Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Kennisnotitie

Risicobeoordeling mengsels van stoffen bij de industriële uitstoot naar lucht: casus Chemelot

RIVM

A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

T 088 689 89 89

Auteurs:
W. ter Burg
P.M. Bos
C.W.M. Bodar
Centrum:
Veiligheid Stoffen en Producten (VSP)
Contact:
charles.bodar@rivm.nl
Kenmerk:
KN-2024-0068
DOI:
10.21945/RIVM-KN-2024-0068
Datum:
8 april 2025

1. Inleiding

Het RIVM heeft de Hazard Index (HI)-methode ontwikkeld om bij de vergunningverlening rekening te houden met de cumulatie van chemische stoffen (Bodar et al., 2023). Het is belangrijk om de haalbaarheid en uitvoerbaarheid van deze methode vast te stellen voordat een mogelijke beleidsmatige of juridische invoering ervan plaatsvindt. Om dit te onderzoeken wil het RIVM de methode toepassen bij een aantal lokale casussen en heeft daarvoor een uitvraag gedaan bij uitvoeringsinstanties, waaronder omgevingsdiensten.

In opdracht van de Provincie Limburg monitort de Omgevingsdienst Zuid-Limburg (ODZL) gedurende een aantal jaren de uitstoot van onder andere monovinylchloride (MVC), 1,3-butadieen en benzeen in lucht nabij het Chemelot bedrijvencomplex. Door deze uitgebreide monitoringcampagne zijn er veel gegevens beschikbaar en daarmee is Chemelot als een geschikte 'lokale' casus aangemerkt door het RIVM.

Het RIVM heeft met de HI-methode de mogelijke cumulatie-risico's beoordeeld als gevolg van de luchtuitstoot vanuit Chemelot van de drie bovengenoemde stoffen.

2. Scope en afbakening

Het RIVM richt zich in deze beoordeling op de immissietoets lucht die onderdeel vormt van de vergunningverlening binnen het stelsel van vergunningverlening, toezicht en handhaving (VTH). In de immissietoets wordt de berekende of gemeten concentratie van een stof nabij een bedrijf (op leefniveau) getoetst aan het bijbehorende MTR_{lucht}. Details zie: Immissietoets van Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) in de lucht | Informatiepunt Leefomgeving (iplo.nl). De stoffen worden individueel getoetst aan hun MTR_{lucht}. Mogelijke cumulatie-effecten voor de omwonenden als gevolg van blootstelling aan mengsels van stoffen blijven daarmee dus buiten beeld. In dit onderzoek wordt met de HI-methode getoetst of, op basis van de gemeten concentraties van de individuele stoffen, het mengsel van de stoffen aan de immissietoets zou voldoen.

De focus ligt op de drie stoffen die zijn opgenomen in het meetprogramma van ODZL. Er worden ter plekke echter ook andere stoffen uitgestoten die bijdragen aan het mengsel van stoffen waaraan omwonenden kunnen worden blootgesteld. ODZL heeft een lijst beschikbaar gesteld van stoffen die onder de vergunning van het Chemelot bedrijventerrein vallen, inclusief de bijbehorende luchtemissies in 2019 (zie Bijlage 1).

De huidige immissietoets kent een stof-per-stof benadering. Bij overschrijding van het MTR_{lucht} voor individuele stoffen kan het bevoegd gezag aanvullende eisen stellen. We benadrukken dat de HI-methode op dit moment nog geen beleidsmatige of juridische status heeft binnen het VTH-stelsel in Nederland. Wanneer volgens de HI-methode een mengsel van stoffen boven de afkapgrens van 1 uitkomt (zie paragraaf 3), dan is er tenminste vanuit wetenschappelijk oogpunt reden tot zorg.

Het RIVM heeft geen validatie gedaan van de meetwaarden, zoals weergegeven in de ODZL-rapporten (2024; 2025). De jaargemiddelde meetwaarden zijn één-op-één overgenomen in deze beoordeling.

