

SKANDIAPORTEN

Göteborgs hamn och farled



**Teknisk beskrivning
- farledsåtgärder**

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	5
1.1	Bakgrund	5
1.1.1	Projekt Skandiaporten	5
1.1.2	En strategiskt viktig transportfunktion för svenskt näringsliv	5
1.1.3	Tidigare utredningar	5
1.2	Syfte	6
1.3	Åtgärdernas omfattning	6
1.4	Projekt Säkrare Farleder	7
2	FÖRUTSÄTTNINGAR	7
2.1	Hydrologiska- samt klimatologiska förhållanden	7
2.1.1	Karakteristiska vattenstånd	7
2.1.2	Höjd och koordinatsystem	8
2.1.3	Vindförhållanden	9
2.1.4	Ström	9
2.1.5	Befintliga djupförhållanden i farled	11
2.2	Geotekniska förhållanden, sammanfattning	12
2.2.1	Geotekniska och laboratorietekniska undersökningar, allmänt	12
2.2.2	Geotekniska undersökningar	12
2.2.3	Laboratorieundersökningar	13
2.2.4	Geotekniska förhållanden, generellt	13
2.2.5	Geotekniska förhållanden, delavsnitt för delavsnitt	14
2.3	Släntlutningar farled	17
3	FARLEDSSIMULERING	18
3.1	Översikt farledens utformning	19
4	FARLEDSFÖRDJUPNING	23
4.1	Muddring	23
4.1.1	Muddring allmänt	23
4.1.2	Muddring lösa massor	26
4.1.3	Muddring berg	28
4.1.4	Miljömuddring	30
4.1.5	Genomförande, metoder och tider för muddring	32
4.2	Hantering av muddermassor	33
4.2.1	Nyttiggörande av muddermassor	33
4.2.2	Hantering lösa massor	35
4.2.3	Hantering av förorenade massor	37
5	FARTYGSTRAFIK	38
6	RISKANALYS VIBRATIONSALSTRANDE ARBETEN KRING ÄLVSBORGS FÄSTNING OCH ÖVRIGA BEFINTLIGA ANLÄGGNINGAR	39
7	FARLEDSUTMÄRKNING	41
8	TIDPLAN	45

Bilagor

Bilaga 1	Planritning över farledsområdet med arbetsområde samt planerad farledsyta.
Bilaga 2	Farledssimulering, Sjöfartsverket
Bilaga 3	PM Geoteknik
Bilaga 4	Riskanalys vibrationsalstrande arbeten
Bilaga 5	Nautisk Riskanalys, (FSA, Formal Safety Assessment)
Bilaga 6	Planritning, koordinatsatt dumpningsområde
Bilaga 7	Planritning, muddring förorenade massor

Dokumenttitel: Teknisk Beskrivning – Projekt Skandiaporten

Dokumentdatum: 2020-12-08

Organisation: Port Engineering Göteborg AB

Upprättad av: Adam Blom och Tage Edvardsson

Uppdragsansvarig: Adam Blom

Sjöfartsverket/Trafikverket

Projektledare: Patrik Benrick

Förkortningar och definitioner

PIANC	Permanent International Association of Navigation Congresses Global organisation för vattenburen infrastruktur. Organisationen är den ledande partnern för statlig och privat sektorn när det gäller design, utveckling och underhåll av hamnar, vattenvägar och kustområden samt utger rekommendationer för farledsdesign.
IALA	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities
UKC	Under Keel Clearance. Avståndet mellan fartygets köl och botten. Rekommenderat UKC varierar beroende på förhållanden lokalt.
tam ³	Volymangivelsen av teoretisk anbringad volym vid fyllning.
t _{fm} ³	Volymangivelsen av muddermassorna. Utgår från teoretisk beräknad mängd, dvs fast mått, utan svällning.
Minsta djup	Minsta fysiska avstånd mellan fastställd referensvattenyta (medelvattenytan i RH2000) och botten.
Farledsyta	Den navigerbara ytan mellan avgränsningarna i farleden.
Övermuddring	Övermuddring är den extra muddring som i praktiken alltid måste ske under ramfritt djup (= minsta djup) för att säkerställa nödvändiga marginaler.
Ramfritt djup	Att ett djup är ramfritt innebär att djupet både kontrollerats med ekolodning och med en balk (ram) som dragits över botten.
Farledsutmärkning	En farled kan märkas ut med olika typer av sjömärken, såsom fyrar, bojar och prickar.
Dimensionerande fartyg	Det fartyg man beslutat att dimensionera farleden för, i detta fall ett fartyg med dimensionerna 430x65x17,5 m (LxBxD)

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

1.1.1 Projekt Skandiaporten

Skandiaporten är ett samverkansprojekt mellan Sjöfartsverket, Trafikverket och Göteborgs Hamn AB. För genomförandet ansvarar Sjöfartsverket (åtagande: *Farledsåtgärder*) och Göteborgs Hamn AB (åtagande: *Kajåtgärder*), och parterna är därmed sökande för miljötillstånd för sitt respektive åtagande.

Skandiaporten är ett namngivet objekt i den av regeringen fastställda nationella infrastrukturplanen för perioden 2018–2029.

1.1.2 En strategiskt viktig transportfunktion för svenskt näringsliv

Göteborgs hamn är Sveriges, och Skandinavien, största hamn, med terminaler för container, ro-ro, bilar, passagerare samt olja och andra energiprodukter. Hamnen är utpekad som Core-hamn inom Europeiska Unionens transeuropeiska transportnätverk (TEN-T). Hamnen med dess farleder är utpekade som riksintressen för kommunikation. Inom containersegmentet hanterar Göteborg för närvarande omkring 50 procent av den totala containervolymen i svenska hamnar, och är den enda svenska hamn som idag kan erbjuda transocean direktsjöfart inom containersegmentet.

I Skandiahamnen lastas och lossas containeriserat gods som har sin start- eller slutdestination i hela Sverige. Den transocean direktsjöfarten innebär att Sverige genom Göteborgs hamn har ett stopp på de globala rederiernas slingor mellan Europa och Asien. Dessa slingor trafikeras av de allra största fartygen i den globala containerflottan. De transportmöjligheter som denna direktsjöfart innebär, utgör en strategiskt viktig transportfunktion, som stärker konkurrenskraften för svensk långväga export och import. Sammantaget är Göteborgs hamn en viktig port in till och ut från den svenska och skandinaviska marknaden.

1.1.3 Tidigare utredningar

Den generella utvecklingen inom sjöfarten sker mot större fartygsstorlekar och därmed ökad transporteffektivitet och minskad miljöbelastning. Under åren 2014–2015 genomförde Sjöfartsverket, Trafikverket och Göteborgs Hamn AB (GHAB), en åtgärdsvalsstudie (ÅVS) rörande behovet av kapacitetshöjning av farled och hamn vid Skandiahamnen. Under perioden 2016–2017 genomfördes en fördjupad studie (Tekniskt PM) angående behov, möjliga åtgärder och samhällsekonomiska konsekvenser. 2019 genomfördes en uppdatering av vissa förutsättningar som fanns med i åtgärdsvalsstudien, avseende de omvärldsfaktorer som är relevanta för hamnens nuvarande och framtida position. Syftet med utredningarna har varit att klarlägga behovet och möjliga åtgärder för att i Göteborgs hamn även i fortsättningen kunna ta emot direktgående transocean containerfartyg.

I ovan nämnda studier konstateras att farlederna 161 North Channel och 166 (SJÖFS:2013:4) till Skandiahamnen är i behov av att till viss del breddas, fördjupas och rätas ut, samt att vändytan i

Skandiahamnen för fartygen behöver fördjupas och utökas. Skandiahamnen behöver förstärkas vid kaj och vändytan fördjupas.

1.2 Syfte

Det övergripande syftet med planerade åtgärder är att bibehålla och framtidssäkra tillgängligheten för Sveriges näringsliv till direktanlöp med den globala containersjöfarten. Projektet säkerställer därigenom en strategisk försörjningsfunktion för svensk utrikeshandel och bidrar till att stärka svenskt näringslivs internationella konkurrenskraft.

Syftet uppfylls genom att anpassa en av de anslutande farlederna in till Göteborgs hamn (Norra farleden) och Skandiahamnens södra kaj och vändyta till att kunna ta emot anlöp med den moderna, globala containerflottan. Planerade åtgärder innebär en anpassning för ökad fartygsstorlek med bibehållen säkerhet och tillgänglighet.

Detta dokument är en teknisk beskrivning (TB) som beskriver de arbeten som omfattar breddning och fördjupning av farleden och vändytan fram till 50 meter från Skandiahamnens södra kaj, samt erforderlig anpassning av farledsutmärkningen.

Resterande åtgärder – fördjupning närmast kaj samt kajförstärkning – ingår i den ansökan Göteborgs Hamn AB lämnar in för ansökan om miljötillstånd.

Tillsammans utgör fördjupningen av farleden och vändytan samt fördjupningen närmast kaj och kajförstärkningen projektet Skandiaporten.

1.3 Åtgärdernas omfattning

Farled, vändyta och kajkonstruktion dimensioneras för fartyg som mäter (längd x bredd) 430 x 65 m och med ett maximalt djupgående för fartygen på upp till 17,5 m. Dagens farled är ursprungligen utformad för fartyg som mäter 350 x 50 m och med 13,5 m maximalt djupgående.

Dimensionerna för det valda dimensionerande fartyget har beslutats i samråd med Sjöfartsverket, Trafikverket och Göteborgs Hamn AB, med stöd i tidigare genomförda utredningar samt en uppdaterad omvärldsanalys som genomfördes hösten 2019.

Utgångsläget för valet av farledförändringarna har varit att minimera muddringsvolymen och minimera påverkan på miljön. Den slutgiltiga utformningen har verifierats genom simuleringar. Vid simuleringarna har lotsar och oberoende experter deltagit.

Åtgärderna baseras på Transportstyrelsens riktlinjer och internationella rekommendationer för sjösäkerhet (PIANC) och farledsutmärkning (IALA). PIANC:s och Transportstyrelsens rekommendationer syftar till att, med utgångspunkt från fartygens storlek, farledens beskaffenhet och med hänsyn tagen till lokala förhållanden, ge riktvärden för farledens bredd, djup och linjedragning. Rekommendationerna skapar en god säkerhetsmarginal för det tonnaget farleden konstrueras för. Efter preliminär design har farledens utformning och utmärkning utvecklats och verifierats genom körningar i simulator med dimensionerande fartygsstorlek vid Sjöfartsverkets simulatorcenter på Lindholmen i Göteborg, Bilaga 2.

För att uppnå satta säkerhets- och tillgänglighetsmål krävs även att ledens utmärkning förstärks och anpassas, vilket också har verifierats i simuleringarna. Farledens utformning anpassas för att minimera restriktionerna för väderpåverkan som vind och sikt.

Åtgärderna beräknas generera cirka 13 miljoner tfm³ muddermassor, varav cirka 400 000 tfm³ berg, inklusive övermuddring.

1.4 Projekt Säkrare Farleder

Under 2002 – 2004 fördjupades, breddades och rätades de båda farlederna, Torshamnsleden (North channel) och Böttöleden (South channel), in till Göteborgs hamn i syfte att öka säkerheten för de transoceaniska fartyg som vid denna tidpunkt förväntades trafikera Torshamnen och Skandiahamnen, Projekt Säkrare Farleder. I samband med detta gjordes även erforderliga kajförstärkningar i Skandiahamnen. I projektet uppkom cirka 12 miljoner tfm³ muddermassor och cirka 400 000 tfm³ bergmassor. Projektet kunde, i enlighet med övervakning och uppföljning, genomföras utan några bestående negativa miljöeffekter.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 Hydrologiska- samt klimatologiska förhållanden

2.1.1 Karakteristiska vattenstånd

Följande vattenståndsnivåer gäller vid Sjöfartsverkets mätstation Tångudden, Göteborgs Hamn.

Vattenstånd (MW): +0,041 m i RH 2000.

Havsvattenstånd (2020)	Nivå i RH2000 (m)
Högsta högvattenstånd (HHW)	+1,53
Medelhögvattenstånd (MHW)	+1,07
Lägsta högvattenstånd (LHW)	+0,67
Medelvattenstånd (MW)	+0,04
Medellågvattenstånd (MLW)	-0,39
Lägsta lågvattenstånd (LLW)	-1,08
Maximal variation (DW)	2,61

Figur 1, Vattenstånd Tångudden

Landhöjningskoefficient: 0,16 cm/år (Apparent landhöjning).

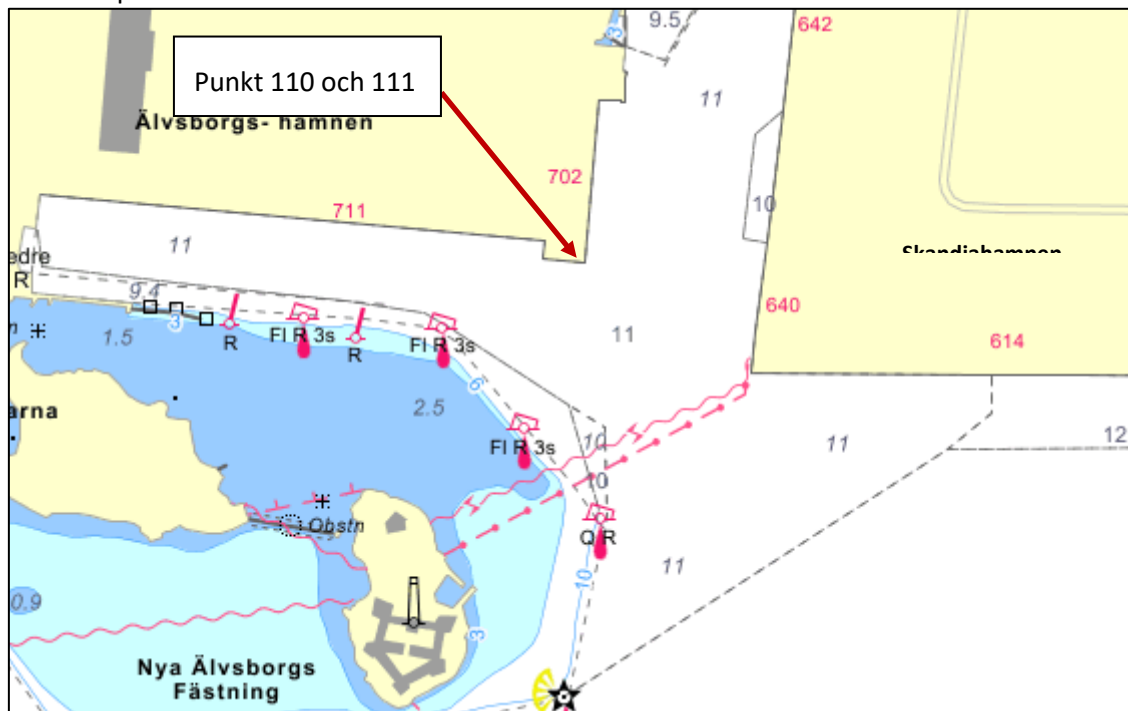
2.1.2 Höjd och koordinatsystem

Nivåer i ritningar är angivna i höjdsystem RH 2000. Aktuellt koordinatsystem är SWEREF 99 TM. Vattendjup på ritningar och i figurer är i RH 2000.

För muddringsarbeten avses kontrollpunkt nummer 110 samt 111 i Älvsborgshamnen användas.

