



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

## **Risicogrenzen voor bromaat in oppervlaktewater**

Afleiding volgens de methodiek van de  
Kaderrichtlijn Water

RIVM-briefrapport 2021-0101  
C.E. Smit





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

## **Risicogrenzen voor bromaat in oppervlaktewater**

Afleiding volgens de methodiek van de  
Kaderrichtlijn Water

RIVM-briefrapport 2021-0101  
C.E. Smit

## Colofon

© RIVM 2021

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.

DOI 10.21945/RIVM-2021-0101

C.E. Smit (auteur), RIVM

Contact:

Els Smit

Centrum voor Veiligheid van Stoffen en Producten

[els.smit@rivm.nl](mailto:els.smit@rivm.nl)

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in het kader van opdracht M/270103/21 'Chemische waterkwaliteit, normering en RPS'

Het RIVM hecht veel waarde aan toegankelijkheid van zijn producten. Op dit moment is het echter nog niet mogelijk om dit document volledig toegankelijk aan te bieden. Als een onderdeel niet toegankelijk is, wordt dit vermeld. Zie ook [www.rivm.nl/toegankelijkheid](http://www.rivm.nl/toegankelijkheid).

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

## Publiekssamenvatting

### **Risicogrenzen voor bromaat in oppervlaktewater**

Afleiding volgens de methodiek van de Kaderrichtlijn Water

Het RIVM heeft risicogrenzen bepaald voor de stof bromaat in zoet oppervlaktewater. Risicogrenzen geven aan welke concentratie in het water veilig is voor planten en dieren die in het water leven. Er zijn ook risicogrenzen bepaald voor oppervlaktewater waarvan drinkwater wordt gemaakt. Met behulp van de risicogrenzen kan het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) een besluit nemen over waterkwaliteitsnormen voor bromaat. Waterbeheerders hebben deze normen nodig om lozingen te kunnen beoordelen.

Bromaat kan ontstaan als water waar bromide in zit, wordt gezuiverd met behulp van ozon. Ozon zorgt ervoor dat resten van geneesmiddelen en andere chemische stoffen worden afgebroken, maar reageert ook met bromide. Bromide komt van nature voor in oppervlaktewater en grondwater. Het zit vooral in brak en zout water.

Voor planten en dieren die in het water leven, heeft het RIVM een veilige concentratie bromaat berekend van 50 microgram per liter. Op innamepunten van drinkwater stelt het RIVM een strengere waarde voor van 1 microgram per liter om aan de kwaliteitseisen voor drinkwater te voldoen. Zo'n waarde is nodig omdat bromaat kanker kan veroorzaken wanneer mensen er te veel van binnenkrijgen.

Om die reden is er ook een risicogrens nodig voor oppervlaktewater om vis uit dat water te kunnen eten. Het RIVM kan alleen niet berekenen hoeveel bromaat er dan in het oppervlaktewater mag zitten. Het is namelijk niet bekend hoeveel bromaat vissen binnenkrijgen via het oppervlaktewater waar ze in leven. Het is wel aannemelijk dat mensen via vis niet meer bromaat binnenkrijgen dan via drinkwater. Als het oppervlaktewater veilig is om drinkwater van te maken, dan zijn er dus ook geen risico's voor mensen die vis uit dat water eten.

Voor dit onderzoek heeft het RIVM bestaande evaluaties van bromaat gebruikt en aangevuld met recente gegevens uit de wetenschappelijke literatuur.

Kernwoorden: bromaat, risicogrenzen, oppervlaktewater, drinkwater



## Synopsis

### **Risk limits for bromate in surface water**

Determined according to the methodology of the Water Framework Directive

RIVM determined risk limits for bromate in fresh surface water. Risk limits represent safe concentrations for aquatic plants and animals. RIVM also determined risk limits for surface water intended for drinking water production. The ministry of Infrastructure and Water management can use these risk limits to decide on water quality standards for bromate. Water management authorities need these standards to evaluate discharges into surface water.

Bromate is formed when water containing bromide is treated with ozone. Ozone is used to remove pharmaceuticals and other chemicals from wastewater. However, ozone also reacts with bromide that is naturally present in surface water and groundwater. This is particularly true of brackish and marine waters.

For aquatic plants and animals, RIVM determined a safe concentration in water of 50 microgram bromate per litre. For drinking water intake points, RIVM proposes a more stringent value of 1 microgram per litre to meet the quality standards for drinking water. This limit is needed because bromate may cause cancer in humans when intake is too high.

For this reason, there is also a need for a risk limit for surface waters used for fish consumption. However, RIVM is not able to calculate an acceptable level of bromate in these waters because there is no information on the uptake of bromate by fish from the water they live in. It is reasonable to assume that human intake of bromate via fish consumption does not exceed human intake via drinking water. Surface waters that meet the criteria for drinking water production therefore do not pose a risk for human fish consumption either.

For this research, RIVM used existing evaluations of bromate together with recent data from the scientific literature.

Keywords: bromate, risk limits, surface water, drinking water





## Inhoudsopgave

### **Samenvatting — 9**

#### **1 Inleiding — 11**

- 1.1 Aanleiding voor dit advies — 11
- 1.2 Overwegingen bij eerdere adviezen — 11
- 1.3 Werkwijze — 11
- 1.3.1 Gedegen normafleiding op basis van bestaande evaluaties — 11
- 1.3.2 Ecotoxicologische beoordeling — 12
- 1.3.3 Relevantie humane route — 12
- 1.4 Status van dit advies — 12

#### **2 Informatie over de stof — 13**

- 2.1 Bronnen — 13
- 2.2 Identiteit en classificatie — 13
- 2.3 Gedrag in het milieu — 14

#### **3 Humaan-toxicologische informatie — 17**

- 3.1 Gezondheidskundige risicogrenswaarden en JG-MKN<sub>biota</sub> — 17
- 3.2 Limieten en eisen voor drinkwater — 17

#### **4 Ecotoxiciteit van bromaat — 19**

- 4.1 Selectie van ecotoxiciteitsgegevens — 19
- 4.2 Bespreking individuele studies — 19
- 4.3 Samenvatting geselecteerde ecotoxiciteitsgegevens — 22

#### **5 Risicogrenzen voor oppervlaktewater — 27**

- 5.1 Zoet oppervlaktewater — 27
- 5.1.1 Afleiding MAC-MKN<sub>zoet, eco</sub> — 27
- 5.1.2 Afleiding JG-MKN<sub>zoet</sub> — 27
- 5.2 Zout oppervlaktewater — 28
- 5.3 Oppervlaktewater op innamepunten van drinkwater — 28

#### **6 Discussie en conclusies — 29**

#### **Dankwoord — 31**

#### **Literatuur — 33**

#### **Bijlage 1. Afkortingen — 37**

#### **Bijlage 2. Ecotoxiciteitsgegevens — 38**

#### **Bijlage 3. Informatie over studie met *Hyalella azteca* — 44**



## Samenvatting

Het RIVM heeft risicogrenzen bepaald voor bromaat in oppervlaktewater. Met behulp van dit rapport kan het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) een besluit nemen over waterkwaliteitsnormen voor bromaat.

Er zijn geen officieel vastgestelde waterkwaliteitsnormen voor bromaat. Waterbeheerders hebben deze wel nodig om lozingen van bromaat door rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) te beoordelen. Bromaat kan namelijk vrijkomen bij de behandeling van bromide-houdend afvalwater met ozon (ozonisatie). Bromaat is een kankerverwekkende stof. Daarom is bromaatvorming een punt van zorg bij het gebruik van aanvullende zuiveringstechnieken om medicijnresten en andere microverontreinigingen uit afvalwater te verwijderen.

De in dit rapport berekende Jaargemiddelde Milieukwaliteitsnorm (JG-MKN) en Maximaal Aanvaardbare Concentratie (MAC-MKN) staan in Tabel 1. Ze hebben geen status als norm, maar dienen als advieswaarden voor het ministerie van IenW, dat verantwoordelijk is voor het vaststellen van normen.

*Tabel 1 Afgeleide JG- en MAC-MKN voor bromaat.*

Type	Waarde	Opmerking
JG-MKN <sub>zoet, eco</sub>	50 µg/L	alleen ecotoxicologie
MAC-MKN <sub>zoet, eco</sub>	0,25 mg/L	alleen ecotoxicologie; voor kortdurende concentratiepieken
JG-MKN <sub>biota</sub>	0,61 µg/kg vis	voor zoete en zoute wateren
JG-MKN <sub>drw, hh</sub>	1 µg/L	innamepunten van drinkwater; gebaseerd op wettelijke drinkwatereis

De JG- en MAC-MKN zijn gebaseerd op bestaande (concept)-normafleidingen. De bepalende studies zijn gecontroleerd en aangevuld met nieuwe gegevens. Er zijn geen bruikbare gegevens voor zoutwaterorganismen gevonden en er is geen informatie over de bioaccumulatie van bromaat in vis. De JG-MKN van 50 µg/L en de MAC-MKN van 0,25 mg/L hebben dan ook alleen betrekking op directe ecotoxiciteit voor planten en dieren die in zoet water leven en houden geen rekening met de gezondheidkundige effecten van bromaat.

Omdat niet bekend is of vissen bromaat opnemen uit water, is het niet mogelijk om de concentratie in water te berekenen die veilig is voor humane visconsumptie. Wel is een veilige waarde in vis berekend van 0,61 µg/kg vis. Deze JG-MKN<sub>biota</sub> zou kunnen worden gebruikt voor het toetsen van de waterkwaliteit, maar het meten van bromaat in vis stuit waarschijnlijk op technische problemen.

Het is niet aannemelijk dat mensen via het eten van vis meer bromaat binnenkrijgen dan via drinkwater. Oppervlaktewater dat geschikt wordt bevonden voor de bereiding van drinkwater, zal dan ook geen extra risico's opleveren voor mensen die vis uit dat oppervlaktewater eten. Het RIVM beveelt wel aan om na te gaan of de drinkwatereis voldoende tegemoet komt aan het gewenste beschermingsniveau.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding voor dit advies

In dit rapport presenteert het RIVM risicogrenzen voor bromaat ( $\text{BrO}_3^-$ ) in zoet oppervlaktewater. Met behulp van de risicogrenzen kan het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) een besluit nemen over waterkwaliteitsnormen voor bromaat. Waterbeheerders hebben deze normen nodig om lozingen van bromaat door rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) te beoordelen. Bromaat kan namelijk vrijkomen bij de ozonisatie van bromide-houdend afvalwater. Bromaat is kankerverwekkend en daarom is bromaatvorming een punt van zorg bij het onderzoek naar en de implementatie van aanvullende zuiveringstechnieken om medicijnresten en andere microverontreinigingen uit afvalwater te halen.

## 1.2 Overwegingen bij eerdere adviezen

De website Risico's van Stoffen (<https://rvs.rivm.nl/>) verwijst voor bromaat naar een indicatief Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (i-MTR) voor oppervlaktewater van 30  $\mu\text{g/L}$ . Deze waarde is afkomstig van het voormalige normen-zoekstelsel van de Helpdesk water. De onderbouwing ervan is niet bekend en het i-MTR is niet officieel vastgesteld.

In 2010-2011 heeft een industriepartij in het kader van een vergunningprocedure nieuwe milieukwaliteitsnormen voor bromaat afgeleid. De rapportage van Balk et al. (2011) is diverse malen besproken in de toenmalige *Wetenschappelijke Klankbordgroep INS* (WK-INS; nu *WK normstelling water en lucht*, WK-nwl) maar niet in definitieve vorm gepubliceerd. In de laatste bekende versie van het rapport staan een Jaargemiddelde Milieukwaliteitsnorm (JG-MKN) en Maximaal Aanvaardbare Concentratie (MAC-MKN) van respectievelijk 0,7 en 1,8 mg/L voor zoet water. De JG-MKN voor zout water is 0,14 mg/L (Balk et al., 2011).

Op basis van de verslagen van de WK-INS is het lastig om de resultaten uit 2011 nu zonder meer over te nemen en alsnog vast te stellen. Zo blijkt uit het vergaderverslag van de WK-INS van 6 september 2011 dat er nog veel vragen waren over het concept-rapport. De discussie ging met name over de evaluatie van de onderliggende literatuur en de selectie van studies. De conclusie was dat er nog aanvullende evaluaties zouden plaatsvinden. De volgende versie van het rapport dateert van 6 oktober 2011. Hierin staan nieuwe stukken tekst, maar het is niet duidelijk of die zijn besproken en goedgekeurd door de WK-INS. In het verslag van de WK-INS vergadering van 1 november 2011 staat alleen dat het rapport na afronding zou worden doorgeleid naar het toenmalige ministerie van Infrastructuur en Milieu. Een definitieve versie van het rapport is echter nooit beschikbaar gekomen voor het RIVM en de voorgestelde normen zijn niet officieel vastgesteld.

