

# Projekt LANDSORTSFARLEDEN



## TEKNISK BESKRIVNING

2024-10-25

© Sjöfartsverket  
Infrastrukturavdelningen

Upprättad av Jan Henriksson, Infrastrukturavdelningen  
Granskad av Adam Blom, Port Engineering  
Dokumentdatum 2024-10-25

Eftertryck tillåts med angivande av källa.

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>INLEDNING .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>OMFATTNING .....</b>	<b>6</b>
2.1	Farledens design .....	6
2.2	Åtgärder, sammanfattning .....	6
<b>3</b>	<b>FÖRUTSÄTTNINGAR.....</b>	<b>10</b>
3.1	Geodetiska referenssystem .....	10
3.2	Geologiska förhållanden.....	10
3.3	Meteorologiska och hydrologiska förhållanden.....	10
3.3.1	Vindar .....	10
3.3.2	Vattenstånd och landhöjning.....	11
3.3.3	Issituation.....	12
3.4	Trafik i farleden .....	12
3.5	Ledningar.....	13
<b>4</b>	<b>PLANERADE ÅTGÄRDER.....</b>	<b>14</b>
4.1	Muddring.....	14
4.1.1	Volymer .....	14
4.2	Omhändertagande av massor .....	15
4.2.1	Dumpningsområden.....	16
4.2.2	Mindre förorenade muddermassor (L1) .....	16
4.2.3	Muddermassor som kräver särskild hantering (L2) .....	16
4.2.4	Hantering av bergmassor .....	17
4.3	Farledsutmärkning .....	18
4.4	Släntstabiliserande åtgärder.....	18
4.4.1	Brandalsund .....	19
4.4.2	Fläsklösa .....	21
<b>5</b>	<b>GENOMFÖRANDE – METODER OCH TIDER .....</b>	<b>22</b>
5.1	Muddring och dumpning .....	22
5.1.1	Muddring av lösa massor .....	22
5.1.2	Muddring av berg.....	25
5.1.3	Miljömuddring .....	26
5.1.4	Kapaciteter och tider för muddring .....	26
5.1.5	Trafik i farleden .....	27
5.1.6	Ledningar .....	28
5.2	Farledsutmärkning .....	29
5.3	Släntstabiliserande åtgärder.....	32

**Kartbilagor:**

- 2a Åtgärdsöversikt (2 delkartor)
- 2b Muddringsområden (18)
- 2c Dumpningsområde (1)
- 2d Fast utmärkning (15)

**Definitioner**

<b>Farledsyta</b>	Den navigerbara ytan mellan avgränsningarna i farleden inom vilken ett angivet minsta djup säkerställts.
<b>Maximalt djupgående</b>	Det största djupgående som ett fartyg kan ha vid medelvattenstånd för att kunna framföras i farleden.
<b>Minsta djup</b>	Minsta avstånd till botten i förhållande till vald referensnivå. I projektet används höjdreferenssystem RH 2000. Se även <i>Ramfritt djup</i> nedan.
<b>Ramfritt djup</b>	Minsta djup verifierat genom s.k. ramning, mekanisk avkänning av botten.
<b>tfm<sup>3</sup></b>	Teoretiskt fast m <sup>3</sup> ; teoretiskt beräknad mängd av massor före losstagning, dvs fast mått, utan svällning.
<b>Övermuddring</b>	Den extra muddring (marginal) som i praktiken alltid måste ske för att säkerställa att önskat minsta djup uppnås.

## 1 Inledning

Projekt Landsortsfarleden syftar till att förbättra sjösäkerheten i den allmänna farleden mellan Landsort och Södertälje samt anpassa farleden för framtida fartygstrafik genom ökad kapacitet och tillgänglighet. Projektet innebär delvis ny sträckning, viss breddning och fördjupning av farleden samt förbättrad farledsutmärkning.

Landsortsfarleden har stor betydelse för sjötrafiken till Södertälje Hamn och hamnarna i Mälaren, men är olycksdrabbad i vissa avsnitt och har begränsningar i kapacitet och tillgänglighet. Den generella utvecklingen inom sjöfarten går mot större fartygsstorlekar, för att man med ökad transporteffektivitet, och därmed minskad miljöbelastning, ska kunna möta de ökande godsvolymererna inom sjöfarten som prognostiseras. Planerade åtgärder innebär en betydande ökning av säkerhetsmarginalerna för sjötrafiken samt en anpassning för framtida fartygsstorlekar.

Åtgärderna baseras på den åtgärdsvalsstudie som tagits fram av Trafikverket tillsammans med Sjöfartsverket. De följer även Transportstyrelsens och internationella organs rekommendationer för sjösäkerhet och dimensionering av farleder (PIANC<sup>1</sup>) samt för utformning av farledsutmärkning (IALA<sup>2</sup>).

Denna tekniska beskrivning (TB) syftar till att beskriva de anordningar och arbeten som ingår i tillståndsansökan för projekt Landsortsfarleden och utgör underlag för prövning i mark- och miljödomstolen av den vattenverksamhet och övriga åtgärder som projektet föranleder.

---

<sup>1</sup> Global organisation för vattenburen infrastruktur. Organisationen är den ledande partnern för statlig och privat sektor när det gäller design, utveckling och underhåll av hamnar, vattenvägar och kustområden.

<sup>2</sup> International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities

## 2 Omfattning

Projekt Landsortsfarleden omfattar åtgärder för att erhålla ett ökat maximalt djupgående för fartygstrafiken i farleden till Södertälje hamn, från dagens 9 meter till 10,5 meter, för att uppnå satta säkerhets- och tillgänglighetsmål. Detta förutsätter en anpassning av farledens sträckning och utformning genom breddning och fördjupning av vissa farledsavsnitt, samt anpassning av farledsutmärkningen, så att tillräckliga säkerhetsmarginaler uppnås.

### 2.1 Farledens design

Framtagande av farledens sträckning och utformning har gjorts genom nautiska överväganden, med stöd av Transportstyrelsens och internationella organs rekommendationer för sjösäkerhet och farledsutmärkning. Dessa rekommendationer har till uppgift att, med utgångspunkt från fartygens storlek, farledens beskaffenhet och med hänsyn tagen till lokala förhållanden, ge riktvärden för bredd, djup och farledens linjedragning. Rekommendationerna syftar till att skapa goda säkerhetsmarginaler för den fartygstrafik farleden konstrueras för. Efter preliminär design har farledens utformning och utmärkning verifierats genom omfattande testkörningar i simulator vid Sjöfartsverkets simulatorcenter i Göteborg. Utifrån dessa simuleringar samt analys av framtida transportbehov i farleden, har den dimensionerande fartygsstorleken bestämts till 220 m längd, 32 m bredd och med 10,5 m djupgående.

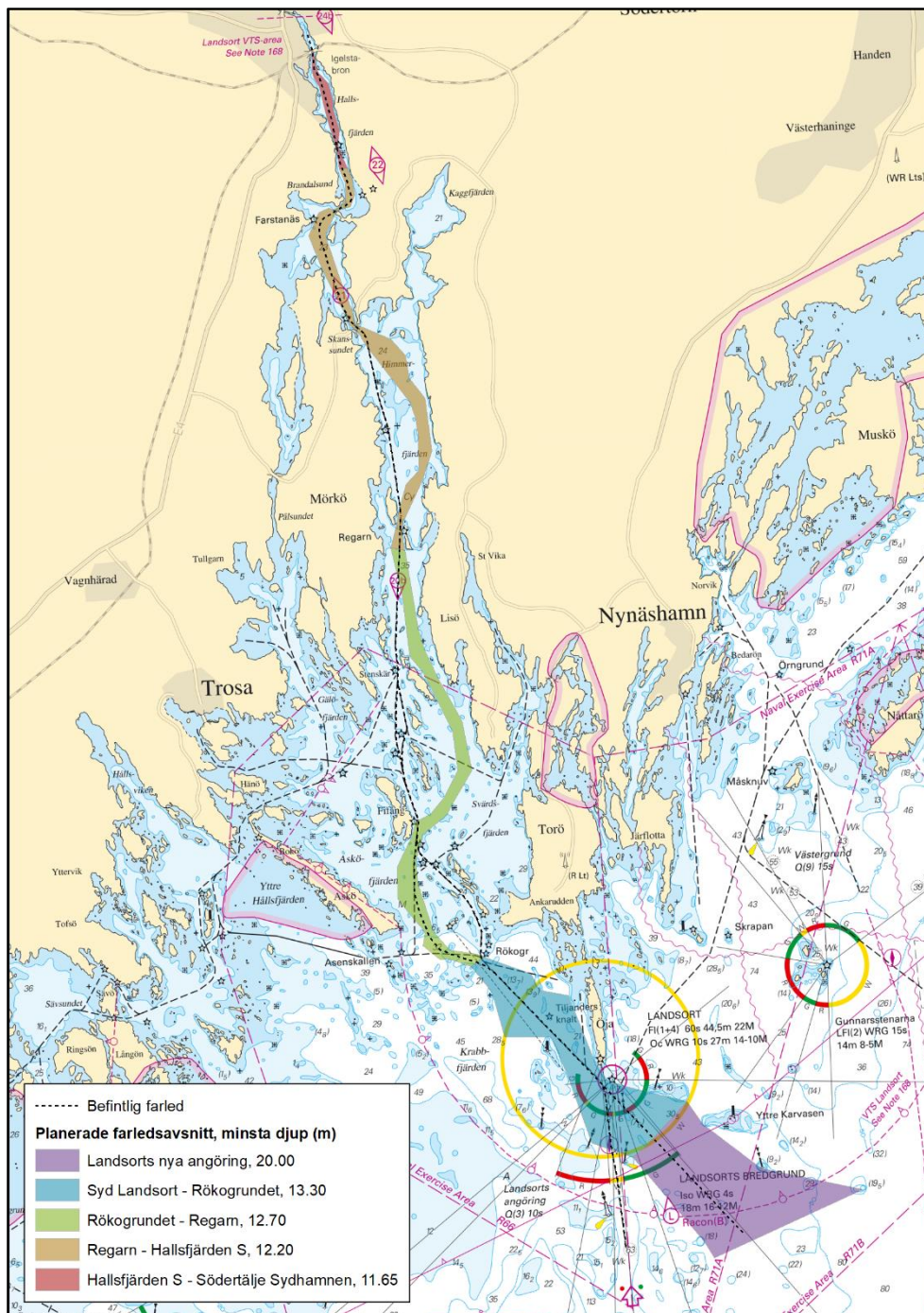
Farleden utgörs av fem farledsavsnitt med olika minsta djup, enligt Figur 1. Djupen är bestämda utifrån farledsavsnittens olika yttre förutsättningar gällande till exempel vind- och vågförhållanden.

