

# UDDYBNING AF GRÅDYB PROJEKTFORSLAG

MAJ 2022



Projektnavn	Esbjerg Havn, Uddybning af Grådyb
Kunde	Esbjerg Havn
Kontakt	Jesper Jørgensen
Projektnummer	22000985
Til	Esbjerg Havn
Udarbejdet af	Helle Brig Otzen
Kvalitetssikret af	Daniel Flytkær Virgilsen
Godkendt af	Lars Bendixen
Version	2
Versionsdato	31-06-2022
Første udgivelsesdato	18-05-2022

# INDHOLD

1	INDLEDNING .....	4
2	UDDYBNINGSMÆNGDER .....	6
3	UDFØRELSESMETODE OG -TID .....	9

## TEGNINGER

Nr.	Emne	Målestok	Dato
001	Grådyb dybder (m DVR90) fra multibeam survey	1:50.000	10-05-2022
002	Grådyb uddybningsvolumener	1:50.000	29-06-2022

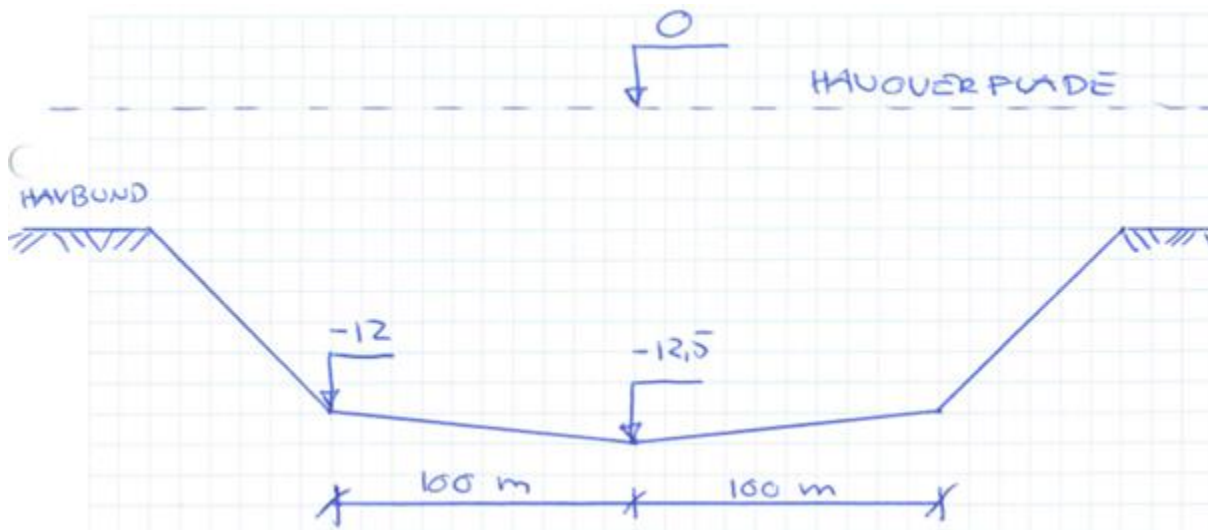
# 1 INDLEDNING

WSP er af Esbjerg Havn blevet bedt om at udarbejdet et projektforslag for uddybning af sejlrenden Grådyb, som leder skibe fra Nordsøen ind til Esbjerg Havn. Grådyb er fra Bøje 0 og ind til Tauruskaj ca. 21,6 km lang. Sejlrenden er markeret på søkortudsnittet i Figur 1.



Figur 1 – Sejlrenden Grådyb, Esbjerg Havn.

