zijn voor werknemers (24-120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) of voor de algemene populatie (40-140  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Uit onderzoek naar de gezondheidseffecten van ozon na kortdurende blootstelling komen vooral effecten op de luchtwegen en op het cardiovasculaire systeem naar voren. Uit epidemiologische studies komen respiratoire mortaliteit, ontstaan van astma bij kinderen en toename in respiratoire effecten bij astmapatiënten naar voren. Alle gezondheidkundige grenswaarden zijn ook afgeleid op basis van effecten op de luchtwegen.

Voor de risicobeoordeling van ozonemissie uit luchtreinigigers wordt gekozen voor de gezondheidkundige grenswaarde van 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  van Health Canada. Argumenten hiervoor zijn:

- de verwachte blootstelling sluit qua duur en frequentie redelijk tot goed aan bij de 8 uur per dag blootstelling van de waarde van Health Canada;
- de waarde is afgeleid op basis van humane (vrijwilligers)studies op voor de mens relevante effecten;
- er is gebruik gemaakt van een factor voor gevoelige groepen;
- deze factor is verkleind, omdat er rekening gehouden is met gevonden binnenhuisconcentraties, maar dan nog ligt de uiteindelijke waarde van 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  een factor 2 lager dan de NOAEC (80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Bovendien is deze NOAEC aan de conservatieve kant, want wanneer de beide Adams studies uit 2002 en 2006 gecombineerd worden, komt de NOAEC uit op 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- hoewel er geen gegevens zijn van binnenluchtconcentraties van ozon in Nederlandse huizen, wordt aan de hand van de studie van Nazaroff & Weschler aangenomen dat de situatie in Nederlandse huizen vergelijkbaar zal zijn (Nazaroff & Weschler, 2022).

In aanvulling hierop, de gekozen waarde (van Health Canada) neemt niet expliciet de verwachte genotoxische carcinogeniteit van ozon mee (zoals geconcludeerd in het CAR). Of ozon daadwerkelijk geclassificeerd gaat worden als carcinogeen is echter nog niet duidelijk. Verder betreft het gekozen uitgangspunt voor de MEL in het CAR (respiratoire mortaliteit) volgens de ICD definitie niet mortaliteit als gevolg van sterfte aan (long)kanker, en worden in epidemiologische studies voor kanker geen associaties gevonden met chronische ozonblootstelling (veelal door luchtvervuiling).

**Tabel 1.** Beschikbare gezondheidkundige grenswaarden voor blootstelling aan ozon.

Populatie	Soort waarde	Waarde		Kritisch eindpunt	Referentie
		ppb	µg/m <sup>3</sup>		
Werknemer (1 uur)	Grenswaarde (wettelijk, Nederland)	60	120	Acute longeffecten humane studies	(Gezondheidsraad, 1992)
Werknemer	"Reference value"/ NOAEC <sub>short-term</sub> (Biociden CAR)	60	120	Acute longeffecten humane studie (Adams, 2006)	(ECHA, 2021a)
Werknemer (8 uur)	DNEL (ECHA registratie-dossier)	12	24	Metaplasie in de alveolaire kanalen van chronisch inhalatoir blootgestelde ratten (Chang et al., 1995)	(ECHA, 2022)*
Algemene populatie ("hoogste acht-uurgemiddelde concentratie van een dag, waarbij geldt dat deze gemiddeld over drie jaar op maximaal vijftientwintig dagen per kalenderjaar mag worden overschreden")	Richtwaarde	60	120	Onbekend, waarde overgenomen uit Richtlijn (2008/50/EG) betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa	(Wet Milieubeheer, 2010)
Algemene populatie ('jaarlijkse op drie na hoogste dagelijkse maximale 8 uursconcentratie, gemiddeld over 3 jaar')	"Air Quality Guideline" WHO	50	100	Epidemiologische studies naar respiratoire mortaliteit	(World Health Organization, 2021)
Algemene populatie ('jaarlijkse op drie na hoogste dagelijkse maximale concentratie van 8 uur, gemiddeld over 3 jaar')	"National Ambient Air Quality Standard" (NAAQS, Verenigde Staten)	70	140	Longeffecten humane vrijwilligers studie (Schelegle et al., 2009)	(US EPA, 2022b)
Algemene populatie (dagelijkse maximale blootstelling in de binnenlucht gedurende 8 uur)	"Residential Indoor Air Quality Guideline (Canada)	20	40	Longfunctie en subjectieve ademhalings symptomen humane vrijwilligers studie (Adams, 2002)	(Health Canada, 2010)
Algemene populatie / werknemers (dagelijkse langdurige blootstelling)	"Reference value"/ MEL (Biociden CAR)	25	50	Epidemiologische studie naar respiratoire mortaliteit (Jerrett et al., 2009)	(ECHA, 2021a)

\*niet peer-reviewed

## **Blootstelling aan ozonconcentraties in lucht door gebruik van luchtreinigers**

Om te bepalen wat de emissie is van de op de markt aangeboden ozonluchtreinigers is een internetverkenning uitgevoerd om uit te zoeken welke luchtreinigers op basis van ozon op de markt zijn. Het is geen totaaloverzicht van alle mogelijke verkrijgbare producten, maar een quickscan. Bij de inventarisatie is gezocht met de term 'luchtreinigers ozon'. Claims zoals 'duurzaam', 'frisse lucht' en 'natuurlijk schoon' zijn niet gebruikt voor het marktonderzoek naar luchtreinigers, omdat er geen directe link is met desinfectie van de lucht. Op basis van de verkregen informatie over de typen producten, is tegelijkertijd ook informatie opgehaald over hoe het product gebruikt dient te worden.

Op basis van de beschikbare gegevens van de producten met betrekking tot de ozonemissie van (consumenten)luchtreinigers is de bijbehorende ozonconcentratie in een ruimte geschat.

### Resultaten quickscan luchtreinigers op basis van ozon

Uit het marktonderzoek komt naar voren dat er vele verschillende producten op de markt beschikbaar zijn die aangeven de lucht te reinigen (of desinfecteren) door ozon te verspreiden. De aanbieders gebruiken reinigen en desinfecteren door elkaar en verwarren de lezers door reinigen gelijk te stellen aan desinfecteren. Het verschil van toepassing reinigen of desinfecteren is voor de ozonemissie niet van belang. In deze beoordeling zijn alleen de producten met geclaimde toepassingen voor 'reinen' geïnccludeerd en zijn alleen producten die voor de Nederlandse markt aangeboden worden meegenomen. Bij de geselecteerde producten is gekeken naar informatie behorend bij het product zelf of algemene websites die het gebruik van ozonluchtreinigers beschrijven. Hieruit blijkt dat er ozonluchtreinigers verkrijgbaar zijn die ofwel in een woonruimte geplaatst kunnen worden, of specifiekere toepassingen hebben (zie Tabel 2). Naast alle vertrekken in woonhuizen worden er producten aanbevolen voor gebruik in auto's, specifiek voor (koel)kasten, specifiek voor de kattenbak, zogenaamde 'plug-and-play' ozongeneratoren (in de vorm van een blokunit met vaste stekker), specifiek voor schoenverfrissen, voor stoomapparaten en specifiek voor het reinigen van telefoons en afstandsbedieningen.

Uit de inventarisatie blijkt de informatie met betrekking tot gebruik zeer beperkt te zijn. Gebruiksaanwijzingen verschaffen mogelijk meer informatie, maar deze zijn meestal niet online beschikbaar. Enkele forum websites besteden aandacht aan de gezondheidsrisico's als gevolg van blootstelling aan ozon (Ventilatieland, 2022; Thyzo, 2022). Deze websites wijzen consumenten er op dat ozon giftig is. Dit in tegenstelling tot een deel van de aanbieders van producten. Zelden wordt aangegeven na hoeveel tijd de behandelde ruimte weer veilig betreden kan worden. Wel zijn veel ozonluchtreinigers voorzien van timers (standen) waardoor gebruikers de tijdsduur per ruimte mogelijk beter kunnen doseren. Of en hoe consumenten deze opties gebruiken valt niet te controleren.

Informatie die nodig is voor het schatten van luchtconcentraties in een behandelde ruimte, zoals de emissie van ozon, volume van de bedoelde ruimte en tijdsduur, is beknopt of helemaal niet beschikbaar. Een gedetailleerd overzicht per product ( $n=29$ ) wordt gegeven in Bijlage 2. Ter illustratie, Bijlage 2 laat zien dat voor autoprodukt P3 wordt geadverteerd geschikt te zijn voor de auto, het woonhuis, werkruimtes, schuren, badkamers, klaslokalen en andere openbare ruimten. De productomschrijving geeft aan dat het een draagbare ozongenerator is die lucht effectief zuivert in slechts 20 minuten. Of de 20 minuten geldt voor alle toepassingen of slechts voor één enkele valt niet op te maken uit de beschikbare informatie. Informatie over de productemissie (in mg ozon/uur) en maximale ruimteoppervlak (in  $m^2$ ) worden niet altijd opgegeven. Ook de volumes van de toepassingsruimten worden niet vermeld.

Tabel 2 geeft een overzicht van de beschikbare emissieranges (mg/uur) per productcategorie. Een aantal producten kan worden ingezet voor meerdere doelen, maar zijn voor het overzicht ingedeeld bij één categorie. Het aantal producten gescoord voor de categorie woonhuis is 9, maar dit aantal ligt eigenlijk veel hoger omdat onder de categorie woning meerdere subcategorieën vallen die apart genoemd zijn (zoals kattenbak en de plug-and-play producten).

**Tabel 2.** *Overzicht luchtreinigers per categorie en bijbehorend opgegeven emissie van ozon.*

Type bedoeld voor	Aantal producten	Emissie (mg ozon/uur)
Auto	9	<0,24* -32.000
(Koel)kast	2	20
Kattenbak	2	onbekend
Plug-and-play	3	100
Schoenverfrissen	1	onbekend
Stoomapparaat	1	onbekend
Telefoon	2	onbekend
Woning	9	50-2400

\* Deze waarde hoort bij een specifiek auto-toepassing met een ozonemissie <0,1 mg/m<sup>3</sup> waarbij is aangenomen dat het de emissie is per uur. Voor een auto met een standaardvolume van 2,4 m<sup>3</sup> levert dit <0,24 mg ozon/uur op.

De range van emissies over alle categorieën (exclusief auto) bedraagt 20 tot 2400 mg ozon/uur. Opvallend is het aantal producten bedoeld voor auto's. Uit Bijlage 2 is op te maken dat in de andere categorieën ook producten zitten die ook voor auto's worden aanbevolen. De gevonden emissierange van autoprodukten is <0,24 tot 32.000 mg ozon/uur.

#### Schatting luchtconcentratie ozon in verschillende ruimtes

In het hoofdstuk 'Gezondheidskundige grenswaarden' concluderen we dat de gezondheidskundige grenswaarde van 40 µg ozon/m<sup>3</sup> in binnenlucht voor consumenten bruikbaar is voor de blootstellingsscenario's die verwacht worden bij het gebruik van luchtreinigers op basis van ozon. Deze waarde is een externe blootstellingsmaat en geldt voor zowel kinderen als volwassenen. Voor de vergelijking met deze waarde is het nodig om een luchtconcentratie (ozon/m<sup>3</sup>) per scenario te geven, en geen blootstelling (in mg ozon/kg lichaamsgewicht per dag) te schatten. Hierbij worden verschillende ruimtes in een woning meegenomen. Gezien de beoogde toepassingsruimten en emissieranges van de verschillende producten (Tabel 2) zou dit resulteren in een groot aantal berekeningen. Om het overzichtelijk te houden is er voor gekozen ranges van luchtconcentraties ozon per productcategorie te bepalen door de berekening voor de laagste en de hoogste emissiewaarden uit te voeren.