## 1.3 Werkwijze

### 1.3.1 Gedegen normafleiding op basis van bestaande evaluaties

De concept-rapportage uit 2011 is opgezet als een gedegen normafleiding, waarbij literatuuronderzoek is gedaan naar ecotoxiciteitsgegevens en daarnaast aanvullende testen zijn uitgevoerd. Het ligt daarom niet voor de

hand om nu terug te vallen op een indicatieve normafleiding, waarbij in een beperkt aantal databases wordt gezocht en gegevens zonder verdere evaluatie worden gebruikt. Vanuit het oogpunt van efficiëntie is wel besloten om zoveel mogelijk gebruik te maken van bestaande evaluaties. Het Zwitserse Oekotoxentrum heeft enkele jaren geleden gedegen ecotoxicologische normafleiding is gepubliceerd (Oekotoxentrum, 2015). Deze normafleiding is uitgevoerd volgens de Europese handleiding voor het afleiden van waterkwaliteitsnormen voor de Kaderrichtlijn Water (KRW), verder aangeduid als 'KRW-guidance' (EC, 2011, 2018). In het Zwitserse rapport zijn de onderliggende studies geëvalueerd en er zijn aanvullende chronische testen uitgevoerd met algen, waterplanten, kreeftachtigen en rotiferen (Soluvál Santiago, 2015), de rapportage hiervan is beschikbaar via de website van Oekotoxentrum.

### 1.3.2 *Ecotoxicologische beoordeling*

Voor het huidige rapport is de ecotoxicologische dataset van Zwitserland als uitgangspunt genomen en vergeleken met het rapport van Balk et al. (2011). Bij een verschillend oordeel over de betrouwbaarheid, zijn de onderliggende studies gecontroleerd. Ook is kritisch gekeken naar de keuzes uit beide rapportages om een ecotoxiciteitswaarde als acuut of chronisch te beschouwen. Naast de evaluatie van Oekotoxentrum (2015) is de US EPA Ecotox knowledgebase geraadpleegd om te controleren of er buiten de Zwitserse evaluatie nog relevante studies zijn. Verder is met Scopus<sup>1</sup> gezocht naar aanvullende literatuur met de zoekterm "bromate and aquatic". In totaal werden zo nog drie relevante studies gevonden (Bantle et al., 1999; Wang et al., 2016; Xu et al., 2021) die zijn geëvalueerd en toegevoegd aan de totale dataset met ecotoxiciteitsgegevens. Voor meer details zie Hoofdstuk 4.

### 1.3.3 *Relevantie humane route*

Kaliumbromaat is ingedeeld als carcinogeen 1B volgens de CLP-Verordening EG/1272/2008<sup>2</sup> (zie paragraaf 2.2). Dit betekent dat de route humane visconsumptie moet worden meegenomen bij de afleiding van waterkwaliteitsnormen voor bromaat. Hoofdstuk 3 bevat een kort overzicht van gezondheidskundige informatie en een voorstel voor een veilige concentratie van bromaat in vis (JG-MKN<sub>biota</sub>) en gaat in op de eisen voor drinkwater. Hoofdstuk 5 gaat verder in op de afleiding van de waterkwaliteitsnormen voor humane visconsumptie (JG-MKN<sub>water, hh</sub>) en voor oppervlaktewater op innamepunten van drinkwater (JG-MKN<sub>drw, hh</sub>).

## 1.4 **Status van dit advies**

Dit rapport is getoetst volgens de interne RIVM-kwaliteitsprocedures en besproken in de *Wetenschappelijke Klankbordgroep normstelling water en lucht (WK-nwl)*. De hier afgeleide risicogrenzen worden gemakshalve aangeduid als JG- en MAC-MKN, maar hebben geen status als norm. Ze dienen als advieswaarden voor het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, dat verantwoordelijk is voor het vaststellen van normen.

<sup>1</sup> www.scopus.com

<sup>2</sup> CLP = Classification, Labelling and Packaging,

## 2 Informatie over de stof

### 2.1 Bronnen

Kaliumbromaat is in het verleden toegepast als voedseladditief, met name als deegverbeteraar in brood. Die toepassing is nu verboden in Europa en veel andere delen van de wereld, maar nog wel toegestaan in de Verenigde Staten. Daar mag het ook worden gebruikt bij het mouten van gerst<sup>3</sup>

Oekotoxentrum (2015) noemt als mogelijke bronnen van bromaat afvalverbranding, chemische industrie en neerslag. Zoals in de inleiding is aangegeven, kan bromaat vrijkomen bij de zuivering van bromidehoudend afvalwater door rwzi's. Het kan ook ontstaan bij de productie van drinkwater, als ozon wordt ingezet voor zuivering van bromidehoudend grond- of oppervlaktewater. Bromide komt van nature voor in Nederlands grond- en oppervlaktewater en met name in brak en zout water. Industriële bronnen van bromide zijn kolencentrales, waar broom of bromide wordt gebruikt in rookgasreinigers. Ook afvalverbrandingsinstallaties worden als bron van bromide genoemd (RIWA, 2020).


Door toepassing van geavanceerde technieken kan bromaatvorming worden tegengegaan (Delfos et al., 2020; Xiao et al., 2017). Dit kan door bromide weg te vangen voordat bromaat wordt gevormd, bijvoorbeeld door membraanfiltratie, ionenuitwisseling en precipitatie; door bromaatvorming tijdens de ozonisatie te beperken, door toevoegen van waterstofperoxide, pH-verlaging, wegvangen van hydroxylradicalen en/of hypobromig zuur; of door het verwijderen van eenmaal gevormd bromaat, met behulp van fotolyse, katalyse en fotokatalyse (Xiao et al., 2017).

### 2.2 Identiteit en classificatie

In Tabel 2 staan de gegevens over de identiteit en classificatie van bromaat en de zouten kaliumbromaat en natriumbromaat. Kaliumbromaat is een Zeer Zorgwekkende Stof (ZZS) vanwege de classificatie als carcinogeen 1B. Natriumbromaat moet vanwege de zelfclassificatie ook als ZZS worden behandeld.

<sup>3</sup> <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=137.155>;  
<https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=172.730>

Tabel 2 Identiteit en Classificatie van bromaat

Stofnaam	bromaat
IUPAC-naam	bromate
CAS-nummer	bromaat: 15541-45-4 kaliumbromaat: 7758-01-2 natriumbromaat: 7789-38-0
Geharmoniseerde classificatie (gezondheidskundig)	kaliumbromaat: geharmoniseerde classificatie: H301 Acute Tox. 3 H350 Carc. 1B natriumbromaat: genotificeerde classificatie: H301 Acute Tox. 3 H302 Acute Tox. 4 H315 Skin Irrit. 2 H319 Eye Irrit. 2 H335 STOT SE 3 H341 Muta. 2 H350 Carc. 1B H351 Carc. 2
REACH / Zeer Zorgwekkende Stof	kaliumbromaat is een Zeer Zorgwekkende Stof (ZZS) vanwege de classificatie als Carcinogeen 1B
Molecuulformule	bromaat: $\text{BrO}_3^-$ kaliumbromaat: $\text{KBrO}_3$ natriumbromaat: $\text{NaBrO}_3$
SMILES	$[\text{K}^+].[O^-][\text{Br}](=\text{O})=\text{O}$ $[\text{Na}^+].[O^-][\text{Br}](=\text{O})=\text{O}$
Structuurformule	

### 2.3 Gedrag in het milieu

Tabel 3 geeft een samenvatting van de relevante fysisch-chemische eigenschappen van bromaat. De stofeigenschappen zijn overgenomen uit Oekotoxentrum (2015) en Balk et al. (2011).

In bodem kan bromaat onder bepaalde omstandigheden worden gereduceerd tot bromide. In diep anaëroob sediment zou in theorie reductie tot bromide mogelijk zijn, maar er zijn geen studies die dit aantonen (EHC, 2010). Bromaat is mobiel in zuurstofrijk water en op basis van modelberekeningen wordt weinig tot geen binding aan sediment of bodem verwacht (EHC, 2010). De criteria voor biologische afbreekbaarheid gelden niet voor anorganische stoffen als bromaat en het is dus niet mogelijk om bromaat te beoordelen volgens de gangbare regels voor persistentie. Bromaat heeft wel de kenmerken van een mobiele, toxische stof.



Tabel 3 Relevante fysisch-chemische eigenschappen van bromaat en informatie over gedrag in het milieu.

Eigenschap	Waarde	Opmerking
Molecuulgewicht [g/mol]	127,9	BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
	167,0	KBrO <sub>3</sub>
	150,9	NaBrO <sub>3</sub>
Oplosbaarheid in water [g/L]	66-69	KBrO <sub>3</sub> ; experimenteel
	364	NaBrO <sub>3</sub> ; experimenteel
Dampspanning [Pa]		niet van toepassing, anorganisch ion
Henry-coëfficiënt [Pa m <sup>3</sup> /mol]		
octanol/water partiticoëfficiënt [log K <sub>ow</sub> ]		
BCF [L/kg]		geen gegevens

Er zijn geen literatuurgegevens gevonden over bioaccumulatie van bromaat in vissen. Voor zoogdieren zijn er sterke aanwijzingen dat bromaat in het lichaam wordt gereduceerd tot bromide en met restanten bromaat wordt uitgescheiden (ECHC, 2010). Mede op basis hiervan concluderen Hutchinson et al. (1997) en Environment Canada/Health Canada (ECHC, 2010) dat bioaccumulatie van bromaat door vissen onwaarschijnlijk is. Bij de bespreking van Balk et al. (2011) concludeerde de WK-INS echter dat het feit dat zoogdieren bromaat omzetten en uitscheiden, niet rechtstreeks kan worden vertaald naar vissen<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Verslag van de vergadering van de Wetenschappelijke Klankbordgroep INS d.d. 15 februari 2011



## 3 Humaan-toxicologische informatie

### 3.1 Gezondheidskundige risicogrenswaarden en JG-MKN<sub>biota</sub>

Kaliumbromaat is geclassificeerd als carcinogeen 1B volgende de CLP-wetgeving. In een evaluatie van bromaat in zwemwater, concludeert het RIVM dat op basis van het beschikbare bewijsmateriaal rekening moet worden gehouden met een genotoxisch carcinogene werking bij de mens (Schets et al., 2014).

De REACH registratiedossiers van kalium- en natriumbromaat (ECHA, 2020a,b) vermelden geen Derived Minimum Effect Level (DMEL).

In de eerder genoemde RIVM-evaluatie van bromaat in zwemwater bespreken Schets et al. (2014) diverse (inter)nationale evaluaties. In 1992 berekende het RIVM een risicospecifieke dosis van 0,016 µg/kg lichaamsgewicht per dag voor een additioneel kankerrisico van 1 op 10<sup>6</sup> per leven. Recentere beoordelingen op basis van nieuwere gegevens leiden tot een 'unit risk' van 0,19-0,21 per mg/kg lichaamsgewicht per dag bij levenslange blootstelling (OEHHA, 2009; US EPA, 2001; WHO, 2005). Hieruit berekent het RIVM een Verwaarloosbaar Risiconiveau (VR) en Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR) van respectievelijk 0,005 en 0,5 µg/kg lichaamsgewicht per dag. Het VR en MTR komen overeen met een additioneel kankerrisico van respectievelijk 1 op 10<sup>6</sup> en 1 op 10<sup>4</sup> per leven (Schets et al., 2014).

Voor de route humane visconsumptie rekt de KRW met een additioneel risiconiveau van 1 op 10<sup>6</sup> per leven, dit is gelijk aan het hierboven genoemde VR. Met de gezondheidskundige risicogrens van 0,005 µg/kg lichaamsgewicht per dag, een lichaamsgewicht van 70 kg, een allocatiefactor van 20% en een dagelijkse visconsumptie van 115 gram per dag (Europese standaardaannames), komt de JG-MKN<sub>biota</sub> uit op  $0,005 \times 0,2 \times 70 / 0,115 = 0,61$  µg/kg vis. Deze waarde geldt voor zoete en zoute wateren.