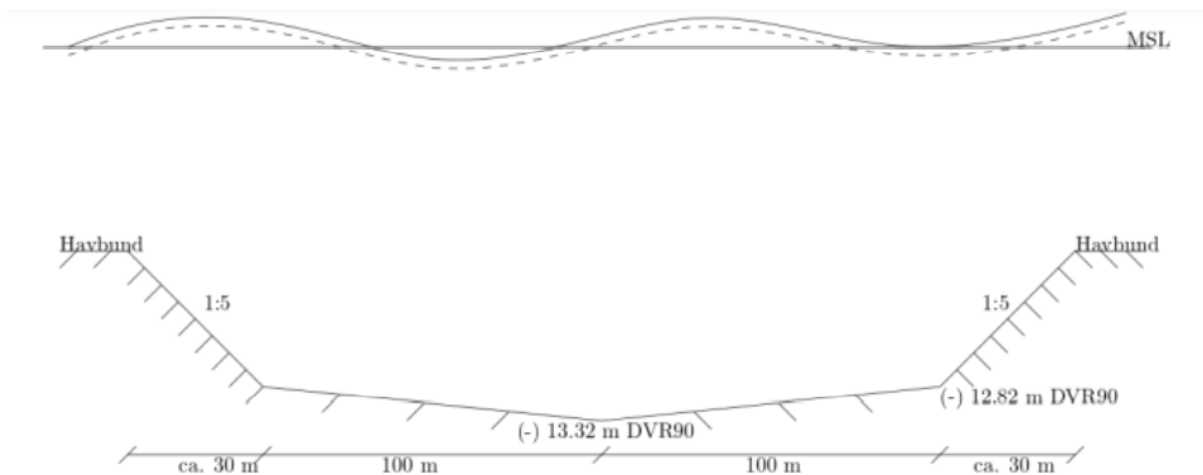
Iht. søkortet har sejlrenden bund i ca. kote -10,3 m MLWS, og den ønskede fremtidige min. vanddybde på -12,5 m MLWS, jf. Figur 2 (dog med undtagelse af delstrækning 1 og 2 hvor vanddybden indledningsvist kun ønskes uddybet til -11,5 m MLWS – der henvises til bilag for 002 for strækningsinddeling).



Figur 2 – Ønsket profil af sejlrenden Grådyb (koter ift. MLWS), Esbjerg Havn, 25/11-2021.

I søkortet og Esbjerg Havns uddybningsprofil og kort er koterne angivet i m ift. MLWS (Mean Low Water Spring), mens de i de øvrige dokumenter fortrinsvist er angivet i m ift. DVR90. I Esbjerg Havn er sammenhængen mellem kotesystemerne:  $DVR90 = MLWS + (-0,82 \text{ m})$ .

På Figur 3 er uddybningsprofilen vist med koter ift. DVR90.



**Figur 3 – Ønsket profil af sejlrenden Grådyb (koter ift. DVR90). MSL viser skematisk placering af middel vandstanden, som er identisk med kote 0 m DVR90.**

Nærværende projektforslag beskriver, hvordan opgaven i al væsentlighed kan realiseres med udførelsesmetode og tidsplan, samt skønsmæssige uddybningsmængder. Det er en forudsætning for projektforslaget, at alle tilladelser (VVM, nyttiggørelse mv.) er indhentet.

Flg. data ligger til grund for projektforslaget:

- Grådyb uddybningsprofil, *Esbjerg Havn, 25/11-2021*
- Elektroniske pejleplaner XYZ-filer, *Esbjerg Havn/Kystdirektoratet, 07/03-2017*
- Søkort 95, *Energi-, forsynings- og klimaministeriet, oktober 2015*
- Plan med oversigt over havn og sejlrende (DWG), *Esbjerg Havn*
- Tværsnit – Uddybning – Grådyb, bølge 0-10 (DWG og PDF), *Esbjerg Havn, 01/12-2021*
- Uddrag af VVM 1993
- Væsentlighedsvurdering for uddybning ved Esbjerg Havn, Uddybning ved for Grådyb, *Niras, 27/01-2022*

Som grundlag for mængdeberegningerne er der anvendt pejledata fra 2017. Data fra pejlinger/søopmålinger er forbundet med en vis usikkerhed, da sejlrenden tilsander og kræver løbende oprensning (oprensning foretages af kystdirektoratet, KDI). Da oprensningen foretages løbende vurderes usikkerheder forbundet hermed dog at være beskedne.