Voor de verschillende ruimtes in een woning is gekozen voor wc, woonkamer en niet-specifieke kamers tijdens toepassing. De wc staat model voor zeer kleine ruimtes (met een laag volume). De wc is, net als de andere woonvertrekken, beschreven in te Biesebeek et al. (2014). De toepassingen in de (koel)kast wordt buiten beschouwing gelaten omdat dit een toepassing in een afgesloten ruimte is zonder aanwezigheid van de consument. De blootstelling aan ozon zal pas plaatsvinden na het openen van de (koel)kast. Deze blootstelling wordt afgedekt door de ozonberekeningen van de verschillende ruimtes in de woning.

#### *ConsExpo berekening en parameters*

Luchtconcentraties schatten is alleen mogelijk door gebruik te maken van aannames voor emissieduur, kamervolume waar het product wordt gebruikt, ventilatievoud, met aanvullende standaardwaarden voor blootstellingsparameters zoals vermeld in de General Fact

Sheet van ConsExpo (te Biesebeek, 2014) en het *inhalation–exposure to vapour–constant rate model* beschikbaar via ConsExpo Web (versie 1.1.0) (ConsExpo Web, 2022). Dit ConsExpo model beschrijft het vrijkomen van een stof met een constante snelheid over een bepaalde periode, maar houdt tegelijkertijd rekening met de ventilatievoud in een ruimte. ConsExpo Web berekent de gemiddelde concentraties die horen bij een constante emissie over een ingestelde tijdsduur.

Zoals opgemerkt in de inleiding wordt ozon sterk geabsorbeerd door allerlei oppervlakken, vooral door rubber, plastic en textiel; het gas heeft daardoor in een gesloten kamer een levensduur van slechts enkele tientallen minuten (Slooff et al., 1987). Met andere woorden, naast verwijdering van ozon door ventilatie vindt er ook verwijdering plaats door absorptie en reactie met contaminanten in de lucht. Om met deze belangrijke verwijderingsroutes rekening te houden in het ConsExpo model, wordt een extra factor toegepast op de ventilatievoud. Deze extra factor stellen we op basis van Slooff et al. op '3', gebaseerd op de geschatte halfwaardetijd van ozon in de binnenlucht van 20 minuten. In de beschrijvingen van de berekeningen hieronder wordt de input parameter "ventilatievoud en factor halfwaardetijd van ozon" genoemd (zie Tabel 3 en 4).

Het gebruik van deze extra factor voor de afname van ozon in de binnenruimte is een onzekere aanpassing. Hoewel de afname en absorptie enige onderbouwing kennen, speelt daarnaast het reactieve vermogen van ozon een rol. Echter, ozon kan ook gevormd worden onder bepaalde omstandigheden. Dit laat zich niet vertalen in een eenduidige schatting van de verwijdering van ozon. De berekeningen maken daarom alleen gebruik van ventilatie in de ruimte en de extra factor voor de halfwaardetijd van ozon.

Om niet alle scenario's voor 29 producten met een variatie aan ruimtes en diverse ventilatiewaarden inclusief vervaltijden/absorptie van ozon te hoeven berekenen, is ervoor gekozen om voor een beperkter aantal combinaties de luchtconcentratie te berekenen. Het gebruikte basisscenario staat hieronder beschreven. De scenario standaardwaarden (parameters), de aannames, de onderbouwing en de productspecifieke gebruiksinformatie staan beschreven in Tabel 3. De berekende ozonconcentraties per scenario zijn weergegeven in Tabel 4.

#### Basisscenario

Een consument gebruikt een luchtreiniger op basis van ozon. Tijdens gebruik produceert de reiniger de hoeveelheden ozon zoals beschreven in Tabel 2 (emissie in mg ozon/uur). Bijlage 2 laat zien dat de gebruiksduur van de reinigers varieert van enkele minuten (plug-and-play product P16) tot 180 minuten (autoprodukt P7), tot een constante werking (woningproduct P22). Het basisscenario neemt een gebruiksduur van 1 uur aan (ook al wordt op sommige producten iets anders vermeld).

Het basisscenario gaat uit van toepassing in kleine ruimtes (auto's en wc's) en grote ruimtes (woonkamers). Voor specifieke kattenbakproducten neemt het basisscenario een niet-specifieke kamer als gebruikruimte aan. De karakteristieken van de ruimtes (volume en ventilatievoud) zijn gebaseerd op de Airfresheners Fact Sheet (Meesters et al., 2021) en de General Fact Sheet (te Biesebeek et al., 2014).

In de berekening van de ozon concentraties wordt de ventilatievoud uit de General Fact Sheet gecorrigeerd met een factor 3 (ventilatievoud in een niet-specifieke kamer van 0,6 per uur wordt omgezet naar 1,8 per uur) vanwege de hierboven beschreven absorptie aan materialen en reactie van ozon met organische verbindingen in de lucht.

Naast de hierboven genoemde tijdsduur, kamervolume van de gebruikruimte en "ventilatievoud en factor halfwaardetijd van ozon" is er de totale hoeveelheid ozon die per tijdsduur wordt gegenereerd. Wanneer standaard van 1 uur emissie uit wordt gegaan, dan is de hoeveelheid (in mg) gelijk aan de emissie (mg/uur) maal 1 (uur).



Alle standaardwaarden staan per scenario beschreven in de ConsExpo Web resultaatrapporten (pdf's) (zie Bijlage 3 Tabel, 3.1).

**Tabel 3.** Standaardwaarden gebruikt voor de blootstellingsschatting, in ConsExpo Web – inhalation model Exposure to vapour – constant rate.

Parameter	Gekozen waarde	Herkomst keuze en uitleg	Effect op de ozonconcentratie
<i>Keuzes scenario</i>			
Consument	Aanwezig tijdens de toepassing	Niet alle productinformatie, verkrijgbaar via websites, informeert de consument of ze wel of niet aanwezig mogen zijn tijdens gebruik. Ook niet over het in acht nemen van wachttijden voor het betreden van de ruimte na toepassing. Daarom wordt er van uitgegaan dat de consument niet altijd handelt volgens de aanbevelingen en dus ook tijdens gebruik in dezelfde ruimte verblijft.	
Ruimte van toepassing	Auto, wc, woonkamer en niet-specifieke kamer	De productinformatiebladen adviseren toepassingen voor meerdere ruimten: kamers in woningen, caravans, bootcabines, auto's, etc. Voor de (hoofd)toepassing auto, wordt het volume van een auto gebruikt. Voor ander producten is zowel de grootste (woonkamer) als de kleinste ruimte (wc) gekozen. De keuze voor de ruimte voor gebruik van een kattenbakproduct is toegekend aan de niet-specifieke kamer omdat onprettige kattenbakgeuren in de woonkamer en slaapkamers over het algemeen worden vermeden.	
Emissie	Minimale en maximale emissie per productklasse	De emissieranges zijn respectievelijk gebaseerd (per productklasse) op het product met de laagste maximale of op het product met de hoogste maximale emissie. De emissies zijn afkomstig van de 'productinformatie bladen', maar zijn in die zin onzeker omdat geen informatie beschikbaar is over hoe deze emissies per product zijn vastgesteld.	
<i>Keuzes waardes voor parameters</i>			
Frequentie (Frequency)	1 per dag	Er wordt aangenomen dat de luchtreiniger 1 keer per dag gebruikt wordt.	
Blootstellingsduur (exposure duration)	60 min	Bijlage 2 laat zien dat de gebruiksduur van de reinigers varieert van enkele minuten (plug-and-play product P16) tot 180 minuten (autoprodukt P7), tot een constante werking (woningproduct P22). 60 minuten is een aanname. Voor een specifiek product kan de blootstellingsduur dus variëren van enkele minuten tot uren.	

Parameter	Gekozen waarde	Herkomst keuze en uitleg	Effect op de ozonconcentratie
Producthoeveelheid (product amount)	In g, zie Tabel 2	Een emissie van x mg/uur betekent dat er in 1 uur x mg ozon wordt geproduceerd. Indien de emissieduur 2 uur zou zijn, wordt er 2x mg ozon geproduceerd.	
Gewichtsfractie (Weight fraction substance)	1		
Volume ruimte (Room volume)	Auto 2,4 m <sup>3</sup> Wc 2,5 m <sup>3</sup> Woonkamer 58 m <sup>3</sup> Niet-specifieke kamer 20 m <sup>3</sup>	Het standaard volume van een auto is beschreven in de ConsExpo Air Fresheners Fact Sheet (Meesters et al., 2021) en die van de woonruimtes in de General Fact Sheet (te Biesebeek et al. 2014).	Hoe groter de ruimte waarin de luchtreiniger gebruikt wordt, hoe lager de luchtconcentratie aan ozon in de ruimte.
Ventilatievoud (Ventilation rate) en factor halfwaardetijd	1,8 per uur (laag) en 7,5 per uur (hoog)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- De minimale en maximale ventilatievoud beschreven in te Biesebeek et al. (2014) zijn respectievelijk 0,6 m<sup>3</sup> (laag) en 2,5 m<sup>3</sup> (hoog) per uur.</li> <li>- Ozon absorbeert aan materialen en reageert met organische verbindingen. Op basis van een halfwaardetijd van 20 minuten in de binnenlucht (Sloof et al., 1987) is gekozen voor een factor 3. Deze afname hangt per situatie af van beschikbare materialen waaraan ozon kan absorberen en of er veel of weinig organische verbindingen aanwezig zijn om mee te reageren. Aangezien deze factor per ruimte en situatie varieert is deze zeer onzeker. Omdat in ConsExpo Web alleen met ventilatievoud kan worden gerekend is de ventilatievoud van de ruimte vermenigvuldigd met een factor 3.</li> </ul>	<p>Hoe hoger de ventilatievoud, hoe lager de ozonconcentratie.</p> <p>Hoe meer absorberende oppervlakken en/of vervuiling aanwezig, hoe hoger de factor, en hoe lager de ozonconcentratie.</p>
Inhalatie per uur (Inhalation rate)	-	Niet nodig	
Gebruikstijd (Emission duration)	1 uur	De geraadpleegde websites adviseren soms gebruikstijden (emissietijden). De adviezen variëren van enkele minuten tot één of meerdere uren. Uit de beschikbare informatie wordt niet duidelijk of producten worden beperkt in maximale werkingsduur. Er zijn producten met een tijdsinstelling van bijvoorbeeld 3 uur of met een timer. Als standaard is gekozen voor een werkingsduur van 60 minuten (zie ook blootstellingsduur).	Bij een langere emissieduur, wordt de ozonconcentratie hoger.

Parameter	Gekozen waarde	Herkomst keuze en uitleg	Effect op de ozonconcentratie
Maximaal toegestane ruimteconcentratie (Limit concentration to saturated air concentration)	Niet aankruisen	Het kookpunt van ozon is $-111,35^{\circ}\text{C}$ ; ozon is een gas bij kamertemperatuur en heeft een dampdruk van $10^5\text{ Pa}$ (ECHA, 2021a). De dampspanning bepaalt of een stof bij een bepaalde concentratie en temperatuur vluchtig is of niet. Bij de temperaturen tijdens emissie is ozon vluchtig.	

