

Uppdragsledare
Karin Lundström
Tel
+46 10 505 30 59
Mobil
+46 72 205 85 65
E-post
Karin.lundstrom@afry.com
Datum
2025-12-02
Projekt ID
D0209279
D0213573

Mottagare
Fortifikationsverket
Sjöfartsverket

Resultatsammanställning av sedimentundersökningar vid Kappelshamn under perioden 2023–2025



Författad av: Maja Anehagen

Kvalitetsgranskad av: Daniel Karlsson, Alexander Johansson och Maja Nilsson

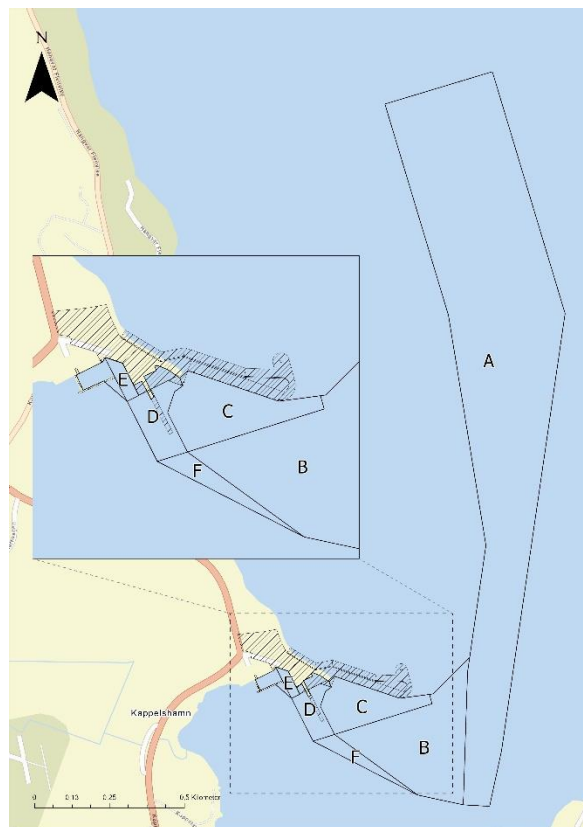
1 Bakgrund och syfte

Fortifikationsverket och Sjöfartsverket planerar för en ut- och ombyggnation av hamnplan, kajer, pirar och vågbrytare vid Kappelshamn, norra Gotland. I samband med kommande entreprenad planeras även en muddringsåtgärd i hamnen, vändzonen samt i farleden in till Kappelshamnsviken.

Flertalet tidigare undersökningar av sediment har utförts inom områden som berörs av planerad ut- och ombyggnation under tidsperioden 2023–2025. På uppdrag av Fortifikationsverket och Sjöfartsverket har AFRY tagit fram ett PM i syfte att sammanställa samtliga resultat och bedömningar från tidigare undersökningar i ett dokument. Vidare är syftet att redovisa vilka delområden inom aktuellt undersökningsområde som klassificeras inom tillståndindelning 1–3 och 4–5 enligt bedömningsgrunder i SGU:s rapport "Klassning av halter av organiska föroreningar i sediment" samt Naturvårdsverkets rapport 4914 "Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Kust och hav".

2 Områdesbeskrivning

Aktuellt undersökningsområde är beläget i Kappelshamnsviken, se Figur 1. I anslutning till undersökningsområdet i väster finns en småbåtshamn medan i öster finns en verksamhet för kalkbrott. Undersökningar har utförts inom sex delområden, där märkning A utgör farledsytan, märkning B utgör vändzonen och märkningar C-F utgör hamnbassängen. Planerad ut- och ombyggnation av hamnplan visas med streckad markering.



Figur 1. Översiktlig lokalisering av Kappelshamnsviken med delområden och ny hamnplan (markerad med streckat område).

3 Bedömningsgrunder

Sammanfattning av bedömningsgrunder som använts vid bedömning av erhållna analysresultat redovisas nedan.

Resultat från analyserade sedimentprover avseende organiska föroreningar så som PAH, PCB och TBT, har jämförts med SGU:s bedömningsgrunder avseende organiska föroreningar i sediment (SGU, 2017).

För tungmetaller har jämförelse skett mot Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för metaller i marina sediment, Rapport 4914 (Naturvårdsverket, 1999).

För halter av PCB och tennorganiska föreningar har norska begränsningsvärden från Miljødirektoratet (Miljødirektoratet, 2020) tillämpats då det saknas svenska jämförelsevärden.

Utförda laktester har jämförts mot Naturvårdsverkets föreskrifter om deponering, kriterier och förfaranden för mottagning av avfall vid anläggningar för deponering av avfall (NFS 2004:10) (Naturvårdsverket, 2004).

I de fall muddermassor ska deponeras på land har halterna i sediment jämförts med gällande jämförelsevärden för mottagning av avfall. Dessa jämförelsevärden redovisas i Naturvårdsverkets generella riktvärden för jord (Naturvårdsverket, 2025) samt Avfall Sveriges jämförelsevärden (Avfall Sverige, 2019).