## 2 UDDYBNINGSMÆNGDER

Volument for uddybning er beregnet på baggrund af multibeamopmåling foretaget d. 7.-8. marts 2017. Ved at indlægge et CAD-profil med de ønskede dybder i sejlrenden, kan denne trækkes fra opmålingen. Differencen mellem de to profiler svarer til sedimentmængden der skal fjerne. Udregningen er lavet i ArcMap, hvorefter værktøjet Surface Volume er blevet brugt til at udregne de samlede volumener, der skal uddybes.

De ønskede dybder i sejlrenden er:

Delstrækning 1 -11,5 m MLWS i hele tværsnittet

Delstrækning 2: -11,5 m MLWS i hele tværsnittet

Delstrækning 3: -12,0 m MLWS langs yderkanten med en dybde i midten på -12,5 m MLWS

Delstrækning 4: -12,0 m MLWS langs yderkanten med en dybde i midten på -12,5 m MLWS

Delstrækning 5: -12,0 m MLWS langs yderkanten med en dybde i midten på -12,5 m MLWS

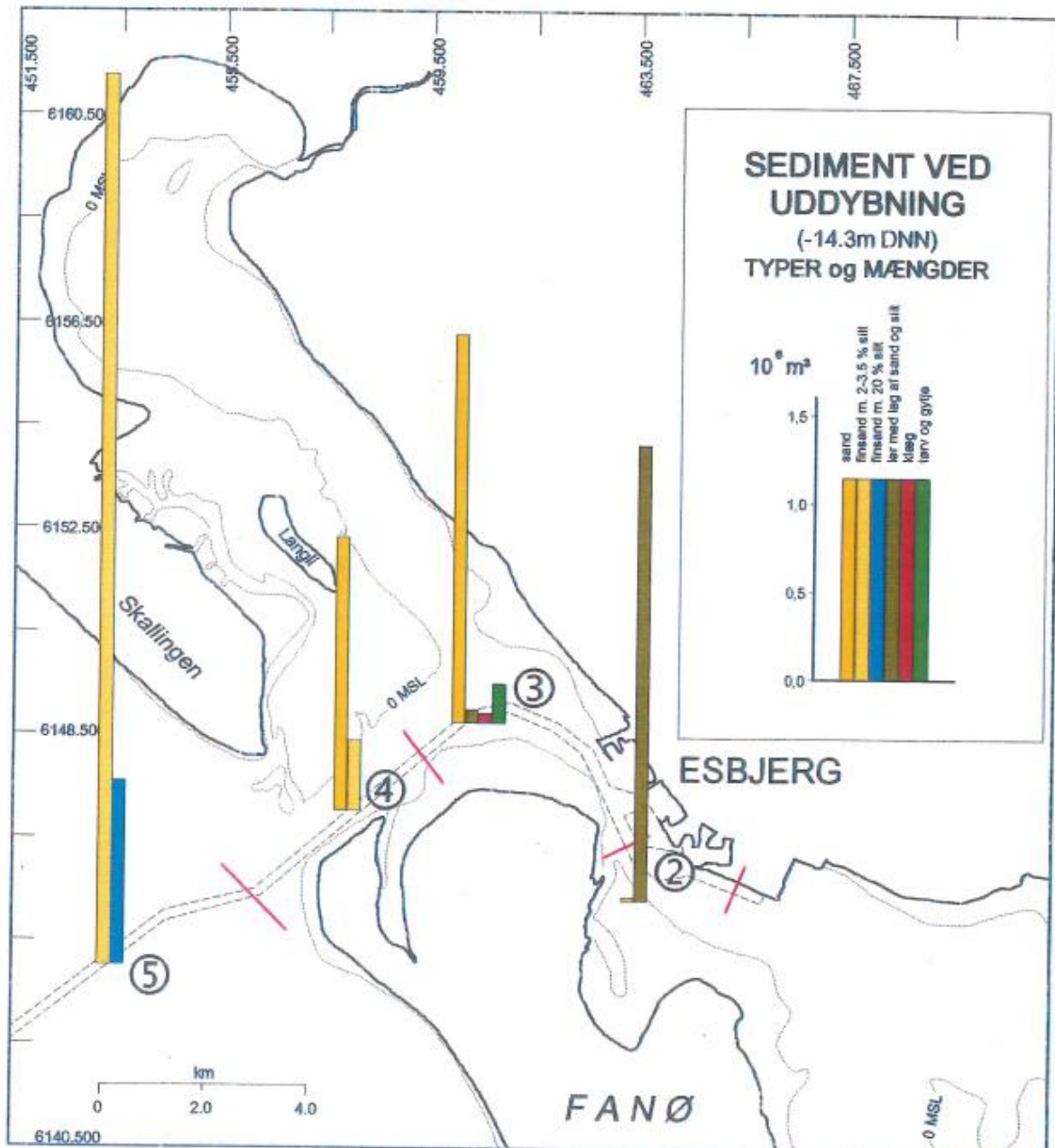
Derudover er der lavet en hældning på 1:5 fra yderkanten af sejlrende ud til den omkringliggende havbund.