### 3.2 Limieten en eisen voor drinkwater

De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) heeft een voorlopige limiet voor bromaat in drinkwater gepubliceerd van 10 µg/L (WHO, 2017). Deze is gebaseerd op een risicoberekening voor kanker, waarbij is uitgegaan van een 'unit risk' van 0,19 per mg/kg lichaamsgewicht per dag. De bromaatconcentratie in drinkwater bij een additioneel kankerrisico van 10<sup>-6</sup>, 10<sup>-5</sup> en 10<sup>-4</sup> per leven, is door de WHO berekend als respectievelijk 0,2, 2 en 20 µg/L<sup>5</sup>. Andere extrapolatiemethoden leidden tot waarden tussen 2 en 6 µg/L (WHO, 2005, 2017).

<sup>5</sup> De WHO heeft hier geen allocatiefactor toegepast. Het RIVM berekent het VR en MTR van 0,005 en 0,5 µg/kg lg per dag met dezelfde unit risk. Met een lichaamsgewicht van 70 kg, drinkwaterconsumptie van 2 L water per dag en 100% allocatie, komen deze risicogrenzen overeen met concentraties bromaat in drinkwater van 0,175 (1 op 10<sup>6</sup>) en 17,5 µg/L (1 op 10<sup>4</sup>). Dit is in overeenstemming met de WHO-waarden.

De Europese Richtlijn<sup>6</sup> 2020/2184 van 16 december 2020 betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water, vermeldt voor bromaat een drinkwaterkwaliteitseis van 10 µg/L.

In Nederland geldt voor bromaat een kwaliteitseis voor drinkwater van 1 µg/L. (Drinkwaterbesluit, Tabel II, Bijlage A<sup>7</sup>). Bij desinfectie geldt een maximale waarde van 5,0 µg/L (als 90 percentielwaarde, met een maximum van 10 µg/L).

De KRW-guidance en de methodiek voor het afleiden van drinkwaterrichtwaarden rekenen met een additioneel kankerrisico van 1 op 10<sup>6</sup> per leven (EC, 2018; Van der Aa et al., 2017). De WHO adviseert een standaard allocatiefactor van 20%, maar als drinkwater de voornaamste blootstellingsroute is, kan de allocatiefactor worden aangepast tot maximaal 80% (WHO, 2017). De WHO lijkt bij genotoxisch carcinogenen echter geen allocatiefactor toe te passen. Het is redelijk te veronderstellen dat drinkwater de voornaamste bron van bromaat is. Met de gezondheidkundige risicogrens van 0,005 µg/kg lichaamsgewicht per dag, een lichaamsgewicht van 70 kg, een allocatiefactor van 80% en een dagelijkse drinkwaterinname van 2 L, zou de drinkwaterrichtwaarde uitkomen op 0,14 µg/L. Bij 100% allocatie is dit 0,18 µg/L.

De huidige drinkwatereis van 1 µg/L komt overeen met een additioneel kankerrisico van 1 op 140.000-180.000 per leven bij respectievelijk 80 en 100% allocatie. Het geaccepteerde risico is daarmee 5-7 keer groter dan het gebruikelijke door het beleid geaccepteerde risico van 1 op 10<sup>6</sup> per leven. In 1993 adviseerde het toenmalige KIWA een lagere drinkwatereis van 0,5 µg/L, uitgaande van de destijds bekende risicospecifieke dosis van 0,016 µg/kg lichaamsgewicht per dag voor een additioneel kankerrisico van 1 op 10<sup>6</sup> per leven (Van Dijk-Looijaard, 1993). Het is mogelijk om bij het vaststellen van normen af te wijken van het gewenste beschermingsniveau, bijvoorbeeld als dat technisch niet haalbaar is (Roels et al., 2014). De aanbeveling is om de hoogte van de drinkwatereis voor bromaat te evalueren in het licht van het gewenste beschermingsniveau.

<sup>6</sup> <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj>

<sup>7</sup> <https://wetten.overheid.nl/BWBR0030111/>

## 4 Ecotoxiciteit van bromaat

### 4.1 Selectie van ecotoxiciteitsgegevens

In Bijlage 2 staan de ecotoxiciteitsgegevens uit de evaluaties van Oekotoxentrum (2015) en Balk et al. (2011) en de extra studies. Bij de uiteindelijke selectie van de ecotoxiciteitswaarden voor dit rapport, is kritisch gekeken naar de keuzes die in beide eerdere evaluaties zijn gemaakt en in een aantal gevallen is daarvan afgeweken.

Voor het afleiden van waterkwaliteitsnormen worden bij voorkeur studies gebruikt waarin de testconcentraties zijn gemeten. Omdat bromaat onder normale testomstandigheden niet afbreekt, is de afwezigheid van chemische analyses geen reden om een studie af te keuren.

Voor een aantal soorten zijn effectwaarden beschikbaar uit testen met een verschillende blootstellingsduur. Volgens de KRW-guidance is er sprake van een chronische test als een organisme is blootgesteld gedurende een hele levenscyclus of gedurende een of meer gevoelige levensstadia (EC, 2018). Deze criteria zijn gebruikt om te beoordelen of een eindpunt in de dataset met acute of chronische gegevens hoort. Verder zijn er studies waarvan de betrouwbaarheid verschillend wordt beoordeeld door Balk et al. (2011) en Oekotoxentrum (2015). Deze studies zijn opnieuw geëvalueerd. De laagste ecotoxiciteitswaarden zijn afkomstig uit Soluval Santiago (2015). Ook deze studie is apart geëvalueerd.

In de volgende paragraaf worden de gemaakte keuzes toegelicht, de uiteindelijke selectie van ecotoxiciteitsgegevens staat in paragraaf 4.3.

### 4.2 Bespreking individuele studies

#### *Brachionus calyciflorus*

Het Zwitserse dossier gebruikt een in opdracht uitgevoerde 48-uurs studie met het raderdiertje *Brachionus calyciflorus* van Soluval Santiago (2015). Deze studie is te beschouwen als een chronische studie (Snell & Moffat, 1992). In deze studie is geen LC<sub>50</sub><sup>8</sup> bepaald. Oekotoxentrum (2015) gebruikt daarom de EC<sub>50</sub><sup>9</sup> voor reproductie van 222 mg/L voor de acute dataset en de EC<sub>10</sub> van 126 mg/L voor de chronische. De recente studie van Xu et al. (2021) vermeldt wel een 24-uurs LC<sub>50</sub> en voor de huidige evaluatie is die waarde geselecteerd voor de acute dataset. Xu et al. (2021) hebben ook een *life-table* experiment uitgevoerd, waarin *B. calyciflorus* individuen gedurende 8-10 dagen werden blootgesteld aan 6 concentraties om de demografische parameters en de intrinsieke populatiegroeisnelheid te bepalen (zie Bijlage 2). De EC<sub>10</sub> van 65 mg/L uit die studie is lager dan de 48-uurs EC<sub>10</sub> van 126 mg/L uit het Zwitserse dossier en wordt daarom gebruikt in de chronische dataset.

<sup>8</sup> LC<sub>50</sub> = concentratie met 50% sterfte.

<sup>9</sup> EC<sub>x</sub> = concentratie met x% effect ten opzichte van de controle.

### *Ceriodaphnia dubia*

De acute test met de watervlo *Ceriodaphnia dubia* is ingezet als range-finding voor de chronische studie, details zijn te vinden in Soluval Santiago (2015). Er is een voldoende groot aantal dieren gebruikt (28-33 per concentratie), maar er is wel gevoerd. Na 24 uur was er 0% sterfte bij concentraties 2,5 – 40 mg/L en 100% sterfte bij 60 mg/L (als NaBO<sub>3</sub>), na 48 uur was er ook partiële sterfte bij 25 en 40 mg/L (7,1 en 57,8%). Na 72 uur nam de sterfte toe tot 60,7% bij 25 mg/L en 100% bij 40 mg/L. Gezien de levenscyclus van *C. daphnia* is de 48-uurs LC<sub>50</sub> van 37,9 mg/L (32,2 mg/L als bromaat) het meest relevant voor de acute dataset.

Oekotoxentrum (2015) gebruikt de 7- en 8-daagse NOEC<sup>10</sup> van 3,0 mg/L (2,5 mg/L als bromaat) voor het eindpunt sterfte als chronische waarde. In de ruwe gegevens in Soluval Santiago (2015) is te zien dat de 7- en 8-daagse LC<sub>50</sub> lager is dan de EC<sub>50</sub> voor reproductie. De auteurs geven als mogelijke verklaring dat de daphnia's extra investeren in reproductie voordat ze doodgaan. Na 7 dagen is het aantal juvenielen bij de laagste testconcentratie van 1 mg/L significant lager dan in de controle (15,5%), maar bij de daarop volgende concentratie van 3,0 mg/L is de afname kleiner (7,4%). Na 8 dagen is de reproductie in de laagste testconcentraties weer 'bijgetrokken' en is er minder dan 10% effect in de laagste twee concentraties. In het rapport van Soluval Santiago (2015) staat met zoveel woorden dat de 8-daagse EC<sub>10</sub> voor reproductie (4,56 mg/L; 3,9 mg/L als bromaat) wellicht de beste effectmaat is voor sub-lethale effecten. Het effect op overleving is echter groter dan het effect op reproductie en voor beide parameters neemt het effect toe in de tijd. Daarom is de keuze voor de NOEC van 3,0 mg/L (2,5 mg/L als bromaat) gerechtvaardigd.

### *Hyalella azteca*

De 7-daagse LC<sub>50</sub> van 1,1 mg bromaat/L voor de vlokreeft *Hyalella azteca* geldt als sleutelstudie in de evaluatie van Environment Canada (EHC, 2010). Balk et al. (2011) beoordelen de waarde echter als niet betrouwbaar. Oekotoxentrum (2015) twijfelt aan de betrouwbaarheid van de studie, maar gebruikt de waarde wel als basis voor de MAC-MKN<sub>zoet, eco</sub> en past bovendien een hogere veiligheidsfactor toe vanwege de onzekerheid over de gevoeligheid van deze soort<sup>11</sup>. De studie is onderdeel van een screeningsprogramma en de methode wordt beschreven in Borgmann et al. (2005), maar de resultaten voor bromaat staan niet in die publicatie vermeld. De testopzet is een screeningsmethode waarin gestart wordt met een concentratie van 1 mg/L, als er sterfte optreedt wordt de test herhaald met lagere concentraties. Borgmann et al. (2005) benadrukken dat de 7-daagse test een acute studie is. Balk et al. (2011) hebben de onderliggende gegevens opgevraagd en geëvalueerd (zie Bijlage 3). Ze keuren de studie af omdat er dieren van verschillende leeftijd zijn gebruikt die

<sup>10</sup> NOEC = No Observed Effect Concentration; hoogste concentratie zonder significant verschil met de controle.

<sup>11</sup> Citaten uit het rapport. Bij de afleiding van de JG-MKN: "Eine zusätzliche Erhöhung des AF, basierend auf der etwas höheren Toxizität von *Hyalella azteca* (siehe Tab. 4), wird nicht erwogen, da die *Ceriodaphnia*-Schlüsselstudie als sehr belastbar im Gegensatz zur kanadischen Studie angesehen wird und deren Mortalitätsdaten nicht direkt für eine AA-EQS Herleitung verwendbar sind." Bij de afleiding van de MAC-MKN: "Jedoch nach Berücksichtigung verbleibender Unsicherheiten zur *Hyalella* Studie (Environment Canada and Health Canada 2010), bei der keine Konzentrations-Wirkungs-Rohdaten angegeben wurden, wurde in Rücksprache mit den externen Gutachtern der Standardsicherheitsfaktor (AF) von 100 angewendet."

soms wel en soms niet zijn geacclimatiseerd en omdat er spreiding was in de overleving bij 1000 µg/L bromaat in verschillende testruns (14 en 44%). Bovendien zijn maar drie concentraties getest, zijn de concentraties niet gemeten en is het verloop van de sterfte in de tijd niet bekend. Als belangrijkste bezwaar noemen ze dat het zeer zachte testwater waarschijnlijk stress heeft veroorzaakt en heeft geleid tot extreme opname van ionen. De studie van Borgmann et al. (2005) is wel gebruikt in een eerdere RIVM-evaluatie voor barium (Verbruggen et al., 2020), maar in dat geval waren de concentraties gemeten en werd er geen sterfte gevonden, waardoor het te kleine aantal testconcentraties geen probleem was. De LC<sub>50</sub>-waarde van 1,1 mg/L uit ECHC (2010) is niet te herleiden met de ruwe data zoals vermeld in Balk et al. (2011). De WK-INS heeft in 2011 geconcludeerd dat de LC<sub>50</sub> niet betrouwbaar is en de LC<sub>50</sub> van 1,1 mg/L wordt nu ook niet meegenomen in de acute dataset. De ruwe data bevestigen wel dat er bij concentraties tot en met 315 µg/L geen sterfte te verwachten is.

