

Status for viden om dumpet ammunition/krigsgas fra 2. verdenskrig

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 20/12-2017

Hans Sanderson og Patrik Fauser

Institut for Miljøvidenskab

Rekvirent: Ulrik Christian Berggreen

Antal sider: 10

Faglig kommentering:
Pia Lassen
Kvalitetssikring, centret:
Susanne Boutrup

Indhold

1	Formål og baggrund	3
2	Resumé af eksisterende viden	4
2.1	HELCOM MUNI rapport 2013	4
2.2	MERCW projektet 2006-2010	4
2.3	CHEMSEA projektet 2011-2014	5
2.4	NordStream review artikel 2014	5
2.5	MODUM projektet 2013-2016	6
2.6	DAIMON projektet 2016-2019	7
2.7	Louis Roche Lecture review artikel 2016	7
3	Konklusion og anbefalinger	9

1 Formål og baggrund

Formålet med dette notat er at give en kort status for den opsamlede viden om ammunition/krigsgasser og deres nedbrydningsprodukter (CWA), som under 2. verdenskrig blev dumpet i området øst for Bornholm. Analysen forholder sig til den internationale peer-reviewed faglige viden og litteratur, som har dannet grundlag for fremtidige reguleringer. Disse artikler kommer typisk fra forskningsprojekter, som kort beskrives i dette notat mht. deres primære resultater angående risici. Notatet vil undersøge, om der er belæg for at ændre af den nuværende danske og internationale holdning til risikovurderingen og risikohåndtering af den dumpede ammunition i forhold til miljø og nuværende praksis.

Den nuværende praksis i forhold til risikohåndtering er at afgrænse og kortlægge dumpningsområderne, samt at forbyde fiskeri i det primære dumpnings område.

2 Resumé af eksisterende viden

2.1 HELCOM MUNI rapport 2013

I 2013 udkom en opdateret rapport fra HELCOM MUNI¹ angående risikotilstanden i Østersøen i forhold til dumpede kemiske kampstoffer og deres nedbrydningsprodukter (CWA). Denne rapport er udgangspunktet for analysen i dette notat, da den repræsenterer det seneste internationale konsensus risiko dokument, som HELCOM medlemslandene har produceret.

Rapporten konkluderer at, CWA forekommer i sedimentet i og omkring dumpnings områderne og er spredt pga. naturlige og menneskelige processer. Der er ikke fundet CWA i vandfasen. Der er i områderne til stadighed risiko for, at fiskere kan fange CWA i deres garn, som klumper og ammunitionsskaler. Rapporten konkluderer også, at der hidtil ikke er foretaget grundige miljø risikovurderinger af forekomsten af CWA i de primære og sekundære dumpningsområder i Østersøen generelt. Det konkluderes i rapporten, at der er behov for at forbedre vidensgrundlag omkring de specifikke effekter, som CWA og nedbrydningsprodukter og blandinger af disse har for marine organismer. Det anbefales i rapporten, at HELCOMs medlemslande støtter den historiske forskning til afdækning af, hvor og hvor meget CWA der er dumpet, at udviklingen af kemiske analyse metoder støttes, at der ydes støtte til stedspecifik risikovurdering af CWA i dumpningsområderne samt at søkortene er opdateret mht. udbredelsen af CWA.

Med hensyn til risikohåndtering anbefales det at fortsætte guidelines til fiskere i området, hvilket betyder, at fiskeri ikke er tilladt det i primære dump site, at CWA ikke opsamles fra havbunden samt at der holdes tal over årlige incidenter med CWA.

2.2 MERCW projektet 2006-2010

MERCW² var det første store EU forskningsprojekt under FP6, som belyste miljøaspekter omkring CWA dumpnings områderne ud for Bornholm. Projektet blev ledt af det finske institut FMI og siden af SYKE ligeledes i Finland. Studiet fandt, at en meget konservativ model-baserede risikoanalyse ikke kunne udelukke en mulig miljørisiko i det primære dumpnings område øst for Bornholm. Studiet fandt også, at det bakterielle samfund var påvirket i dette område. Studiet viste desuden, at der er behov for opdatering af den økotoxikologiske viden omkring CWA, samt deres fysisk/kemiske egenskaber på dybt vand. Der er usikkerhed omkring forholdet mellem begravede og muligvis intakte CWA bomber i sedimentet og bomber, der er korroderede – men også at langt hovedparten af bomber, der i de seneste 20 år er blevet fanget af fiskere, har været korroderede. En yderligere afklaring af de faktiske risikoforhold i dumpnings områderne kan belyses ved en dedikeret stedspecifik risikoanalyse³.

