



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

**Risicobeoordeling gecombineerde
effecten van individuele stoffen in
drinkwater**

Meetdata Nederlands drinkwater 1996-2008

RIVM rapport 703719086/2012

N.G.F.M. van der Aa | P.J.C.M. Janssen |

E.M.J. Verbruggen



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

Risicobeoordeling gecombineerde effecten van individuele stoffen in drinkwater

Meetdata Nederlands drinkwater 1996-2008

RIVM Briefrapport 703719086/2012

N.G.F.M. van der Aa | P.J.C.M. Janssen | E.M.J. Verbruggen

Colofon

Dankwoord

De auteurs bedanken Els Smit (RIVM) en Henk Ketelaars (Evides) voor hun ideeën en opmerkingen bij de totstandkoming van dit rapport.

© RIVM 2012

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Monique van der Aa

Paul Janssen

Eric Verbruggen

Contact:

Monique van der Aa

Centrum Inspectie-, Milieu en Gezondheidsadviesing

Monique.van.der.aa@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Inspectie van Leefomgeving en Transport, in het kader van project 703719 Monitoring en handhaving drinkwater

Rapport in het kort

Risicobeoordeling gecombineerde effecten van individuele stoffen in drinkwater

Meetdata Nederlands drinkwater 1996-2008

Het drinkwater in Nederland kan restanten van chemische stoffen zoals geneesmiddelen bevatten. De concentratie van deze stoffen is dermate laag dat ze afzonderlijk geen risico voor de volksgezondheid vormen. Maar ook als de berekende risico's van de stoffen bij elkaar worden opgeteld (mengseltoxiciteit) vormt het drinken van drinkwater geen risico. Dit blijkt uit een eerste verkenning van het RIVM. Het onderzoek is uitgevoerd omdat voorheen niet werd uitgesloten dat de afzonderlijke stoffen gezamenlijk wel schadelijk kunnen zijn.

Opgetelde gezondheidsrisico's

Drinkwaterbedrijven analyseren het oppervlaktewater dat wordt gebruikt voor drinkwater op meer dan honderd stoffen. Voor dit onderzoek zijn meetgegevens gebruikt van 1996 tot en met 2008. Toekomstige ontwikkelingen zoals een veranderend klimaat zijn niet in deze verkenning meegenomen. Gemiddeld werden in één jaar 2 tot 9 stoffen aangetroffen in het gezuiverde drinkwater. Bij de berekeningen is uitgegaan van het ongunstigste scenario dat alle aangetroffen stoffen gelijktijdig in het water zitten. Om meer zekerheid te krijgen over de bevindingen is het raadzaam om de berekeningen nogmaals uit te voeren met meer en actuelere data, en op basis van meer winningen.

Twee individuele stoffen opgemerkt

In het verlengde van dit onderzoek zijn de risico's van afzonderlijke stoffen nader beschouwd. De resultaten bevestigen de bestaande bevinding dat de stoffen afzonderlijk geen gezondheidsrisico vormen. Wel is van twee stoffen (broomdichloormethaan en 1,2,3-trichloorpopaan) enkele malen het Verwaarsloosbare Risiconiveau (VR) overschreden. Het Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR) is niet overschreden, waardoor ze ook geen risico vormen voor de gezondheid. Deze bevindingen worden echter vermeld vanwege de kankerverwekkende eigenschappen van deze stoffen. Deze stoffen ontstaan ondermeer door het gebruik van chloorproducten bij de drinkwaterzuivering. Inmiddels worden deze chloorproducten niet meer gebruikt.

Trefwoorden:

mengseltoxiciteit, drinkwater, toxicologische grenswaarde, kankerrisico

Abstract

Risk assessment combined effects of individual substances in drinking water

Dutch drinking water measurements 1996-2008

Residuals of chemicals like pharmaceuticals can be present in drinking water in the Netherlands. The amount of each substance is very low which means there is no risk expected for public health at the level of individual substances. Even if the calculated risks of the substances are added together (mixture toxicity) consumption of drinking water shows no risk. This is concluded in the first tentative study by RIVM. This research is done because human health risks were possibly be expected from the combined effects of detected individual substances in drinking water

Combined health risks

Drinking water suppliers perform analyses in the source surface water on more than a hundred substances. In this project data of measurements are used from the period 1996 – 2008. Future developments like climate change are not considered in this study. The average amount of detected substances in finished drinking water was 2 – 9 in an individual year. For these calculations the most adverse scenario is chosen which means that all detected substances are present at the same time. To get more certainty on the results it is advised to do the calculations once more with more recent data and for more production locations.

Two individual substances notified

In accordance with this research the risks of individual substances are considered. Results confirm the existing conclusion that individual substances give no health risk. Besides, the Negligible Risk Level was exceeded a few times for two substances (bromodichloromethane and 1,2,3 trichloropropane). These substances are disinfection by-products because of the use of chlorine during treatment. The Maximum Tolerated Risk level (MTR) was not exceeded so there was no health risk. These substances are notified in the report because of their carcinogenic properties. Nowadays chlorine is not used anymore.