4 Sammanställning av utförda undersökningar

Undersökningar av bottensediment har utförts vid tre tillfällen av AFRY. Under 2023–2025 utförde AFRY kompletterande sedimentundersökningar inom hamnbassängen, vändzonen och farledsytan. Resultaten från respektive undersökning redovisas utförligare nedan i föreliggande kapitel.

- AFRY. 2023. *Kompletterande sedimentundersökning i Kappelshamn, Gotlands kommun.*

Under 2023 utförde AFRY en sedimentundersökning inom Kappelshamns hamnområde (AFRY, 2023). Sedimentprover uttogs av dykare med hjälp av en så kallad beekerprovtagare (kolvprovtagare).

Sedimentundersökningen i Kappelshamns hamnområde omfattade 20 provpunkter (34AF1-23AF20) med provtagning i olika djupintervall. Sedimentkärnan delades upp för analys i separata intervaller (0–0,1 m, 0,1–0,3 m, 0,3–0,5 m samt >0,5 m eller justerat utifrån djup till berg). Analyserna omfattade petroleumkolväten (BTEX, alifater, aromater), polycykliska aromatiska kolväten (PAH), metaller, tennorganiska föreningar (TBT, DBT, MBT), bekämpningsmedel (irgarol, diuron) samt totalt organiskt kol (TOC).

Sammanfattning av analysresultat:

- **PAH:** Förhöjda halter noterades i 19 provpunkter, där nivåerna överskred SGU:s riktvärde för "mycket hög halt" (klass 5). Ett prov överskred riktvärdet för mindre känslig markanvändning (MKM) och 14 prover överskred riktvärdet för känslig markanvändning (KM).
- **BTEX och petroleumkolväten:** Bensen överskred KM i 12 prover och MKM i 3 prover. Alifater >C16–C35 överskred KM i två prover. Aromater >C10–C16 och >C16–C35 överskred MKM respektive KM i ett prov.

- **Metaller:** Koppar överskred det norska gränsvärdet för "svært dårlig" i ett prov och "dårlig" i två prover. Kadmium överskred KM i 25 prover. Barium, koppar, bly och zink överskred MKM i två prover.
- **Tennorganiska föreningar:** TBT överskred det norska gränsvärdet för "dårlig" i sex prover. DBT överskred SGU:s riktvärde för "hög halt" (klass 4) i två prover och "medelhög halt" i 26 prover. MBT överskred SGU:s riktvärde "medelhög halt" (klass 3) i 28 prover.
- **PCB:** PCB överskred SGU:s riktvärde för "mycket hög halt" (klass 5) vid två provpunkter medan sex provpunkter översteg "hög halt" (klass 4). Två provpunkter översteg SGU:s riktvärde för "medelhög halt" (klass 3). Ett prov överskred MKM och fem prover överskred KM.
- **Bekämpningsmedel:** Irgarol och diuron påvisades i två prover, men halterna låg under tillämpade riktvärden.

Analysresultaten från undersökning 2023 visar att förhöjda halter av föroreningar förekommer i flera provpunkter och specifikt provpunkter som är placerade i anslutning till västra sidan av piren samt inre delen av hamnbassängen. De föroreningsämnen som påvisats utgörs främst av PAH, metaller och TBT.

- AFRY. 2024. PM – Miljöteknisk undersökning Kappelshamn.

Under 2024 utförde AFRY en sedimentundersökning i Kappelshamns farled med hjälp av en bottenhuggare från båt (AFRY, 2024). Totalt uttogs 17 ytliga sedimentprover. Bottensediment bestod mestadels av hårdpackad lera (bedömning i fält) vilket gjorde att endast ytliga prover (0–0,1 m u bedömd botten) kunde uttas.

Analyserade ämnen omfattade metaller, PAH, PCB, tennorganiska föreningar, pesticider, petroleumkolväten samt analys av kornstorlek.

Sammanfattning av analysresultat:

- **Metaller:** Kadmium och zink påträffades i tre provpunkter (AF24237, AF24248, AF24258) och klassificerades som klass 3 – tydlig avvikelse enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Naturvårdsverket, 1999). Övriga metaller låg inom klass 1 – ingen avvikelse.
- **PAH:** Två provpunkter (AF24248, AF24258) påvisade halter av PAH som motsvarar klass 3 – medelhög halt enligt SGU:s bedömningsgrunder (SGU, 2017). Halter från resterande provpunkter var inom klass 2 – låg halt eller lägre.
- **Tennorganiska föreningar:** MBT uppmättes i en provpunkt (AF24229) i klass 3 – medelhög halt (SGU, 2017). Övriga prover låg under rapporteringsgränsen (klass 2 – låg halt).
- **PCB och pesticider:** Samtliga prover låg under rapporteringsgränserna.
- **Petroleumkolväten:** Samtliga analyserade alifatiska och aromatiska kolväten låg under laboratoriets rapporteringsgräns.
- **Kornstorleksanalys:** Sedimenten varierade i sammansättning: Lera, gyttja samt sand med silt och skalrester.