### 2.2 Åtgärder, sammanfattning

För att uppnå minsta djup enligt farledsdesignen krävs muddring inom vissa områden längs den ca 70 km långa farleden. Den fördjupning som sker i förhållande till dagens djupnivåer varierar över hela sträckan från ca 1-2 m till upp mot ca 10 m på vissa lokala toppar. Eftersom stora delar av farleden, och särskilt de nya farledsavsnitten, redan har tillräckligt djup är det endast inom 23 avgränsade delområden som fördjupning krävs, varav vissa områden är mycket små, se Figur 2 och Figur 3. Den sammanlagda muddringsvolymen är ca 1 miljon tfm<sup>3</sup> ner till ramfritt djup.

Muddermassorna avses i huvudsak att dumpas inom ett område till havs, som efter omfattande utvärdering anses lämpligt för ändamålet, se Figur 2. Inom vissa områden där det endast sker sprängning av berg, kommer massorna att falla ut och lämnas kvar intill det sprängda området eller jämnas ut i anslutning till detta. Detta gäller alla muddringsområden utom område 11 i Figur 2.

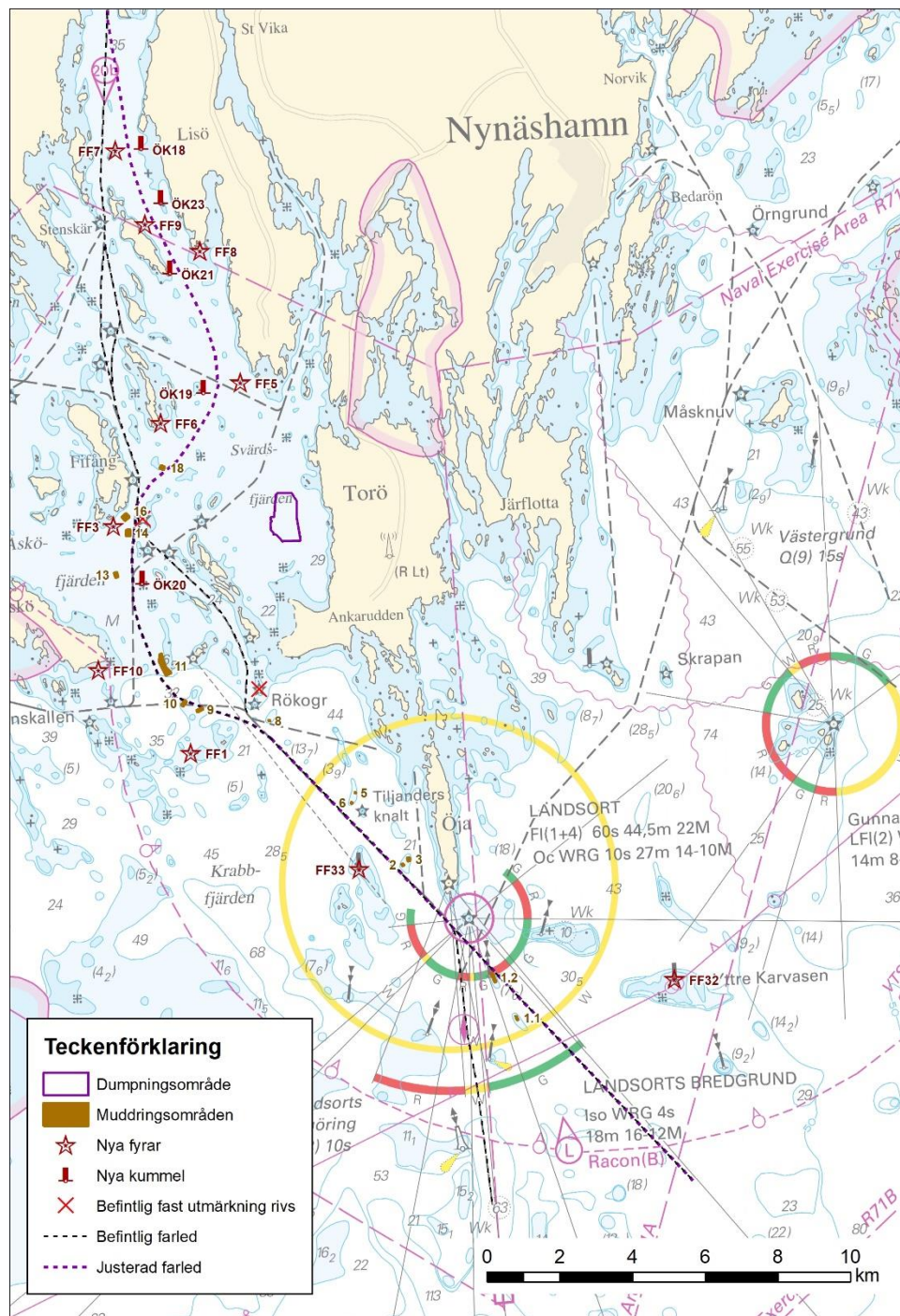




Figur 1 Farledsavsnitt med önskat minsta djup

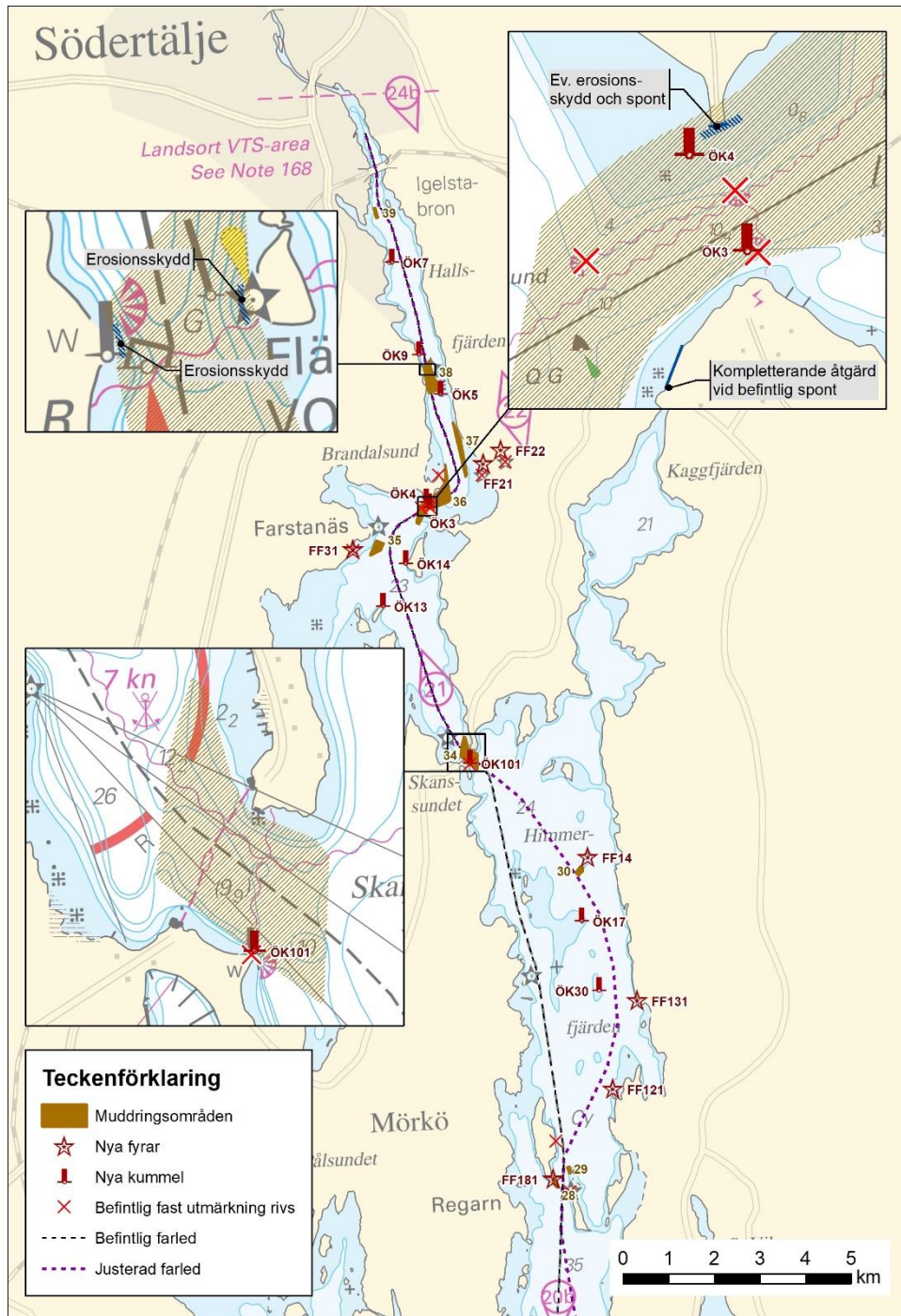
Farledsutmärkingen behöver anpassas till den nya farledsutformningen, bland annat genom anläggande av 17 nya fyrar och 15 nya kummel. Flertalet nya objekt är lokaliserade utmed de nya farledsavsnitt som idag saknar farledsutmärkning, och vissa ersätter befintliga objekt i nuvarande farled, varav vissa kommer att rivas. Se Figur 2 och Figur 3.