Het RIVM verwacht dat de aanwezigheid van de stoffen MVC en 1,3-butadieen in lucht op het meetpunt Vouershof direct verband houdt met de luchtuitstoot vanuit de Chemelot-bedrijven. In het geval van benzeen zal er naar verwachting ook sprake zijn van een achtergrondblootstelling als gevolg van de uitstoot van andere industriële bronnen of niet-industriële bronnen (bijvoorbeeld verkeer). Dit onderscheid laten we verder buiten beschouwing in deze beoordeling.

3. HI-methode

De HI-methode bestaat uit een getrapte aanpak: een 'tier' 0 en een 'tier' 1. In tier 0 wordt onderzocht of de som van de individuele risico's van de aanwezige stoffen in het mengsel de afkapgrens van 1 overschrijdt. Bij de immissietoets lucht wordt dit individuele risico van een stof bepaald door de luchtconcentratie op leefniveau te delen door het MTR_{lucht} van deze stof. In internationale kaders noemt men deze verhouding ook wel 'hazard quotient' (HQ). De HI is dan de som van de HQs ($HI = \sum HQ$).

De tier 0 geldt als een conservatieve stap, omdat daarin alle stoffen geacht worden bij te dragen aan het risico van het mengsel. Dit ongeacht hun effect en doelorgaan van toxiciteit en ongeacht het werkingsmechanisme daarachter. Wordt de afkapgrens van 1 voor de HI niet overschreden, dan is het niet te verwachten dat het uitgestoten mengsel tot gezondheidseffecten leidt. Wordt de afkapgrens wel overschreden, dan worden in tier 1 de stoffen gegroepeerd naar doelorgaan van toxiciteit en volgt een meer specifieke risicobeoordeling op doelorgaan-niveau, bijvoorbeeld nier of long. Van tier 0 naar tier 1 wordt er ook onderscheid gemaakt tussen niet-genotoxische en genotoxische carcinogene stoffen.

Voor genotoxische carcinogenen is geen concrete verfijningsstap voorgesteld in Bodar et al. (2023). We passen in deze beoordeling een ad hoc benadering van de HI-methode toe voor genotoxische carcinogenen. Voor genotoxisch carcinogenen verschilt de aanpak van verfijning van die van niet-genotoxisch carcinogene stoffen waarvoor een drempelwaarde kan worden afgeleid. Voor stoffen met een drempelwaarde wordt in de verfijningsstap in tier 1 een HI per doelorgaan berekend; indien de $HI<1$ dan is er geen zorg voor cumulatie-effecten. Echter, voor genotoxisch carcinogenen geldt dat er geen concentratie kan worden afgeleid waar beneden geen risico op kanker aanwezig is. Ook indien voor een doelorgaan een $HI<1$ geldt is er een risico op kanker aanwezig, zij het kleiner dan 1 op de 10.000 (beleidsmatige grens). Dit betekent dat, ook indien voor meerdere doelorganen het risico op kanker kleiner is dan 1 op de 10.000, het totale risico op kanker in één of meerdere doelorganen wel groter kan zijn dan 1 op de 10.000. Dit kan worden geverifieerd door per doelorgaan een $HI_{doelorgaan}$ te berekenen en deze HI's voor de verschillende doelorganen te sommeren tot één HI voor het totale risico op kanker (in één of meer van de betreffende doelorganen). Deze gesommeerde HI voor het mengsel van carcinogene stoffen kan dan worden getoetst aan de afkapgrens van 1 om vast te

stellen of het totale risico op kanker groter is dan het risiconiveau van 1 op de 10.000 dat gekoppeld is aan een MTR_{lucht}.

