

## MEMO

Til: By & Havn og Espoo interessenter

Att.: Michael Lundgaard, By & Havn

Fra: Bo Brahtz Christensen, DHI

Projekt 11823523 Lynetteholm

Dato: 25-08-2021

---

Emne: Spredning af klapmateriale og indhold af TBT

---

### 1 Indledning

SGI (Statens Geotekniske Institut) har udtrykt bekymring omkring koncentrationsniveauer og spredning af TBT til svenske vandområder. Bekymringen er udtrykt således:

"Kort summerat rör frågan SGIs överslagsberäkning med antagandet att om de 0,2 Mm<sup>3</sup> lätt förorenade massorna har en genomsnittshalt av TBT på 100 µg/kg TS (ca hälften av övre aktionsnivån enligt dansk dumpningsföreskrift, återkom gärna med en mer exakt siffra), så krävs en utspädning med ca 12 Mm<sup>3</sup> helt opåverkade sediment för att späda ut koncentrationen TBT till en acceptabel nivå för svenska förhållanden (ca 62 gångers spädning). Gränsvärdet för TBT i sediment är 1,6 µg/kg TS, i enlighet med EU-gemensamma miljökonsekvensnormer (MKN). Ett överskridande av den nivån ger enligt SGIs bedömning upphov til påverkan av biota. Som teoretisk jämförelse utgående från att alla massorna är finkorniga och en komplett omrörning sker med de rena massorna som dumpas inom projektet (totalt 2,5 Mm<sup>3</sup> massor), så skulle TBT-halten teoretiskt spädas ner till ca 8 µg/kg TS. Den resulterande halten överskrider MKN betydligt och överskrider även den nedre aktionsnivån enligt danska dumpningsföreskrifter."

### 2 Svar til SGI

Det opgravede sediment klassificeres i henhold til de i klapvejledningen (ref. /2/) angivne kriterier. Kriterier er fastlagt med udgangspunkt i koncentrationen af en række stoffer. Stoffer og kriterier er for nemheds skyld gengivet i Tabel 1 nedenfor. Klapmaterialet betragtes som "rent", når indholdet af stoffer er under nedre aktionsniveau, mens materialet kan klassificeres som lettere forurenet, når indholdet af blot et af stofferne ligger i intervallet mellem det nedre aktionsniveau og det øvre aktionsniveau. Det ses eksempelvis af tabellen, at TBT-koncentrationen kan være op til 200 µg/kg TS, når sedimentet er klassificeret som lettere.

De estimerede mængder gravemateriale som skal klappes, er, som det fremgår af SGI spørgsmål, klassificeret som angivet i Tabel 2. Det lettere forurenede sediment optræder som spredte lommer i det rene sediment og kan derfor ikke adskilles i forbindelse med opgravningen. Klapmaterialet vil derfor være at betragte som et blandingsprodukt.

**Tabel 1** Vejledende aktionsniveauer for klappningsmaterialet, ref. /2/.

Stof	Nedre aktionsniveau (TS)	Øvre aktionsniveau (TS)	
Kobber (Cu) mg/kg	20	90	200 kg/år/havn
Kviksølv (Hg) mg/kg	0,25	1	
Nikkel (Ni) mg/kg	30	60	
Zink (Zn) mg/kg	130	500	
Cadmium (Cd) mg/kg	0,4	2,5	
Arsen (As) mg/kg	20	60	
Bly (Pb) mg/kg	40	200	
Chrom (Cr) mg/kg	50	270	
TBT µg/kg	7	200	1 kg/år/havn
PCB µg/kg <sup>1)</sup>	20	200	
PAH mg/kg <sup>2)</sup>	3	30	

1) Summen af de følgende 7 PCB'er: 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180.

2) Summen af de følgende 9 PAH'er: Anthracen, benz [a] anthracen, benz [ ghi ] perylen, benz [a] pyren, chrysen, fluoranthen, indeno [1,2,3-cd] pyren, pyren og phenanthren.

**Tabel 2** Klassificering af klappningsmængder.

Klassificering	Mængder [m <sup>3</sup> ]
Lettere forurenede sediment	200.000
Rent sediment	2.300.000

De i Tabel 2 angivne mængder indeholder et bulkingsbidrag og er dermed ikke udtryk for et in-situ volumen. Det teoretiske in-situ volumenet udgør med bidrag fra en overdybde ved gravning i Kronløbet og Svælget cirka 1,8 Mm<sup>3</sup>. De resterende ~0,7 Mm<sup>3</sup> relaterer til tillæg for usikkerhed (~0,2 Mm<sup>3</sup>) og bulkning (~0,5 Mm<sup>3</sup>).

