

Bromat - påvirkning af vandmiljøer

Udarbejdet af: DHI A/S, Anja Kamper, aka@dhigroup.com

DHI projektnr.: 11826606

Kvalitetssikret af: Amalie Thit Bruus Jensen

Baggrund

Giftigheden af et stof over for organismer i vandmiljøet udtrykkes normalt som en akut effekt (f.eks. dødelighed) eller kronisk effekt (f.eks. reduceret reproduktion, udvikling eller vækst). Miljøfremmede stoffers økotoxikologiske egenskaber vurderes ud fra tilgængelige, videnskabelige data fra litteraturen og data fra laboratorietest. Ofte er der en del usikkerhed forbundet med data for toksiciteten af et givent stof overfor vandorganismer, og der anvendes derfor en usikkerhedsfaktor til at ekstrapolere fra tilgængelige data til en beregnet nul-effekt koncentration i miljøet, kaldet PNEC (Predicted No Effect Concentration). PNEC estimeres ud fra den laveste, observerede effektkoncentration divideret med en usikkerhedsfaktor der ligger mellem 1 og 10000 (se tabel 1 og 2). Jo mere solidt datagrundlag, jo lavere usikkerhedsfaktor kan der anvendes. I projektet er der foretaget en ny beregning af PNEC for bromat. Der er i projektperioden udført økotoxikologiske tests på æg og larver af zebrafisk, søpindsvin (befrugtningstest) og østers (larveudviklingstest). VUDP har finansieret det økotoxikologiske studie af bromats indvirkning på søpindsvins befrugtningsevne. Det svenske forsyningselskab VA SYD har finansieret tests på zebrafisk og østers.

Tabel 1 Oversigt over usikkerhedsfaktorer (UF) for beregning af PNEC for saltvand (danske fjorde regnes generelt for saltvandsområder)

	UF
Laveste korttids E(L)C50 for ferskvands eller saltvands repræsentanter for tre taksonomiske grupper (alger, krebsdyr og fisk) fra tre trofiske niveauer	10000
Laveste korttids-E(L)C50 for ferskvands eller saltvands repræsentanter for tre taksonomiske grupper (alger, krebsdyr og fisk) fra tre trofiske niveauer, + yderligere to marine taksonomiske grupper (f.eks. pighude og bløddyr)	1000
Basissættet samt en langtids-NOEC eller ECx'er for ferskvands eller saltvands krebsdyr reproduktions- eller fiske vækstforsøg	1000
Basissættet samt to langtids NOEC'er eller ECx'er for ferskvands eller saltvands arter repræsenterende to trofiske niveauer (alger og/eller krebsdyr og/eller fisk)	500
Basissættet samt laveste langtids-NOEC'er eller ECx'er for tre ferskvands eller saltvands arter (normalt alger og/eller krebsdyr og/eller fisk) repræsenterende tre trofiske niveauer	100
Basissættet samt to langtids-NOEC'er eller ECx'er for ferskvands eller saltvands arter repræsenterende to trofiske niveauer (alger og/eller krebsdyr og/eller fisk) + en langtids-NOEC eller ECx for yderligere en marin taksonomisk gruppe (f.eks. pighude, bløddyr)	50
Basissættet samt laveste langtids NOEC'er eller ECx'er for tre ferskvands eller saltvands arter (normalt alger og/eller krebsdyr og/eller fisk) repræsenterende tre trofiske niveauer + to langtids-NOEC'er eller ECx'er for yderligere marine taksonomiske grupper (f.eks. pighude, bløddyr)	10
fordelingsmodel af arternes følsomhed (Species sensitivity distribution (SSD)) (mindst 10 NOEC'er eller ECx'er for mindst 8 højere taksonomiske grupper)	1-5, Vurderes nøje fra sag til sag

Tabel 2 Oversigt over usikkerhedsfaktorer (UF) for beregning af PNEC for ferskvand

	UF
Mindst en korttids E(L)C50 for hver af de tre trofiske niveauer i basissættet (Basissættet = EC50 værdier for fisk, krebsdyr, alger)	1000
Basissættet samt en langtids-NOEC eller ECx (enten fisk eller krebsdyr)	100
Basissættet samt to langtids-NOEC eller ECx for arter der repræsenterer to trofiske niveauer (fisk og/eller krebsdyr og/eller alger)	50
Basissættet samt langtids NOEC'er eller ECx'er for mindst tre arter (normalt fisk, Daphnia eller en organisme, der repræsenterer havmiljøet og alger), der repræsenterer tre trofiske niveauer	10
Fordelingsmodel af arternes følsomhed (Species sensitivity distribution (SSD)) (mindst 10 NOEC'er eller ECx'er for mindst 8 højere taksonomiske grupper)	1-5, Vurderes nøje fra sag til sag

Eksisterende giftighedsdata fra litteratur og databaser

Inden projektets start, var tilgængelige giftighedsdata undersøgt og evalueret fra troværdige databaser og litteratur. Der blev primært fundet effektdata for alger, hvirvelløse dyr og fisk. Inden projektets start blev det vurderet, at der fandtes tilgængelige kroniske værdier for alger, fisk og invertebrater. Umiddelbart efter projektets opstart afslørende en grundig gennemgang af det tilgængelige kroniske studium med fisk, at det ikke kunne leve op til kravene for et kronisk studium til beregning af PNEC, idet studiet i databasen var angivet som kronisk studium, men var at regne for et akut studium. De tilgængelige data viste, at krebsdyr var mest følsomme i test for akut giftighed. Den laveste LC50 værdi blev observeret for ferskvandsamfipoden *Hyalella azteca* på 1,1 mg BrO₃⁻/L (7-dage).

Nye økotoxikologiske data

I følge ECHA /1/ kan der anvendes en usikkerhedsfaktor på 10 til beregning af PNEC for ferskvandsmiljø, såfremt der findes kroniske data fra tre ferskvands- eller saltvandsarter (normalt alger og/eller krebsdyr og/eller fisk), der repræsenterer tre trofiske niveauer. Da det marine miljø forventes at være mere divers og følsomt kræver det kroniske data fra tre ferskvands- eller saltvandsarter (normalt alger og/eller krebsdyr og/eller fisk), der repræsenterer tre trofiske niveauer + to kroniske resultater fra yderligere marine taksonomiske grupper (f.eks. pighuder og bløddyr) for at kunne anvende en usikkerhedsfaktor på 10. Derfor blev det besluttet i samarbejde med VA Syd at styrke datagrundlaget med test med søpindsvin (pighud) og østers (bløddyr) og en kronisk fisketest med zebrafisk.

Resultater opnået i forbindelse med nærværende projekt og i samarbejde med VA Syd er angivet i tabel 3.

Tabel 3 Resultater fra nye studier i form af effekt koncentrationer i mg BrO₃⁻ per liter. Værdien i parentes angiver standardafvigelsen

Effektparameter	Organisme	NOEC (mg BrO ₃ ⁻ /L)	LOEC (mg BrO ₃ ⁻ /L)	EC10 (mg BrO ₃ ⁻ /L)	EC50 (mg BrO ₃ ⁻ /L)
Befrugtningssucces (Fertilisation success)	Søpindsvin /2/	1000	>1000	>1000	>1000
Larveudvikling (Net percentage of abnormal larvae (NPA))	Østers /3/	80	160	-	208 (191-226)
Klækningssucces (Hatching success)	Ferskvandsfisk /4/	100	>100	>100	>100
Dødelighed (Mortality)		100	>100	>100	>100
Vækst (længde) (Growth, body length)		100	>100	>100	>100

Data fra litteraturstudiet er angivet i tabel 4, for hvert trofisk niveau er det mest følsomme endpoint markeret med fed skrift.

Tabel 4 Udvalgte effektdata fra litteraturen og databaser. Alle effektkoncentrationer er omregnet til mg BrO₃⁻ per liter og er præsenteret sammen med vandtype (ferskvand: F, eller saltvand; S, samt referencen hvori effektdata er publiceret, samt studiets klimish score, der er et udtryk for datas pålidelighed).

Effektkoncentration (mg BrO ₃ ⁻ /L)	Vand type	Klimisch score /5/	Primær reference	Refereret i reference
Alger				
<i>Desmodesmus subspicatus</i> EC ₅₀ (72 timer, vækstrate): >100 mg/L	F	1	-	/6/
<i>Desmodesmus subspicatus</i> NOEC (72 timer, vækstrate): 24,2 mg/L	F	1	-	/6/
<i>Scenedesmus obliquus</i> EC50 (72 timer): >100 mg/L	F		/14/	/7/
<i>Isochrysis galbana</i> NOEC (72 timer, vækstrate): 4478 mg/L EC10 (72 timer, vækstrate): 6031 mg/L	S	2	/10/	/7/
Krebsdyr				
<i>Daphnia magna</i> EC50 (akut, 48 timer): 179 mg/L	F	2	-	/11/
<i>Daphnia magna</i> EC50 (akut, 48 timer): >100 mg/L	F	1	-	/6/
<i>Daphnia magna</i> EC50 (akut, 48 timer): 46,9 mg/L	F	2	/14/	/7/
<i>Hyalella azteca</i> LC50 (akut, 7 dage): 1,1 mg/L	S	1	-	/9/
<i>Acartia tonsa</i> EC10 (kronisk, 5 dage, larveudvikling): 1,8 mg /L	S	1	-	/8/
Fisk				
<i>Leiostomus xanthurus</i> LC50 (10 dage): 279 (244-317) mg/L	S	2	/12/	/11/
<i>Morone saxatilis</i> EC50 (akut, 96 timer): 31 (21-40) mg/L	S	2	/12/	/11/
<i>Morone saxatilis</i> LC50 (akut, 10 dage): 93 mg/L	S	2	/12/	/11/
<i>Oncorhynchus keta</i> LC50 (akut, 96 timer): 512 mg/L	S	2	-	/11/
<i>Danio rerio</i> LC50 (akut, 4 dage): 714 mg/L	F	2	/13/	/7/
<i>Danio rerio</i> LC50 (akut, 4 dage): 817 mg/L	F	2	/13/	/7/
<i>Danio rerio</i> LC50 (akut, 76 t efter befrugtning): 8371 mg/L EC50 (akut, 76 t efter befrugtning): 6298 mg/L EC20 (akut, 76 t efter befrugtning): 5110 mg/L	F	2	/13/	/7/

Effektkoncentration (mg BrO ₃ ⁻ /L)	Vand type	Klimisch score /5/	Primær reference	Refereret i reference
Bløddyr				
<i>Crassostrea gigas</i> , kronisk EC50 (24 timer, larveudvikling): 170 mg/L NOEC (24 timer, larveudvikling): 32 mg/L	S	2	-	/11/
<i>Crassostrea gigas</i> EC50 (48 timer): 30 mg/L	S	3	-	/11/

Konklusion

Den laveste effektkoncentration i de nyligt udførte forsøg var 160 mg BrO₃⁻/L (LOEC på larveudvikling hos østers), dermed er den laveste effektkoncentration stadig den tidligere rapporterede LC50 for ferskvandsamfipoden *Hyalella azteca* på 1,1 mg BrO₃⁻/L (7 dage). Da datagrundlaget er udvidet, kan der anvendes en usikkerhedsfaktor på 10 for både ferskvand og marint vand, /1/ hvorved følgende PNEC-værdier estimeres:

$$\text{PNEC (Fersk og marin)} = 1,1 \text{ mg BrO}_3^-/\text{L}/10 = 0,11 \text{ mg BrO}_3^-/\text{L} = 110 \text{ }\mu\text{g BrO}_3^-/\text{L}$$

Referencer

- /1/ ECHA (2008): Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.10: Characterisation of dose [concentration]-response for environment. [LINK](#).
- /2/ US EPA. Short-term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Marine and Estuarine Organisms, Third Edition, October 2002
- /3/ DS/ISO 17244 "Water quality - Determination of the toxicity of water samples on the embryo-larval development of Japanese oyster (*Crassostrea gigas*) and mussel (*Mytilus edulis* or *Mytilus galloprovincialis*). First edition. 2015.09.15
- /4/ OECD Guideline for Testing of Chemicals No. 212 (1998): "Fish, Short-term Toxicity Test on Embryo and Sac-fry Stages". Adopted 1998.09.21.
- /5/ Klimisch H., Andreae M. and Tillmann U. (1997) - A systematic approach for evaluating the quality of experimental toxicological and ecotoxicological data. Regul Toxicol Pharm, 25, 1-5.
- /6/ REACH registreringsdossier "sodium bromate"
- /7/ HSDB: Hazardous Substances Data Bank
<https://www.chemportal.org/chemportal/content/participants/8>
- /8/ DHI (2020): Økotoksikologiske test af bromat for Kalundborg Forsyning for kronisk toksiske effekter hos den marine vandloppe *Acartia tonsa*. Prøvningsrapport nr. BWL/194. Juni 2020.
- /9/ Environment Canada (2010 Screening Assessment for the Challenge Bromic acid, potassium salt (Potassium bromate). Chemical Abstracts Service Registry Number 7758-01-2).
- /10/ Fisher, D. et al. 2014. Acute and chronic toxicity of selected disinfection byproducts to *Daphnia magna*, *Cyprinodon variegatus*, and *Isochrysis galbana*. Water research 55, 233-244.
- /11/ 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. Ecotoxicol Environ Saf 38, 238-243.
- /12/ Richardson L.B., Burton D.T. & Rhoderick J.C. (1981): Toxicity of bromate to striped bass ichthyoplankton (*Morone saxatilis*) and juvenile spot (*Leiostomus xanthurus*). Journal of Toxicology and Environmental Health, 8(4), 687-95

- /13/Teixidó, E., Piqué, E., Gonzalez-Linares, J., Llobet, J., Gómez-Catalán, J. 2015. Developmental effects and genotoxicity of 10 water disinfection by-products in zebrafish. *Journal of Water and Health* 13 (1), 54-66. <https://iwaponline.com/jwh/article/13/1/54/28221/Developmental-effects-and-genotoxicity-of-10-water>
- /14/Wang ZW, Liu DW, Zhang WJ, Cui FY, 2016. Acute Toxic Effects of Bromate on Aquatic Organisms. *Huan Jing Ke Xue* 37 (2), 756-64. Abstract: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27363170>