Voor meer algemene details over de HI-methode: zie Bodar et al. (2023) Cumulatie ZZS en vergunningverlening (vervolgonderzoek 2023) (rivm.nl)

4. Gevaarseigenschappen en MTR_{lucht}-waarden

De stoffen MVC, 1,3-butadieen en benzeen behoren alle drie tot de groep van Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) vanwege hun kankerverwekkende (carcinogene) eigenschappen. Hun MTR_{lucht}-waarden staan vermeld in Tabel 1. De drie stoffen zijn genotoxisch carcinogeen, wat betekent dat er in principe geen concentratie kan worden vastgesteld waar beneden er geen risico aanwezig is op het ontstaan van kanker bij de mens. Voor het MTR_{lucht} voor dergelijke carcinogenen wordt uitgegaan van een additioneel kankerrisico bij levenslange blootstelling van 1 op de 10.000. Het geaccepteerde kankerrisiconiveau is een beleidsmatige keuze.

Tabel 1 Overzicht van de MTR_{lucht} waarden voor 1,3-butadieen, MVC en benzeen, als ook het toxicologische eindpunt waarop het betreffende MTR is gebaseerd.

	MTR_{lucht} ($\mu g/m^3$)	**Toxicologisch eindpunt plus referentie**
1,3-butadieen	3	additioneel kankerrisico (leukemie) (Smit en Janssen, 2014)
MVC	3,6	additioneel kankerrisico (leverkanker) (Smit en Janssen, 2014)
Benzeen	5*	additioneel kankerrisico (leukemie) (IIA, 1998; EEA, 2020)

* Het MTR_{lucht} voor benzeen is gebaseerd op de EU-grenswaarde voor lucht.

5. Beoordeling cumulatie-effecten volgens HI-methode

Uitgangspunt voor deze eerste duiding van cumulatie-effecten zijn de gemeten jaargemiddelde concentraties op meetlocatie Vouershof in Geleen nabij het bedrijventerrein Chemelot. Deze jaargemiddelde concentraties zijn verkregen door met 20-minuten intervallen een luchtmonster te nemen van 3 minuten. Het jaarlijks aantal metingen varieert van rond de 9000 (in 2018) tot ongeveer 17.000 - 20.000 (in de jaren erna). De resultaten van de metingen zijn weergegeven in Tabel 2 voor de jaren 2018 tot en met 2024 (ODZL, 2024; ODZL, 2025).

In Tabel 2 is eveneens per jaartal berekend wat de HQ is per stof door de jaargemiddelde luchtconcentratie te delen door het MTR_{lucht}. Vervolgens is de HI per jaartal verkregen door de HQs van de individuele stoffen per jaartal op te tellen. Deze stappen zijn in lijn met de tier 0 binnen de HI-methode (zie paragraaf 3).

Tabel 2 Overzicht van de jaargemiddelde luchtconcentraties, Hazard Quotients (HQs) en Hazard Index (HI) per jaartal (afgeronde getallen). Uitleg: zie tekst.

Jaar	**Jaargemiddelde luchtconcentraties (µg/m³)**			**HQ**			**HI**
	1,3-butadieen	MVC	Benzeen	1,3-butadieen	MVC	Benzeen	
2018	1,3	1,2	1,2	0,43	0,33	0,24	1,0
2019	2,0	1,4	1,3	0,67	0,39	0,26	1,3
2020	2,8	0,9	1,1	0,93	0,25	0,22	1,4
2021	2,4	1,3	1,1	0,80	0,36	0,22	1,4
2022	0,97	0,65	1,3	0,32	0,18	0,26	0,77
2023	1,8	1,5	0,77	0,60	0,42	0,15	1,2
2024	1,0	0,8	1,0	0,33	0,22	0,20	0,76