På två platser, där farleden är förhållandevis smal, planeras också för släntstabiliserande åtgärder, i form av erosionsskydd, med syfte att förhindra att bottenmaterial i de nya slänterna rasar in och orsakar uppgrundningar i farleden, se Figur 3.



Figur 2 Åtgärdsöversikt, södra delen





Figur 3 Åtgärdsöversikt, norra delen

## 3 Förutsättningar

### 3.1 Geodetiska referenssystem

Som höjdsystem i detta projekt används Sveriges nationella höjdsystem RH 2000 och för koordinater i plan används SWEREF99 TM.

### 3.2 Geologiska förhållanden

Inom muddringsområdena har två geotekniska undersökningar genomförts, under 2016 av ÅF och 2017 av WSP. En sammanställning och analys av dessa har resulterat i en preliminär jordartsfördelning i respektive muddringsområde, indelad i fyra materialslag: löst material, kohesionsmaterial, friktionsmaterial och berg. Sammantaget utgörs den totala muddringsvolymen ner till ramfritt djup av:

- ca 8 % löst material, till exempel gyttjelera
- ca 33 % kohesionsmaterial; fast glacial eller postglacial lera
- ca 51 % friktionsmaterial, till exempel sand och grus
- ca 8 % berg

För mer detaljerad information om respektive muddringsområdes jordartsfördelning och volym hänvisas till Tabell 2 i avsnitt 4.1.1.

### 3.3 Meteorologiska och hydrologiska förhållanden

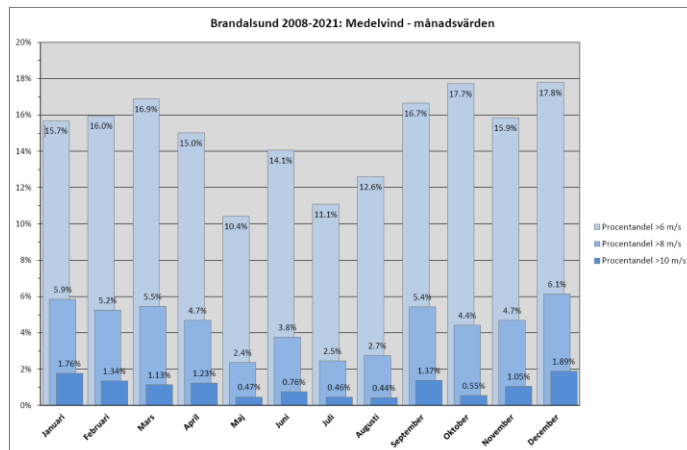
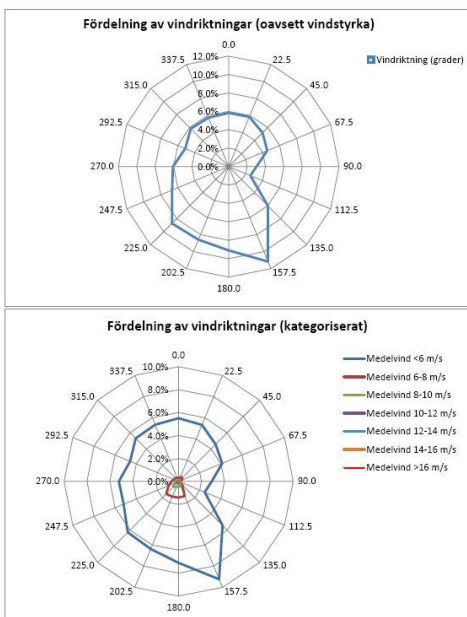
#### 3.3.1 Vindar

Merparten av arbetena kommer att ske i områden som ligger relativt skyddat och därmed förväntas inte faktorer såsom vågor, vind och strömmar ha någon större inverkan på genomförandet av projektet, annat än vid enstaka tillfällen. Det är framförallt i de mer utsatta yttre områdena som väderförhållandena eventuellt kan orsaka fördröjningar av arbetena.

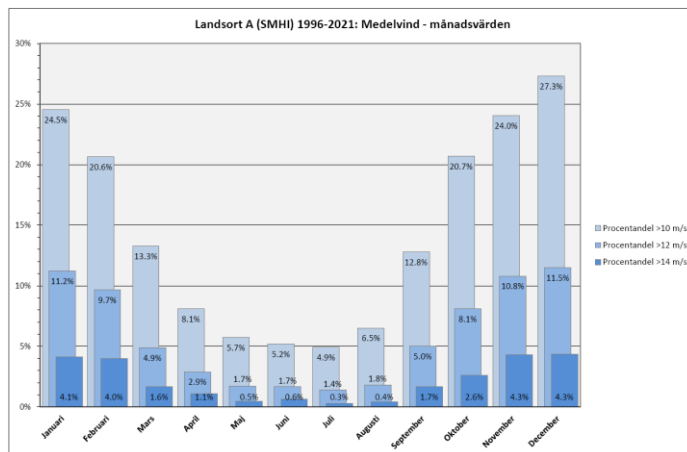
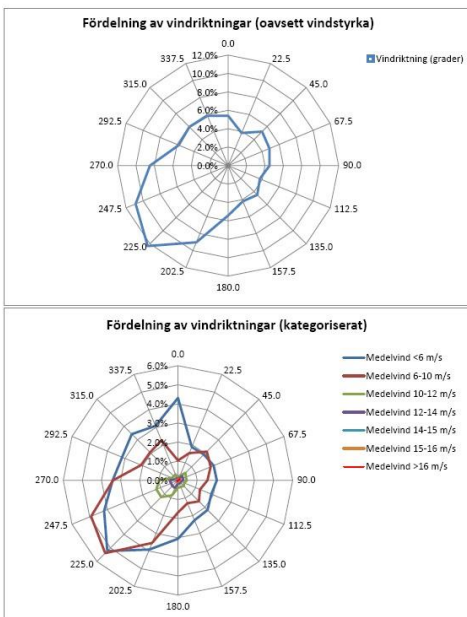
I Figur 4 redovisas statistik beträffande vindriktning och vindstyrka från Sjöfartsverkets mätstation vid Brandalsund och SMHI:s mätstation vid Landsort, där den senare framför allt visar förhållanden som råder i de yttre områdena. Av figuren framgår att sydliga vindar är dominerande (förhärskande vindriktning) vid Brandalsund och sydvästliga vid Landsort. Vindstyrkorna är generellt mycket större vid Landsort och där är också variationen över året större och tydligare med den klart lugnaste perioden under maj-augusti.

**Brandalsund (ViVa)**

Vindriktningar år 2008-2021:


**LANDSORT A (SMHI)**

Vindriktningar år 1996-2021:



Figur 4. Vindstatistik för Brandalsund och Landsort

## 3.3.2 Vattenstånd och landhöjning

Följande vattenståndsnivåer, Tabell 1, gäller vid Sjöfartsverkets mätstation E4-bron Södertälje, samt vid SMHI:s mätstation Landsort Norra. Dessa stationer ligger i var sin ände av farleden, vilket innebär att de är

representativa för projektet. Noterbart är att värdena för E4-bron Södertälje grundar sig på en mätserie från 2006 och framåt, då det är en nyare mätstation, medan mätserien för Landsort Norra sträcker sig från 1886.

Tabell 1 Vattenståndsobservationer

	Relaterat till medelvattenstånd (cm)	
	E4-bron Södertälje	Landsort Norra
Högsta högvattenstånd	+98	+94
Medelhögvattenstånd	+66	+56
Lägsta högvattenstånd	+44	+32
Högsta lågvattenstånd	-33	-21
Medellågvattenstånd	-50	-43
Lägsta lågvattenstånd	-62	-70

Beräknat medelvattenstånd för 2024 i RH2000 är +7.2 cm för E4-bron Södertälje och +7.4 cm för Landsort Norra. Landhöjningen i området är ca 4-5 mm/år, dock beräknas den apparenta landhöjningen<sup>3</sup> till ca 3 mm/år (källa: SMHI).

### 3.3.3 Issituation

Generellt förekommer is i Landsortsfarleden under perioden januari till och med mars men avvikelser i båda riktningarna kan förekomma. Även om isens utbredning varierar från år till år är tendensen att isperioderna blir kortare och mildare (källa: SMHI:s isobservationer samt Klimatindikator – havsis).