Den sammantagna föroreningssituationen i de ytliga sedimenten bedöms som låg inom undersökt (2024) område (klass 1–3 enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för metaller och SGU:s bedömningsgrunder för organiska miljögifter). Inga halter översteg Naturvårdsverkets generella riktvärden (KM/MKM) eller Avfall Sveriges haltgränser. Farledsbotten bedöms vara en transportbotten, vilket minskar risken för ackumulering av föroreningar i sediment inom delområde A.

- AFRY. 2025. *Rapport kompletterande undersökning av sediment i Kappelshamnsviken.*

AFRY utförde under 2025 en certifierad sedimentundersökning i Kappelshamns hamnbassäng samt i vändzonen (AFRY, 2025). Prover uttogs av dykare med hjälp av en ryssborr i 17 provpunkter (25AF01-25AF17). Provtagning utfördes i ytligt sediment som motsvarar ett djupintervall på 0–0,2 m under bedömd bottenivå (m u bb). Uttag av djupare prover (0,2–0,5 m u bb) kunde uttas i nio av provpunkterna. Analyserade ämnen omfattade PAH, BTEX, alifater, aromater, metaller, tennorganiska föreningar (TBT, DBT, MBT), PFAS, PCB, bekämpningsmedel (irgarol, diuron) samt totalt organiskt kol (TOC). Vidare analyserades även kornstorlek i tre provpunkter (25AF13, 25AF14 och 25AF16) samt laktester i ytterligare tre provpunkter (25AF07, 25AF10 och 25AF15).

Sammanfattning av analysresultat:

- **PAH:** Förhöjda halter av PAH-M översteg SGU:s klass 5 för "mycket hög halt" (SGU, 2017) i tre prover inom områdena C, D och E. I provpunkt 25AF15 (hamnområde E) överskreds även gränsvärden för PAH-H.
- **Tennorganiska föreningar:** TBT påvisades i elva prover med halter över SGU:s klass 3. Vid en provpunkt (25AF15) översteg uppmätt halt klass 4.
- **PCB:** PCB7 påvisade halter över SGU:s klass 3 i ett prov och klass 4 i två prover inom delområden D och E.
- **Metaller:** Kadmium uppvisade halter motsvarande klass 3 i sex provpunkter (Naturvårdsverket, 1999). Koppar och zink noterades i klass 3 i en respektive tre provpunkter. Bly påträffades över klass 5 i delområden D och E.
- **PFAS:** PFAS påvisades inte över laboratoriets rapporteringsgräns.
- **Bekämpningsmedel:** Irgarol påvisades i ett prov inom delområde D, men inte över tillämpliga jämförvärden (SGU, 2017). Diuron påvisades inte över laboratoriets rapporteringsgräns.
- **Kornstorlek:** Kornstorleksanalys visade att proverna 25AF13, 25AF14 och 25AF16 huvudsakligen bestod av sand eller mellansand med inslag av snäckor.
- **Laktest:** Erhållna resultat från analyser av lakvatten visar på låga halter med undantag för klorid och sulfat, vilket bedöms bero på havsvattnet. Samtliga laktester visade halter under gränsvärden för deponiklasser enligt NFS 2004:10 (Naturvårdsverket, 2004).

Förhöjda halter av PAH, TBT, PCB och bly påvisades inom hamnområdet (hamnområde E) och i anslutning till nuvarande pir (hamnområde D). Föreliggande undersökning utförd 2025 stärker bilden av att föroreningsbelastningen är lokaliserad till vissa delar av hamnområdet, särskilt hamnområde E, medan andra områden (A, B och F) uppvisar låg föroreningsgrad.

5 Tillståndsbaserad klassning av delområden

Erhållna analysresultat har visat på att förhöjda halter av föroreningar förekommer inom hamnområdet och som sedan successivt minskar ut mot farledsytan. Nedan redovisas respektive delområdes tillståndsbaserade klassning inför omhändertagande vid muddringsarbete. Klassificeras ett delområde inom klass 1–3 planeras muddermassorna att dumpas på godkänd dumpningsplats till havs. Klassificeras ett delområde inom klass 4–5 planeras muddermassorna att antingen återanvändas i den nya kajkonstruktionen eller omhändertas på godkänd mottagningsanläggning.

Klassificeringen baseras på SGU:s och Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Naturvårdsverket, 1999; SGU, 2017).

Klassificeringskarta med delområden redovisas i Bilaga 1. Provpunkternas placering och respektive provpunkts klassificering redovisas i Bilaga 2. Framtagna max- och medelvärde samt underlag till klassindelning redovisas i tabellformat i Bilaga 3.

5.1 Delområde A

Uppmätta halter från provpunkter placerade inom farledsytan visar att majoriteten av analyserade parametrar är lika med eller understiger klass 3, se Tabell 3 i Bilaga 3. För de ämnen där uppmätta halter överstiger SGU:s bedömningsgrunder för klass 4 (acenaften och fluoren) är laboratoriets rapporteringsgräns högre än lägre tillståndsklasser. Analysresultat avseende parametern MBT har för en provpunkt (AF24237) påvisat maxhalten 14 µg/kg TS, vilket motsvarar tillståndsklass 4. Medelhalten visar emellertid att området i övrigt klassificeras som klass 3.