Tabel 2 laat zien dat wanneer de HQs per stof worden opgeteld, dat met uitzondering van jaren 2022 en 2024, de HI niet onder de afkapgrens 1 blijft. Dit is een reden tot zorg voor mogelijke cumulatie-effecten en geeft aanleiding tot verfijning van het mogelijke risico (via tier 1). Zoals in paragraaf 3 is vermeld, wordt hiervoor een ad hoc methode toegepast voor blootstelling aan de combinatie van de drie genotoxische carcinogenen. Eerst wordt een HI per doelorgaan berekend. Voor MVC is de vorming van levertumoren het belangrijkste eindpunt, terwijl zowel 1,3-butadieen als benzeen leukemie induceren. Ervan uitgaande dat de risico's op leukemie als gevolg van blootstelling aan 1,3-butadieen en benzeen additief zijn, worden de HQs voor deze stoffen gesommeerd tot een HI voor leukemie. Bijvoorbeeld voor het jaar 2018 is de HI voor leukemie (0,43+0,24=) 0,67 en voor het jaar 2020 (0,93+0,22=) 1,15 (zie Tabel 2). Omdat in deze casus alleen MVC levertumoren induceert, is de HI voor levertumoren gelijk aan de HQ voor MVC in Tabel 2.

Verder kan worden aangenomen dat bij gezamenlijke blootstelling aan de drie stoffen bij concentraties in de ordegrootte van het MTR_{lucht}, de kans dat één individu zowel leukemie als levertumoren ontwikkelt gering is. Hierbij is het belangrijk te realiseren dat het risiconiveau van 1 op de 10.000 een risiconiveau op populatieniveau betreft. Het risiconiveau geeft de kans weer dat één individu een type kanker ontwikkelt, in deze casus een levertumor of leukemie. De kans dat één individu zowel leukemie als levertumoren zal ontwikkelen is kleiner. Dan kan de levertumoren HI voor MVC worden opgeteld bij de HI voor leukemie (voor 1,3-butadieen plus benzeen) tot een totaal HI voor het ontwikkelen van tumoren (levertumoren óf leukemie). Dit geeft uiteindelijk de HI-waarden zoals weergegeven in de laatste kolom van Tabel 2.

6. Discussie

We hebben met de HI-methode een beoordeling uitgevoerd van mogelijke cumulatie als gevolg van de uitstoot van drie carcinogene stoffen nabij het Chemelot bedrijventerrein. De individuele stoffen voldeden aan de immissietoets bij de vergunningverlening, omdat de gemeten luchtconcentraties onder het stof-specifieke MTR_{lucht} bleven.

De HI-methode zoals beschreven in Bodar et al. (2023), gaat niet in op een tier 1 verfijning voor genotoxisch carcinogene stoffen. In deze beoordeling is een ad hoc aanpak uitgewerkt die conceptueel overeenkomt met de manier waarop het Vlaamse VITO (De Brouwere, 2023) en EFSA (2021) de mogelijke risico's van gecombineerde blootstelling aan genotoxisch carcinogene stoffen beoordelen.

MVC, 1,3-butadieen en benzeen zijn stoffen waarover veel toxicologische, inclusief epidemiologische, informatie beschikbaar is. Op dat punt zullen de onzekerheden in de MTR_{lucht} waarden, en daarmee de berekende HI, relatief klein zijn.

Het aantal luchtmetingen is groot en beslaat bovendien een lange meetperiode. De jaargemiddelde concentraties die in deze beoordeling zijn gebruikt zijn dus naar verwachting robuust. Het gebruik van jaargemiddelde concentraties is conform de huidige richtlijnen van de immissietoets. De metingen laten zien dat er piekmomenten van blootstelling voorkomen, afgewisseld met perioden dat er geen of een veel lagere blootstelling plaatsvindt. Uitgangspunt bij een risicobeoordeling of bij het afleiden van een MTR_{lucht} voor genotoxisch carcinogenen is dat het risico op kanker gekoppeld is aan een cumulatieve dosis[1]. Tenzij eventuele piekblootstellingen dermate hoog zijn dat duidelijk is dat deze een risico op kanker beïnvloeden, kunnen piekblootstellingen buiten beschouwing blijven bij de toetsing aan het MTR_{lucht}. In de huidige beoordeling is er geen aanleiding te veronderstellen dat het vóórkomen van piekblootstellingen het risico op kanker heeft beïnvloed. Wel hebben pieken in de blootstelling bijgedragen aan de hoogte van de jaargemiddelde concentraties, en werken daarmee ook door in de uiteindelijke HI.