**Tabel 4.** Ozonconcentratie per scenario gegeven als een gemiddelde over 60 minuten.

Categorie en ruimte	Gegeven emissie van het product (mg/uur)	Ventilatievoud (per uur) en factor voor halfwaardetijd ozon (per uur)	Gemiddelde ozonconcentratie over 60 min (mg/m <sup>3</sup> )*	
			Laag scenario**	Hoog scenario**
Auto	0,24	7,5 (2,5x3)	0,012	
	32.000	1,8 (0,6x3)		4000
Woning/wc	50	7,5 (2,5x3)	2,3	
	2400	1,8 (0,6x3)		290
Woning/woonkamer	50	7,5 (2,5x3)	0,1	
	2400	1,8 (0,6x3)		12
Plug-and-play/wc	100	7,5 (2,5x3)	4,6	
		1,8 (0,6x3)		12
Plug-and-play/woonkamer	100	7,5 (2,5x3)	0,2	
		1,8 (0,6x3)		0,51
Kattenbak/niet-specifieke kamer	100	7,5 (2,5x3)	0,58	
		1,8 (0,6x3)		1,5

\* Voor het omrekenen van mg/m<sup>3</sup> naar µg/m<sup>3</sup> vermenigvuldig met factor 1000

\*\* Laag scenario (lage emissie, hoog ventilatievoud) en hoog scenario (hoge emissie, laag ventilatievoud)

## Risicobeoordeling

In deze beoordeling wordt 40 µg ozon/m<sup>3</sup> (0,04 mg/m<sup>3</sup>; 20 ppb) gebruikt als gezondheidkundige grenswaarde, gelijk aan de door Health Canada afgeleide referentiewaarde voor binnenlucht (Health Canada, 2010).

Tijdens het gebruik van luchtreinigers kunnen ozonconcentraties worden bereikt in de range van 0,012 mg/m<sup>3</sup> (12 µg/m<sup>3</sup>) tot 4000 mg/m<sup>3</sup> (4.000.000 µg/m<sup>3</sup>) (zie Tabel 4). Alleen bij het gebruik van een luchtreiniger met een lage emissie in de auto wordt de gezondheidkundige grenswaarde niet overschreden (0,012 mg/m<sup>3</sup> gemiddeld over 60 minuten). Uitgaande van het hoge scenario wordt de waarde ruimschoots overschreden (4000 mg/m<sup>3</sup> gemiddeld over 60 min).

Bij het gebruik van een luchtreiniger in huis (zowel een grote aan een netsnoer als een 'plug-and-play'-apparaatje) zijn de berekende ozonconcentraties (ruim) hoger dan de gezondheidkundige grenswaarde van 40 µg/m<sup>3</sup> in zowel het lage als het hoge scenario. Wanneer de consument aanwezig is in de ruimte waar een luchtreiniger gebruikt wordt, is er in de meeste gevallen dus een risico en is er een kans op het krijgen van luchtwegklachten.

In ConsExpo Web (ConsExpo Web, 2022) is het mogelijk om (met behulp van een gevoeligheidsanalyse mogelijkheid) bij ieder scenario uit te rekenen wat de emissie van een product in 60 minuten maximaal zou mogen zijn om te voldoen aan de gezondheidkundige grenswaarde. Als voorbeeld wordt de emissie van een luchtreiniger voor een kattenbak gebruikt in een niet-gespecificeerde kamer met ventilatievoud en halfwaardetijd van ozon factor 1,8. Na 60 minuten bereikt de gemiddelde luchtconcentratie ozon de maximale toegestane gezondheidkundige grenswaarde van 40 µg/m<sup>3</sup> als de emissie van het apparaat gelijk is aan 2,68 mg ozon/uur (zie 'n.s. kamer kattenbak emissie 2,68 mg per uur hoog scenario' Bijlage 3 Tabel 3.1). Wanneer een consument twee keer zo lang in de ruimte zou blijven terwijl het apparaat met een emissie van 2,68 mg/uur ozon blijft produceren (produceert 5,36 mg ozon in 2 uur), zal de gemiddelde concentratie na 120 minuten met 54 µg/m<sup>3</sup> hoger liggen dan 40 µg/m<sup>3</sup> en daarmee de consument blootstellen

aan mogelijk schadelijke ozonconcentraties (zie '*n.s. kamer kattenbak emissie 5,36 mg per twee uur hoog scenario*' Bijlage 3 Tabel 3.1). Om bij een verblijf van 120 minuten onder de gezondheidkundige grenswaarde te blijven moet de emissie lager zijn dan 1,97 mg ozon/uur (zie '*n.s. kamer kattenbak emissie 3,94 mg per twee uur hoog scenario*' Bijlage 3 Tabel 3.1).

Wanneer in het slechtste geval wordt aangenomen dat ozon niet geabsorbeerd wordt en/of niet reageert met organische verbindingen zal de gemiddelde ozonconcentratie na 1 uur naast de emissie alleen door de ventilatievoud (conservatief minimaal 0,6 per uur) worden beïnvloed. Bij dit laatste scenario mag de ozonemissie van het product onder deze omstandigheden niet groter zijn dan 1,92 mg/uur (zie '*n.s. kamer kattenbak emissie 1,92 mg per uur max scenario*' Bijlage 3).

Vanwege de vele variabelen is een algemene 'veilige' productiecapaciteit of emissiewaarde niet af te leiden. De uiteindelijke luchtconcentratie van ozon hangt immers sterk af van verschillende factoren zoals grootte van de toepassingsruimte, de ozon-emissie van het product, ventilatie in de ruimte, etc. Bovenstaande uitwerking geeft slechts een indicatie van een scenario specifieke emissiewaarde die niet leidt tot overschrijding. Wanneer hetzelfde product zou worden geplaatst in een kleinere ruimte (met een kamervolume <20 m<sup>3</sup>), dan zou wel een overschrijding gevonden worden.

## Discussie

Uit de berekeningen in deze beoordeling blijkt dat alleen bij gebruik van luchtreinigers in auto's met een lage emissie de gehanteerde gezondheidkundige grenswaarde van 40 µg/m<sup>3</sup> (0,04 mg/m<sup>3</sup>; 20 ppb) niet overschreden wordt. Voor luchtreinigers in auto's met een hoge emissie en voor luchtreinigers in huis (ongeacht lage of hoge emissie) wordt deze gezondheidkundige grenswaarde wel (ruimschoots) overschreden. Bij het gebruik van ozon emitterende luchtreinigers in binnenruimtes kan het optreden van gezondheidsrisico's zoals irritatie van de luchtwegen dan ook niet worden uitgesloten.

## Risicobeoordeling

Voor het beoordelen of het gebruik van luchtreinigers met ozon veilig is, is naast een gezondheidkundige grenswaarde, ook het gebruik van het product van belang. Een producthandleiding kan immers wel vermelden dat de ruimte tijdens het gebruik (en eventueel gedurende een bepaalde periode erna) niet betreden mag worden, maar wordt dit ook nageleefd? Andere factoren zijn (zoals uit de berekeningen blijkt) de hoeveelheid ozon die geëmitteerd wordt, de grootte van de ruimte, hoe lang het product gebruikt wordt, de aanwezigheid van andere ozonbronnen (zie hieronder) en de (natuurlijke) ventilatie van de ruimte. Deze variabelen zorgen er ook voor dat er geen algemene 'veilige' emissiewaarde bepaald kan worden.

De US EPA beschrijft op hun website (US EPA, 2022a) onderzoeken waarbij verschillende luchtreinigers onder verschillende omstandigheden in kamers van een huis zijn gezet. Na metingen bleek dat de gezondheidkundige grenswaarden<sup>15</sup> (ruimschoots) overschreden worden en nadelige gezondheidseffecten niet uitgesloten kunnen worden. De resultaten uit een de studie van de US EPA uit 1995, waar op de website naar wordt gerefereerd, toonden aan dat sommige luchtreinigers, wanneer ze op een hoge stand draaien en de deuren dicht zijn, concentraties van 400-600 µg/m<sup>3</sup> (200-300 ppb) opleveren. Een krachtige luchtreiniger zorgde er zelfs voor dat wanneer binnendeuren geopend waren, ozonconcentraties van 240-400 µg/m<sup>3</sup> (120-200 ppb) in aangrenzende kamers bereikt

---

<sup>15</sup> De meest recente waarde in de National Ambient Air Quality Standard van de US EPA is 70 ppb (140 µg/m<sup>3</sup>; vastgesteld in 2015). Op de website 'Ozone Generators that are Sold as Air Cleaners' (US EPA, 2022a) wordt nog de oude waarde van 80 ppb (160 µg/m<sup>3</sup>) vermeld. Dit kan verwarring geven bij het lezen van (de conclusies van) de onderzoeken en de in deze beoordeling in Tabel 1 opgenomen waarde.

werden. De berekeningen in deze beoordeling liggen in lijn met de resultaten zoals beschreven door US EPA en deze bevestigen ook dat de concentratie in de ruimte van veel variabele factoren afhankelijk is.

#### Berekening luchtconcentraties ozon

In de huidige beoordeling zijn luchtconcentraties in verschillende ruimtes ten gevolge van ozonemissie door consumentenproducten geschat met behulp van het *inhalation–exposure to vapour–constant rate model* in ConsExpo Web, voor een tweetal scenario's (laag/hog). Afhankelijk van de aannames/keuzes van de blootstellingsparameters zal eenzelfde ozonemissie (mg/uur) leiden tot lagere of hogere ozonconcentraties in de ruimte:

- Hoe hoger de emissie (snelheid) van het apparaat, hoe hoger de luchtconcentratie ozon in de ruimte.
- Hoe kleiner de ruimte waarin de luchtreiniger gebruikt wordt, hoe hoger de luchtconcentratie ozon in de ruimte.
- Hoe langer de duur van de emissie van de luchtreiniger, hoe hoger de ozonconcentratie in de ruimte, omdat de emissie groter is dan de verwijdering door ventilatie, of absorptie en reactie van ozon met organische verbindingen. De onderzochte producten adviseren gebruikstijden van enkele minuten tot meerdere uren. Een uur lang verblijven in een klein kamer (2,5 m<sup>3</sup>) lijkt conservatief, maar dat geldt zeker niet voor een auto (2,4 m<sup>3</sup>) net als een verblijf van een uur in een grotere kamer.
- De ozonconcentratie wordt verlaagd door de (gewenste) radicaalreacties van ozon met vuil (o.a. deeltjes, stof en vluchtige organische verbindingen) en virussen. Door deze radicaalreacties wordt de ozonconcentratie meer verlaagd in een "vuile" kamer dan in een "schone" kamer. Omdat er vooraf niet bekend is met welk type vuil ozon reageert, is er ook onzekerheid over de hoeveelheid ozon die er netto overblijft na afloop van de reacties. De grootte van en spreiding in deze factor is daarom moeilijk in te schatten; daarbij zal de invloed van afname door reactie steeds kleiner worden omdat er minder "vuil" aanwezig is om mee te reageren.
- Hoe meer ventilatie (ventilatievoud; ranges 0,6-2,5 per uur), hoe lager de ozonconcentratie in de ruimte.
- De aangenomen halfwaardetijd van ozon in een ruimte zorgt voor een lagere ozonconcentratie dan wanneer deze niet meegenomen zou worden in de berekening. Dit is verwerkt door de ventilatievoud aan te passen met een factor die de halfwaardetijd van ozon in de lucht beschrijft. Hoe hoger deze factor, hoe groter de verwijdering van ozon en dus hoe lager de ozonconcentratie.

Er moet opgemerkt worden dat de ozonconcentraties (Tabel 4) zijn berekend op basis van de emissie uit de luchtreinigers. Er is geen rekening gehouden met andere ozonbronnen in de ruimte (zie discussie alinea 'andere bronnen').