Ett djupare prov (0,2–0,5 m u bb) uttogs från prov 25AF13. Halt av kadmium översteg klass 3 medan resterande analyserade parametrar understiger tillämpbara jämförvärden.

Sammantagen bedömning är att delområde A (farledsytan) klassificeras inom klass 1–3 enligt SGU:s och Naturvårdsverkets bedömningsgrunder. Det gäller för djupintervallet 0–0,5 meter under bedömd botten (m u bb).

5.2 Delområde B

Uppmätta halter från provpunkter placerade inom vändzonen visar att majoriteten av analyserade parametrar är lika med eller understiger klass 3, se Tabell 4 i Bilaga 3. För de ämnen där uppmätta halter överstiger Klass 4 (acenaften och fluoren) är laboratoriets rapporteringsgräns högre än lägre tillståndsklasser.

Ett djupare prov (0,2–0,5 m u bb) uttogs från prov 25AF16. Samtliga analyserade parametrar understiger tillämpbara riktvärden.

Sammantagen bedömning är att delområde B (vändzonen) klassificeras inom klass 1–3 enligt SGU:s och Naturvårdsverkets bedömningsgrunder. Det gäller för djupintervallet 0–0,5 m u bb.

5.3 Hamnområde C

Inom hamnområde C har en provpunkt (23AF16a) påvisat förhöjda halter av PAH. 23AF16a är lokaliserad i anslutning till piren som finns idag, i delområdets norra del. Resterande provpunkter visar generellt på lägre halter, vilket resulterar i att medelhalterna för hamnområde C mestadels förekommer inom klass 3 eller under, se Tabell 5 i Bilaga 3. Undantag är medelhalten för parametern acenaften. Vid beräkning av medelvärdet har halva rapporteringsgränsen varit 5 µg/kg TS, vilket motsvarar tillståndsklass 3 (5,5 µg/kg TS). Att halva rapporteringsgränsen är nära i halt med tillståndsklassen kan ge resultatet en konservativ bedömning.

Djupare prov (0,3–0,5 samt 0,5–0,65 m u bb) uttogs från en provpunkt 23AF16. Inom samtliga ovannämnda djup har maxhalter påvisats överstiga klass 5.

Hamnområde C delas därmed upp i två zoner med olika tillståndsklasser. Området runt 23AF16 klassificeras inom klass 4–5 för djupintervall 0–0,65 m u bb. Resterande

område inom hamnområde C klassificeras inom klass 1–3 enligt SGU:s och Naturvårdsverkets bedömningsgrunder. Det gäller för djupintervallet 0–0,5 m u bb.

5.4 Hamnområde D

Vid hamnområde D har halter överstigande klass 5 påvisats i anslutning till befintlig pir. Vid provpunkter (25AF01, 25AF03 och 25AF07) påvisades förhöjda halter av PAH och TBT.

I södra delområdet påvisades halter till klass 3 eller lägre. Vid beräkning av medelvärde för hela område D tilldelas området klass 4–5, se Tabell 6 i Bilaga 3. Vid uppdelning efter provpunkters maxhalter kan området delas upp där norra delen av område D klassificeras till tillståndsklass 4–5 och den södra delen av området kan klassas 1–3.

Vidare klassificeras även djupare prov (0,3–0,5 m u bb) till klass 4–5 avseende PAH och PCB samt för metallerna bly, koppar och zink. Vid beräkning av medelvärde för hela området hamnar värdet inom klass 4–5 på grund av PAH, se Tabell 7 i Bilaga 3. Vid uppdelning av hamnområde D klassificeras södra delen av området inom klass 1–3 även för de djupare sedimenten men den norra delen är fortsatt inom klass 4–5.

Hamnområde D delas därmed upp i två zoner med olika tillståndsklasser. Området runt piren, dvs, hamnområdets norra del, klassificeras inom klass 4–5 för djupintervall 0–0,5 m u bb. Resterande område inom hamnområde D klassificeras inom klass 1–3 enligt SGU:s och Naturvårdsverkets bedömningsgrunder. Det gäller för djupintervallet 0–0,5 m u bb.

5.5 Hamnområde E

Inom hamnområde E har halter uppmätts över klass 4 och klass 5 i samtliga provpunkter, se Tabell 8 i Bilaga 3. Halter av PAH, TBT, PCB, koppar, zink och bly påvisades i förhöjda halter vid provpunkter 25AF15, 23AF1, 23AF2 och 23AF3 i ytliga sediment (0–0,2 m u bb).

Uppmätta halter vid djupare prov (0,3–0,5 m u bb) överstiger klass 4–5 för ämnena PAH, PCB, och TBT samt för metallerna bly, koppar och zink, se Tabell 9 i Bilaga 3.

Sammantagen bedömning är att hamnområde E klassificeras inom klass 4–5 enligt SGU:s och Naturvårdsverkets bedömningsgrunder. Det gäller för djupintervallet 0–0,5 m u bb.

