



# Undersökning av föroreningar i sediment i havsområdet kring Slite 2023

2023-10-23  
rev 2024-05-14

**Undersökning av föroreningar i sediment i havsområdet kring Slite 2023**

Rapportdatum: 2023-10-23, rev 2024-05-14

Version: 1.0

Projektnummer: 4691

Uppdragsgivare: Sweco Sverige AB  
Drottningtorget 14  
211 25 Malmö

Utförare: Medins Havs- och Vattenkonsulter AB  
Företagsvägen 2, 435 33 Mölnlycke  
Tel +46 31-338 35 40 | [www.medinsab.se](http://www.medinsab.se) | Org nr 556389-2545

Författare: Alf Engdahl

Granskad av: Felix Bravell

Underleverantörer: SGS, Linköping

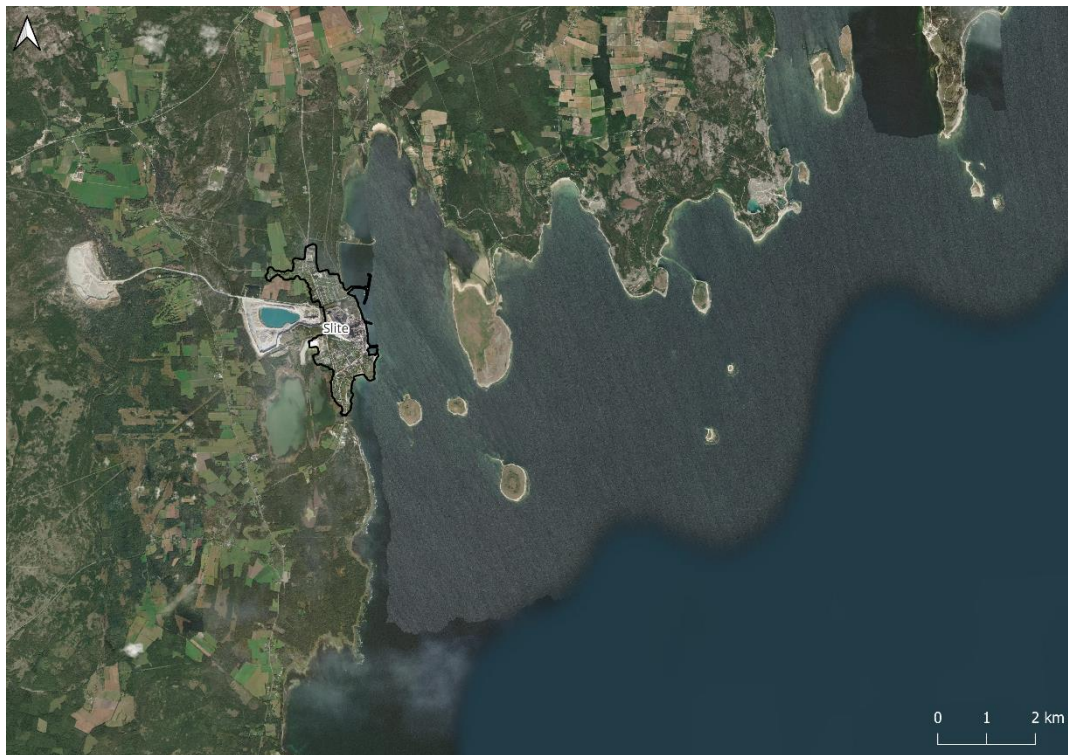
# Innehållsförteckning

Inledning .....	4
Metodik.....	5
Provtagning av sediment.....	5
Grunder för utvärdering.....	8
Resultat.....	9
Sediment, torrsubstans och organisk halt.....	9
Metaller .....	12
Organiska föroreningar .....	15
Allmänt .....	15
Polycykliska aromatiska kolväten PAH .....	15
Polyklorerade bifenyler PCB .....	20
Petroleumprodukter/olja.....	22
Tennorganiska ämnen .....	23
PFAS 25 .....	
Bekämpningsmedel och halogenerade lösningsmedel .....	26
Riktvärden för förorenad mark .....	26
Slutsatser .....	28
Referenser.....	30
Bilaga 1 Fältinformation .....	31
Bilaga 2 Analysprotokoll.....	34