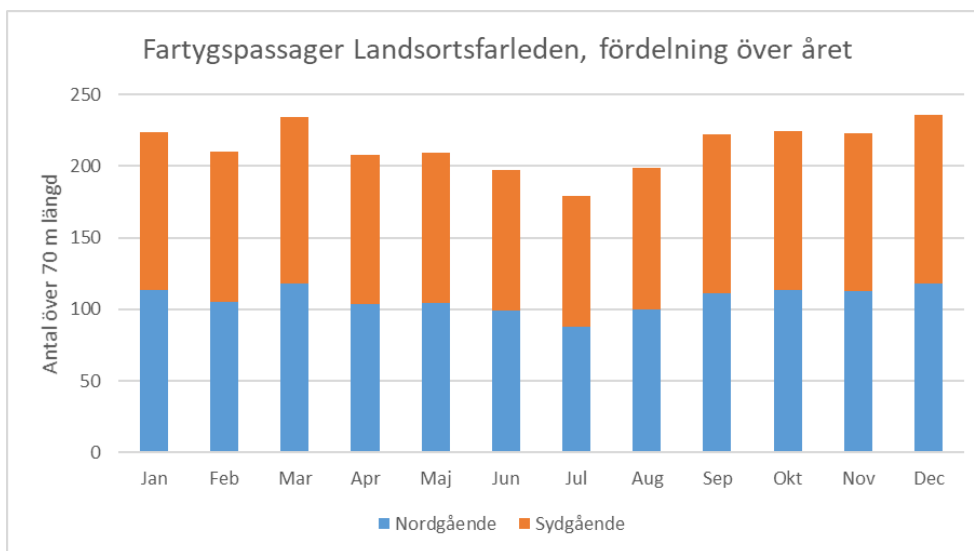
## 3.4 Trafik i farleden

Dagens farled trafikeras årligen av ca 2 400 fartygspassager (södergående och norrgående riktning summerat) av fartyg överstigande 70 meter i längd. Figur 5 visar en fördelning av dessa under året som bygger på statistik från åren 2018-2023. Utöver dessa rör sig också många andra typer fartyg i och omkring farleden, bland annat en stor mängd fritidssjöfart, framför allt under sommarsäsongen.

Över Skansundet går en frigående vägfärja, mellan Hörningsnäs på Södertörn och Mörkö. Denna går i dagsläget överlag en gång i halvtimmen mellan 06.00-23.00.

<sup>3</sup> Apparent landhöjning är ett mått på hur jordskorpan rör sig relativt havets medelnivå och tar även hänsyn till den havsnivåhöjning som orsakas av nutida klimatförändringar (SMHI).

Trafiken i farleden kommer att fortgå även under de planerade muddringsarbetena och åtgärder kommer att tas för att denna ska störas i så liten utsträckning som möjligt (se avsnitt 5.1.5).



Figur 5 Fartygsrörelser i Landsortsfarleden 2018-2023

### 3.5 Ledningar

Studie av de allmänna sjökorten, en sökning med hjälp av webbtjänsten Ledningskollen samt annan uppgiftsinhämtning har visat att ledningar berörs av projektet vid fem platser – muddringsområdena 34, 35, 36, 38 och 39 – enligt nedan. Ledningarnas ungefärliga lägen redovisas i bilaga 2b.

- Muddringsområdena 34, 35, 36, 38 berörs av en bottenförlagd fiberkabel som ägs av AB Stokab.
- Tvärs över Skanssundet, muddringsområde 34, löper ledningar som ägs av IP-Only Networks AB, Tele2 Sverige AB och Telenor Sverige AB förlagda i ett gemensamt rör.
- I närheten av muddringsområde 34 har Trafikverket en intagsledning för färskvatten till färjestationen vid Skanssundet.
- I muddringsområde 36 har Sjöfartsverket en kabel som förser tre kummel med el.
- I norra delen av muddringsområde 38, vid Fläsklösa, finns ledningar som ägs av Skanova AB. Dessa har dock konstaterats ej vara i drift.
- I norra delen av muddringsområde 38 har även Sjöfartsverket en kabel från Fläsklösa fyr som förser de båda kumlen på västra stranden med el.
- I område 39 ligger en sjövärmelledning till ett boningshus på fastigheten Södertälje Södra 1:1.



## 4 Planerade åtgärder

### 4.1 Muddring

Muddring kommer att ske inom ett antal muddringsområden, sammanlagt 23 stycken. Varje muddringsområde innefattar en eller flera muddringsytor, som är de ytor som idag är grundare än önskat minsta djup i respektive farledsavsnitt och där alltså muddring och/eller sprängning krävs.

Muddringsområdena ska ses som en generalisering av muddringsytorna för att förenkla koordinatsättning och innefattar även teoretiska slänter, med utgångspunkt från en generell släntlutning om 1:2. Släntlutningen kan dock i praktiken variera, beroende bland annat på vilket material botten består av.

För varje muddringsområde definieras även ett arbetsområde med i normalfallet ca 50 m marginal från muddringsområdets yttre kant. Frånsett inom de områden där arbetsområdet sammanfaller med utläggningsområde för sprängsten (se avsnitt 4.2.4) eller släntstabiliserande åtgärder (4.4), tas arbetsområdet bara tillfälligt i anspråk, exempelvis för etablering av mudderverk under arbetets genomförande.

Utöver i Figur 2 och Figur 3 redovisas samtliga muddringsområden, muddringsytor och arbetsområden i bilagorna 2a och 2b.

Förutom fördjupning innebär muddringen i vissa fall även breddning av befintlig farled, bland annat i sunden vid Fläsklösa, Brandalsund och Skansundet.

Områden inom vilka sprängning bedöms bli aktuellt är i huvudsak belägna söder om Fifång, närmare bestämt i områdena 1.1-10, 13-18 samt 29. Sprängning kan emellertid även komma att krävas i begränsad omfattning i andra muddringsområden.

#### 4.1.1 Volymer

Beräknad volym vid muddring ner till ramfritt djup, inklusive uttag för teoretiska slänter (1:2) i förekommande fall, uppgår till ca 1 miljon tfm<sup>3</sup>. I praktiken sker dock alltid en viss övermuddring för att säkerställa att önskat minsta djup uppnås. Övermuddringen varierar beroende på bottenmaterial och muddermetod men beräknas vara ca 0,4 m i genomsnitt. Inklusivt detta generella mått för övermuddring blir den totala muddervolymen ca 1,2 miljoner tfm<sup>3</sup>. Volymer i respektive muddringsområde redovisas i Tabell 2.

Samtliga volymeräkningar utgår från sjömätning som uppfyller internationell standard (FSIS 44).

Tabell 2 – Beräknade muddringsvolym, inklusive teoretiska slänter (generellt 1:2) och 0,4 m övermuddring, samt bedömd materialfördelning.

Farledsavsnitt	Ramfritt djup (m)	ID	Volym (t <sub>fm</sub> <sup>3</sup> )	Fördelning (%)			
				Löst mtrl.	Kohesionsmtrl.	Friktionsmtrl.	Berg
Syd Landsort – Rökogrundet	13.30	1.1	800	0	0	0	100
		1.2	9 500	0	0	0	100
		2	300	0	0	0	100
		3	6 500	0	0	0	100
		5	50	0	0	0	100
		6	700	0	0	0	100
		8	50	0	0	0	100
Rökogrundet – Regarn	12.70	9	500	0	0	5	95
		10	2 100	0	0	0	100
		11	39 000	0	85	15	0
		13	6 000	0	0	0	100
		14	34 000	0	0	0	100
		16	16 000	0	0	5	95
Regarn – Hallsfjärden S	12.20	18	12 000	0	0	0	100
		28	42 500	0	10	90	0
		29	8 000	0	0	70	30
		30	23 000	94	6	0	0
		34	161 000	1	74	25	0
		35	64 000	7	51	42	0
Hallsfjärden – Södertälje	11.65	36	584 000	4	31	65	0
		37	6 500	72	28	0	0
<b>Totalt ≈ (t<sub>fm</sub><sup>3</sup>)</b>		38	149 000	23	10	67	0
		39	5 000	100	0	0	0
			<b>1 170 500</b>	<b>96 500</b>	<b>387 000</b>	<b>597 000</b>	<b>90 000</b>

## 4.2 Omhändertagande av massor

Alla massor indelas på miljömässiga grunder i två klasser, L1 och L2, där L2 är mer förorenade medan L1 innefattar såväl icke förorenade massor som massor med lägre föroreningsgrad än L2. Klass L1 har definierats som massor med föroreningshalter i huvudsak motsvarande klass 3 eller lägre enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för kust och hav<sup>4</sup>, samt utifrån SGU:s uppdaterade bedömningsgrunder<sup>5</sup>. Vissa undantag görs dock vilka beskrivs närmre i tillståndsansökans Miljökonsekvensbeskrivning (MKB). Av den totala muddervolymen utgörs mindre än 1 % av L2-massor.

<sup>4</sup> Naturvårdsverkets rapport 4914 (1999)

<sup>5</sup> SGU-rapport 2017:12

Alternativ för hantering av muddermassorna har utvärderats med avfallshierarkin<sup>6</sup> som utgångspunkt (se vidare kapitel 5.3 i MKB). Den samlade bedömningen utifrån miljömässiga, tekniska och ekonomiska aspekter är att om inget lämpligt ändamål för avsättning av massorna kan identifieras är dumpning till havs det lämpligaste alternativet för L1-massorna. För L2-massorna planeras för särskilt omhändertagande på land på tillståndsgiven mottagningsanläggning.

#### 4.2.1 Dumpningsområden

Sjöfartsverket har utvärderat och utrett ett antal möjliga områden för dumpning av muddermassor, bland annat med hänsyn till fysiska och logistiska förutsättningar, ekologiska förhållanden och omgivande miljö.

Område 2 har valts då det här har visat sig råda goda ackumulationsförhållanden på platsen så att även finkornigt material som dumpas stannar på avsedd plats.

Det utvalda dumpningsområdets tillgängliga volym uppgår till ca 2,3 miljoner m<sup>3</sup>. Detta innebär alltså att det finns en överkapacitet för de beräknade muddermassorna, även med hänsyn tagen till övermuddring och den volymökning (svällning) som sker vid losstagning.

Dumpningsområdets kapacitet har beräknats utifrån en viss fyllnadsnivå, det vill säga hur stor volym som teoretiskt får plats om man fyller upp till denna nivå. Den angivna volymen ovan är beräknad utifrån att området fylls till -28 m med en maximal släntlutning i kanterna om 1:20. Området är ca 33 m djupt i de djupaste delarna, vilket innebär en maximal upphöjning av botten på ca 5 m.