Hazard Index, mixture toxicity, drinking water, toxicological risk limit, cancer risk, drinking water, toxicological risk limit, cancer risk

Inhoud

1	Inleiding—7
1.1	Achtergrond—7
1.2	Mengseltoxiciteit in relatie tot drinkwater—7
1.3	Onderzoeksdoel—8
2	Werkwijze—9
2.1	Rewab meetdata rein water—9
2.2	Berekening Hazard Index via concentratie-additie—9
2.3	Berekening kankerrisico voor genotoxisch carcinogenen—10
2.4	Aannames bij de mengselberekening—11
3	Resultaten en discussie—13
3.1	Berekening van de Hazard Index via concentratie-additie—13
3.2	Berekening kankerrisico voor genotoxische carcinogenen—13
4	Conclusies en aanbevelingen—15
4.1	Conclusie—15
4.2	Aanbevelingen—15
	Literatuur—17
	Bijlage: Berekening Hazard Index (HI) en Kankerrisico (KR) voor individuele drinkwaterpompstations—19

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Drinkwater kan restanten bevatten van veel verschillende stoffen. In de wettelijk voorgeschreven meetprogramma's voor drinkwater zijn tientallen stoffen, stofgroepen en andere kwaliteitsparameters opgenomen waarop het drinkwater meerdere malen per jaar gecontroleerd moet worden. Vaak monitoren drinkwaterbedrijven aanvullend ook nog andere stoffen. In de praktijk wordt het drinkwater dan ook gecontroleerd op vaak meer dan honderd individuele stoffen.

Het drinkwater moet voldoen aan drinkwaterkwaliteitsnormen die wettelijk zijn vastgesteld. Deze normen zijn onder meer gebaseerd op een toxicologische risicobeoordeling. Bij het vaststellen van deze normen wordt door middel van een veiligheidsfactor rekening gehouden met onzekerheden rondom toxiciteit. De risicobeoordeling vindt plaats op basis van individuele stoffen. Er wordt geen rekening gehouden met mengseltoxiciteit. Hieronder wordt verstaan: de eventuele interactie van verschillende stoffen en cumulatie van effecten in een mengsel, waardoor de toxicologische effecten van het mengsel anders (groter) kunnen zijn dan wanneer alleen naar de individuele stoffen wordt gekeken.

1.2 Mengseltoxiciteit in relatie tot drinkwater

Er zijn twee methoden om de totale toxiciteit van ruwwater of drinkwater te bepalen.

1. Bepaling van de toxiciteit van zoveel mogelijk individuele stoffen en berekening van het totaaleffect door de concentraties van de individuele stoffen bij elkaar op te tellen (concentratie-additie). Er wordt dan vanuit gegaan dat de stoffen hetzelfde werkingsmechanisme hebben. De toxicologische gegevens van de individuele stoffen moeten bekend zijn of redelijkerwijs kunnen worden geschat (Syberg et al., 2009) ¹.
2. Bepaling van de reactie van een organisme op de stof of op het mengsel van stoffen. Bij zulke effectgerichte testen (bioassays) wordt direct de toxiciteit van het mengsel bepaald. Het kan lastig zijn om de uitkomst van zo'n toxiciteitstest te kwantificeren, meestal moet volstaan worden met een relatieve aanduiding ten opzichte van een stof met goed bekende werking.

In de praktijk zal een combinatie van beide methoden het beste resultaat opleveren, waarbij er continu gemonitord wordt met bioassays en wanneer daar reden toe is, chemische analyses worden uitgevoerd.

In 2009 heeft de Europese Commissie een uitgebreide studie uitgebracht over mengseltoxiciteit (Kortenkamp et al., 2009). Doel van de studie was de wetenschappelijke kennis en regelgeving omtrent het omgaan met 'chemische cocktails' in beeld te brengen. In de studie wordt gesteld dat er voldoende

¹) Een andere manier om mengseltoxiciteit te beschrijven is via de repons-additie, waarbij ervan wordt uitgegaan dat de stoffen in het mengsel niet hetzelfde werkingsmechanisme hebben, maar dat de effecten die de stoffen hebben additief zijn en dus bij elkaar opgeteld kunnen worden. Het verschil tussen concentratie-additie en repons-additie is zeer klein naarmate er meer stoffen aanwezig zijn. Wanneer stoffen elkaar positief of negatief beïnvloeden, is het resultaat een effect dat groter of kleiner kan zijn dan via concentratie-additie of repons-additie te verwachten is (Verbruggen en Van den Brink, 2011). Deze interacties worden veelal waargenomen bij relatief hoge blootstellingsniveaus, waarbij de afzonderlijke stoffen zelf ook al een effect bewerkstelligen (Pieters en Könemann, 1997). Gezien de lage concentraties in drinkwater is interactie niet waarschijnlijk (Van der Oost et al., 2008)

kennis is om de risico's voor de mens en het milieu ten gevolge van de gecombineerde blootstelling aan meerdere chemicaliën te beoordelen. Deze beoordeling is nodig om te voorkomen dat risico's worden onderschat, aangezien in de huidige beoordelingssystematiek alleen de risico's van individuele stoffen worden beschouwd. Het vertalen van deze wetenschappelijke kennis in toepasbare regelgeving is echter niet eenvoudig en vraagt nog aanzienlijke inspanningen (Kortenkamp et al., 2009). De auteurs stellen voor om het concept van concentratie-additie te hanteren bij het beleid voor mengseltoxiciteit. Ook Verbruggen en Van der Brink (2010) komen tot deze conclusie. Dit sluit aan op de ervaringen in een aantal Europese landen en in de VS waar in de nationale wetgeving mengseltoxiciteit wel is geregeld.

1.3 Onderzoeksdoel

In dit rapport wordt het concept van concentratie-additie gehanteerd voor het onderzoeken van de volgende vraag rondom mengseltoxiciteit:

Is er sprake van een gezondheidsrisico wanneer de individuele effecten van de gemeten individuele stoffen in Nederlands drinkwater bij elkaar worden opgeteld?