Punkt-id	SWEREF 99 TM		RH 2000	Markering	Datum
	N	E	Höjd (m)		
110	6398557.615	311768.493	+ 2.557	Stålbult i betong	2020-08-31
111	6398556.420	311768.752	+ 3.122	Borrhål i topp av pollare	2020-08-31

Översiktsplan:



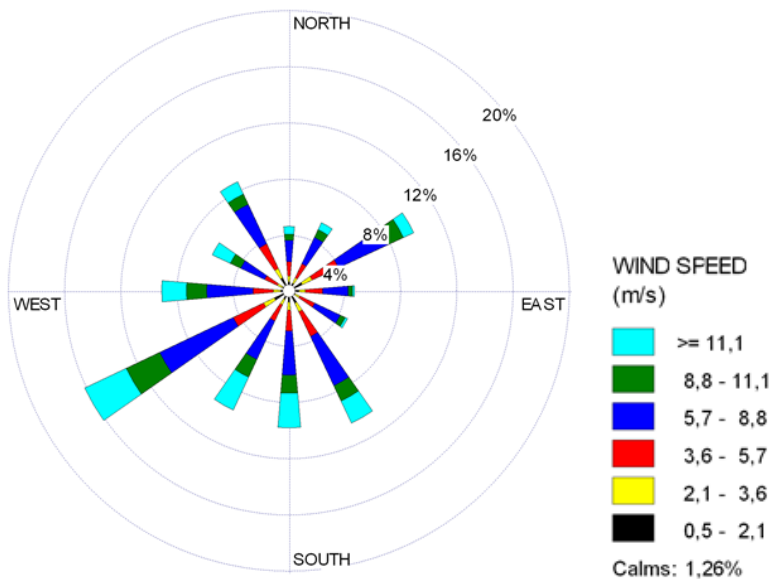
Figur 2, översiktsplan visandes kontrollpunkter för muddring, Älvsborgshamnen.

2.1.3 Vindförhållanden

Merparten av arbetsområdena ligger relativt skyddat och därmed har inte faktorer såsom vågor, vind och strömmar någon inverkan på genomförandet av projektet, annat än vid enstaka tillfällen.

Med enstaka tillfällen avses ett fåtal tillfällen under hela projektiden då arbetena måste avbrytas för någon dag/några sammanhängande dagar, för att det t ex är för hård vind eller för höga vågor/dyningar.

Vindrosen redovisar 10-minuters medelvind och gäller på 10 meters höjd över mark.



Figur 3, Vindförhållanden vid fyren Vinga 18. Förhärskande vindriktning är sydväst.

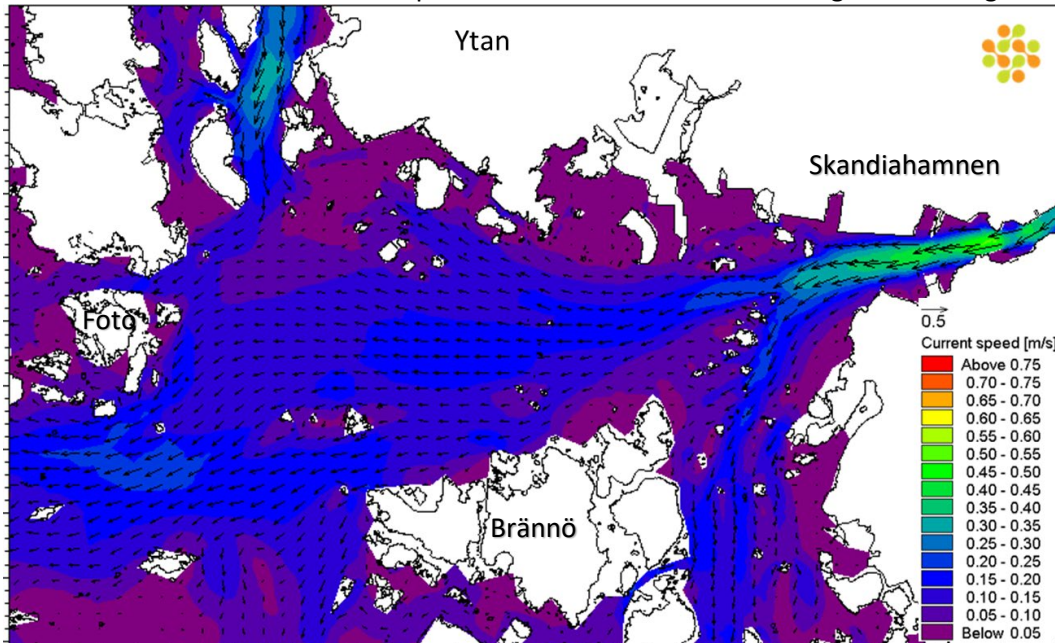
2.1.4 Ström

Strömförhållandena i Göteborgs inseglingsområde är komplicerade eftersom området omsluts av en stor skärgård. I området mynnar också Göteborgsgreven av Göta älv med en typisk medelvattenföring på ca 175 m³/sek.

Älven skapar en estuariecirkulation med utgående sötvatten i ytan och en inåtgående salt bottenström, den s k saltkilen. Detta strömmönster dominerar för den inre delen av området. I den yttre delen av området påverkas strömmönstret främst av den storskaliga cirkulationen i Kattegatt/Skagerrak. Den Baltiska strömmen från Öresund följer ofta Sveriges västkust norrut mot Bohuslän. Den ger under mer än 50% av tiden en nordgående ytström i vattenområdet utanför Göteborgs skärgård.

Den lokala vinden är också en viktig faktor för strömförhållanden i området. I de mellersta delarna av området är det kombinationer av de kustnära faktorerna och den storskaliga strömningen som bestämmer strömmönstret.

Göta älvs utbredning i mynningsområdet bestäms av jordrotationen och rådande vindförhållanden. Det innebär att vid svaga vindar, vindstilla och vid vindar från syd till sydväst följer sötvattnet den norra kusten. Vid vindar från nord pressas älvvatten ner mot Göteborgs södra skärgård.

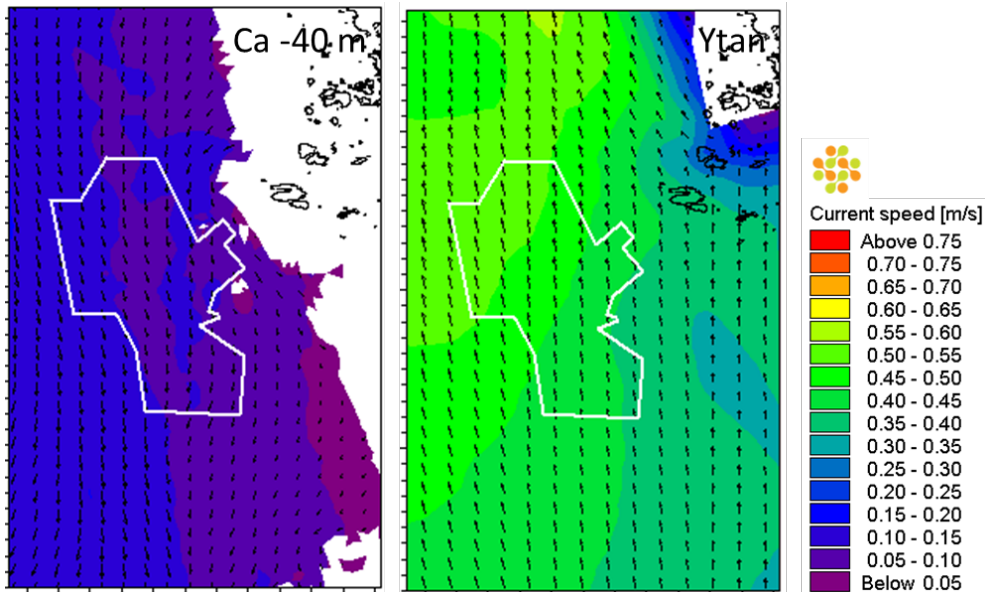


Figur 4, Strömmar i Göteborgs skärgård, ögonblicksbild 2018-05-27, ytvatten.

Strömmar vid föreslagen dumpningsplats.

Strömmarna vid den föreslagna dumpningsplatsen Skandiaporten visar på relativt starka nordgående strömmar i ytan, 0,20-0,30 m/s på ca 7-8 m djup, d v s det djup fartyget har vid tippning, samtidigt som det finns en kompensationsström på större djup, 0,10-0,20 m/s på ca 40-50 m djup, som är motriktad ytströmmen.

Strömmarna varierar i riktning och styrka men har två huvudriktningar; sydlig respektive nordlig. Strömmens tendens att följa dessa huvudriktningar är topografiskt styrd, dvs strömmen följer land och djupkonturernas huvudriktning.



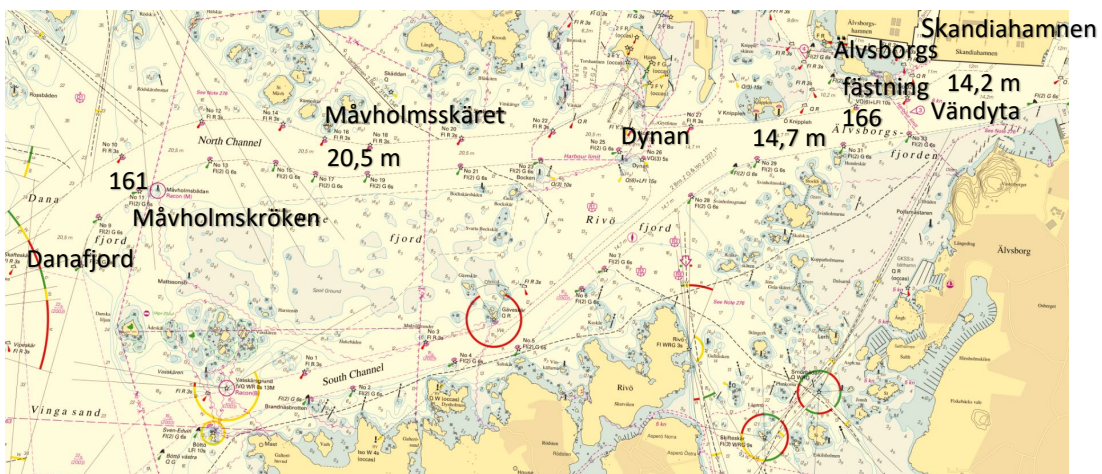
Figur 5, Strömmar i utredningsområdet för dumpningsplats, ögonblicksbild 2018-05-28. T.h. i ytan och t.v. på ca 40 m djup.

2.1.5 Befintliga djupförhållanden i farled

Farlederna in till Göteborgs hamn och Göta Älv fick sin nuvarande utformning i projekt Säkrare farleder 2002-2005 då båda farlederna förbättrades, North Channel samt South Channel. Förbättringsåtgärderna var av säkerhetshöjande karaktär och bestod av breddning, uträtning samt fördjupning av farlederna.

Farledsåtgärderna i Projekt Skandiaporten berör endast North Channel, farled 161 samt 166. Farled 161 sträcker sig från Dana fjord till Dynan, farled 166 från Dynan till Älvsborgs fästning.

North Channel har idag ett ramfritt djup, från Dana fjord in till Dynan vid Torshamnen, på 20,5 m. Från Dynan och in till Älvsborgs fästning är ramfritt djup 14,7 m, medan vändytan söder om Skandiahamnen håller 14,2 m ramfritt djup, se **Figur 6**.



Figur 6, sjökort visandes befintliga farleder in till Göteborgs Hamn samt till Göta älv. Endast North Channel berörs i detta projekt.

2.2 Geotekniska förhållanden, sammanfattning

2.2.1 Geotekniska och laborietekniska undersökningar, allmänt

Geotekniska undersökningar har utförts under åren inom farledsområdet. De senaste och mest detaljerade utfördes under år 2020. Då utfördes omfattande sonderingar av lerdjupen och sonderingar för lokalisering av berg. Ostörd jordprovtagning med kolvprovtagning utfördes också i 33 punkter. Dessa ostörda jordprover har analyserats vid geotekniskt laboratorium med metoderna, rutinanalys, CRS-Ödometer, direkta skjuvförsök samt triaxialförsök.

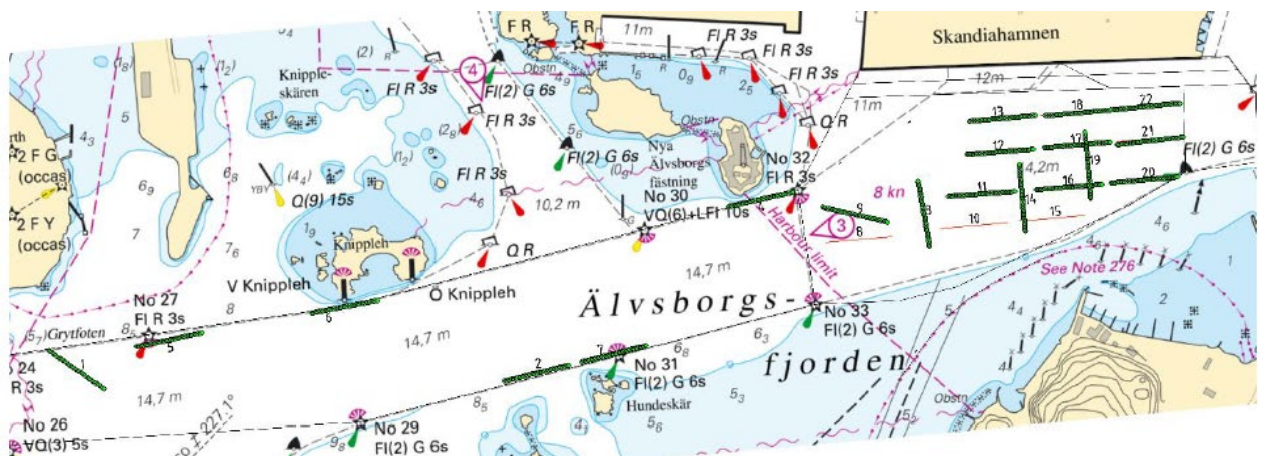
2.2.2 Geotekniska undersökningar

I nedanstående tabell finns en sammanställning på utförd, geotekniskt fältundersökningsprogram under år 2019 samt 2020.

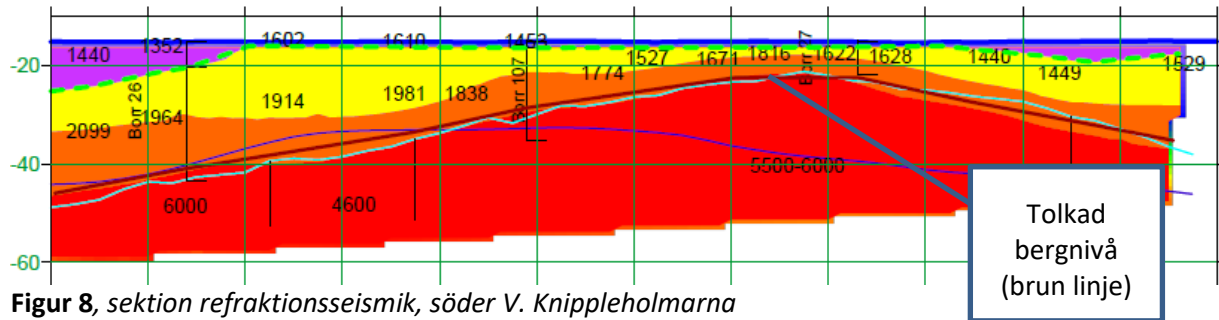
Metod	Antal	Kommentarer
Jordbergsondering (JB2)	94	
CPT-sondering (CPT)	6	Utvärdering med Conrad utfört
Ostörd kolvprovtagning (Std Kv II)	33	Omfattande laborieundersökningar

Under år 2019 genomfördes även undersökningar med bottenpenetrerande ekolod (SBP) för att fastställa geologin med fokus på sedimentdjup till berggrund.

Vidare utfördes under år 2020 kompletterande geofysiska undersökningar av förhållandevist stor omfattning inom farledsområdet och inom Skandiahavnens vändyta. Med metoden refraktionsseismik avsöktes dessa områden med syfte att söka berg under de mäktiga lerjordlagren. Metoden skall ses som ett komplement till SBP-metoden där refraktionsseismiken kan penetrera djupare genom de olika sand- och lerjordarna som dominerar berörda områden. JB-sonderingar har utförts i anslutning till de seismiska linjerna för att möjliggöra kalibrering av tolkningen av de akustiska signalerna. Denna samkörning av undersökningsdata leder till en hög kvalitet och tillförlitlighet på insamlad och tolkad seismisk data. Totalt utfördes 19 undersökningslinjer inom områdena öster Dynan.



Figur 7, plan visandes utförda refraktionsseismiska linjer. Varje linje är ca 235 m lång. Tolkat resultat av linje 6, V. Knippleholmen, se Figur 7



Figur 8, sektion refraktionsseismik, söder V. Knippleholmarna

Tillsammans med JB-sonderingarna har resultaten från SBP-lodningarna samt refraktionsseismiken använts för att beräkna bergvolymerna.