#### *Morone saxatilis*

Richardson et al. (1981) rapporteren een 96-uurs LC<sub>50</sub> van 30,8 mg/L voor de gestreepte zeebaars *Morone saxatilis*. Balk et al. (2011) hebben op basis van deze studie een 96-uurs EC<sub>10</sub> van ca. 1 mg/L geschat. Ze beschouwen dit als een chronisch eindpunt, met de volgende argumentatie:

*"De test op de embryonale ontwikkeling van vis is in lijn met OECD Test Guideline 212 Fish, Short-term Toxicity Test on Embryo and Sac-Fry Stages. Volgens de REACH Guidance on information requirements and chemical safety assessment, Chapter R.7b (p. 25) valt deze methode onder de 'long-term toxicity testing on fish'. De methode wordt genoemd als een alternatief voor de langer durende e.l.s. test voor stoffen met log Kow kleiner dan 4; dus voor stoffen waar geen vertraagde opname wordt verwacht. Voor bromaat is daarmee deze test acceptabel als een chronische test."*

Volgens de KRW-guidance kan een test volgens OECD richtlijn 212 inderdaad gezien worden als een indicatie van de chronische toxiciteit, maar het is dan wel essentieel om te beoordelen of de studie van Richardson et al. (1981) inderdaad vergelijkbaar is met die test. De testrichtlijn geeft aan dat het beperken van de blootstelling tot enkele levensstadia de gevoeligheid kan verminderen en de chronische toxiciteit kan onderschatten (OECD, 1998). Daarom moet de test zo snel mogelijk na het bevruchten van de eieren worden gestart: bij voorkeur binnen 30 minuten en niet later dan 8 uur na bevruchting. Daarnaast moeten ook sublethale effecten worden geregistreerd en statistisch getoetst (lengte, gewicht, misvormingen). De test van Richardson et al. (1981) voldoet niet aan deze voorwaarden. Daarom wordt alleen de LC<sub>50</sub> van 30,8 mg/L meegenomen in de acute dataset.

*Neomysis awatchensis*, *Oncorhynchus keta* en *Crassostrea gigas* Crecelius (1979) heeft de toxiciteit van bromaat onderzocht voor zoutwatersoorten en rapporteert de volgende waarden: LC<sub>50</sub> 176 mg/L voor de aasgarnaal *Neomysis awatchensis*, LC<sub>50</sub> 512 mg/L voor de chumzalm *Oncorhynchus keta* en EC<sub>50</sub> 30 mg/L voor ontwikkeling van larven van de oester *Crassostrea gigas*. Oekotoxentrum (2015) beoordeelt de eindpunten voor deze organismen met een Reliability Index van 2 (Ri 2; test met tekortkomingen, maar voldoende betrouwbaar). De studie is door Balk et al. (2011) aangemerkt als Ri 4 omdat er te weinig informatie is om de betrouwbaarheid te beoordelen. De studie werd destijds wel meegenomen in de selectie omdat de uitkomsten in lijn zijn met andere studies. De studie is opgevraagd en blijkt inderdaad geen informatie te bevatten over de manier waarop de test is uitgevoerd. Daarom worden de waarden niet meegenomen in het huidige advies.

Er is een betrouwbare 24-uurs EC<sub>50</sub> beschikbaar van 170 mg/L voor ontwikkeling van *C. gigas* larven (Hutchinson et al., 1997). Deze auteurs hebben ecotoxiciteitsgegevens voor bromaat verzameld en een eigen experiment uitgevoerd met *C. gigas* omdat er een groot verschil was tussen de resultaten van Crecelius (1979) en die van Stewart et al. (1979) met *C. virginica*. Laatstgenoemde studie is als niet betrouwbaar beoordeeld (Balk et al., 2011; Oekotoxentrum, 2015). De 24-uurs EC<sub>50</sub> van 170 mg/L voor *C. gigas* is meegenomen in de acute dataset. De NOEC uit deze studie is 32 mg/L. Hoewel een gevoelig levensstadium is getoetst, is de blootstellingsduur van 24 uur te kort om de studie mee te nemen in de chronische dataset.

#### *Lemna minor*

De 7-daagse EC<sub>50</sub> en EC<sub>10</sub> voor groeisnelheid van eendekroos *Lemna minor* zijn afkomstig uit de studie van Soluval Santiago (2015). De test is uitgevoerd volgens OECD richtlijn 221, maar behalve aantallen blaadjes zijn er geen andere parameters gemeten. De concentratiereeks is niet helemaal goed gekozen, bij de laagste testconcentratie van 4,9 mg/L (4,2 mg/L als bromaat) is er ca. 10% remming. Soluval Santiago (2015) rapporteert alleen de waarden voor 'yield'<sup>12</sup>, maar volgens OECD 221 en de KRW-guidance is de specifieke groeisnelheid een wetenschappelijk beter onderbouwde maat voor toxiciteit. De EC<sub>50</sub> en EC<sub>10</sub> voor groeisnelheid zijn herberekend met de gerapporteerde aantallen blaadjes en bedragen respectievelijk 29 en 8,7 mg/L (25 en 7,4 mg/L als bromaat). Deze waarden zijn gebruikt in de acute en chronische dataset.

### 4.3 Samenvatting geselecteerde ecotoxiciteitsgegevens

De geselecteerde ecotoxiciteitswaarden voor zoet- en zoutwatersoorten zijn samengevat in Tabel 4 en Tabel 5. Bromaat is een anorganische stof en volgens de KRW-guidance moeten de ecotoxiciteitsgegevens voor zoet- en zoutwaterorganismen gescheiden worden behandeld, tenzij uit de gegevens blijkt dat er geen verschillen zijn in gevoeligheid tussen beide groepen. Er zijn echter onvoldoende gegevens voor een

<sup>12</sup> Berekend als 'yield', de toename van het aantal blaadjes in de behandeling ten opzichte van de controle; volgens OECD 221 komt de effectwaarde voor yield doorgaans lager uit dan die voor de specifieke groeisnelheid.



statistische vergelijking tussen beide datasets zoals beschreven in de KRW-guidance. Daarom worden de gegevens voor zoet en zout water gescheiden gehouden.

De enige soorten die in zout water zijn getest zijn de alg *Isochrysis galbana* en de oester *Crassostrea gigas*. De puntombervis *Leiostomus xanthurus* komt voor in brakke en mariene wateren, *Morone saxatilis* in zowel zoete, brakke als mariene wateren. Beide laatstgenoemde soorten zijn getest in rivierwater met 5‰ saliniteit, wat volgens de KRW-guidance nog als zoet water kan worden beschouwd. Daarom zijn de waarden toegevoegd aan de dataset voor zoet water. Deze enigszins arbitraire keuze heeft geen invloed op de normafleiding. Omdat er geen gegevens zijn voor mariene kreeftachtigen, is de mariene basisset niet compleet en kan er geen zoutwaternorm worden afgeleid.

Tabel 4 Overzicht van geselecteerde acute ecotoxiciteitsgegevens voor bromaat in zoet water. Voor details zie de begeleidende tekst en Bijlage 2-4.

Soort	Duur	Parameter	Waarde [mg/L]	Opmerking
<b>Bacteriën</b>				
<i>Vibrio qinghaiensis</i>	15 min	EC <sub>50</sub>	>1279	
<b>Algen</b>				
<i>Desmodesmus subspicatus</i>	72 h	EC <sub>50</sub>	>76,59 <sup>a</sup>	groeisnelheid
<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	72 h	EC <sub>50</sub>	1848	groeisnelheid
<i>Scenedesmus obliquus</i>	96 h	EC <sub>50</sub>	458	groeisnelheid
<b>Rotiferen</b>				
<i>Brachionus calyciflorus</i>	24 h	LC <sub>50</sub>	365	
<b>Kreeftachtigen</b>				
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	48 h	LC <sub>50</sub>	32,1	
<i>Daphnia magna</i>	48 h	EC <sub>50</sub>	46,9	immobiliteit
<i>Moina sp.</i>	48 h	EC <sub>50</sub>	95	immobiliteit
<b>Vissen</b>				
<i>Danio rerio</i>	96 h	LC <sub>50</sub>	713	
<i>Leiostomus xanthurus</i> <sup>b</sup>	96 h	LC <sub>50</sub>	427,4	test bij 5 ‰; juvenielen
<i>Morone saxatilis</i> <sup>c</sup>	96 h	LC <sub>50</sub>	30,8	test bij 5 ‰; eieren en larven
<b>Amfibieën</b>				
<i>Xenopus laevis</i>	96 h	EC <sub>50</sub>	310	embryo's; ontwikkeling
<b>Planten</b>				
<i>Lemna minor</i>	7 d	EC <sub>50</sub>	25	groeisnelheid

a: Deze waarde staat niet in Oekotoxentrum (2015). De chronische NOEC uit dezelfde studie uit het REACH dossier is als betrouwbaar beoordeeld, daarom is de EC<sub>50</sub> toegevoegd aan de acute dataset.

b: Komt voor in brakke en mariene wateren, getest bij 5‰ saliniteit.

c: Komt voor in zoete, brakke en mariene wateren, getest bij 5‰ saliniteit.

Tabel 5 Overzicht van geselecteerde chronische ecotoxiciteitsgegevens voor bromaat in zoet water. Voor details zie de begeleidende tekst en Bijlage 2-4.

Soort	Duur	Para- meter	Waarde [mg/L]	Opmerking
<b>Algen</b>				
<i>Desmodesmus subspicatus</i>	72 h	NOEC	24,2	groeisnelheid
<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	72 h	EC <sub>10</sub>	492	groeisnelheid
<i>Scenedesmus obliquus</i>	96 h	NOEC	<64	groeisnelheid
<b>Rotiferen</b>				
<i>Brachionus calyciflorus</i>	48 h	EC <sub>10</sub>	65	intrinsieke populatiegroeisnelheid
<b>Kreeftachtigen</b>				
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	7-8 d	NOEC	2,5	sterfte, reproductie
<i>Daphnia magna</i>	21 d	EC <sub>10</sub>	7,1	reproductie
<b>Planten</b>				
<i>Lemna minor</i>	7 d	EC <sub>10</sub>	7,4	groeisnelheid

Tabel 6 Overzicht van geselecteerde acute ecotoxiciteitsgegevens voor bromaat in zout water. Voor details zie de begeleidende tekst en Bijlage 2-4.

Soort	Duur	Para- meter	Waarde [mg/L]	Opmerking
<b>ACUUT</b>				
<b>Algen</b>				
<i>Isochrysis galbana</i>	72 h	LC <sub>50</sub>	13522	groeisnelheid
<b>Mollusken</b>				
<i>Crassostrea gigas</i>	24 h	EC <sub>50</sub>	170	larvale ontwikkeling
<b>CHRONISCH</b>				
<b>Algen</b>				
<i>Isochrysis galbana</i>	72 h	EC <sub>10</sub>	5112	groeisnelheid



## 5 Risicogrenzen voor oppervlaktewater

### 5.1 Zoet oppervlaktewater

#### 5.1.1

##### *Afleiding MAC-MKN<sub>zoet, eco</sub>*

Er zijn acute ecotoxiciteitswaarden voor de basisset van algen, kreeftachtigen en vissen en aanvullende waarden voor bacteriën, planten, rotiferen en amfibieën. De MAC-MKN<sub>zoet, eco</sub> wordt afgeleid door de laagste acute L(E)C<sub>50</sub> te delen door een veiligheidsfactor. De standaard veiligheidsfactor van 100 mag worden verlaagd naar 10 als het werkingsmechanisme bekend is én de meest gevoelige groep is vertegenwoordigd in de dataset, of als de spreiding in de L(E)C<sub>50</sub> waarden klein is (standaarddeviatie van de log-getransformeerde L(E)C<sub>50</sub> < 0,5).

