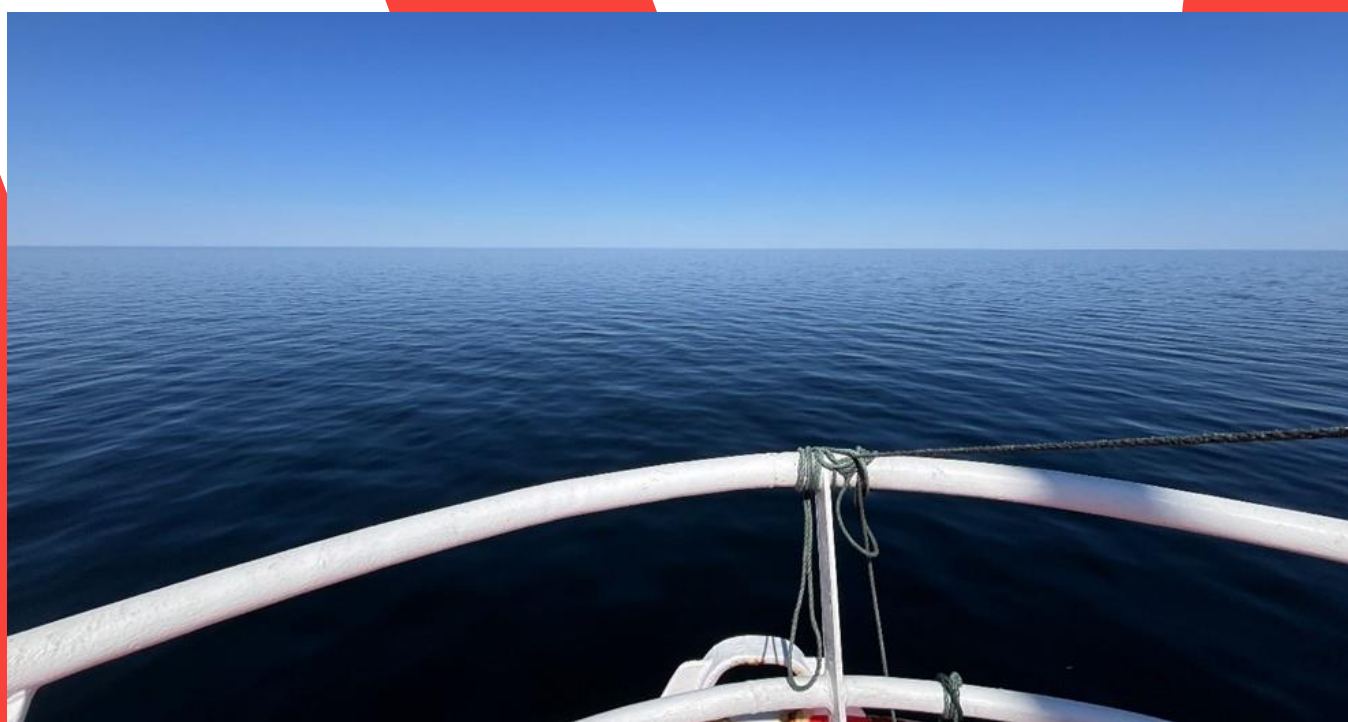


Ålands landskapsregering

Planläggning och miljöbedömning av generalplan Sunnanvind

Bilaga 5. Underlagsutredning: Miljögifter i sediment

23-04-2025



Uppdragsinformation

Uppdragsnamn	Planläggning och miljöbedömning av generalplan Sunnanvind
Uppdragsnummer	10359887
Författare	Stina Jacobsson
Datum	2025-04-23
Granskad av	Peter Bruce och Nicklas Wijkmark
Godkänd av	Jonas Sahlin

Kund

Ålands landskapsregering

Konsult

WSP

WSP Sverige AB

Org nr: 556057-4880

wsp.com

Kontaktpersoner

Ålands landskapsregering

Ralf Häggblom, energisamordnare

ralf.haggblom@regeringen.ax

Tel: +358 18 25 000

WSP

Jonas Sahlin, uppdragsledare WSP

Jonas.sahlin@wsp.com

Tel: +46 010 722 88 09

Omslagssbild: Nicklas Wijkmark

Alla kartor och fotografier är framtagna av WSP

Sammanfattning

På uppdrag av Ålands landskapsregering utförde WSP en sedimentundersökning för projektet Sunnanvind. Genom provtagning och analys av sediment gjordes en bedömning av föroreningssituationen på havsbotten inom planläggningsområdet för den planerade vindkraftsetableringen. Sedimentprovtagningen utfördes i totalt femton punkter inom utredningsområdet. Vid varje punkt uttogs sedimentkärnor med en kajakhämtare och kärnan delades sedan upp i två till fyra djupintervall om ca 50 cm till separata delprov. Sedimentproverna analyserades sedan med avseende på TS (torrsubstans), TOC (total halt organiskt kol), metaller (arsenik, kadmium, krom, kobolt, koppar, bly, kvicksilver, nickel, vanadin och zink), polycykliska aromatiska kolväten (PAH), polyklorerade bifenyler (PCB), tennorganiska föreningar (MBT, DBT, TBT) samt Cesium 137. För att värdera sedimentens föroreningsgrad jämfördes analysresultaten mot flertalet olika jämförvärden: svenska statistiska jämförvärden, HELCOMs tröskelvärden, svenska gränsvärden i HVMFS 2019:25 samt mot norska effektbaserade riktvärden. Uppmätt aktivitet av cesium jämfördes mot ERICA-tool samt mätningar utförda av finska Strålsäkerhetscentralen samt svenska Strålsäkerhetsmyndigheten.

Sammanfattningsvis visade resultaten från genomförda analyser på generellt låga och oproblematiske föroreningshalter i provtaget sediment inom utredningsområdet.

Undersökningen visar att halterna av metaller är generellt låga inom planområdet. Krom och koppar bedöms förekomma i naturligt höga bakgrundshalter inom området då statistiskt höga halter uppmäts på samtliga djup i sedimenten, som på de största djupen bedömts utgöras av naturlig orörd glacial lera. I enlighet med norska effektbaserade riktvärden ligger krom- och kopparhalterna inom klassen "God" och därmed under gränsen för vad som bedöms föreligga en risk för toxiska effekter vid en lång tids exponering.

Avseende organiska föroreningar så är de generellt mycket låga inom området vilket innebär att halterna inte är förhöjda jämfört med övriga delar av Östersjön eller utgör någon fara för människors hälsa eller miljön vid spridning av sedimentet. PAH-ämnen kunde endast detekteras i det översta sedimentintervallet i en punkt, S7, vilken ligger i den del av utredningsområdet där fiskeaktivitet i form av pelagisk trålning förekommer som mest intensivt. En PCB-kongener har i några punkter påvisats i höga till mycket höga nivåer enligt statistiska jämförvärden. Summaparametern PCB-7 är dock låg till medelhög inom området och bedöms enligt norska effektbaserade riktvärden ligga inom "God" klass och inte orsaka risk för toxiska effekter vid lång tids exponering. Tennorganiska föreningar (DBT, MBT, TBT) kunde inte påvisas i någon provpunkt.

Undersökningen av radioaktiva nuklider genom analyser av cesium-137 visade uppmätt aktivitet som inte bör innebära någon risk för människor eller andra organismer. Aktivitet av cesium-137 kunde endast detekteras i det översta sedimentintervallet (ca 0-50 cm) och dessa aktiviteter understeg med stor marginal jämförvärdet samt bedöms ligga på samma eller lägre nivå jämfört med uppmätt aktivitet i sediment runt Sveriges och Finlands kust, vilken enligt Strålsäkerhetsmyndigheten bedöms som oproblematiske.

Utredningen visar sammantaget på halter som inte bedöms utgöra risk för toxiska effekter vid genomförande av planerade arbeten.

Innehåll

1 Inledning och syfte	1
2 Metodik	1
2.1 Provtagning	1
2.2 Analyser	2
2.3 Jämförvärden för sediment	4
3 Resultat och diskussion	7
3.1 Fältnoteringar	7
3.2 Kemiska analyser jämförda med statistiska jämförvärden	9
3.3 Kemiska analyser jämförda med HELCOMs tröskelvärden och gränsvärden enligt HVMFS 2019:25	15
3.4 Kemiska analyser jämförda med norska riktvärden	17
3.5 Kontroll- och blankprover	18
4 Slutsats	18
5 Referenser	21

1 Inledning och syfte

WSP har utfört en sedimentprovtagning som en del av en marinbiologisk undersökning där även undersökningar av makrozoobentos, videotransekter samt syreprofiler i vatten utfördes. Undersökningen utfördes på uppdrag av Ålands landskapsregering för projektet Sunnanvind.

Syftet med sedimentundersökningen var att utreda bottenförhållandena inom planläggningsområdet för den planerade vindkraftsetableringen genom att identifiera föroreningar i sedimentprofilen. Avsikten med undersökningarna är att de ska utgöra underlag vid fortsatt planering av anläggningsarbeten för vindkraftsetableringen samt för att kunna bedöma eventuella miljörisker kopplat till spridning av sediment.