De utförda undersökningarna under år 2020 finns redovisade i MUR (MarkUndersökningsRapport) upprättad av Norconsult AB daterad 2020-09-25. De geotekniska förhållandena utifrån MUR:en är analyserade och beskrivna i upprättad PM Geoteknik, dat. 2020-10-21, MITTA AB, se bilaga 3.

I kapitel 2.2.3 till 2.2.5.3 sammanfattas resultaten från upprättat geotekniskt PM.

2.2.3 Laboratorieundersökningar

Metod	Antal (st)	Kommentarer
Rutinanalys	33	Inklusive vattenkvot
CRS-Ödometer	26	
Direkta skjuvförsök	26	
Triaxialförsök	11	8 st UU och 3 st P

2.2.4 Geotekniska förhållanden, generellt

Jordarterna generellt beskrivet för området väster om Göta älvs mynning ut mot Göteborgs skärgård, består delvis av väldigt många kobbar och skär där berget ligger helt ytligt. Mellan skären finns det, som helt dominerande jordart, lerjordar med varierande mäktigheter upp till ca 100 meter. Oftast ligger leran direkt på det underliggande fasta berget. På några lokala platser finns ett tunnare sandigt/grusigt jordlager i övergången under leran innan berget. Det kan även vara moränjord i dessa lokala övergångslager.

Ur ett mer strikt geotekniskt perspektiv är lerjordarna normal- till överkonsoliderade. Man har uppmätt skjuvhållfasthet varierande mellan 10-52 kPa, med oftast högre värden på djupet, densitet varierande mellan 1.5-1.7 (2.1) ton/m³ med oftast en ökning mot djupet, vattenkvoter normalt varierande mellan 40 -70 %, med extremvärden på 101 % respektive 16 %, oftast minskande med djupet. Sensitiviteten ligger oftast mellan 10-20, vilket betyder att inom projektet förekommer inte kvicklera.

Inom nu aktuellt område för en breddning och framförallt en fördjupning av farleden in till Göteborgs hamn och då specifikt Skandiahallen är förhållandena i sammanfattning;

- Bottennivåerna varierar mellan ca -12 till -21 m, längre ut i farleden i Danafjorden ligger bottennivåerna djupare än -21 m, ner till -33 m.

- Nuvarande farled in till Torshamnen är muddrad ner till nivån -20.5 m. Farleden mellan Torshamnen och Skandiahamnens hamnbassäng, samt hamnbassängen, är muddrade ner till nivån ca -14,7 m.
- Farleden får förbi Måvholmsbådan en annan geometrisk sträckning med större radie, i denna "innerkurvan" finns det förutom ytliga lerjordlager både moränjordar och friktionsjordar samt berg som kommer att behöva muddras.
- Längre in i farleden, just söder om Måvholmskären mellan fyrarna No 16 och 20, breddas farleden åt norr där undergrunden består av lera- friktionsjordar samt en mindre mängd berg.
- Från Torshamnen och in mot Älvsborgs fästning är den helt dominerande jordarten ler, oftast med stora djup. Vid några lokala platser förekommer berg, och ytterst lokalt även tunt lager av moränjord på berget, för den planerade muddringen. Dessa platser är omkring fyren Dynan, söder om Västra Knippleholmen och Östra Knippleholmen.
- Inom hamnbassängen dominerar lerjordlager med stora mäktigheter. I bassängens västra delar mot Älvsborgs fästning finns ett flertal bergklackar som ligger över muddringsnivån.

2.2.5 Geotekniska förhållanden, delavschnitt för delavschnitt

För geografiska lägen på borrhänsorna, se **Figur 9** samt bilaga 3, PM Geoteknik.

I denna beskrivning delar vi upp projektet i följande delområden.

- Farledsdelen Måvholmskären-Skalkorgarna. Farledens nuvarande djup 20.5 meter. Farleden flyttas något i förhållande till befintligt läge, tex vid Måvholmsbådan och vid Måvholmskäret.
- Farledsdelen mellan Dynan-Älvsborgs fästning. Farledens nuvarande djup är 14,7 meter.
- Skandiahamnens vändyta och hamnbassäng. Nuvarande djup är ca 14,2 meter.



Figur 9, Sjökort visandes delområden för geoteknisk redovisning.

2.2.5.1 Farledsdelen Måvholmskröken-Skalkorgarna

Vi delar upp denna sträcka i två områden; Måvholmsbådan och Måvholmsskären.

Måvholmsbådan samt kanten mellan fyr no 13 till no 17, farleden breddas åt sydost.

Borrpunkterna 1, 2, 3, 4 och 5.

Undergrunden består av lera som helt dominerande jordart. Lokala ytor som behöver muddras. I borrhpunkt 1 och 3 finns berg lokalt på nivåer mellan -19-20 m varför smärre lokala ytor måste sprängas. I övrigt är det fråga om mudder av lerjordar.

I området mellan fyr no 13 och no 17 där borrhpunkterna 9, 10, 11, 12, 13 och 14 är utförda.

Undergrunden består av ler med några lokala platser där berget ligger över mudderdjupet. Bottennivåerna ligger lokalt på nivåer mellan -10 till -15 m, vid flera av dessa ställen såsom borrhpunkt 10, 11, 12, 13 och 14 ligger bergets överyta mellan nivåerna -10 m (borrhpunkt 13) till -16 m (borrhpunkt 11 och 16). I borrhpunkt 12 finns ett sandlager om ca 1 meter över berget.

Måvholmsskären, farleden breddas åt norr, där fyrarna no 16 och no 18 är belägna.

Borrpunkterna 15, 16, 17, 18

Undergrundens jordlagerföljd för dessa breddningar består av lera på sand på berg.

Bottennivån ligger där omkring -13 m. I området omkring borrhpunkterna 17 och 18 underlagras lerjorden av sand ner till ca nivå -23 m till -25 m.

Vid borrhpunkt 15 är det lerjordar ner till nivån -19 m, sand ner till -22 m. I borrhpunkt 16 är det lera ner till nivå ca -19 m, därunder finns berg från nivån -19.5 m.

2.2.5.2 Farledsdelen mellan Dynan-Älvsborgs fästning

Huvudsakligen lerjordar men tre lokala platser med uppstickande bergklackar.

Dagens vattendjup i farleden är 14,7 m.

Just norr om fyren Dynan

Borrpunkterna 19, 20, 21, 22, 23, 24 och 25 samt de kompletterande punkterna 56 och 57.

Undergrunden består av lerjordar med lokalt uppstickande bergklackar på ett flertal ställen. Ett tunnare sandlager underlagras leran på berget med lite skiftande ca 1-3 meters mäktigheter. Bottennivåerna ligger på omkring -15 m. Berg finns vid alla utförda borrhpunkter på nivåer varierande mellan -16 till -21 m, med de högsta nivåerna i borrhpunkt 19 och 23. Mellan dessa uppstickande bergklackar består undergrunden av lerjordar.

Söder om Västra Knippleholmen

Borrpunkterna 26, 27 och 107 samt i farledskanten 108.

Undergrunden består under lerjordlagret av mäktiga sandavlagringar på berg.

Bottennivåerna ligger på omkring -15 m. I borrhpunkt 26 och 107 finns ca 20 meter sand innan berget påträffas på nivåer mellan -36 m och -43 m. I borrhpunkt 27 består jorden av ler ner till ca -21.5 m där bergets överyta sedan sonderats.



Östra Knippleholmen i farleden

Borripunkterna 28, 29, 30 samt i farledskanten 59.

Undergrunden består under lerlagret av ett tunnare, ca 4 meters jordlager av sand i borripunkt 28 och 29 innan berget påträffas. Berget ligger på nivåerna -21 m i borripunkt 28 och 29 samt på nivån -23 m i borripunkt 30. I borripunkt 30 har ett block borrats igenom på nivån ca -17-18 m.

Det finns indikationer från utförd seismisk undersökning att sandlagret lika gärna kan vara moränjorlar.

2.2.5.3 Skandiahamnens hamnbassäng och vändyta

Den helt dominerande jordarten är mäktiga lerjorlar. Jorden under bassängbotten har undersökts med geotekniska och geofysiska metoder. Metodiken inom hamnbassängen har varit att fördjupat undersöka kända platser där sprängning eller muddring tidigare skett med geotekniska metoder. Hela bassängen har undersökts med refraktionsseismiska undersökningar i syfte att dels få en uppfattning av lermäktigheterna men också för att försöka finna andra platser med fast jord.

Berg och fast jord ovan berget förekommer i hamnbassängens västra delar mot Älvsborgs fästning, i dess nordvästra delar, i dess mitt samt i den östra kanten av området.

Vi indelar hamnbassängen i följande delområden:

Sydost om Älvsborgs fästning med borripunkterna 31, 32 och 33.

Undergrunden består av mäktiga lerjordlager. Bottennivåerna ligger på nivå -11 till -15 m. Bergets nivåer ligger mellan -18.7 (i borripunkt 32) till -22 m (i borripunkt 33). Lera finns ner till nivåer varierande mellan -18.7 m och -21 m. I borripunkt 33 finns ett ca 2 meter mäktigt sandlager på nivåer mellan -20 och -22 m.

Skandiahamnens nordvästra delar med borripunkterna 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46 samt 47

Undergrunden består av mäktiga lerjordlager. Bottennivåerna varierar mellan -11 till -12 m. Berget ligger mellan nivåerna -12.3 m (i borripunkt 44) till -22 m (i borripunkt 41). Lera finns ner till -12 m (i borripunkt 44) ner till -19.5 m (i borripunkt 42). Ett tunnare sandlager med mäktigheter varierande från några decimeter till ca 3 meter finns under leran i de flesta punkterna.

Ungefär **mitt i hamnbassängen** finns ett tidigare känt högre liggande område där muddring och sprängning utförts. *Detta har undersökts mer med borripunkterna 34, 35, 36, 37 och 38.*

Undergrunden består av mäktiga lerjordlager. Bottennivåerna varierar mellan -14.7 till -15.3 m. Berget ligger mellan nivåerna ca -30 meter (i borripunkt 34 och 35) samt mellan nivåerna -16.5 m till -20.7 m i borripunkt 26, 37 och 38). Lera finns ner till nivåerna -16.5 m (i borripunkt 37) till -20 m (i borripunkt 35). Ett mäktigt sandlager finns överlagrat berget i borripunkt 35 och borripunkt 34.

Vid **Skandiahammen östra kant** finns ett litet område med borripunkterna 48, 49 och 50.

Undergrunden består av mäktiga lerjordlager. Bottennivåerna varierar mellan ca -14.4 till -15 m. Berget ligger på -20 m och -21 m för borripunkt 48 och borripunkt 50. Lera finns ner till nivåer -17 m respektive -19.5 m för borripunkt 47 och borripunkt 48. I borripunkt 50 är det lera ner till nivån ca -47 m. Ett sandlager med ca 4 meters mäktighet finns vid borripunkt 48.

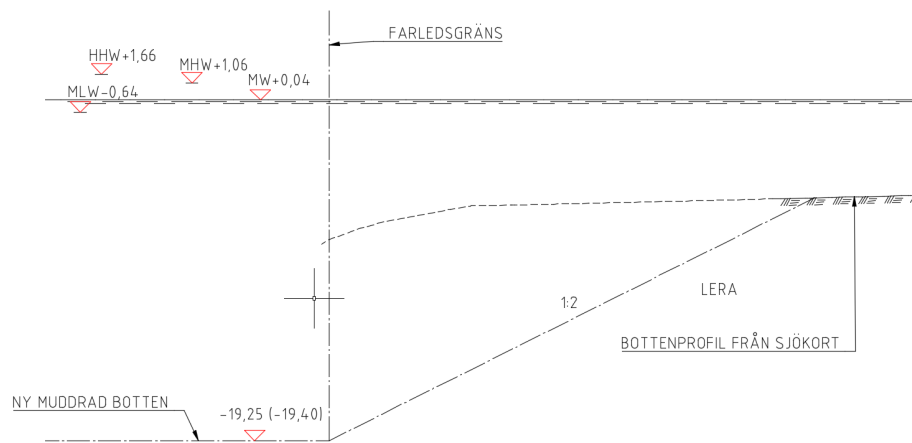
I **hamnbassängens södra kanter** har följande borripunkter utförts; punkt 101, 102, 104, 105 samt 60. Undergrunden består här av mäktiga, upp till 50 meter lerjorlar med varierande lagring.

2.3 Släntlutningar farled

Undervattensslänter längs med farled utförs på samma sätt som i Projekt Säkrare Farleder med lutning 1:2.

Utförda stabilitetsberäkningar på de geotekniska prover som upptagits i fältundersökningarna och analyserats på labb, visar på att erforderlig släntstabilitet för denna lutning finns.

Bergslänter utförs 8:1.

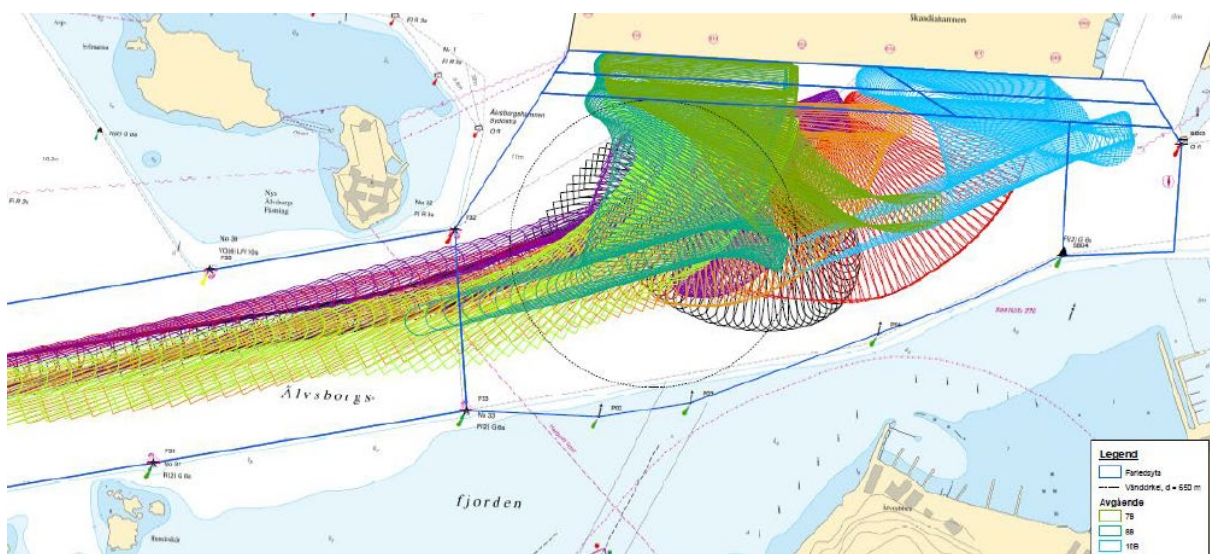


Figur 10, principsektion farledsslänt

3 FARLEDSSIMULERING

Dimensionerande fartyg (konstruktionsfartyg, KF) för ändrade farledsytor

Max LOA (Length Over All)	430 m
Max Djupgående i farled	17,5 m
Max bredd	65 m
Displacement	~340 000 ton



Figur 11, In- samt utsegling med 430 m fartyg till KP614, samt vändning i vänddyta, figur från Sjöfartsverkets rapport.

I avsikt att studera förutsättningarna för säker in- och utsegling av ett framtida containerfartyg i maxstorlek till och från Skandiahavnen genomfördes ett större antal simuleringar vid Sjöfartsverkets simulator på Lindholmen vid fyra tillfällen. Sjöfartsverket hade före simuleringen tillsammans med lotsar vid lotsområde Göteborg och nautisk expertis arbetat fram fyra olika förslag för den förändrade farledens design. PIANC's rekommendationer var vägledande för valda alternativ. Specifikt var syftet att utforma en optimal farledsdesign med bibehållen säker passage från Trubaduren till Skandiahavnen för containerfartyg med större dimensioner än de av idag, samt att utreda vad som är tillräckligt vattendjup. En viktig parameter var också att optimera muddringsvolymerna för att minimera miljöpåverkan.