De concentraties zoals berekend in de verschillende scenario's overschatten naar alle waarschijnlijkheid de werkelijke concentratie, maar de mate van overschatting is onbekend. De berekende overschrijdingen van de gezondheidskundige grenswaarde zijn fors: in de auto tot een factor 100.000, in het huis met factor 2,5-7250 op basis van de 60 minuten resultaten. Zo fors zal de overschatting van de blootstellingschatting niet zijn, dus gezondheidsrisico's zijn zeker niet ondenkbaar, ook als in werkelijkheid de concentraties lager zouden zijn dan berekend.

#### Waarschuwingen op labels en naleving

Voor slechts enkele van de gevonden producten worden gebruikers gewaarschuwd om niet aanwezig te zijn tijdens de toepassing van het product, en/of wordt aangegeven om een tijd te wachten met het betreden van de behandelde ruimte. Dit betreft vooral de producten die een meer professioneel karakter hebben (grotere ruimten zoals werkplaatsen en/of emissies van 5 g/uur of meer). Andere producten zoals de plug-and-play producten hebben veel lagere emissies en maken gebruik van programma's die werken op

tijd (60-180 minuten). Desalniettemin laat de risicoschatting zien dat deze producten gezondheidsrisico's kunnen opleveren.

Producten kunnen alleen veilig gebruikt worden als gebruiksinstructies (voorzover aanwezig) helder zijn en goed worden nageleefd. Wanneer lidstaten een stofevaluatie onder REACH uitvoeren of als rapporteur een CAR van een stof opstellen (biocidenkader), is dat dan ook het uitgangspunt. In de praktijk kan men echter van consumenten niet verwachten dat ze de gebruiksinstructies (altijd) goed naleven. Gebruiksinstructies zijn derhalve onvoldoende om te fungeren als maatregel om de risico's te beperken. In deze beoordeling is er daarom vanuit gegaan dat de consument aanwezig is tijdens toepassing van de luchtreiniger.

#### Effectiviteit versus gezondheidsschade

De California Air Resources Board (CARB) (California Air Resources Board, 2022) en US EPA (US EPA, 2022a) bespreken de werking van luchtreinigers die ozon uitstoten. CARB raadt aan om deze ozonluchtreinigers niet te gebruiken, behalve voor goedgekeurde industriële doeleinden waar schadelijke blootstelling aan ozon kan worden voorkomen. De US EPA beschrijft dat bij gebruik in concentraties die de volksgezondheidsnormen niet overschrijden, ozon in de binnenlucht feitelijk niet effectief is tegen virussen, bacteriën, schimmels of andere biologische verontreinigende stoffen. Het RIVM heeft recent een literatuurstudie uitgevoerd naar de meerwaarde van het gebruik van mobiele luchtreinigers in het verminderen van de transmissie van SARS-CoV-2 (Vermeulen & Bartels, 2022). Vermeulen en Bartels hebben in de wetenschappelijke literatuur geen bewijs gevonden dat mobiele luchtreinigers in publieke ruimtes (scholen, winkels) infectieziektes kunnen voorkomen. Luchtreinigers kunnen ventilatie niet vervangen. Vermeulen en Bartels hebben overigens niet het type luchtreinigers meegenomen waar het in het huidige advies over gaat, vanwege onvoldoende informatie over dit type luchtreinigers in de literatuur. Vooralsnog is geen onderbouwing beschikbaar dat ozonreinigers infectieziektes kunnen voorkomen.

Producten met een emissie die luchtconcentraties genereren die (flink) boven de gezondheidskundige grenswaarde uitkomen kunnen wel effectief zijn, maar vormen ernstige gezondheidsrisico's. CARB raadt het gebruik van ozonluchtreinigers ten zeerste af in ruimten die worden gebruikt door mensen of dieren. TNO stelt zelfs de voorwaarde om deze technologie alleen toe te passen als er geen personen of dieren aanwezig zijn in de ruimte (TNO, 2022).

#### Andere bronnen

Naast de bedoelde ozonemissies uit de luchtreinigers zijn er andere bronnen die kunnen leiden tot ozonconcentraties binnenshuis. Kopieermachines en laserprinters produceren als bijproduct ozon. In het Verenigd Koninkrijk zijn daarom richtlijnen en risicobeoordelingen voor de emissie van ozon uit kopieermachines en laserprinters opgesteld (Health and Safety Executive, 2022).

Zhang en Jenkins (Zhang & Jenkins, 2017) beschrijven de ozon-emissie en -blootstelling voor verschillende consumentenproducten en huishoudelijke apparaten. De ozonuitstoot varieerde van 1,6 mg ozon/uur voor een luchtreiniger in een koelkast tot 15,4 mg ozon/uur voor een groente- en fruitwasmachine. Het gebruik van sommige producten draagt naar schatting tot 87% bij aan de totale dagelijkse blootstelling aan ozon.

De Vermeulen & Bartels (2022) studie meldt dat ionisatoren, elektrostatische filters en plasmaluchtreinigers chemische bijproducten kunnen genereren. Hierbij valt te denken aan ozon, NO<sub>x</sub>, en formaldehyde. Vermeulen & Bartels baseren zich op meerdere studies, waaronder de eerder genoemde TNO studie (Berry et al., 2022; de Meer et al., 2010; TNO, 2022; Siegel, 2016).

Nederland heeft regelmatig te maken met smog waardoor ozonconcentraties de Europese Unie (EU)-richtwaarde van 0,12 mg/m<sup>3</sup> overschrijden (Compendium voor de



Leefomgeving, 2022). De EU heeft deze richtwaarde en langetermijndoelstelling vastgesteld om de blootstelling van de bevolking aan hoge ozonconcentraties te verminderen. Publicaties tonen aan dat deze ozonbron, naast andere bronnen, via natuurlijk ventilatie leidt tot verhoging van ozonconcentraties in klaslokalen (Gold et al., 1996; Salonen et al., 2018).

De hoogte van ozonconcentraties binnenshuis zal in de praktijk variëren, afhankelijk van welke bronnen aanwezig zijn en van de buitenluchtconcentratie.

De bijdrage aan de totale ozonconcentratie vanuit andere bronnen zou resulteren in een eerder bereiken van de gezondheidkundige grenswaarde.

In de in deze beoordeling gebruikte gezondheidkundige grenswaarde van Health Canada (Health Canada, 2010) is rekening gehouden met reeds aanwezige achtergrondconcentraties van ozon in huizen in Toronto. In Nederland wordt het binnenmilieu niet gemonitord en er is in Nederland minder nationale regelgeving vergeleken met Frankrijk, België en Duitsland om de kwaliteit van het binnenmilieu te verbeteren (Mathijssen et al., 2016). Nazaroff & Weschler geven een overzicht van zo'n 2000 metingen in binnenmilieu (woningen, scholen en kantoren in Azië, Europa en Noord-Amerika) waarbij de mediaan van alle studies samen  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (6 ppb) is voor woningen (Nazaroff & Weschler, 2022). Deze waarde ligt dicht bij de binnenluchtwaarde die Health Canada gebruikt voor het afleiden van de referentiewaarde en wordt dan ook representatief geacht voor de binnenluchtsituatie in Nederland.

## Conclusie

Het antwoord op de vraag "Wat is het gezondheidsrisico van luchtreinigers op basis van ozon?" is aan de hand van vier deelvragen beschreven.

1. *Wat zijn de gezondheidseffecten van ozon en wat is de gezondheidkundige grenswaarde voor de algemene populatie bij inhalatoire blootstelling?*

Gezondheidseffecten na kortdurende blootstelling aan ozon zijn vooral te vinden in de luchtwegen als gevolg van irritatie als ook op het cardiovasculaire systeem, zoals een verlaagde hartslag. Effecten als gevolg van langdurige blootstelling zijn respiratoire mortaliteit (sterfte als gevolg van luchtwegaandoeningen), het ontstaan van astma bij kinderen en toename in respiratoire effecten bij astmapatiënten. Hoewel uit humane epidemiologische studies carcinogeniteit van ozon niet duidelijk naar voren komt, ligt er een CLH dossier ter beoordeling bij ECHA om ozon op basis van resultaten in dierstudies als genotoxisch carcinogeen te classificeren.

Voor verschillende situaties en populaties (buiten-/binnenlucht, werkers/algemene populatie) zijn verschillende waarden voor ozon afgeleid. In deze beoordeling wordt  $40 \mu\text{g ozon}/\text{m}^3$  ( $0,04 \text{ mg}/\text{m}^3$ ; 20 ppb) voor langdurige blootstelling (8 uur per dag) gebruikt als gezondheidkundige grenswaarde, zoals afgeleid door Health Canada voor de algemene populatie voor binnenlucht. De waarde is gebaseerd op resultaten van een humane vrijwilligersstudie met als kritisch eindpunt longfunctie en subjectieve ademhalings symptomen en is het meest representatief voor de verwachte blootstelling bij het gebruik van ozon emitterende luchtreinigers binnenshuis.

2. *Wat is de status van ozon als biocide? Is ozon onder de BPR beoordeeld op effectiviteit en veiligheid? Vallen de beoordeelde luchtreinigers onder de reikwijdte van de BPR?*

a. *Wat is de status van ozon als biocide?*

Op dit moment is er voor *in situ* gegenereerde ozon dat gebruikt wordt als biocide in Nederland geen toelating vereist en is er dus ook geen toelatingsbeoordeling van.

- b. *Is ozon onder de BPR beoordeeld op effectiviteit en veiligheid?*  
Ozon als werkzame stof wordt momenteel op EU niveau beoordeeld op werkzaamheid en veiligheid. De beoordeling van alle individuele biocide toepassingen met ozon zal pas plaatsvinden in de komende jaren, nadat fase 1 (de beoordeling van de werkzame stof) is afgerond en er toelatingsaanvragen worden ingediend.
- c. *Vallen de beoordeelde luchtreinigers onder de reikwijdte van de BPR?*  
Alleen als de intentie van de luchtreinigers is om te desinfecteren, valt ozon geproduceerd door luchtreinigers onder de Biocidenverordening (BPR). Het apparaat zelf is enkel een instrument om ozon te genereren en wordt niet beoordeeld door het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb) op de functionaliteit of veiligheid.<sup>16</sup>
3. *Wat is de emissie van de op de markt aangeboden luchtreinigers op basis van ozon? Breng dit via een internet verkenning in kaart. Wat is de blootstelling aan ozon voor zowel kinderen als volwassenen bij het plaatsen van een luchtreiniger op basis van ozon in het huis? Breng dit in kaart voor verschillende ruimtes in de woning: (bij)keuken, woonkamer en slaapkamer. Deze ozonreinigers worden ook aangeboden voor gebruik in de auto. Kan voor deze toepassing een schatting worden gemaakt van de blootstelling?*

Het marktonderzoek via internet laat zien dat er verschillende type producten te koop zijn bedoeld voor gebruik in auto's en voor gebruik binnenshuis. Volgens de productgegevens zoals die op internet te vinden zijn, hebben de producten bedoeld voor gebruik in auto's emissieranges van <0,24 tot 32.000 mg ozon/uur. De producten met woningtoepassing hebben emissieranges van 20 tot 2400 mg ozon/uur.

De in deze beoordeling gebruikte gezondheidskundige grenswaarde is 40 µg ozon/m<sup>3</sup>. Ozonconcentraties hoeven derhalve niet te worden omgerekend via correctie voor absorptie en lichaamsgewichten (kinderen en volwassenen), naar een interne blootstelling. Voor de vergelijking met de gezondheidskundige grenswaarde is het relevanter om een luchtconcentratie (mg ozon/m<sup>3</sup>) per scenario te geven dan een blootstelling te schatten in mg/kg lichaamsgewicht per dag.

