

PM

Dumpning av muddermassor från Projekt Kappelshamn

Ombyggnad av hamnanläggning och anpassning av
farled i Kappelshamnsviken, Gotland

1 Inledning och syfte

Fortifikationsverket och Sjöfartsverket avser att ansöka om tillstånd enligt miljöbalken för ut- och ombyggnation av Kappelshamns hamn på norra Gotland. Arbetena avser ut- och ombyggnad av hamninfrastruktur för hamnplan, kajer, pir och vågbrytare samt muddring i hamnbassäng, vändyta och farled.

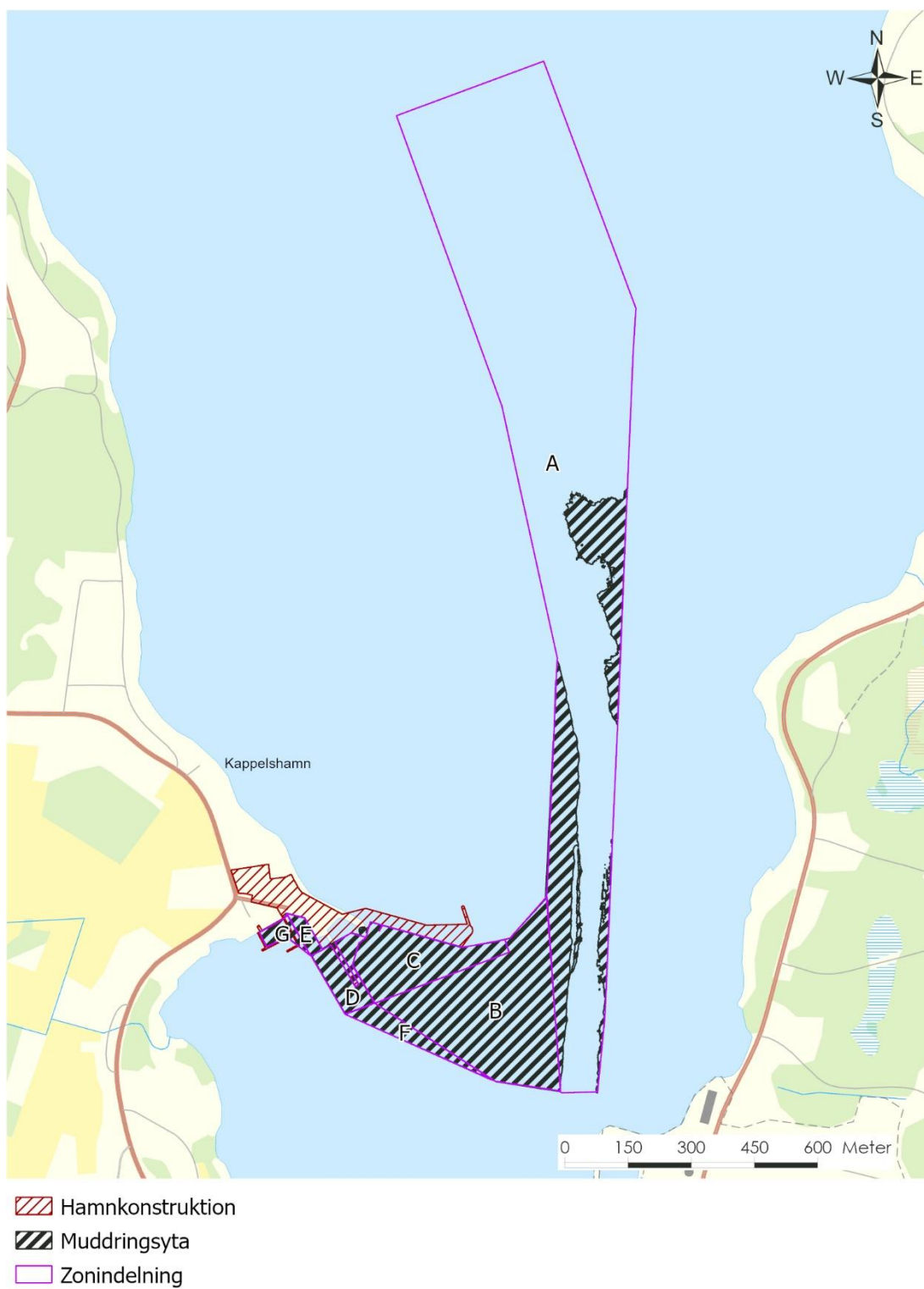
Under utredningen av alternativ för hantering av muddermassor har alternativet att i första hand återanvända massor som utfyllnad inom projektet och i andra hand dumpa rena muddermassor inom ett område norr om Kappelshamnsvikens mynning visat sig vara de bästa alternativen för hanteringen av dessa massor med hänsyn till avfallshierarkin.

Syftet med denna PM är att ge en samlad bild av förhållanden kring dumpningsområdet och att bedöma huruvida dumpningen av muddermassor i klass 1-3 enligt SGU:s (SGU, 2017) respektive Naturvårdsverkets bedömningsgrunder, (Naturvårdsverket, 1999) från Projekt Kappelshamn kan utföras utan olägenhet för människors hälsa eller miljö i enlighet med 15 kap. 29 § Miljöbalken. PM:et sammanfattar de undersökningar som gjorts av muddrings- och dumpningsområdet samt den bedömda miljöpåverkan som uppstår till följd av dumpning av aktuella muddermassor.

2 Aktuella muddermassor

Muddringsåtgärderna innebär en anpassning av farledsyta samt vändyta till Transportstyrelsens nationella samt PIANC's internationella rekommendationer avseende sjösäkerhet och farledsutformning. De ytor som ska muddras framgår i Figur 1 nedan. Farledsytan definieras som område A, vändytan som område B, hamnbassängen som område C-F och småbåtshamnen som område G.

De totala volymer muddermassor samt areor som beräknas uppkomma vid muddringen redovisas i Tabell 1.



Figur 1. Karta som översiktligt visar planerade åtgärder vid Kappelshamns hamn.

Tabell 1. Beräknade muddringsvolymen samt areor för respektive muddringszon.

Zon	Muddringsvolym (t _{fm} ³)	Muddringsarea (m ²)
A	111 500	83 000
B	270 500	98 400
C	116 600	39 900
D	27 000	13 600
E	3 400	2 500
F	6 700	8 000
G	2 200	4 300
Totalt A-B (farled och vändyta)	382 000	181 400
Totalt C-G (hamnbasäng inkl småbåtshamn)	155 900	68 300
Totalt	537 900	249 700

2.1 Utförda undersökningar och provtagningar

Geotekniska undersökningar som har utförts vid havsbotten i det aktuella muddringsområdet visar ett övre lager av naturligt lagrade jordar av sediment och/eller finkorniga jordar. Därunder följer ett lager av friktionsjord som vilar på kalkberg, för närmre beskrivning se bilaga B5 till ansökan.

Under 2024 utfördes sedimentprovtagning i 17 punkter inom de planerade muddringsytorna med hjälp av en ekmanhuggare från båt. Bottensedimenten bedömdes i fält mestadels bestå av hårdpackad lera vilket medförde att endast ytliga prover (0–0,1 m under bedömd botten) kunde uttas. Merparten av uppmätta föroreningshalter i uttagna sedimentprover motsvarade Klass 1–3 enligt SGU:s respektive Naturvårdsverkets bedömningsgrunder, (SGU, 2017), (Naturvårdsverket, 1999) det vill säga generellt låga föroreningshalter, se bilaga C1 till ansökan. Samtliga analysresultat avseende pesticider (5 provpunkter) och PCB (17 provpunkter) påvisade halter under analysens rapporteringsgräns.

Under våren 2025 utfördes en kompletterande sedimentprovtagning i Kappelshamn där prover uttogs i hamnområde, vändyta och farled, se bilaga C1 till ansökan. Den kompletterande provtagningen syftade till att, tillsammans med tidigare provtagningar, ge en heltäckande bild av föroreningssituationen inom det planerade muddringsområdet. Prover uttogs av dykare i 17 provpunkter. Provtagning utfördes i ytligt sediment som motsvarade ett djupintervall på 0–0,2 m under bedömd bottenivå. Uttag av djupare prover (0,2–0,5 m under befintlig botten) kunde uttas i nio av provpunkterna. Majoriteten av proverna uttogs i området nära hamnen.

Ett antal prover, uttagna ned till mellan 0,1 och 0,2 m i muddringsområdet, har analyserats med avseende på kornstorleksfördelning. Resultaten visar att muddermassorna till största delen består av sand, från finsand till grovsand, med en del grus. I ett av proven, 25AF16, kunde kornstorlek under 0,063 mm uppmätas och i det provet bestod sedimenten av ca 29 % sand. Se Tabell 2 samt bilaga C1 till ansökan för jordartsklassificering.

Tabell 2. Jordartsklassificering av muddermassor

Provpunkt	Djup	Jordartsklassificering
AF24214	0,0-0,1	Siltig SAND med skalrester samt enstaka växtdelar
AF24220	0,0-0,1	Sandig siltig LERA
AF24228	0,0-0,1	Något gyttjig sandig SILT med skalrester
AF24237	0,0-0,1	Siltig GYTTJA
AF24240	0,0-0,1	SAND med skalrester
AF24245	0,0-0,1	SAND med skalrester
AF24248	0,0-0,1	Sandig GYTTJA
AF24253	0,0-0,1	Sandig siltig LERA
AF24258	0,0-0,1	Gyttjig siltig SAND
25AF13	0,0-0,2	MELLANSAND
25AF14	0,0-0,2	SAND
25AF16	0,0-0,2	SAND
25AF16	0,2-0,3	Sandig siltig LERA

Bedömningar av sedimentsammansättning som gjorts i samband med de geotekniska undersökningarna i området indikerar att ca 50 % av materialet som ska muddras kan bestå av sand eller grövre material. Andelen organiskt material i proverna är låg och varierar mellan 0,1 och 0,6 %TS totalt organiskt kol (TOC).