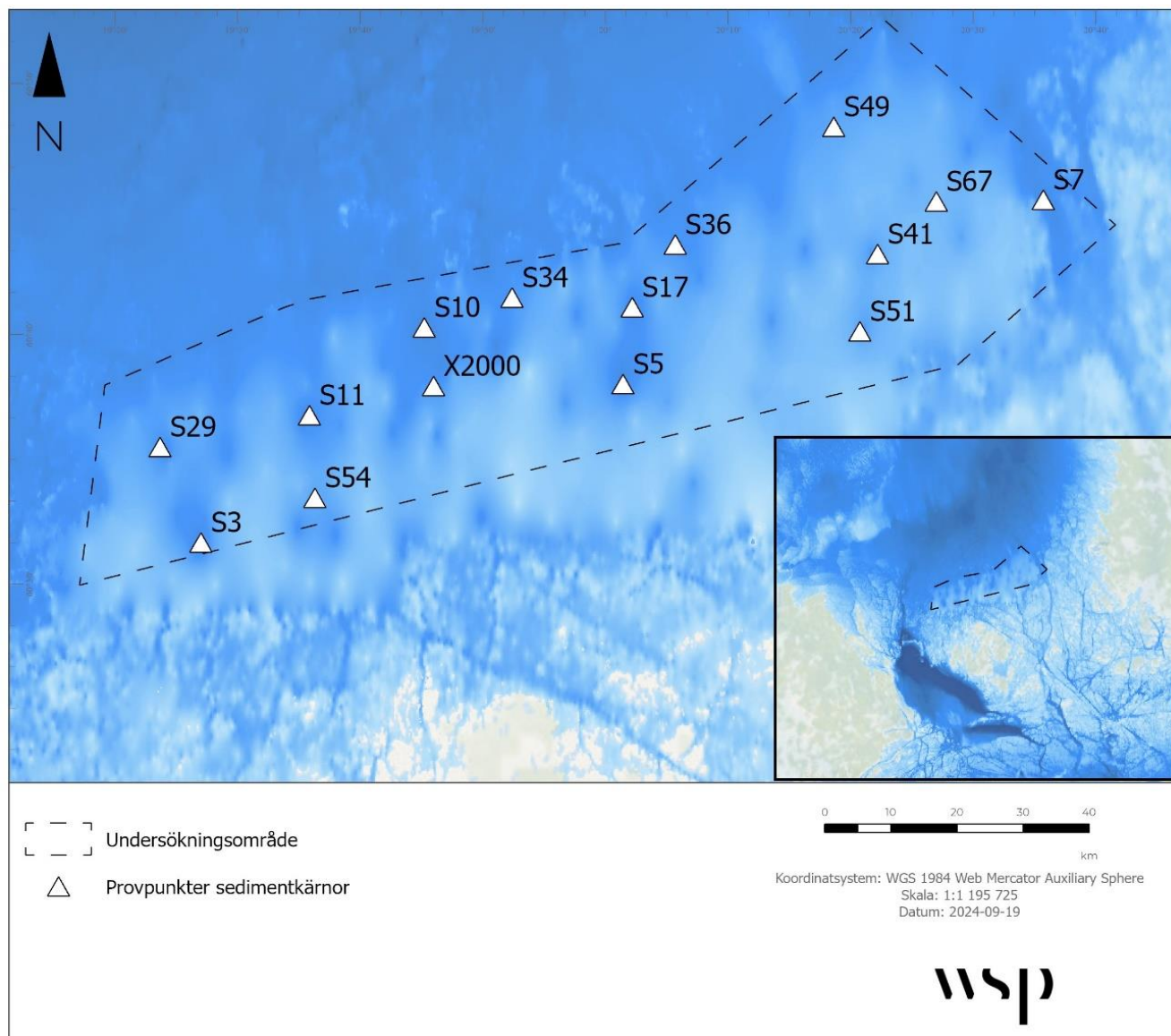
Föreliggande rapport redovisar metod och resultat från sedimentprovtagningen samt analyser och bedömningar av föroreningshalter. Föroreningshalterna i sedimenten har främst utretts baserat på svenska statistiska jämförvärden för utifrån uppmätta halter längs Sveriges kust. Då Finland i nuläget inte har publicerade miljö kvalitetsnormer för sediment bedöms även resultaten mot svenska gränsvärden i föreskrifterna om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten, HVMFS 2019:25 (Havs- och Vattenmyndigheten, 2019). Ytterligare andra relevanta jämförvärden används som stöd i bedömningen.

2 Metodik

2.1 Provtagning

Sedimentprovtagning utfördes av WSP under maj 2024. Provtagningen utfördes med kajakhämtare med en eller tre meters rör för att få upp sedimentkärnor. Provtagningspunkternas lokalisering inom utredningsområdet redovisas i figur 1.

Efter att en sedimentkärna upphämtats delades den upp i två till fyra djupsektioner till separata prov, se tabell 1. Djupintervall 1 utgörs av ett sedimentdjup på ca 0-50 cm, djupintervall 2 av ca 50-100 cm, djupintervall 3 av ca 100-150 cm och djupintervall 4 av ca 150-200 cm sedimentdjup. För varje sedimentprov utfördes fältnoteringar avseende bedömd sedimenttyp, färg samt övriga kommentarer innan de homogeniserades och fördes över i provtagningskärl och kylades. Efter varje provtagning rengjordes provtagaren och använd utrustning noggrant för att undvika kontaminering av följande prover.



Figur 1. Lokalisering av provtagningspunkter för sedimentprover, provtagna med kajakhämtare för sedimentkärnor.

2.2 Analyser

Sedimentproverna analyserades med avseende på TS (torrsubstans), TOC (total halt organiskt kol), metaller (arsenik, kadmium, krom, kobolt, koppar, bly, kvicksilver, nickel, vanadin och zink), polycykliska aromatiska kolväten (PAH), polyklorerade bifenyler (PCB), tennorganiska föreningar (MBT, DBT, TBT) samt Cesium 137 enligt tabellen nedan.

Tabell 1. Uppdelning av sedimentkärnor i upp till fyra djupintervaller per provpunkt samt analyser för respektive prov. A: TS, B: TOC, C: metaller, D: PAH, E: PCB, F: tennorganiska föreningar, G: Cesium 137.

Provpunkt	Djupintervall				Kontroll	Blank
	1	2	3	4		
S3	0-40 cm A,B,C,D,E,F,G	40-80 cm A,B,C,D,E,F,G				
S5	0-40 cm A,B,C,D,E,F,G	40-82 cm A,B,C,D,E,F,G			0-40 cm A,C	
S7	0-50 cm A,B,C,D,E,F,G	50-100 cm A,B,C,D,E,F,G	100-150 cm A,B,C,D,E,F,G	150-200 cm A,B,C,D,E,F,G		A,B,C,D,E,F
S10	0-50 cm A,B,C,D,E,F,G	50-120 cm A,B,C,D,E,F,G				A,B,C,D,E,F
S11	0-45 cm A,B,C,D,E,F,G	45-92 cm A,B,C,D,E,F,G				
S17	0-50 cm A,B,C,D,E,F,G	50-115 cm A,B,C,D,E,F,G				
S29	0-50 cm A,B,C,D,E,F,G	50-100 cm A,B,C,D,E,F,G	100-155 cm A,B,C,D,E,F,G			
S34	0-50 cm A,B,C,D,E,F,G	50-100 cm A,B,C,D,E,F,G	100-200 cm A,B,C,D,E,F,G		100-200 cm A,B,D	
S36	0-50 cm A,B,C,D,E,F,G	50-100 cm A,B,C,D,E,F,G				
S41	0-50 cm A,B,C,D,E,F,G	50-100 cm A,B,C,D,E,F,G	100-150 cm A,B,C,D,E,F,G	150-180 cm A,B,C,D,E,F		
S49	0-50 cm A,B,C,D,E,F,G	50-100 cm A,B,C,D,E,F,G	100-150 cm A,B,C,D,E,F,G	150-220 cm A,B,C,D,E,F,G		
S51	0-40 cm A,B,C,D,E,F,G	40-76 cm A,B,C,D,E,F,G				
S54	0-50 cm A,B,C,D,E,F,G	50-100 cm A,B,C,D,E,F,G				
S67	0-40 cm A,B,C,D,E,F,G	40-78 cm A,B,C,D,E,F,G				
X200	0-40 cm A,B,C,D,E,F,G	40-78 cm A,B,C,D,E,F,G			0-40 cm A,B,D	

Analysen utfördes av det ackrediterade laboratoriet ALS Scandinavia AB. Nedanstående tabell 2 redovisar laboratoriets rapporteringsgräns för respektive analyserad parameter. Den rapporteringsgräns (LOR) som anges är standard för respektive parameter i metoden. Rapporteringsgränsen kan påverkas av t.ex. spädning p.g.a. matrisstörningar, begränsad provmängd eller låg torrsubstanshalt.

Tabell 2. Analyserade parametrar och deras generella rapporteringsgränser (LOR) hos laboratoriet ALS Scandinavia.

PAH	LOR (mg/kg TS)	Metaller	LOR (mg/kg TS)	PCB	LOR (mg/kg TS)
naftalen	0,01	As	0,1	PCB 28	0,0001
acenaftylen	0,01	Cd	0,01	PCB 52	0,0001
acenaften	0,01	Co	0,03	PCB 101	0,0001
fluoren	0,01	Cr	0,1	PCB 118	0,0001
fenantren	0,01	Cu	0,3	PCB 153	0,0001
antracen	0,004	Hg	0,04	PCB 138	0,0001
fluoranten	0,01	Ni	0,08	PCB 180	0,0001
pyren	0,01	Pb	0,1	summa PCB 7	0,00035
bens(a)antracen	0,01	V	0,2	Övriga	LOR
krysen	0,01	Zn	1,0	TS	1%
bens(b)fluoranten	0,01	Tennorganiska föreningar	LOR (µg/kg TS)	TOC	0,1% TS
bens(k)fluoranten	0,01	MBT, monobutyltenn	1	Cesium 137	1,0 Bq/kg TS
bens(a)pyren	0,01	DBT, dibutyltenn	1		
Indeno(123cd)pyren	0,01	TBT, tributyltenn	0,2		
dibens(a,h)antracen	0,01				
bens(g,h,i)perylene	0,005				
summa PAH 16	0,0745				
Summa PAH 11	0,0495				
summa cancerogena PAH	0,0350				
summa övriga PAH	0,0395				
summa PAH L	0,0150				
summa PAH M	0,0220				
summa PAH H	0,0375				

2.3 Jämförvärden för sediment

Statistiska jämförvärden

För att värdera sedimentens föroreningsgrad jämförs uppmätta halter av metaller mot svenska Naturvårdsverkets jämförvärden "Bedömningsgrunder för miljö kvalitet - Kust och Hav", rapport 4914 (Naturvårdsverket, 1999). Dessa bedömningsgrunder bygger på en statistisk tillståndsklassning av sediment längs Sveriges kust. Tillståndsklassningen visar fördelningen av miljögiftshalter i svenska sediment på en femgradig skala, vilket ger en fingervisning om föroreningssituationen i de undersökta sedimenten. Jämförvärdena för metaller redovisas som avvikelser från rena, förindustriella sediment.

Uppmätta halter av organiska föroreningar jämförs mot jämförvärden utifrån uppmätta halter längs Sveriges havsområden framtagna av Sveriges Geologiska Undersökning (SGU, 2017) (SGU 2017:12) och redovisas som statistisk tillståndsklassning likt jämförvärdena för metaller.

Klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten (HELCOMs tröskelvärden samt gränsvärden enligt HVMFS 2019:25)

Föroreningsnivåerna i sedimenten har även jämförts mot tröskelvärden framtagna av HELCOM (HELCOM, 2020) samt mot svenska Havs- och Vattenmyndighetens bedömningsgrunder (Havs- och vattenmyndigheten, 2019) som ett stöd i bedömningen. Den svenska Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten (HVMFS 2019:25) används ofta på Åland vid jämförande av gränsvärden för kemisk ytvattenstatus och ytsediment (Villon & Vävare, 2023). Tröskelvärdena och gränsvärdena är baserade på ekotoxikologiska tester och syftar till att skydda bottenlevande organismer och är därmed s.k. effektbaserade gränsvärden. Generellt har effektbaserade rikt- och gränsvärden för sediment en relativt låg precision till följd av lokala variationer i ekosystemens känslighet samt föroreningarnas biotillgänglighet. HELCOM och HVMFS redovisar tröskelvärden respektive gränsvärden i sediment för sex ämnen: koppar, bly, kadmium, antracen, fluoranten och tributyltenn. För att uppnå god status enligt Baltic Sea Action Plan (BSAP) ska samtliga av HELCOMs tröskelvärden understigas (HELCOM, 2023a). Enligt HVMFS uppnås ej god kemisk ytvattenstatus för de sediment vars uppmätta halter av överskrider gränsvärdena enligt HVMFS.