Uit de berekeningen in deze beoordeling wordt geschat dat de producten bedoeld voor de auto na 60 minuten gemiddelde ozonconcentraties bereiken tussen 0,012 en 4000 mg/m<sup>3</sup>. De geschatte ozonconcentraties van de producten met woningtoepassing zijn na 60 minuten in woonkamer of wc gemiddeld 0,1 tot 290 mg/m<sup>3</sup>.

4. *Wat is de maximale emissie aan ozon in de hierboven beschreven scenario's, waarbij er geen gezondheidsrisico ontstaat.*

Er is voor luchtreinigers op basis van ozon geen generieke maximale veilige emissie vast te stellen. Uit de risicobeoordeling in deze beoordeling blijkt dat bij slechts één type luchtreiniger (auto) onder bepaalde omstandigheden (lage emissie) de gezondheidskundige grenswaarde niet overschreden wordt. Bij het gebruik van luchtreinigers in huis (ongeacht lage of hoge emissie) wordt bij alle berekende scenario's de gezondheidskundige grenswaarde (ruimschoots) overschreden. Indien er andere ozonbronnen in de gebruikruimte zijn, zal de waarde eerder worden overschreden. Bij het gebruik van ozon emitterende luchtreinigers kan het optreden van gezondheidsrisico's zoals irritatie van de luchtwegen dan ook niet worden uitgesloten.

---

<sup>16</sup> De BPR is een wetgeving die chemische stoffen betreft. Apparaten zoals luchtreinigers zullen nooit beoordeeld of toegelaten worden onder de BPR. De ozon die geproduceerd wordt door de apparaten valt echter wel onder de BPR. Om ervoor te zorgen dat voor handhaving en andere partijen duidelijk is welke ozon is toegelaten en welke niet, zal in de toekomst de toelating van de ozon geproduceerd door een apparaat gekoppeld worden aan dat specifieke apparaat.

De verschillende bij het marktonderzoek gevonden producten zijn niet bedoeld voor toepassing in één en dezelfde specifieke ruimte, maar voor toepassingsruimtes die variëren in oppervlaktes van <1 tot 100 m<sup>2</sup>. Ook verschilt de aangegeven gebruiksduur. Zelfs voor één specifiek product is het lastig om aan te geven wat de maximale veilige emissie is, er zijn te veel variabelen die de ozonconcentratie in de lucht bepalen bij het gebruik van een luchtreiniger op basis van ozon. Naast de ruimte (volume) en emissieduur is die concentratie afhankelijk van de ventilatie en de halfwaardetijd van ozon in de ruimte. Deze laatste betreft de absorptie van ozon aan materialen en het netto effect van de reactie van ozon met vuil en o.a. virussen. Deze onzekerheden in de verschillende aannames en de combinaties ervan maken het vaststellen van een generieke maximale veilige emissie niet mogelijk.

## Referenties

- Adams, W. C. (2002). Comparison of chamber and face-mask 6.6-hour exposures to ozone on pulmonary function and symptoms responses. *Inhal Toxicol*, 14(7), 745-764. <https://doi.org/10.1080/08958370290084610>
- Adams, W. C. (2006). Comparison of Chamber 6.6-h Exposures to 0.04–0.08 PPM Ozone via Square-wave and Triangular Profiles on Pulmonary Responses. *Inhalation Toxicology*, 18(2), 127-136. <https://doi.org/10.1080/08958370500306107>
- Alexis, N. E., Lay, J. C., Hazucha, M., Harris, B., Hernandez, M. L., Bromberg, P. A., Kehrl, H., Diaz-Sanchez, D., Kim, C., Devlin, R. B., & Peden, D. B. (2010). Low-level ozone exposure induces airways inflammation and modifies cell surface phenotypes in healthy humans. *Inhal Toxicol*, 22(7), 593-600. <https://doi.org/10.3109/08958371003596587>
- Atkinson, R. W., Analitis, A., Samoli, E., Fuller, G. W., Green, D. C., Mudway, I. S., Anderson, H. R., & Kelly, F. J. (2016). Short-term exposure to traffic-related air pollution and daily mortality in London, UK. *J Expo Sci Environ Epidemiol*, 26(2), 125-132. <https://doi.org/10.1038/jes.2015.65>
- Bassett, D. J., Bowen-Kelly, E., Brewster, E. L., Elbon, C. L., Reichenbaugh, S. S., Bunton, T., & Kerr, J. S. (1988). A reversible model of acute lung injury based on ozone exposure. *Lung*, 166(6), 355-369. <https://doi.org/10.1007/BF02714068>
- Bell, M. L., Zanobetti, A., & Dominici, F. (2014). Who is more affected by ozone pollution? A systematic review and meta-analysis. *Am J Epidemiol*, 180(1), 15-28. <https://doi.org/10.1093/aje/kwu115>
- Berry, G., Parsons, A., Morgan, M., Rickert, J., Cho, H., 2022. A review of methods to reduce the probability of the airborne spread of COVID-19 in ventilation systems and enclosed spaces. *Environ Res* 203, 111765
- Bhalla, D. K., & Gupta, S. K. (2000). Lung injury, inflammation, and inflammatory stimuli in rats exposed to ozone. *J Toxicol Environ Health A*, 59(4), 211-228. <https://doi.org/10.1080/009841000156899>
- Bijlage IX Rgb van 31 augustus 2013. Uitgezonderde biociden. <https://wetten.overheid.nl/BWBR0022545/2022-04-01#BijlageIX>.
- California Air Resources Board. (2022). *Hazardous Ozone-Generating Air Purifiers*. Retrieved 1 september from <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/air-cleaners-ozone-products/hazardous-ozone-generating-air-purifiers>
- Chang, L. Y., Stockstill, B. L., Menache, M. G., Mercer, R. R., & Crapo, J. D. (1995). Consequences of prolonged inhalation of ozone on F344/N rats: collaborative studies. Part VIII: Morphometric analysis of structural alterations in alveolar regions. *Res Rep Health Eff Inst*(65 Pt 8-9), 3-39; discussion 99-110. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7619333>
- Compendium voor de Leefomgeving. (2022). *Ozon in lucht en volksgezondheid, 1990-2021*. <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0238-ozonconcentraties-en-volksgezondheid>
- ConsExpo Web. (2022). *ConsExpo Web*. Versie 1.1.0. Retrieved 1 september from <https://www.consexpweb.nl/>
- de Meer, G., Duijm, F., Hall, E.F. 2010. Briefrapport 609330004/2010 Ionisatoren en gezondheid (Bilthoven, the Netherlands, RIVM)
- Depuydt, P., Joos, G. F., & Pauwels, R. A. (1999). Ambient ozone concentrations induce airway hyperresponsiveness in some rat strains. *Eur Respir J*, 14(1), 125-131. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3003.1999.14a21.x>
- ECHA. (2009) Guidance on Chemical Safety Assessment. <https://echa.europa.eu/guidance-documents/guidance-on-information-requirements-and-chemical-safety-assessment>
- ECHA. (2021a). *CAR Ozone generated from oxygen*. [https://echa.europa.eu/documents/10162/3547327/139965\\_Ozone\\_gen\\_oxygen\\_PT\\_2\\_4\\_5\\_11\\_AR\\_post-BPC\\_non-confidential\\_clean.pdf/9fb27f8c-0372-9476-2177-d23419911d4d](https://echa.europa.eu/documents/10162/3547327/139965_Ozone_gen_oxygen_PT_2_4_5_11_AR_post-BPC_non-confidential_clean.pdf/9fb27f8c-0372-9476-2177-d23419911d4d)

- ECHA. (2021b). *CLH Report Ozone*. <https://echa.europa.eu/documents/10162/3fe0c682-dc65-b5df-61d0-7548213f97df>
- ECHA. (2022). *REACH Registratie Dossier ozon*. Retrieved 26 augustus from <https://echa.europa.eu/nl/registration-dossier/-/registered-dossier/22480/7/1>
- Gezondheidsraad. (1992). *Health-based recommended occupational exposure limit for ozone*. <https://www.ser.nl/api/Mfiles/DownloadFirstDocument?Id=1bd5b288-c06d-4838-8b7a-46aaf933cfd0>
- Gold, D. R., Allen, G., Damokosh, A., Serrano, P., Hayes, C., & Castillejos, M. (1996). Comparison of outdoor and classroom ozone exposures for school children in Mexico City. *J Air Waste Manag Assoc*, 46(4), 335-342. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8901275>
- Haddad, F., Golami, V., & Shirazi-Nejad, M. P. (2009). Ozone inhalation can induce chromosomal abnormalities in bone marrow cells of Wistar rats. *Journal of Cell and Molecular Research*, 1(1), 41-46. <https://doi.org/10.22067/jcmr.v1i1.1529>
- Health and Safety Executive. (2022). *GUIDELINES AND RISK ASSESSMENT FOR THE EMISSION OF OZONE FROM PHOTOCOPIERS AND LASER PRINTERS*. [https://www.egfl.org.uk/sites/default/files/imported/categories/safety/hs/\\_docs/\\_cops/ozoneGuidelinesRiskAssessmentOnEmission06.doc](https://www.egfl.org.uk/sites/default/files/imported/categories/safety/hs/_docs/_cops/ozoneGuidelinesRiskAssessmentOnEmission06.doc)
- Health Canada. (2010). *Residential Indoor Air Quality Guideline - Ozone*.
- Hotchkiss, J. A., Harkema, J. R., Kirkpatrick, D. T., & Henderson, R. F. (1989). Response of rat alveolar macrophages to ozone: quantitative assessment of population size, morphology, and proliferation following acute exposure. *Exp Lung Res*, 15(1), 1-16. <https://doi.org/10.3109/01902148909069605>
- Huiberts, E.H.W., Montforts, M.H.M.M., Wezenbeek, J.M. (2022). Desinfectiemethoden tegen het coronavirus: een verkenning van het aanbod met het oog op werkzaamheid en veiligheid. RIVM-rapport 2022-0031 [in voorbereiding]
- IARC. (2020). *Report of the Advisory Group to Recommend Priorities for the IARC Monographs during 2020–2024*.
- Jerrett, M., Burnett, R. T., Pope, C. A., 3rd, Ito, K., Thurston, G., Krewski, D., Shi, Y., Calle, E., & Thun, M. (2009). Long-term ozone exposure and mortality. *N Engl J Med*, 360(11), 1085-1095. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0803894>
- Kavlock, R., Daston, G., & Grabowski, C. T. (1979). Studies on the developmental toxicity of ozone. I. Prenatal effects. *Toxicol Appl Pharmacol*, 48(1 Pt 1), 19-28. [https://doi.org/10.1016/s0041-008x\(79\)80004-6](https://doi.org/10.1016/s0041-008x(79)80004-6)
- Krewski, D. (2009). Evaluating the effects of ambient air pollution on life expectancy. *N Engl J Med*, 360(4), 413-415. <https://doi.org/10.1056/NEJMe0809178>
- Liu, L.J., Koutrakis, P., Leech, J. and Broder, I. (1995) Assessment of ozone exposures in the greater metropolitan Toronto area. *J Air Waste Manage Assoc* 45, 223–34. <https://doi.org/10.1080/10473289.1995.10467362>
- Mathijssen, E.A.M. & Bogers, R.P. (2016). *Regelgeving stoffen in het binnenmilieu* <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0112.pdf>
- Meesters, J.A.J., te Biesebeek, J.D. & ter Burg, W. (2021). *Air Fresheners Fact Sheet. Default parameters for estimating consumer exposure – Version 2021*. <https://www.rivm.nl/publicaties/air-fresheners-fact-sheet-default-parameters-for-estimating-consumer-exposure-version>
- Nazaroff, W. W., & Weschler, C. J. (2022). Indoor ozone: Concentrations and influencing factors. *Indoor Air*, 32(1), e12942. <https://doi.org/10.1111/ina.12942>
- NTP. (1994). Toxicology and Carcinogenesis Studies of Ozone (CAS No. 10028-15-6) and Ozone/NNK (CAS No. 10028-15-6/ 64091-91-4) in F344/N Rats and B6C3F1 Mice (Inhalation Studies). *Natl Toxicol Program Tech Rep Ser*, 440, 1-314.
- Nuvolone, D., Petri, D., & Voller, F. (2018). The effects of ozone on human health. *Environ Sci Pollut Res Int*, 25(9), 8074-8088. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9239-3>
- Pereyra-Munoz, N., Rugerio-Vargas, C., Angoa-Perez, M., Borgonio-Perez, G., & Rivas-Arancibia, S. (2006). Oxidative damage in substantia nigra and striatum of rats chronically exposed to ozone. *J Chem Neuroanat*, 31(2), 114-123. <https://doi.org/10.1016/j.jchemneu.2005.09.006>