Kort over de beregnede uddybningsvolumener fremgår af Figur 4. Kort med dybder og uddybningsvolumener er vedlagt som tegning 001 og 002. Kortet viser udelukkende uddybningsmængder til fremtidig ønskede dybde i de enkelte delområder.



Figur 4 – Kort over beregnede uddybningsvolumener fordelt på delområde 1-5.

I uddraget af VVM fra 1993 findes figur 4.2, som viser fire områder (nr. 2-5), hvoraf fordeling på sedimenttype fremgår af stavdiagrammer. Sedimentet er opdelt i sand, finsand m. 2-3,5 % silt, finsand m. 20 % silt, ler m. lag af sand/silt, klæg samt tørv/gytje. Figuren er gengivet herunder som Figur 5.



**Figur 5 - Sedimenttyper fordelt på delstrækninger, uddrag af VVM 1993.**

Fordelingen af sediment i de enkelte områder (2-5) er baseret på prøver udtaget i eksisterende sejlrende forud for VVM rapport af 1993 med henblik på uddybning til -14.3 m (DNN). Det fremgår at der i delområde 3, 4 og 5 overvejende er tale om friktionsmaterialer (sand, samt finsand og forskelligt indhold af silt). I område 2 er der overvejende tale om lerfraktioner.

Idet sejlrenden sander til og løbende vedligeholdes ved oprensning, vurderes ovenfor viste diagram ikke at være væsentlig forandret siden 1993 da fordelingen gælder fra bunden af sejlrenden og nedefter.

Ved beregning af uddybningsmængderne er der for hver enkelt delstrækning lavet en %-fordeling af sedimenterne, svarende til forholdene vist i stavdiagrammerne (eksempelvis ved delstrækning 4 er forholdet mellem sand og finsand m. silt ca. 1:5).

På baggrund heraf er opdelingen i Tabel 1 skønnet for den samlede mængde af alle 5 delstrækninger.

BORTSKAFFELSE	ANDEL AF TOTALVOLUMEN	VOLUMEN, UDDYB.	VOLUMEN
Nyttiggørelse: Indpumpning i Østhavn, Sand	17 %	600.000 m <sup>3</sup>	2.770.000 m <sup>3</sup>
Nyttiggørelse: Indpumpning i Østhavn, Finsand m. silt	61 %	2.170.000 m <sup>3</sup>	
Nyttiggørelse: Indbygning i andre områder, Øvrige sedimenter (ler/silt)	22 %	800.000 m <sup>3</sup>	800.000 m <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>			<b>3.570.000 m<sup>3</sup></b>

**Tabel 1 – Skønsmæssig fordeling af sediment.**

Sand samt siltholdigt sand (dvs. de gule og blå stave i Figur 5) indpumpes i Østhavnen, mens de øvrige sedimenttyper nyttiggøres i et eller flere øvrige projekter. Ikke alt materiale vil i praksis blive indpumpet i opfyldningsområdet, idet der må forventes at være spild på en del af silt-fraktioner ifm. oppumpningen. Den totale siltmængde svarer til 4-5 % af materialet til indpumpning, hvormed spildet vurderes at være af uvæsentlig betydning.



## 3 UDFØRELSMETODE OG -TID

Sandfraktionen ønskes indpumpet i udvidelsen af Østhavnen, Etape 5. Placeringerne fremgår af Figur 6. Esbjerg Havn oplyser at der jf. VVM-redegørelsen for etablering af etape 5 forventeligt skal bruges ca. 3,3 mio. m<sup>3</sup> opfyldningsmaterialer i projektet.