Den dumpade materialvolymens överyta förväntas sjunka något över tiden, till följd av viss konsolidering, såväl av materialet i sig som av underliggande botten.

#### 4.2.2 Mindre förorenade muddermassor (L1)

Muddermassor i klass L1 består främst av lera, sand och grus utan tillförda föroreningar, men även av lösare gyttjelera och liknande material med viss föroreningsgrad. Även bergmassorna räknas in i volymen L1-massor.

#### 4.2.3 Muddermassor som kräver särskild hantering (L2)

Muddermassor i klass L2 är massor som till följd av sitt föroreningsinnehåll kräver särskild hantering. De utgör totalt ca 8 700 tfm<sup>3</sup> och är belägna i två områden norr om Brandalsund; muddringsområde 36 och 37 (se bilaga 2b).

---

<sup>6</sup> Avfallshierarkin är en central del av EU:s avfallsdirektiv (2008/98/EG) och är också inarbetad i miljöbalken (kapitel 2 och 15).

I område 36 är det de översta 25 cm som klassats som L2, medan det är hela volymen i område 37.

L2-massorna kommer att muddras med miljöskopa eller motsvarande (se avsnitt 5.1.3), transporteras i täta pråmar till land för omlastning och vidare transport till anläggning på land. Vid den här typen av muddring blir andelen vatten i muddermassorna relativt stor och för att kunna hantera dem på land utan risk för omfattande spill krävs avvattning och omhändertagande av överskottsvatten. Det bedöms inte finnas någon möjlighet till att avvattning sker lokalt i närheten av muddringsområdena, vilket innebär att det är en stor fördel om omlastningen kan ske så nära mottagningsanläggningen som möjligt.

En utredning har gjorts i syfte att identifiera olika möjliga mottagningsanläggningar och utifrån den bedöms flera möjligheter finnas för omhändertagande av projektets L2-massor. Det är dock svårt att i förväg veta vilken mottagningskapacitet respektive anläggning har när behovet väl uppstår och val av anläggning kommer ske i samband med genomförandet. Ett fördelaktigt alternativ ur hanteringssynpunkt skulle kunna vara att frakta massorna sjövägen till Bålsta för vidare transport till Ragn-Sells anläggning Hörbytorp vid Upplands Bro.

#### 4.2.4 Hantering av bergmassor

Något fastställt ändamål för eventuellt omhändertagande och nyttiggörande av sprängstenen har i nuläget inte kunnat identifieras, men under projektets gång kommer frågan fortsatt att utredas. En del av sprängstenen skulle möjligen kunna användas inom projektet till anläggande av släntstabiliserande åtgärder (se avsnitt 4.4). Det förutsätter dock att önskad kvalitet kan erhållas vid sprängning, gällande till exempel krav på specifika blockstorlekar, samt att de olika arbetena kan samordnas tidsmässigt och tekniskt.

Sprängsten som inte kan nyttjas planeras i första hand att kvarlämnas på djupare vatten i direkt anslutning till respektive grund där den uppkommer. Vid själva sprängningen faller en del av sprängstenen ut av sig själv och det som återstår kan sedan förflyttas till intilliggande områden med ett enskopenverk (se avsnitt 5.1.1). Syftet med detta tillvägagångssätt är bland annat att minimera behovet av transporter. Det minskar också genomförandetiden, vilket har stor betydelse, bland annat eftersom tillgänglig tid att arbeta i dessa områden under arbetsmiljömässigt säkra förhållanden kan vara begränsad, då de ligger oskyddat och väderutsatt i det yttre kustbandet.

I alla muddringsområden i Figur 2, förutom i område 11 där inget berg förekommer, bedöms detta som en lämplig lösning. I bilaga 2b framgår mer i detalj vilka ytor inom respektive arbetsområde som kan komma att tas i

anspråk för denna utläggning. Storleken på dessa har bedömts utifrån volym och utbredning på det som ska sprängas samt omkringliggande botten-topografiska förhållanden vid respektive plats.

#### 4.3 Farledsutmärkning

Sammanlagt 32 nya fasta utmärkningar, varav 17 fyrar och 15 kummel, kommer att anläggas. Lägen för samtliga dessa objekt framgår av Figur 2 och Figur 3 samt bilaga 2d. 24 av objekten etableras på helt nya platser, medan övriga 8 ersätter befintlig utmärkning, antingen genom att en fyr byggs där det nu står ett kummel, eller att nuvarande objekt behöver flyttas till ny närbelägen position. Det senare innebär i praktiken att det nuvarande rivs och ett nytt byggs på den nya positionen. Förutom dessa kommer ytterligare 6 fasta objekt avlägsnas då de inte längre behövs.

Övrig befintlig fast utmärkning kommer att anpassas, till exempel genom att teknik moderniseras och fyrar omsektoreras och samtliga fyrkurar och kummel förses med fasadbelysning för att skapa förbättrade visuella referenser vid navigering. För både nya och befintliga objekt eftersträvas att ljuset, såväl från fasadbelysning som från själva fyrlyktan, i så stor utsträckning som möjligt begränsas till att i första hand lysa mot och i farleden, för att minimera störningar för människor och natur. Av samma anledning har även antalet blinkande objekt minimerats till förmån för objekt med fast ljus (kummel med fasadbelysning) med relativt svag ljusintensitet. Dock kan aldrig avkall göras på respektive objekts nautiska funktion då detta har direkt påverkan på säkerheten.

#### 4.4 Släntstabiliserande åtgärder

I delar av några av de smalaste partierna i farleden bedöms det inte finnas plats att anlägga slänter vid muddringen med tillräcklig lutning, utan att strandlinjen påverkas. För branta slänter medför att material kan rasa in och orsaka uppgrundningar i farleden. Släntstabiliserande åtgärder, i form av erosionsskydd, planeras därför att anläggas i dessa områden. Principutförande för dessa framgår av avsnitt 5.3.

De mest kritiska ställena är belägna i Brandalsund och vid Fläsklösa. I dessa passager utgörs dagens farled av en redan tidigare muddrad ränna, vars slänter har stått i många år och därmed kan anses ha uppnått naturlig jämvikt. Analys av slänterna visar att de i Brandalsund har en lutning på omkring 1:2-1:1,5 på södra sidan och 1:3-1:2 på norra sidan och vid Fläsklösa är de omkring 1:2 på båda sidor. Det har konstaterats att det inte går att tillämpa dessa släntlutningar fullt ut i kommande muddring, utan att strandlinjen påverkas, och därför krävs släntstabiliserande åtgärder i delar av dessa områden.



#### 4.4.1 Brandalsund

I Brandalsund är det på den norra sidan som den mest omfattande muddringen sker och på huvuddelen av sträckan bedöms utrymme finnas att anlägga slänter i naturlig lutning, omkring 1:2,5-1:3. Där finns dock en liten udde som sticker ut och kommer mycket närmare den nya farledskanten än den övriga strandlinjen, se Figur 6. Detta är resterna av ett anlagt brofäste för en så kallad beredskapsbro som var tänkt att användas som evakueringsväg från Stockholm om broarna vid Södertälje skulle göras obrukbara. Anläggandet gjordes i början av 1960-talet men redan i slutet av 1970-talet avskrevs detta evakueringsalternativ.

Det mest fördelaktiga ur genomförandesynpunkt är att schakta bort den yttersta delen av detta brofäste, ca 30 m, vilket markeras med en ungefärlig gräns i Figur 6. På så sätt kan naturlig slänt skapas på hela sträckan och inga släntstabiliserande åtgärder krävs. Det innebär även en tillbakagång till en strandlinje mer lik den ursprungliga.

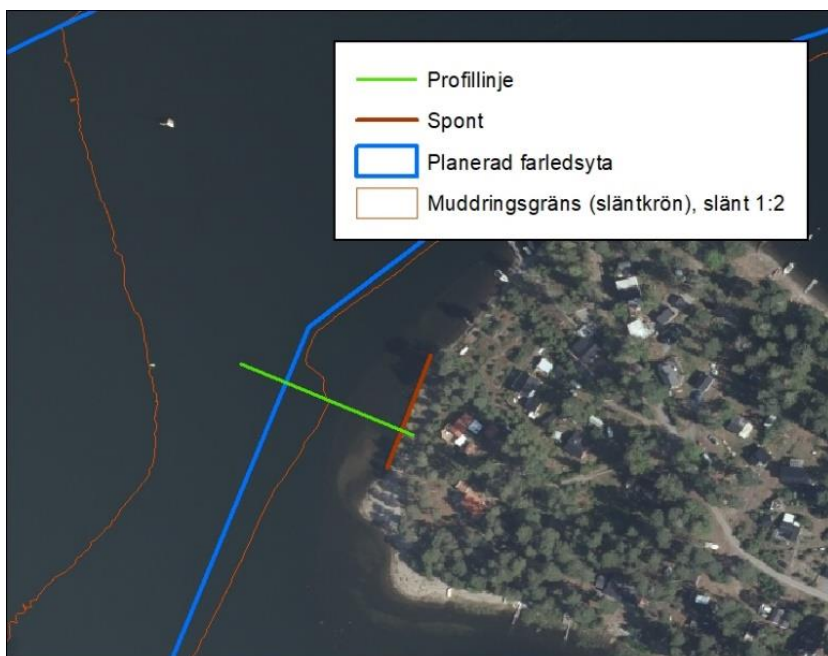
Ifall brofästet inte schaktas bort, bedöms behov av att på en sträcka om ca 50 m runt udden anlägga slänt 1:1,5 och där anlägga erforderligt erosionskydd enligt Figur 6. Detta skulle ta en yta i anspråk om ca 750 m<sup>2</sup>. Troligen behöver då även erosionskyddet kompletteras med en ca 20 m lång stålspons närmast udden för att skydda strandlinjen.