2.2 Klassning av muddringsytor

Utifrån batymetriska förhållanden på platsen delas muddringsområdet in i zoner från A-G, se Figur 2, där zon A motsvarar farleden, zon B motsvarar vändytan, C-F motsvarar hamnbassängen och zon G motsvarar småbåtshamnen. Baserat på provpunkternas klassning enligt SGU:s (SGU, 2017) respektive Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Naturvårdsverket, 1999) har sedan zonerna bedömts till en sammantagen klassning för hela området. Klassningen av muddringsytor redovisas i Figur 2 nedan. Mer detaljerad beskrivning av klassindelningen redovisas i bilaga C2 till ansökan.



Figur 2. Zoner med sediment av föroreningsklass 4-5 (enligt Naturvårdsverkets och SGUs bedömningsgrunder) i orange samt områden med sediment av föroreningsklass 1-3 i grönt. Klassningen baseras på undersökningar utförda år 2023 och 2024 och klassningen motsvarar den översta halvmeteren av botten sedimentet.

3 Valt dumpningsområde

Ett lämpligt område för dumpning definieras utifrån lämpliga bottenförhållanden, områdets känslighet, förväntade miljöeffekter, kostnader, genomförbarhet och motstående intressen. Utifrån dessa kriterier har Sjöfartsverket och Fortifikationsverket utifrån olika potentiella dumpningsområden valt ut dumpningsområdet vid Kappelshamnsvikens mynning som lämpligast, se Figur 3.

Vad som utgör ett lämpligt bottenförhållande beror på vilken typ av muddermassor som ska dumpas. För att minska den negativa miljöpåverkan kan det vara viktigt att följa principen "lika på lika". Det innebär att de massor som dumpas ska ha ungefär samma sammansättning av kornstorlek som bottensedimenten på dumpningsplatsen (Havs- och Vattenmyndigheten, 2017). Dumpning av leriga, siltiga massor ska som huvudregel ske på en ackumulationsbotten för att hindra att de dumpade massorna sprids till omgivningen. För dumpning av sprängsten, grus, sten, block och morän ska en moränbotten väljas. Områdets läge och vattendjup ska vara sådant att erosion av dumpade kornstorlekar inte förekommer.

Definitionen av olika botten typer enligt Havs- och vattenmyndigheten vägledning (Havs- och Vattenmyndigheten, 2017) beskrivs nedan:

Akkumulationsbottnar är bottnar där finmaterial med falldiameter mindre än 0,006 mm kontinuerligt kan sedimentera, och inte spridas vidare. Sedimentens översta centimeter består av löst finmaterial med hög vattenhalt och hög halt av organiskt material >5 % TS totalt organiskt kol (TOC) (Håkansson & Jansson, 2002).

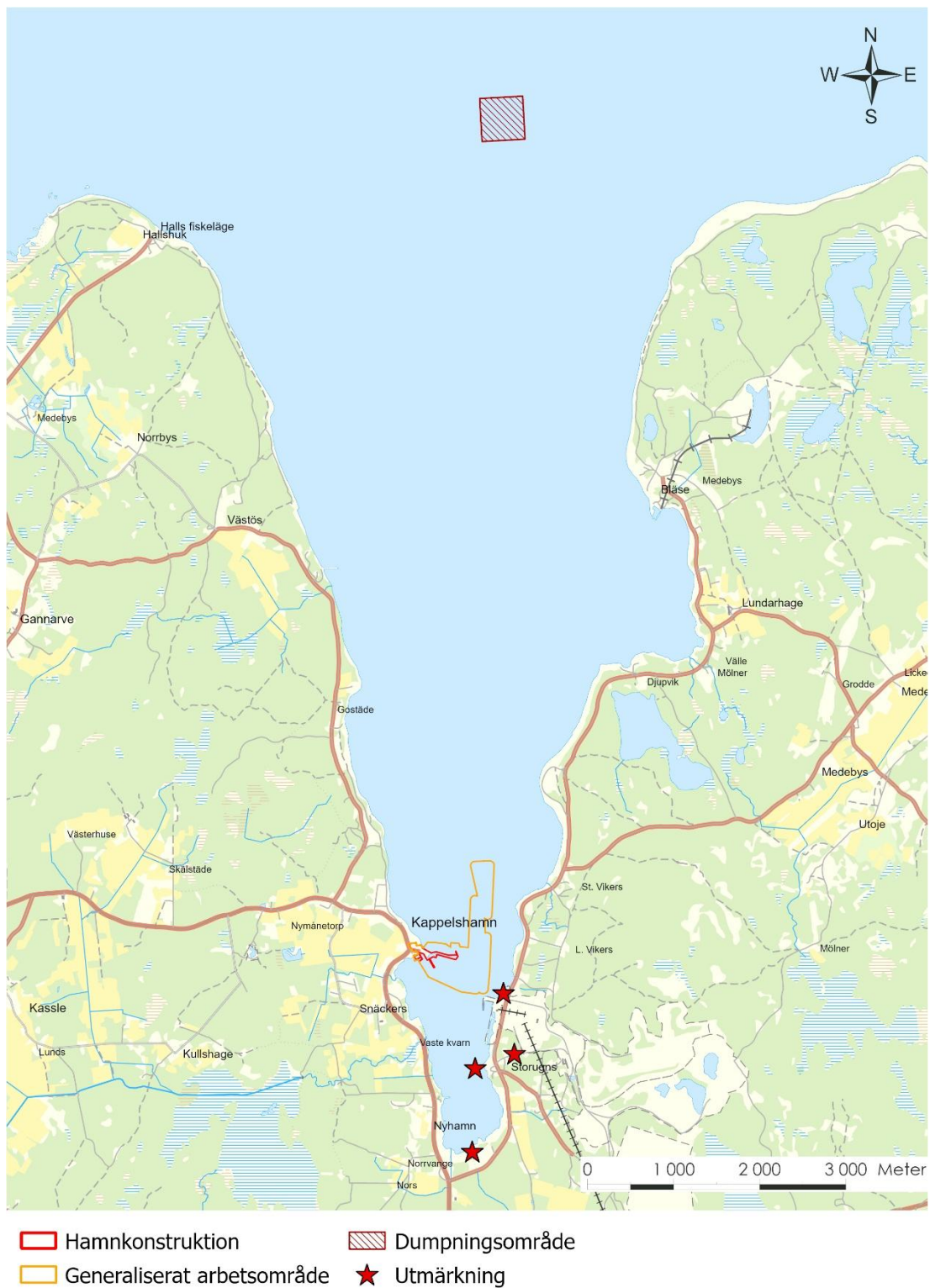
Transportbottnar är bottnar där sediment kan ackumuleras under en kortare tid för att sedan vid främst stormar förflyttas till nya platser och slutligen sedimentera på en ackumulationsbotten. Transportbottnar har stora vattenrörelser, vilket innebär att finmaterial inte sedimenterar utan sprids vidare. Skiftande förhållanden råder och sedimenten kan bestå av löst finmaterial, mer hårt packade leror eller sand och grus.

Erosionsbottnar är bottnar som ständigt är utsatta för erosion. Nytt sediment ackumuleras inte på en erosionsbotten, däremot eroderas gammalt sediment fram. Bottnarna återfinns i rinnande miljöer, längs stränder och i mycket branta eller strömsatta bottenpartier.

Det planerade dumpningsområdet utgörs av en kvadratisk yta med sidomått cirka 550x550 m, dvs med en yta om ca 300 000 m². Nuvarande vattendjup vid dumpningsområdet är ca 90 m.

Dumpningsområdet ligger i vattenförekomsten Gotlands n kustvatten (WA97576217) som är ca 85 km² stor och sträcker sig från Hallshuk i väst till Vialmsudd i öst.

Nordkalk ansökte om och beviljades dispens att dumpa muddermassor inom det aktuella dumpningsområdet under 2006 (se Stockholms tingsrätt, miljödomstolens dom den 10 oktober 2006 i mål M 33806-05). Bolaget genomförde dumpningar under två säsonger, 2007 och 2008, då ca 100 000 m³ muddermassor dumpades per tillfälle. Platsen förordades också av SGU då botten bestod av unga leror vilket indikerade en låg sedimentdynamisk aktivitet och sannolikt deposition.