Lerfraktionerne forudsættes at kunne nyttiggøres i et eller flere projekter, f.eks.:

### 1 Landområde i bydelen Måde

Materialet anvendes som fyld, som pumpes ind. Dette medfører opblødning af materialerne, hvorfor området må forventes at skulle cementstabiliseres efterfølgende for at kunne anvendes som havnearealer. Esbjerg Havn oplyser at der er et område i Måde på ca. 31.000 m<sup>2</sup> med mulighed for ca. 6 m opfyldning. Herudover er der øvrige arealer i området ved Måde på sammenlagt ca. 343.000 m<sup>2</sup> med mulighed for opfyldning i ca. 3 m højde. Dette giver en sammenlagt kapacitet på ca. 1,2 mio. m<sup>3</sup>.

Hvis det eksakte nyttiggørelsesområde ligger for langt fra søterritoriet til, at pumpning er muligt, vil der pågå væsentligt ekstra tid til læsning af materialet på lastvogne eller dumpere, som kører materialet til området og dumper det.

### 2 Østhavnen, Etape 5

Materialet anvendes som fyld, som pumpes ind. Dette medfører opblødning af materialerne, hvorfor området må forventes at skulle cementstabiliseres efterfølgende for at kunne anvendes som havnearealer.

### 3 Den planlagt energiø i Nordsøen

Materialet anvendes som fyld, som grabbes ind. Der vil her være væsentligt forøget sejlads ift. de øvrige nyttiggørelsesmuligheder. Der vil ligeledes tilgå væsentligt flere vejrligsdage.

Egnetheden af materialerne samt processen ift. optagning og genindbygning er dog ikke behandlet nærmere i nærværende projektforslag.



Figur 6 – Placering af sejlrende, Østhavnens etape 5 og bydelen Måde.

I væsentlighedsvurderingen fra 2022 er det vurderet, at uddybningen kan foretages med en hopper dredger, f.eks. af typen som Rohde Niensens ”Balder R” (2022). Fartøjet har en teoretisk kapacitet på op til 6.000 m<sup>3</sup>/time med et samlet spild vurderet til ca. 5 % (Gray, J. S., 2006).

Kapaciteten af lastvolumen (ca. 6.000 m<sup>3</sup>) udnyttes som regel ikke fuldt ud. Idet der vurderes ca. 4.000 m<sup>3</sup> pr. læs, forventes en rundtur at vare ca. 5-6 timer, således at der kan opnås ca. 4 læs pr. døgn (i alt ca. 16.000 m<sup>3</sup>).

I tiden er indregnet opsugning af materialer, sejltid, indpumpning, lejlighedsvis bemanningsskift/optankning mv. (ekskl. vejrlig og produktionsstop).

Lerfraktioner opgraves, idet der forudsættes anvendt uddybningsfartøj med stor skovl (Backhoe dredger) eller alternativt et uddybningsfartøj med spandkædemaskine. Materialerne opgraves og læsses på pram. Der vurderes en kadence på ca. 5.000-7.000 m<sup>3</sup>/døgn (ekskl. vejrlig og produktionsstop) – det forudsættes, at noget af det øverste opblødte ler evt. kan suges.

Jf. Afsnit 2 forventes der ca. 2,8 mio. m<sup>3</sup> til sugning og ca. 0,8 mio. m<sup>3</sup> til opgravning. Ift. ovenstående betragtning og med antagelse om, at der uddybes døgnet rundt mandag-søndag, er der skønnet flg. udførelsestid (eksempel tager udgangspunkt i ét fartøj til sugning/pumpning og ét fartøj til opgravning).

Udførelsestiden afhænger i høj grad af nyttiggørelsesprojektets beliggenhed. Nedenstående udførelsestider er under forudsætning af indpumpning i Østhavns Etape 5.