¹ Chemical Munitions dumped in the Baltic Sea, BESP No.142, 2013: <http://www.helcom.fi/baltic-sea-trends/hazardous-substances/sea-dumped-chemical-munitions>.

² MERCW: <http://mercw.org/>

³ Sanderson et al. (2010). *Feature: Environmental hazards of sea-dumped chemical weapons. Environ Sci & Technol.* **44**, 4389-4394.

2.3 CHEMSEA projektet 2011-2014

I 2016 udkom den endelige samlede evaluerings rapport af Chemical Munitions Search & Assessment (CHEMSEA) projektet⁴. CHEMSEA var et Baltic Sea Region Interreg projekt (2011-2014) ledet af det polske institut IOPAN. Projektet fandt, at CWA forekommer mere spredt end forventet i sedimentet og at de målte CWA var nær deres kilder (bomberne), og at sediment med CWA kunne resuspendere med undervandsstrømme. Det var ikke muligt for projektet at bestemme nogen kausalitet mellem antal og diversitet af fauna og målte CWA koncentrationer, primært pga. lavt iltindhold. Der blev ikke fundet signifikante effekter på fisk (torsk) fanget i dumpnings områder sammenlignet med torsk fanget uden for disse. Projektet konkluderede, at der er behov for yderligere viden med hensyn til analyse af CWA stofferens miljøtoksikologiske virkningsmekanisme⁵. Det blev undersøgt om arsen koncentrationer i sedimentet kan benyttes som proxy eller indikator for CWA, men konkluderet at dette ikke er muligt⁶.

En grundigere analyse af arsen i Østersøen, samt ved dumpnings områderne viste, at lavt iltindhold (hypoxia) og biologiske processer i høj grad regulerer arsen koncentrationen i vandet. De fandt også, at selv i bundvandsprøver nær CWA var der lave arsen koncentrationer (13,9 nmol/L) sammenlignet med andre mindre marine have⁷. Fauser et al. (2013) har tidligere, ligesom Li et al (2018), konkluderet at der ikke er nogen klar korrelation mellem CWA og arsen i Østersøen⁸.

2.4 NordStream review artikel 2014

Samtlige analyser fra NordStream 1 projektet, der angår CWA, er publiceret i en review artikel fra 2014⁹. Artiklen viser 5 års analyseresultater fra før, under og efter, konstruktionen af gasledningen i det sekundære dumpnings område fra 2008 til 2012 (ledningen ligger uden for det primære dumpnings område). I alt 391 sediment prøver blev indsamlet og analyseret, i 29 prøver blev der påvist CWA nedbrydningsprodukter. Den højeste CWA sedimentkoncentration var på 327 µg/kg tørvægt. CWA blev primært fundet i de øverste 5 cm af sedimentet. Der blev ikke fundet CWA i vandet. Den samlede akutte risiko for fiskesamfundet var lav (maksimal risikokvotient summeret for alle stoffer var 0,017) og der var ikke signifikant risiko forskelle mellem årene. Re-suspension af CWA-holdigt sediment udgjorde 2% af den samlede CWA baggrundsrisiko. Der var ingen korrelation mellem forekomsten af benthos og CWA risiko.

⁴ CHEMSEA: <http://www.chemsea.eu/>

⁵ Beldowski et al. (2016). Chemical munitions search & Assessment – an evaluation of the dumped munitions problem in the Baltic Sea. *Deep-Sea, Res II* (128) 85-95.

⁶ Beldowski et al. (2016). Arsenic concentrations in Baltic Sea sediment close to chemical munitions dumpsites. *Deep-Sea, Res II* (128) 114-122.

⁷ Li et al. (2018). Revisiting the biogeochemistry of arsenic in the Baltic Sea: Impact of anthropogenic activity. *Sci Tot Env.* (613-614), 557-568.