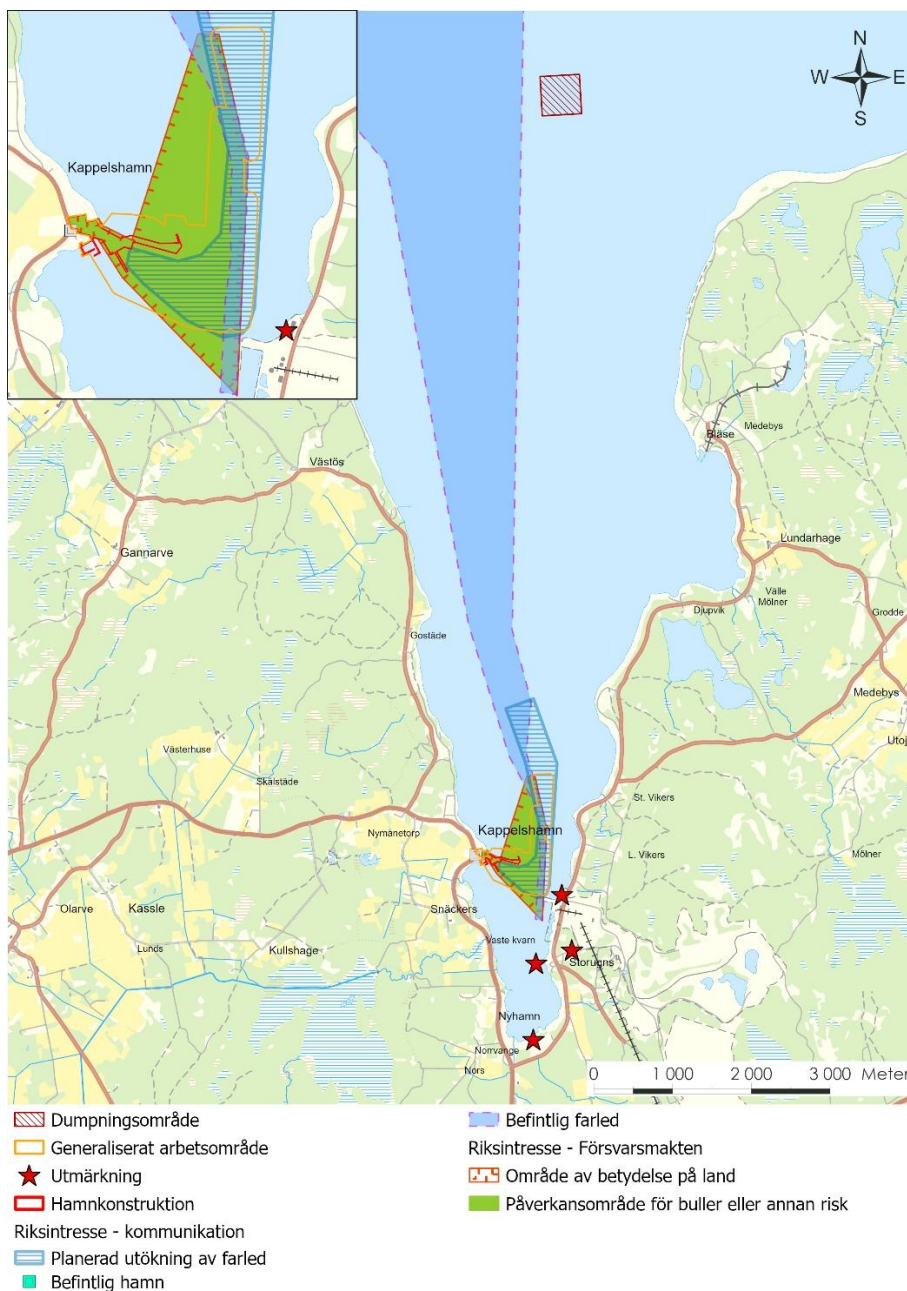


Figur 3. Översiktlig figur över planerade åtgärder i Projekt Kappelshamn. Arbetsområde är område inom vilket muddring, rivning och byggnation av hamnanläggning samt utmärkning ska utföras.

3.1 Riksintressen och skyddade områden

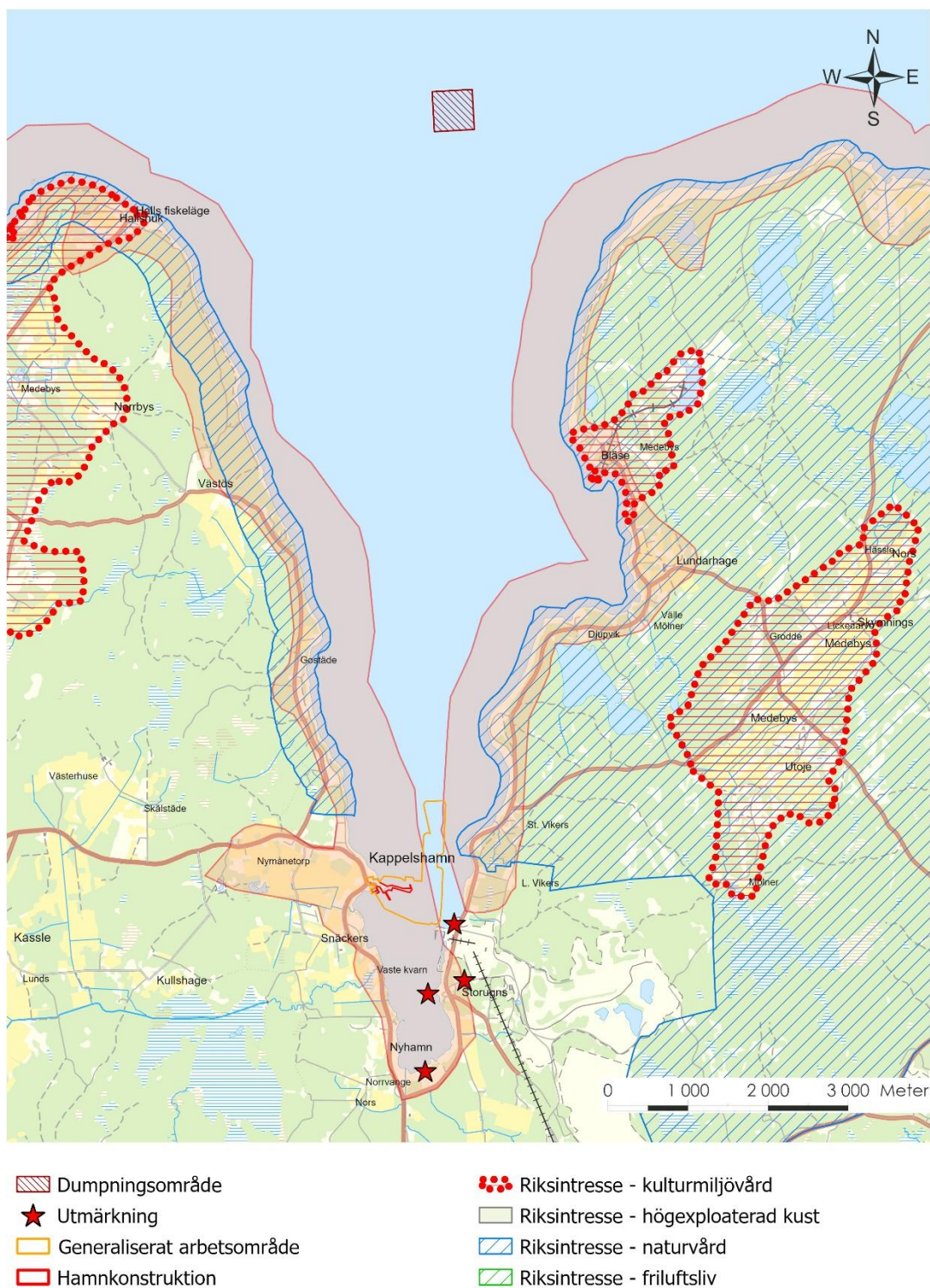
Farleden samt inloppet till Storugns är utpekade som riksintressen för kommunikation (sjöfart) då farleder till hamn av riksintresse eller enskild hamn av större betydelse pekas ut som riksintresse. Riksintresset ligger väster om det utpekade dumpningsområdet, se Figur 4. Dumpningsområdet ligger också inom riksintresset Visby flygplats gällande MSA, som täcker en yta med en radie på 55 km med utgångspunkt i VOR-fyren på flygplatsen.

Dumpningsområdet ligger inom ett område som är utpekade som riksintresse för Totalförsvaret, 3 kap 9 § Miljöbalken MSA-områden, Visby flygplats. MSA-områden är ett påverkansområde kring en flygplats som utgör riksintresse för totalförsvarets militära del. Militär definition av MSA avser "Minimum Safe Altitude". MSA anger den minimihöjd kring en militär flygplats inom vilken det är säkert att genomföra in- och utflygningar.



Figur 4 Översiktskarta med riksintressen samt aktuellt dumpningsområde och planerade åtgärder i Kappelshamnsviken markerade i bilden

Hela Gotland med omkringliggande vatten omfattas av riksintresset för rörligt friluftsliv, Gotlandskusten, enligt 4 kap. 2 § MB. Friluftslivet längs kusten innefattar bland annat bad, båtliv och kanotpaddling. Riksintresset i förhållande till Kappelshamn och dumpningsområdet visas i Figur 5.



Figur 5 Översiktskarta med riksintressen samt aktuella dumpningsområdet och planerade åtgärder i Kappelshamnsviken markerade i bilden.

Dumpningsområdet omfattar inte några skyddade områden. Närmaste Natura 2000-område ligger på land ca 3 km från dumpningsområdet och närmsta naturvårdsområde, Gotlandskusten, ligger ca 2 km från dumpningsområdet.

3.2 Bottenförhållanden

Projektet har låtit utföra miljötekniska undersökningar av havsbotten inom den utpekade dumpningsområdet, se bilaga C1 till ansökan. Inom undersökningen utgick man också från ett större inventeringsområde som användes vid undersökning av bottenfauna samt makrofyter.

Sedimentprover samlades in från tre undersökningspunkter DS1, DS2 och DS3, se Figur 6.



Figur 6 Dumpningsområde samt punkter för sedimentprovtagning (Sweco , 2025).

Resultaten från provtagningarna visade att bottenstratet var förhållandevis fast, vilket begränsade provtagarens penetrationsdjup. Den djupaste provpunkten, DS2, togs ned till ett djup av 15 cm. Särskilt fast var sedimentet vid undersökningspunkten DS1 där enbart sedimentets ytskikt kunde provtas. Detta utgjordes av fast siltig, sandig lera. I undersökningspunkterna, DS2 och DS3 utgjordes sedimenten av gyttjig silt som underlagrades av postglacial lera. Vid en av undersökningspunkterna noterades färskt organiskt material ("fluff") på ytan av sedimentet, vilket kan tyda på att det kan ske deposition av organiskt material på platsen.