**Materialer til sugning/pumpning:** ca. 175 døgn (ekskl. vejrlig og produktionsstop)

**Materialer til opgravning:** ca. 135 døgn (ekskl. vejrlig og produktionsstop).

Det er ønskeligt at begrænse udførelsestiden til ca. 6-9 mdr. Der bør derfor ses på en udførelsesmetode, som enten involverer større materiel eller flere fartøjer, der uddyber samtidigt. Eksemplet herunder tager udgangspunkt i flere fartøjer.

BORTSKAFFELSE	2 FARTØJER, Á 16.000 M <sup>3</sup> KAP./DØGN	3 FARTØJER, Á 16.000 M <sup>3</sup> KAP./DØGN
Sandfraktionen: Sugning og indpumpning til Østhavns Etape 5	Ca. 90 døgn*	Ca. 45 døgn*

\* ekskl. vejrlig og produktionsstop.

BORTSKAFFELSESMETODE	2 FARTØJER, Á 5-7.000 M <sup>3</sup> KAP./DØGN	3 FARTØJER, Á 5.000-7.0000 M <sup>3</sup> KAP./DØGN
Lerfraktionen: Opgravning og indpumpning til Østhavns Etape 5	Ca. 70 døgn*	Ca. 35 døgn*

\* ekskl. vejrlig og produktionsstop, samt evt. ophold for afdræning af vand ved indpumpning på landområde.

Et forslag kan for sandfraktionen (som suges) eksempelvis være intensivt at anvende 2-3 uddybningsfartøjer til sandsugning og indpumpning, så dette kan afvikles hurtigst muligt, idet hovedparten af sandmængderne ligger yderst i Grådybet uden for havnen. Dette vil nedbringe udførelsestiden for denne del til 2-3 mdr. Løsningen kan medføre, at der skal installeres flere pumperør, som fartøjerne kan anvende ved indpumpningsområdet ved Etape 5.

Parallelt med uddybning af sandmaterialer kan der ligeledes uddybes lermaterialer i havneområdet med flere fartøjer. Man kan forestille sig en hensigtsmæssig udførelsesperiode på ca. 6-9 mdr., såfremt man periodevist anvender 2 fartøjer og en del af perioden drosler ned til ét fartøj, såfremt der har været et effektivt fremskridt.

**Tabel 2. Eksempel på udførelsestidsplan med flere fartøjer, begrænset til "sommerhalvåret".**

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
<b>Fartøj 1 Sugning og indpumpning</b>												
<b>Fartøj 2 Sugning og indpumpning</b>												
<b>Fartøj 3 Sugning og indpumpning</b>												
<b>Fartøj 1 Opgravning og indpumpning</b>												
<b>Fartøj 2 Opgravning og indpumpning</b>												

Såfremt uddybningstiden for sandmaterialer, som skal indpumpes ønskes optimeret til ca. 2 mdr. kan der indføres et 3. fartøj hertil. Uddybning af lermaterialer vurderes at kunne udføres på ca. 5-6 mdr. Der kan indledningsvis opstartes med 2 fartøjer, men i takt med at områderne fyldes op, vurderes det at afdræning af vand vil være med til at sætte en øvre grænse for kadencen, hvorved der på et tidspunkt skønmæssigt kun bliver behov for et fartøj.

Der bør tillægges en usikkerhed for vejrlig til udførelsesperioden. Arbejdet yderst i sejlrenden uden for havnen vurderes at være mere vejrligsfølsomme under forudsætning af, at materialerne transporteres i pramme. Følgende vejrlig estimeres for de to aktiviteter:

**Sugning/indpumpning af sand:** vejrligstillæg 1-5% (inkl. produktionsstop/maskinnedbrud mv.)

**Opgravning/indpumpning af ler:** vejrligstillæg 10-15% (inkl. produktionsstop/maskinnedbrud mv.)

Ift. at optimere tiden med større materiel skal man være opmærksom på, at større uddybningsfartøjer kan have meget stor dybgang ved fuld last. Eksempelvis har IHC Dredging "Beagle 12" med lastvolumen på 12.000 m<sup>3</sup> en dybgang på 9 m, hvilket kan vanskeliggøre at nå helt hen til indpumpningsområdet ved Etape 5. Det skal være op til det enkelte rederi at afgøre, hvilke fartøjer der egner sig til opgaven.