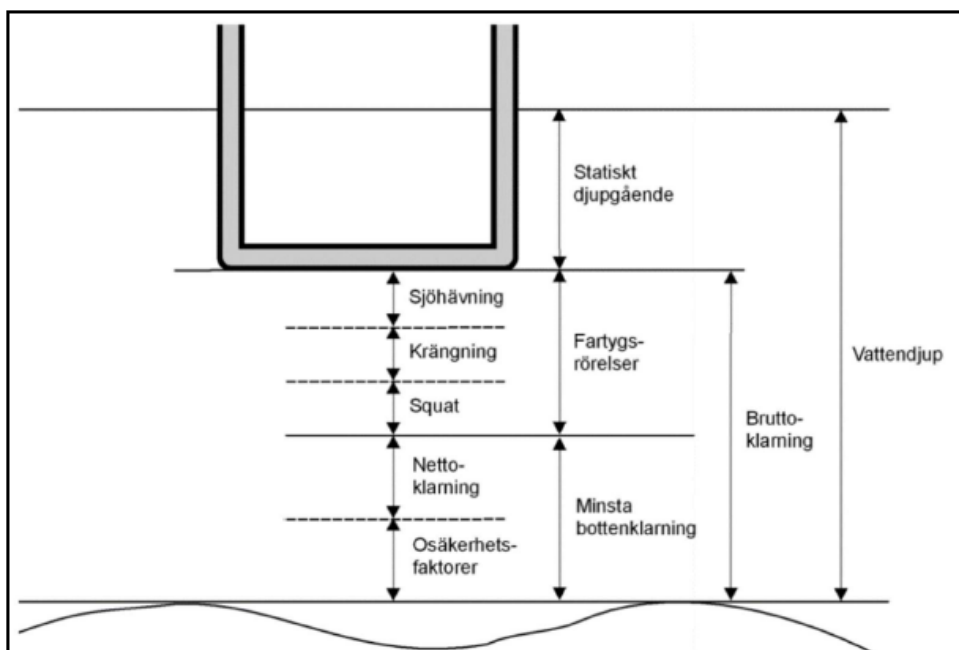
De förändringar som gjorts innebär i korthet att befintliga kantfyrars positioner flyttat ut till den nya gränsen för farledsyta och minsta djup. Farleden kommer därmed att bibehålla samma typ av farledsutmärkning som konstruerades vid föregående farledsutbyggnad, då denna under en driftstid om drygt 15 år visat sig vara såväl funktionell som driftsäker. En ny kantfyr har tillkommit på Vinga sand vid Vipeskär. Kantfyren ersätter en befintlig lysboj och syftar till att förbättra säkerheten för sjötrafiken, i synnerhet när man med genomförande av projektet möjliggör trafik med större fartyg.

3.1 Översikt farledens utformning

Nuvarande minsta djup från angöring vid Trubaduren till Torshamnen har bibehållits för den tillkommande ytan där farleden breddats, då trafiken till Torshamnen har större maximalt djupgående än nu dimensionerande containerfartyg. Minsta djup i dessa farledsavsnitt är 22,9 meter fram till Vinga sand, och därefter 20,5 meter fram till Torshamnen/Dynan.

Farleden mellan Torshamnen/Dynan och Skandiahamnen är idag anpassad för ett maximalt djupgående om 13,5 meter, mot nu dimensionerande 17,5 meter. Vid simulering och modellering av detta farledsavsnitt har farleden givits ett minsta djup om 19,40 m fram till Älvsborgs fästning. Minsta djup för vändytan fram till 50 m utanför kajlinjen kommer ges ett minsta djup om 19,25 m. Detta innebär en bottenklarning (UKC) (motsvarar *Bruttoklarning* i **Figur 12**) om minst 10 %, vilket är den standard Sjöfartsverket tillämpat under lång tid för motsvarande del av en farled, vilket således bedöms vara kvalitetssäkrat på empirisk grund. Jämförelse avseende UKC har gjorts med andra europeiska hamnar som har trafik med dessa fartyg. Hänsyn har också tagits och anpassning skett till den bottenbeskaffenhet som råder lokalt i farleden till Göteborg.

Att det är större djup (mer UKC) i farledsavsnittet Dynan – Skandiahamnen beror på att fartyg på väg från hamnen accelererar och för det behöver större vattendjup.

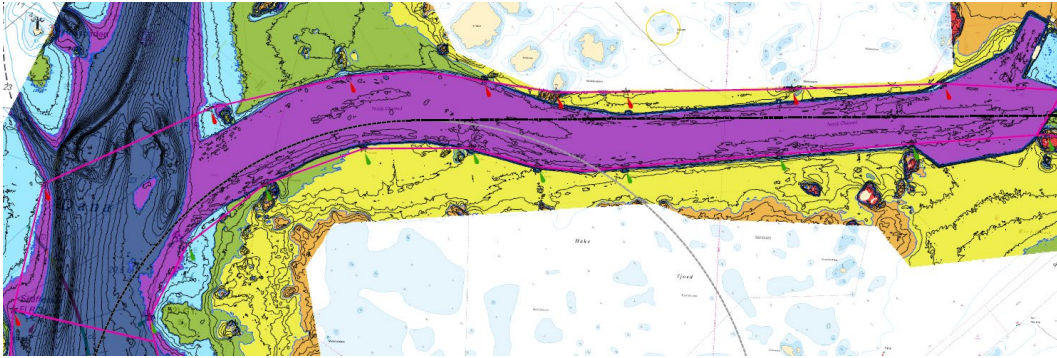


Figur 12, variabler vid beräkning av vattendjup enligt Transportstyrelsen.

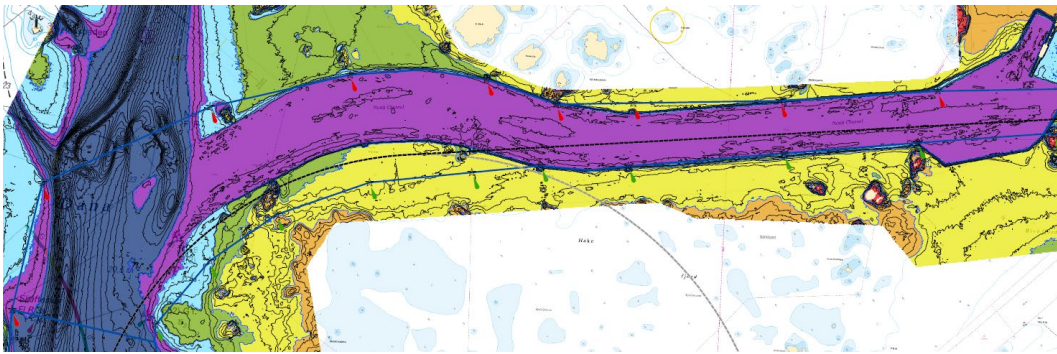
Manuell beräkning samt modellering utförd av skeppsteknisk expertis visar ett minsta UKC om 0,78 meter för de nu dimensionerande fartygen med 17,5 meters maximalt djupgående med ett minsta djup i farled om 19,40 meter. Detta innebär att Transportstyrelsens rekommendation om ett netto-UKC på minst 0,7 meter kan innehållas (TSS 2019-2204). Framtagna bottennivåer med avseende på UKC har också verifierats av Transportstyrelsen.

Under simuleringarna kunde vändområdets bredd successivt minskas genom utveckling av taktik och teknik vid vändningsmanövern. Ett flertal olika utformningar av farleden simulerades, se **Figur 13** till **Figur 15**. Slutlig utformning blev enligt **Figur 16**.

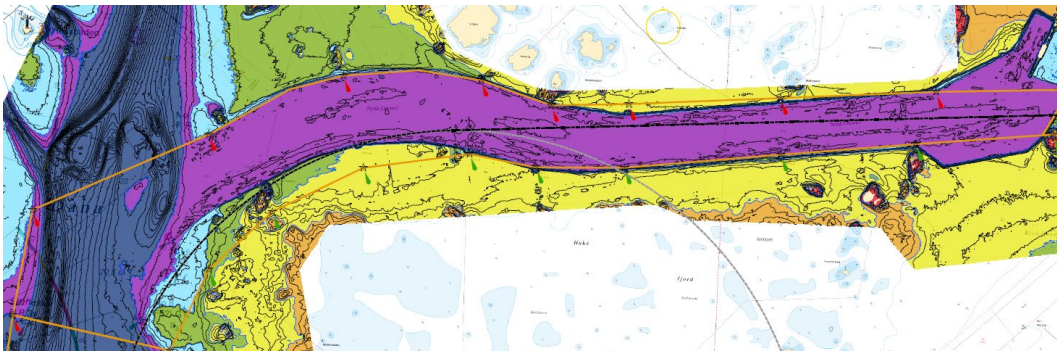
Nedan en sammanfattad redovisning av de fyra alternativa utformningarna. För en mer detaljerad beskrivning av de olika alternativen, se bilaga 2, Farledssimulering:



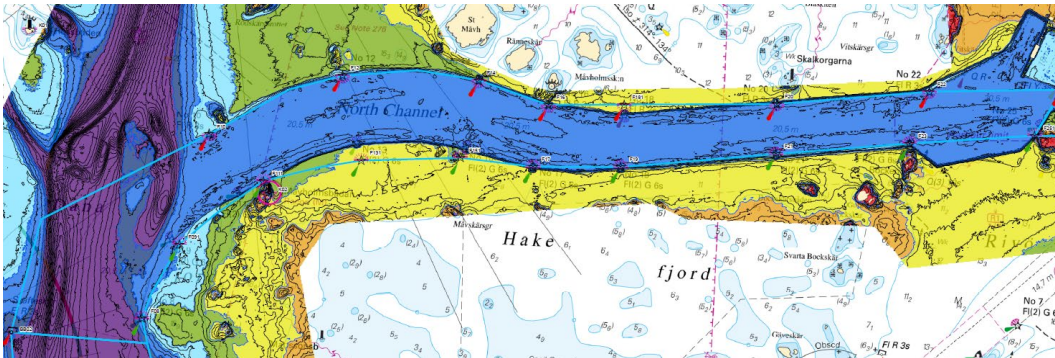
Figur 13 *Farledsutformning Måvholmskröken alternativ 1*



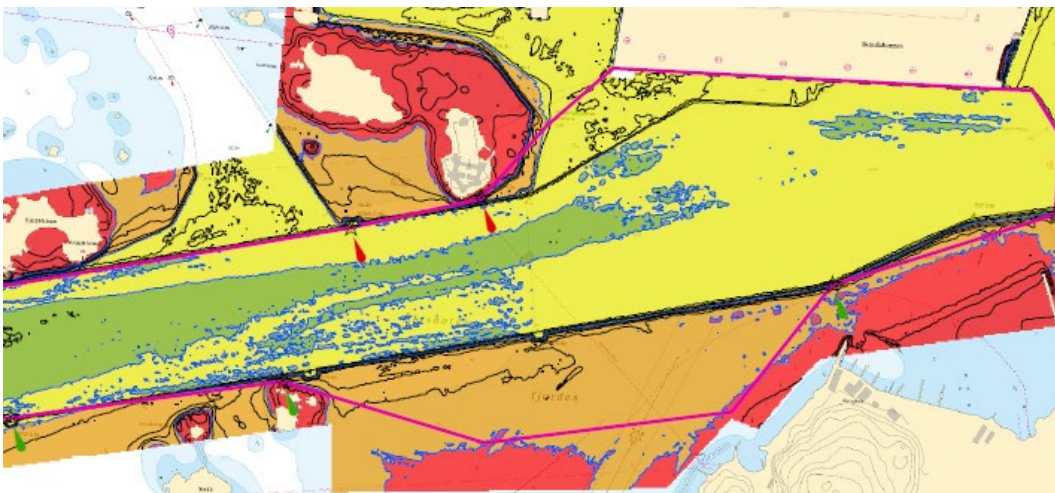
Figur 14 *Farledsutformning i Måvholmskröken alternativ 2*



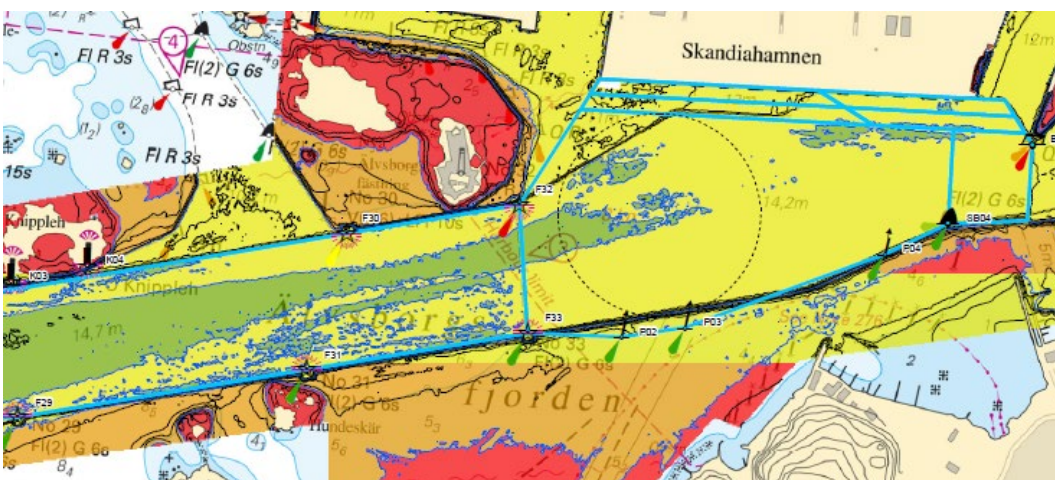
Figur 15 *Farledsutformning i Måvholmskröken alternativ 3*



Figur 16 Farledsutformning i Mävholmskröken alternativ 6.2, slutlig farledsutformning
Vändområdets yta i Skandiahamnen har kunnat optimeras i ytterligare ett steg efter ett nytt prov i simulator, orsakat av en befintlig VA-ledning som annars skulle krävt flyttning. Genom optimerad farledsdesign bedöms flytt av VA-ledning kunna undvikas.



Figur 17 Ursprungligt muddringsområde vändytan, alternativ 1



Figur 18 Muddringsområde vändytan, alternativ 6.2, slutlig utformning

Vid simuleringen prövades de 4 olika utformningarna av farledsytan med avsikt att optimera utförandet med hänsyn till att minimera muddring och att erhålla god säkerhet med dimensionerande fartygsstorlek.

Sammanfattningsvis gav simuleringsrapporten vid handen att det valda farledsalternativ som mejslades fram under de simuleringar som utfördes, uppfyllde lotsarnas behov och målsättning för att säkert kunna lotsa det dimensionerande fartyget in och ut från därför avsedd kajplats i Göteborg samt att minimera muddringsbehovet. Med tanke på att det i samtliga simuleringar varit betydande marginaler till farledsbegränsningarna, vilket också bekräftas av lotsarnas riskbedömning, kan konstateras att simuleringarna bekräftade att det är fullt möjligt att genom begränsade förändringar av nuvarande farled möjliggöra för fartyg av den simulerade storleken att säkert anlöpa Skandiahamnen.

4 FARLEDSFÖRDJUPNING

4.1 Muddring

4.1.1 Muddring allmänt

Åtgärderna innebär en anpassning av ny hamnbassäng samt farledsytan till Transportstyrelsens nationella samt PIANC's internationella rekommendationer avseende sjösäkerhet.

PIANC's och Transportstyrelsens rekommendationer har till uppgift att, med utgångspunkt från fartygens storlek, farledsytns beskaffenhet och lokala förhållanden, ge riktvärden för djup och farledsytns omfattning. Rekommendationerna skapar en god säkerhetsmarginal för det tonnage farleden konstrueras för.

Farledsytnas samt hamnbassängens utformning har verifierats vid simuleringar i Sjöfartsverkets simulator på Lindholmen, Göteborg under 2019-2020, se Bilaga 2.

Arbetena omfattar muddring till ramfri nivå -20,5 m fram till Torshamnen, respektive -19,40 m för farleden fram till Älvsborgs fästning, och resterande del in till Skandiahamnen inklusive vändyta, -19,25 m.