2 Werkwijze

2.1 Rewab meetdata rein water

De Rewab database is gebruikt voor de selectie van rein water meetdata bij pomstations in de periode 1996 t/m 2008. De volgende stofgroepen zijn geselecteerd:

- organische parameters (hoofdgroep 2)
- bestrijdingsmiddelen en metabolieten (hoofdgroep 4)
- farmaceutische middelen (hoofdgroep 5)

Per pompstation en per jaar zijn van alle, meer dan 100 gemeten individuele stoffen alleen de metingen geselecteerd boven de detectielimiet. Hiervan is vervolgens de gemiddelde gemeten concentratie gekozen als basis voor de berekening van de Hazard Index (HI). Er is een selectie van pompstations gekozen waar tussen 1991 en 2008 bestrijdingsmiddelen zijn aangetroffen in concentraties > 0,1 µg/L. In aanvulling hierop zijn pompstations geselecteerd waar tussen 2000 en 2008 de meeste stoffen zijn aangetroffen in het betreffende jaar. Hiervan is een selectie gemaakt zodat zoveel mogelijk drinkwaterbedrijven en pompstations zijn vertegenwoordigd. Bijlage 1 toont de geselecteerde meetdata. Het betreft de volgende pompstations:

- Dordrecht (1996, 2003)
- Rotterdam Berenplaat (1996, 2002 t/m 2008)
- Braakman (2006)
- Rotterdam Kralingen (1997, 2002, 2008)
- Holten (2005)
- Scheveningen (2004, 2005)
- Leiduin (2005, 2006)
- Weesperkarspel (2005, 2006)
- Andijk (2005)
- Monster (2008)
- Bergen (2008)
- Wijk aan Zee (2006)

2.2 Berekening Hazard Index via concentratie-additie

De aangetroffen concentraties voor individuele stoffen kunnen worden vergeleken met hun chronische orale toxicologische grenswaarde (Aanvaardbare Dagelijkse Inname (ADI) of Toelaatbare Dagelijkse Inname (TDI)) op basis van de standaardname van een drinkwaterconsumptie van 2 liter per dag. Voor de farmaceutische middelen amidotrizoinezuur en jopamidol was geen TDI/ADI beschikbaar en is gebruik gemaakt van een voorlopige ADI zoals afgeleid door Versteegh et al. (2003). Deze is gebaseerd op de laagst bekende farmacologisch effectieve dosis.

In de mengseltoxicologie is de berekening van de Hazard Index een gebruikelijke aanpak. De HI voor één individuele stof geeft aan de verhouding aan tussen de geschatte blootstelling en de toxicologische norm (beide in µg/kg lichaamsgewicht/dag). Door voor verschillende stoffen de HI te sommeren kan het mengselrisico beoordeeld worden:

$$\sum_{1-n} \frac{Blst_1}{TDI_1} + \frac{Blst_2}{TDI_2} + \dots + \frac{Blst_n}{TDI_n} = somHI$$

De HI-berekening zoals weergegeven in deze formule is een screeningsinstrument met inherente beperkingen. Door HIs te sommeren voor verschillende stoffen wordt verkend of, in geval dat voor individuele stoffen geen risico wordt gevonden (dwz $HI < 1$ voor individuele stoffen), voor de stoffen samen toch een risico aanwezig zou kunnen zijn. Wanneer de som van ratio's kleiner is dan 1 kan een mengselrisico zo goed als uitgesloten worden. Is de overall HI groter dan 1 dan is dit een aanwijzing dat er mogelijk een risico is. Een HI groter dan 1 betekent in feite een 'inbreuk' op de veiligheidsmarges zoals ingebouwd in TDIs. In veruit de meeste gevallen worden TDIs afgeleid met behulp van assessment factoren van 100 of zelfs nog groter. Gezien de grootte van deze factor betekent een HI groter dan 1 niet onmiddellijk een daadwerkelijk gezondheidsrisico. Pas wanneer de som-HI ver boven 1 ligt is een daadwerkelijk gezondheidsrisico aannemelijk. Voor TDIs die zijn gebaseerd op proefdiergegevens (en dus assessment-factoren van ≥ 100 zullen zijn gebruikt) geldt eigenlijk dat pas wanneer de som HI uitkomt boven 100, de ingebouwde veiligheidsmarge helemaal 'opgebruikt' is en daadwerkelijke gezondheidseffecten met grote zekerheid te verwachten zijn.

De HI-berekening houdt in dat effecten van individuele stoffen bij elkaar opgeteld worden. Of een dergelijke additie in toxicologisch opzicht gerechtvaardigd is, is een belangrijk discussiepunt in de literatuur over mengseltoxiciteit en hoe deze mee te nemen in de risicobeoordeling. Zoals uitgelegd in het recente rapport over mengseltoxiciteit opgesteld in opdracht van de EU (Kortenkamp et al. 2009), is gebruik van de HI-benadering te zien als een nuttige worst-case verkenning zelfs voor stoffen waarvoor een vergelijkbare toxicologische werking niet vaststaat op basis van de beschikbare data. Bepaalde meer recente experimenten ondersteunen namelijk eenduidig, zo geven Kortenkamp et al. (2009) aan, dat mengsels van toxicologische diverse stoffen die elk onder hun respectievelijke NOAEL aanwezig waren, toch toxiciteit kunnen veroorzaken. Eerder was dit effect weliswaar in bepaalde ecotoxicologische experimenten gevonden maar in de humane toxicologie wezen de schaarse eerdere experimenten op een dergelijke mengselwerking slechts voor gelijksoortig werkende stoffen.

2.3 Berekening kankerrisico voor genotoxisch carcinogenen

Voor genotoxisch carcinogenen worden geen TDIs afgeleid maar worden zogenaamde risicospecifieke doses berekend: geschatte levenslange innames in mg/kg lg/dag waarbij, op basis van standaardberekeningen, te specificeren extra kankerrisico's bereikt worden. In het Nederlandse overheidsbeleid aangaande chemische stoffen worden extra kankerrisico's gehanteerd variërend van één op tienduizend (Maximaal Toelaatbaar Risico ofwel MTR) tot één op miljoen (Verwaarloosbaar Risico ofwel VR). In recente jaren is internationaal opnieuw aandacht besteed aan de betrouwbaarheid van de kankerrisicoberekeningen naar de lage risiconiveaus van 10^{-4} , 10^{-5} en 10^{-6} . Hierbij is nogmaals geconcludeerd dat dergelijke berekeningen slechts beperkte betrouwbaarheid hebben en is aangegeven dat een andere risicokwantificering daarom te overwegen is. In de huidige fase echter is het Nederlandse beleid op dit punt echter ongewijzigd. In dit rapport worden de kankerrisicoberekeningen

vergeleken met zowel het één op tienduizend (MTR) als het één op een miljoen (VR) risiconiveau per leven bij levenslange blootstelling.