Material från undersökningspunkt DS3 analyserades med avseende på metaller i tre djupnivåer (0–2, 2–4 och 4–6 cm). Uppmätta metallhalter var i nivå med klass 1–2 enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för sediment (Naturvårdsverket, 1999), vilket innebär ingen eller liten avvikelse från förindustriella bakgrundshalter. Kadmium uppmättes i halter motsvarande klass 3 (tydlig avvikelse från förindustriell bakgrundshalt), se Tabell 3. Generellt förekom undersökta metaller i något högre halter i det mest yttnära skiktet (0–2

cm), jämfört med djupare lager. För kvicksilver och zink var halterna dock något högre vid 4–6 cm-nivån än i ytskiktet, vilket tyder på deposition under industriell tid.

Organiska föroreningar analyserades i tre nivåer i sedimentskikt från undersökningspunkt DS2. Summahalter av PAH (PAH 11 och PAH15) och PCB (PCB7) påvisades upp till klass 3 (måttligt hög halt) enligt tillståndsbaserade bedömningsgrunder för sediment (SGU, 2017). PAH detekterades i samtliga tre prov och PCB i de två övre skikten. Tributyltenn (TBT) uppmättes i måttligt hög halt (klass 3) i de två mest ytliga skikten (0–2 och 2–4 cm), se Tabell 3. Dessa förhöjda halter skulle kunna förklaras av Nordkalks tidigare dumpningar under 2007 och 2008.

Tabell 3 Uppmätta halter av kadmium, PCB7 och TBT. Färgmarkering indikerar tillståndsklass enligt en femgradig skala där klass 1 (blå) motsvarar mycket låg halt och klass 5 (röd) motsvarar mycket hög halt (SGU, 2017) (Naturvårdsverket, 1999) Klass 2 = grön, klass 3 = gul

	Provpunkt	DS3	DS3	DS3	DS1	DS2	DS2	DS2
Ämne	Djup (cm)	0-2	2-4	4-6	0-2	0-5	5-10	10-15
Kadmium	mg/kg TS	1,08	0,713	0,759				
Summa PCB7	mg/kg TS					0,00455	0,0002	<0,00035
TBT	µg/kg TS					1,99	1,41	<1

Uppmätta värden av utvalda fysikalisk-kemiska parametrar i sediment redovisas i Tabell 4/Tabell 5.

Tabell 4 Uppmätta halter av torrsubstans (TS), totalt organiskt kol (TOC) samt glödförlust (GF) i ytnära sedimentskikt från undersökningspunkterna DS1–3.

Undersökningspunkt	Djupintervall (cm)	TOC, %TS	Glödförlust, % GF
DS1	0–2	0,8	2,7
DS2	0–5	1	4,4
DS3	0–2	2,4	8,8

För samtliga analysresultat se bilaga C1 till ansökan. Analysresultat från sedimentundersökningen av dumpningsområdet visar att området speglar transportbottenförhållanden där finpartikulärt material under perioder ackumuleras.

3.3 Strömnings- och erosionsförhållanden

Modellberäkningar av strömförhållanden har gjorts i samband med beräkningar av sedimentspridning från planerade åtgärder, se bilaga C4 till ansökan samt förändrad vattenomsättning som följd av ombyggnad av Kappelshamn. Resultaten visar att strömhastigheterna nära botten vid det planerade dumpningsområdet vanligtvis är låga. Den huvudsakliga strömriktningen är mot djupare vatten i riktning mot sydväst–väst.

Bottenskjuvspänning används som en indikation på när erosion kan ske på botten. Den kritiska bottenskjuvspänningen, det vill säga det värde då erosion initieras, beror bland annat på kornstorlek, vattenhalt, kohesion och konsolideringsgrad hos bottenmaterialet.

Bottenskjuvspänning inom det aktuella dumpningsområdet under nuvarande förhållanden (innan dumpning) och efter dumpning har beräknats i samband med beräkningarna av sedimentspridning för en sommarperiod, se bilaga C4 till ansökan samt förändrad

vattenomsättning som följd av ombyggnad av Kappelshamn. Bottenskjuvspänningar efter dumpning har även beräknats för en höstperiod. Resultatet visade att bottenskjuvspänningen på platsen för dumpning beräknas bli mycket låg under sommaren, i medeltal 0,001 till 0,002 Pa och att den förhöjda botten efter dumpning inte medför att bottenskjuvspänningarna ökar, snarare tvärtom. Maxvärden under simulerade sommarperioden innan dumpning ligger i spannet 0,02 till 0,03 Pa. Under höstperioden och efter dumpning är medeltalet knappt det dubbla. Maxvärden under den simulerade höstperioden efter dumpning är något lägre.

Den kritiska bottenskjuvspänningen för de minsta partiklar som förväntas förekomma (flockulerade partiklar av ler och finsilt ~10 µm) förväntas enligt mätningar och beräkningar ligga omkring 0,04 Pa (van Rijn, Critical bed-shear stress for mud-sand beds, 2020), (van Rijn, United view of sediment transport by currents and waves I: Initiation of motion, bed roughness and bed load transport, 2007). För mellansilt (> 20 µm), grovsilt och finsand bedöms den kritiska bottenskjuvspänningen ligga i spannet 0,06 till 0,1 Pa. Andel av tid som bottenskjuvspänningarna under sommarförhållanden är högre än 0,01 Pa är cirka 1–2 %. Under hösten kan detta värde överskridas under omkring 3–4 % av tiden. Således bedöms det sannolikt att det kontinuerligt råder ackumulationsförhållanden vid det planerade dumpningsområdet för mellansilt och grövre material. Maxvärdena av bottenskjuvspänning är i samma storleksordning som den kritiska bottenskjuvspänningen för de mest finkorniga sedimentfraktionerna, ler och finsilt. Bottenundersökningar på platsen har visat på ett tunt lager av färskt organiskt material över några centimeter av lös silt i provpunkt DS2 och ett några centimeter tjockt lager av lös silt i provpunkt DS3. Under dessa lager påträffades hårdare lermaterial.

Det är därför sannolikt att det stundtals sker erosion av lera och finsilt vid det planerade dumpningsområdet, även om det under större delen av tiden bedöms råda ackumulationsförhållanden även för dessa partiklar.

Värdena på bottenskjuvspänningarna i dumpningsområdet har jämförts med värdena i vändytan som ligger på betydligt grundare vatten. I vändytan, zon B, är bottenskjuvspänningarna i både medeltal och standardavvikelse nästan dubbelt så höga som vid dumpningsområdet. Andelen av tid då de överskrider 0,01 Pa är över 15 % under de simulerade höstförhållandena jämfört med 3–4 % vid dumpningsområdet. Materialet som planeras dumpas kommer med andra ord att hämtas från grundare vatten där bottenskjuvspänningarna generellt är högre och mer varierande än vid dumpningsområdet. Detta betyder att eventuell pågående erosion av materialet som ska muddras kan förväntas vara större där det ligger idag, än där det planeras att dumpas. Se vidare diskussion i avsnitt 6.2.1.

3.4 Bottenfauna och makrofyter

År 2025 genomfördes en inventering av marina naturvärden inklusive bottenfaunaundersökning vid dumpningsområdet, se bilaga C8 till ansökan. I dumpningsområdet låg stationerna på ca 90 meters djup, inom inventeringsområdet varierade djupet mellan 80–100 meter. De djupaste punkterna var lokaliserade i norra och västra delen av referensytan, se Figur 7.

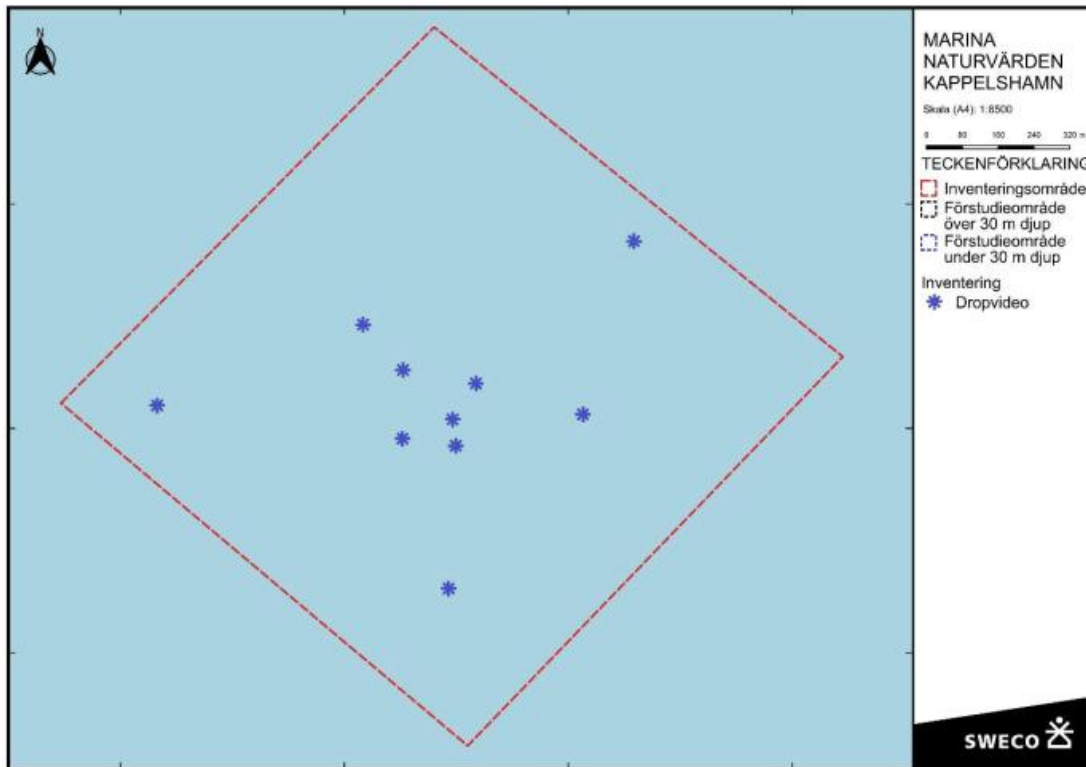


Figur 7. Dumpningsområde samt provtagningspunkter för bottenfaunaprovtagning (Sweco, 2025).