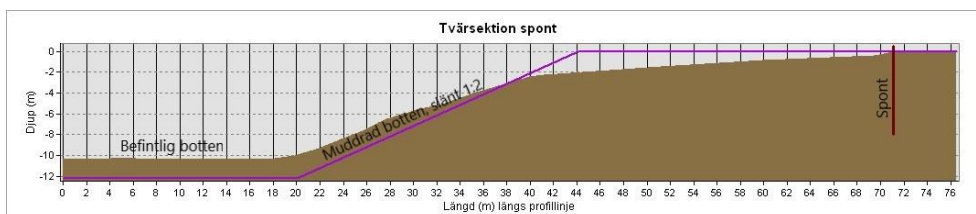
Figur 6 Släntstabiliserande åtgärder Brandalsund

På Brandalsunds södra sida sker ingen egentlig breddning av farleden och endast en relativt begränsad fördjupning. Utifrån detta och den släntlutning som råder idag bedöms att muddring kan ske med tillräcklig släntlutning utan behov av släntstabiliserande åtgärd.

På Getryggens västra sida, finns en stålspont som kom till stånd 2006 för att hindra den ökande stranderosionen på platsen, se Figur 7. Enligt uppgift är den slagen till ca 8 m under markytan och är anlagd utan bakåtförankring. Planerad muddring kommer inte ske närmre än ca 40 m från sponten i dess norra ände, där fördjupningen av farleden blir ca 1,5 m. Vid spontens södra ände blir fördjupningen större, som mest ca 4,5 m, men där ligger den planerade farleden längre från sponten. Förhållanden mellan spont, befintlig och muddrad botten längs inritad profilinje framgår av Figur 8. Utifrån detta bedöms sammantaget att sponten ej påverkas av planerad muddring.



Figur 7 Befintlig spont vid Getryggen



Figur 8 Tvärsektion vid befintlig spont

Vid platsbesök har det konstaterats att det sker en viss erosion av material från baksidan av sponten vid dess södra ände, troligen orsakad av vindvågor och andra vattenrörelser. För att förhindra att detta fortsätter avses sponten att kompletteras, antingen med en spont vinkelrät mot befintlig spont in mot land, eller med fyllning med grövre sten bakom sponten i södra änden.

#### 4.4.2 Fläsklösa

Vid Fläsklösa bedöms att släntstabiliserande åtgärder behövs på båda sidor om farleden vid smalaste stället, se Figur 9. På en sträcka om ca 40 m på västra sidan och 50 m på östra behövs en brantare slänt än naturlig anläggas, cirka 1:1,5, tillsammans med erosionsskydd i erforderlig utsträckning. Ytanspråken för dessa är ca 400 respektive 450 m<sup>2</sup>.



Figur 9 Släntstabiliserande åtgärder Fläsklösa

## 5 Genomförande – metoder och tider

Genomförandetiden för ett projekt av denna storlek kan variera betydligt beroende på externa faktorer, såsom väderförhållanden samt de begränsningar för genomförandet som föreskrivs i miljödom, till exempel gällande grumling och buller. Att begränsa den totala genomförandetiden är dock fördelaktigt, inte minst ur miljösynpunkt, då kort genomförandetid i många fall är den viktigaste faktorn för att begränsa eventuell negativ påverkan. Förväntad genomförandetid utgår från de krav som ställs inom projektet och den erfarenhet som finns av liknande projekt, och ligger till grund för de miljökonsekvenser som beskrivs i den miljökonsekvens-beskrivning som ingår i tillståndsansökan.

Arbetena avses i huvudsak utföras utanför vår- och sommarperioderna för att minimera påverkan på t.ex. fåglars häckning och på flertalet fiskarters lek. Det är också utanför normal semesterperiod, vilket innebär att även störningar för friluftsliv och fritidsboende minimeras. Tidig start efter sommaren är dock viktigt i detta projekt för att om möjligt kunna begränsa muddringen till en säsong. I det södra området är det särskilt viktigt att utföra verksamheten tidigt, d.v.s. sensommar eller tidig höst. Svårare väderförhållanden under senhöst och vinter och tidig isläggning kan avsevärt förlänga och fördyra genomförandet. Med hänsyn tagen till dessa faktorer bedöms därför att arbetena i huvudsak bör utföras under perioden 15 augusti till 28 februari. Anläggningsarbeten för fast farledsutmärkning kan dock utföras under hela året, med undantag för gällande reservattider inom respektive fågelskyddsområde.

Vid upphandling av entreprenör ställs krav baserade på teknisk dokumentation och villkor i miljödom. Normalt styr entreprenören själv det tekniska utförandet för att kunna genomföra och optimera arbetena på ett sätt som innebär att krav i entreprenadkontrakt, miljötillstånd och kontrollprogram tillgodoses.

### 5.1 Muddring och dumpning

Det finns ett antal olika metoder för upptagning av muddermassor från havsbotten. Valet styrs av faktorer som aktuellt djup, massornas fasthet, jordartsfördelning, toleranskrav, spill etc.

#### 5.1.1 Muddring av lösa massor

Enskopeverk (Figur 10) används huvudsakligen vid schakt av hårt material, d.v.s. material med stort innehåll av sten/block, till exempel morän, men kan även användas för i princip alla andra typer av material. De används också för anläggande av slänter och erosionsskydd samt för förberedande muddring i områden som är för grunda för sugmudderverk. Inom detta



projekt kommer enskopeverk användas inom i princip samtliga muddringsområden.

Enskopeverk är en större grävmaskin fast monterad på en pråm med stödben som vid grävning ställs på botten. Mudderverket lastar materialet till bottentömmande pråmar (Figur 10 och Figur 11) som transporterar materialet till dumpningsområdet. Pråmarna kan vara självgående eller bogseras av bogserbåtar.

Inom dumpningsområdet placeras materialet ut jämnt fördelat enligt en i förväg upprättad dumpningsplan. Vid dumpningen ligger pråmen stilla för att minimera grumlingen och varje dumpningsposition dokumenteras. Dumpningsområdet kontrolleras regelbundet genom sjömätning, för att möjliggöra justering av dumpningsmönstret och på så sätt erhålla ett bra slutresultat. Sjömätningens intervall fastställs i kontrollprogrammet.



Figur 10. Enskopeverk som lastar en bogserad pråm.



Figur 11. Självgående mudderpråm



Sugmudderverk av olika typ kan användas vid muddring av lösa massor, till exempel dy, silt, lera, sand och grus och ibland även grövre material. En vanlig typ är s.k. Trailer, TSHD (Trailing Suction Hopper Dredger, se Figur 12). Trailer är ett självgående sugmudderverk i form av ett fartyg som under sakta framfart lastar sig själv via ett till botten nersänkt rör med speciellt utformad sugfot. Större sugmudderverk har ofta ett sugrör på varje sida. Ofta kompletteras metoden med spolning som först luckrar upp materialet innan det sugs upp. Vid sugmuddring krävs också att en viss mängd vatten tillförs vid uppsugningen till lastutrymmet.

Vid sugmuddring bildas ofta ryggar och fåror av sugmunstycket. För att få en effektivare muddring kan man då använda en ”plog” som avjämnar ryggarna mellan fåror. Den består av en ca 20 ton tung balk som hänger ner från en bogserad pråm och släpas längs havsbotten. Detta innebär ofta temporärt ökande grumling.

Fartyget lastas under framfart med ca 2 knop och vid full last kör mudderverket till dumpningsplatsen och tömmer massorna genom luckor i botten på liknande sätt som beskrivs för botten tömmande pråmar ovan. Idag finns sugmudderverk med lastkapacitet från 1 000 upp till 25 000 m<sup>3</sup>.

Inom projekt Landsortsfarleden kommer sugmuddring troligen bli aktuellt i de större muddringsområdena 34-36 samt 38.



Figur 12. Sugmudderverk, s.k..TSHD.

### 5.1.2 Muddring av berg

Vid borrning och sprängning under vattenytan sker arbetet från en plattform (Figur 13) som vid borrning står stadigt på botten med stödben i plattformens hörn, en s.k. Jack-up rigg. Plattformen är utrustad med borrhög och sprängmedel. Borrningen sker i ett mönster med hål- och radavstånd beräknade med hänsyn till pallhöjd, styckefall, vibrationsgränser med mera. Mängden sprängmedel som går åt är ca 1 kg per m<sup>3</sup> berg som ska sprängas.

Vid borrning tillämpas så kallad mjuk uppstart under till exempel 20 minuter för att förhindra att fisk och marina däggdjur utsätts för plötsliga skadliga ljudnivåer. Om det går en tid mellan borrning och sprängning används också akustiska signaler för att skrämja bort djurlivet från arbetsområdet inför sprängningen. Det säkerställs även att obehöriga (båtar, dykare, badande) inte uppehåller sig inom gällande säkerhetsavstånd. Sprängning genomförs oftast endast under dygnets ljusa timmar samt vid god sikt.

Efter genomförd sprängning schaktas den lossprängda sprängstenen upp från botten med ett enskopeverk och lastas på pråm för transport till avsett område, eller läggs ut på djupare vatten intill det bortsprängda grundet.

Innan sprängningsarbete kan inledas utförs alltid en riskanalys. Denna definierar det område inom vilket byggnader och anläggningar (till exempel grundmurar, murstockar, brunnar, avsaltningsanläggningar, transformatorer) beräknas utsättas för vibrationer. Gränsvärden beräknas för de olika objekten. Vibrationsmätare monteras på lämpligt valda objekt för kontroll av att gränsvärdena innehålls.