De laagste acute waarde is de EC<sub>50</sub> van 25 mg/L voor de waterplant *Lemna minor*. Het werkingsmechanisme van bromaat is niet bekend en de standaarddeviatie van de log-getransformeerde acute waarden is 0,9. Daarom wordt een veiligheidsfactor van 100 toegepast. De MAC-MKN<sub>zoet, eco</sub> is 0,25 mg/L (250 µg/L).

#### 5.1.2

##### *Afleiding JG-MKN<sub>zoet</sub>*

##### Ecotoxiciteit

Er zijn chronische ecotoxiciteitswaarden voor algen, waterplanten, rotiferen en kreeftachtigen. De laagste waarde is de NOEC van 2,5 mg/L voor *Ceriodaphnia dubia*. Omdat er waarden voor twee basisgroepen aanwezig zijn, mag een veiligheidsfactor van 50 worden toegepast op de laagste waarde. De JG-MKN<sub>zoet, eco</sub> is 50 µg/L.

##### Humane visconsumptie

Zoals aangegeven in paragraaf 1.3.3, moet humane visconsumptie worden meegenomen bij de afleiding van de JG-MKN. Bij gebrek aan gegevens over de bioaccumulatie van bromaat is het niet mogelijk om de JG-MKN<sub>biota</sub> om te rekenen naar een overeenkomstige concentratie in water. Vanwege de lage gezondheidkundige risicogrenzen voor bromaat (0,005 µg/kg lg per dag), komt de JG-MKN<sub>water, hh</sub> bij een BCF van >0,012 L/kg al lager uit dan de JG-MKN<sub>zoet, eco</sub>.

De WK-INS concludeerde in 2011 dat het onwaarschijnlijk is dat indirecte blootstelling via vis een groter risico voor mensen oplevert dan directe inname via drinkwater. Het werd dan ook als onredelijk beschouwd om op basis van de route humane visconsumptie een oppervlaktewaternorm af te leiden die strenger is dan de drinkwatereis van 1 µg/L. Of de JG-MKN<sub>water, hh</sub> hoger zou mogen zijn dan de drinkwatereis, en zo ja, hoeveel, kon bij gebrek aan BCF niet worden vastgesteld.

De WK-INS concludeerde daarom dat de JG-MKN<sub>biota</sub> de wetenschappelijk best onderbouwde norm is voor de route humane visconsumptie<sup>13</sup>. Deze conclusie is niet veranderd.

<sup>13</sup> Verslag van de vergadering van de Wetenschappelijke Klankbordgroep INS d.d. 6 september 2011

## 5.2 Zout oppervlaktewater

Omdat de ecotoxiciteitgegevens voor zoet en zout water niet mogen worden samengevoegd, zijn er onvoldoende gegevens voor het afleiden van normen voor zout oppervlaktewater. Voor het afleiden van een MAC-MKN<sub>zout, eco</sub> zijn acute ecotoxiciteitsgegevens nodig voor tenminste mariene algen, kreeftachtigen en vissen. Omdat gegevens voor kreeftachtigen en vissen ontbreken, kan er geen MAC-MKN<sub>zout, eco</sub> worden afgeleid. Zelfs als de acute LC<sub>50</sub>-waarden voor de brakwater/mariene vissoorten in de zout water-dataset zouden worden gebruikt, kan er nog geen MAC-MKN<sub>zout, eco</sub> worden afgeleid omdat gegevens voor mariene kreeftachtigen ontbreken. Voor het afleiden van een JG-MKN<sub>zout, eco</sub> moet namelijk de acute basisset van mariene algen, kreeftachtigen en vissen compleet zijn, of er moet tenminste een chronische NOEC of EC<sub>10</sub> voor mariene kreeftachtigen of vissen zijn. Aan beide voorwaarden wordt niet voldaan en afleiding van de JG-MKN<sub>zout, eco</sub> is niet mogelijk.

## 5.3 Oppervlaktewater op innamepunten van drinkwater

Volgens de KRW-guidance moet er een aparte waterkwaliteitsnorm worden afgeleid voor oppervlaktewater op innamepunten van drinkwater. Deze JG-MKN<sub>drw, hh</sub> is gebaseerd op de bestaande drinkwatereis, waarbij eventueel rekening kan worden gehouden met een verwijderingsefficiëntie bij eenvoudige drinkwaterzuivering. Broomaat is niet met eenvoudige technieken te verwijderen. Daarom is de JG-MKN<sub>drw, hh</sub> gelijk aan de drinkwatereis van 1 µg/L.

## 6 Discussie en conclusies

In dit rapport presenteert het RIVM risicogrenzen voor bromaat in zoet oppervlaktewater. Bromaat kan vrijkomen bij de zuivering van bromidehoudend (afval)water door ozonisatie. De risicogrenzen zijn afgeleid volgens de methodiek van de Kaderrichtlijn Water (KRW). Ze zijn gebaseerd op bestaande evaluaties, aangevuld met enkele nieuwe literatuurgegevens. Waar nodig zijn de onderliggende studies gecontroleerd. De risicogrenzen voor bromaat houden rekening met directe ecotoxiciteit voor dieren en planten die in het water leven en met blootstelling van mensen via het eten van vis. Een ander doel van de KRW is de bescherming van de drinkwaterbronnen. Daarom is ook een aparte waarde afgeleid voor oppervlaktewater op innamepunten van drinkwater.

Tabel 7 geeft een samenvatting van de berekende Jaargemiddelde Milieukwaliteitsnorm (JG-MKN) en Maximaal Aanvaardbare Concentratie (MAC-MKN). Deze risicogrenzen hebben geen status als norm, maar dienen als advieswaarden voor het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, dat verantwoordelijk is voor het vaststellen van normen.

Tabel 7 Afgeleide JG- en MAC-MKN voor bromaat.

Type	Waarde	Opmerking
JG-MKN <sub>zoet, eco</sub>	50 µg/L	voor zoete wateren; geldt alleen ecotoxicologie
MAC-MKN <sub>zoet, eco</sub>	0,25 mg/L	
JG-MKN <sub>biota</sub>	0,61 µg/kg <sub>ww</sub> vis	voor zoete en zoute wateren
JG-MKN <sub>drw, hh</sub>	1 µg/L	innamepunten van drinkwater; gebaseerd op wettelijke eis voor drinkwater

### Bescherming tegen ecotoxicologische risico's

De JG- MKN<sub>zoet, eco</sub> van 50 µg/L en de MAC-MKN<sub>zoet, eco</sub> van 0,25 mg/L zijn gebaseerd op ecotoxicologische effecten voor zoetwater organismen. De JG-MKN<sub>zoet, eco</sub> is gelijk aan de waarde die door het Zwitserse Oekotoxentrum (2015) is afgeleid. Een punt van onzekerheid zijn de mogelijke acute effecten op kreeftachtigen. Uit een 7-daagse screeningsstudie blijkt dat de vlokreeft *Hyalella azteca* mogelijk gevoelig is voor bromaat, maar de studie is niet geschikt om een betrouwbare LC<sub>50</sub> uit af te leiden. Oekotoxentrum (2015) gebruikt de studie wel en komt dan uit op een MAC-MKN<sub>zoet, eco</sub> van 11 µg/L. Omdat die waarde lager is dan de JG-MKN<sub>zoet, eco</sub>, hanteert Zwitserland de waarde van 50 µg/L voor zowel de JG- als de MAC-MKN.

In de studie met *H. azteca* is geen sterfte gezien bij concentraties tot en met 315 µg/L. De hier voorgestelde MAC-MKN<sub>zoet, eco</sub> van 0,25 mg/L is lager dan deze concentratie. Bovendien was de 7-daagse blootstellingsduur in de test met *H. azteca* langer dan de kortdurende concentratiepieken waar de MAC-MKN<sub>zoet, eco</sub> betrekking op heeft. Daarom wordt de combinatie van een JG-MKN<sub>zoet, eco</sub> van 50 µg/L en MAC-MKN<sub>zoet, eco</sub> van 0,25 mg/L voldoende beschermend geacht voor het zoetwater ecosysteem. Deze waarden hebben alleen betrekking op het

aquatisch ecosysteem en houden géén rekening met de gezondheidkundige effecten van bromaat.

Omdat er nauwelijks ecotoxiciteitsgegevens zijn voor mariene soorten, is het niet mogelijk om normvoorstellen te doen voor zout oppervlaktewater.

### **Bescherming tegen gezondheidkundige risico's**

Bromaat is een kankerverwekkende stof en daarom worden risico's van humane visconsumptie meegenomen in de afleiding van de JG-MKN. De gezondheidkundige grenswaarde voor bromaat is relatief laag en leidt tot een lage JG-MKN<sub>biota</sub> van 0,61 µg/kg vis. Deze waarde geldt voor zoete en zoute wateren. Bij een BCF van >0,012 L/kg zou de JG-MKN<sub>water, hh</sub> voor humane visconsumptie al lager uitkomen dan de JG-MKN<sub>zoet, eco</sub> voor ecotoxiciteit.

Omdat gegevens over de opname van bromaat door vissen ontbreken, is het niet mogelijk om de precieze hoogte van de JG-MKN<sub>water, hh</sub> vast te stellen. Daarom adviseerde de WK-INS eerder om lozingen ook te toetsen aan de JG-MKN<sub>biota</sub>. De onzekerheid over de route humane visconsumptie kan in het huidige advies niet worden opgelost. Bioaccumulatiestudies in het laboratorium en/of metingen in wildgevangen vis zouden hier meer inzicht in kunnen geven, maar de WK-INS erkende eerder ook dat het meten van bromaat in vis waarschijnlijk op technische problemen stuit.

Het is niet aannemelijk dat indirecte blootstelling via vis een groter risico voor mensen oplevert dan directe inname via drinkwater. Daarom concludeerde de WK-INS in 2011 dat de drinkwatereis van 1 µg/L beschermend is voor humane visconsumptie. De KRW-guidance gaat echter uit van een ander (hoger) beschermingsniveau dan de huidige drinkwatereis (zie paragraaf 3.2). Uitgaande van een beschermingsniveau van 1 op 10<sup>6</sup> per leven, zou een drinkwaterrichtwaarde van 0,14 µg/L worden berekend

### **Conclusies en aanbevelingen**

Er kunnen geen normvoorstellen worden gedaan voor zout oppervlaktewater. Voor zoet oppervlaktewater is het niet mogelijk om één waarde te adviseren die beschermend is voor alle aspecten.

De ecotoxicologische risicogrens voor zoet water is 50 µg/L. Het is niet duidelijk of deze waarde voldoende bescherming biedt tegen de gezondheidkundige risico's van bromaat als gevolg van het eten van vis. Om na te gaan of het zinvol is om een bioaccumulatiestudie in het laboratorium en/of metingen in wildgevangen vis uit te voeren, zou eerst moeten worden onderzocht of het technisch mogelijk is om bromaat in vis te meten.

De risico's van humane visconsumptie worden waarschijnlijk voldoende afgedekt door de risicogrens voor directe inname van bromaat via drinkwater. De wettelijke kwaliteitseis voor drinkwater van 1 µg/L is echter hoger dan de gezondheidkundige drinkwaterrichtwaarde die volgens de huidige methodiek zou worden berekend, deze bedraagt 0,14 µg/L. De aanbeveling is om de hoogte van de drinkwatereis voor bromaat te evalueren in het licht van het gewenste beschermingsniveau.



## Dankwoord

De auteur bedankt Monique van der Aa, Peter van Vlaardingen, Liesbeth Geraets en Charles Bodar (RIVM) en de leden van de *Wetenschappelijke Klankbordgroep normstelling water en lucht* voor discussie en commentaar naar aanleiding van eerdere versies van dit rapport. Het advies van de WK normstelling is in de eindrapportage verwerkt.