Prov togs med en bottenhuggare av Van Veen typ (provyta 0,1 m²) och inventeringsarbetet utfördes i enlighet med Havs- och vattenmyndighetens undersökningstyp för mjukbottenlevande makrofauna.

Vid dumpningsområdet återfanns inga arter i något prov. Svavelväte noterades i alla punkter förutom DIREF2 och DIREF5, se Figur 7. Svavelväte indikerar syrefattiga eller syrefria miljöer. Dumpningsområdet och referensområdet klassas till Dålig ekologisk status.

En naturvärdesinventering av dumpningsområdet genomfördes under 2025, bilaga C7 till ansökan. Undersökning av bottenarna gjordes med dropvideofilmning på 10 platser inom dumpningsområdet, se Figur 8.



Figur 8. Dropvideopunkter i inventeringsområdet (Sweco, 2025)

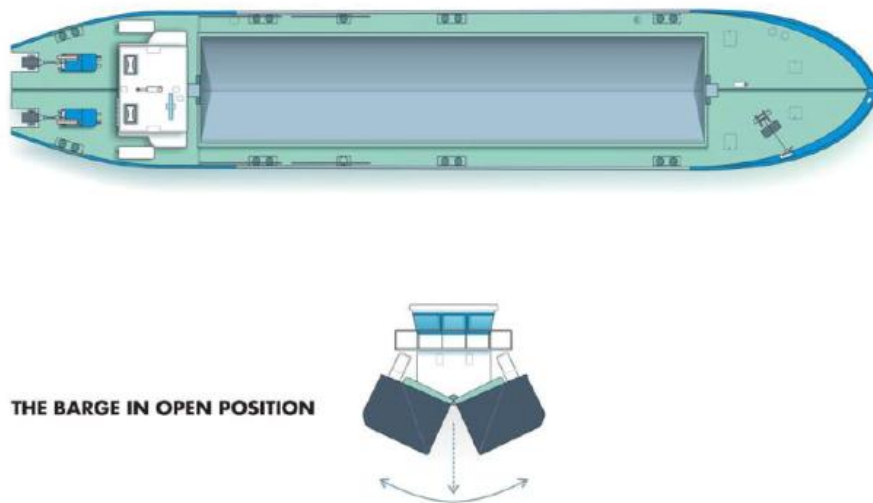
Kameraanordningen sänktes ner ca 0,5 meter ovanför botten. Filmning pågick ungefär 30 sekunder per station. Vattendjup, substrat och vegetation noterades i fält och punkterna mättes in med GPS.

Det djupa yttre inventeringsområdet klassades till "klass 5-Övrig biotop", den lägsta klassningen av marina naturvärdesbiotoper, eftersom syrebrist på bottnarna noterades i form av bakteriemattor och svaveldoft. I biotopen finns endast en begränsad förutsättning för biologisk mångfald. Inget marint liv hittades i bottenfaunaprovtagningen eller noterades vid filmningen. Dessa bottnar saknar i stort naturvärden och området hyser endast värden kopplade till konnektivitet samt vattenpelaren som hyser värden för fisk och marina däggdjur. Enligt den årliga undersökningen av syre i Östersjön som SMHI utför ligger dumpningsområdet i ett område som haft syrefria miljöer under sommaren sedan 1995, se bilaga C7 till ansökan.

4 Utförande

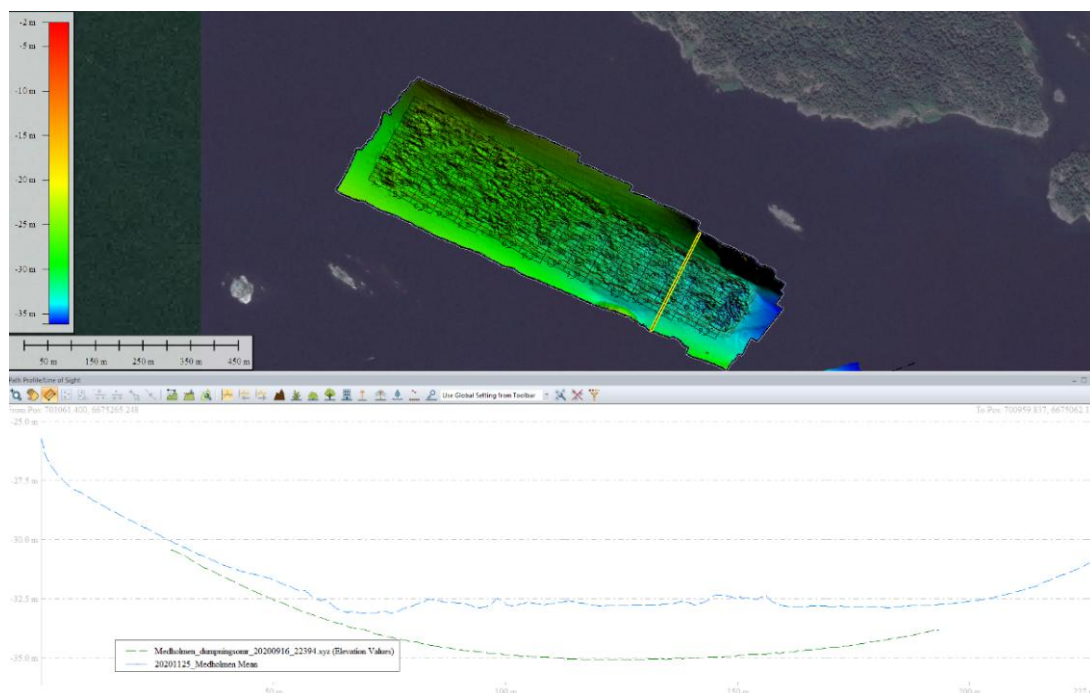
Muddringen planeras påbörjas under september och pågå ca 3–6 månader. Ambitionen är att utföra muddringsarbetet under en säsong. Om det blir en riktigt kall vinter med isiga förhållanden kan muddringsperioden behöva utökas för att undvika påverkan under två säsonger.

Muddermassor (klass 1–3) som ej ryms i eller på annat sätt ej är lämpliga att nyttja i de nya hamndelarna planeras att dumpas till havs, dessa uppgår maximalt till 530 000 tfm³. I samband med muddringen lastas massorna på en tät pråm med kapacitet om ca 1 000 m³, vilket är en typisk pråmstorlek, och transporteras till Kappelshamnsvikens mynning där de lossas genom botten tömning. Se exempel på botten tömmande pråm i Figur 9. Baserat på mudderverkens kapacitet kan ca 5–6 pråmar lastas per dag för dumpning.



Figur 9. Botten tömmande pråm (källa boskalis.se) som muddermassorna transporteras i. När pråmen når dumpningsområdet stannar den och sedan öppnar pråmen sig och muddermassorna dumpas.

Massorna placeras enligt en i förväg upprättad dumpningsplan, så att de fördelas jämnt över hela området. För varje dumpning redovisas vilken dumpningsyta det skett i. Resultatet kontrolleras regelbundet genom uppföljande sjömätning för att möjliggöra justering av dumpningsmönstret och på så sätt erhålla ett bra slutresultat. Sjömätningens intervall fastställs i kontrollprogram.



Figur 10. Exempel på upprättad dumpningsplan från annat projekt. Profilen visar resultatet efter dumpning. Grön linje är bottenprofil innan dumpning, blå linje är bottenprofil efter dumpning.

Bottennivån inom dumpningsområdet blir efter slutförd dumpning ca -87 till -88 m. Den dumpade materialvolymens övertyta förväntas sjunka något över tiden, till följd av konsolidering, i första hand av muddermassorna i sig men även till viss del i underliggande botten. Utbredningen av de dumpade massorna inom dumpningsområdet blir ca 300 000 m².

5 Alternativ

Alternativ hantering av muddermassorna har utretts inom projektet enligt miljöbalkens avfallshierarki;

1. Förebygga avfall
2. Återanvändning
3. Materialåtervinning
4. Annan återvinning (t.ex. energiåtervinning)
5. Bortskaffande

I Tabell 5 nedan presenteras de alternativ som utretts vidare.

Tabell 5 Alternativ som utretts.

Steg i avfallshierarkin	Alternativ
1.Förebygga avfall	Mindre omfattande schaktning och muddring
	Utökade undersökningar
3. Materialåtervinning	Materialåtervinning inom projektet
4. Annan återvinning	Energiåtervinning av brännbart avfall
5. Bortskaffande	Deponering på land
	Dumpning till havs

Närmare beskrivning av de alternativ som är aktuella för muddermassor med klass 1–3 redovisas nedan.

Minskad muddring

Mängden massor som uppstår i projektet avgörs av muddringsdjup och val av kajkonstruktion. Planerat muddringsdjup krävs för att fartygslägena samt farleden ska bli tillräckligt djupa för de fartyg som är tänkta att angöra. Kajer, pirar och vågbrytare kan dock byggas på olika sätt med olika utbredning. Muddringsytor har tagits fram för att minimera mängden uppkomna muddermassor genom att så långt som möjligt nyttja befintliga djup.