Beräknad muddringsvolym uppgår inom Skandiahamnens hamnbassäng, vändyta och övrig farledsyta samt för fyrgrundläggning till, inklusive övermuddring, ca 13 000 000 tfm³, varav ca 400 000 tfm³ är berg, se **Figur 19** samt tabell 1.

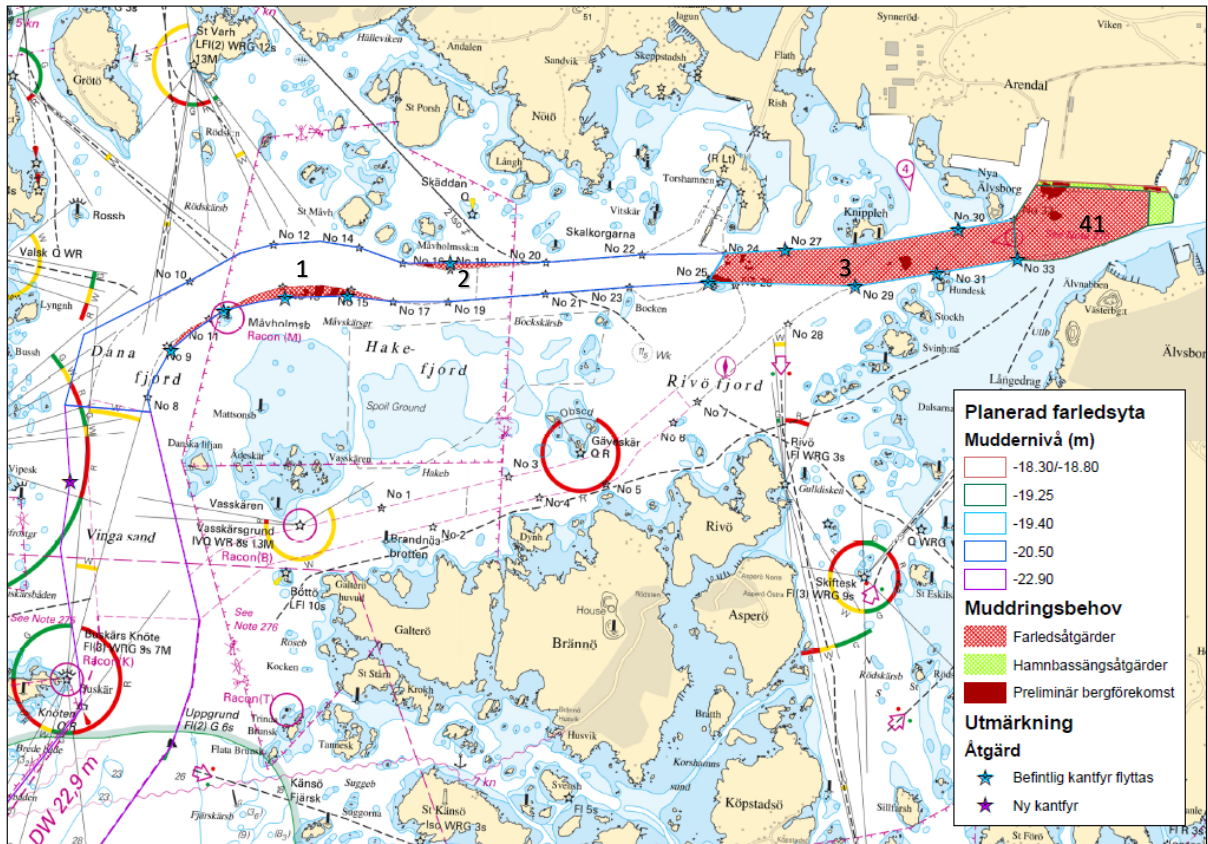
I praktiken sker alltid en viss övermuddring, d.v.s. muddring under ramfri nivå, för att säkerställa tillräckliga marginaler vid ekolodning och ramning.

Övermuddringens omfattning är beroende av bottenmaterialet.

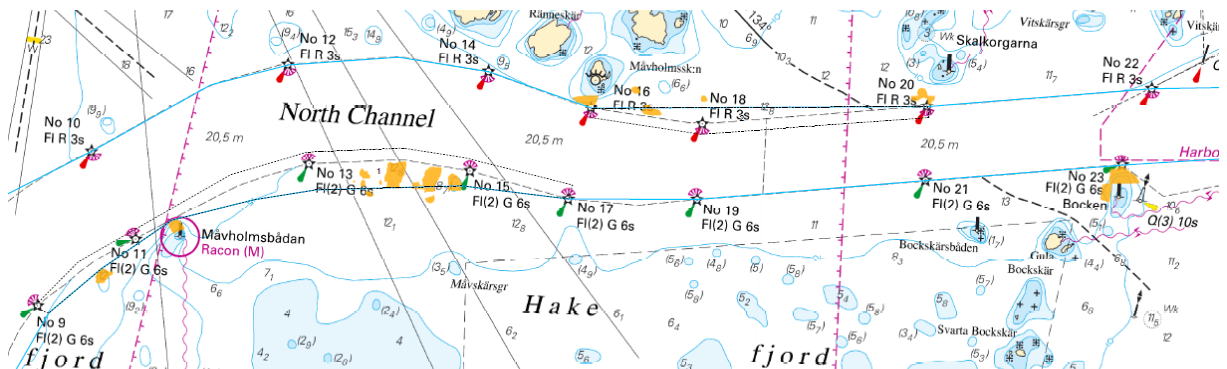
Den totalt muddrade bottenytan, inklusive slänter, är ca 2 500 000 m². En mindre bottenyta utöver den muddrade påverkas då mudderverket delvis kommer att stå utanför släntkrön vid vissa arbetsmoment, t ex vid justering av slänter.

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

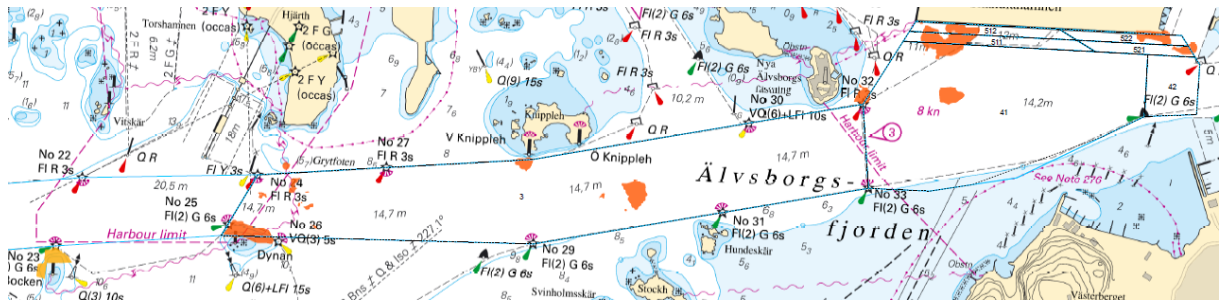
Muddringsarbetena kommer att planeras och utföras så att de ej hindrar övrig fartygstrafik, se kapitel 5.



Figur 19, muddringsområden (röda områden), lösa massor samt berg. Områdesnumrering avser volymer som skall muddras enligt tabell 1.



Figur 20, utifrån bottenpenetrerande ekolod tolkade bergområden (orangea områden) grundare än -20,5 m, avsnitt Mävholmskröken in till Bocken, där muddring till ny ramfri nivå kommer utföras.



Figur 21, utifrån bottenpenetrerande ekolod tolkade bergområden (orangea områden) grundare än -19,40, avsnitt mellan Dynan och Älvsborgs fästning, respektive -19,25 m i vändytan utanför Skandiahamnen, där muddring till ny ramfri nivå kommer utföras. Vissa av bergområdena är kända sedan tidigare och muddrades redan i Projekt Säkrare farleder.

Angivna muddringsvolym (inklusive slänter) har beräknats på nedanstående sätt, för volymer, se **tabell 1**.

- Volym lösa massor motsvarar teoretisk fast volym, beräknad utifrån sjömått botten och till ny ramfri nivå.
- Volym berg motsvarar teoretisk fast volym, beräknad utifrån sonderad bergbotten och till ny ramfri nivå.

Beroende på muddringsteknik och behov av övermuddring finns viss osäkerhet i beräknad muddrings- och sprängningsvolym.

Berg som ska schaktas kan vara antingen blottlagt berg eller berg som är täckt med lera. I de fall berg är täckt av lösa massor kommer berget att borrar och sprängas efter att muddring av lösa massor utförts. De platser inom vilka berg förekommer och som kräver sprängning framgår av **Figur 20** och **Figur 21** ovan. Volymer avser endast farledsåtgärder, se **Figur 19**.

Delområde	Volym (t ³) exklusive övermuddring		Anmärkning
	Total volym	Lösa massor	
(1) Måvholmskröken	750 000	670 000	80 000
(2) Måvholmskäret	350 000	340 000	10 000
(3) Farled (Dynan - Älvsborgs fästning)	5 200 000	5 085 000	115 000
(41) Vändyta	4 400 000	4 270 000	130 000
Muddring för fyror	50 000	50 000	
Totalvolym muddring	10 750 000	10 415 000	335 000

Tabell 1. Sammanställning av muddervolymer i projektet. Angivna volymer är ungefärliga och avser till ramfri nivå, se **Figur 19** för numrerade områden. Beräknat på 1 m medelgrid.

4.1.2 Muddring lösa massor

Sugmudderverk, (Trailer Suction Hopper Dredger, TSHD)

Självgående sugmudderverk arbetar enligt olika varianter, som alla innebär att bottenmaterialet sugs upp genom ett rörsystem. En vanlig teknik utgör en kombination av spolning och sugning. Spolningen luckrar upp materialet som sedan sugs upp till ett lastutrymme på själva mudderverket. Mudderverket rör sig sakta framåt under muddringsoperationen. Denna metod förutsätter att en viss mängd vatten tillförs vid uppsugning till lastutrymmet.

Metoden innebär också oftast att man måste komplettera med en utrustning med förmåga att jämna botten för att trailerns sugfot inte ska riskera att hamna i tidigare bildade fåror. Vid muddring i hård lera bildas ryggar och fåror av sugmunstycket. För att effektivisera muddringen samt släta ut botten, används en "plog" som avjämnar ryggarna mellan fåror. "Plogen" är en ca 20 ton tung balk som hänger ner från en bogserad pråm och släpas längs havsbotten.

Plogningen kommer utföras vid några tillfällen per vecka. Vid dessa tillfällen ökar grumlingen temporärt. Intensiteten av plogningen bestäms av entreprenören.

Vid en pallhöjd på ca 5 m kommer sugmuddringen att ske i 3 - 5 överfarter.

De största verken är i de flesta fall utrustade med ett sugrör per sida, vilket innebär att man muddrar ungefär fartygets bredd, motsvarande ca 15-20 m.

Tömning av lastrummet sker genom lucka i botten.

Självgående sugmudderverk är flexibla i och med att de inte är förankrade, varken med hjälp av stödben eller med hjälp av wirar. Detta innebär att trafiken påverkas minimalt.

Fartyget lastas under framfart med ca 2 knop och lastningsoperationen tar ca 45 min. Tur- och returresa till föreslaget dumpningsområde bedöms ta ca tre timmar. Varje lass beräknas därmed ta ca 4 timmar vilket innebär att muddringsfartyget endast befinner sig i muddringsområdet ca 4,5 timmar per dygn, baserat på ett ca 80 % arbetsutnyttjande. Resterande tid, ca 20 %, används till underhåll, service, reparation, bunkring etc.

Största muddringsvolymerna förekommer i Skandiahavnens vändyta och farleden från Älvsborgs fästning. Det är också i dessa områden som sugmuddring i huvudsak bedöms ske, med undantag av slänter och grunda områden, bottendjup < ca 7,0 m. Då ovan nämnda muddringsområden till stor del består av plan botten som lämpar sig väl för sugmuddring bedöms en överväldigande majoritet av muddringen ske genom denna metod.

Mudderverken finns i storlekar om 1 000-25 000 m³ lastutrymme.

Metoden passar för material med muddringsbarhet upp till styv lera.

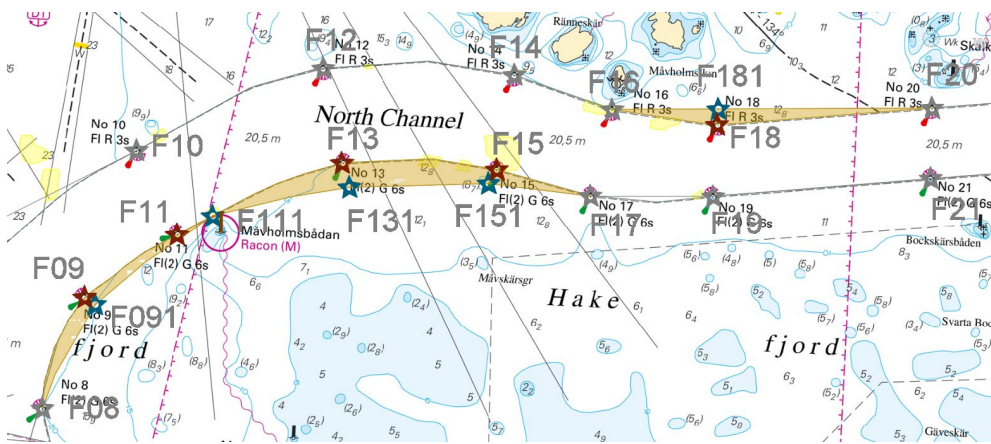


Figur 22, Sugmudderverk

Enskopeverk, (Back-Hoe dredger)

Enskopeverk är en större grävmaskin fast monterad på en pråm försedd med stödben, som under grävning står förankrad på havsbotten. Mudderverket lastar materialet till botten tömmande pråmar som forslar materialet till dumpning. Pråmarna kan vara självgående alternativt bogserade av bogserbåtar.

Enskopeverk, se **Figur 25**, används huvudsakligen vid schakt av hårt material, dvs material med stort innehåll av sten/block, t.ex. morän, men kan även användas för alla typer av material och slänter, samt grundområden där sugmudderverk ej har åtkomst. För projekt Skandiaporten bedöms enskopeverken i första hand arbeta vid lägen för bergschakt, se **Figur 20** och **Figur 21** samt vid muddring av områden grundare än ca 7,0 m, t ex södra delen av Skandiahavnens vändyta samt slänter längs farled och vid lägen för nya fyrar, se **Figur 23** och **Figur 24**.



Figur 23, bedömda muddringsområden där enskopeverk kommer användas, slänter tillkommer i anslutning till områden.



Figur 24, bedömda muddringsområden (gulmarkerade) där enskopeverk kommer användas, slänter, bergmassor samt vid grundläggning av fyrar.



Figur 25, Enskopeverk som lastar en bogserad pråm.

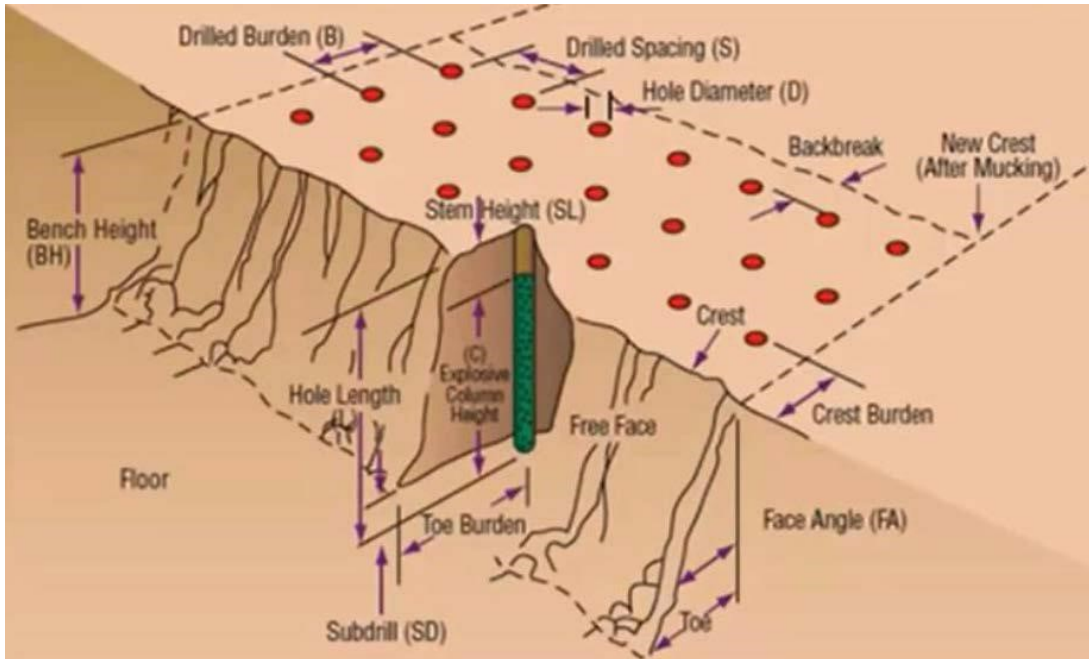


Figur 26, självgående mudderpråm

4.1.3 Muddring berg

Borring och sprängning

Vid sprängning under vattenytan sker arbetet från en plattform, (Figur 28), som vid borring står stadigt på stödben i plattformens hörn, en s k Jack-up rigg. Plattformen är utrustad med borrhigg och sprängmedel. Borrningen sker i ett mönster, se Figur 27, med hål- och radavstånd beräknade med hänsyn till pallhöjd, styckefall, vibrationsgränser etc. Laddningsmängden är ca 1 kg sprängmedel / m³ sprängt berg.