Figur 13. Undervattenssprängning med borrhög

### 5.1.3 Miljömuddring

Vid muddring av förorenat ytsediment, s.k. miljömuddring, är det möjligt att använda sig av olika metoder. Det vanligaste är att man utrustar ett enskopeverk eller gripskopeverk med en s.k. miljöskopa (se Figur 14). Det är en gripskopa som efterlämnar en relativt plan botten och som sluter tätt för att få med sig ett minimum av vatten. Den slutna skopan innebär vidare att partikelspridning/spill till omgivande vatten minimeras. Muddermassorna lastas till en tät pråm för vidaretransport till slutligt omhändertagande.



Figur 14. Gripskopeverk som lastar en pråm. Principskiss av miljöskopa till höger.

### 5.1.4 Kapaciteter och tider för muddring

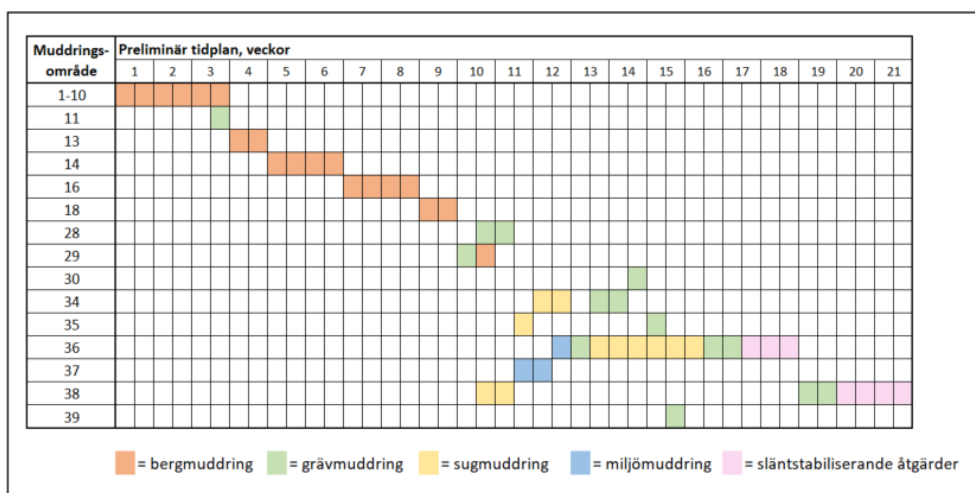
Under produktionen arbetar troligtvis flera mudderverk och någon borrhög parallellt i olika delområden.

Med utgångspunkt från scenariot att arbetet bedrivs sju dagar per vecka dygnet runt, vilket är nödvändigt i denna typ av större projekt, görs följande uppskattning av en genomsnittlig arbetskapacitet:

- Enskopeverk, lösa och fasta kohesionsmaterial samt friktionsmaterial: ca 50 000 – 70 000 tfm<sup>3</sup>/vecka
- Enskopeverk med miljöskopa: ca 10 000 tfm<sup>3</sup>/vecka
- Sugmudderverk, TSHD, lösa och fasta kohesionsmaterial samt friktionsmaterial (ej i slänter): ca 100 000 – 120 000 tfm<sup>3</sup>/vecka
- Muddring av berg: ca 5 000 – 10 000 tfm<sup>3</sup>/vecka

Kapaciteten för borrhög och sprängning av berg varierar mycket beroende på pallhöjd, storlek på område och om det ligger oskyddat eller inte, varför ett generellt kapacitetsmått är svårt att specificera. Vid beräkning av kapaciteten har hänsyn även tagits till avståndet till aktuellt dumpningsområde, framför allt gällande muddring med sugmudderverk.

Den totala genomförandetiden för samtliga muddringsarbeten inklusive släntstabiliserande åtgärder, med hänsyn till ovan föreslagna tidsrestriktioner och kapaciteter och med gynnsamma väderförhållanden, bedöms vara ca 3-6 månader, vilket innebär att arbetena kan utföras under en säsong. Risker för fördröjning, till exempel på grund av sämre väderförhållanden, kan emellertid inte bortses ifrån, varför möjlighet till arbeten ytterligare en säsong behövs. I Figur 15 redovisas hur en preliminär tidplan skulle kunna se ut.



Figur 15. Preliminär tidplan för muddring och angränsande arbeten

Innan arbetena med muddring, sprängning och dumpning inleds upprättas en så kallad genomförandeplan. Denna tas fram i samråd mellan beställare och entreprenör och utgör en sammanställning av aktiviteterna inom de olika delområdena, tillsammans med tidsaspekter och föreskrivna restriktioner, rörande till exempel sedimentspridning, buller, vibrationer etc. Genomförandeplanen tar hänsyn till de villkor som fastställts i miljö-tillståndet för verksamheten och tillhörande kontrollprogram. Vidare kan den innehålla särskilda regler för samröre med ordinarie trafik, hänsyn till arbeten med nya fyrar eller anvisningar om tidsmässiga restriktioner för specifika delar av området.

### 5.1.5 Trafik i farleden

Trafiken i farleden kommer att fortgå även under planerade muddringsarbeten. Vissa störningar blir troligen oundvikliga, men för att dessa ska bli så små som möjligt för befintlig kommersiell trafik, planeras följande åtgärder:

- Så tidigt som möjligt etableras kommunikation mellan berörda parter, till exempel rederier, hamnägare, lastägare, lotsområde, så att

alla är informerade om planerade arbeten, när det ska ske och vilka konsekvenser det kan få.

- Samtliga arbetsenheter förses med AIS<sup>7</sup>, vilket gör att yrkestrafiken har tillgång till aktuell information om deras position och rörelser. Även VTS<sup>8</sup> får på så sätt information om den totala trafiksituationen.
- Kontinuerligt uppdaterad information ges till lotsar samt direkt till anlöpande och avgående fartyg vid anmälan till VTS.
- Arbetsområdena märks ut under pågående arbete, där detta anses nödvändigt. Utmärkningen kommuniceras med sjöfartsnäringsen via publicering i UFS<sup>9</sup>.
- Krav ställs i entreprenadupphandling att arbetena ska planeras så att de stör pågående trafik i så liten utsträckning som möjligt.

De mest kritiska avsnitten, med avseende på arbetenas påverkan på pågående trafik, är vid Skanssundet, Brandalsund och Fläsklösa, där det är förhållandevis smalt och relativt stora muddermassor. Med god planering och tydlig kommunikation finns dock goda förutsättningar att dessa arbeten ska kunna genomföras utan någon nämnvärd påverkan. I Brandalsund, där den absolut största muddermassan finns, sker den största delen av muddringen utanför befintlig farled, vilket möjliggör att fartygstrafiken under merparten av tiden kan passera utan att muddringsarbetet hindras.

Skanssundet trafikeras av en frigående vägfärja, mellan Hörningsnäs på Södertörn och Mörkö. Denna går i dagsläget överlag en gång i halvtimmen mellan 06.00-23.00 och varje överfart tar ca 3 minuter. Detta ger goda möjligheter att planera muddringsarbetet så att det inte stör färjetrafiken, till exempel genom att viss muddring sker nattetid.

#### 5.1.6 Ledningar

Kontakt har tagits med samtliga ledningsägare enligt avsnitt 3.5 för att stämna av vilka åtgärder som behöver vidtas och vad som är möjligt i de olika fallen. I samtliga fall har det bedömts finnas förutsättningar för att antingen kunna lyfta ledningarna under pågående muddring och sedan lägga tillbaka dem på botten igen, ändra deras sträckning så att de hamnar

---

<sup>7</sup> Automatic Identification System, system som gör det möjligt att från ett fartyg eller VTS-central identifiera och följa andra fartygs rörelser.

<sup>8</sup> Vessel Traffic Service, centraler som ger bland annat trafikinformation och service till sjötrafiken.

<sup>9</sup> Underrättelser för sjöfarande, information för yrkes- och fritidssjöfarten till exempel. notiser med sjökorts rättelser, notiser med temporär och preliminär information samt övrig information som kan vara relevant för den sjöfarande.



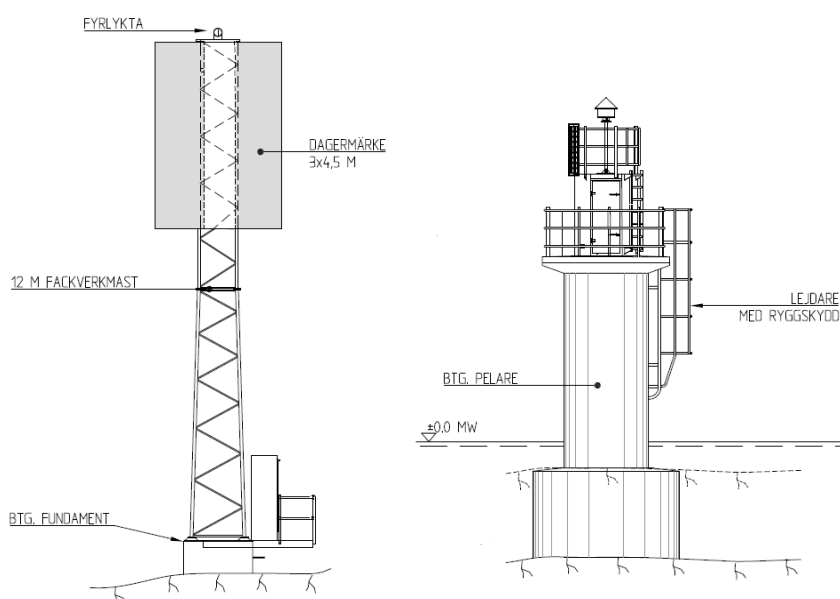
utanför berörda områden eller gräva ner dem djupare än kommande botten-nivå. Inför anläggningsskedet av projektet kommer en ny sökning i Ledningskollen göras för att fånga upp eventuella förändringar vad gäller ledningsdragningar eller ledningsägare. De olika ledningsåtgärderna projekteras sedan i samarbete med respektive ledningsägare.