Materialåtervinning inom projektet

I första hand kommer sprängsten eller annat grövre material som uppkommit vid rivning att användas för konstruktion av kajer och pirar. Om möjligt kommer även muddermassor av klass 1–3 att användas som landutfyllnad så långt som möjligt. Utfyllnadens omfattning varierar beroende på slutligt val av teknisk lösning. Vid återanvändning av muddermassor ska dessa vara lämpade som konstruktionsmaterial för att kunna säkerställa konstruktionens hållfasthet.

Omhändertagande genom dumpning till havs

I andra hand, efter återvinning, kommer muddermassor av klass 1–3 att dumpas till havs.

Bortskaffande genom deponering på land

Om muddermassorna på grund av sina geotekniska egenskaper inte går att återanvända inom hamnområdet, är ett alternativ att de transporteras till godkänd mottagningsanläggning (deponi) i stället för att dumpas. Då muddermassor tas upp på land för att föras till en mottagningsanläggning gäller bedömningsgrunder för förorenad jord eller

mottagningskriterier för deponering av avfall (NFS 2004:10). Närmsta deponi ligger i Roma ca 55 km från Kappelshamn.

5.1 Jämförelse mellan alternativ

De alternativ som är aktuella för hantering av de rena muddermassor som inte går att återanvända inom projektet är dumpning i utpekade dumpningsområde vid Kappelshamnsviken eller hantering på extern mottagningsanläggning, exempelvis i Roma eller på fastlandet.

5.1.1 Jämförelse kostnad

Kostnaden för pråmar vid muddring och dumpning beräknas uppgå till ca 10–20 kronor per m³ (Harrysson, 2024) vilket ger en totalkostnad för dumpning om ca 5,4–11,4 miljoner kronor.

De tilläggskostnader som uppstår vid hantering av massor på land jämfört med dumpning är ca 2 000 kr/m³ (Blomberg, 2026), vilket skulle leda till en total kostnadsökning för hanteringen om minst 1,1 miljarder kronor. Den ökade kostnaden beror bland annat på grävmaskiner på plats vid kajen som lastar från kajkant till dumper, dumpertransporter från hamnen till eventuella uppläggningsytor, avvattnings-, transportkostnader till mottagningsanläggning samt mottagningskostnad vid mottagningsanläggningen.

Den tillkommande kostnaden på ca 2 000 kr/m³ är under förutsättningen att lossningen kan ske kontinuerligt, det vill säga att kapaciteten för logistikkedjan på land är lite högre än mudderverkets kapacitet. Blir det väntetider för mudderverket på grund av att lossningen går långsamt kommer kostnaden att öka ytterligare.

5.1.2 Jämförelse utsläpp av koldioxid

Utsläppen av växthusgaser från hanteringen av klass 1–3 massor är kopplade till transporten av massorna, via dumper eller lastbil på land eller pråm till havs. En beräkning har genomförts för att visa på skillnader i utsläpp av koldioxid mellan de olika alternativen.

Antaganden som har använts för beräkningen är:

Avstånd till Roma 55 km, med emissionsvärdet 2,2 kg CO_{2e}/km för lastbilar (VTT Technical Research Centre of Finland, 2019).

Avstånd till dumpningsområdet är 9,3 km, med emissionsvärdet 104 kg CO₂/ kilometer för pråmar (VTT Technical Research Centre of Finland, 2019).

Beräkningar av utsläppen visar att de största utsläppen sker vid transporter till en extern mottagningsanläggning på land med utsläpp på ca 1 500 ton CO₂ i jämförelse med utsläppen från pråm på ca 410 ton CO₂.

Utöver detta skulle ytterligare utsläpp från hanteringen på land tillkomma då flera arbetsmaskiner skulle behövas på land för att sköta omlastningen från pråm till lastbil. På samma sätt skulle fler utsläpp tillkomma vid mottagningsanläggningen.

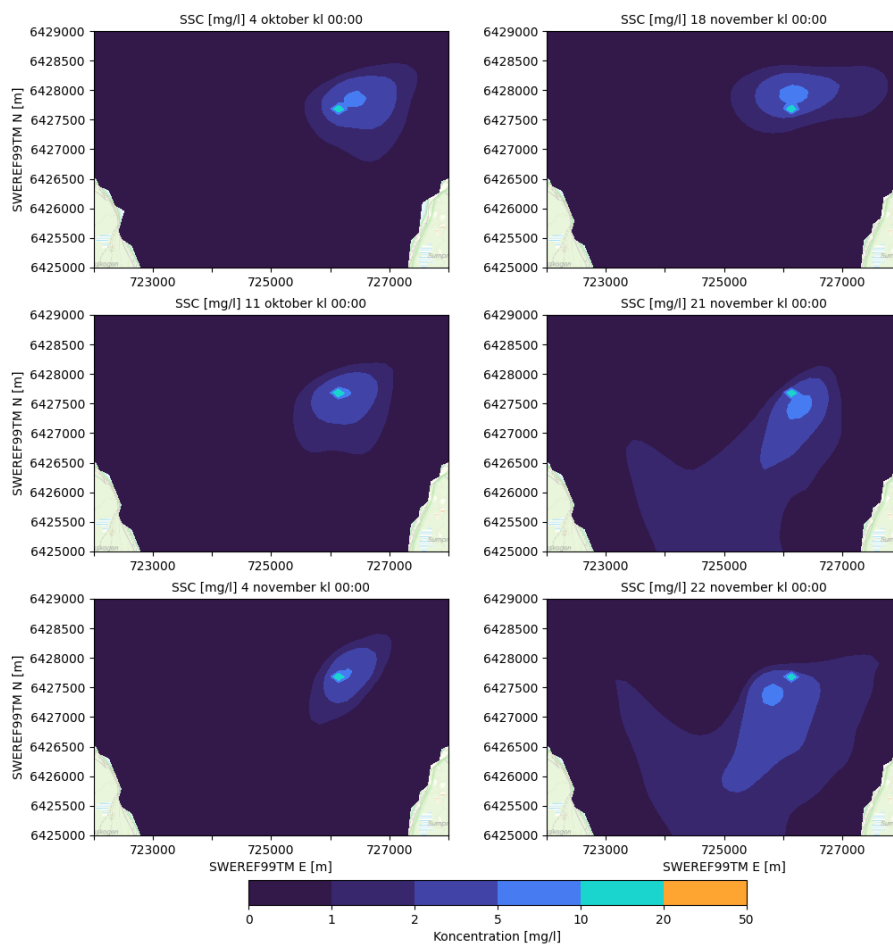
I dagsläget finns ingen möjlighet till återanvändning av större delen av muddermassorna på land till följd av dess geotekniska egenskaper. Alternativ hantering på land genom deponering är i jämförelse med dumpning inte miljömässigt motiverat med tanke på den ökade mängden utsläpp av koldioxid det skulle medföra. Sammanfattningsvis bedöms dumpning vara det mest lämpliga alternativet.

6 Påverkan och konsekvenser av dumpning

6.1 Vid genomförande

I samband med dumpning kommer spill från muddermassorna att spridas i vattenmassorna. Grumling vid muddring och dumpning har modellerats som del i ansökan. Figur 11 visar sedimentspridningen nära botten vid det planerade dumpningsområdet vid tillfällena under muddringsperioden då det är relativt höga koncentrationer av suspenderade sediment i närområdet. Beräkningarna av sedimentspridning utgår från uppmätta kornstorleksfördelningar i muddringsområdet och i syfte att inte underskatta sedimentspridningen och tjockleken av pålagringen har det prov som visat på störst andel finkorniga sediment valts ut för att representera hela muddringsvolymen.

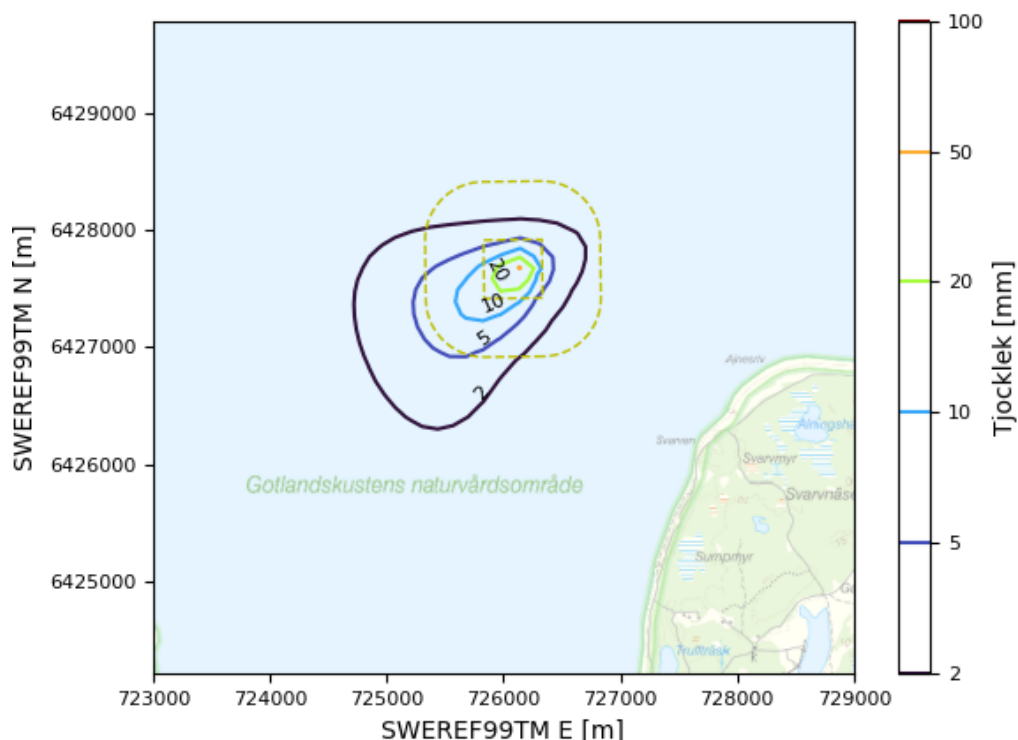
Koncentrationerna av suspenderade sediment blir lägre i dumpningsområdet i jämförelse med koncentrationerna nära muddringsplatsen. Detta beror dels på en högre tillgång på spädvatten, dels på att dumpningen sker intermittent i tiden. Vid de utvalda tillfällena som visas i bild sker dumpning samtidigt som en plym av suspenderade sediment från föregående dumpning fortfarande kan observeras.