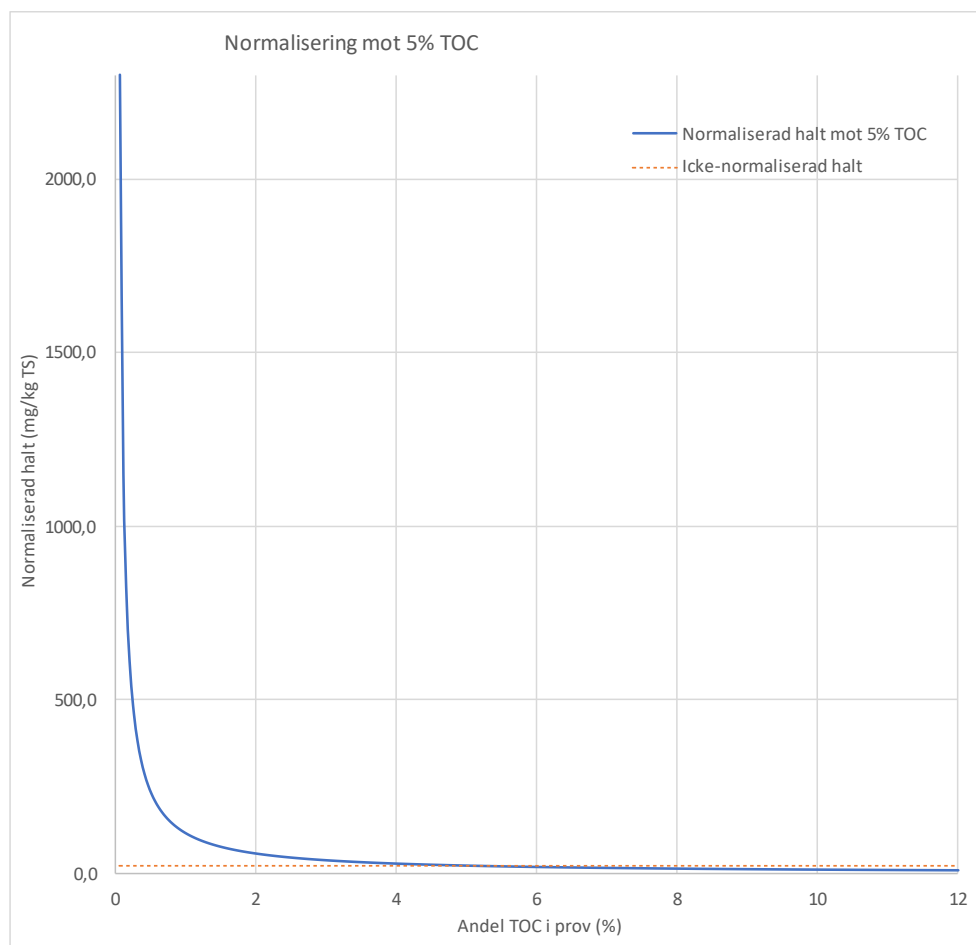
Klassificering av sediment mot miljökvalitetsnormer ska utgå från ytprover (sedimentdjup ner till 1 eller 2 cm) tagna på ackumulationsbottnar (Havs- och vattenmyndigheten, 2016). Karaktäristiskt för ackumulationsbottnar är att sedimenten består av en hög andel silt eller lera samt innehåller en hög halt organiskt kol (TOC). Tröskelvärdena respektive gränsvärdena är baserade på sediment med TOC om 5%. Här har därför de uppmätta halterna normaliserats mot 5% TOC¹ för koppar, tributyltenn, antracen (endast för HVMFS) och fluoranten.

Vid normalisering av halter utifrån TOC i sedimentprov där halten TOC är mycket låg, <1%, tex. från icke-ackumulationsbottnar, ökar de normaliserade halterna till den grad att det inte blir representativt för ekologisk risk i relation till halterna och därmed inte applicerbart för bedömning. Grafen i figur 2 visualiserar hur en ursprungshalt (i detta fall en generell halt satt till 23 mg/kg) vid normalisering mot 5 % TOC varierar beroende på halten TOC i provet. Vid 1% TOC i provet har den normaliserade halten höjts med 400% och TOC om 0,4% innebär att en normalisering mot 5% TOC i ett prov ger en höjning med 1150 %. I kommunikation med Havs- och Vattenmyndigheten² meddelade myndigheten att sediment med TOC under 0,4 % faller utanför HVMFS-modellens applikationsintervall. En orimlig höjning av föroreningshalterna sker dock redan vid 1% TOC (figur 2). Då ett antal prover för den här undersökningen har tagits på bottnar och sedimentdjup för vilka HELCOM:s och HVMFS:s bedömningsmodell inte är anpassad, där TOC förekommer i halter under 1% och det saknas officiella rutiner för hur HVMFS:s bedömningsgrunder ska användas vid låga halter TOC, har halterna av TOC korrigerats till 1% för de prover där halterna motsvarar <1% TOC. Detta har gjorts i syftet att applicera bedömningsmodellerna för samtliga prover och göra en mer jämlig bedömning mellan provpunkterna.

Kopparhalten har vid jämförelse mot HVMFS föreskrifter även korrigerats utifrån en naturlig bakgrundshalt som bestämts till 15 mg/kg (Naturvårdsverket, 1999).

¹ Vid avvikande kolhalt hos sediment multipliceras analyserad koncentration med $[5 / (\text{aktuell organisk kolhalt i \%})]$ före jämförelsen med gränsvärdet.

² Lina Gunnarsson Kearney, utredare på Havs- och vattenmyndigheten, epostkommunikation den 21 april 2022



Figur 2. Graf över hur värdet för en halt av ett ämne som normaliseras mot 5 % TOC ($Halt_{justerad} = Halt \cdot 5 / TOC$) varierar med den faktiska halten TOC i sedimentprov. Antagen icke normaliserad halt är i detta fall 23 mg/kg.

Norska riktvärden

Som stöd i bedömningen av föroreningsnivån används även de norska riktvärdena (M608/2016, rev 30.10.2020. Marina sediment). De norska riktvärdena är baserade på teoretiska effektnivåer och framtagna för leriga och/eller siltiga sediment med en halt TOC på 1% (Miljødirektoratet, 2020).

Jämförvärden för radioaktiva nuklider

Den största källan till artificiell radioaktivitet i Östersjöns sediment är nedfallet från Tjernobylolyckan 1986 samt det globala nedfallet från atmosfäriska kärnvapenprov på 1950- och 1960-talen. Från dessa nedfall är Cesium-137 den viktigaste radionukliden (HELCOM, 2009). Cesium som härrör från Tjernobyl har fortsatt att avsättas i havsbotten sedan olyckan, men på grund av den långsammare ackumulationshastigheten och det radioaktiva sönderfallet av Cesium-137 (halveringstiden är drygt 30 år) har de totala lagren slutat öka i Östersjön (HELCOM, 2009). Mätningar utförda mellan år 2016-2021 visar att nivåerna av Cesium-137 i biota och vatten i Ålands hav understiger HELCOMS tröskelvärden (HELCOM, 2023a).

Inom svensk vattenförvaltning finns inga framtagna gränsvärden för Cesium-137 i sediment och HELCOM har endast målet för Cesium-137 i sediment att den totala mängden i Östersjön skall tillbaka till "pre-Tjernobylnivåer".

De jämförelsevärden för Cesium-137 som används i föreliggande undersökning är dels baserade på *Environmental Media Concentration Limits* (EMCL-värden). Understigs EMCL-värdena i sedimenten är risken försumbar att halterna ska innebära några skadliga effekter på hälsa och miljö. ECML har tagits fram av ERICA-projektet (Environmental Risk from Ionising Contaminants: Assessment and Management) med finansiering från EURATOM (Fördraget om Europeiska atomenergigemenskapen) (ERICA, u.å.).

Tabell 3. EMCL-värden för sediment (Bq/kg TS) i ett generiskt marint ekosystem baserat på en antagen strålningsdos på 10 µGy/h från ERICA-projektet.³

Radionuklid	EMCL
Cs137	2,48E+4

Uppmätt aktivitet av Cesium-137 kommer även jämföras mot mätningar som registrerats i svenska Strålsäkerhetsmyndighetens cesiumdatabas (Strålsäkerhetsmyndigheten, 2023) samt mot mätningar redovisade i finska strålsäkerhetscentralens, STUK, senaste årsrapport för övervakning av radioaktiva ämnen (STUK, 2024). Den aktivitet cesium-137 som uppmätts i sedimenten inom Sveriges havsbassänger innebär ingen risk för människor eller andra organismer (Strålsäkerhetsmyndigheten, 2023).

3 Resultat och diskussion

3.1 Fältnoteringar

Fältnoteringar utfördes av WSP i samband med fältprovtagning och sammanfattas i nedanstående tabell. Sammanfattningsvis har sedimenten noterats vara relativt homogena i majoriteten av provpunkterna med ett något gyttjigt, siltigt eller sandigt ytlager följt av kompakt gråaktig lera med låg halt organiskt material.

³ <https://erica-tool.com/wp-content/uploads/2020/09/help.pdf>

Tabell 4. Vattendjup per provpunkt samt sedimenttyp och övriga beskrivningar för respektive provintervall per provpunkt.

Prov- punkt	Vat- ten- djup	Sedimenttyp				Beskrivning
		Sedimentintervall				
		1	2	3	4	
S3	71 m	(gy)saLe* 0-40 cm	saLe 40-80 cm			Tunt lager gyttja överst (brunsvart). Därefter grå, fast glaciallera hela vägen ned med ca 5% fin sand. Ingen lukt. Låg halt organiskt material.
S5	78 m	(gy)siLe 0-40 cm	siLe 40-82 cm			Svartgrå i översta intervallet, sedan grå. Ingen lukt. Låg halt organiskt material. Fast lera med ca 5% silt.
S7	73 m	saLe 0-50 cm	Le 50-100 cm	Le 100-150 cm	Le 150-200 cm	Medelfast lera. Ingen lukt. Gråbrun färg med ca 5% sand i översta intervallet sedan grå ren lera. Låg halt organiskt material. Homogen propp, inga skiktningar men enstaka svarta fläckar.
S10	77 m	sasiLe 0-50 cm	siLe 50-120 cm			Genomgående grå och medelfast lera. Ingen lukt och låg halt organiskt material. Cirka 5% sand och silt i översta intervall, cirka 2% silt i andra intervall.
S11	68 m	saLe 0-45 cm	Le 45-92 cm			Tunt lager av fin sand som övre skikt sedan fast brungrå glaciallera. Ingen lukt och låg halt organiskt material. Cirka 10% sand och skikt i översta intervall, resterande lera.
S17	67 m	siLe 0-50 cm	Le 50-115 cm			Medelfast lera med ca 5% silt i översta intervall, sedan fast ren lera. Svartgrå färg. Låg halt organiskt material. Luktar svavelväte i båda intervallen om än svagt i djupare intervall.
S29	62,5 m	saLe 0-50 cm	Le 50-10 cm	Le 100-155 cm		Ingen lukt. Grå färg i översta två intervall, gråsvart färg i djupaste intervall. Låg halt organiskt material. Fastheten ökar från medelfast till fast till mycket fast i de tre djupintervallen. Cirka 5% sand i översta intervall, resterande 100% lera.
S34	61 m	saLe 0-50 cm	Le 50-100 cm	Le 100-200 cm		Ingen lukt och låg halt organiskt material. Genomgående ljusgrå och fast lera. Cirka 5% sand i översta intervallet.
S36	60,5 m	saLe 0-50 cm	Le 50-100 cm			Ingen lukt. I översta intervallet är översta 30cm svart, sedan 20 cm svartgrå, intervall 2 har mörkgrå färg och intervall 3 grå färg. Leran är fast med ca 5% sand i översta intervallet, sedan ren medelfast lera med låg halt organiskt material.
S41	54 m	leSa 0-50 cm	Le 50-100 cm	Le 100-150 cm	Le 150-180 cm	Mörkgrå färg i översta intervallet, sedan grå. Låg halt organiskt material, ingen lukt. Cirka 5% sand i översta intervall, resterande medelfast-fast lera.
S49	65 m	sagyLe 0-50 cm	Le 50-100 cm	Le 100-150 cm	Le 150-220 cm	Gyttjeleran första 50cm. Gråsvart färg, djupaste intervallet grått. Ingen lukt. Låg halt organiskt material. Medelfast med ca 10% silt i översta intervallet, sedan fast ren lera.
S51	51 m	sasiLe 0-40 cm	Le 40-76 cm			Mörkgrå färg. Ingen lukt. Låg halt organiskt material. Fast lera med ca 5% silt i översta intervallet, sedan 100% lera.
S54	52,5 m	saLe 0-50 cm	Le 50-100 cm			Ingen lukt, Fast lera med ljusgrå färg och låg halt organiskt material. Cirka 5% grov sand i översta intervall sedan 100% lera.
S67	54 m	saLe 0-40 cm	Le 40-78 cm			Tunt sand- och grusskikt överst. Transportbotten. Ingen lukt, låg halt organiskt material. Mycket fast lera med grå färg. Cirka 5% grov sand i översta intervall.
X200	66,5 m	(sa)gyLe 0-40 cm	Le 40-78 cm			Översta 2cm siltig gyttja (ca 5%), sedan 100% fin ljusgrå och fast lera. Ingen lukt. Låg halt organiskt material.

* För beteckningsförklaring se Svenska Geotekniska Föreningens beteckningsblad för berg- och jord (SGF, 2016).

Exempel på sedimentkärna från punkt S3 redovisas i figur 3 nedan.



Figur 3. Sedimentkärna från provpunkt S3. Övre bild visar hela sedimentkärnan, nedre bild visar det yttigaste lagret bestående av brunsvart gytta.

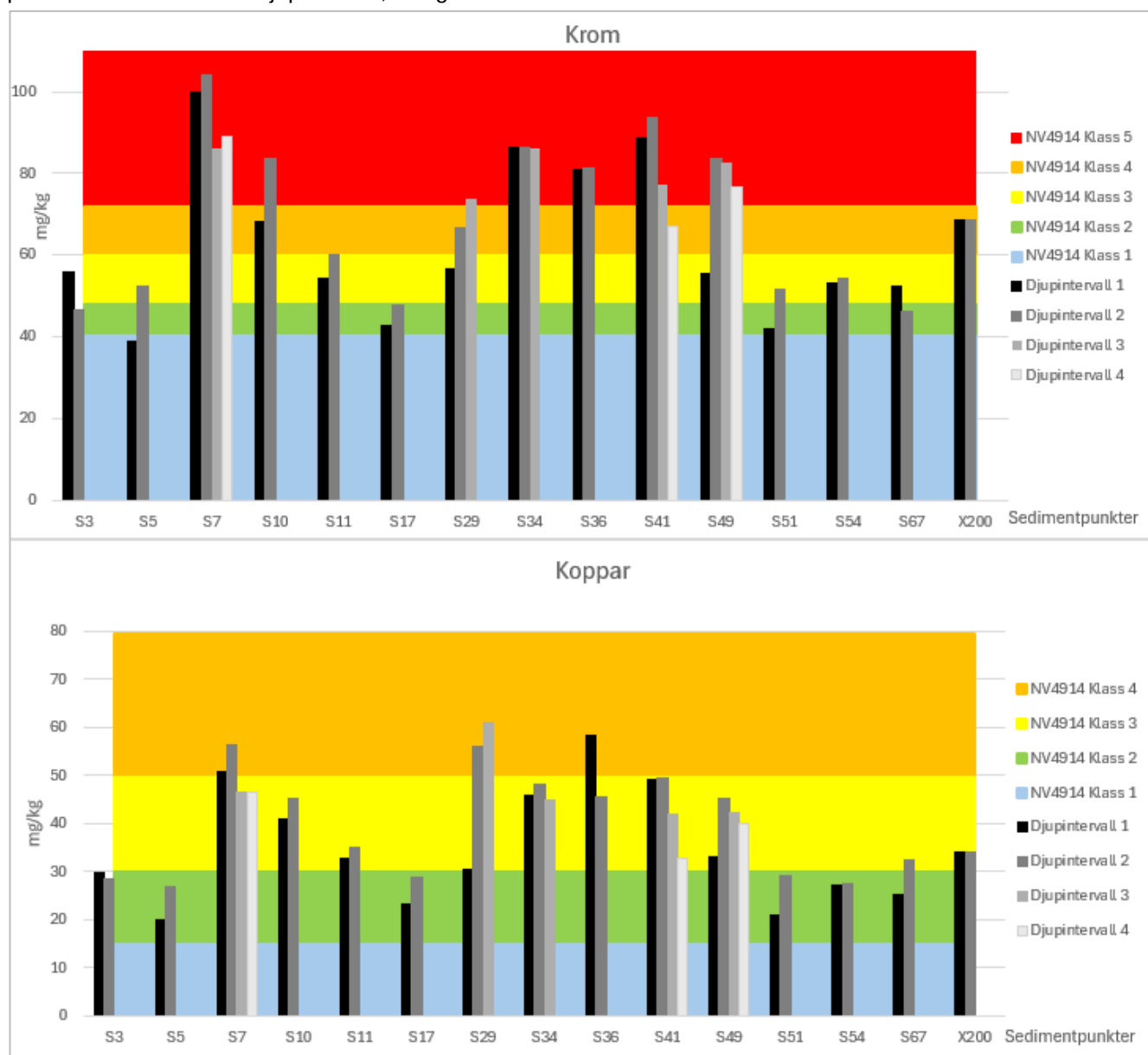
3.2 Kemiska analyser jämförda med statistiska jämförvärden

Sammanställda analysresultat klassat enligt relevanta jämförvärden redovisas i Bilaga A. Laboratoriets analysrapporter redovisas i Bilaga B.

TOC: Halten TOC i sedimenten är generellt låg vilket stämmer överens med fältnoteringarna. I åtta punkter (S7, S10, S34, S36, S41, S49, S54, S67) av femton är den organiska halten mindre än 1% på alla djupintervall. I resterande sju punkter ligger halterna mellan 1,0-2,46%. Inget tydligt mönster kan ses för halten TOC mellan de olika djupintervallen i sedimenten eller mellan punkternas djup i havet.

I sedimentprov där halten TOC understeg 1% har halten TOC korrigerats till 1% vid bedömning mot gränsvärden i HVMFS, i enlighet med beskrivning i kapitel 2.3.

Metaller: Metallhalterna ligger generellt på en låg till medelhög nivå, klass 1 till klass 3 vid jämförelse mot Naturvårdsverkets statistiska jämförvärden (NV4914). De metaller som uppvisar halter som överstiger klass 3 är krom och koppar. Kromhalten ligger i nivå med NV4914 klass 5 "mycket hög halt" eller klass 4 "hög halt" i åtta punkter för en eller flera djupintervall, se figur 4.



Figur 4. Krom- (överst) och kopparhalter (nederst) i samtliga sedimentpunkter och djupintervall. Jämförelse med Naturvårdsverkets statistiska jämförvärden (NV4914). Halter i mg/kg.

Figur 4 redovisar hur metallhalterna varierar med sedimentdjupet. Höga halter finns i alla djupintervall och ingen tydlig korrelation kan ses mellan variationen på halterna och djupet i sedimenten.

Halterna av arsenik, kadmium, bly och vanadin är låga i samtliga sedimentprov. Halten kvicksilver understiger för alla prover laboratoriets rapporteringsgräns

PAH: Uppmätta halter av PAH-ämnen är mycket låga och ligger generellt under laboratoriets rapporteringsgräns. Detta med undantag för det översta djupintervallet (0-50 cm) i punkt S7 som uppvisar förhöjda halter. Naftalen (ett PAH-ämne med låg molekylvikt) uppnår en mycket hög halt (klass 5) i enlighet med SGUs statistiska jämförvärden (2017:12). Resterande PAH-ämnen i översta intervallet i punkt S7 klassas som låga (klass 1) till höga (klass 4) och halterna av summaparametrarna för medel- (PAH-M) och hög molekylvikt (PAH-H) klassas som höga (klass 4) respektive medelhöga (klass 3), se tabell 5.

Tabell 5. Resultat för PAH-ämnen i sedimentprov jämfört med SGUs jämförvärden (2017:12). Halter i mg/l.

Provpunkt	S7	Jämförelsevärden SGU 2017:12				
	0-50 cm	Klass 1	Klass 2	Klass 3	Klass 4	Klass 5
Naftalen	0,086	-	<0,0049	0,0049	0,019	0,063
Antracen	0,0372	<0,001	0,001	0,0031	0,011	0,045
Fluoranten	0,155	<0,018	0,018	0,045	0,14	0,39
PAH-M, summa	0,483	<0,057	0,057	0,11	0,32	1,7
PAH-H, summa	0,351	<0,18	0,18	0,32	0,94	2,6
TOC %	0,69					

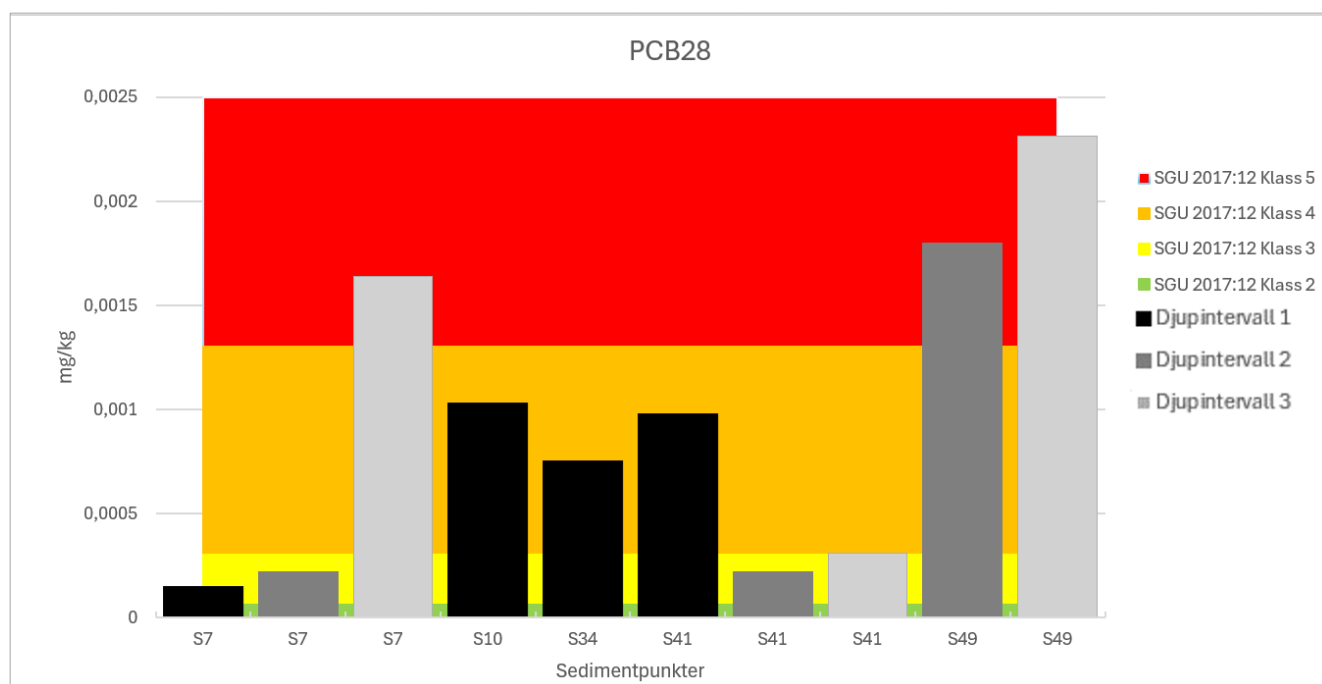
PCB: Avseende PCB så var halterna för majoriteten av proven under laboratoriets detektionsgräns. Genomförda analyser visar för de detekterade halterna att kongeneren PCB28 utgör den största delen av summaparametern PCB7. Detta tyder på att det har skett en deklorering av högklorerade PCB-kongener till lägre klorerade PCB-kongener (som PCB28) vilket kan ske i anaeroba sediment och har påvisats i tidigare forskning samt i andra undersökningar av Östersjöns sediment (Sobek *et al.*, 2015). I två punkter (S7 och S49) uppmättes i en eller fler djupintervall PCB28 i halter som klassas som "mycket hög halt" (klass 5) enligt SGU och i tre punkter (S10, S34 och S41) uppmättes halter som klassas som "hög halt" (klass 4), se tabell 6 och figur 5.

De högsta uppmätta halterna (i punkt S7 och S49) uppmättes i det tredje djupintervallet i sedimenten (100-150 cm). Att det förekommer PCB28-halter så pass djupt ned i sedimenten indikerar att sedimenten i punkterna rörts om från exempelvis trålning vilket resulterat i att ytligare sediment med höga PCB28-halter hamnat djupare ned. Figur 6 visar att det under de senaste tio åren har förekommit pelagisk trålning i områden som överlappar framför allt punkt S7. Det bedöms även som troligt att det tidigare kan ha förekommit bottenstrålning delar av i området. Svarta fläckar noterat i sedimentkärnan från S7 (tabell 4) styrker denna bedömning då det visar att sedimentet består av blandad karaktär. En sedimentkärna från en orörd botten uppvisar som regel en homogen karaktär där skiftningar i djupled, om de finns, är tydliga. Genomförd inspelning av videofilm med en undervattendrönare visar även vid S7 att det finns block och lösa växtdelar på botten vilket tyder på att en störning av botten har skett.

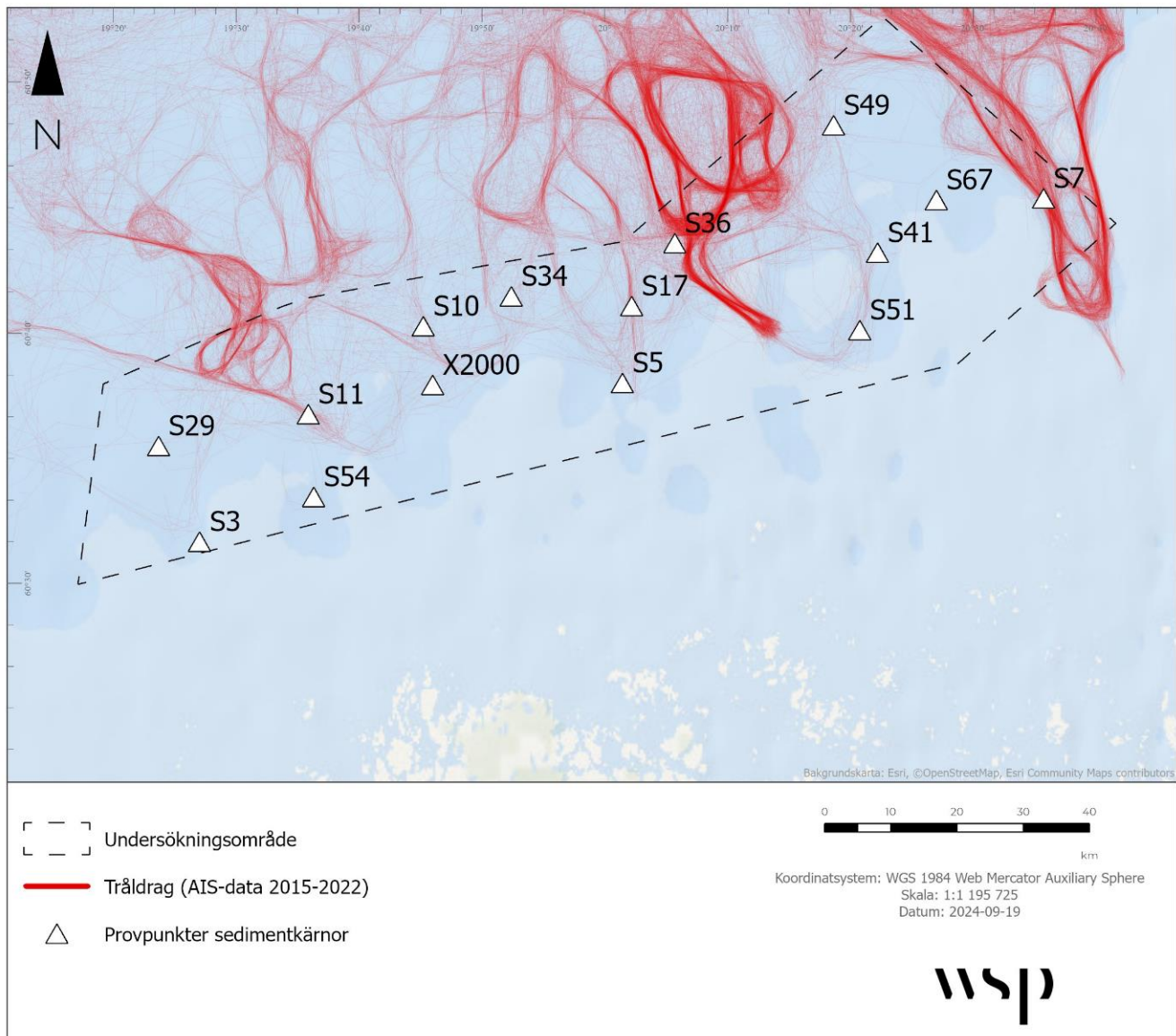
Summaparametern PCB7 är som högst "medelhög" inom klass 3 enligt SGU i punkt S49. I resterande punkter uppmättes PCB:er i halter som generellt understiger laboratoriets rapporteringsgräns och som högst ligger inom SGUs klass 3 "medelhög halt".

Tabell 6. Resultat för PCB:er (PCB28 samt summaparametern PCB7) i sedimentprov där halten av PCB28 och/eller summan av PCB7 överstiger klass 4 enligt SGUs jämförvärden (2017:12). Halter i mg/l.

Prov-punkt	S7	S10	S34	S41		S49		Jämförelsevärden SGU 2017:12				
Sed. djup (cm)	100-150	0-50	0-50	0-50	100-150	50-100	100-150	Klass 1	Klass 2	Klass 3	Klass 4	Klass 5
PCB28	0,00164	0,00103	0,00075	0,00098	0,00031	0,0018	0,00231	-	<0,000066	0,000066	0,0003	0,0013
PCB7	0,00164	0,00103	0,00075	0,00115	0,00031	0,00202	0,00265	<0,00081	0,00081	0,0025	0,0076	0,034
TOC, %	0,67	0,55	0,57	0,63	0,56	0,62	0,56					



Figur 5. Halt av PCB28 i samtliga sedimentprov där halt kunde detekteras. Jämförelse med SGUs statistiska jämförvärden (SGU 2017:12). Halter i mg/kg TS.



Figur 6. Tråldrag i området baserat på tolkning av AIS-data (Automatic Identification System) från år 2015-2022.

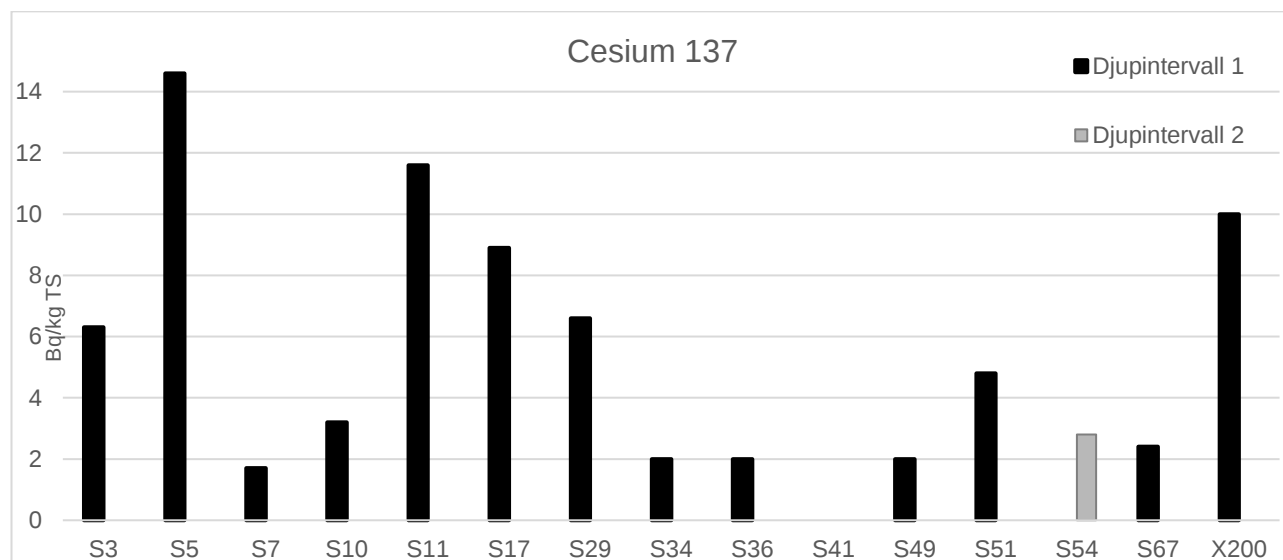
Tennorganiska föreningar: Inga detekterbara halter tennorganiska föreningar (DBT, MBT, TBT) över laboratoriets rapporteringsgräns kunde påvisas i någon provpunkt.

Radioaktiva nuklider: Detekterad aktivitet av Cesium-137 varierade mellan 1,7–14,6 Bq/kg TS främst i det översta provtagningsintervallet, endast vid S54 kunde aktivitet detekteras i det andra intervallet, se figur 7 nedan. Halterna understiger med stor marginal ERICA EMCL-värdet på 24 800 Bq/kg TS.

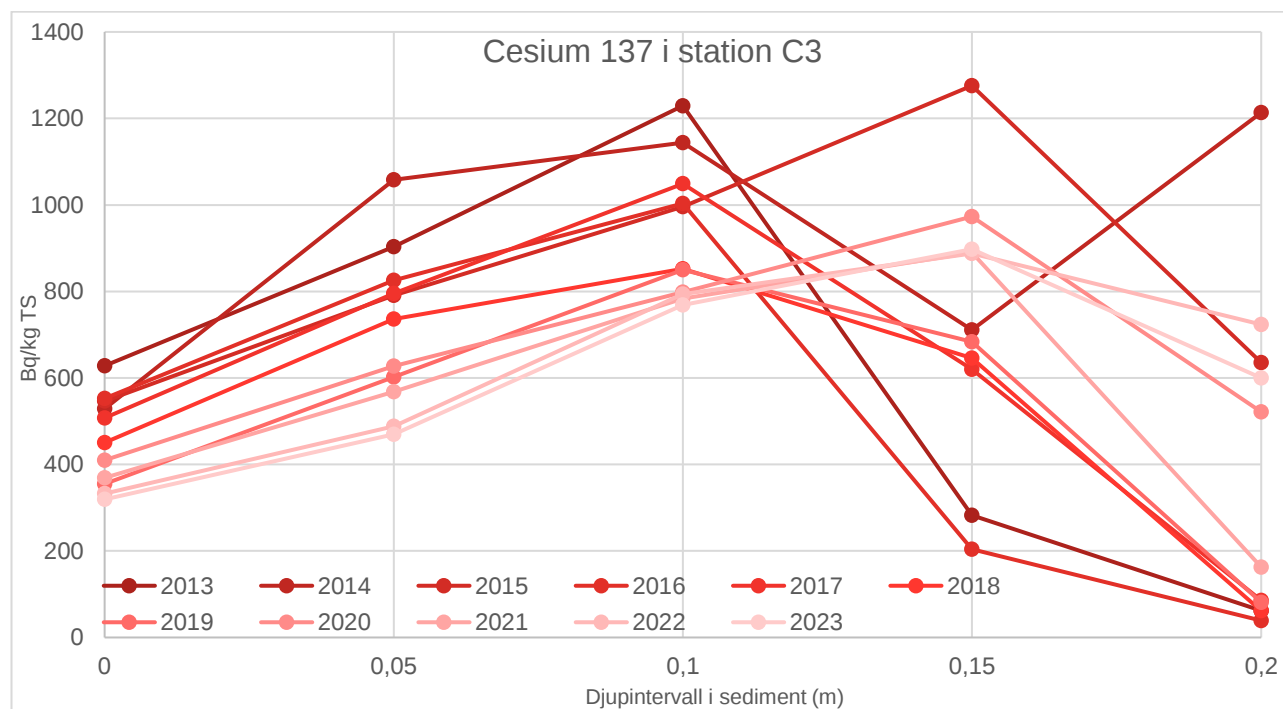
Jämfört med uppmätt aktivitet registrerad i svenska Strålsäkerhetsmyndighetens cesiumdatabas är de projektuppmätta aktiviteterna också mycket låga. Jämförelsen blir dock inte helt överlappande då mätningarna är utförda på 5 cm djupintervall i den svenska övervakningen och på ca 50 cm djupintervall i föreliggande undersökning. Som exempel redovisas i figur 8 hur aktiviteten av cesium-137 varierar med år och sedimentdjup i den svenska övervakningsstationen C3, vars läge i Östersjön visas i figur 9. Den lägsta uppmätta aktiviteten i station C3, 39 Bq/kg på djupintervallet 15-50 cm år 2016, är mer än dubbelt så hög som den högsta uppmätta aktiviteten i punkt S5. Därför görs bedömningen att aktiviteterna inom undersökningsområdet inte bör innebära någon risk för människor eller andra organismer.

Ytterligare en jämförelse kan göras mot redovisade aktiviteter i den Finska strålsäkerhetscentralens, STUK, senaste årsrapport för övervakning av radioaktiva ämnen i Östersjön där aktiviteten i ytsediment varierade mellan 100-350 Bq/kg (STUK, 2024).

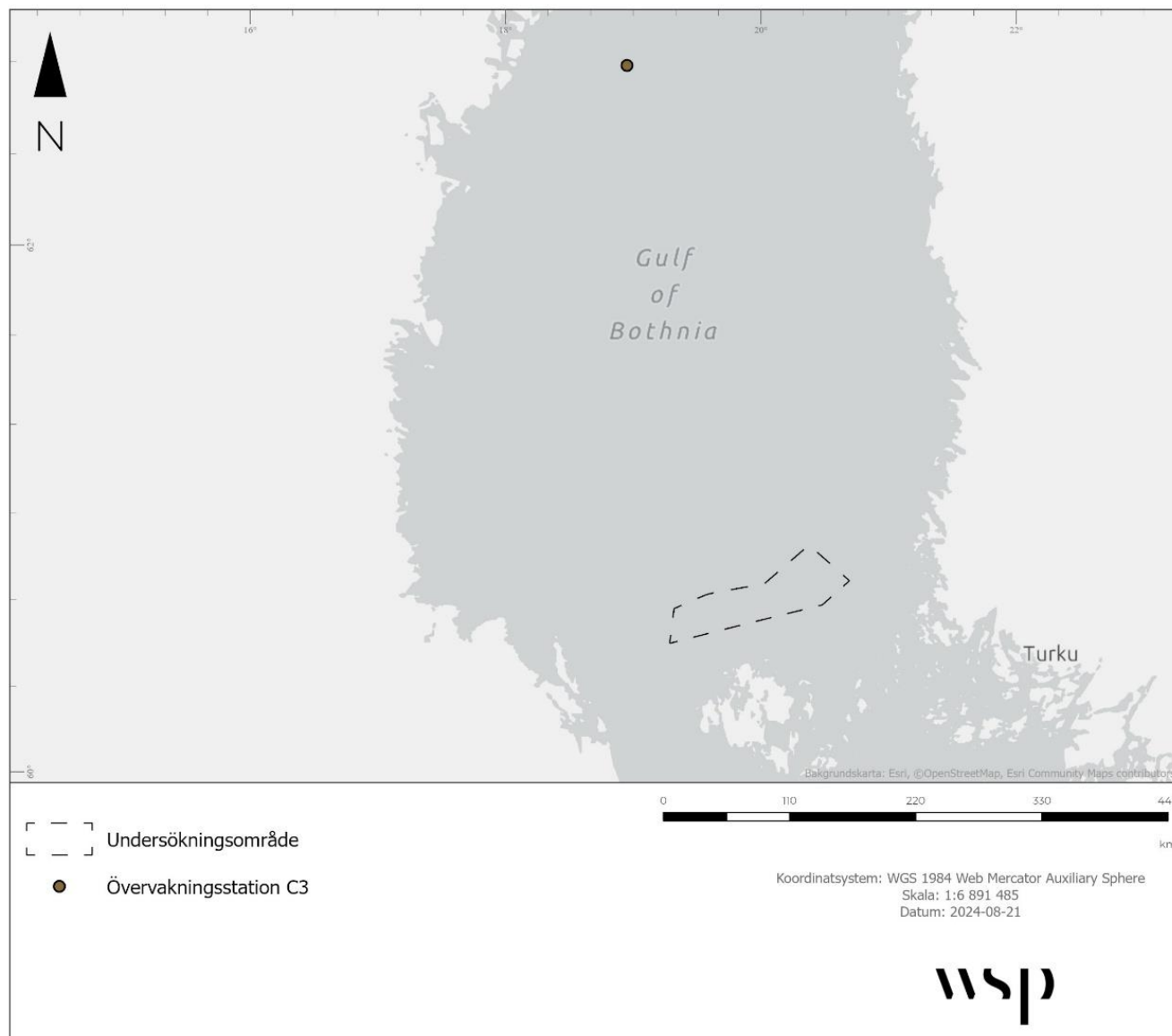
Från samtliga analyserade sedimentprov är medelvärdet av den uppmätta aktiviteten Cesium-137 2,9 Bq/kg (konserverativt antaget att halter som understiger LOR har värdet av LOR). För att få en bild av vad denna aktivitet innebär kan stråldosen beräknas enligt beskrivning av förhållanden mellan aktivitetskoncentration och strålningsdos på STUKs hemsida (STUK, u.å.). Ett kilo sediment med uppmätt medelaktivitet motsvarar då en stråldos på 0,046 μ S. Detta kan jämföras med den finländska bakgrundsstrålningens stråldoshastighet som varierar mellan 0,04 och 0,30 μ Sv/h (STUK, u.å.).



Figur 7. Cesium 137 (Bq/kg TS) i samtliga provtagningspunkter.



Figur 8. Cesium 137 (Bq/kg TS) i station C3 för olika år och djupintervall (utdrag från Cesiumdatabasen).



Figur 9. Läge för den svenska övervakningsstationen C3.

3.3 Kemiska analyser jämförda med HELCOMs tröskelvärden och gränsvärden enligt HVMFS 2019:25

I samtliga prover överskrider HELCOMS tröskelvärde samt HVMFS gränsvärde för koppar. Dessa gränsvärden är dock framtagna för ytprover (sedimentdjup ner till 1 eller 2 cm) från ackumulationsbottenar. Då proverna i föreliggande underökning är tagna på större sedimentdjup (som ytligast 0-50 cm) är jämförelsen mot inte tillämpligt för bedömning av föroreningsituationen utan används här endast som stöd. Notera även att HVMFS gränsvärden för kemisk och ekologisk status är inte gällande på Åland.

Koppar uppvisar "höga halter" (klass 4) i tre punkter för en eller flera djupintervall enligt NV4914. I jämförelse mot HELCOM och HVMFS (korrigerad för halt TOC och bakgrundshalt) överstigs tröskelvärdet och gränsvärdet i samtliga sedimentprover. I och med den låga halten TOC i samtliga prover så höjs den korrigerade kopparhalten anmärkningsvärt. Ett urval av proverna visas i tabell 7 nedan för att illustrera effekten. Den lägsta halten koppar uppmättes i S5 0-40 cm, och klassas som "låg" (klass 2) enligt NV4914, den höjs med 200% i och med korrigeringen av TOC-halt. Flertalet sedimentprover överstiger dock HELCOMS tröskelvärde samt HVMFS gränsvärde även i okorrigerad form.

För kadmium och bly understiger samtliga uppmätta halter nivån för HELCOMs tröskelvärden samt HVMFS gränsvärden, se bilaga A.

Tabell 7. Resultat för koppar (för prov med den lägsta halten och de fyra högsta halterna) jämfört med Naturvårdsverkets jämförvärden samt mot HELCOMs tröskelvärde och HVMFS gränsvärde. Kopparhalter i mg/kg.

Provpunkt, sed.djup (cm)	S5	S7	S29		S36	Jämförelsevärden NV4914				
	0-40	50-100	50-100	100-155	0-50	Klass 1	Klass 2	Klass 3	Klass 4	Klass 5
Cu	20	56	56	61	58	<15	15	30	49,5	79,5
						Tröskelvärde HELCOM ⁴				
Cu korrigerad*	75	281	114	306	292	30				
%ökning	273 %	400%	103%	400%	400%					
						Gränsvärde HVMFS 2019:25				
Cu korrigerad**	60	266	99	291	277	52				
%ökning	198 %	373%	76%	375%	374%					

*Halt korrigerad mot 5% TOC. Halter <1% har satts till 1% enligt kapitel 3.3, innan korrigering utförts.

** Halt subtraherad med bakgrundshalt enligt med HVMFS 2019:25. TOC

För S7 (0-50 cm) överstiger halten antracen tröskelvärdet respektive gränsvärdet även innan korrigering mot 5% TOC. Fluoranten, den andra PAH-föreningen som har ett tröskelvärde och gränsvärde, understiger dessa i S7 (0-50cm). Antracen och fluoranten understiger laboratoriets rapporteringsgräns i resterande sedimentprover.

Tabell 8. Resultat för antracen och fluoranten i S7 (0-50 cm) jämfört med SGUs jämförvärden samt mot HELCOMS tröskelvärde samt HVMFS gränsvärde. Halter i mg/kg.

Provpunkt, sed.djup (cm)	S7	Jämförelsevärden SGU 2017:12				
	0-50	Klass 1	Klass 2	Klass 3	Klass 4	Klass 5
Antracen	0,037	<0,001	0,001	0,0031	0,011	0,045
Fluoranten	0,155	<0,018	0,018	0,045	0,14	0,39
		Tröskelvärde HELCOM ⁵				
Antracen	0,037	0,024				
%ökning	0%					
Fluoranten korrigerad*	0,775	3,5				
%ökning	400%					
		Gränsvärde HVMFS 2019:25				
Antracen korrigerad*	0,186	0,024				
%ökning	403%					
Fluoranten korrigerad*	0,775	2				
%ökning	400%					
TOC %	0,69					

*Halt korrigerad mot 5% TOC. Halter <1% har satts till 1% enligt kapitel 3.3, innan korrigering utförts.

⁴ <https://indicators.helcom.fi/indicator/copper/>

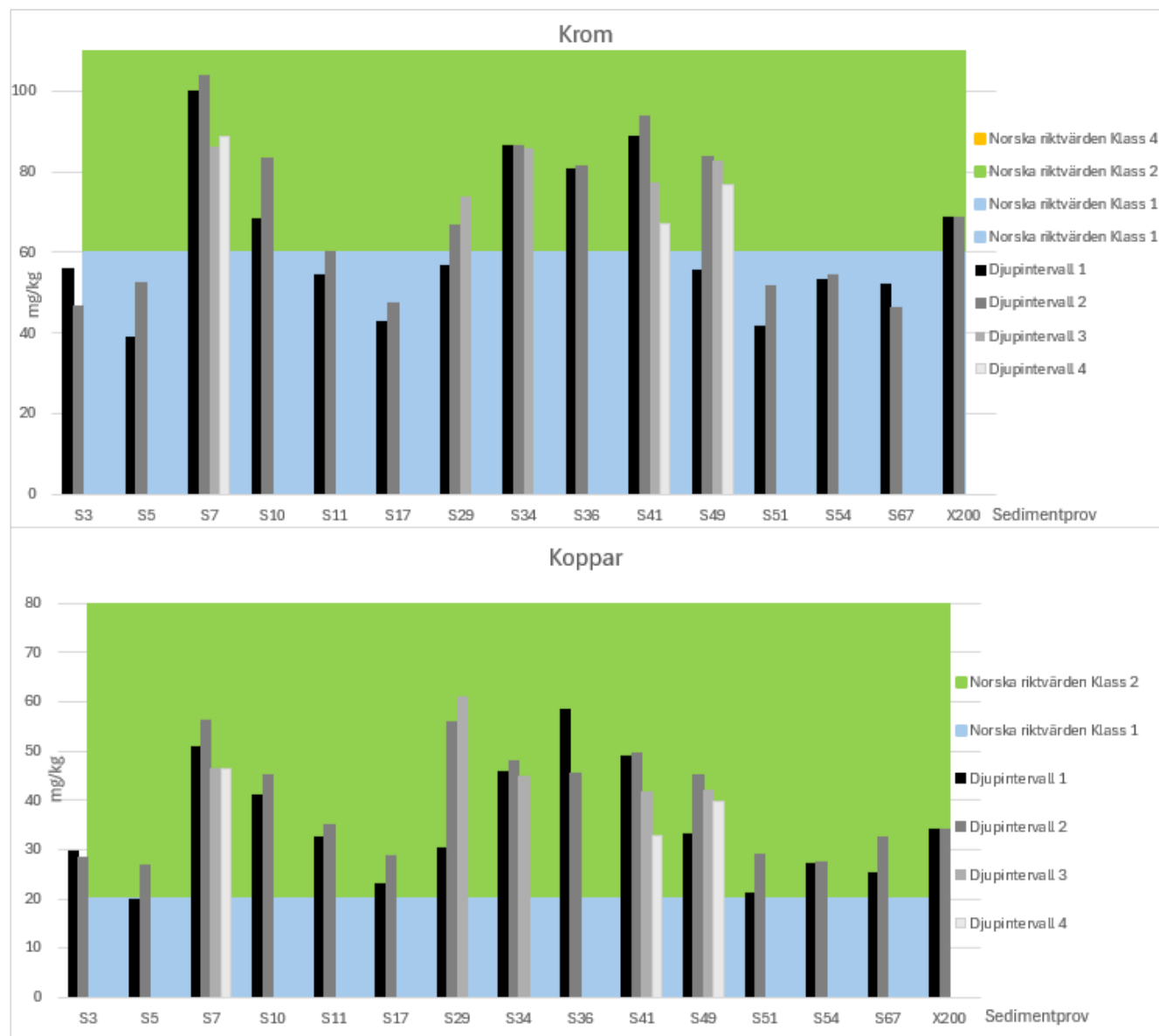
⁵ <https://indicators.helcom.fi/indicator/pahs-and-metabolites/>

3.4 Kemiska analyser jämförda med norska riktvärden

Som stöd i bedömningen av föroreningsnivån i sedimentprov som uppvisat höga halter jämförs dessa även mot de norska effektbaserade riktvärdena (Miljødirektoratet, 2020). I figur 10 redovisas krom och kopparhalterna jämfört mot de norska riktvärdena vilket visar att halterna faller in i lägre föroreningsklasser jämfört med klassificering mot NV4914. I enlighet med de norska riktvärdena ligger krom- och kopparhalterna som högst inom klass 2 "God", och därmed under gränsen för vad som bedöms föreligga en risk för toxiska effekter vid lång tids exponering.

Även PAH-halterna i S7 (0-50cm) faller in i lägre föroreningsklasser enligt de norska riktvärdena jämfört med SGUs statistiska jämförvärden. Naftalen klassas som klass 3 "moderat" och summaparametern PAH-16 klassas som "God" (klass 2), se tabell 9. Antracenhaltens klassas dock som klass 4 "Dålig" och kan enligt föreskrifterna utgöra en risk för toxiska effekter.

De norska riktvärdena har inget riktvärde för PCB28 vilket förekom i upp till mycket höga halter i några av proverna jämfört med SGUs statistiska jämförvärden (2017:12). Däremot klassas summaparameter PCB7 enligt de norska riktvärdena som högst inom klass 2 "God".



Figur 10. Krom- (överst) och kopparhalter (nederst) i samtliga sedimentpunkter och djupintervall. Jämförelse med norska riktvärden för marina sediment (M608/2016). Halter i mg/kg.

Tabell 9. Resultat för PAH-ämnena i sedimentprov jämfört med norska riktvärden (M608/2016). Halter i mg/l.

Provpunkt, sedimentdjup (cm)	S7	Norska riktvärden (M608/2016) Marina sediment				
	0-50	Klass 1	Klass 2	Klass 3	Klass 4	Klass 5
Naftalen	0,086	-	0,002	0,0027	1,754	8,769
Antracen	0,0372	-	0,0012	0,0048	0,03	0,295
PAH-16, summa	0,946		0,3	2	6	20

3.5 Kontroll- och blankprover

I proverna och kontrollproverna för S34 (100-200cm och X200 0-40cm) understiger samtliga halter laboratoriets rapporteringsgräns.

I S5 (0–40 cm) och dess kontrollprov för metallhalter är skillnaden mellan halterna lägre eller just över laboratoriets mätosäkerhet för analyserna, tabell 10.

Båda blankproverna har låga eller icke detekterbara ämneshalter vilket styrker säkerheten kopplat till provtagnings- och analysförfarandet.

Sammantaget tyder kontroll- och blankproverna på att inga osäkerheter är kopplade till provtagnings- och analysförfarandet.

Tabell 10. Jämförelse mellan analyserade metallhalter för S5 och dess kontrollprov. Halter i mg/kg.