We noemden in paragraaf 2 al dat de bedrijven op het Chemelot-terrein meer stoffen uitstoten dan alleen MVC, 1,3-butadieen en benzeen. Op de lijst van vergunde stoffen staan ook andere carcinogene stoffen (Bijlage 1). De informatie over deze stoffen is nu niet meegenomen in de uitgevoerde HI-berekening, omdat het lastig is ze getalsmatig te koppelen aan de drie stoffen waarvoor meetwaarden beschikbaar zijn (zie paragraaf 2). De gaschromatografie-massaspectrometrie (GC-MS) metingen in Vouershof lieten bovendien zien dat de concentraties van andere gevaarlijke stoffen op deze locatie verwaarloosbaar zijn (mededeling ODZL). Kanttekening daarbij is dat de meettechniek niet alle stoffen kan detecteren. Bovendien zal er ook uitstoot van, bijvoorbeeld, fijnstof zijn waardoor er ook gezondheidseffecten kunnen optreden. De nu berekende HI zal dus altijd een onderschatting zijn van de daadwerkelijke HI. De omvang van deze onderschatting is echter niet duidelijk.

De HI-methode geeft aan dat het berekende risiconiveau als gevolg van de blootstelling aan dit mengsel van stoffen groter is dan 1 op 10.000. Deze risicoschatting is van toepassing op de situatie bij het meetpunt Vouershof. Dit is niet direct het risico op gezondheidseffecten bij de omwonenden van het Chemelot-terrein, hiervoor zijn meer gegevens nodig. Het gaat dan vooral om informatie over de inhalatoire blootstelling. Zo zullen de luchtconcentraties van de betreffende stoffen en daarmee ook de blootstelling eraan niet voor alle omwonenden gelijk zijn. Deze kunnen namelijk afwijken van die op het meetpunt Vouershof. De luchtconcentraties zullen, in het algemeen, waarschijnlijk lager zijn op grotere afstand van het Chemelot-terrein.

7. Conclusies

De casus Chemelot laat zien dat de Hazard Index (HI)-methode in principe toepasbaar is bij de immissietoets lucht om zo rekening te houden met mengseleffecten van stoffen. In 2025 gaat het RIVM met andere stakeholders kijken naar de voor- en nadelen van een eventuele beleidsmatige invoering van de HI-methode bij de vergunningverlening lucht. We zullen dan ook voorstellen doen voor een aantal technische randvoorwaarden bij het gebruik van de methode. Deze Chemelot casus zal samen met andere praktijkvoorbeelden input geven voor deze activiteit.

[1] Dit wil zeggen dat het risico op kanker lineair gekoppeld is aan de dosis waaraan iemand is blootgesteld. Dit ongeacht het verloop van de blootstelling over een tijdsbestek. Zo resulteert, bijvoorbeeld, een tien jaar lange blootstelling aan een concentratie in dezelfde dosis als een één jaar lange blootstelling aan een tienmaal hogere concentratie (Bos et al., 2004).

Uit de casus Chemelot blijkt dat de HI-methode met uitzondering van de jaren 2022 en 2024 niet onder de afkapgrens van 1 blijft op het meetpunt Vouershof. Dit als gevolg van de gezamenlijke immissie van de carcinogene stoffen MVC, benzeen en 1,3-butadieen. Een overschrijding van de afkapgrens van 1 betekent in deze situatie dat het totale risico op kanker groter is dan het risiconiveau van 1 op de 10.000 dat gekoppeld is aan een MTR_{lucht}. We benadrukken dat meer informatie nodig is over de blootstelling van omwonenden aan het mengsel om hun risico's te kunnen inschatten.