⁸ Fauser et al. (2013). Occurrence and sorption properties of arsenicals in marine sediments. *Env Moni Ass.* (185-6) 4679-4691.

⁹ Sanderson et al. (2014). Review of environmental exposure concentrations of chemical warfare agent residues and associated the fish community risk following the construction and completion of the Nord Stream gas pipeline between Russia and Germany. *J. Haz Mat.* 279, 518-526.

2.5 MODUM projektet 2013-2016

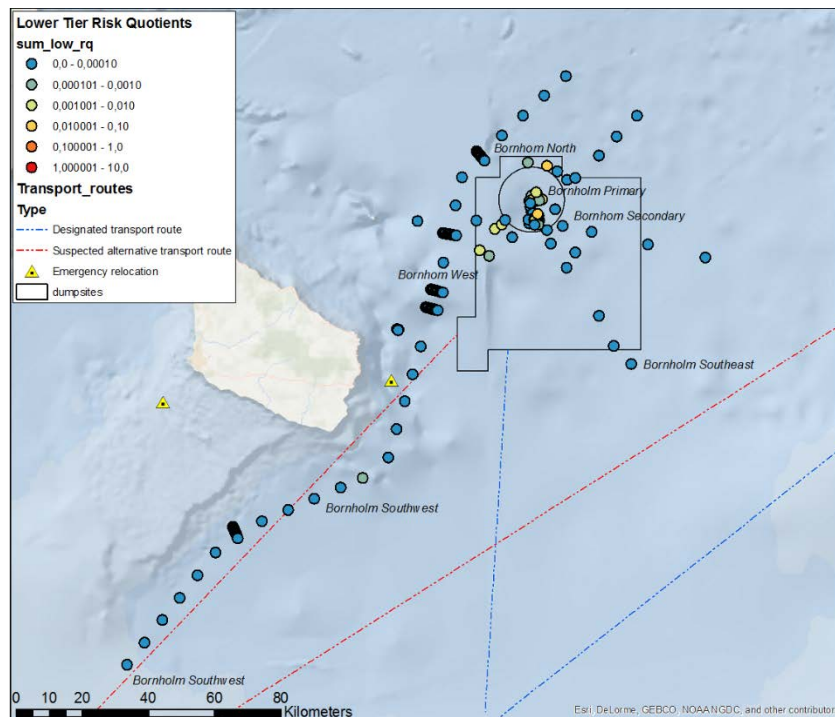
NATO Science for Peace and Security projektet Towards the Monitoring of Dumped Munitions Threat (MODUM)¹⁰ havde til formål, at undersøge de miljø- og sikkerhedsmæssige udfordringer skabt af de historiske CWA dumpninger. Data genereret i MODUM, CHEMSEA, MERCW og NordStream 1, der beskriver forekomst, giftighed og effekter af CWA for området øst for Bornholm, blev samlet i en semi-kvantitativ *weight-of-evidence* miljø risikoanalyse af dumpet CWA. Den primære beskrivende parameter er risiko koefficienten; r_q = forekomst af stoffet divideret med stoffets giftighed. RQ blev beregnet for *higher tier* organismer (fisk) og *lower tier* organismer (f.eks alger og daphnia). Tabel 1 viser den samlede detektions frekvens af CWA (antal prøver med fund/antal prøver).

Tabel 1. Antal sediment prøver og detektionsfrekvens for CWA for områder øst for Bornholm.

Prøvetagnings område	Antal prøver	Detektionsfrekvens
Bornholm Nord	63	11%
Bornholm Primær dumpsite	88	91%
Bornholm Sydøst	3	0%
Bornholm Sekundær dumpsite	20	85%
Bornholm Sydvest	118	31%
Bornholm Vest	173	21%
SUM	402	

Figur 1 neden for viser, at summen af risikokoefficienterne for de fundne stoffer er relativt lav - kun én lokalitet har $\text{sum}(r_q) > 1$. Denne ligger i det primære dumpnings område. Bemærk, der ikke blev anvendt usikkerhedsfaktorer på giftighedsdata (Predicted No-observed Effect Concentrations PNEC).