Figur 27, exempel på borrplan

Före sprängning av varje salva säkerställs att obehöriga (båtar, dykare, badande) inte uppehåller sig inom gällande säkerhetsavstånd. Akustiska signaler, t ex från s.k. pingers, används vid behov som komplement för att skrämja bort fisk och marina däggdjur från arbetsområdet vid sprängningens genomförande.



Figur 28. Undervattenssprängning där borrhålen borrades från en borrplattform, Jack-up rigg.

Riskanalys avseende bostadshus, närliggande konstruktioner och andra anläggningar på närliggande fastigheter har utförts för de vibrationsalstrande arbetena, se kapitel 5.

4.1.4 Miljöuddring

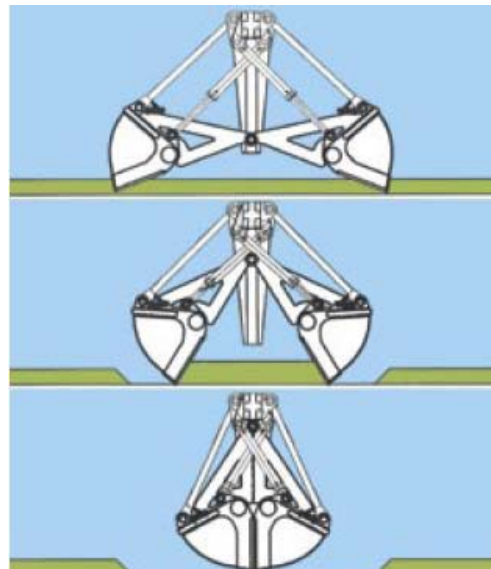
Vid muddring av förorenade sediment, s.k. miljöuddring, kan man använda olika metoder.

Det vanligaste är att man utrustar ett enskopeverk eller gripskopeverk med exempelvis en miljöskopa, eller motsvarande tätslutande skopa, se **Figur 25** respektive **Figur 29**.

Gripskopen efterlämnar en horisontell botten och sluter tätt för att få med sig ett minimum av vatten. Den slutna skopan innebär vidare att partikelspridning till omgivande vatten minimeras. Muddermassorna lastas till en tät pråm för vidaretransport till dumpningsområdet.

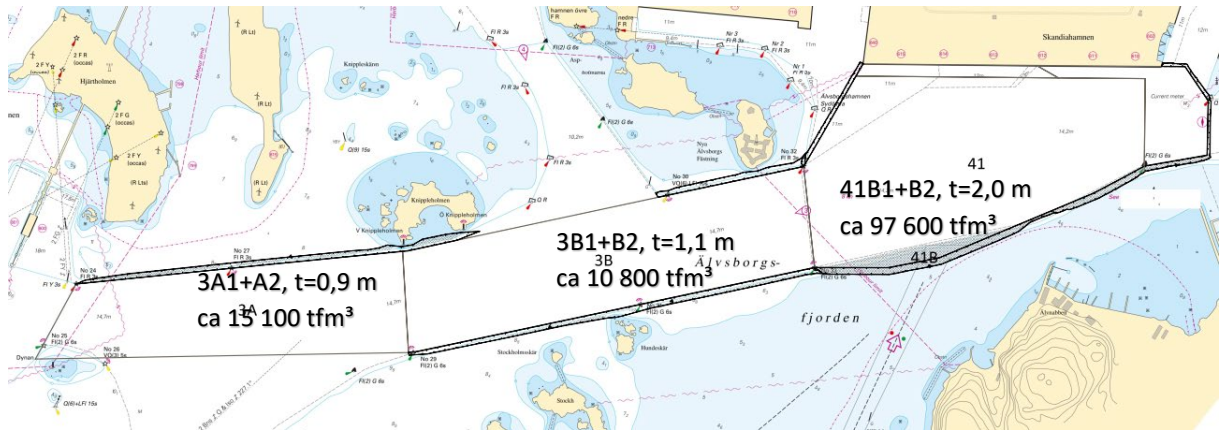
Förorenade massor av varierande klasser, upp till klass 5, avses att muddras tidigt i projektet med miljöskopa och därefter dumpas i botten av djuphålorna inom dumpningsområdet (område **D** och **E**) **Figur 35**. Därefter kommer dumpning ske av rena massor som vid slutförd dumpning kommer överlagra de förorenade massorna med en mäktighet på minst 10 m.

De förorenade massorna är delvis överlagrade av rena massor med en mäktighet av ca 50 cm. Dessa tunna lager av rena massor avses muddras tillsammans med de förorenade massorna och också tippas i djuphålorna. Att särskilja dessa massor anses inte tekniskt möjligt.

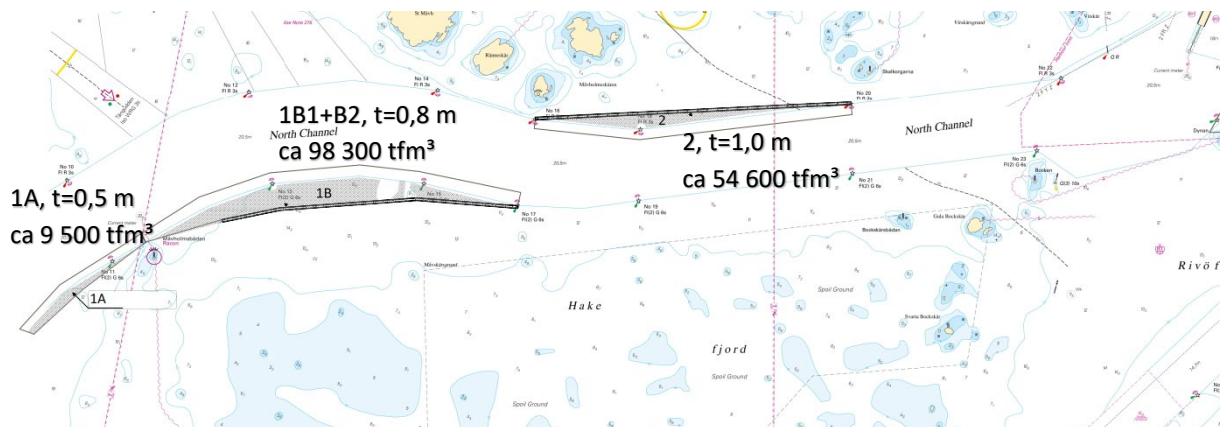


Figur 29, gripskopeverk som lastar en pråm
Figur 30, miljöskopa (gripskopeversion), till höger

Miljöuddring kommer utföras vid följande platser inom ramen för projektet, se markerade områden i **Figur 31** samt **Figur 32**.



Figur 31, platser för miljöuddring, 3A anger områdesnummer. Koordinater redovisas på bilaga 7.
(t= ner till detta djup förekommer föroreningar i sedimentet, under denna nivå förekommer endast preindustriella avsatta sediment)



Figur 32, platser för miljöuddring, 1A anger områdesnummer. Koordinater redovisas på bilaga 7.
(t= ner till detta djup förekommer föroreningar i sedimentet, under denna nivå förekommer endast preindustriella avsatta sediment)

4.1.5 Genomförande, metoder och tider för muddring

Vid upphandling ställs kraven på entreprenören utifrån miljödomens villkor.

Normalt styr entreprenören själv det tekniska utförandet för att kunna genomföra arbetena på ett sätt som innebär att krav i anbudsfrågan, miljötillstånd och kontrollprogram ska tillgodoses.

Genomförandetiden för ett projekt av denna storlek kan variera beroende på externa faktorer, såsom väderförhållanden samt de begränsningar som föreskrivs för genomförandet med hänsyn till enskilda och allmänna intressen. Under produktionen arbetar troligtvis några mudderverk inom arbetsområdet, i kombination med flera borrhigar. Det är entreprenören som ansvarar för att optimera produktionen utifrån de villkor som mark- och miljödomstolen anger.

Ur miljösynpunkt är det generellt fördelaktigt att begränsa den totala genomförandetiden för projektet, då kort genomförandetiden generellt är den viktigaste faktor som anses begränsa eventuell negativ påverkan.

Arbetet förutsätts pågå 7 dagar per vecka och 24 h per dygn, med begränsning av sprängningsarbeten 06:00 -22:00, dock endast vid god sikt. Borrning kommer att förekomma dygnet runt. Muddrings- och dumpningsarbetet beräknas pågå ca 14-16 månader beroende av faktorerna muddringsmetodik, kapacitet på muddringsutrustningen samt väderförhållanden. I angiven tid ingår etablering/avetablering, muddring lösa massor, bergmuddring samt fyrinstallationer.

Trolig kapacitet för muddringen varierar mellan 40 000 – 50 000 tfm³ / dygn. Beroende på eventuella restriktioner m a p t ex grumling, arbetsperiod, dygnsarbetstid, kommer arbetena att behöva utföras på två säsonger.

Mudderverk	Muddringskapacitet	
	Lösa massor/Lera m ³ /dygn	Berg m ³ /dygn
Sugmudderverk (Trailer Suction Hopper Dredger, TSHD)	Ca 40 - 50 000	Ej tillämpbar
Enskopeverk (Back-Hoe Dredger)	Ca 5 - 10 000	~6 000
Borrhigg (Jack-up rigg) Borrning och sprängning, ej muddring (losshållning berg)	Ej tillämpbar	~2 000
Miljömuddring med enskopeverk	Ca 2 – 3 000	

Tabell 2, tabell visandes muddringskapacitet för olika typer av aktuella mudderverk. Kapacitet avser per verk.

4.2 Hantering av muddermassor

4.2.1 Nyttiggörande av muddermassor

4.2.1.1 Hantering av sprängstensmassor

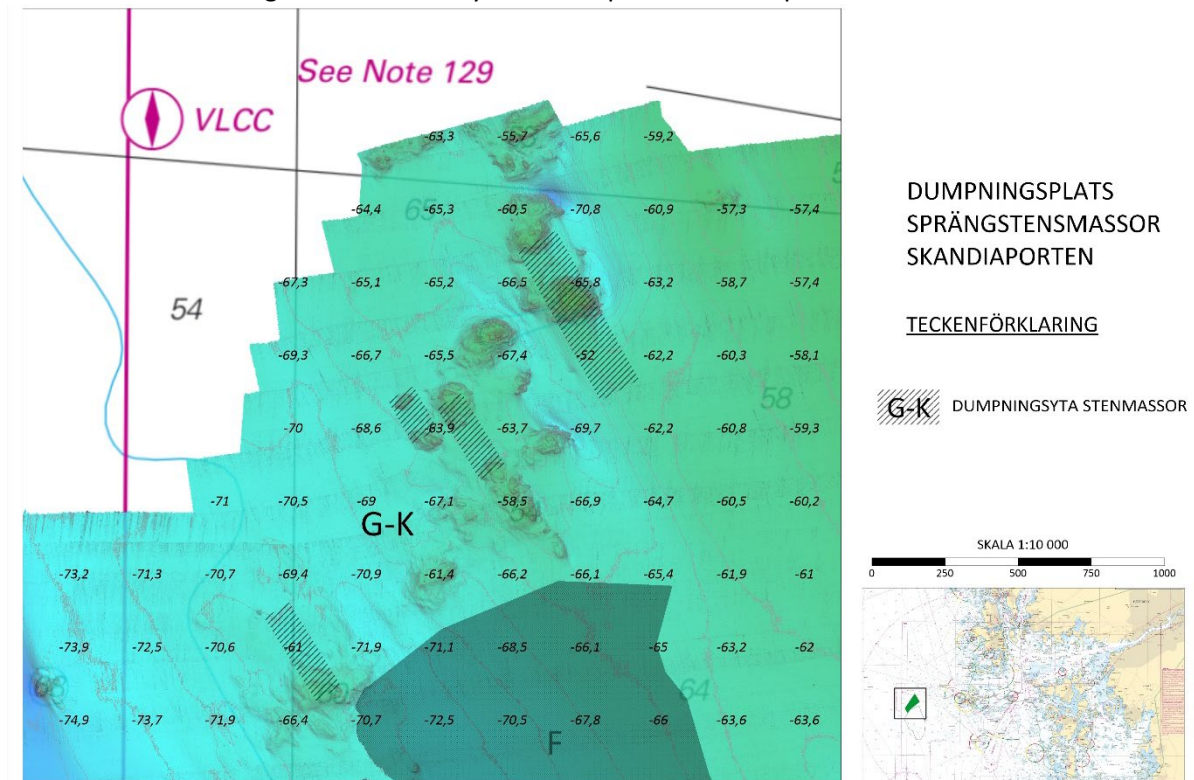
För att tillgodogöra sig delar av uppkomna sprängstensmassor avses att genom utläggning av sprängsten, inom ett område på insidan Måvholmskröken där närliggande hårbottenområde bortmuddras, anlägga nya hårdgjorda bottenmiljöer. Åtgärder genomförs för att sprängstenen så långt möjligt även nyttjas i olika infrastruktur- eller anläggningsprojekt, se nedan kapitel **4.2.1.2**. För att ta höjd för oväntade händelser har utredningar genomförts för att finna lämpliga bottenar för att dumpa sprängstenen. I första hand avses att genom kontrollerad dumpning skapa områden med hårdgjord botten inom sökt dumpningsområde Skandiaporten (område G-K) och i andra hand dumpas stenen tillsammans med lösa massor på ett sätt som möjliggör att karaktären av mjukbotten inom detta område kan bibehållas (område F).

Hårdgjord botten, dumpningsområde Skandiaporten

I område G-K avses botten tillföras sprängstensmassor. Dumpningen avses utföras i ett mönster som bildar en rektangulär form på dumpade massor liknande en "limpa".

Bottenytan som planeras att tas i anspråk upptar en total yta på ca 165 000 m², motsvarande ca 25 fotbollsplaner. Dumpning sker upp till anslutande höjdryggar nivå.

Ca 1 100 000 tam³ bergmassor finns utrymme för i planerade "limpor".



Figur 33, områden för skapande av hårdgjord botten vid dumpningsplats Skandiaporten.

Område	Basarea (m ²)	Topparea (m ²)	Slänt	Ovansida rev (m)	Volym (tam ³)
G	24 700	14 000	1:2	-57	110 000
H	18 360	6 600	1:2	-57	109 000
I	30 000	15 000	1:2	-54	235 000
J	37 750	18 600	1:2	-61	172 700
K	53 750	24 370	1:2	-51	446 000
Summa	164 560				1 072 700

Tabell 3, tabell visandes volymkapacitet för de olika områdena

Hårdgjord botten Måvholmskröken

På insidan av Måvholmskröken, mellan befintliga fyrrar nr.11 samt nr.17 avses att genom utläggning av sprängsten anlägga nya hårbottenytor.