## Literatuur

- Balk F, Gubbels I, Stam G. 2011. Afleiding van een nieuwe milieukwaliteitsnorm voor bromaat. Versie 6 oktober 2011. Nijmegen, Nederland: Royal Haskoning. Rapport nr. 9T7192.B0/R0008/Nijm.
- Bantle JA, Finch RA, Fort DJ, Stover EL, Hull M, Kumsher-King M, Gaudet-Hull AM. 1999. Phase III Interlaboratory Study of FETAX. Part 3. FETAX Validation using 12 compounds with and without an exogenous Metabolic Activation System. *J Appl Toxicol* 19 19: 447-472.
- Borgmann U, Couillard Y, Doyle P, Dixon DG. 2005. Toxicity of sixty-three metals and metalloids to *Hyalella azteca* at two levels of water hardness. *Environ Toxicol Chem* 24 (3): 641-652.
- Crecelius EA. 1979. Measurements of oxidants in ozonated sea water and some biological reactions. *J Fish Res Board Can* 36: 1006-1008.
- Delfos B, Van der Neut R, Hoekstra M, Martijn B. 2020. Medicijnresten te lijf met (geavanceerde) oxidatie. H2O Online, 15 januari 2020.
- EC. 2011. Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance document No. 27. Technical guidance for deriving environmental quality standards. Technical report 2011-055. Brussel: Europese Commissie.
- EC. 2018. Technical guidance for deriving environmental quality standards. Guidance Document No. 27. Updated version 2018. Document endorsed by EU Water Directors at their meeting in Sofia on 11-12 June 2018. Brussel: Europese Commissie.
- ECHA. 2020a. Registration dossier potassium bromate. First published 17 March 2011, last modified 24 May 2020. Beschikbaar via <https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/12144>.
- ECHA. 2020b. Registration dossier sodium bromate. First published 10 May 2018, last modified 13 March 2020. Beschikbaar via <https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/24444>.
- ECHC. 2010. Screening Assessment for the Challenge Bromic acid, potassium salt (Potassium bromate) Chemical Abstracts Service Registry Number 7758-01-2. Environment Canada/Health Canada. Beschikbaar via [http://www.ec.gc.ca/ese-ees/47CCC26F-88C5-40E4-8C3D-FE88049DC9C7/batch9\\_7758-01-2\\_en.pdf](http://www.ec.gc.ca/ese-ees/47CCC26F-88C5-40E4-8C3D-FE88049DC9C7/batch9_7758-01-2_en.pdf).
- Hutchinson TH, Hutchings MJ, Moore KW. 1997. A review of the effects of bromate on aquatic organisms and toxicity of bromate to oyster (*Crassostrea gigas*) embryos. *Ecotox Environ Saf* 38: 238-243.
- Klimisch HJ, Andreae M, Tillmann U. 1997. A systematic approach for evaluating the quality of experimental toxicological and ecotoxicological data. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 25: 1-5.
- Moermond CTA, Kase R, Korkaric M, Ågerstrand M. 2016. CRED: Criteria for reporting and evaluating ecotoxicity data. *Environ Ecotoxicol Chem* 35: 1297-1309.

- OECD. 1998. Test No. 212: Fish, Short-term Toxicity Test on Embryo and Sac-Fry Stages, OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2, OECD Publishing, Paris, France.
- OEHHA. 2009. Public health goal for bromate in drinking water. Prepared by Pesticide and Environmental Toxicology Branch Office of Environmental Health Hazard Assessment California Environmental Protection Agency. Beschikbaar via <https://oehha.ca.gov/media/downloads/water/chemicals/phg/bromatephg010110.pdf>.
- Oekotoxentrum. 2015. Environmental Quality Standard (EQS) - Vorschlag des Oekotoxentrums für: Bromat. Dübendorf, Zwitserland: Eawag-EPFL. Schweizerisches Zentrum für angewandte Ökotoxikologie. Beschikbaar via <https://www.oekotoxentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/qualitaetskriterienvorschlaege-oekotoxentrum/>.
- Richardson LB, Burton DT, Rhoderick JC. 1981. Toxicity of bromate to striped bass ichthyoplankton (*Morone saxatilis*) and juvenile spot (*Leiostomus xanthurus*). *J Toxicol Environ Health* 8 (4): 687-695.
- RIWA. 2020. Jaarrapport 2019 de Rijn. Nieuwegein, Nederland: RIWA-Rijn, Vereniging van Rivierwaterbedrijven.
- Roels JM, Verweij W, van Engelen JGM, Maas RJM, Lebet E, Houthuijs DJM, Wezenbeek JM. 2014. Gezondheid en veiligheid in de Omgevingswet. Doelen, normen en afwegingen bij de kwaliteit van de leefomgeving. Hoofdrapport. Bilthoven: RIVM. Rapport nr. 2014-0138.
- Schets FM, Keltjens LLM, Hulshof GJM, Schoon H, Feyen LJG, Janssen PJCM, te Biesebeek JD. 2014. Normen en methoden voor kwaliteitsparameters in het te wijzigen Besluit hygiëne en veiligheid badinrichtingen en zwemgelegenheden. Bilthoven, Nederland: RIVM. Rapport nr. 2014-0121.
- Snell TW, Moffat BD. 1992. A2-d life cycle test with the rotifer *Brachionus calyciflorus*. *Environ Toxicol Chem* 11: 1249-1257.
- Soluval Santiago. 2015. Ecotoxicity of sodium bromate on reproduction of *Ceriodaphnia dubia* and on other freshwater organisms. Report prepared for AWEL and Swiss Centre for Applied Ecotoxicology to derive a Proposal of Environmental Quality Standard for Bromate. August 2015. Beschikbaar via <https://www.oekotoxentrum.ch/projekte/risikobewertung/oekotoxikologische-beurteilung-bromat/>.
- Stewart ME, Blogoslawski WJ, Hsu RY, Helz GR. 1979. Byproducts of oxidative biocides: Toxicity to oyster larvae. *Mar Pollut Bull* 10: 166-169.
- US EPA. 2001. Integrated Risk Information System (IRIS) Chemical Assessment Summary Bromate. Beschikbaar via [https://iris.epa.gov/static/pdfs/1002\\_summary.pdf](https://iris.epa.gov/static/pdfs/1002_summary.pdf).
- Van der Aa NGFM, Van Leerdam RC, Van de Ven BM, Janssen PJCM, Smit CE, Versteegh JFM. 2017. Evaluatie signaleringsparameter nieuwe stoffen drinkwaterbeleid. Bilthoven, Nederland: RIVM. Rapport nr. 2017-0091.
- Van Dijk-Looijaard AM. 1993. Herziening normen Waterleidingbesluit. Nieuwegein, Nederland: KIWA. Rapport nr. 971.100.031.

- Verbruggen EMJ, Smit CE, Van Vlaardingen PLA. 2020. Environmental quality standards for barium in surface water. Proposal for an update according to the methodology of the Water Framework Directive. Bilthoven, Nederland: RIVM. Rapport nr. 2020-0024.
- Wang Z-W, Liu D-M, Zhang W-J, Cui F-Y. 2016. Acute toxic effects of bromate on aquatic organisms. *Environmental Science* 37 (2): 756-764.
- WHO. 2005. Bromate in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Geneve, Zwitserland: World Health Organization. Rapport nr. WHO/SDE/WSH/05.08/78.
- WHO. 2017. Guidelines for drinking-water quality, fourth edition 2017. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
- Xiao Q, Yu S, Li L, Wang T, Liao X, Ye Y. 2017. An overview of advanced reduction processes for bromate removal from drinking water: Reducing agents, activation methods, applications and mechanisms. *J Hazard Mater* 324: 230-240.
- Xu X-P, Chen T, Wei X-YX-F, Yang X-F, Xi Y-L, Wang X-M. 2021. Effects of bromate on life history parameters, swimming speed and antioxidant biomarkers in *Brachionus calyciflorus*. *Ecotox Environ Saf* 208: 111705.



## Bijlage 1. Afkortingen

BCF	bioconcentratiefactor
DMEL	Derived Minimum Effect Level
EC <sub>50</sub> , EC <sub>10</sub>	concentratie met 50, 10% effect
(i-)MTR	(indicatief) Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau
JG-MKN	Jaargemiddelde Milieukwaliteitsnorm
JG-MKN <sub>biota</sub>	Jaargemiddelde Milieukwaliteitsnorm, uitgedrukt als concentratie in vis
JG-MKN <sub>drw, hh</sub>	Jaargemiddelde Milieukwaliteitsnorm voor oppervlaktewater op drinkwaterinnamepunten
JG-MKN <sub>water, hh</sub>	Jaargemiddelde Milieukwaliteitsnorm voor zoete en zoute wateren, gebaseerd op humane visconsumptie
JG-MKN <sub>zoet</sub>	Jaargemiddelde Milieukwaliteitsnorm voor zoetwater (landoppervlakte wateren)
JG-MKN <sub>zoet, eco</sub>	Jaargemiddelde Milieukwaliteitsnorm voor zoetwater, gebaseerd op directe ecotoxiciteit
JG-MKN <sub>zout, eco</sub>	Jaargemiddelde Milieukwaliteitsnorm voor zoute wateren, gebaseerd op directe ecotoxiciteit
(log) K <sub>ow</sub>	(log) octanol-water partiticoëfficiënt
KRW	Kaderrichtlijn Water (Richtlijn EU 2000/60/EG)
LC <sub>50</sub>	concentratie met 50% sterfte
MAC-MKN	Maximaal Aanvaardbare Concentratie – Milieukwaliteitsnorm
MAC-MKN <sub>zoet, eco</sub>	Maximaal Aanvaardbare Concentratie – Milieukwaliteitsnorm voor zoete wateren, deze is altijd gebaseerd op directe ecotoxiciteit
NOEC	No Observed Effect Concentration
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
REACH	Registration, Evaluation and Authorisation of Chemical (Verordening EU 1907/2006)
Ri	Reliability Index
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
US EPA	United States Environmental Protection Agency
VR	Verwaarloosbaar Risiconiveau
WHO	World Health Organization
WK-INS	Wetenschappelijke Klankbordgroep Internationale Normstelling Stoffen
WK-nwl	Wetenschappelijke Klankbordgroep normstelling water en lucht
ZZS	Zeer Zorgwekkende Stof

## Bijlage 2. Ecotoxiciteitsgegevens

Tabel B2.1 is met toestemming overgenomen uit de evaluatie van Oekotoxentrum (2015), Tabel B2.2 geeft een overzicht van de ecotoxiciteitswaarden die zijn geselecteerd door Balk et al. (2011) en Tabel B2.3 bevat de gegevens van de aanvullende studies die gevonden zijn door raadplegen van de US EPA Ecotox Knowledgebase en Scopus.

Tabel B2.1 Overzicht van ecotoxiciteitsgegevens zoals verzameld en beoordeeld door het Oekotoxentrum (2015). De validiteitsscore is toegekend op basis van de criteria van Klimisch et al. (1997), voor de beoordeling van de aanvullende studie van Soluval Santiago (2105) is ook het CRED-systeem gebruikt (Moermond et al., 2016). De door Oekotoxentrum (2015) geselecteerde waarden zijn in zwart weergegeven, de overige waarden in grijs zijn niet betrouwbaar of niet bruikbaar. Effectwaarden op basis van bromaat staan tussen haken (waarden zonder haken zijn op basis van het geteste bromaat). Chemische analyse: A = waarde gebaseerd op gemeten concentraties; B = waarde gebaseerd op nominale concentraties, gemeten waarden +/- 20% van nominaal; C = waarde gebaseerd op nominale concentraties. Teststelsel: S = statisch; R = renewal. Referenties in rood zijn ook besproken in Balk et al. (2011). Als het oordeel over de validiteit afwijkt van Balk et al., is dit met een gele markerings aangegeven, deze studies worden in de hoofdtekst besproken.