5.6 Hamnområde F

Uppmätta halter från provpunkter placerade inom hamnområde F visar att majoriteten av analyserade parametrar är lika med eller understiger klass 3, se Tabell 10 i Bilaga 3. För de ämnen där uppmätta halter överstiger SGU:s bedömningsgrunder för klass 3 (naftalen, acenaften och fluoren) är laboratoriets rapporteringsgräns högre än lägre tillståndsklasser.

Inga djupare prov har kunnat uttas inom hamnområde F.

Sammantagen bedömning är att hamnområde F klassificeras inom klass 1–3 enligt SGU:s och Naturvårdsverkets bedömningsgrunder. Det gäller för djupintervallet 0–0,2 m u bb.

6 Sammanfattad bedömning och hantering av muddermassor

Syftet med föreliggande dokument har varit att sammanställa resultat och bedömningar från tidigare undersökningar av sediment i Kappelshamnsviken. Vidare har syftet varit att redovisa vilka delområden inom aktuellt undersökningsområde som klassificeras inom tillståndindelning 1–3 och 4–5 enligt bedömningsgrunder i SGU:s rapport "Klassning av halter av organiska föroreningar i sediment" (SGU, 2017) samt Naturvårdsverkets rapport 4914 "Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Kust och hav" (Naturvårdsverket, 1999).

Sedimenten i Kappelshamnsviken uppvisar en varierande föroreningsbild. Hamnområdena C, D och E är särskilt belastade med föroreningar avseende PAH, metaller och tennorganiska föreningar. Övriga områden (A, B och F) bedöms ha låg föroreningsgrad.

Muddermassor bör hanteras enligt områdesindelning baserat på föroreningsnivåer. Klassificeras ett delområde inom klass 1–3 planeras muddermassorna att dumpas på godkänd dumpningsplats till havs. Klassificeras ett delområde inom klass 4–5 planeras muddermassorna antingen återanvändas i den nya kajkonstruktionen eller omhändertaras på godkänd mottagningsanläggning. Klassningen baseras på medelhalter för delområdena. Sammanfattning av områdesindelning efter tillståndsbaserad klassning visas i Tabell 1 nedan.

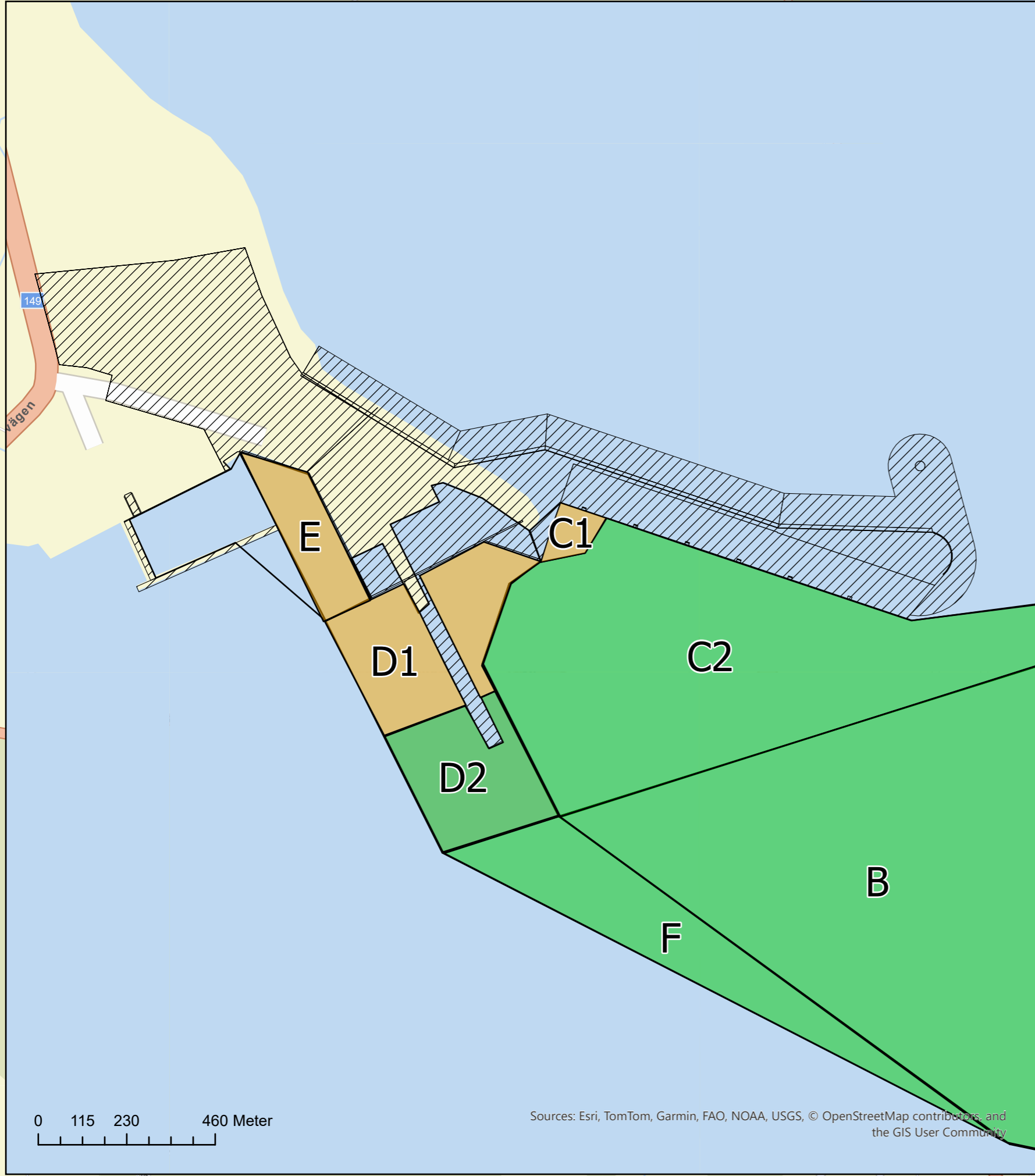
Tabell 1. Sammanställning över respektive delområdets area, volym, djup och klassindelning. De areor och volymer som anges i tabellen avser de delområden som redovisas Bilaga 1 och avser inte att redovisa specifik mängd muddermassor som uppkommer i samband med planerad entreprenad.