Parameter	S5 0–40 cm (labets mätosäkerhet)	S5 Kontroll 0–40 cm (labets mätosäkerhet)	Skillnad	%Skillnad
As	6,5 (0,86)	5,71 (0,76)	0,79	14%
Cd	0,0665 (0,0105)	0,0605 (0,0097)	0,006	10%
Co	11,3 (1,5)	9,8 (1,3)	1,5	15%
Cr	38,9 (5,4)	34,6 (4,8)	4,3	12%
Cu	20 (2,8)	16,7 (2,3)	3,3	20%
Hg	<0.04 (-)	<0.04 (-)	-	-
Ni	24,8 (3,5)	19,9 (2,8)	4,9	25%
Pb	13,6 (1,7)	12,8 (1,6)	0,8	6%
V	42,6 (5,3)	39,8 (5)	2,8	7%
Zn	74,9 (10,6)	64 (9,1)	10,9	17%

4 Slutsats

Sammanfattningsvis visar resultaten från genomförd provtagning på relativt oproblematiske föroreningshalter i provtaget sediment inom utredningsområdet. Hänsyn bör även tas till att sedimentproven uttagits från mjuka bottenar på generellt stora djup där finkornigt sediment som binder till föroreningar som regel ackumuleras. Grundare och hårdare bottenar inom området antas ha en högre grad av erosion och transport av bottenstrukturer och därmed lägre förekomst av föroreningar. Detta innebär att föroreningshalterna troligtvis är högre i de provtagna punkterna jämfört med i andra grundare delar av området.

Metallhalterna inom området ligger generellt på en låg till medelhög nivå. Kopparhalter kan dock i ett fåtal punkter uppnå halter som klassas som höga och kromhalterna kan i ett flertal punkter klassas som mycket höga. Dessa klassningar är baserade på Svenska Naturvårdsverkets statistiska jämförvärden (Naturvårdsverket, 1999) där avvikelserna är beräknade på nationell nivå och där ingen hänsyn tas till att regionala skillnader finns. Att inget tydligt samband mellan sedimentdjup och metallhalt kan identifieras samt att höga krom- och kopparhalter påfunnits även i de djupaste sedimentintervallen (100-150 cm och 150-200 cm) tyder på att föroreningshalterna inte härstammar från antropogen verksamhet utan utgörs av naturligt höga bakgrundshalter. I enlighet med norska effektbaserade riktvärden (Miljødirektoratet, 2020) ligger krom- och kopparhalterna inom "God" klass och därmed under gränsen för vad som bedöms föreligga en risk för toxiska effekter vid lång tids exponering.

Organiska föroreningar är generellt mycket låga. Endast en punkt står ut där förhöjda halter av PAH:er har påfunnits i det översta djupintervallet (S7, 0-50 cm). Utöver detta prov kunde inga halter av varken PAH:er eller tennorganiska föreningar detekteras i området. En PCB-kongener har i några punkter påvisats i höga till mycket höga nivåer enligt SGUs statistiska jämförvärden. Summaparametern PCB-7 är dock låg till medelhög inom området och bedöms enligt norska riktvärden ligga inom "God" klass och inte orsaka risk för toxiska effekter vid lång tids exponering.

Föroreningssituationen som påvisas från resultaten i föreliggande undersökning stämmer överens med HELCOMs bedömning av status för föroreningar i sediment i Bottenhavet som gjorts enligt HOLAS15 3 för bedömningsperioden 2016–2021 (HELCOM, 2023b). Enligt HELCOMs bedömning finns inga förhöjda halter av organiska föroreningar i sediment i Ålands hav eller Bottenhavet, endast koppar har uppmätts i halter över HELCOMs bestämda tröskelvärden för sediment. Detta överensstämmer med de generellt mycket låga organiska föroreningar som uppmätts i föreliggande undersökning samt att de högre halterna av koppar och krom. Ingen bedömning för krom var dock gjord i HELCOMs rapport.

Undersökningen av radioaktiva nuklider genom analyser av cesium-137 visade uppmätt aktivitet som inte bör innebära någon risk för människor eller andra organismer. Aktivitet av cesium-137 kunde endast detekteras i det översta sedimentintervallet (ca 0-50 cm) och dessa aktiviteter understeg med stor marginal jämförvärdet EMCL enligt projektet ERICA. Undersökt sediment bedöms även ligga på samma eller lägre nivå avseende cesium jämfört med uppmätt aktivitet i sediment runt Sveriges och Finlands kust registrerad i Cesiumdatabasen samt av finska strålsäkerhetscentralen, vilken enligt svenska Strålsäkerhetsmyndigheten bedöms som oproblematiske.

Utredningen visar sammantaget på halter som inte bedöms utgöra risk för toxiska effekter vid genomförande av planerade arbeten. Den grumling som sker till följd av anläggningsarbeten kommer att innebära att sediment från både ytlager och djupare sedimentlager sprids till vattenpelaren och vidare inom området innan det sedimenterar. Detta väntas från genomförd undersökning inte bidra med någon påtaglig spridning eller ökning av föroreningar till omkringliggande områden och därmed inte utgöra risk för toxiska effekter på vatten- eller sedimentlevande organismer.

En sammanfattande tabell över de föroreningsämnen med högst klassade provtagningsresultat för respektive sedimentprov, jämfört med samtliga jämförvärden redovisas nedan. Högst halter av krom, PAH och PCB28 har påfunnits i punkterna S7, S10, S34, S36, S41 och S49 vilka är belägna i de norra och östliga delarna av undersökningsområdet. För de fall som en åtgärd eller verksamhet medför omrörning eller spridning av en betydande mängd sediment från området, kan kompletterande provtagningar runt dessa punkter eventuellt behövas för att ge ytterligare underlag för att bedöma behovet av eventuella skyddsåtgärder för att minimera risken för toxiska effekter.

Tabell 11. Klassningstabell av samtliga sedimentprov jämfört med samtliga använda jämförvärden. För respektive jämförvärdesgrupp är sedimentproven klassade efter det högst klassade analyserade ämnet/ämnesgruppen.

Provpunkt	Sedimentdjup (cm)	Klass 1	HELCOMs tröskelvärden	HVMFS gränsvärden	Klass 1
		Klass 2			Klass 2
		Klass 3			Klass 3
		Klass 4			Klass 4
		Klass 5			Klass 5
		Överskridet värde		Överskridet värde	Klass 5
		Svenska statistiska jämförvärden (NV4914 och SGU 2017:12)			Norska riktvärden
S3	0-50	Cr	Cu	Cu	Metaller
	50-100	Metaller	Cu	Cu	Metaller
S5	0-50	Metaller	Cu	Cu	Metaller
	50-100	Cr	Cu	Cu	Metaller
S7	0-50	Cr, PAH	Cu	Cu, antracen	PAH
	50-100	Cr	Cu	Cu	Ni, Zn
	100-150	Cr, PCB	Cu	Cu	Ni
	150-200	Cr	Cu	Cu	Ni, Zn
S10	0-50	Cr	Cu	Cu	Ni
	50-100	Cr	Cu	Cu	Ni, Zn
S11	0-50	Cr, Cu	Cu	Cu	Metaller
	50-100	Cr	Cu	Cu	Metaller
S17	0-50	Metaller	Cu	Cu	Metaller
	50-100	Metaller	Cu	Cu	Metaller
S29	0-50	Cr, Cu	Cu	Cu	Metaller
	50-100	Cr, Cu	Cu	Cu	Ni
	100-150	Cr	Cu	Cu	Ni, Zn
S34	0-50	Cr	Cu	Cu	Ni, Zn
	50-100	Cr	Cu	Cu	Ni, Zn
	100-150	Cr	Cu	Cu	Ni
S36	0-50	Cr	Cu	Cu	Ni, Zn
	50-100	Cr	Cu	Cu	Ni, Zn
S41	0-50	Cr	Cu	Cu	Ni, Zn
	50-100	Cr	Cu	Cu	Ni, Zn
	100-150	Cr	Cu	Cu	Ni
	150-180	Cr	Cu	Cu	Metaller
S49	0-50	Cr, Cu	Cu	Cu	Metaller
	50-100	Cr	Cu	Cu	Ni
	100-150	Cr, PCB	Cu	Cu	Ni
	150-220	Cr, PCB	Cu	Cu	Ni
S51	0-50	Metaller	Cu	Cu	Metaller
	50-100	Cr	Cu	Cu	Metaller
S54	0-50	Cr	Cu	Cu	Metaller
	50-100	Cr	Cu	Cu	Metaller
S67	0-50	Cr	Cu	Cu	Metaller
	50-100	Cu	Cu	Cu	Metaller
X200	0-50	Cr	Cu	Cu	Ni
	50-100	Cr	Cu	Cu	Ni

5 Referenser

- ERICA, u.å. *About*. [Online] <<https://erica-tool.com/about/>> [Hämtad den 2024-08-15].
- Havs- och Vattenmyndigheten, 2016. *Miljögifter i vatten – klassificering av ytvattenstatus*. Rapport 2016:26. Havs- och Vattenmyndigheten.
- Havs- och Vattenmyndigheten, 2019. *Havs och Vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten*. Rapport 2019:25. Havs- och Vattenmyndigheten.
- HELCOM, 2009. *Radioactivity in the Baltic Sea, 1999-2006*. HELCOM thematic assessment.
- HELCOM, 2020. *HELCOM Indicator Manual*. Version 2020-1. Baltic Sea Environment Proceedings n° 175.
- HELCOM, 2023a. *HELCOM Thematic assessment of hazardous substances, marine litter, underwater noise and non-indigenous species 2016-2021*. Baltic Sea Environment Proceedings n°190.
- HELCOM, 2023b. *HELCOM Map and data service – Indicators and assessments - Hazardous substances and litter*. [Online] <<https://maps.helcom.fi/website/mapservice/?datasetID=6a35351c-229d-4186-a9aa-1e853725cedb>> [Hämtad den 2025-03-18].
- SGU, 2017. *Klassning av halter av organiska föroreningar i sediment*. Sveriges geologiska undersökning.
- Miljødirektoratet, 2020. *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota*.
- Naturvårdsverket, 1999. *Bedömningsgrunder för miljökvalitet -Kust och hav*. Uppsala: Naturvårdsverket.
- SGF, Svenska Geotekniska Föreningen, 2016. *Beteckningssystem för geotekniska utredningar*.
- Sobek, A., Sundqvist, K., Assefa, A., & Wiberg, K., 2015. *Baltic Sea sediment records: Unlikely near-future declines in PCBs and HCB*. Elsevier.
- Strålsäkerhetsmyndigheten, 2023. *Miljödatan - Sediment*. [Online] <<https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/omraden/miljoovervakning/sokbara-miljodata/miljodatabasen/sediment/>> [Hämtad den 2024-08-15].
- STUK, 2024. *Strålningsövervakning av miljön i Finland. Årsrapport 2023*. STUK-B 321.
- STUK, u.å. *Vad är strålning?* [Online] <<https://stuk.fi/sv/vad-ar-stralning>> [Hämtad den 2025-01-08].
- Villon, E., & Vävare, S., 2023. *Prioriterade ämnen på Åland - bakgrund, förekomst och åtgärder*.

wsp