- Pino, M. V., Stovall, M. Y., Levin, J. R., Devlin, R. B., Koren, H. S., & Hyde, D. M. (1992). Acute ozone-induced lung injury in neutrophil-depleted rats. *Toxicol Appl Pharmacol*, 114(2), 268-276. [https://doi.org/10.1016/0041-008x\(92\)90077-6](https://doi.org/10.1016/0041-008x(92)90077-6)
- Rivas-Arancibia, S., Guevara-Guzman, R., Lopez-Vidal, Y., Rodriguez-Martinez, E., Zanardo-Gomes, M., Angoa-Perez, M., & Raisman-Vozari, R. (2010). Oxidative stress caused by ozone exposure induces loss of brain repair in the hippocampus of adult rats. *Toxicol Sci*, 113(1), 187-197. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfp252>
- Salonen, H., Salthammer, T., & Morawska, L. (2018). Human exposure to ozone in school and office indoor environments. *Environ Int*, 119, 503-514. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.07.012>
- Schelegle, E. S., Morales, C. A., Walby, W. F., Marion, S., & Allen, R. P. (2009). 6.6-hour inhalation of ozone concentrations from 60 to 87 parts per billion in healthy humans. *Am J Respir Crit Care Med*, 180(3), 265-272. <https://doi.org/10.1164/rccm.200809-1484OC>
- Schelegle, E.S., Miller, L.A., Gershwin, L.J., Fanucchi, M.V., Van Winkle, L.S., Gerriets, J.E., Walby, W.F., Mitchell, V., Tarkington, B.K., Wong, V.J., Baker, G.L., Pantle, L.M., Joad, J.P., Pinkerton, K.E., Wu, R., Evans, M.J., Hyde, D.M., Plopper, C.G. (2003). Repeated episodes of ozone inhalation amplifies the effects of allergen sensitization and inhalation on airway immune and structural development in Rhesus monkeys. *Toxicol Appl Pharmacol*, 191(1), 74-85. [https://doi.org/10.1016/S0041-008X\(03\)00218-7](https://doi.org/10.1016/S0041-008X(03)00218-7)
- SER. (1994). *Wettelijke grenswaarde ozon*. Retrieved 26 augustus from <https://www.ser.nl/nl/thema/arbeidsomstandigheden/Grenswaarden-gevaarlijke-stoffen/Grenswaarden/Ozon>
- Siegel, J.A., 2016. Primary and secondary consequences of indoor air cleaners. *Indoor Air* 26, 88-96.
- Slooff, W., van Aalst, R. M. & Heijna-Merkus, E. (1987). *Ontwerp Basisdocument ozon*. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/758474002.pdf>
- te Biesebeek, J. D., Nijkamp, M. M., Bokkers, B. G. H., & Wijnhoven, S. W. P. (2014). *General Fact Sheet : General default parameters for estimating consumer exposure - Updated version 2014*. <https://www.rivm.nl/publicaties/general-fact-sheet-general-default-parameters-for-estimating-consumer-exposure-updated>
- Thyzo (2022). <https://www.thyzo.nl/ozon-van-een-ionisatie-luchtreiniger/>
- TNO. (2022). *Literatuurstudie naar de toepassing van verschillende luchtreinigingsmethoden voor inactivatie van microbiologische verontreinigingen*. <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:9ac5341d-4e04-42b3-8267-27a58a8155c3/datastream/URL/download>
- US EPA. (2022a). *Ozone Generators that are Sold as Air Cleaners*. Retrieved 1 september from <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/ozone-generators-are-sold-air-cleaners>
- US EPA. (2022b). *US National Ambient Air Quality Standards* <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>
- van Bree, L., Dormans, J. A., Boere, A. J., & Rombout, P. J. (2001). Time study on development and repair of lung injury following ozone exposure in rats. *Inhal Toxicol*, 13(8), 703-718. <https://doi.org/10.1080/08958370126868>
- Ventilatieland (2022). <https://www.ventilatieland.nl/blog/291/ozon-uitstoot-bij-ionisatie.html>
- Vermeulen, L.C. & Bartels, A.A. (2022). *Meerwaarde van mobiele luchtreinigers in verminderen van transmissie van SARS-CoV-2 – een literatuurstudie*. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2022-0134.pdf>
- Victorin, K. (1992). Review of the genotoxicity of ozone. *Mutat Res*, 277(3), 221-238. [https://doi.org/10.1016/0165-1110\(92\)90045-b](https://doi.org/10.1016/0165-1110(92)90045-b)
- Vrijheid, M., Martinez, D., Manzanares, S., Dadvand, P., Schembari, A., Rankin, J., & Nieuwenhuijsen, M. (2011). Ambient air pollution and risk of congenital anomalies: a systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect*, 119(5), 598-606. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002946>
- Wet milieubeheer. <https://wetten.overheid.nl/BWBR0003245/2022-05-01/#Bijlage2>

- World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*.  
World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>
- Zhang, Q., & Jenkins, P. L. (2017). Evaluation of ozone emissions and exposures from consumer products and home appliances. *Indoor Air*, 27(2), 386-397.  
<https://doi.org/10.1111/ina.12307>

## **Bijlage 1 Overzicht gezondheidseffecten van ozon**

### Werkingsmechanisme van ozon

Door de lage wateroplosbaarheid van ozon wordt ozon niet effectief verwijderd door de bovenste luchtwegen. Hierdoor bereikt het grootste deel van de ingeademde ozon de onderste luchtwegen. Hier lost het op in de dunne laag van de epitheliale vloeistof (epithelial lining fluid, ELF). De ELF bevat een complex mengsel van eiwitten, lipiden en antioxidanten die een fundamentele rol spelen bij de bescherming tegen ziekteverwekkers en vreemde/ongewenste stoffen. Ozon kan een reactie aangaan met de ELF-componenten en extracellulaire vloeistoffen waardoor onder andere secundaire oxidatieproducten gevormd kunnen worden (oxidatieve stress). Voorbeelden van secundaire oxidatieproducten zijn waterstofperoxide, aldehyden en hydroxyhydroperoxiden, voornamelijk door de ozonolyse van meervoudig onverzadigde vetzuren (ECHA, 2021a). Oxidatieve stress kan resulteren in beschadigingen aan cellen en veranderingen in celsignalering in de luchtwegen. Ook kunnen er ontstekingscascades ontstaan. Antioxidanten kunnen de reacties van ozon met onderliggende weefsels en de penetratie in de luchtwegen verminderen (Nuvolone et al., 2018). Mensen met bestaande luchtwegklachten zoals chronische bronchitis, astma of emfyseem hebben grotere risico's op ozon-gerelateerde gezondheidseffecten door de verschillen in de hoeveelheid geabsorbeerde ozon als gevolg van o.a. een hogere ademfrequentie.

De toxiciteit van ozon hangt dus af van een groot aantal factoren, en er is een grote variabiliteit aan individuele reacties op blootstelling aan ozon.

### Acute toxiciteit

Acute toxiciteitsstudies laten effecten op het hart (veranderingen in hartslag en aritmie), hersenen (vermindering van het aantal dendritische uitlopers, gedragsveranderingen en geheugenproblemen) en effecten op de luchtwegen zien. Op basis van gerapporteerde irritatie in de luchtwegen in humane studies is in het Duitse CAR (ECHA, 2021a) een overall NOAEC (No Observed Adverse Effect Concentration) bij mensen van 120 µg/m<sup>3</sup> (60 ppb) afgeleid (met een Lowest Observed Adverse Effect Level (LOAEL) van 140 µg/m<sup>3</sup> (70 ppb) (Adams, 2002/2006; Schelegle et al., 2009).

### Effecten op de luchtwegen

Ozon is zelf geen allergeen stof, maar verergert bestaande astma bij mens en dier na inhalatie en kan al plaatsvinden na eenmalige blootstelling. Ook wordt bij kinderen het risico op het ontstaan van astma verhoogd. Patiënten met bronchiale astma die worden blootgesteld aan ozon kunnen last krijgen van acute, niet-specifieke hyperreactiviteit, exacerbatie of AHR (airway hyperresponsiveness, luchtweghyperreactiviteit).

Alexis et al. (Alexis et al., 2010) toonden aan dat blootstelling aan 160 µg/m<sup>3</sup> (80 ppb) ozon 18 uur na blootstelling geassocieerd is met verhoogde ontsteking van de luchtwegen en bevordering van antigeen-presenterende celfenotypes in mensen. Bij ratten werd gevonden dat AHR kan worden veroorzaakt door een enkele, korte blootstelling van 90 min aan 100 µg/m<sup>3</sup> (50 ppb) (Depuydt et al., 1999).

In dierstudies resulteert herhaalde blootstelling aan ozon in epitheelcelbeschadiging en uiteindelijk longontsteking, als gevolg van structurele veranderingen als epitheliale hyperplasie en metaplasie, necrose van trilhaarcellen en fibroblastproliferatie in verschillende delen van de luchtwegen. Zowel acute als langer durende blootstelling is geassocieerd met ontstekingsreacties.

Acute eenmalige blootstelling veroorzaakte in dierstudies longbeschadiging met tekenen van ontsteking (bronchiolitis en peribronchiolaire alveolitis (Hotchkiss et al., 1989)), celbeschadiging (Bassett et al., 1988), verstoring van de mucosale barrière (Bhalla & Gupta, 2000), necrose van type I epitheelcellen (Pino et al., 1992) en progressieve verdikking van de wanden van terminale bronchiolen en proximale longblaasjes (Hotchkiss et al.,



1989). Acute biochemische effecten zoals albuminegehalte en instroom van neutrofielen herstelden zich naar controleniveaus na beëindiging van de blootstelling, maar het duurde enige tijd voordat de luchtwegontsteking volledig was hersteld. Structurele veranderingen, zoals verdikking van de epitheellaag en collageenvorming, namen toe bij langdurige blootstelling en waren nog steeds aanwezig na herstelperiodes zonder blootstelling (van Bree et al., 2001).

Langdurige blootstelling van resusapen (11 episodes van per keer 500 ppb ozon gedurende 8 uur per dag gedurende 5 dagen, gevolgd door 9 dagen gefilterde lucht over een periode van 6 maanden) resulteerde niet in significante effecten op de gemeten longstructuren en -functies (Schelegle et al., 2003). Uit de onderzoeken kan worden geconcludeerd dat morfologische en functionele pulmonale veranderingen zichtbaar lijken te worden bij 1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (500 ppb) en hoger (NOAEC 200-240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 100-120 ppb).