Bij gelijktijdige aanwezigheid van meerdere genotoxisch carcinogenen ligt als mengsel-aanpak effect-additie voor de hand. Gezien het waarschijnlijke worst-case karakter (en de beperkte betrouwbaarheid) van de kankerrisicoberekeningen voor individuele stoffen dient een dergelijke effect-additie als beperkt betrouwbaar en wellicht nog meer worst-case beschouwd te worden.

2.4 Aannames bij de mengselberekening

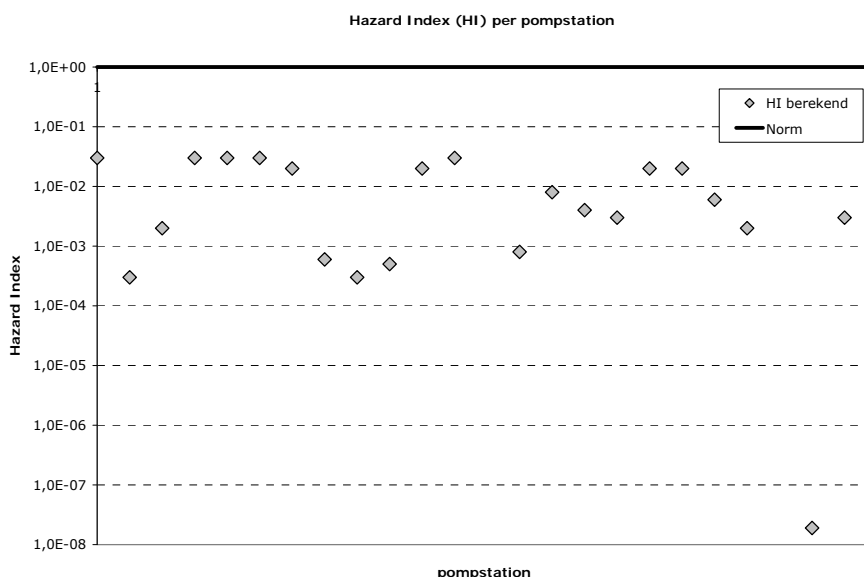
Om tot een uitspraak te komen voor het gehele mengsel van de aangetroffen stoffen zijn een aantal conservatieve (worst-case) aannames gedaan:

- Per jaar en per meetstation wordt gelijktijdige aanwezigheid van de aangetroffen stoffen verondersteld. Dit is een conservatieve aanname aangezien het exacte meetmoment in het betreffende jaar niet bekend is, zodat de aangetroffen stoffen niet gelijktijdig aanwezig hoeven te zijn geweest.
- Er wordt uitgegaan van levenslange blootstelling aan gemiddelde concentraties van één jaar. Omdat de jaren met de hoogste concentraties zijn geselecteerd voor de berekeningen, is dit eveneens een conservatieve aanname.
- De HI benadering houdt in dat effecten van individuele stoffen bij elkaar opgeteld worden, zelfs voor stoffen waarvoor een vergelijkbare toxicologische werking niet vaststaat.

3 Resultaten en discussie

3.1 Berekening van de Hazard Index via concentratie-additie

Figuur 1 toont een overzicht van de berekeningen van de som van de Hazard Index per pompstation. Bijlage 1 toont de getallen ook voor de individuele stoffen. Hieruit blijkt dat voor individuele stoffen de berekende hazard indices klein tot zeer klein zijn ($\leq 0,02$). Voor géén van de locaties wordt een aanwijzing gevonden voor een mengseltoxiciteitsrisico: de som van individuele hazard indices bedroeg maximaal slechts 0,03. Dit is ruim onder de als veilig beschouwde grens van 1. Het aantal gemeten individuele stoffen boven de detectielimiet waarop de berekening is gebaseerd is echter beperkt, namelijk 2 tot 9 per winning. De metingen van de overige, meer dan 100 stoffen die per winning worden geanalyseerd bevonden zich beneden de detectielimiet.