Figur 11: Utvalda ögonblicksbilder av koncentration av suspenderat sediment (SSC) intill botten vid dumpningsområdet under muddringsperioden. Bakgrundskarta © Lantmäteriet.

Vid det valda dumpningsområdet är den maximala spridningen av partiklar vid vattenytan relativt begränsad.

En modellering av pålagring av spill vid dumpningsområdet, har också genomförts, se Figur 12. Resultaten visar att spillet inom det undersökta dumpningsområdet blir mellan 5 och 20 mm, utanför dumpningsområdet blir pålagringen ca 2 mm något dygn efter dumpning. Detta är med konservativa antaganden och pålagringen förväntas vara omkring hälften så tjock några månader efter dumpning när materialet konsoliderat.



Figur 12: Tjocklek av pålagring vid dumpningsområdet något dygn efter dumpning. Dumpningsområdet markerat som en gulgrön kvadrat inom en buffertzonslinje som sträcker sig 500 meter från dumpningsområdet. Bakgrundskarta © Lantmäteriet

6.1.1 Bottenfauna och makrofyter

I samband med dumpningen finns risk för påverkan på naturmiljön genom grumling och överlagring av spill i direkt anslutning till dumpningsområdet. Påverkan från grumling upphör efter slutförd dumpning medan överlagring av spill kan kvarstå en viss tid vilket kan vara av betydelse för bottenfaunan och makrofyter. Det finns dock inga bottenfaunasamhällen eller makrofyter på eller kring det aktuella dumpningsområdet till följd av de syrefria förhållandena samt det stora djupet. Dumpningen i det aktuella dumpningsområdet bedöms därmed inte medföra några konsekvenser för vare sig bottenfauna eller makrofyter.

6.1.2 Skyddade områden och riksintressen

Den planerade dumpningen motverkar inte möjligheten att nå de preciserade målen om respektive naturtyps minsta utbredning i Natura 2000-området eller naturvårdsområdet på land. Det vill säga den indirekta påverkan dumpningen förväntas orsaka innebär inte arealförlust för någon av naturtyperna. Dumpningen påverkar inte heller syftet med de utpekade riksintressena i området. Projektet som helhet gynnar riksintresset kommunikation, sjöfart, både gällande farleden och inloppet till Storugns samt hamnen i Kappelshamn.

6.2 På lång sikt

Dumpningar medför att fysiska förhållande vid dumpningsområdet förändras. Sjömätning utförs under och efter slutförd dumpning för att fastställa de djupförhållanden som uppkommit.

Sedimentundersökning utförd av Sweco 2025, bilaga C2 till ansökan, i dumpningsområdet visar på halter i ytsedimenten av tributyltenn i klass 3 vilket också motsvarar de högsta halterna i de i muddermassor som avses att dumpas. Dumpning av muddermassor klass 1-3 kommer således inte medföra en förhöjd halt av TBT i dumpningsområdet.

6.2.1 Erosion av dumpade massor

För att minska negativa påverkan från dumpning ska i första hand principen "lika på lika" följas det vill säga att de massor som dumpas har liknande egenskaper som havsbotten vid dumpningsområdet (Havs- och Vattenmyndigheten, 2017). Principen bedöms lämplig att följa vid dumpning i Kappelshamnsvikens mynning.

Modellsimuleringar visar att bottenskjuvspänningarna vid det planerade dumpningsområdet i medeltal inte ökar efter dumpning, snarare ses en liten minskning som följd av förhöjningen av botten. Även de maximala värdena för bottenskjuvspänning minskar efter dumpning. Standardavvikelsen blir dock något högre. Sammantaget bedöms inte risken för erosion på platsen ur hydrodynamisk synvinkel bli större efter dumpning än vad den är idag. Risken för erosion kan dock förändras eftersom det dumpade materialet kan ha andra erosionsegenskaper än det befintliga.

Modellberäkningar har visat att de maximala bottenskjuvspänningarna är i samma storleksordning som de kritiska bottenskjuvspänningarna för ler och finsilt, vilket ligger i linje med resultaten från bottenundersökningarna som indikerar att botten inte är en ackumulationsbotten enligt SGU:s mening där det sker obruten ackumulation (SGU, 2026). Därför bedöms det vara sannolikt att det sker sporadisk erosion av finkorniga material idag, men också att det under större delen av tiden sker en temporär ackumulation av finkornigt material.

Det bedöms osannolikt att massor som planeras dumpas skulle vara mer lättroderade än det befintliga materialet på bottenytan vid dumpningsområdet. Beräkningarna av sedimentspridning utgår dessutom ifrån en konservativ bedömning av kornstorleksfördelningar i muddringsområdet i syfte att inte underskatta sedimentspridningen. Materialet som planeras dumpas hämtas från grundare vatten där bottenskjuvspänningarna generellt är högre och mer varierande än vid dumpningsområdet. Detta betyder att eventuell pågående erosion av materialet som ska muddras kan förväntas vara större där det ligger idag, än där det planeras att dumpas. Om erosionsegenskaperna av materialet inte skulle förändras av handhavandet under muddringen/dumpningen, bör det dumpade materialet därmed erodera långsammare på det planerade dumpningsområdet än vad det eventuellt gör där det ligger idag.

Sannolikt kommer materialet dock bli något mer lättroderat under en tid efter dumpning innan det konsoliderat, vilket kan leda till att de mest finkorniga fraktionerna som ligger ytligt på dumpningsområdet sporadiskt kan komma att spridas i vattenmassan vid speciella vädersituationer. Strax efter dumpningen avslutats kan möjligen arean av den bottenyta som täcks av lättroderat material att vara större än vad den är idag, vilket i sin tur skulle kunna leda till att det på kort sikt skulle kunna ske en något högre sedimenttransport till vattenmassan inom detta område. Finkornigt material som ligger en bit under ytan på de dumpade massorna kommer dock att skyddas av kvarliggande grövre kornstorleksfraktioner

och bedöms inte spridas i vattenmassan. Arealen av lättroderade kornstorleksfraktioner kommer därmed på sikt att bli allt mindre.

Sammanfattningsvis visar beräkningar och undersökningar att det idag sannolikt sker ackumulation av finkornigt material på dumpningsområdet under större delen av tiden, men att detta material sporadiskt eroderar i vissa vädersituationer. Efter dumpning kommer sannolikt finkornigt material i det ytligaste skiktet av de dumpade massorna att erodera vid samma typ av vädersituationer. Med tiden kommer den area av ytskiktet som består av finkornigt material att bli allt mindre eftersom grövre partiklar kan förväntas ligga kvar på ytan och skydda det underliggande materialet. Skillnaden i grumling och pålagring i närområdet till dumpningsområdet som följd av sporadisk erosion bedöms därför på lång sikt bli mycket liten jämfört med idag.

6.2.2 Miljökvalitetsnormer

Hur planerade åtgärder i samband med utbyggnad av Kappelshamn kan komma att påverka statusklassningarna i berörda kustvattenförekomster har utretts inom ramen för ansökan. Utredningen har även omfattat huruvida de planerade åtgärderna är förenliga med miljökvalitetsnormerna (MKN) för ekologisk och kemisk status. Utredningen redovisas översiktligt i avsnitt nedan och i sin helhet i bilaga C3 till ansökan.

Hydromorfologi

Det planerade dumpningsområdet utgörs av ett område om ca 300 000 m², vilket motsvarar ca 0,3% av hela vattenförekomstens area. Den planerade dumpningsytan är dock delvis lokaliserad i redan påverkade områden avseende parametrarna Bottensubstrat och sedimentdynamik samt Bottenstrukturer vilket medför att den beräknade påverkan från planerade åtgärder för dessa blir något lägre.

Då dumpningsområdet ligger på djup större än 15 meter och inga andra åtgärder planeras i vattenförekomsten beräknas ingen hydromorfologisk påverkan avseende parametrarna Längsgående konnektivitet, Vågregim eller Grunda vattenområdets morfologi. Vidare bedöms heller ingen påverkan uppstå på de parametrar som inte statusklassats av Vattenmyndigheten.

Sammantaget medför planerade åtgärder enligt beräkningen ingen försämring avseende någon hydromorfologisk kvalitetsfaktor eller parameter. Status är fortsatt god respektive hög även efter genomförda åtgärder för samtliga parametrar som bedömts med modellen.

Prioriterade ämnen och särskilda förorenande ämnen

I Gotlands n kustvatten finns inga klassningar av prioriterade eller särskilda förorenande ämnen i VISS utöver kvicksilver och PBDE, se C6 *MKN- utredning Kappelshamn*. Sedimentundersökningen från 2025 visar TBT i klass 3 i dumpningsområdet, motsvarande de högsta halter som uppmätts i de massor som ska dumpas.