EFFEKTDATENSAMMLUNG													
Sammel-bezeichnung	Organismus	Endpoint	Dauer	Dimension	Parameter	Operator	Wert (mg/L)	Chemische Analyse	Testsystem	Reinheit (%)	Bemerkungen	Validität	Referenz
akute Daten													
Dinoflagellaten	<i>Glenodinium hallii</i>	Wachstum	-	-	EC50	>	(13.6)	C	-	≥ technical grade	Test mit NaBrO <sub>3</sub> , aber bezogen auf BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2-3	Erikson and Freeman 1978
Algen	<i>Isochrysis galbana</i>	Wachstumsrate (Zellzahl)	72	h	EC50 <sup>c</sup>	=	15954 (13522)	A	S	≥ 98.5	Test mit NaBrO <sub>3</sub> mit Salzwasseralge angepasst nach ASTM 2006	2	Fisher et al. 2014
Algen	<i>Isochrysis galbana</i>	Wachstumsrate (Zellzahl)	72	h	EC25	=	9593 (8131)	A	S	≥ 98.5	Test mit NaBrO <sub>3</sub> mit Salzwasseralge angepasst nach ASTM 2006	2	Fisher et al. 2014
Algen	<i>Isochrysis galbana</i>	Wachstum	-	-	EC50	>	(13.6)	C	-	≥ technical grade	Test mit NaBrO <sub>3</sub> , aber bezogen auf BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2-3	Erikson and Freeman 1978
Algen	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	Wachstum	72	h	EC50	=	204 (172.9)	C	S	≥ 99, extra pure	Test mit NaBrO <sub>3</sub> ; nach AFNOR T90-375 in Mikrotiterplatten	R3	Soluval Santiago 2015
Algen	<i>Skeletonema costatum</i>	Wachstum	-	-	EC50	>	(13.6)	C	-	≥ technical grade	Test mit NaBrO <sub>3</sub> , aber bezogen auf BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2-3	Erikson and Freeman 1978
Algen	<i>Thalassiosira pseudonana</i>	Wachstum	-	-	EC25	>	(13.6)	C	-	≥ technical grade	Test mit NaBrO <sub>3</sub> , aber bezogen auf BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2-3	Erikson and Freeman 1978
Höhere Wasserpflanzen	<i>Lemna minor</i>	Wachstum	7	d	EC50	=	17.3 (14.7)	C	S	≥ 99, extra pure	Test mit NaBrO <sub>3</sub> nach vereinfachter OECD 221 für Biomasse	R2	Soluval Santiago 2015
Rotifera	<i>Brachionus calyciflorus</i>	Reproduktion	48	h	EC50	=	262 (222)	C	S	≥ 99, extra pure	Test mit NaBrO <sub>3</sub> ; nach ISO 20666 vereinfacht	R2	Soluval Santiago 2015
Planarien	<i>Polycelis nigra</i>	Mortalität/ Immobilisation	48	h	LC50	=	2558 (2168)	C	-	-	Test mit NaBrO <sub>3</sub>	4	Jones 1941



## EFFEKTDATENSAMMLUNG

Sammel-bezeichnung	Organismus	Endpoint	Dauer	Dimension	Parameter	Operator	Wert (mg/L)	Chemische Analyse	Testsystem	Reinheit (%)	Bemerkungen	Validität	Referenz
Krebstiere	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	Mortalität	48	h	LC50	=	37.9 (32.2)	C	S	≥ 99, extra pure	Test mit NaBrO <sub>3</sub>	R1-2	Soluval Santiago 2015
Krebstiere	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	Mortalität	7	d	LC50	=	8.92 (7.6)	C	R	≥ 99, extra pure	Test mit NaBrO <sub>3</sub> ; nach ISO 20665	R1	Soluval Santiago 2015)
Krebstiere	<i>Daphnia magna</i>	Immobilisation	48	h	EC50	>	100 (76.58)	C	S	-	Test mit K BrO <sub>3</sub>	1	ECHA 2105b
Krebstiere	<i>Daphnia magna</i>	Mortalität/ Immobilisation	48	h	EC50	=	194 (164)	C	S	≥ 99, extra pure	Test mit NaBrO <sub>3</sub> ; nach ISO 6341	R1-2	Soluval Santiago 2015
Krebstiere	<i>Daphnia magna</i>	Mortalität/ Immobilisation	72	h	EC50	=	67.9 (57.6)	C	S	≥ 99, extra pure	Test mit NaBrO <sub>3</sub>	R1-2	Soluval Santiago 2015
Krebstiere	<i>Daphnia magna</i>	Mortalität/ Immobilisation	48	h	EC50	=	(179)	C	-	-	Test mit NaBrO <sub>3</sub> , aber bezogen op BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4	Anderson 1946
Krebstiere	<i>Daphnia magna</i>	Mortalität /Immobilisation	48	h	EC50	>	100 (76.59)	B	S	-	Test mit KBrO <sub>3</sub> , nach OECD 202	1	ECHA 2015a
Krebstiere	<i>Daphnia magna</i>	Mortalität/ Immobilisation	24	h	EC50	=	112.7 (95.5)	A	R	≥ 98.5	Test mit NaBrO <sub>3</sub> nach US-EPA 2002 guideline EPA 821-R-02-12	2	Fisher et al. 2014
Krebstiere	<i>Daphnia magna</i>	Mortalität/ Immobilisation	48	h	EC50	=	55.3 (46.9)	A	R	≥ 98.5	Test mit NaBrO <sub>3</sub> nach US-EPA 2002 guideline EPA 821-R-02-12	2	Fisher et al. 2014
Krebstiere	<i>Daphnia magna</i>	Mortalität/ Immobilisation	72	h	EC50	=	46.8 (39.7)	A	R	≥ 98.5	Test mit NaBrO <sub>3</sub> nach US-EPA 2002 guideline EPA 821-R-02-12	2	Fisher et al. 2014
Krebstiere	<i>Daphnia magna</i>	Mortalität/ Immobilisation	96	h	EC50	=	46.8 (39.7)	A	R	≥ 98.5	Test mit NaBrO <sub>3</sub> nach US-EPA 2002 guideline EPA 821-R-02-12	2	Fisher et al. 2014
Krebstiere	<i>Hyalella azteca</i>	Mortalität	7	d	LC50	=	(1.093 ~1.1)	C	-	Reagent grade	Test mit NaBrO <sub>3</sub> , aber bezogen op BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2	Environment Canada and Health Canada (2010)
Krebstiere	<i>Neomysis awatschensis</i>	Mortalität	24	h	LC50	=	(176)	B	S	-	Testkonzentration bezogen op BrO <sub>3</sub>	2	Creelius 1979
Krebstiere	<i>Pandalus danae</i>	Mortalität	72	h	LC100	≤	(880)	B	S	-	Testkonzentration bezogen op BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2	Creelius 1979
Krebstiere	<i>Protothaca staminea</i>	Mortalität	72	h	LC100	≤	(880)	B	S	-	Testkonzentration bezogen op BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2	Creelius 1979
Mollusken	<i>Crassostrea gigas</i>	Entwicklung	24	h	LOEC	=	(32)	A		≥ 99	Testkonzentration bezogen op BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2	Hutchinson et al. 1997
Mollusken	<i>Crassostrea gigas</i>	Entwicklung	24	h	NOEC	=	(56)	A		≥ 99	Testkonzentration bezogen op BrO <sub>3</sub>	2	Hutchinson et al. 1997

## EFFEKTDATENSAMMLUNG

Sammel-bezeichnung	Organismus	Endpoint	Dauer	Dimension	Parameter	Operator	Wert (mg/L)	Chemische Analyse	Testsystem	Reinheit (%)	Bemerkungen	Validität	Referenz
Mollusken	<i>Crassostrea gigas</i> -Larven	Entwicklung	48	h	EC50	=	(30)	B	S	-	Testkonzentration bezogen auf BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2	Creelius 1979
Mollusken	<i>Crassostrea gigas</i>	Entwicklung	24	h	EC50	=	(170)	A		≥ 99	Testkonzentration bezogen auf BrO <sub>3</sub>	2	Hutchinson et al. 1997
Mollusken	<i>Crassostrea virginica</i> -Larven	Mortalität	48	h	LOEC	=	(0.05)	A-	C	-	Testkonzentration bezogen auf BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3	Stewart et al. 1979
Mollusken	<i>Crassostrea virginica</i> -Larven	Mortalität	48	h	LC90	<=	(1)	A-	C	-	Testkonzentration bezogen auf BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3	Stewart et al. 1979
Mollusken	<i>Macoma inguinata</i>	Mortalität	72	h	LC100	≤	(880)	B	S	-	Testkonzentration bezogen auf BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2	Creelius 1979
Fische	<i>Cymatogaster aggregata</i>	Mortalität	72	h	LC100	≤	(880)	B	S	-	Testkonzentration bezogen auf BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2	Creelius 1979
Fische	<i>Leiostomus xanthurus</i>	Mortalität	96	h	LC50	=	(427.4)	A	-	-	Testkonzentration bezogen auf BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2	Richardson et al.1981
Fische	<i>Leiostomus xanthurus</i>	Mortalität	10	d	LC50	=	(278.6)	A	-	-	Testkonzentration bezogen auf BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2	Richardson et al.1981
Fische	<i>Morone saxatilis</i> -Eier und Larven	- Mortalität	96	h	LC50	=	(30.8)	A	-	-	Testkonzentration bezogen auf BrO <sub>3</sub> , Fischlarven reagieren empfindlicher als adulte Fische	2	Richardson et al.1981
Fische	<i>Morone saxatilis</i>	Mortalität	10	d	LC50	=	(92.6)	A	-	-	Testkonzentration bezogen auf BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2	Richardson et al.1981
Fische	<i>Oncorhynchus keta</i>	Mortalität	96	h	LC50	=	(512)	B	S	-	Testkonzentration bezogen auf BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2	Creelius 1979
(Sub)chronische Daten													
Algen	<i>Desmodesmus subspicatus</i>	Wachstumsrate	72	h	LOEC	=	56.2 (43.0)	B	S	-	Test mit KBrO <sub>3</sub> , nach OECD 201	1	ECHA 2015b
Algen	<i>Desmodesmus subspicatus</i>	Wachstumsrate	72	h	NOEC	=	31.6 (24.2)	B	S	-	Test mit KBrO <sub>3</sub> , nach OECD 201	1	ECHA 2015b
Algen	<i>Isochrysis galbana</i>	Wachstumsrate (Zellzahl)	72	h	EC10	=	6031 (5112)	A	S	≥ 98.5	Test mit NaBrO <sub>3</sub> mit Salzwasseralge angepasst nach ASTM 2006	2	Fisher et al. 2014
Algen	<i>Isochrysis galbana</i>	Wachstumsrate (Zellzahl)	72	h	LOEC	=	10554 (8945)	A	S	≥ 98.5	Test mit NaBrO <sub>3</sub> mit Salzwasseralge angepasst nach ASTM 2006	2	Fisher et al. 2014
Algen	<i>Isochrysis galbana</i>	Wachstumsrate (Zellzahl)	72	h	NOEC	=	5277 (4473)	A	S	≥ 98.5	Test mit NaBrO <sub>3</sub> mit Salzwasseralge	2	Fisher et al. 2014

## EFFEKTDATENSAMMLUNG

Sammel-bezeichnung	Organismus	Endpoint	Dauer	Dimension	Parameter	Operator	Wert (mg/L)	Chemische Analyse	Testsystem	Reinheit (%)	Bemerkungen	Validität	Referenz
											angepasst nach ASTM 2006		
Algen	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	Wachstum	72	h	EC10	=	49.0 (41.6)	C	S	≥ 99, extra pure	Test mit NaBrO <sub>3</sub> ; nach AFNOR T90-375 in Mikrotiterplatten, EC10 ausserhalb der getesteten Konzentrationen	R3	Soluval Santiago 2015
Algen	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	Wachstum	72	h	LOEC	≤	95.5 (80.9)	C	S	≥ 99, extra pure	Test mit NaBrO <sub>3</sub> ; nach AFNOR T90-375 in Mikrotiterplatten	R2	Soluval Santiago 2015
Höhere Wasserpflanzen	<i>Lemna minor</i>	Wachstum	7	d	EC10	=	5.3 (4.5)	C	S	≥ 99, extra pure	Test mit NaBrO <sub>3</sub> nach vereinfachter OECD 221 für Biomasse,	R2	Soluval Santiago 2015
Rotifera	<i>Brachionus calyciflorus</i>	Reproduktion	48	h	EC10	=	149 (126.3)	C	S	≥ 99, extra pure	Test mit NaBrO <sub>3</sub> ; nach ISO 20666 vereinfacht und mit Variabilität im tiefen Effektbereich	R2	Soluval Santiago 2015
Krebstiere	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	Reproduktion	7	d	EC50	=	9.9 (8.4)	C	R	≥ 99, extra pure	Test mit NaBrO <sub>3</sub> ; nach ISO 20665	R1	Soluval Santiago 2015
Krebstiere	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	Reproduktion	7	d	EC10	=	5.5 (4.6)	C	R	≥ 99, extra pure	Test mit NaBrO <sub>3</sub> ; nach ISO 20665	R1	Soluval Santiago 2015
Krebstiere	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	Reproduktion	7	d	NOEC	=	3.0 (2.5)	C	R	≥ 99, extra pure	Test mit NaBrO <sub>3</sub> ; nach ISO 20665	R1	Soluval Santiago 2015
Krebstiere	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	Mortalität und Reproduktion	8	d	NOEC	=	3.0 (2.5)	C	R	≥ 99, extra pure	Test mit NaBrO <sub>3</sub> ; nach ISO 20665	R1	Soluval Santiago 2015

Tabel B2.2 Overzicht van door Balk et al. (2011) geselecteerde ecotoxiciteitswaarden. De vetgedrukte waarden zijn de laagste waarden per soort. Bron: Tabel 6 in Balk et al. (2011).