Figuur 1 Vergelijking berekende Hazard Index (HI) per pompstation met norm

3.2 Berekening kankerrisico voor genotoxische carcinogenen

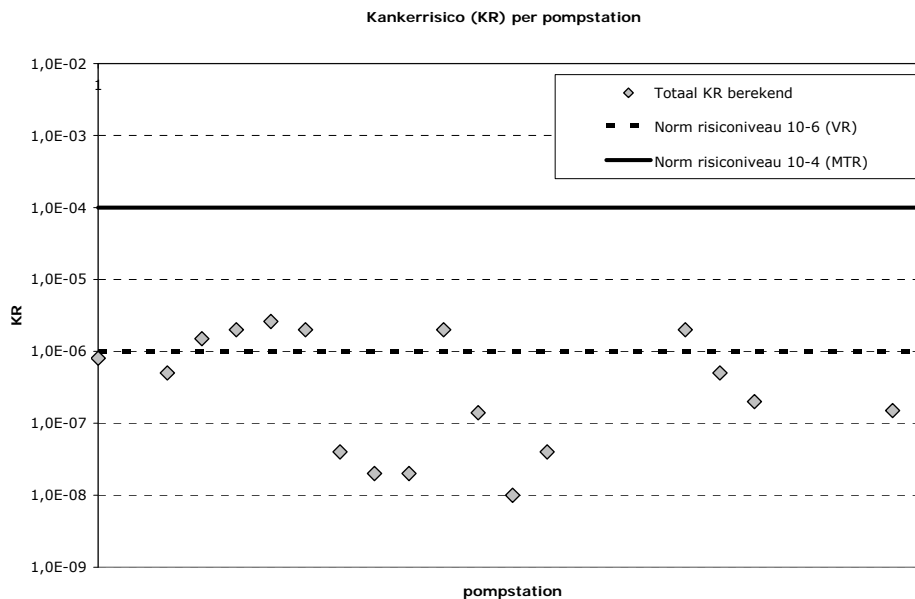
Figuur 2 toont een overzicht van de kankerrisicoberekeningen per pompstation. Bijlage 1 toont de getallen ook voor de individuele stoffen. Voor genotoxische carcinogenen ligt het berekende kankerrisico voor individuele stoffen in de meeste gevallen beneden of rond het Verwaarloosbare Risiconiveau (VR) van één op een miljoen per leven bij levenslange blootstelling. Geringe overschrijdingen worden enkele malen berekend voor broomdichloormethaan en 1,2,3-trichloorpropaan bij de pompstations Dordrecht en Rotterdam-Berenplaat tussen 1996 en 2005.

Voor 1,2,3-trichloorpropaan lag in deze jaren de detectiegrens van de meetmethode al boven de concentratie die een kankerrisico van één op tienduizend per leven bij levenslange blootstelling met zich meebrengt (MTR). Dit betekent dat voor blootstelling aan drinkwater waarin deze stof niet is aangetoond ($< 0,2 \mu\text{g/L}$) gezondheidsrisico's toch niet kunnen worden

uitgesloten. In de jaren erna is de stof niet meer aangetroffen terwijl de detectielimiet is verlaagd naar 0,04 µg/L, een concentratie waarbij het kankerrisico zich circa een ordegrrootte beneden het Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR) van één op tienduizend per leven bij levenslange blootstelling bevindt. Het is dan ook onwaarschijnlijk dat gezondheidsrisico's zijn opgetreden.

1,2,3-trichloorpropan wordt toegepast als industrieel oplosmiddel, als verf- en vernisverwijderaar en als ontsmettings- en vetoplossend middel. Het is ook een desinfectiebijproduct dat net als broomdichloormethaan, gevormd wordt bij het gebruik van chloorproducten tijdens de drinkwaterzuivering. In november 2005 is het gebruik van chloorbleekloog voor de desinfectie vervangen door Ultraviolette (UV) straling, hetgeen duidelijk is terug te zien in de sterk afgenomen gehalten in de jaren hierna.

De berekende mengseleffecten voor genotoxisch carcinogenen (sommerring van berekende individuele kankerrisico's) laten geen extra risico zien.



Figuur 2 Vergelijking berekend Kankerrisico (KR) per pompstation met de risiconiveau's één op tienduizend (VR) en één op een miljoen (VR) per leven bij levenslange blootstelling (VR)

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusie

Deze verkennende studie geeft op basis van meetgegevens voor drinkwater uit de periode 1996 - 2008 geen aanwijzing voor het optreden van een mengseltoxiciteitsrisico. Dit betekent dat er geen gezondheidsrisico wordt verwacht wanneer de effecten van de in het drinkwater aangetroffen individuele stoffen bij elkaar worden opgeteld. In overeenstemming daarmee is het onwaarschijnlijk dat de individuele in drinkwater aangetroffen stoffen zijn verbonden met een gezondheidsrisico.

Voor twee individuele stoffen, de genotoxisch carcinogenen broomdichloormethaan en 1,2,3-trichloorpopaan, werd enkele malen het Verwaarsloosbare Risiconiveau (VR) overschreden. Het Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR) werd niet overschreden. Gezien de worst case benadering in deze studie zal het werkelijke gezondheidsrisico kleiner zijn dan het berekende risico. Het is dan ook onwaarschijnlijk dat gezondheidsrisico's zijn opgetreden.

Het aantal gemeten individuele stoffen boven de detectielimiet waarop de berekening is gebaseerd is beperkt, namelijk 2 tot 9 per winning. De metingen van de overige, meer dan 100 stoffen die per winning worden geanalyseerd bevonden zich beneden de detectielimiet.

4.2 Aanbevelingen

Gezien de beperkte dataset is het aan te bevelen een dergelijke analyse opnieuw te doen op basis van een grotere dataset met recente drinkwateranalyses.

Literatuur

Kortenkamp, Th. Backhaus , M. Faust (2009). State of the Art Report on Mixture Toxicity - Final Report. Report commissioned by the European Commission, DG Environment.

Oost, van der R. (2008). Visie op mengseltoxiciteit in drinkwater, KWR Watercycle Research Institute, BTO-rapport 2008.009

Pieters M.N., W.H. Könemann (1997). Mengseltoxiciteit: een algemeen overzicht en evaluatie van de veiligheidsfactor van 100 toegepast in het stoffenbeleid, RIVM-rapport 620110004. www.rivm.nl.

Syberg, K. et al. (2009) On the Use of Mixture Toxicity Assessment in REACH and the Water Framework Directive: a Review, Human and Ecological Risk Assessment, 15, p.1257-1272.