Stofkoncentrationerne i sedimentet er estimeret på baggrund af 29 borer udtaget langs Lynetteholm perimenteren, hvorfra der er udført analyser på op til 5 delprøver over dybdeintervallet 0,0 - 2,2 m (under havbund). Samlet set er der udført 66 prøver, som repræsenterer de lag og områder, hvorfra det opgravede sediment skal klappes. De 66 prøver udgør et væsentlig bedre grundlag end hvad der påkræves i henhold til klappvejledningen og Tabel 3. Man kan ikke konkludere at det lettere forurenede sediment har en gennemsnitlig TBT-koncentration på 100 µg/kg TS. Det er kun enkelte prøver som har et højt TBT-niveau og de repræsenterer kun en mindre del af det samlede antal prøver med værdier mellem nedre og øvre aktionsniveau (klasse B).

**Tabel 3** Vejledende antal prøver der skal analyseres, ref. /2/.

Mængde opgravet havbundsmateriale (m <sup>3</sup> )	Antal prøvetagningsstationer
< 2.500	1
2.500 – 10.000	2
10.000 - 25.000	3
25.000-100.000	4-6
100.000-500.000	7-15
500.000-2.000.000	16-30
> 2.000.000	10 ekstra pr mill. m <sup>3</sup>

I vurderingen af sedimentspredning og de til sedimentet bundne stoffer er der taget udgangspunkt i en gennemsnitskoncentration af de 66 prøver. Prøverne er repræsenteret

i de øverste 2,2 meter af havbunden. Der er dog områder langs med Lynetteholm perimeteren, hvor der afgraves dybere i forbindelse med bundudskiftningen, og hvor sedimentet må forventes at være rent. Dette forhold er naturligvis ikke afspejlet i de beregnede gennemsnitskoncentrationer og man må derfor forvente at den beregnede gennemsnitskoncentration (fra de 66 prøver) er repræsentativt hvis ikke konservativt. Antallet af prøver fra de forskellige niveauer er angivet i Tabel 4.

**Tabel 4** Prøvernes fordeling over dybden for den del af afgravningsmaterialet med værdier under øvre aktionsniveau.

Prøvedybde [m]	Antal prøver
0-0,2	8
0,2-0,4	12
0,6-0,8	5
1,0-1,2	18
2,0-2,2	23

Prøver som overstiger øvre aktionsniveau, er brugt til at vurdere i hvilke lag og områder der er forurenet sediment, som ikke må klappes. Disse mængder bringes efter opgravning til Lynettens sedimentdepot for havnesediment og klappes dermed ikke. Ligeledes indgår de ikke i de i Tabel 5 beregnede gennemsnitskoncentrationer. Da den største forurening som hovedregel er at finde i de øverste lag, er den lavere repræsentation af prøver fra overfladelagene i Tabel 4 udtryk for, at en større del af disse prøver overstiger øvre aktionsniveau.

**Tabel 5** Koncentrationer i sedimentet som repræsenterer lag og områder som skal klappes, ref. /1/ og /2/.

Stof	Enhed	Antal prøver	Gennemsnit <sup>1</sup>	Detektionsgrænse	Aktionsniveau nedre-øvre
<b>Kobber</b>	mg/kg TS	66	16,3	0,02	20-90
<b>Kviksølv</b>	mg/kg TS	66	0,097 <sup>2</sup>	0,01	0,25-1
<b>Zink</b>	mg/kg TS	66	56	1	130-500
<b>Cadmium</b>	mg/kg TS	66	0,45	0,02	0,4-2,5
<b>Bly</b>	mg/kg TS	66	15 <sup>2</sup>	1	40-200
<b>TBT</b>	µg/kg TS	66	4,7 <sup>2</sup>	1	7-200
<b>Sum PAH<sub>9</sub><sup>3</sup></b>	mg/kg TS	66	1,21 <sup>2</sup>	0,09	3-30

1: I beregning af gennemsnittet er værdier under detektionsgrænsen medregnet som 100% af detektionsgrænsen.

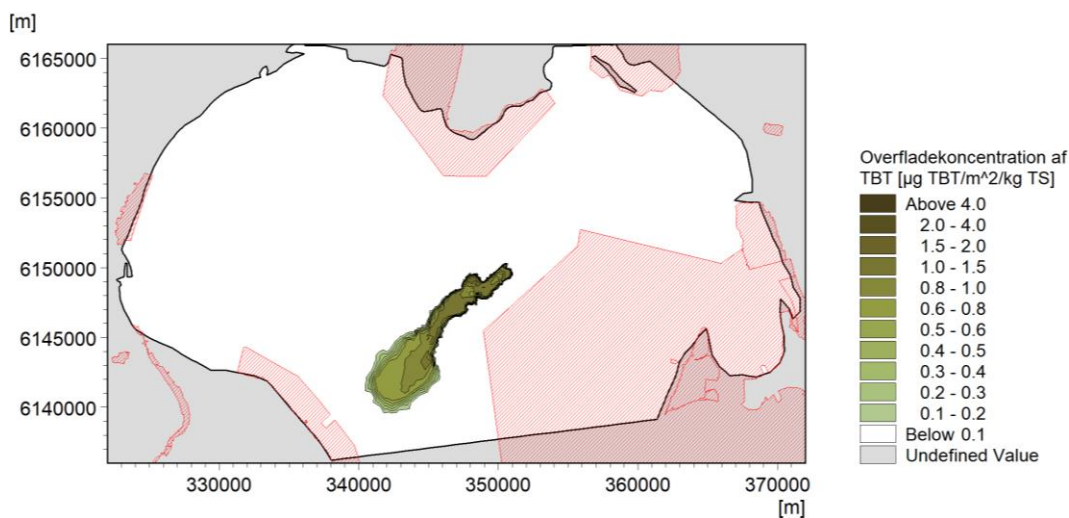
2: Gennemsnitsværdien for disse parametre er noget højere end medianværdien pga. enkelte høje værdier i datasættet.

3: Sum af PAH'er inkluderer: Phenanthren, Anthracen, Flouranthen, Pyren, Benz(a)anthracene, Chrysen, Benz(a)pyren, Indeno(1,2,3-cd)pyren og Benz(ghi)perylene.

Gennemsnitsniveauet for TBT er estimeret til 4,7 µg/kg TS. Denne værdi er noget højere end medianværdien, som følge af at enkelte datasæt har høje værdier. Da man ved afgravning af det ikke-forurenede sediment typisk vil grave langs med perimeteren og ned til det ønskede afgravningsniveau vil det afgravede materiale i pram typisk være et blandingsprodukt. Så selv når der graves i et område, hvor der er fundet en høj TBT-koncentration, men under den øvre aktionsværdi, må det forventes at dette blandes med materiale med meget lav TBT-koncentration. Gennemsnitsværdierne kan derfor anses som værende repræsentative for det materiale som klappes.

Der er beregnet en sedimentspredning for brug af klapplads Ka og Kb under antagelse af at klapmaterialet er homogent og uden klumper, ref./3/. Sammensætningen af materialet er opdelt i fire løse fraktioner; nemlig ler, fin silt, medium silt og groft silt/fint sand. Med en sådan løs sammensætning er den af klapmaterialet generede densitetsdrevne strøm i faldet mod bunden ikke stærk nok til at aflejre materialet direkte på bunden. I stedet lægger det sig som en sedimentsky lige over bunden, hvorfra sediment gradvist falder ud samtidig med at det spredes med strømmen. Tungmetaller vil i højere grad binde sig til de finere fraktioner, da forholdet mellem overfladeareal og kornvolumen er større end for de grovere fraktioner. De fineste fraktioner vil kunne spredes ud over et meget stort område, mens de grovere fraktioner er mindre mobile. De fine fraktioner aflejres i meget tynde lag og vil derfor kun bidrage beskedent til den koncentration, som man vil finde i en overfladesedimentprøve i de svenske vandområder, da aflejringstykkelse her helt generelt vil være mindre end 1 mm.

I Figur 1 er den beregnede overfladekoncentration af TBT i de øverste 5 mm af det aflejrte sediment beregnet (i områder hvor aflejringstykkelsen er mindre end 5 mm er den eksisterende havbund medregnet og vægtet som værende rent)). Det ses, at niveauet er under gennemsnitsværdien på 4,7 µg/kg TS, hvilket hænger sammen med en ændret kornfordeling. Sammensætningen i området med aflejringstykkelse større end 5 mm er lidt grovere end klapmaterialets sammensætning



Figur 1 Aflejring af TBT efter klapping og ved skiftevis brug af klapplads Ka og Kb (fra ref. /3/). Overfladekoncentration i de øverste 5 mm sediment efter endt klapping (2 år).

I forhold til beregningerne præsenteret i ref. /3/, så skal det yderligere pointeres at:

- 1) Spredningen af sediment i ref. ref. /3/ er beregnet under antagelse af, at klapmaterialet er homogent; dvs. uden klumper. Erfaringen fra en nylig udført prøvegravning indikerer som det fremgår af billedet i Figur 2, at materialet er kohæsivt og fast end antaget i modelberegningerne. Dette vil reducere sedimentspredningen betydeligt (som også

fremhævet i ref. /3/). Heterogene klumper vil således falde direkte til bunden og sedimenterne bundet i dette volumen vil dermed ikke spredes væk fra klappladsen.

- 2) At der vil blive anvendt en prognosemodel (PlumeCast) til at mindske spredning af klapmateriale til de svenske vandområder i det nordlige Øresund. Dette vil yderligere reducere de i ref. /3/ estimerede aflejringer i området uden for klappladsen.



Figur 2 Sediment i skovl under prøvegravning. Bemærk at materialet er sammenhængende (kohæsivt) og vil danne klumper i forbindelse med den efterfølgende klapning.

### 3 Referencer

- /1/ COWI for By & Havn: Lynetteholm, Datarapport, Miljøkemi, PD-GEO-RP-014, Vers. 3.0, 28-08-2020.
- /2/ Vejledning fra By- og Landskabsstyrelsen. Dumpning af optaget havbundsmateriale – klapning.
- /3/ DHI: ATR-11-klapning Køge bugt - spredningsberegninger. 16. december 2020.