Kontakt har även upprättats med Försvarmakten för att säkerställa att deras eventuella anläggningar i området inte påverkas negativt av de planerade åtgärderna.

## 5.2 Farledsutmärkning

Alla nya fyrar och kummel utförs genom att ett fundament uppförs på plats och sedan monteras en prefabricerad överbyggnad på fundamentet. Dessa kan till exempel utgöras av en fyrkur i plastkomposit eller aluminium eller en fackverksmast. 12 av objekten placeras helt i vatten och övriga i strand-nära lägen, med undantag för ensfyrarna FF21 och FF22 (se Figur 3 och bilaga 2d-14).

Flertalet av fundamenten består av betongfundament som grundläggs på berg. Vid dessa förbereds marken innan gjutning, till exempel genom avlägsnande av lösa massor och borrning för förankring i berg, därefter byggs en form och armering sätts. Förberedelser och gjutning utförs på liknande sätt både i de strandnära lägena och i vatten. Figur 16 visar principutförande av betongfundament på land respektive i vatten samt exempel på olika överbyggnader. Figur 17 visar ett exempel ur verkligheten på ett nybyggt kummel.

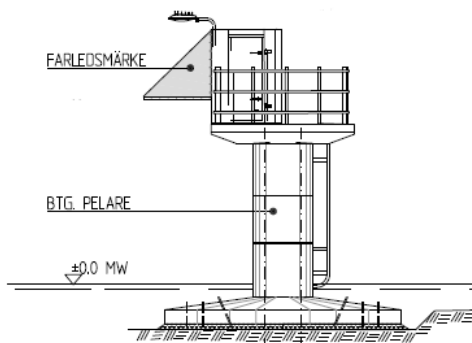


Figur 16. Exempel på betongfundament med olika överbyggnader



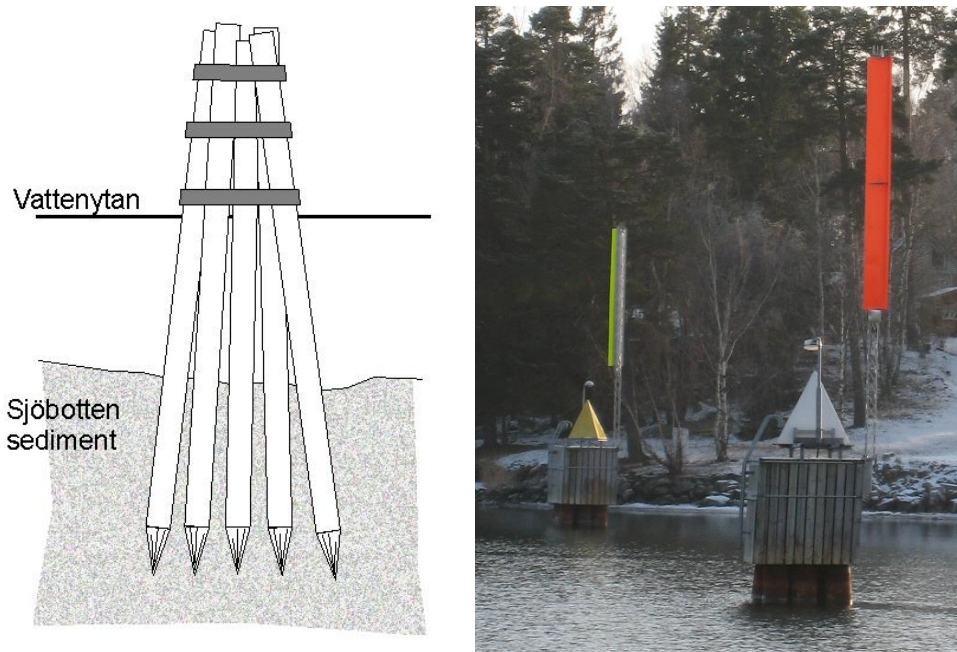
Figur 17. Exempel på nybyggt kummel (utanför Strömstad)

På något ställe där det inte finns berg i dagen att förankra i krävs troligen ett så kallat gravitationsfundament, framför allt gäller det fyr FF181 syd Oaxen (se Figur 3 och bilaga 2d-9). Fundamentet utgörs då av en större betongplatta med en betongpelare som placeras på en makadambädd på avjämnad botten och hålls på plats i huvudsak genom sin storlek och tyngd, se exempel i Figur 18. När fundamentet är på plats monteras överbyggnaden. Storleken på bottenplattan fastställs vid detaljprojekteringen och är beroende av vattendjup, exponering av vågor, strömmar och is samt överbyggnadens storlek och typ. I aktuellt fall i detta projekt är vattendjupet litet och exponeringen begränsad vilket gör att fundamentet troligen kan göras relativt litet, en bottenplatta på ca 5-6 m i diameter. Bottenplattan och betongpelare kan prefabriceras på land och lyfts på plats av ett arbetsfartyg alternativt gjutas på plats.



Figur 18. Exempel på gravitationsfundament

På fyra platser kommer grundläggningen bestå av dykdalber som utgörs av ett antal pålar som slås eller vibreras snett ner i botten till berg eller fastare jordlager. Pålarna sammanfogas sedan med bultförband i den övre änden och kapas oftast ett par meter över vattenytan. I Figur 19 visas en principskiss för en dykdalb och två av de tre dykdalber som idag finns i Brandalsund. Alla dessa tre kommer att tas bort och de två i bilden ersätts på nya positioner och med nya överbyggnader.



Figur 19. Principskiss av dykdalb samt befintliga dykdalber med överbyggnader i Brandalsund

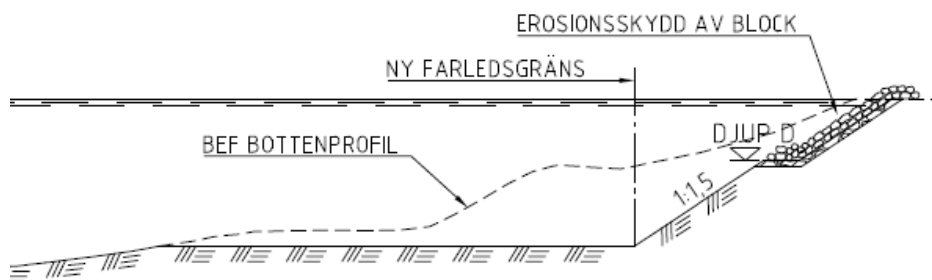
Alla nya fasta objekt utom tre är tillgängliga från vattnet och byggnationen sker därmed från ett arbetsfartyg eller pråm som medför allt material och utrustning ombord. Resterande objekt är tillgängliga via befintliga vägar. Uppförande av ett fundament i de strandnära lägena kräver en temporär arbetsplatsyta om ca 35-50 m<sup>2</sup> medan den permanenta byggnadsytan blir ca 2-10 m<sup>2</sup>. Utmärkning som placeras i vatten ger upphov till ett ytanspråk på ca 1-5 m<sup>2</sup> för bergförankrade betongfundament, ca 30 m<sup>2</sup> för gravitationsfundament och ca 10 m<sup>2</sup> för dykdalber.

Elförsörjningen till nyetablerade fyrar och kummel kommer där det är möjligt att utgöras av solceller kombinerat med batterier, med undantag för de två nya kummelen i Brandalsund. Till de kummelen som står där idag finns dock redan elkabel framdragen vilken kan nyttjas även till de nya. Detta innebär att inga nya ledningsdragningar behövs för planerade fyrar och kummel.

Det tar ca 1 vecka att bygga ett fast märke. Om man bygger ett antal objekt parallellt kan den totala byggtiden dock minskas. Byggandet av den fasta utmärkningen kan på grund av bland annat väder- och isförhållanden behöva fördelas över två säsonger. All farledsutmärkning måste vara på plats för att den nya farleden ska kunna tas i bruk. En plan kommer att upprättas för driftsättning av den nya farledsutmärkningen i samverkan med lotsområdet för att minimera risken för att gammal och ny utmärkning förväxlas av dem som trafikerar farleden.

### 5.3 Släntstabiliserande åtgärder

Stabilisering av slänter i form av erosionsskydd görs generellt genom att stenblock läggs ut på en terrass som schaktas ut i botten. I nedersta delen anläggs en "tån" av sten med syfte att fungera som mothåll för stenarna i slänten. Under det yttersta stenlagret läggs ett filtermaterial som förhindrar befintligt jordmaterial från att läcka ut. Principutförande för anläggningarna framgår av Figur 20, och i Tabell 3 redovisas blockstorlekar och terrassnivåer som bedömts erforderliga för respektive område.



Figur 20 Principutförande, släntstabiliserande åtgärder

Tabell 3 Blockstorlekar och terrassnivåer

Blockstorlek och nivå på tån				
Plats	W <sub>50</sub> (kg)	W <sub>min</sub> (kg)	W <sub>max</sub> (kg)	Djup D (m)
Brandalsund	600	300	1200	-5
Fläsklösa	250	120	500	-3.5

De släntstabiliserande åtgärderna utformas enligt principiell beskrivning i avsnitt 4.4. Dessa utförs av muddarentreprenören i samband med muddring i respektive område och förlänger troligen genomförandetiden med 1-2 veckor per område.

Gällande eventuell stålspons närmast det gamla brofästet på norra sidan av Brandalsund, installeras denna innan intilliggande muddring påbörjas. Sponten slås eller vibreras ner och bakåtförankras med ankarplattor eller jordstag. Arbetet bedöms kunna utföras från vattnet med utrustningen placerad på en pråm eller jack-up rigg. Hela eller delar av arbetet kan också utföras från land med till exempel en mobilkran.