Verbruggen E.M.J., P.J. van den Brink (2010). Review of recent literature concerning mixture toxicity of pesticides to aquatic organisms, RIVM Report 601400001, 2010. www.rivm.nl

Versteegh, J.F.M., A.A.M. Stolker, W. Niesing, J.J.A. Muller (2003). Geneesmiddelen in drinkwater en drinkwaterbronnen. Resultaten van het meetprogramma 2002. RIVM rapport 703719004/2003

Bijlage: Berekening Hazard Index (HI) en Kankerrisico (KR) voor individuele drinkwaterpompstations

De Rewab-database is gebruikt voor de selectie van rein water meetdata: drinkwaterpompstations waar tussen 1991 en 2008 bestrijdingsmiddelen, organische parameters of farmaceutische middelen zijn aangetroffen boven de detectielimiet. De pompstations met de meeste metingen zijn geselecteerd. Hiervan is vervolgens een selectie gemaakt zodat zoveel mogelijk drinkwaterbedrijven en pompstations zijn vertegenwoordigd. De gemiddelde gemeten concentratie in het betreffende jaar zijn gekozen als basis voor de berekeningen.

N.V. Waterbedrijf Europoort, Station 04, Dordrecht, jaar 1996

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Broomdichloormethaan	4,5	-	-	5,5	1,2 E-06
Dibroomchloormethaan	4,2	21,4	0,006	-	-
Tribroommethaan	1,9	20	0,003	-	-
Trichloormethaan	6,1	30	0,007	-	-
Ethylbenzeen	0,03	100	0,00001		
Ethyleendiaminetetra-azijnzuur (EDTA)	16	1960	0,0003	-	-
Diuron	0,3	7	0,001	-	-
Fosfamidon	<0,01	0,5	-	-	-
TCA (trichloorazijnzuur)	3,4	32,5	0,004	-	-
			Σ= 0,02		Σ 1,2E-06

N.V. Waterbedrijf Europoort Station 01, Rotterdam Berenplaat, 1996

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Broomdichloormethaan	8,4	-	-	5,5	1,5 E-06
Dibroomchloormethaan	9,1	21,4	0,01	-	-
Tribroommethaan	6,3	20	0,01	-	-
1,1,2-Trichloorethaan	<0,2	4	-	-	-
Trichloormethaan	8,1	30	0,01	-	-
1,2,3-Trichloorpropaan	<0,2	-	-	0,0012	-
Ethylbenzeen	<0,05	100	-	-	-
Acenaftyleen	<0,002	-	-	15	-
Ethyleendiaminetetra-azijnzuur (EDTA)	22	1960	0,0004	-	-
Atrazine	0,05	5,0	0,0003	-	-
Bromacil	<0,06	100	-	-	-
Diuron	<0,01	7	-	-	-
			Σ= 0,03		1,5E-06

N.V. Waterbedrijf Europoort, Station 01, Rotterdam Berenplaat, 2002

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Broomdichloormethaan	10	-	-	5,5	2,0 E-06
Dibroomchloormethaan	7	21,4	0,01	-	-
Tribroommethaan	1,6	20	0,003	-	-
Trichloormethaan	14	30	0,02	-	-
1,2,3-Trichloorpropaan	<0,2	-	-	0,0012	-
Tolueen	<0,05	223	-	-	-
Geosmine	0,87	NB	-	-	-
2-Methylisoborneol	0,73	NB	-	-	-
Atrazine	0,03	5	0,0002	-	-
Simazine	<0,04	5	-	-	-
			Σ=0,03		2,0E-06

N.V. Waterbedrijf Europoort, Station 01, Rotterdam Berenplaat, 2003

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Broomdichloormethaan	12	-	-	5,5	2,0 E-06
Dibroomchloormethaan	8,7	21,4	0,01	-	-
Tribroommethaan	2,4	20	0,004	-	-
Trichloormethaan	13	30	0,01	-	-
Geosmine	1,3	NB	-	-	-
2-Methylisoborneol	1,4	NB	-	-	-
Atrazine	0,02	5	0,0001	-	-
Chloorprofam	<0,02	50	-	-	-
			Σ=0,02		2,0E-06

N.V. Waterbedrijf Europoort, Station 01, Rotterdam Berenplaat, 2004

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Broomdichloormethaan	13	-	-	5,5	2,4 E-06
Dibroomchloormethaan	9,8	21,4	0,02	-	-
Tribroommethaan	3,9	20	0,002	-	-
Trichloormethaan	12	30	0,01	-	-
Tolueen	<0,05	223			
Geosmine	0,74	NB	-	-	-
2-Methylisoborneol	0,87	NB	-	-	-
Methyl-tertiair-butylether (MTBE)	0,071	300	0,000008		
Diuron	0,03	7	0,0001		
Monuron	0,03	-	-	0,12	2,5 E-07
Simazine	<0,03	5	-	-	-
			Σ=0,03		2,6E-06

N.V. Waterbedrijf Evides Station 11, Rotterdam Berenplaat, 2005

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Broomchloormethaan	<0,04	-	-	-	-
Broomdichloormethaan	9,9	-	-	5,5	1,8 E-06
Dibroomchloormethaan	7,4	21,4		-	-
Dibroommethaan	<0,04	-	-	-	-
Dichloormethaan	0,061	60	0,000006	-	-
Tribroommethaan	2,9	20	0,005	-	-
Trichloormethaan	10,8	30	0,012	-	-
Tolueen	0,042	223	0,000006	-	-
Chlooretheen (vinylchloride)	0,043	-	-	0,18	0,2 E-06
Geosmine	0,8	NB	-	-	-
2-methylisoborneol	0,82	NB	-	-	-
Chloormethaan	<0,04	NB		-	-
Methyl-tertiair-butylether (MTBE)	0,044	300	0,000005	-	-
parathion-ethyl	<0,01	4	-	-	-
			Σ=0,02		2,0 E-06

N.V. Waterbedrijf Evides Station 11, Rotterdam Berenplaat, 2006

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Broomdichloormethaan	0,21	-	-	5,5	4 E-08
Dibroomchloormethaan	0,066	21,4	0,0001	-	-
Trichloormethaan	0,46	30	0,0005	-	-
Geosmine	0,21	NB	-	-	-
2-methylisoborneol	0,14	NB	-	-	-
Methyl-tertiair-butylether (MTBE)	<0,04	300	-	-	-
Atrazine	<0,03	5	-	-	-
			Σ=0,0006		4,0 E-08