¹⁰ Edited by Beldowski, J., Been, R., Turmus, E.K. (2017). Towards the Monitoring of Dumped Munitions Threat (MODUM), A Study of Chemical Munitions Dumpsites in the Baltic Sea. NATO Science for Peace and Security Series - C: Environmental Security. Springer - Published in Cooperation with NATO Emerging Security Challenges Division.



Figur 1. Sum af beregnede risiko koefficienter (rq) for alger og daphnia, for området øst for Bornholm. Hvert punkt angiver en sediment måling. Rødt punkt indikerer mulig risiko, bemærk at det røde punkt ikke fremgår umiddelbart da det ligger i centrum af primær dump site under flere andre punkter på figuren. Blå og gule punkter indikere lav risiko.

Czub et al. (2017) undersøgte korrelationerne mellem fauna og CWA og dokumenterede igen, at de lave iltkoncentrationer i dumpningsområdet øst for Bornholm i dette tilfælde udelukkede muligheden for at drage nogen kausale forbindelser mellem CWA og påvirkning af fauna i området¹¹.

2.6 DAIMON projektet 2016-2019

DAIMON projektet er en opfølgning til CHEMSEA projektet (afsnit 1.4) og ledes af IOPAN instituttet i Polen¹². Projektet udkommer løbende med artikler, som anvendes som beslutningsstøtte ved stillingtagen til CWA i Østersøen. Tidligere i september 2017 udkom en artikel, som beskrev fund af rester af CWA stoffet Clark I nedbrydningsprodukter i tre fisk fanget ved den svenske kyst (Måseskär). Det er første gang, der er fundet CWA rester i fisk. Det skal dog pointeres, at koncentrationerne var under kvantifikations grænsen på 0,2 ng/g¹³ – med andre ord meget lave niveauer (under 0.0002 mg/kg eller mindre end 0.2 ppb (parts per billion) - hvis toksikologiske relevans er meget vanskelig at teste da dosis er ekstremt lav.

2.7 Louis Roche Lecture review artikel 2016

I 2016 udkom en review artikel i tidsskriftet *Clinical Toxicology* af Greenberg et al. omkring dumpede CWA og deres miljörisiko og arbejdsmiljörisiko. For-

¹¹ Czub et al. (2017). Deep sea habitats in the chemical warfare dumping areas of the Baltic Sea. *Sci Tot Env. (In Press)*.

¹² DAIMON: <https://www.daimonproject.com/>

¹³ Niemikoski et al. (2017). Detection of chemical warfare agent-related phenylarsenic compounds in marine biota samples by LC-HESI/MS/MS. *Anal Chem*, **89**, 11129-11134.

skerne gennemgik artikler fra 1946 og frem til september 2014, i alt 5515 artikler. Disse blev efter nøjere analyse reduceret til 64 relevante videnskabelige artikler som ligger til grund for deres analyse og konklusioner.

De fandt, at det er meget vanskeligt at modellere og forudsige nedbrydningen af bombernes ydre metal, og dermed hvornår indholdet frigives. At organoarsen CWA og sennepsgas er de mest persistente af CWA'erne. Sennepsgas danner en hård polymerskal, som beskytter stofferne (i op til flere årtier), hvilket vanskeliggør bestemmelse af en nedbrydningstid for disse stoffer i havet. Der er generelt fundet minimale koncentrationer af CWA i sedimentet. Mikrobiota og bakteriesamfund fra dumpningsområderne viser tegn på ændret sammensætning, men det vides ikke hvilken betydning disse har for økosystemet. Langtidseffekterne af ændringer i mikrobiota og bakteriesamfund, samt de lave CWA eksponeringer er hidtil ikke klarlagt. Sediment forstyrrelse i dumpningsområderne udgør en ekstra risiko. Overordnet konkluderes det, at risikoen fra CWA i dumpningsområderne er relativt lav. De rejser ikke indvendinger mod den hidtidige risikohåndtering af de dumpede CWA, herunder beslutning om at lade CWA og dumpningsområder være i fred¹⁴.

¹⁴ Greenberg et al. (2016). Sea-dumped chemical weapons: environmental risk, occupational hazard. *Clin Toxicol.* **54**, (2) 79-91.

3 Konklusion og anbefalinger

Det første og primære spørgsmål er, om der med udgangspunkt i de ovenfor beskrevne projekter og aktiviteter er grund til at revidere opfattelsen fra HELCOM MUNI rapporten i 2013?