Delområde	Area m²	Volym m³	Djup m u bb	Klassning
Område A	598 014	299 007	0–0,5	Klass 1–3
Område B	98 222	49 111	0–0,5	Klass 1–3
Hamnområde C				
C1	788	394	0–0,5	Klass 4–5
C2	34 815	17 408	0–0,5	Klass 1–3
Hamnområde D				
D1	7 269	3 635	0–0,5	Klass 4–5
D2	8 703	4 352	0–0,5	Klass 1–3
Hamnområde E				
	3 263	1 632	0–0,5	Klass 5

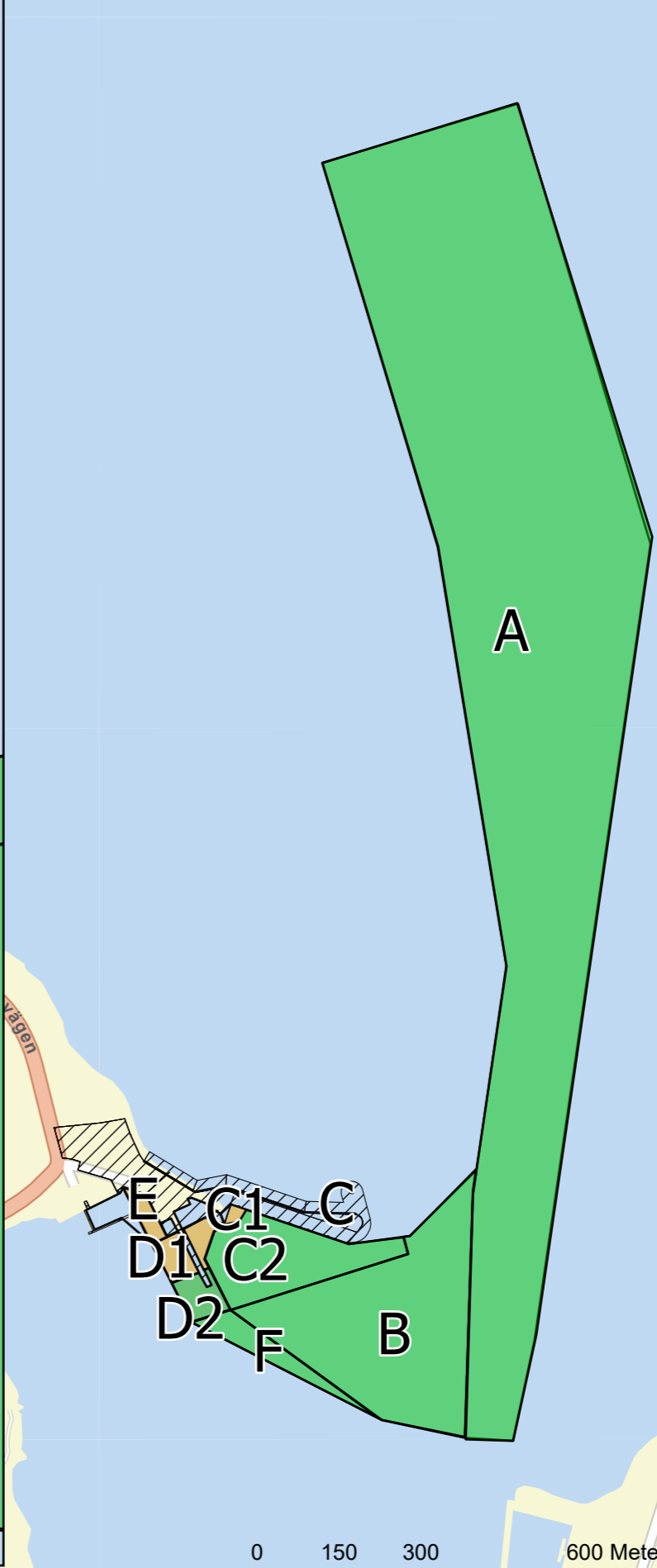
Muddring är en anmälnings- eller tillståndspliktig åtgärd enligt 11 kap. Miljöbalken och ska alltid föregås av en anmälan till Länsstyrelsen som bedömer om åtgärderna är anmälnings- eller tillståndspliktiga enligt miljöbalkens bestämmelser.