Befintlig botten i och omkring området där ersättningsyta avses utföras består av lera/siltmaterial, se markerat, streckrandigt gult fält i **Figur 34**. Området inom vilken nya hårbottenmiljöer avses anläggas upptar en yta på ca 150 000 m², ca 1 500 x 100 m, motsvarande ca 20 fotbollsplaner och har ett befintligt vattendjup på ca 10-15 m. Avstånd till ny farledsgräns är på alla ställen minst 75 m.

Den nya bottenytan blir cirka 15 000 m².

Volymen som går åt till dessa åtgärder är beroende av slutlig utformning på de nyanlagda hårbottenarna. I nuläget bedöms volymen som krävs vara i storleksordningen 25 000 – 75 000 tfm³.



Figur 34, förslaget område inom vilken ersättning av bortmuddrad botten planeras utföras. Insidan av Måvholmskröken.

Delar av sprängsten som inte kan nyttiggöras för anläggningsändamål eller användas för ny hårdgjord botten tippas på samma plats som leran i syfte att sprängstenen skall sjunka ner i leran, plus överlagras av lermassor (rena), och därigenom bibehålla mjukbottenkaraktären i dumpningsområdet, se figur **Figur 35**, område F.

4.2.1.2 Norra Älvstranden Utveckling AB, sprängstensmassor samt lösa massor

För att nyttiggöra delar av uppkomna muddermassor, både berg och lera, har Projekt Skandiaporten tecknat en avsiktsförklaring med Norra Älvstranden Utveckling AB om leverans av ca 50 000 tam³ sprängsten samt ca 300 000 tam³ lermassor. Massorna skall användas för byggnadstekniska ändamål.

Norra Älvstranden Utveckling AB kommer i egen regi ansöka om erforderliga tillstånd för sin verksamhet.

4.2.2 Hantering lösa massor

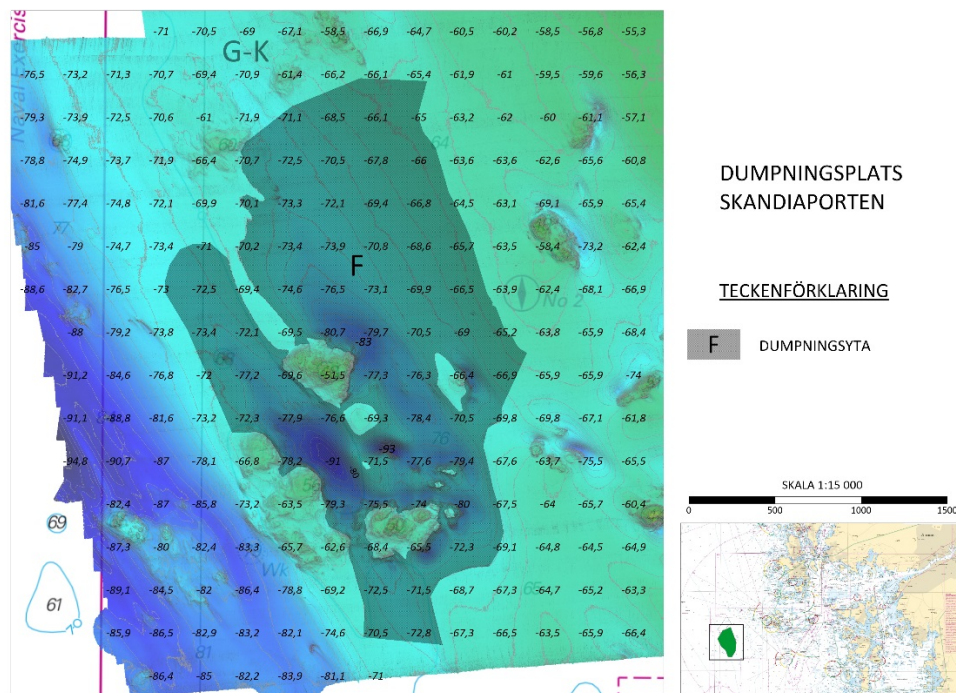
Större delen av de lösa muddermassorna förutsätts dumpas vid det av Sjöfartsverkets nu sökta dumpningsplats Skandiaporten (allmänt vatten) med villkor enligt kommande dumpningsdispens för dumpningsområdet.

Det planerade dumpningsområdet (område F) är beläget 2,5 nautiska mil väster om Vinga fyr, se **Figur 35**.

En mindre del avses nyttiggöras som fyllnadsmaterial, se **kapitel 4.2.1.2**.

Föreslagen dumpningsplats för muddrat material ligger på djup större än 50 m. Dumpning av massor upp till detta djup bedöms inte medföra att erosionsrisken förändras, då varken våggenererad ström eller havsströmmar är tillräckligt starka för att åstadkomma längre perioder med bottenskjuvspänning över det kritiska värdet.

Dumpningsplatsens ytgeologiska förhållande kan förenklat delas i mjuk- respektive hårbotten. Mjukbotten utgörs generellt av glacialt, postglacialt samt recent finmaterial och förekommer inom stora delar av dumpningsplatsen. Hårbotten utgörs av berg, block, sten samt friktionsmaterial och förekommer endast på ett fåtal ställen inom dumpningsplatsen.



Figur 35, föreslagen dumpningsplats, område F



Materialet transporteras i täta pråmar och sugmudderverk till dumpningsområdet där det lossas genom botten tömning. Materialet placeras enligt i förväg upprättad dumpningsplan, med en jämn utbredning av slutlig bottenkonfiguration. Vid dumpningen ligger pråmarna stilla för att minimera grumlingen.

För varje dumpning redovisas vilken dumpningsyta det skett i. Resultatet kontrolleras regelbundet genom sjömätning för att möjliggöra justering av dumpningsmönstret och på så sätt erhålla ett bra slutresultat. Sjömätningens intervall fastställs i kontrollprogram

På dumpningsområdet kommer materialet initialt att inta en något större volym jämfört med situationen innan muddring. Dock minskar materialvolymen något över tiden samtidigt som underliggande botten sätter sig i varierande grad p.g.a. påförd last.

Totalvolym för dumpning till havs beräknas till cirka 13 000 000 tfm³, varav ca 400 000 tfm³ utgör berg. Volymerna är inklusive bedömd övermuddring, och består av lösa sediment av skiftande kvalitet, mestadels lera, samt sprängstensmassor av sådan kvalitet att de inte lämpar sig för anläggningsändamål.

Efter dumpningens avslutande kommer botten slutta svagt mot väster, motsvarande dagens förhållande. Dumpning kommer att ske jämnt över ytan och anpassas till befintlig, närliggande mjukbotten med en jämn och naturlig anslutning.

Projektet arbetar aktivt med att hitta anläggningsändamål för uppkomna bergmassor i närområdet och har identifierat ett flertal användningsområden, se kap **4.2.1.2**.

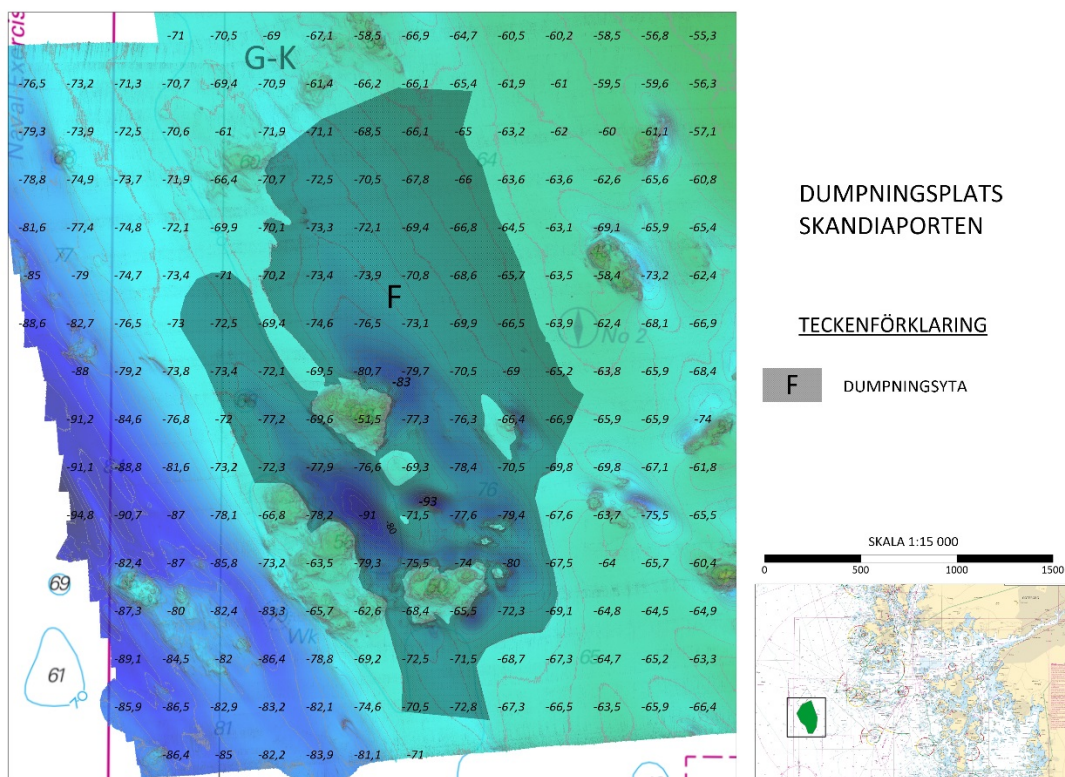
4.2.3 Hantering av förorenade massor

Förorenade massor avses dumpas i botten av djuphålorna inom dumpningsområdet, se **Figur 36**, därefter kommer dumpning ske av opåverkade, preindustriella muddermassor som vid slutförd dumpning kommer överlagra de förorenade massorna med en mäktighet på minst 10 m.

Totalvolym förorenade massor är ca 285 000 tfm³. I den beräknade volymen ingår för klass 5 även sediment i lägre klasser, vilka inte går att särskilja vid muddringen. Den uppskattade volymen för övriga klasser inom den beräknade volymen för klass 5 är ca 50%.

På grund av att olika föroreningar förekommer på olika djup kan avgränsning mellan olika klasser för den sammantagna bedömningen inte alltid göras.

Vid simulering av spridningen från denna dumpning sker endast spridning inom dumpningsområdet.



Figur 36, figur visar tänkta dumpningsplatser för förorenade massor, upp t o m klass 5, i djuphålorna område F.



5 FARTYGSTRAFIK

Sjötrafiken till och från Göteborgs Hamn kommer att fortgå i samma omfattning som tidigare i samband med arbetena. Praktiskt kommer detta att genomföras genom att flytta trafiken till den andra leden, South Channel, då detta är möjligt, eller genom att anpassa arbetet så att trafiken kan passera förbi de olika muddringsplatserna och muddrustrustningen.

För att allvarliga störningar till och från Göteborgs Hamn, inklusive transporter upp längs Göta Älv, inte ska ske måste ledens inre delar, från Dynan in till Skandiahammen, noga planeras vad gäller spängnings- och muddringsarbetena. Vid arbetenas genomförande i ledens inre del är det speciellt viktigt att valda muddringsutrustningar kan arbeta på ett flexibelt sätt, d v s utan onödig störning sjötrafiken. Exempel på flexibla och lämpliga utrustningar är självgående sugmudderverk, (TSHD, **Figur 22**) som med sin egen framdriftsförmåga relativt enkelt och snabbt kan manövrera och på så sätt flytta sig för annan sjötrafik.

Befintlig VTS-central (Vessel Traffic Service/trafikledningscentralen) kommer också att underlätta uppföljningen av aktiviteterna till sjöss i samband med muddringsarbetena.

Alla arbetsfartyg i projektet (mudderverk, pråmar, arbetsplattformar osv) kommer vidare att vara försedda med AIS-transponders, vilket gör det möjligt att följa arbetet och projektets olika parter i befintlig VTS-central med radarövervakning. All sjötrafik kommer att informeras via Ufs (Underrättelse för sjöfarande).

Under projektet kommer daglig kontakt mellan muddringsentreprenören och VTS Göteborg samt Port Control att upprätthållas för att sjötrafiken skall fungera så smidigt som möjligt.

Sjöfartsverket har för projektet framtagit en riskanalys (FSA, Formal Safety Assessment) bestående av bl a nedanstående delar.

Se kort sammanfattning nedan och rapporten i sin helhet återfinns som bilaga 5, FSA

- Nautisk riskutvärdering, som gjordes vid simuleringarna med dimensionerande fartyg då den nya farledens utformning fastställdes. Avser eventuella risker vid trafikering av ny farled. Få nya risker kan identifieras som har sitt specifika ursprung i att fartygen får större tonnage. Sannolikheten för grundstötning uppfattas inte komma att förhöjas med större tonnage. De planerade åtgärdernas syfte har just varit att bibehålla framkomligheten och säkerheten på samma nivå som idag.
- Anläggningsfasen, risker som kan tänkas uppstå i samband med anläggningsfasen. Här kan det omedelbart konstateras att inga specifika nya risker kunnat identifieras med anledning av att farleden byggs om för ett dimensionerande större containerfartyg, utan de risker som finns är de som alltid skall beaktas under anläggningsfasen där sprängning, muddring med tillhörande deponering av muddermassor är de vanligast förekommande aktiviteterna.

6 RISKANALYS VIBRATIONALSSTRANDE ARBETEN KRING ÄLVSBORGS FÄSTNING OCH ÖVRIGA BEFINTLIGA ANLÄGGNINGAR

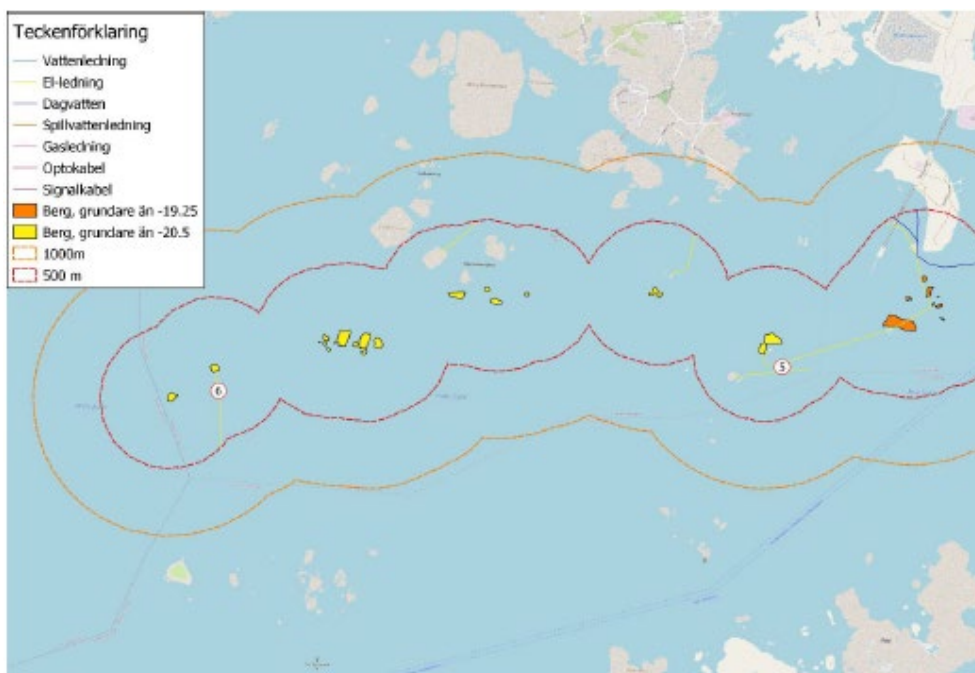
För att minimera risken för negativ omgivningspåverkan på omkringliggande anläggningar har projektet låtit utföra en riskanalys för de vibrationsalstrande arbeten projektet ger upphov till, d v s vid sprängningsarbeten.

En riskanalys för sprängningsarbetena (vibrationsalstrande arbeten) har genomförts för byggnader och anläggningar inom 500 m från sprängningsarbetena samt upp till 1000 m från bostäder. Analysens syfte är att redogöra för konstruktionernas gränsvärden för vibrationer (enligt svensk standard SS 460 48 60 "Vibration och stöt – Riktvärden för sprängningsinducerade vibrationer i byggnader").