#### Cardiale effecten

Acute en herhaalde blootstelling van ratten aan ozon leidt tot een verlaging van de hartslag bij een concentratie van 1000-2000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (500-1000 ppb; acute blootstelling) en 200-1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (100-500 ppb; chronische blootstelling) (voor een overzicht van alle studies zie ECHA, 2021a). Het effect was reversibel na acute blootstelling en herstelde zich na een paar dagen bij herhaalde blootstellingen. In één onderzoek bleek het effect sterker te zijn bij lichamelijke inspanning en bij lagere omgevingstemperaturen. Aritmische episodes bleken in twee acute studies en in een chronische studie op een concentratie-afhankelijke manier toe te nemen. Het effect was reversibel in de acute studies en herstelde zich op dag 3 van blootstelling in de chronische studie. Afname van de kerntemperatuur in zowel de acute chronische studies bleek ook reversibel.

#### Hormonale effecten

Bij ratten die meerdere keren werden blootgesteld aan 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (100 ppb) ozon werden verhoogde corticosteronspiegels gevonden. Oestrogeenreceptoren, oestrogeenreceptor-eiwitten en dopamine- $\beta$ -hydroxylase waren verlaagd in de bulbus olfactorius (reukolf in de hersenen) van ratten na herhaalde blootstelling aan 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (200 ppb) ozon (ECHA, 2021a).

#### Gedragseffecten

Uit proefdierstudies blijkt dat na acute en herhaalde blootstelling aan 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (100 ppb) ozon verminderde motorische activiteit optreedt. Ander gedrag als verzorgen, rust, onrust, etc. wordt beïnvloed na herhaalde blootstelling aan 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (120 ppb) (ECHA, 2021a). Na acute blootstelling (200-2000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 100-1000 ppb) wordt het geheugen aangetast, na herhaalde blootstelling aan 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (250 ppb) wordt ook het reukgeheugen aangetast. Bij acute blootstelling aan 700  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (350 ppb) worden ook effecten op slaappatronen gevonden.

#### Effecten op het centraal zenuwstelsel

Herhaalde blootstelling van ratten aan 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (250 ppb) resulteert in morfologische veranderingen, verlies van vezels en celdood van dopaminerge neuronnen in het striatum en de substantia nigra. Dit gaat gepaard met een toename van de peroxidatie van lipiden in het striatum en een afname van motorische activiteit (Pereyra-Munoz et al., 2006; Rivas-Arancibia et al., 2010). In acute onderzoeken zijn de antioxidantniveaus in de hersenen verhoogd bij concentraties van 200-500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (100-250 ppb) en nemen deze af bij hogere concentraties (1000-2000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 500-1000 ppb).

#### Genotoxiciteit

Doordat slechts een aantal onderzoeken beschikbaar is met meer dan twee doses of meerdere blootstellingstijden, is er nog veel onzekerheid over de genotoxiciteit en

mutageniteit van ozon. In waterige oplossingen ontleedt ozon snel, waarbij reactieve zuurstofverbindingen worden gegenereerd zoals waterstofperoxide, aldehyden en hydroxyhydroperoxiden (Victorin, 1992). Deze zuurstofsoorten kunnen zorgen voor oxidatieve stress (Haddad et al., 2009). Daarnaast kan ozon ook direct het DNA modificeren wat kan resulteren in mutaties (Haddad et al., 2009).

In bacteriële mutageniteitstesten laat ozon positieve resultaten zien voor de stam TA102 die gevoelig is voor oxidatieve stress. Naast bacteriële mutageniteit zijn *in vitro* chromosomale afwijkingen gerapporteerd in dierlijke cellijnen. Over het algemeen wordt aangenomen dat genotoxiciteit en mutageniteit *in vivo* beperkt is tot de eerste plaats van contact (i.e. de luchtwegen na inademing), aangezien ozon weinig systemisch geabsorbeerd wordt na inhalatoire blootstelling (ECHA, 2021a). Naast chromosoomafwijkingen in pulmonale alveolaire macrofagen en dosis gerelateerde DNA-strengbreuken in tracheale epitheliale en broncho-alveolaire lavagecellen, werden ook micronuclei- (MN) en/of chromosomale afwijkingen gevonden in het beenmerg en bloed van knaagdieren die waren blootgesteld aan ozon. Dit komt overeen met experimentele humane studies die ozonafhankelijke MN- en chromatide-aberratievorming in lymfocyten aantonen (ECHA, 2021a). Negatieve resultaten in menselijke lymfocyten werden ook gemeld, maar kunnen worden toegeschreven aan de lagere doses en/of kortere blootstellingstijd.

### Carcinogeniteit

In verschillende studies met muizen met verschillende blootstellingsduren en protocollen werden longtumoren gevonden (NTP, 1994). De carcinogene effecten in de longen kunnen mechanistisch verklaard worden door de genotoxische effecten van ozon en/of gevormde oxidatieproducten in de longen.

### Reproductietoxiciteit

Data van dierstudies leveren geen duidelijk resultaat op wat betreft specifieke reproductietoxiciteit-eindpunten. Ontwikkelingseffecten zoals verlaagd lichaamsgewicht, verhoogde resorptie, skelet- en gedragseffecten treden pas op bij concentraties boven de waarden voor maternale toxiciteit. Ratten die tijdens de zwangerschap aan ozon waren blootgesteld hadden een vertraagde ossificatie en een afname van het aantal sternebrae (Kavlock et al., 1979). Dit effect bleek geen dosis-responsrelatie te hebben. Wel zijn er aanwijzingen voor spontane defecten bij de foetus, maar zonder causaal verband voor misvormingen, wat wijst op algemene (maternale) toxiciteit en groeiachterstand. Ontwikkelingseffecten bij ratten zoals ooglidopening en oprichtende reflexen werden alleen beschreven bij hoge blootstelling (2000 µg/m<sup>3</sup>; 1000 ppb of hoger). Andere dierstudies waarbij na pre- en postnatale blootstelling gekeken werd naar gedrag resulteerden in grote variabiliteit in de resultaten en er kon geen causaal verband met blootstelling aan ozon worden gevonden.

Op basis van epidemiologische studies (Vrijheid et al., 2011) lijkt er geen verband te zijn tussen blootstelling aan ozon en aangeboren afwijkingen.

### Epidemiologische onderzoeken

In tegenstelling tot de vele studies naar effecten van ozon na kortdurende blootstelling, zijn er nog maar weinig betrouwbare studies met duidelijke effecten van ozon na chronische blootstelling. De meeste epidemiologische onderzoeken richten zich op mortaliteit, vermindering van de levensverwachting, effecten op de longfunctie, het begin van astma en atherosclerose. In epidemiologische studies wordt een associatie gevonden tussen langdurige blootstelling en mortaliteit, meestal respiratoir en cardiorespiratoire mortaliteit en bij mensen die lijden aan onderliggende respiratoire aandoeningen (Jerrett et al., 2009). Ook andere studies laten een statistisch significant verband zien tussen langdurige blootstelling aan ozon en mortaliteit (Krewski, 2009). Enige onzekerheid bij de interpretatie van de resultaten van de studies wordt veroorzaakt door de interactie tussen ozon en PM<sub>2.5</sub>-niveaus in het milieu doordat het niet makkelijk is om specifieke effecten

te scheiden van de twee verontreinigende stoffen. Bij verdere, robuustere analyse werd alleen ozon nog geassocieerd met mortaliteit (Jerrett et al., 2009). Ook uit de systematische review van (Atkinson et al., 2016) blijkt een positieve associatie tussen langdurige blootstelling aan ozon, in het bijzonder tijdens de warmere maanden, en cardiopulmonale en respiratoire mortaliteit.

Uit de epidemiologische studies kunnen geen duidelijke NOAECs/NOAELs voor het eindpunt mortaliteit afgeleid worden. Wel kan uit de mortaliteitsstudie van (Jerrett et al., 2009) geconcludeerd worden dat bij elke  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (10 ppb) extra blootstelling aan ozon het risico op overlijden door ademhalingsoorzaken toeneemt met ongeveer 2,9% in een model met één vervuilende stof en 4% in een model met twee vervuilende stoffen. Wanneer een lineair model wordt toegepast komt dit overeen met ca. 10% extra risico bij  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (25 ppb) ozon.

**Bijlage 2 Overzicht van de quickscan van 29 ozonluchtreinigers aangeboden via het internet\***

product	type	ruimte(s)	emissie mg/uur	additionele informatie website
P1	auto	auto, boot, woningen, containers, magazijnen, hotelkamers	onbekend	"Ozon is een instabiel gas, na activering door de ozongenerator begint de reductie naar zuurstof onmiddellijk, de halveringstijd bij droge, schone lucht is gemiddeld 20 tot 100 minuten. Ozon kan in hoge dosering schadelijk zijn voor de gezondheid, voor een normale werkweek van 5 dagen, 8 uur per dag geldt een maximaal aanvaardbare concentratie (MAC) van maximaal 0,06 ppm (ppm = parts per million). Voor 15 minuten geldt een MAC-waarde van 0,3 ppm in de ruimte."
P2 (meerdere typen)	auto	werkplaatsen voor motorvoertuigen, hotels, in afval- en sanitaire ruimtes, tegen sigaretten- en dierengeurtjes in voertuigen of op boten	max 10.000 resp. 20.000	De grotere versie (20 g/uur) wordt als professioneel gezien. Alleen de professionele versie is voorzien van waarschuwingen en herbetredingstijden en adviezen over luchten. De professionele versie mag alleen door gekwalificeerd personeel worden beheerd.
P3	auto	woonhuis, auto, werkruimte, schuur, badkamer, klaslokaal, openbare plaatsen, ect.	max 32.000	"Met deze draagbare ozongenerator kunt u de lucht effectief zuiveren en verfrissen in slechts 20 minuten." Gebruiksaanwijzing meegeleverd.
P4	auto	auto	onbekend	"UVC straling is schadelijk bij langdurig direct contact met de blote huid of ogen. Het is daarom van belang dat u en eventuele huisdieren de ruimte verlaten zodra u de lamp aanzet. Zodra u de lamp aan heeft gezet heeft u 28 seconden om de ruimte te verlaten. Hierna gaat het licht schijnen. Na 30 minuten gaat de lamp vanzelf uit. U kunt de lamp op ieder gewenst moment zelf uitschakelen. Zorg dan wel dat u een bril draagt en uw huid bedekt is. Het licht gaat niet door glas of deuren heen. Naast UVC-licht komt er tijdens het proces ook ozon vrij."
P5	auto	Ruimte tot 1 m <sup>2</sup> , auto	onduidelijk	"Doe de [product 5] in het sigarettenaanstekercontact terwijl of 10 minuten voordat u in de auto stapt. De [Product 5] stoot O <sub>3</sub> (≤ 0,05

				ppm ( $\leq 0,1 \text{ ug/m}^3$ ) uit om de lucht in uw auto te zuiveren en verwijdert schadelijke en allergie stoffen zoals bacteriën, pollen en fijnstof. Ook verkrijgbaar als Product 5 varianten"
P6	auto	ruimte tot 40 m <sup>2</sup> , auto, camper, boot	onbekend	"Tijdens de behandeling moeten mens, dier en plant de ruimte verlaten!"
P7	auto	auto, hotelkamer	max 4.000	Geïntegreerde timer met een maximale duur van 180 minuten. In de auto, plug in (laat een raam enkele centimeters open waar het snoer door kan) en zet hem aan.
P8	auto		range 3.500- 10.000	12 V, sigarettenaansteker?
P9	auto		range 5.000- 20.000	Netspanning en ook 12 V, sigarettenaansteker?
P10	kasten	gesloten en nauwe ruimte zoals kast, schoenenkast, bijkeuken, badkamer, auto, koelkast, etc.	max 20	Bereik tot 25 m <sup>2</sup> ruimte.
P11	kasten	kleine ruimte (t/m tm 3 m <sup>2</sup> ), zoals kast, auto, koelkast.	max 20	Handleiding meegeleverd.
P12	kattenbak	kattenbak	onbekend	
P13	kattenbak	kattenbak	onbekend	Handige infrarood bewegingssensor. Reinigt iedere 10 minuten de lucht rondom de kattenbak.
P14	plug-and-play	ruimte tot 7 m <sup>2</sup>	100 mg/uur	Plugin, timer 5, 10 of 30 minuten, ozon wordt verspreid. "Voorkom gevaarlijke situaties met deze ozon generator welke 100 mg/u kan verspreiden." Hoe is onduidelijk?
P15	plug-and-play	badkamer, toilet	onbekend	Plug-and-play
P16	plug-and-play	ruimte tot 6 m <sup>2</sup> ; slaapkamer, badkamer, woonkamer, kast, etc.	max 100	Plug-and-play. "Negatieve ionen en ozon hebben vier functies. Vier cyclus werkmodi kunnen worden aangepast aan de ruimte. p1: 2 minuten werken, wacht 58 minuten; p2: 3 minuten werken, wacht 20 minuten; p3: 30 minuten werken, wacht 12 uur; p4: 30 minuten werken, wacht 2 uur; elke modus herhaalt zich op deze manier"