7 Referenser

- AFRY. (2023). *Kompletterande sedimentundersökning i Kappelshamn, Gotlands kommun.*
- AFRY. (2024). *Miljöteknisk undersökning Kappelshamn.*
- AFRY. (2025). *Rapport kompletterande undersökning av sediment i Kappelshamnsviken.*
- Avfall Sverige. (2019). *Uppdaterade bedömningsgrunder för förorenade massor. .*
- Miljødirektoratet. (2020). *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota - Quality standards for water, sediment and biota – revidert 30.10.2020.*
- Naturvårdsverket. (1999). *Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Kust och hav. Rapport 4914.*
- Naturvårdsverket. (2004). *Deponering, kriterier och förfaranden för mottagning av avfall vid anläggningar för deponering av avfall (NFS 2004:10).*
- Naturvårdsverket. (2025). *Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark.*
- SGU. (2017). *Klassning av halter av organiska föroreningar i sediment. SGU-Rapport 2017:2.*



Sources: Esri, TomTom, Garmin, FAO, NOAA, USGS, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Sources: Esri, TomTom, Garmin, FAO, NOAA, USGS, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

Teckenförklaring

-  Hamn
-  Zonindelning
- Klassning**
-  Klass 1-3
-  Klass 4-5



Situationsplan Sedimentundersökning
Kappelshamn, Gotland
2023-2025

Avser djupintervall 0-0,5 m u bb

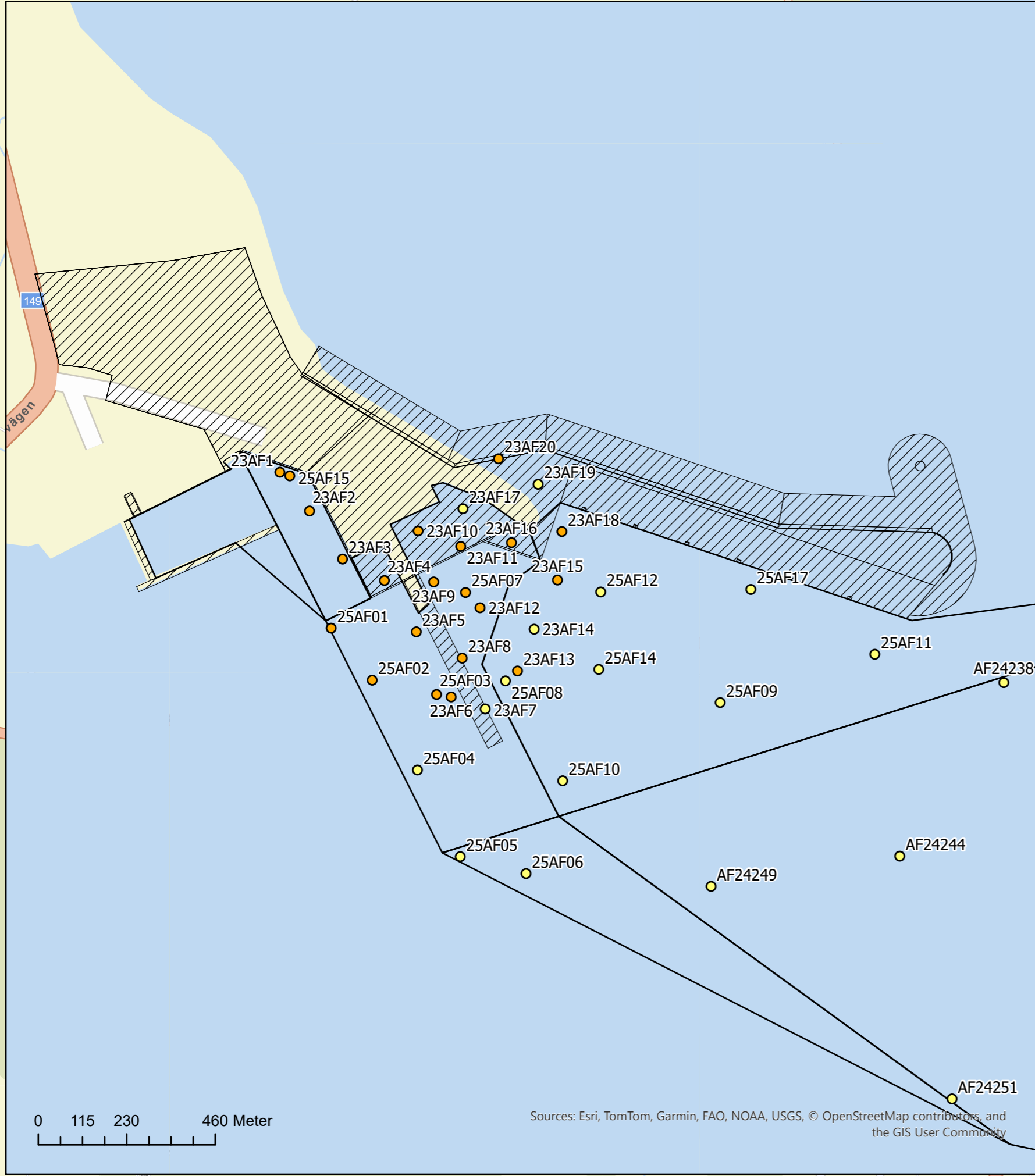
UPPDRAGSNR. D0209279	RITAD AV M. Anehagen
-------------------------	-------------------------