Allmänt gäller att som en försiktighetsåtgärd påbörjas sprängningsarbetena för bergschakt med sprängning på betryggande avstånd från känsliga anläggningar. Efterhand som bergschakten avancerar mot anläggningen mäts vibrationerna vid anläggningen. Att vibrationerna avtar med avståndet på de sätt som har antagits i beräkningsmodellen kontrolleras genom att uppmätta värden jämförs med de beräknade.

Före sprängning av varje salva säkerställs att obehöriga (båtar, dykare etc) inte uppehåller sig inom gällande säkerhetsavstånd.

Akustiska signaler används vid behov för att skrämja bort fisk och marina däggdjur från arbetsområdet inför sprängningen.



Figur 37, exempel på redovisning av undersökta områden/fastigheter ur riskanalysen. Yttre delen av farleden. Torshamnspiren till höger i figuren.

Inför arbetena påbörjas kontaktas berörda ledningsägare för att inhämta de föreskrifter och restriktioner som gäller för markarbeten nära deras respektive ledningar och anläggningar. Projektet kommer genom denna kommunikation med lednings- samt fastighetsägare kunna vidta de åtgärder som krävs så att ledningar och fastigheter inte skadas.

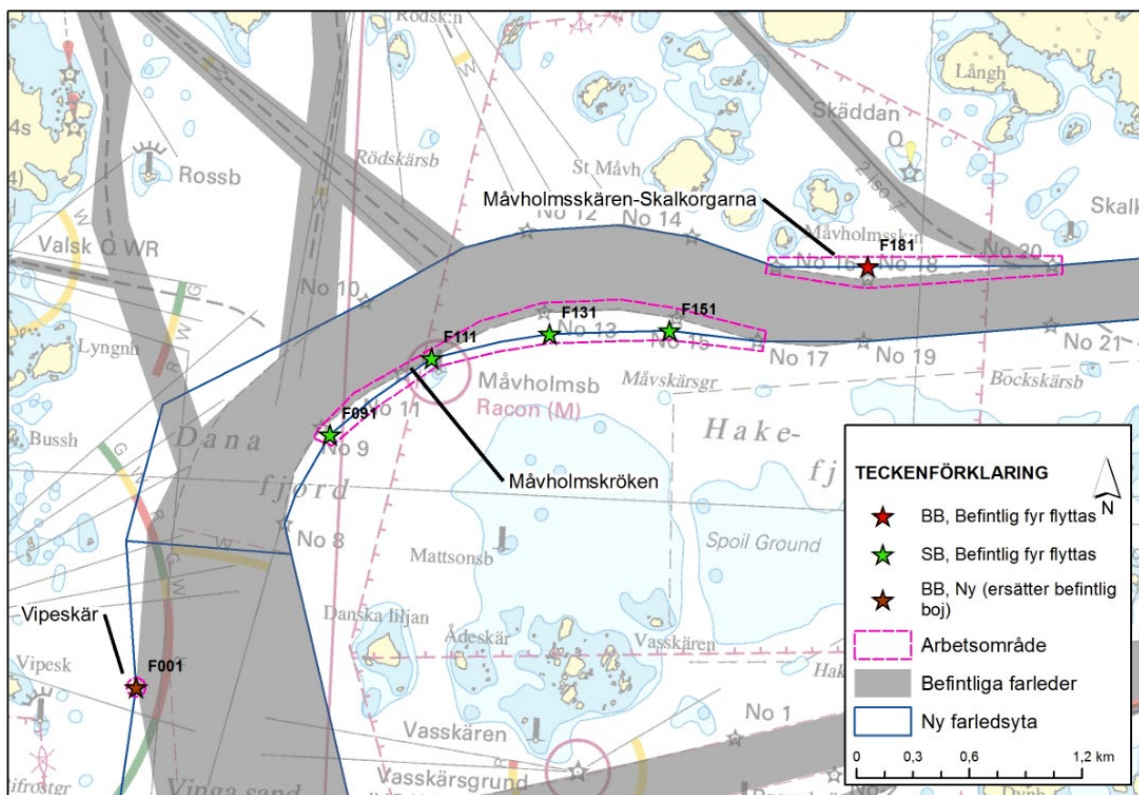
Mot bakgrund av riskanalysen kommer förbesiktning, vibrationsmätning och efterkontroll genomföras för att bestämma sprängningens eventuella påverkan på omkringliggande anläggningar. Vibrationsmätarna kommer monteras på berörda objekt och med möjlighet att kunna avläsas i realtid.

Riskanalysen återfinns som bilaga 4.

7 FARLEDSUTMÄRKNING

I samband med att farledens djup och bredd förändras, behöver farledsutmärkningen justeras. Farledsutmärkningen utgörs av flera olika typer av utmärkningar, varav anläggande av ny fast utmärkning samt flytt av befintlig fast utmärkning omfattas av tillståndsprövningen. Belyst farledsutmärkning är strömförsörjd via solceller varför inga nya undervattenskablar behövs.

Inom projektet kommer en (1) ny kantfyr att anläggas vid Vipeskär och 11 befintliga kantfyrar längs farleden mellan Måvholmskröken och Älvsborgs fästning kommer antingen att flyttas och anläggas på ny plats eller anläggas på nytt på samma plats men på större djup efter att fördjupning av farleden skett. Karta med tillståndspliktiga ändringar i farledsutmärkningen redovisas nedan i **Figur 38** samt **Figur 39**.

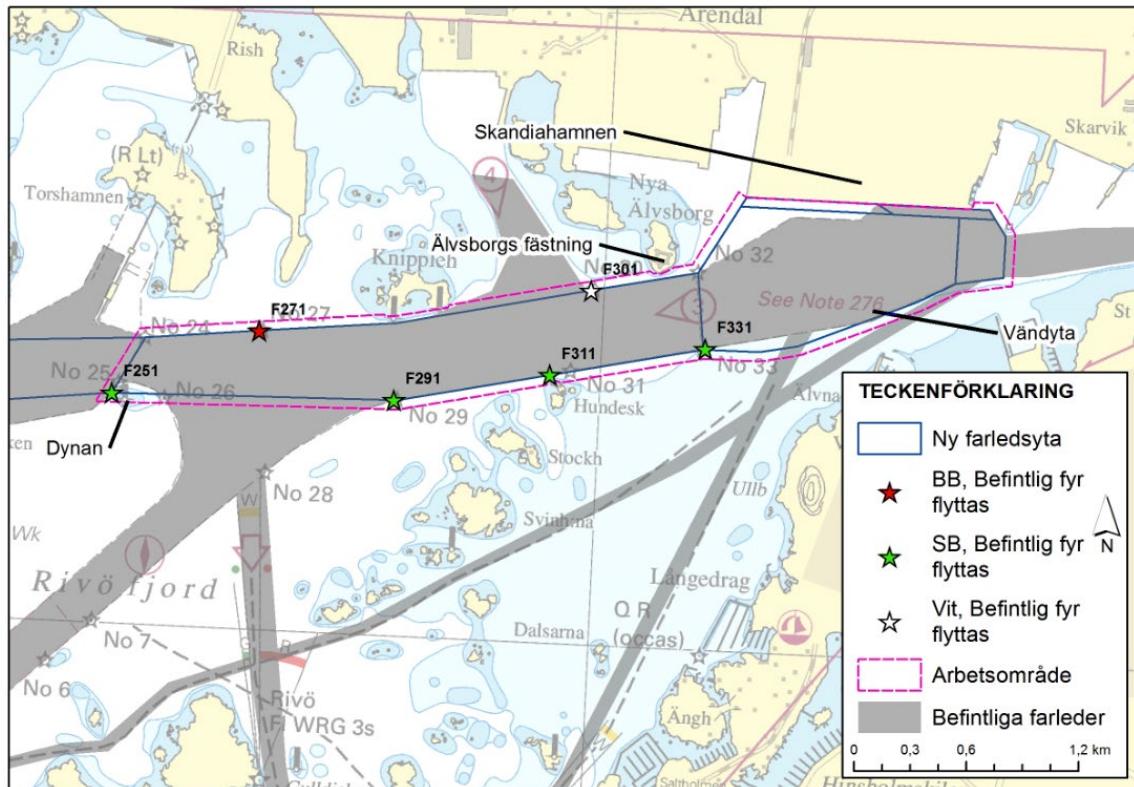


Figur 38, Åtgärder kantfyrar vid Vipeskär, Måvholmskröken och Måvholmskären-Skalkorgarna.

Teckenförklaring bildruta:

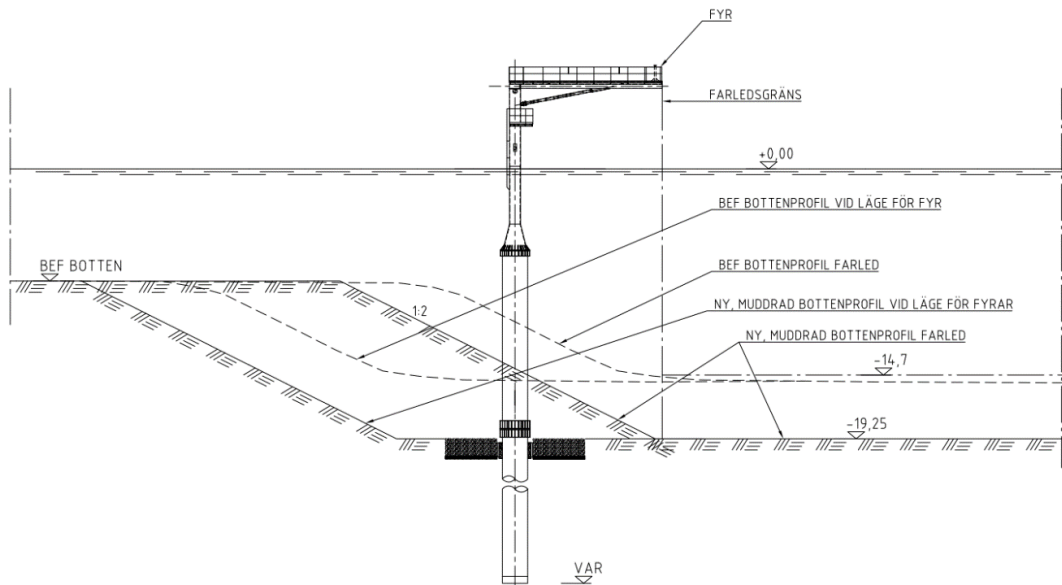
BB= Babord

SB= Styrbord

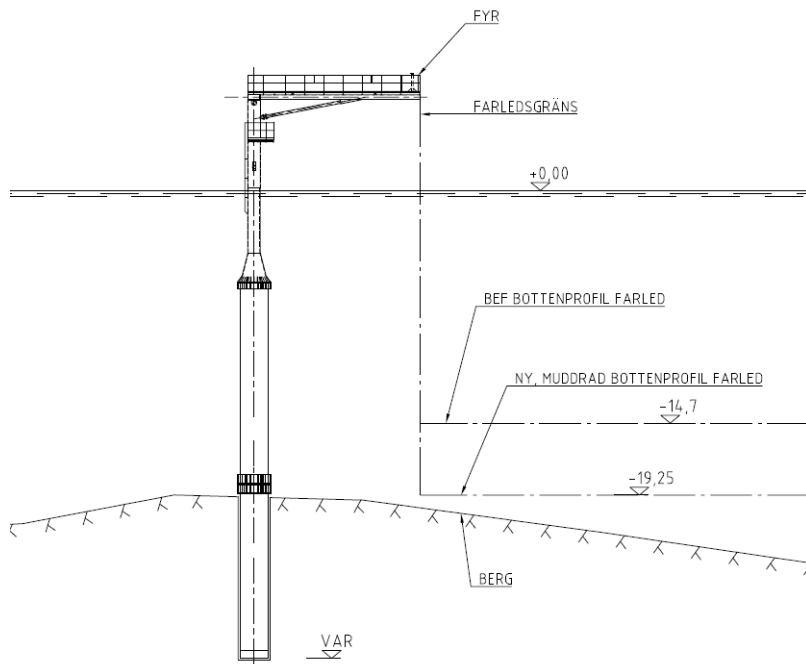


Figur 39, Åtgärder kantfyrar Dynan-Älvsborgs fästning.

De fasta utmärkningarna avses grundläggas med ståndarrör på tre olika typer av bottenar: berg, berg överlagrat med lera, och ren lera. På lera används ett så kallat "kvarnhjul", det vill säga ett stöd i bottenivå till hjälp för leran att uppta horisontella laster, se **Figur 40** för exempel på grundläggning i lera. Vid grunt berg installeras ståndarröret direkt i berg utan "kvarnhjul", se **Figur 41**, och om berget ligger grunt, men inte tillräckligt grunt för att endast kunna installeras i berget, kompletteras det med ett "kvarnhjul". Slutlig utformning av fasta utmärkingar fastställs i projekteringskedet.



Figur 40, Exempel på grundläggning av fyr i lera i anslutning till farled.



Figur 41, Exempel på berggrundläggning av fyr i berg i anslutning till farled.

Fyr- nummer	Installationsmetod/Grundläggningsmetod				Koordinat	
	Åtgärd	Berg	Kombinerad berg/lera	Lera	N	E
F001	Ny		X		6 395 322,5	302 043,2
F091	Befintlig, rivs och flyttas			X	6 396 667,3	303 074,9
F111	Befintlig, rivs och flyttas		X		6 397 072,8	303 615,1
F131	Befintlig, rivs och flyttas		X		6 397 204,4	304 243,8
F151	Befintlig, rivs och flyttas		X		6 397 222,1	304 882,8
F181	Befintlig, rivs och flyttas		X		6 397 562,7	305 937,6
F251	Befintlig, rivs och flyttas	X			6 397 363,5	308 581,4
F271	Befintlig, rivs och flyttas		X		6 397 694,2	309 369,7
F291	Befintlig, rivs och flyttas			X	6 397 323,4	310 087,3
F301	Befintlig, rivs och flyttas			X	6 397 908,0	311 142,6
F311	Befintlig, rivs och flyttas		X		6 397 457,1	310 921,8
F331	Befintlig, rivs och flyttas			X	6 397 594,7	311 752,3
Summa		1	7	4		

Tabell 4, sammanfattning grundläggning för kantfyrar

Angivna koordinater avser fyrlyktans planerade position vid farledsgräns. Själva grundläggningen, ståndarröret, hamnar ca 10 m från denna position utanför farledsgränsen.

Slutlig position fastställs i projekteringsfasen och kan beroende på grundläggningsförhållandena vid avsedd position komma att förskjutas en mindre sträcka längs med farledsgränsen för att förenkla grundläggningen, men fyrlyktans position skall alltid markera farledsgräns.

8 TIDPLAN

Genomförandetiden för planerade arbeten kan variera betydligt beroende på faktorer såsom antalet mudderverk, flytande arbetsplattformar som används, väder, samt de begränsningar som föreskrivs för genomförandet med hänsyn till enskilda och allmänna intressen. Alla eventuella restriktioner under genomförandet innebär att genomförandeperioden förlängs. I normala fall är det mest fördelaktigt ur miljösynpunkt att begränsa den totala genomförandetiden. På grund av långa transportavstånd och höga etableringskostnader för framförallt mudderverk är det viktigt att muddringen kan genomföras under en sammanhängande tidsperiod.

För muddringen, med utgångspunkt från scenariot att arbetet bedrivs dygnet runt 7 dagar/vecka, vilket ofta är fallet i större projekt, bedöms tiden för muddringen vara ca 14-16 månader.

Ca 4 månaders muddringsarbeten i förberedande syfte för fyrinstallationer bedöms utföras under sommarhalvåret.

För installation av fyrar bedöms tiden vara 6-7 månader.

Delar av arbetena med fyrinstallationer kan bedrivas samtidigt som muddringsarbetena varvid den totala genomförandetiden är mindre. Under sommarperioden 15 Maj - 15 Augusti begränsas muddringen till 4 000 m³/dygn.

Entreprenadarbetena bedöms som tidigast kunna påbörjas kvartal 3 2023.

Farledsarbeten, Aktivitet	År 1 (Kvartal) (Månad)				År 2 (Kvartal) (Månad)				År 3 (Kvartal) (Månad)																											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4																								
Etablering	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Muddringsarbeten	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Fyrinstallation	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

Tabell 5, uppskattad tidplan för genomförande.