P17	schoen- verfrisser	niet opgegeven	onbekend	Standaard staat het programma ingesteld op 120 minuten.
P18	Stoom- apparaat	niet opgegeven	onbekend	
P19	Telefoon / afstands- bediening	niet opgegeven	moeilijk te bepalen	Ozon concentratie 60 mg/m <sup>3</sup> , 27 ppm geproduceerd binnen de behandelkamer (dimensies onbekend) v/h apparaat. Reinigen, desinfecteren van bijvoorbeeld uw telefoon, afstandsbediening of toetsenbord.
P20	Telefoon / afstands- bediening	niet opgegeven	moeilijk te bepalen	Ruimte 0 m <sup>2</sup> mobiele telefoon of afstandsbediening.
P21	woning	woning, kelder, zolder, kruipruimte, auto, caravan	onbekend	Gebruikshandleiding aanwezig, je moet ruimte verlaten tijdens gebruik, geen emissies bekend. Herbetreding na 2 uur na einde behandeling.
P22	woning	ruimte tot 90 m <sup>2</sup>	range 1.400-2400	"Luchtreiniging is alleen aan te bevelen in lage toegestane concentraties of als er zich geen mensen of dieren in de te behandelen ruimte aanwezig zijn. Tijdens de behandeling wordt aangeraden om de ruimte gesloten te houden. Laat eerst de ruimte een kwartier luchten alvorens deze te betreden. " Twee opties voor tijdsinstelling: 10-15 minuten of constante werking.
P23	woning	woning, ruimte tot 15 m <sup>2</sup>	max 480	2 ppm/m <sup>3</sup> komt overeen met 4 mg/m <sup>3</sup> , Clean Air Delivery Rate (CADR) 120 m <sup>3</sup> /uur; 0.48 g/u emissie. "Het is gebleken dat het product bij uitstek geschikt is voor textieloppervlakken zoals vloertapijten, vloerkleden, gordijnen, maar ook banken, fauteuils en bedden zonder demontage."
P24	woning	Ruimte tot 40m <sup>2</sup> , zoals woonkamer, kantoor, toilet of auto	onbekend	"Maakt binnen een 30 minuten alle ziekteverwekkers onschadelijk. Na gebruik van de lamp moet je de ruimte 20-30 minuten ventileren."
P25	woning	ruimte tot 25 m <sup>2</sup> , zoals badkamer, woonkamer, keuken	600 mg/uur	"Timer maximaal 30 minuten."
P26	woning	woning of op kantoor	onbekend	"Perfect voor het reinigen van voedsel, water en lucht en vele andere dingen. Fruit, groenten en vlees bevatten vaak veel

				bestrijdingsmiddelen en bacteriën die de gezondheid van uw dierbaren kunnen schaden."
P27	woning	ruimte tot 8 m <sup>2</sup>	onbekend	
P28	woning	Woning	max 50	Het apparaat genereert 50 mg ozon per uur.
P29	woning	alle ruimtes	onbekend	"U heeft ook nog de optie om uw objecten te desinfecteren met ozon (alleen vaste modus). Wanneer ozon in contact gebracht wordt met geuren, virussen of bacteriën worden ze volledig geneutraliseerd door het extra zuurstofatoom. Het apparaat werkt alleen op stroom, de Ozon wordt gecreëerd door de straling van het Ultraviolette licht."

\*Search op "luchtreinigers ozon", uitgevoerd in juli-augustus 2022. Productnamen zijn geanonimiseerd

### Bijlage 3 ConsExpo Web resultaatrapporten

Zie onderstaande links voor de ConsExpo Web resultaten (pdf's) van de doorgerekende scenario's:

- [ConsExpo Report output–auto](#)
  - auto emissie 0,24 mg per uur laag scenario
  - auto emissie 0,24 mg per uur hoog scenario
  - auto emissie 32.000 mg per uur laag scenario
  - auto emissie 32.000 mg per uur hoog scenario
- [ConsExpo Report output-kattenbak](#)
  - n.s. kamer kattenbak emissie 100 mg per uur laag scenario
  - n.s. kamer kattenbak emissie 100 mg per uur hoog scenario
  - n.s. kamer kattenbak emissie 2,68 mg per uur hoog scenario
  - n.s. kamer kattenbak emissie 3,94 mg per twee uur hoog scenario
  - n.s. kamer kattenbak emissie 5,36 mg per twee uur hoog scenario
  - n.s. kamer kattenbak emissie 2,68 mg per uur max scenario
  - n.s. kamer kattenbak emissie 1,92 mg per uur max scenario
- [ConsExpo Report output–PlugandPlay](#)
  - Plug play WC emissie 100 mg per uur laag scenario
  - Plug play WC emissie 100 mg per uur hoog scenario
  - Plug play woonkamer emissie 100 mg per uur laag scenario
  - Plug play woonkamer emissie 100 mg per uur hoog scenario
- [ConsExpo Report output–wc](#)
  - WC woning emissie 50 mg per uur laag scenario
  - WC woning emissie 50 mg per uur hoog scenario
  - WC woning emissie 2400 mg per uur laag scenario
  - WC woning emissie 2400 mg per uur hoog scenario
- [ConsExpo Report output–woonkamer](#)
  - Woonkamer woning emissie 50 mg per uur laag scenario
  - Woonkamer woning emissie 50 mg per uur hoog scenario
  - Woonkamer woning emissie 2400 mg per uur laag scenario
  - Woonkamer woning emissie 2400 mg per uur hoog scenario



Tabel 3.1: ConsExpo Web resultaatrapporten, blootstellingsparameters gebruikt in het ConsExpo Web "Inhalation – exposure to vapour – constant rate model".

ConsExpo rapport (pdf)	Ruimte	Type	Ozonemissie (ozon/uur)	Emissie-duur (min)	Scenario	Ventilatievoud (per uur) en factor voor halfwaardetijd ozon (per uur)	Volume (m <sup>3</sup> )	Gewichts fractie ozon
auto emissie 0,24 mg per uur laag scenario	auto <sup>1</sup>	auto	0,24	60	laag	7,5 (2,5x3)	2,4	1
auto emissie 0,24 mg per uur hoog scenario	auto	auto	0,24	60	hoog	1,8 (0,6x3)	2,4	1
auto emissie 32.000 mg per uur laag scenario	auto	auto	32.000	60	laag	7,5 (2,5x3)	2,4	1
auto emissie 32.000 mg per uur hoog scenario	auto	auto	32.000	60	hoog	1,8 (0,6x3)	2,4	1
n.s. kamer kattenbak emissie 100 mg per uur laag scenario	niet-specifieke kamer <sup>2</sup>	kattenbak	100	60	laag	7,5 (2,5x3)	20	1
n.s. kamer kattenbak emissie 100 mg per uur hoog scenario	niet-specifieke kamer	kattenbak	100	60	hoog	1,8 (0,6x3)	20	1
n.s. kamer kattenbak emissie 2,68 mg per uur hoog scenario	niet-specifieke kamer	kattenbak	2,68	60	hoog	1,8 (0,6x3)	20	1
n.s. kamer kattenbak emissie 3,94 mg per twee uur hoog scenario	niet-specifieke kamer	kattenbak	1,97	120	hoog	1,8 (0,6x3)	20	1
n.s. kamer kattenbak emissie 5,36 mg per twee uur hoog scenario	niet-specifieke kamer	kattenbak	2,68	120	hoog	1,8 (0,6x3)	20	1
n.s. kamer kattenbak emissie 2,68 mg per twee uur max scenario	niet-specifieke kamer	kattenbak	2,68	120	max	0,6	20	1

ConsExpo rapport (pdf)	Ruimte	Type	Ozonemissie (ozon/uur)	Emissie-duur (min)	Scenario	Ventilatievoud (per uur) en factor voor halfwaardetijd ozon (per uur)	Volume (m <sup>3</sup> )	Gewichts fractie ozon
n.s. kamer kattenbak emissie 1,92 mg per twee uur max scenario	niet-specifieke kamer	kattenbak	1,92	120	max	0,6	20	1
Plug play WC emissie 100 mg per uur laag scenario	wc <sup>2</sup>	plug&play	100	60	laag	7,5 (2,5x3)	2,5	1
Plug play WC emissie 100 mg per uur hoog scenario	wc	plug&play	100	60	hoog	1,8 (0,6x3)	2,5	1
Plug play woonkamer emissie 100 mg per uur laag scenario	woonkamer <sup>2</sup>	plug&play	100	60	laag	7,5 (2,5x3)	58	1
Plug play woonkamer emissie 100 mg per uur hoog scenario	woonkamer	plug&play	100	60	hoog	1,8 (0,6x3)	58	1
WC woning emissie 50 mg per uur laag scenario	wc	woning	50	60	laag	7,5 (2,5x3)	2,5	1
WC woning emissie 50 mg per uur hoog scenario	wc	woning	50	60	hoog	1,8 (0,6x3)	2,5	1
WC woning emissie 2400 mg per uur laag scenario	wc	woning	2400	60	laag	7,5 (2,5x3)	2,5	1
WC woning emissie 2400 mg per uur hoog scenario	wc	woning	2400	60	hoog	1,8 (0,6x3)	2,5	1
Woonkamer woning emissie 50 mg per uur laag scenario	woonkamer	woning	50	60	laag	7,5 (2,5x3)	58	1
Woonkamer woning emissie 50 mg per uur hoog scenario	woonkamer	woning	50	60	hoog	1,8 (0,6x3)	58	1

ConsExpo rapport (pdf)	Ruimte	Type	Ozonemissie (ozon/uur)	Emissieduur (min)	Scenario	Ventilatievoud (per uur) en factor voor halfwaardetijd ozon (per uur)	Volume (m <sup>3</sup> )	Gewichts fractie ozon
Woonkamer woning emissie 2400 mg per uur laag scenario	woonkamer	woning	2400	60	laag	7,5 (2,5x3)	58	1
Woonkamer woning emissie 2400 mg per uur hoog scenario	woonkamer	woning	2400	60	hoog	1,8 (0,6x3)	58	1

<sup>1</sup> Meesters (2021)

<sup>2</sup> te Biesebeek (2014)