HANDLÄGGARE M. Anehagen	ANSVARIG K. Lundström
----------------------------	--------------------------

GRANSKAD AV D. Karlsson	FORMAT A3	SKALA 1:11 436	BILAGA 1
----------------------------	--------------	-------------------	-------------

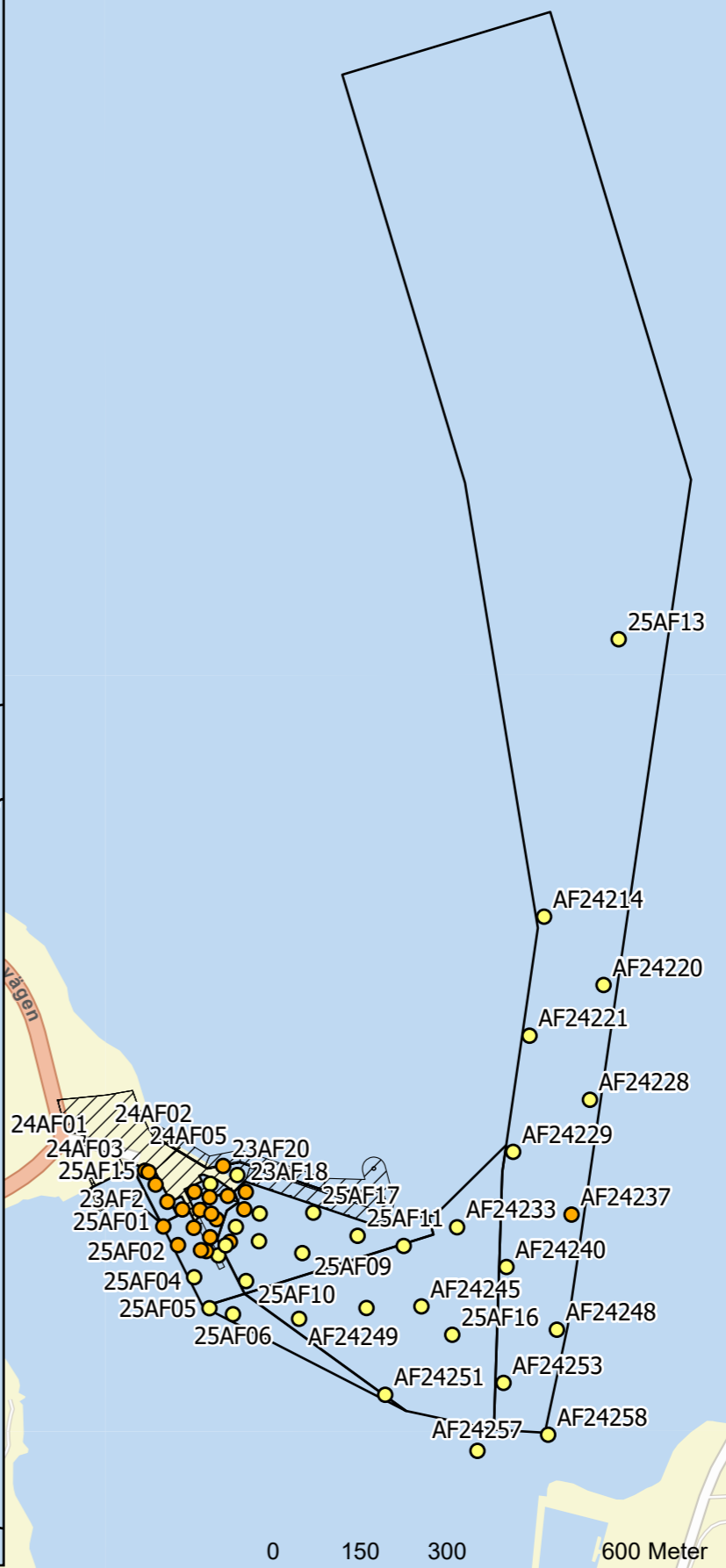
DATUM 2025-10-25	GRANSKNINGSDATUM 2025-10-25
---------------------	--------------------------------

N



Teckenförklaring

-  Hamn
-  Zonindelning
- Klassning1**
-  Klass 1-3
-  Klass 4-5



Situationsplan Sedimentundersökning
Kappelshamn, Gotland
2023-2025

UPPDRAGSNR. D0209279	RITAD AV M. Anehagen		
HANDLÄGGARE M. Anehagen	ANSVARIG K. Lundström		
GRANSKAD AV D. Karlsson	FORMAT A3	SKALA 1:11 436	BILAGA 2
DATUM 2025-10-25	GRANSKNINGSDATUM 2025-10-25		