Efter dumpning bedöms TBT-halten inte överskrida gränsvärden eller uppmätta nivåer. Dumpningsområdet är litet och endast en mindre del av massorna överstiger gränsvärdet. Därför bedöms statusen för särskilda förorenande eller prioriterade ämnen inte försämrats.

Dumpningsområdet utgör en mindre del av vattenförekomsten och en liten andel av massorna som avses dumpas har uppmätta halter över gränsvärde för TBT. Dumpning av muddrade sediment i vattenförekomsten bedöms därmed inte försämma status för särskilda förorenande ämnen eller prioriterade ämnen i vattenförekomsten.

Näringsämnen och ljusförhållanden

Kvalitetsfaktorn näringsämnen är inte klassad i Gotlands n kustvatten (Länsstyrelserna, 2025). Ett eventuellt läckage av kväve från sprängämnen i Kappelshamnsviken skulle nå Gotlands n kustvatten i mycket utspädda halter och bedöms därför vara försumbar, särskilt med tanke på vattenförekomstens större volym. Kvalitetsfaktorn näringsämnen bedöms inte påverkas av verksamheten.

Kvalitetsfaktorn ljusförhållanden är klassad till otillfredsställande i VISS (Länsstyrelserna, 2025). Dumpning kommer dock att ske under kort tid, upp till 6 månader, och ökningen av koncentration utanför den direkta dumpningsytan är liten, mestadels under 10 mg/l.

Eftersom kvalitetsfaktorerna näringsämnen och ljusförhållanden statusklassas utifrån ett treårsmedelvärde och dumpningen beräknas pågå under betydligt kortare tid, 3–6 månader, bedöms den inte påverka statusklassningen.

Biologiska kvalitetsfaktorer

Endast kvalitetsfaktorn växtplankton av de biologiska kvalitetsfaktorerna är klassad för vattenförekomsten Gotlands n kustvatten (Länsstyrelserna, 2025). Den har otillfredsställande status baserat på satellitdata, underlagsdata saknades av biologiska undersökningar vid dumpningsområdet vid klassningstillfället. Det är kring 90 m djupt vilket begränsar vilka arter som finns i området.

Då dumpningen i tid och geografisk avgränsning är begränsad i förhållande till vattenförekomstens storlek samt med erfarenhet från andra dumpningar bedöms den inte påverka statusklassning av kvalitetsfaktorn växtplankton. I det fall en viss bottenfauna ändå skulle förekomma i dumpningsområdet, trots att inventeringar som genomförts inte visat på det, kommer de att övertäckas av massor. Om framtida syreförhållanden tillåter kan bottenfauna kolonisera dumpningsområdet vilket normalt tar kring 3–5 år för flertalet arter. Dumpningen bedöms inte kunna påverka statusklassning av kvalitetsfaktorn bottenfauna i vattenförekomsten. Kvalitetsfaktorn makroalger och gömfröiga växter bedöms inte påverkas av dumpningen då den sker där det är 90 m djupt och på ett stort avstånd till grunda områden med eventuell vegetation.

Sammanfattande bedömning miljö kvalitetsnormer

Den planerade dumpningen av massor från muddringsområdet bedöms inte försämra status för relevanta kvalitetsfaktorer och parametrar. De planerade åtgärderna bedöms därmed inte försämra den övergripande ekologiska statusen och kemiska ytvattenstatusen i berörda vattenförekomst eller äventyra möjligheterna att uppnå gällande miljö kvalitetsnormer. Dumpningen bedöms inte medföra någon risk för otillåten försämring i detta avseende.

7 Samlad bedömning

Sammanfattningsvis bedöms det föreslagna dumpningsområdet för muddermassor från projektet som lämpligt då ingen risk för olägenhet för människa eller miljö bedöms uppstå.

Dumpningsområdet klassas inte som en ackumulationsbotten för finkorniga material, men erosionsrisken på platsen är låg. Beräkningar och undersökningar visar att det idag sannolikt sker ackumulation av finkornigt material på dumpningsområdet under större delen av tiden, men att detta material sporadiskt eroderar vid vissa vädersituationer.

I närtid efter dumpning kommer sannolikt finkornigt material i det ytligaste skiktet av de dumpade massorna att erodera vid samma typ av vädersituationer som i nuläget. Med tiden kommer dock den area av ytskiktet som består av finkornigt material att bli allt mindre eftersom grövre partiklar kan förväntas ligga kvar på ytan och skydda det underliggande materialet. Kornstorleksfördelningar i muddringsområdet är i samband med modelleringen dessutom satta konservativt med en högre andel finkornigt material än vad det sannolikt är. Skillnaden i grumling och pålagring av finmaterial i närområdet till dumpningsområdet till följd av sporadisk erosion bedöms därför på lång sikt bli mycket liten jämfört med idag.

De massor som ska dumpas har liknande sammansättning som de som redan finns på platsen, samt de som naturligt sedimenterar där i dagsläget. Sedimenten på dumpningsområdet motsvarar klass 1-3 enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för sediment (Naturvårdsverket, 1999) och SGUs bedömningsgrunder (SGU, 2017), vilket också de muddermassor som ska dumpas på platsen gör. Analyser av kornstorleksfördelningen i muddrings och dumpningsområdet visar också på en liknande sammansättning av sand, från finsand till grovsand, med en del grus i muddringsområdet samt fast siltig, sandig lera i dumpningsområdet. Både i muddringsområdet samt dumpningsområdet är det organiska innehållet lågt.

Delar av det utpekade dumpningsområdet är redan använt av Nordkalk, vilket kan förklara de något förhöjda halterna av TBT, kadmium, PAH:er samt PCB som uppmätts, och därmed kommer dumpningen av muddermassor från Projekt Kappelshamn inte heller att utföras på en orörd plats utan mänsklig påverkan. I samband med Nordkalks provning förordades också dumpningsområdet av SGU då havsbotten enligt SGU:s maringeologiska karta bestod av unga leror vilket indikerade på en låg sedimentdynamisk aktivitet och sannolikt deposition.

Havs- och vattenmyndighetens har också använt dessa tidigare dumpningar i sitt underlag för statusklassning (Havs- och vattenmyndigheten, 2021) i form av underlagsdata för påverkanstryck.

Det finns inga känsliga objekt som kan påverkas negativt av dumpningen, varken makrofyter, bottenfauna eller övriga intressen. De dumpade massorna bedöms därmed inte utgöra någon för olägenhet för människors hälsa och miljö ens på lång sikt.

Det finns i dagsläget ingen möjlighet till återanvändning av större delen av muddermassorna på land till följd av dess geotekniska egenskaper. Alternativ hantering på land genom deponering är i jämförelse med dumpning varken ekonomiskt eller miljömässigt motiverat med tanke på den ökade kostnaden samt mängden utsläpp av koldioxid det skulle medföra.

Referenser

- AFRY. (2023). *Rapport - Kompletterande sedimentundersökning i*. AFRY.
- AFRY. (10 2024). Miljöteknisk undersökning Kappelshamn. AFRY.
- Blomberg, A. (2026). Port Engineering.
- Boverket. (2022). *Kartor riksintressen*. Hämtat från <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/riksintressen/kartor/> den 21 11 2022
- Försvarsmakten. (2022). *Riksintressen*. Hämtat från <https://www.forsvarsmakten.se/sv/information-och-fakta/forsvarsmakten-i-samhallet/samhallsplanering/riksintressen/> den 10 11 2022
- Harrysson, M. (2024). Port Engineering.
- Havs- och Vattenmyndigheten. (2017). *Handläggning av dumpningsdispens - Vad ska man tänka på?* Havs- och vattenmyndighetens rapport 2015:28, reviderad 2017-07-07.
- Havs- och vattenmyndigheten. (2021). *Havs- och vattenmyndigheten*. Hämtat från https://www.havochvatten.se/data-kartor-och-rapporter/data-och-statistik/havskatten/visa-datamangd.html?esc_entry=5&esc_context=public
- Håkansson, L., & Jansson, M. (2002). *Principles of Lake Sedimentology, 2nd ed.*
- Länsstyrelserna. (2025). *VISS Vatteninformationssystem Sverige*. Hämtat från <https://viss.lansstyrelsen.se/>
- Naturvårdsverket. (1999). *Bedömningsgrunder för miljö kvalitet, Kust och Hav*.
- Naturvårdsverket. (2022b). *Skyddad natur*. Hämtat från <https://skyddadnatur.naturvardsverket.se/> den 12 10 2022
- SGU. (2017). *Klassning av halter av organiska föroreningar i sediment*. Uppsala.
- SGU. (2026). *Anläggning till havs*. Hämtat från <https://www.sgu.se/samhallsplanering/marin-miljo/anlaggning-till-havs/>
- SGU, S. g. (2022). Jordartskarta. SGU.
- Sweco . (2025). *PM Sedimentundersökning inom dumpningsområde utanför Kappelshamnsviken* .
- Sweco. (2025). *Marin naturvärdesinventering, Kappelshamnsviken och Gotland norra kustvatten, 2025* .
- Sweco. (2025). *PM Bottenfaunaundersökning i Kappelshamnsviken och Gotlands norra kustvatten 2025*.
- Tyréns. (2025). *Kappelshamn - Lakning från utfyllnad med muddermassor*.
- van Rijn, L. C. (2007). United view of sediment transport by currents and waves I: Initiation of motion, bed roughness and bed load transport. *J. Hydraulic Engineering*, 133(6), 649-667.
- van Rijn, L. C. (2020). *Critical bed-shear stress for mud-sand beds*. Hämtat från www.leovanrijn-sediment.com: <https://www.leovanrijn-sediment.com/papers/Threshsandmud2020.pdf>
- VTT Technical Research Centre of Finland. (2019). Hämtat från http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/tavara_tiee.htm