Engelse naam	Taxonomische groep	Endpoint	Acuut Conc (mg/L)	Lange termijn Conc. (mg/L)	Zoet/Marien	Kwaliteit (Klimisch)
<b>Algen</b>						
<i>Pseudokierchneriella subcapitata</i>	Groene algen	72h-EC50 <b>72h-EC10</b>	1848	<b>492 (M)</b>	Z	1
<b>Evertebraten</b>						
<i>Daphnia magna</i>	Kreeftachtigen	48h-'Toxicity Threshold'	<b>178</b>		Z	2
<i>Daphnia magna</i>	Kreeftachtigen	21d-EC50 <b>21d-EC10</b>		26.8 (M) <b>7.1 (M)</b>	z	1
'Opossum shrimp' <i>N. awatchensis</i>	Kreeftachtigen	1d-LC50	<b>176</b>		M	4 *
<i>Crassostrea gigas</i>	Mollusken	2d-EC50		30	M	4 *
<i>Crassostrea gigas</i>	Mollusken	1d-EC50, ontwikkeling		171 (M)	M	2
<b>Vissen</b>						
<i>Leiostomus xanthurus</i>	Vissen	4d-LC50	427 (M)		M	2
<i>Morone saxatilis</i>	Vissen	<b>4d-E(L)C10</b> , e.l.s. ontwik. en sterfte		<b>circa 10 (M)</b>	M	2
<i>Morone saxatilis</i>	Vissen	<b>4d-E(L)C50</b> , e.l.s. ontwik. en sterfte		31 (M)	M	2
<i>Morone saxatilis</i>	Vissen	<b>4d-LC50</b> pro-larven	<b>404 (M)</b>		M	2

(M) concentraties gemeten

\* In lijn met andere resultaten maar het artikel geeft geen details. Bromaatconcentraties blijken in andere testen stabiel te zijn.

Tabel B2.3 Samenvatting van ecotoxiciteitswaarden uit aanvullende studies van [1] = Wang et al. (2016); [2] = Xu et al. (2021); [3] = Bantle et al. (1999). Test type: S = statisch; SS= semi-statisch. Zuiverheid: ag = analytical grade. Test water: am = artificieel medium.

Soort	Eigen-schappen	Analyse-	Test type	Test stof	Zuiverheid [%]	Test water	Hardheid CaCO <sub>3</sub> [mg/L]	pH	Temp [°C]	Test duur	Criterium	Parameter	Waarde BrO <sub>3</sub> [mg/L]	Ri	Opm	Ref
<b>Bacteriën</b>																
<i>Vibrio qinghaiensis</i>	Q67		S	KBrO <sub>3</sub>	ag					15 min	EC <sub>50</sub>	luminescentie	>1279	2	1,2	[1]
<i>Vibrio qinghaiensis</i>	Q67		S	NaBrO <sub>3</sub>	ag					15 min	EC <sub>50</sub>	luminescentie	>1279	2	1,2	[1]
<b>Algen</b>																
<i>Chlorella vulgaris</i>	12,5 x 10 <sup>5</sup> cell/mL		S	KBrO <sub>3</sub>	ag					96 h	EC <sub>50</sub>	groeisnelheid	>1023	3	1,3,4	
<i>Chlorella vulgaris</i>	12,5 x 10 <sup>5</sup> cell/mL		S	NaBrO <sub>3</sub>	ag					96 h	EC <sub>50</sub>	groeisnelheid	>1023	3	1,3,4	
<i>Scenedesmus obliquus</i>	12,5 x 10 <sup>5</sup> cell/mL		S	KBrO <sub>3</sub>	ag					96 h	EC <sub>50</sub>	groeisnelheid	565	2	1,3	[1]
<i>Scenedesmus obliquus</i>	12,5 x 10 <sup>5</sup> cell/mL		S	NaBrO <sub>3</sub>	ag					96 h	EC <sub>50</sub>	groeisnelheid	458	2	1,3	[1]
<i>Scenedesmus obliquus</i>	12,5 x 10 <sup>5</sup> cell/mL		S	KBrO <sub>3</sub>	ag					96 h	NOEC	groeisnelheid	<64	2	1,3	[1]
<i>Scenedesmus obliquus</i>	12,5 x 10 <sup>5</sup> cell/mL		S	NaBrO <sub>3</sub>	ag					96 h	NOEC	groeisnelheid	<64	2	1,3	[1]
<b>Rotiferen</b>																
<i>Brachionus calyciflorus</i>	<6 h		S	KBrO <sub>3</sub>	99,8	am	85	7,5	25	24 h	LC <sub>50</sub>	sterfte	365,29	1	5	[2]
<i>Brachionus calyciflorus</i>	<2 h		SS	KBrO <sub>3</sub>	99,8	am	85	7,5	25	10 d	EC <sub>10</sub>	intrinsieke populatie-groeisnelheid	65	1	5	[2]
<b>Kreeftachtigen</b>																
<i>Daphnia magna</i>	6-24 h		S	KBrO <sub>3</sub>	ag					48 h	EC <sub>50</sub>	immobilisatie	118	2	1,6	[1]
<i>Daphnia magna</i>	6-24 h		S	KBrO <sub>3</sub>	ag					48 h	LC <sub>50</sub>	sterfte	152	2	1,6	[1]
<i>Daphnia magna</i>	6-24 h		S	NaBrO <sub>3</sub>	ag					48 h	EC <sub>50</sub>	immobilisatie	108	2	1,6	[1]
<i>Daphnia magna</i>	6-24 h		S	NaBrO <sub>3</sub>	ag					48 h	LC <sub>50</sub>	sterfte	137	2	1,6	[1]
<i>Moina sp.</i>	6-24 h		S	KBrO <sub>3</sub>	ag					48 h	EC <sub>50</sub>	immobilisatie	124	2	1,6,7	[1]
<i>Moina sp.</i>	6-24 h		S	KBrO <sub>3</sub>	ag					48 h	LC <sub>50</sub>	sterfte	135	2	1,6,7	[1]
<i>Moina sp.</i>	6-24 h		S	NaBrO <sub>3</sub>	ag					48 h	EC <sub>50</sub>	immobilisatie	95	2	1,6,7	[1]
<i>Moina sp.</i>	6-24 h		S	NaBrO <sub>3</sub>	ag					48 h	LC <sub>50</sub>	sterfte	105	2	1,6,7	[1]
<b>Vissen</b>																
<i>Danio rerio</i>	3 cm, 0,3 g			KBrO <sub>3</sub>						96 h	LC <sub>50</sub>	sterfte	713	2	1,8	[1]
<i>Danio rerio</i>	3 cm, 0,3 g			NaBrO <sub>3</sub>						96 h	LC <sub>50</sub>	sterfte	903	2	1,8	[1]
<b>Amfibieën</b>																
<i>Xenopus laevis</i>	embryo		S	NaBrO <sub>3</sub>		am	110	6,5-9,0	24	96 h	EC <sub>50</sub>	misvorming	310	2	9	[3]
<i>Xenopus laevis</i>	embryo		S	NaBrO <sub>3</sub>		am	110	6,5-9,0	24	96 h	LC <sub>50</sub>	sterfte	1060	2	9	[3]

1: Chinees artikel, gegevens uit automatische vertaling en Engelse bijschriften bij tabellen en figuren.

2: Nog twee andere soorten luminescente bacteriën getest met zelfde resultaat, exacte soort niet uit vertaling op te maken.

3: Test volgens GB/T 21805-2008, verwijst naar OECD 201.

4: Hoogste concentraties van 4 en 8 mmol/L significant lager dan controle, maar effect <50% en geen concentratie-effect relatie.

5: Life table experiment met individueel blootgestelde *B. calyciflorus*. Hardheid berekend op basis van opgegeven samenstelling testmedium. De intrinsieke populatie-groeisnelheid integreert effecten op levensduur en reproductie en is ecologisch gezien de meest relevante maat voor populatie-effecten. EC10 berekend op basis van gerapporteerde waarden voor intrinsieke populatie-groeisnelheid per concentratie.

6: Test volgens GB/T GB/T 13266-1991, verwijst naar ISO 6341:1982.

7: *Moina* oorspronkelijk afkomstig uit Songhua River, tenminste 3 generaties in het lab gekweekt.

8: Test volgens GB/T GB/T 13266-1991, verwijst naar ISO 7346-1:1984.

9: Ringtest uitgevoerd volgens ASTM E 1439 -91. Waterkarakteristieken niet gerapporteerd in artikel maar gebaseerd op richtlijn, hardheid berekend op basis van opgegeven samenstelling testmedium. L(E)C50 is overall gemiddelde van 9 testen door 3 laboratoria; uitkomst is in publicatie gerapporteerd op basis van natriumbromaat, omgerekend naar bromaat.

### Bijlage 3. Informatie over studie met *Hyaella azteca*

Onderstaande tekst en tabel zijn overgenomen uit Balk et al. (2011).

Een Canadees screening rapport over bromaat (EHC 2010) vermeldt een onderzoek van Borgmann et al (2005) van het National Water Research Institute (NWRI) of Environment Canada in Burlington, Ontario. Borgmann et al (2005) rapporteren een speciale vergelijkende methode om een groot aantal stoffen, een reeks metalen en nietmetalen, in korte tijd te screenen. Het testorganisme is het zoetwater vlokreeftje *Hyaella azteca*. De 7-d LC<sub>50</sub> was 1,1 mg bromaat/l (nominaal) bij 24 – 25 °C. Het testmedium was sterk verdund water van Lake Ontario (1:10) met pH 7,4, 3,6 mg Ca/l, een DOC < 1 mg/l en een erg laag geleidend vermogen.

EHC 2010 beoordeelde de methode als betrouwbaar en stelde dat de test is uitgevoerd onder GLP. Na persoonlijk contact met Borgmann zijn de resultaten van het onderzoek met bromaat beschikbaar gesteld. De eerste conclusie is dat er bij deze test geen sprake was van GLP. Het is, zoals eerder beschreven, een screening systeem met 20 testvaten en verschillende stoffen in enkele concentraties (met 15 dieren) en controles (45 dieren). Daarbij is 1 mg/l de hoogste geteste concentratie. De bromaat concentraties zijn niet gemeten. Het testmedium is 1:10 verdund water met een zeer lage hardheid (0,5 °dH in plaats van 14 °dH zoals het Daphnia medium) en een zeer lage DOC (<< 1 mg/l) en zeer laag geleidend vermogen. Voor de test met bromaat betekent dat, dat er dieren van verschillende batches en leeftijden zijn getest (2 – 4 dagen) die soms wel en soms niet zijn geacclimatiseerd aan het specifieke medium. De 7 daagse test is uitgevoerd als een statische test (zonder verversing) en er is tweemaal gevoerd.

De resultaten zijn door ons samengevat in onderstaande Tabel 2. De overleving in de blanco was 91-96%. Lagere concentraties van bromaat hadden geen effect en bij de replica's voor 1 mg/l was een grote spreiding in de overleving: 14 en 44%. Er zijn geen hogere concentraties getest om een 100% effect te verkrijgen. Ook ontbreekt informatie over het verloop van het effect in de tijd. De beschikbare gegevens zijn aanleiding om de 7d-LC<sub>50</sub> van 1,1 mg/l die is geciteerd in het Canadese screening rapport (EHC 2010) als niet betrouwbaar te beoordelen. Naast andere bezwaren over de uitvoering van de test, is de belangrijkste overweging dat het superzachte water waarschijnlijk tot stress en extreme opname van ionen inclusief bromaat heeft geleid.

Tabel 2 Toxiciteit van bromaat op *Hyaella azteca*, samenvatting resultaten van aangeleverd door Borgmann et al.

Test run	Test conc. µg Br/l	Blanko overleving	Overleving in bromaat	Overleving ten opzichte van de controle
A	1000	0.95	2/15	0.14
B	1000	0.91	6/15	0.44
B	100	0.91	14/15	1.02
C	315	0.93	13/15	0.93
C	100	0.93	13/15	0.93
D	315	0.93	13/15	0.93



**RIVM**

*De zorg voor morgen begint vandaag*