N.V. Waterbedrijf Evides Station 11, Rotterdam Berenplaat, 2007

Stof	Conc (µg/l)	TDI in µg/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als µg/liter	KR
Broomdichloormethaan	0,12	-	-	5,5	2E-08
Trichloormethaan	0,24	30	0,0003	-	-
Geosmine	0,14	NB	-	-	-
2-methylisoborneol	0,07	NB	-	-	-
Ethofumesaat	<0,02	70	-	-	-
AMPA	0,09	300	0,00001	-	-
			Σ=0,0003		2E-08

N.V. Waterbedrijf Evides Station 11, Rotterdam Berenplaat, 2008

Stof	Conc (µg/l)	TDI in µg/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als µg/liter	KR
Broomdichloormethaan	0,11	-	-	5,5	2E-08
Trichloormethaan	0,44	30	0,0005	-	-
Geosmine	0,17	NB	-	-	-
2-methylisoborneol	<0,09	NB	-	-	-
Diuron	<0,02	7	-	-	-
Monuron	<0,009	NB	-		
AMPA	0,07	300	0,000008	-	-
			Σ=0,0005		2E-08

N.V. Waterbedrijf Evides Station 11, Rotterdam Berenplaat, 2009

Stof	Conc (µg/l)	TDI in µg/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als µg/liter	KR
Broomdichloormethaan	0,083	-	-	5,5	2E-08
Dichloormethaan	0,1	60	0,00006		
Trichloormethaan	0,42	30	0,0005	-	-
Geosmine	0,11	NB	-	-	-
Atrazine	<0,02	5	-	-	-
Terbutylazin	<0,02	4	-	-	-
AMPA	0,05	300	0,000006	-	-
			Σ=0,0005		2E-08

N.V. Waterbedrijf Europoort Station 02, Rotterdam Kralingen 1997

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Broomdichloormethaan	1,8	-	-	5,5	0,14 E-06
Dibroomchloormethaan	4,1	21,4	0,01	-	-
Tribroommethaan	5,8	20	0,01	-	-
Trichlooretheen	<0,1	50	-	-	-
Trichloormethaan	1,6	30	0,01	-	-
Tolueen	<0,05	223		-	-
Ethyleendiaminetetra-azijnzuur (EDTA)	14	1960	0,0004	-	-
Simazine	<0,03	5	-	-	-
TCA	0,3	32,5	0,0003	-	-
			Σ= 0,03		0,14E-06

N.V. Waterbedrijf Europoort Station 02, Rotterdam Kralingen 2002

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Broomdichloormethaan	2,5	-	-	5,5	0,5 E-06
Dibroomchloormethaan	5,2	21,4	0,008	-	-
Tribroommethaan	5,1	20	0,008	-	-
Trichloormethaan	1,4	30	0,0004	-	-
Acenafteen	0,0071	-	-	150	5 E-011
Fluoreen	0,0059	40	-	-	-
Atrazine	<0,02	5	-	-	-
			Σ= 0,02		0,5E-06

Evides, station 12, Kralingen, 2008

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Broomdichloormethaan	0,072	-	-	5,5	1,3 E-08
Trichloormethaan	0,33	30	0,0004	-	-
Tolueen	<0,04	223	-	-	-
1,3- en 1,4-dimethylbenzeen (som)	<0,04	150	-	-	-
1,2-dichloorpropaan	<0,04	70	-	-	-
Glufosinaat-ammonium	<0,03	21	-	-	-
Glyfosaat	<0,03	300	-	--	-
Aminomethylfosfonzuur (ampa)	0,06	300	0,000007	-	-
			Σ=0,0004		1,3 E-08

Vitens NV Overijssel Station 10, Holten, 2005

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Benzeen	0,01	-	-	1,0	1,0 E-08
Metoxuron	<0,1	5	-	-	-
Monuron	<0,1	-	-	3,6	-
					1,0E-08

DUNEA Station 01, Scheveningen 2005

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Broomdichloormethaan	0,36	-	-	5,5	6,0 E-08
Dibroomchloormethaan	0,13	21,4	0,0002	-	-
Tribroommethaan	0,04	20	0,00007	-	-
Trichloormethaan	0,8	30	0,0009	-	-
Dichloorazijnzuur	1,12	-	-	4	0,3 E-06
Dibroomazijnzuur	0,23	-	-	4	0,6 E-07
Broomchloorazijnzuur	0,41	-	-	4	1 E-07
Methyl-tertiair-butylether (MTBE)	0,06	300	0,000007	-	-
Amidotrizoïnezuur	0,034	83333	1 E-08	-	-
TCA	0,34	32,5	0,0004	-	-
			Σ=0,002		0,5E-06

Evides Station 21, Braakman, jaar 2006

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Broomdichloormethaan	0,22	-	-	5,5	4,0 E-08
Dibroomchloormethaan	0,12	21,4	0,0002	-	-
Dibroommethaan	<0,04	-	-	-	-
Tribroommethaan	0,079	20	0,0001	-	-
1,1,1-Trichloorethaan	<0,04	80	-	-	-
Trichloormethaan	0,34	30	0,0004	-	-
Chloormethaan	<0,04	NB	-	-	-
Tetra- en trichlooretheen (som)	<0,08	16	-	-	-
Methyl-tertiair- butylether (MTBE)	<0,04	300	-	-	-
Dicamba	0,02	300	0,000002	-	-
Aminomethylfosfonzuur (ampa)	0,05	300	0,000006	-	-
			Σ=0,0008		4,0E-08