Dankwoord

De auteurs danken de collega's van ODZL voor het beschikbaar stellen van de meetgegevens Vouershof. Verder zijn zij de RIVM-collega's Joke Herremans en Els Smit erkentelijk voor hun kritische blik op de inhoud van deze kennisnotitie.

Literatuurlijst

Bodar, C.W.M. et al. (2023). Cumulatie ZZS en vergunningverlening (vervolgonderzoek 2023). RIVM-rapport nr. 2023-0411.

Bos P.M., Baars B.J., van Raaij M.T. (2004). Risk assessment of peak exposure to genotoxic carcinogens: a pragmatic approach. Toxicol. Lett. 2004 Jun 15;151(1):43-50. doi: 10.1016/j.toxlet.2004.01.027. PMID: 15177639.

De Brouwere, K. (2023). Beoordeling blootstelling aan mengsel: 'quickscan' – focus op metalen. Niet-gepubliceerde quickscan van VITO (Vision on technology) voor RIVM, inclusief 'Handleiding Excel tool gecombineerde blootstelling' van december 2020.

EEA (2020) Air Quality in Europe - 2020 report, EEA-report 9/2020.

EFSA (2021). EFSA Scientific Committee – Guidance document on scientific criteria for grouping chemicals into assessment groups for human risk assessment of combined exposure to multiple chemicals. EFSA Journal 2021; 19(12):7033, 37 pp. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.7033.

Instituto Inquinamento Atmosferico (IIA) (1998). COUNCIL DIRECTIVE ON AMBIENT AIR QUALITY ASSESSMENT AND MANAGEMENT WORKING GROUP ON BENZENE. POSITION PAPER. Url: COUNCIL DIRECTIVE ON AMBIENT AIR QUALITY ASSESSMENT AND MANAGEMENT WORKI\ \ NG GROUP ON BENZENE (archive-it.org)

ODZL (Regionale uitvoeringsdienst Zuid-Limburg) (2024, niet gepubliceerd). Advies Lucht. Monitoring Zeer Zorgwekkende Stoffen nabij Chemelot 2018-2023 (1,3-butadieen, monovinylchloride, benzeen). Zaaknummer 2017-204912.

ODZL (Regionale uitvoeringsdienst Zuid-Limburg) (2025, niet gepubliceerd). Advies Lucht. Monitoring Zeer Zorgwekkende Stoffen nabij Chemelot 2018-2024 (1,3-butadieen, monovinylchloride, benzeen). Zaaknummer 2021-203144.

Smit C.E., Janssen M.P.M. (2014). Luchtnormen voor Zeer Zorgwekkende Stoffen. Herziening van milieukwaliteitsnormen. RIVM briefrapport 2014-0039.

Bijlage 1. Luchtemissies (2019) van (potentiële) ZZS in vergunning Chemelot. Bron: ODZL.

Chemische naam	Emissie in kg 2019
monovinylchloride	7322
1,2-dichloorethaan	0
1,2-bis(2-methoxyethoxy)ethaan	7
acrylonitril	5737
aceetaldehyde	0
nikkel	0
koolstofmonoxide	2606107
benzeen	9501
benzine	7757
1,3-butadieen	9152
dimethylaceetamide	1044
dimethylformamide	5374
aromatische mengsels	2729
methylpyrollidon	148
naftaleen	80
nafta	4012
quench	181
MTBE	583
M- xyleen	1736
O-xyleen	154
xyleen, mengsel	12
vinylacetaat	25
styreen	
benzaldehyde	7
N,N-dimethylformamide	5374
terfenyl	1
kwikverbindingen	2
zware metalen (nikkel en lood)	2
cadmium en thallium	2
dioxinen en furanen	0,000001811
loodverbindingen	0
di-ethylether	60

Dit document is op 8 september 2025 technisch aangepast ter verbetering van de digitale toegankelijkheid. De inhoud en vormgeving zijn ongewijzigd.