Det korte svar på baggrund af forskningen fra 2006-2018 er: Nej.

HELCOM MUNI (2013) anbefaler, at vidensgrundlaget med hensyn til miljørisici i dumpings områderne forbedres. Dette behov bekræftes af den efterfølgende forskning. Forskningen viser, at de hyppigste forekomster og højeste koncentrationer af CWA findes i det primære dumpnings område, men at der også kan findes CWA med lavere hyppighed og koncentrationer længere væk fra det primære dumpnings område. Der er stadig ikke foretaget en dedikeret kronisk, sted-specifik, økosystem risikovurdering af kampstofferne og deres nedbrydningsprodukter i det primære dumpnings område øst for Bornholm. Hvad kræves der for at kunne foretage denne? HELCOM MUNI (2013) har en del af svarene. Suppleret med konklusionerne fra de ovenforstående projekter og artikler kan vidensgrundlaget forbedres ved:

Eksponeringsforståelse:

- 1) En opdateret desk-top risikoscreening af CWA øst for Bornholm og prioritering af de CWA, der skal undersøges nærmere
- 2) En opdatering af den historiske analyse af hvad, hvor, hvornår og hvilke CWA, der er dumpet omkring Bornholm
- 3) En kvantificering af forholdet mellem begravede og eksponerede bomber – findes der væsentlige begravede mængder, som stadig kan frigives efter korrosion, når de bliver eksponeret for ilt?
- 4) Hot spots for intakte bomber, der er begravet i sediment kan undersøges yderligere, da de er en potentiel kilde til umiddelbar og kontinuert frigivelse ved aktiviteter eller korrosion
- 5) En forbedret forståelse af CWA's fysiske/kemiske egenskaber på dybt vand (fx mørke, lav iltkoncentration og temperatur) – kan simuleres og undersøges i laboratoriet
- 6) Beskrivelse af sammensætningen af en eller flere af de gas-klumper, der fanges i området – hvad består de af kemisk – samt laboratorieforsøg, som belyser hvilke stoffer klumperne kan emitte
- 7) Beskrivelse af en kvantitativ konceptuel sted-specifik eksponeringsmodel for CWA, samt andre giftige stoffer i området – fx forekomst af organoarsen forbindelser – hvilke kilder er der?

Giftigheds- og risikoforståelse:

- 8) Opdatering af toksicitetsanalyser for samtlige eller prioriterede CWA, der følger OECD guidelines og dækker flere (heriblandt marine) arter og trofiske niveauer (vil reducere usikkerhedsfaktorerne)

- 9) Overveje *in vitro* genotoksicitets forsøg af prioriterede CWA stoffer
- 10) Undersøgelse af biota (fx reduktion af bentos) både mht. biomasse og diversitet på flere lokaliteter med detekterede CWA, sammen med analyse af baggrundsvariable (fx ilt (DO), temperatur, mv.)
- 11) Analyse af økologiske trofiske interaktioner – opstilling af kvantitativ konceptuel økosystem model – sammenholdt med den konceptuelle eksponeringsmodel.

Integration af data fra 1-11 kan danne baggrund for, at en sted-specifik økosystem risikoanalyse kan foretages for dumpnings området øst for Bornholm. Denne analyse vil imødegå anbefalingerne fra HELCOM MUNI (2013), samt udgøre et videnskabeligt fundament til afklaring af den danske position omkring CWA øst for Bornholm.

Der findes teknikker til begrænsning af spredningen af CWA, men disse er forbundet med forskellige økonomiske og miljømæssige omkostninger. Hvis sådanne foranstaltninger skal gennemføres, er det afgørende at afklare, hvilket problem de skal reducere – dvs. der skal udføres en grundig risikovurdering med en tilrettelagt risikominimeringsteknik. Uden dette er der stor risiko for at tiltaget ikke vil være cost-effektivt når resultatet af oprydningen evalueres efterfølgende.

Der vurderes ikke umiddelbart at være grund til at ændre den danske position, da risikoen ved CWA er lav ud fra den viden, vi har. Denne viden kan dog forbedres som beskrevet ovenfor til at bestyrke eller revidere den danske position.