Waternet, Station 03, Leiduin 2005

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Trichloormethaan	<0,02	30	-	-	-
Di(ethylhexyl)ftalaat	0,87	4	0,007		
Aniline	0,03	1,44	0,0007	-	-
Methyl-tertiair-butylether (MTBE)	0,04	300	0,000004	-	-
Amidotrizoïnezuur	0,089	83333	3,6 E-08	-	-
Dicamba	<0,02	300	-	-	-
Aminomethylfosfonzuur (AMPA)	<0,1	300	-	-	-
			Σ=0,008		-

Waternet, Station 03, Leiduin 2006

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Broomchloorazijnzuur	<0,1	-		4	-
Di(ethylhexyl)ftalaat	0,45	4	0,004		
Methyl-tertiair-butylether (MTBE)	0,04	300	0,000004	-	-
Amidotrizoïnezuur	0,107	83333	4,3 E-08	-	-
p,p-DDT	<0,01	0,5	-	-	-
Dinoterb (2-tert.butyl-4,6-dinitrofenol)	<0,03	4	-	-	-
			Σ=0,004		-

PWN Laboratorium, Andijk, Station 02 jaar 2005

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Broomdichloormethaan	4,3	-	-	5,5	8,0 E-07
Dibroomchloormethaan	3,6	21,4	0,006	-	-
Tribroommethaan	10,4	20	0,02	-	-
Trichloormethaan	1,8	30	0,002	-	-
Tetrachloorortho-ftaalzuur	<0.02	NB	-	-	-
Ethyleendiaminetetraazijnzuur (EDTA)	<2	1960	-	-	-
Carbamazepine	0,03	15,9	0,00006	-	-
Dichloorazijnzuur	<0,1	-	-	4	-
Dibroomazijnzuur	<0,1	-	-	4	-
Broomchloorazijnzuur	<0,1	-	-	4	-
Metoprolol	0,53	17	0,001	-	-
Diuron	0,009	7	0,00004	-	-
Naftaleen	0,06	40	0,00005		
			Σ=0,03		8,0 E-07

N.V. Waterbedrijf Europoort, Station 04, Dordrecht Baanhoekweg, 2003

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Broomdichloormethaan	1,3	-	-	5,5	2E-07
Dibroomchloormethaan	3,2	21,4	0,002	-	-
Tribroommethaan	2,6	20	0,004	-	-
Trichloormethaan	0,5	30	0,0005	-	-
Tolueen	<0,05	223	-	-	-
			Σ=0,006		2E-07

Waternet, Amsterdam-Weesperkarspel, Station 02 jaar 2005

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Broomdichloormethaan	<0,02	-	-	5,5	-
Trichloormethaan	<0,02	30	-	-	-
Dibutylftalaat	0,08	52	0,00005		
Di(ethylhexyl)ftalaat	0,31	4	0,003		
Aniline	<,03	1,44	-	-	-
Tri-isobutylfosfaat	<0,05	NB	-	-	-
N,N-diethylaniline	<0,03	1,44	-	-	-
Chloortoluron	<0,03	40			
Dikegulac-natrium	<0,05	200	-	-	
Glyfosaat	<0,05	300	-	-	-
Aminomethylfosfonzuur (AMPA)	<0,1	300	-	-	-
			Σ=0,003		-

Waternet, station 02, Amsterdam Weesperkarspel, 2006

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Trichloormethaan	<0,02	30	-	-	-
Dibutylftalaat	<0,05	52			
Di(ethylhexyl)ftalaat	0,21	4	0,002		
Ethyleendiaminetetra-azijnzuur (EDTA)	<2	1960	-	-	-
Monochloorazijnzuur	<0,5	35	-	-	-
Dichloorazijnzuur	<0,1	-	-	4	-
aminomethylfosfonzuur (ampa)	<0,1	300	-	-	-
			Σ=0,002		-

Dunea, station 02, 'Monster reinwater', 2008

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Dibroomchloormethaan	<0,02	21,4	-	-	-
tribroommethaan	<0,02	20		-	-
ethenylbenzeen	<0,02	120	-	-	-
ethylbenzeen	<0,02	100	-	-	-
Methyl-tertiar-butylether (MTBE)	0,05	300	-	-	-
			-	-	-

PWN laboratorium, Station 03, Bergen 2008

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Trichloormethaan	<0,05	30	-	-	-
Dichloorazijnzuur	<0,1	-	-	4	-
Amidotrizoïnezuur	0,03	83333	1,2 E-08	-	-
Jomeprol	<0,01	NB	-	-	-
Jopamidol	0,03	138333	7,2 E-09	-	-
			Σ=1,9 E-08	-	-

Dunea, Station 01, Scheveningen, 2004

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Broomdichloormethaan	0,86	-	-	5,5	1,5E-07
Dibroomchloormethaan	0,34	21,4	0,0005	-	-
Tribroommethaan	<0,1	20	-	-	-
Trichloormethaan	1,9	30	0,002	-	-
Tolueen	<0,03	223	-	-	-
Methyl-tertiair- butylether (MTBE)	0,1	300	0,00001	-	-
Aminomethylfosfonzuur (ampa)	0,1	300	0,0001		
			Σ=0,003		1,5E-07

PWN laboratorium, Station 05, Wijk aan Zee - 'Wim Mensink' 2006

Stof	Conc (ug/l)	TDI in ug/kg lg/dag	HI	10 ⁻⁶ KR als ug/liter	KR
Trichloormethaan	0,18	30	0,0002	-	-
Dichloorazijnzuur	<0,1	-	-	4	-
Broomchloorazijnzuur	<0,1	-	-	4	-
Amidotrizoïnezuur	0,07	83333	2,8 E-08	-	-
Jopamidol	0,063	138333	1,5 E-08	-	-
2,4-Dinitrofenol	<0,03	2	-	-	-
Trichloorazijnzuur	0,14	32,5	0,0001	-	-
			Σ=0,0003	-	-

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl