

MEMO

Til: By & Havn

Att.: Michael Lundgaard, By & Havn

Fra: Bo Brahtz Christensen, DHI

Projekt 11823523 Lynetteholm

Dato: 26-05-2021

Emne: Sedimentspredning som følge af klapping

Der har fra svensk side været et ønsket om at få estimeret, hvor meget af klappmaterialet der potentielt vil kunne spredes til de omkringliggende vandområder, som ikke er indeholdt i modelområdet. Dette korte notat indeholder et sedimentbudget, samt et eksempel på hvordan spredningen til den svenske del af det nordlige Øresund kan reduceres.

Spredningsberegninger

I de her præsenterede analyser, er der udført klappingsberegninger for to perioder med samtidig brug af klappplads Ka og Kb. Perioderne er:

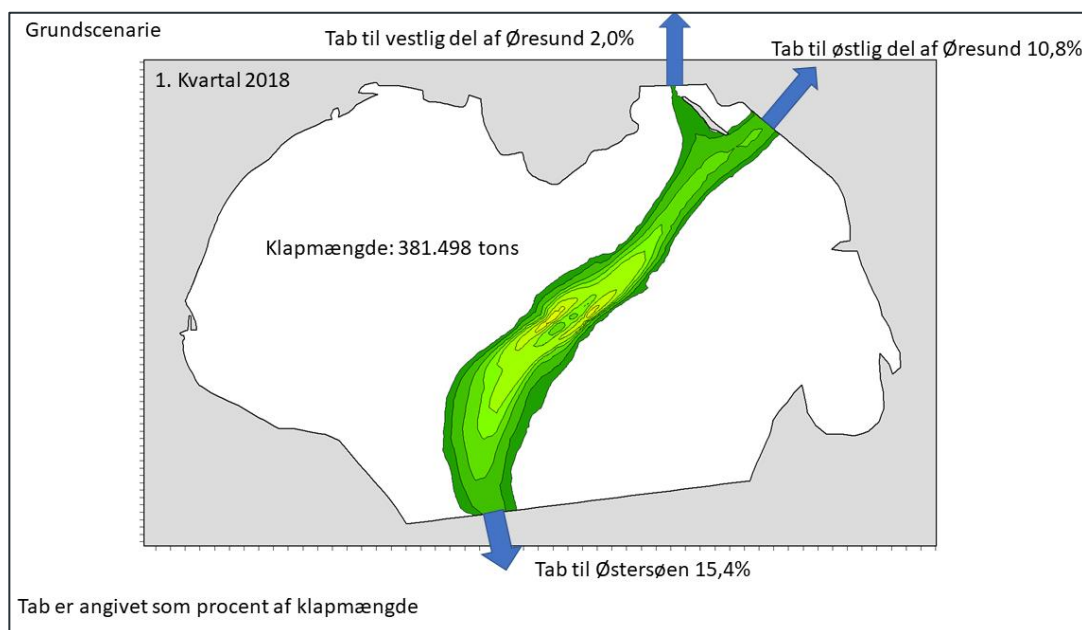
- 1. kvartal 2018
- 4. kvartal 2018

Modelleringen er en gentagelse af det tidligere modellerede, men her er fokus rettet mod, hvor det materiale som forlader modelområdet spredes til. I grundscenariet klappes der 12 gange om dagen, 5 dage om ugen. Klappingerne foretages skiftevis på de to klapppladser hver time i tidsrummet kl. 8-19. Forudsætningerne for klapping er som beskrevet i, ref. /1/.

Det er i forudsætninger antaget, at klappmaterialet har et relativt højt vandindhold og at tørstofindholdet kun udgør 23% af klappmængden. Klappsubstansens lave densitet bevirker at den ikke er tung nok til at sende materialet direkte ned på bunden, hvorfor det i stedet indlejrer sig som en sedimentsky lige over bunden, hvorfra det gradvist sedimenteres eller transporteres væk med strømmen. Er der klumper i klappmaterialet vil disse gå direkte til bunden og aflejres, hvorved spredningen bliver mindre. Modellens beregnede spredning er konservativ i den forstand, at klappmaterialet er antaget at være blandet jævnt op i splitprammens magasin og uden klumper, når der klappes

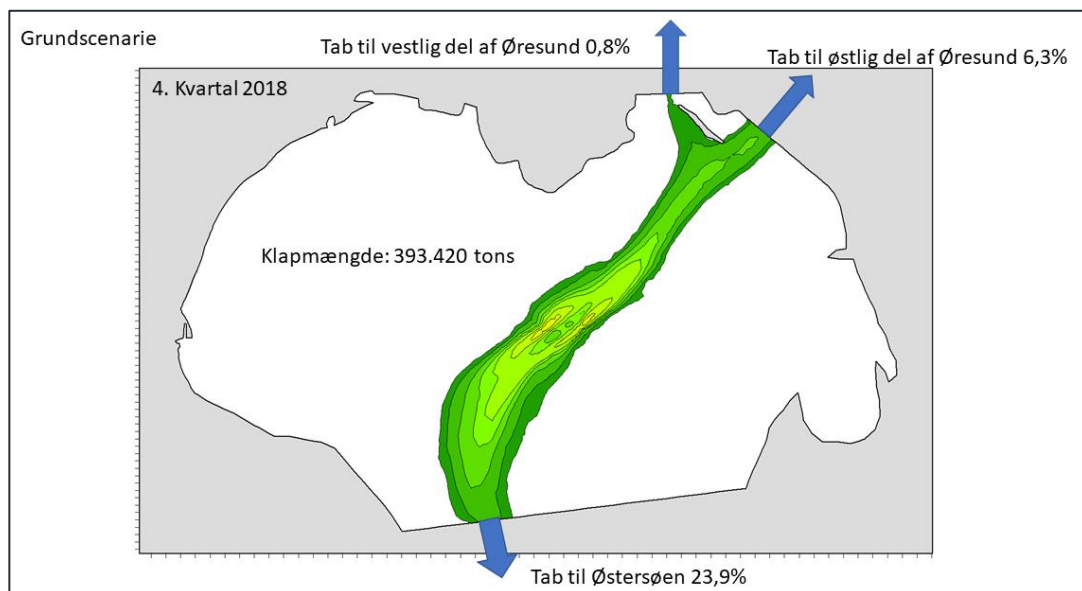
I 1. kvartal 2018 er der en del afstrømning fra Østersøen. I denne periode er der derfor tendens til en øget spredning til Øresund nord. Omvendt er der i 4. kvartal 2018 længere perioder med saltvandsindbrud til Østersøen, så her er spredningen mindre og i højere grad rettet mod Østersøen.

Figur 1 viser ved hjælp af de angivne pile, hvor stor en del af klappmaterialet der relativt tabes til de omkringliggende vandområder i grundscenariet under forhold som i 1. kvartal 2018. Det ses, at 10,8% af materialet spredes til den svenske del af Øresund, 2,0% til den danske del af det nordlige Øresund og 15,4% til Østersøen. Samlet set tabes der 28,2% til de omkringliggende vandområder. De gulgrønne konturer inde i området har kun til formål at vise i hvilket trace klappmaterialet typisk bevæger sig i.



Figur 1 Estimeret spredning fra klaping i 1. kvartal 2018.

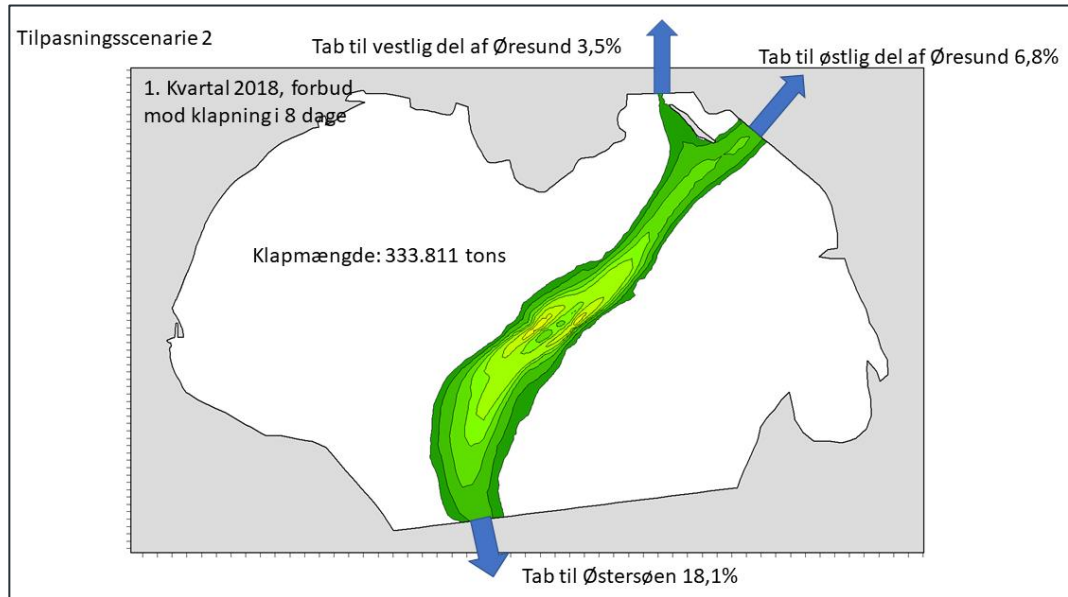
Figur 2 viser det tilsvarende sedimentbudget for 4. kvartal 2018. Det ses, at tabet til Øresund er mindre i denne periode, men omvendt er spredningen til Østersøen øget. I denne periode udgør spredningen til den svenske del af Øresund 6,3% og 0,8% til den danske del. Spredningen til Østersøen er 23,9%. Samlet set tabes der 30% til de omkringliggende vandområder.



Figur 2 Estimeret spredning fra klaping i 4. kvartal 2018.

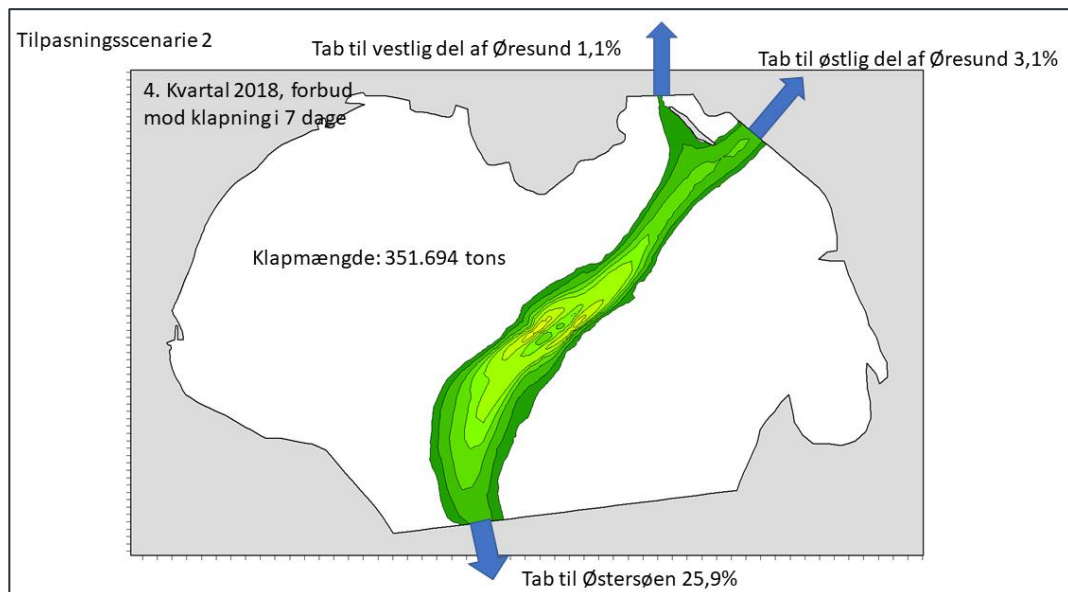
Spredningen til den svenske del af Øresund er særlig udtalt på enkelt dage i perioden, hvor der klappes. Det er derfor undersøgt, hvad der sker, hvis man undlader at klappe i 8 dage i 1. kvartal 2018, hvor der optræder ugunstige forhold og i 7 dage i 4. kvartal 2018. Forbuddet indebærer, at der klappes en lidt mindre mængde i perioden i forhold til grundscenariet. Perioder med ugunstige forhold er identificeret ud fra grundscenariet, som perioder hvor transporten til den østlige del af Øresund er stor.

Figur 3 viser ved hjælp af de angivne pile, hvor stor en del af klappmaterialet der relativt tabes til de omkringliggende vandområder med forhold som i 1. kvartal 2018 og forbud mod klapping i 8 dage med ugunstige forhold. Det ses, at 6,8% af materialet spredes til den svenske del af det nordlige Øresund, 3,5% til den danske del og 18,1% til Østersøen. Samlet set tabes der 28,4% til de omkringliggende vandområder.



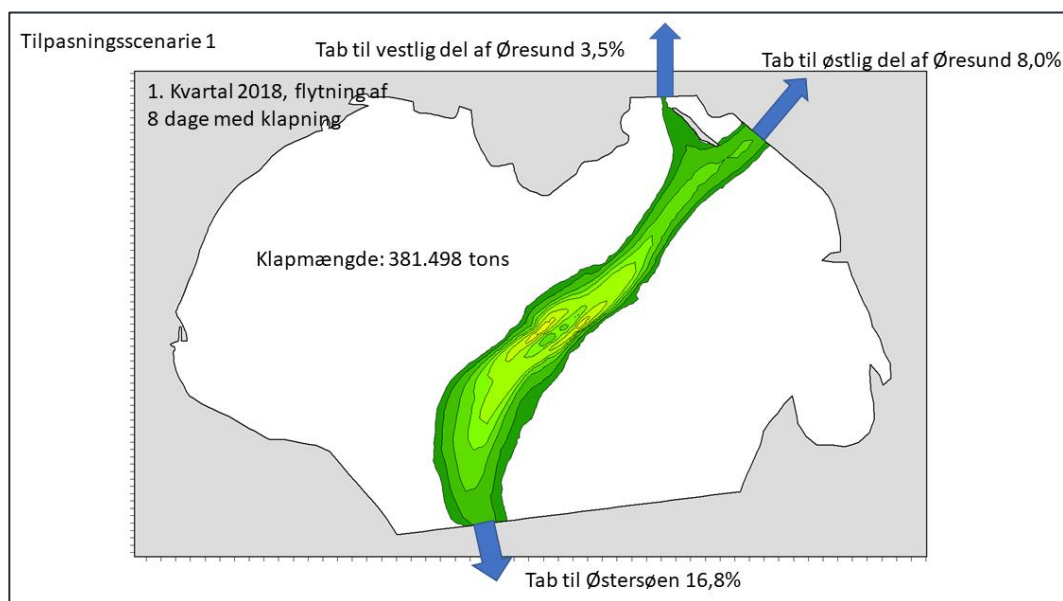
Figur 3 Estimeret spredning fra klapping i 1. kvartal 2018 med forbud mod klapping i 8 dage.

Figur 4 viser det tilsvarende sedimentbudget for 4. kvartal 2018 med forbud mod klapping i 7 dage. Det ses, at tabet til Øresund er mindre i denne periode, men omvendt er spredningen til Østersøen øget (relativt). I denne periode udgør spredningen til den svenske del af Øresund 3,1% og 1,1% til den danske del. Spredningen til Østersøen er 25,9%. Samlet set tabes der 30,1% til de omkringliggende vandområder.



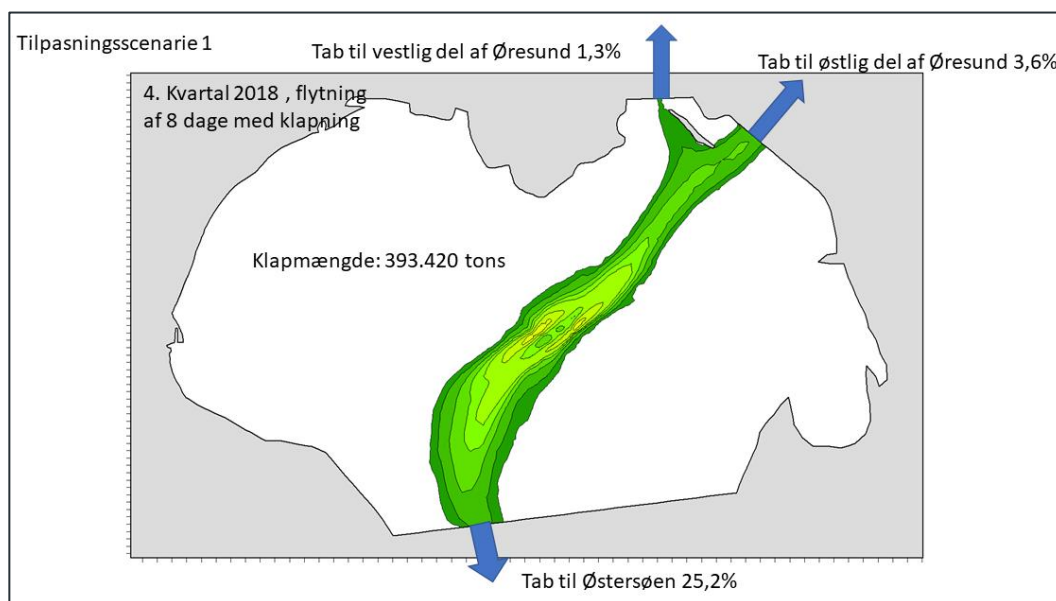
Figur 4 Estimeret spredning fra klapping 4. i kvartal 2018 med forbud mod klapping i 7 dage.

I det sidste scenarie er klappingerne på de dage, hvor der er forbud mod klapping flyttet til nærmeste efterfølgende periode, hvor der ikke er planlagt klapping (weekend). Klappingerne er flyttet uden at det på forhånd er undersøgt, om det nye klappingstidspunkt er mere gunstigt. Figur 5 viser ved hjælp af de angivne pile, hvor stor en del af klappmaterialet der relativt tabes til de omkringliggende vandområder under forhold som i 1. kvartal 2018 og flytning af klappingstidspunkt i 8 af dagene. Det ses, at 8,0% af materialet spredes til den svenske del af Øresund, 3,5% til den danske del af det nordlige Øresund og 16,8% til Østersøen. Samlet set tabes der 28,3% til de omkringliggende vandområder.



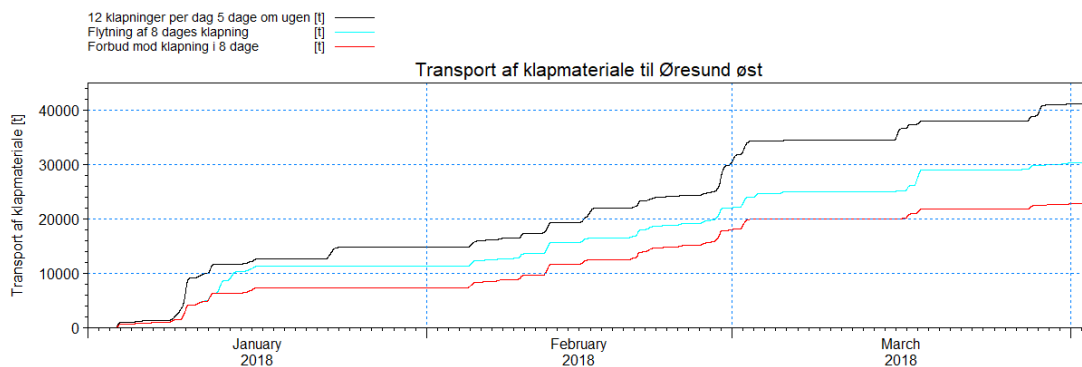
Figur 5 Estimeret spredning med 8 flyttede dage for klapping i 1. kvartal 2018.

Figur 6 viser det tilsvarende sedimentbudget for 4. kvartal 2018 med flytning af klapping i 7 af dagene. Tabet til den svenske del af Øresund reduceres som følge af flytningen fra 6,3% til 3,6%. Spredningen til den danske del af Øresund er 1,3%, mens spredningen til Østersøen er 25,2%. Samlet set tabes der forsat 30,1% til de omkringliggende vandområder.



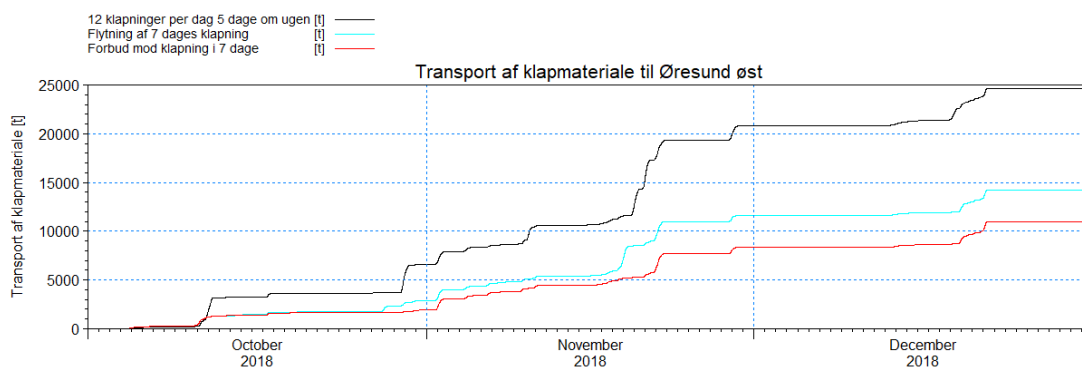
Figur 6 Estimeret spredning med 7 flyttede dage for klapping i 4. kvartal 2018.

Transporten af klappmateriale til den svenske del af Øresund er beregnet og optegnet som en tidsserie for de tre undersøgte scenarier. Figur 7 viser transporten i 1. kvartal 2018. Den sorte kurve angiver transporten i grundscenariet. Det ses, at det er særligt i forbindelse med en hændelse i første del af januar og en hændelse i overgangen fra februar til marts, at der er en stor tilførsel. I forbudsscenarioet er der derfor ikke klappet d. 8-9. januar, d. 22. januar, d. 15. februar, d. 27-28. februar, 15. marts og 28. marts. Med et egentlig forecast system vil der kunne optimeres yderligere på klappingstidspunkterne.



Figur 7 Transport af klappmateriale til den svenske del af Øresund i 1. kvartal 2018. Sort kurve: Grundscenarie, turkis kurve: Flytning af 8 dages klappning og rød kurve: forbud mod klappning i 8 dage.

De tilsvarende kurver er vist i Figur 8 for 4. kvartal 2018. I forbudsscenarioet er der ikke klappet d. 11. oktober, d. 29. oktober, d. 9. november, 19-20. november, 28. november og 18. december. Det ses af kurverne, at et forecast system med fordel kan benyttes til at sikre en mindsket spredning til de svenske vandområder i Øresund nord. Den store stigning i den turkise kurve midt i november, viser at klappingen er flyttet til et tidspunkt, hvor der ligeledes er ugunstige forhold. Dette vil ikke ske, såfremt der lå et egentligt forecast til grund for valg klaptidspunktet.



Figur 8 Transport af klappmateriale til den svenske del af Øresund i 4. kvartal 2018. Sort kurve: Grundscenarie, turkis kurve: Flytning af 7 dages klappning og rød kurve: forbud mod klappning i 7 dage.

Cowi har i deres mængdeberegninger skønnet en bulkningsfaktor på 1,25. En bulkningsfaktor er udtryk for, at det opgravede sediment fylder mere efter opgravning i forhold til in situ. Et forhold som medfører, at den gennemsnitlige tørdensitet af klappmaterialet falder fra 760 kg/m^3 til 608 kg/m^3 og at klappvolumenet vokser med 25%. Graves der på en sådan måde, at skovlen er helt fyldt ved hver gravesekvens, bør det kunne sikres, at bulkningsfaktoren bliver væsentlig mindre og at klappmaterialets tørdensitet derved øges. En øget tørdensitet vil forstærke den densitetsdrevne strøm som

klapmaterialet skaber på sin vej mod bunden og dermed bidrage til en reduceret spredning og færre klapninger.

Referencer

/1/ DHI: ATR-11-klapning Køge bugt - spredningsberegninger. 16. december 2020.