## Inledning

Medins Havs och Vattenkonsulter AB har fått i uppdrag av Sweco Sverige AB att undersöka förekomst av föroreningar i sediment i ett område kring Slite på Gotland (Figur 1). Undersökningen är relaterad till Heidelberg Materials Cement Sverige AB:s (Heidelberg Materials) ansökan om tillstånd till fortsatt och utökad verksamhet vid cementfabriken i Slite, eftersom denna omfattar vissa arbeten och anläggningar i havet utanför Slite.

Medins Havs och Vattenkonsulter AB är ackrediterat av SWEDAC i enlighet med ISO 17025 (ackrediteringsnummer 1646) samt ISO certifierat av Svensk Certifiering för kvalitet 9001, miljö 14001 och arbetsmiljö 45001.



Figur 1. Översikt av området kring Slite och det havsområde där föroreningar i sediment undersökts.

# Metodik

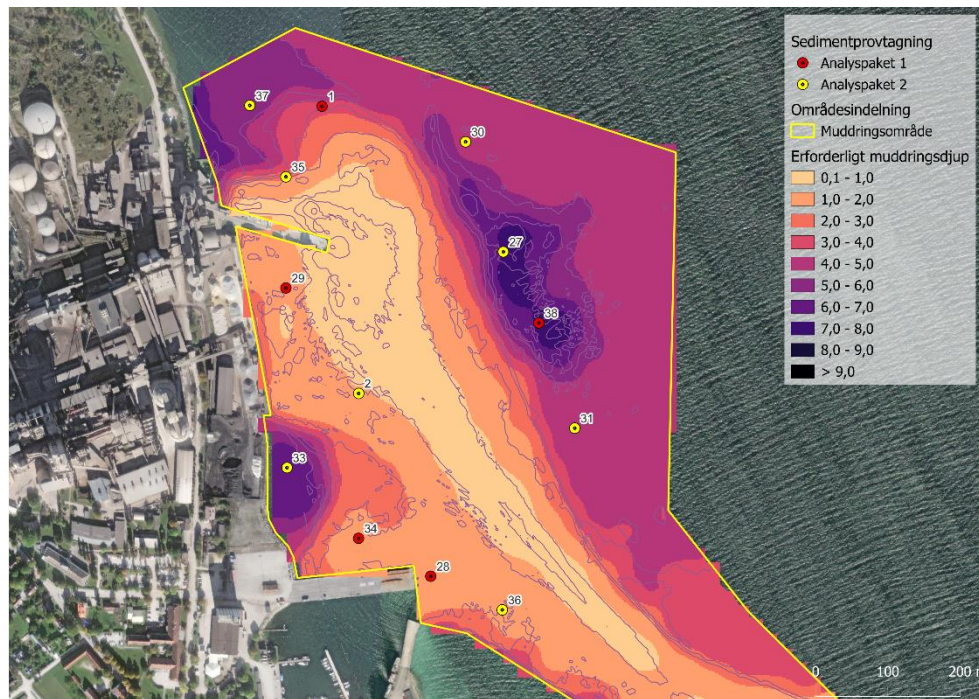
## Provtagning av sediment

Provtagning av sediment utfördes av personal från Medins Havs och Vattenkonsulter AB 27-29 juni 2023. Sedimentprover togs vid totalt 20 olika punkter. Provpunkterna placerades enligt en framtagen provtagningsplan, bland annat utifrån geografisk spridning, muddringsbehov samt med möjlig/önskad upplösning i plan och djup. Provtagning utfördes också i två ytor som är tänkta att användas för dumpning av de massor som uppkommer i samband med muddring i anslutning till Heidelberg materials hamn.

Provpunkterna har avgränsats till att tillhöra tre olika områden benämnda ”Inre hamnen”, ”inseglingrännan” samt ”dumpningsområden” (Tabell 1).

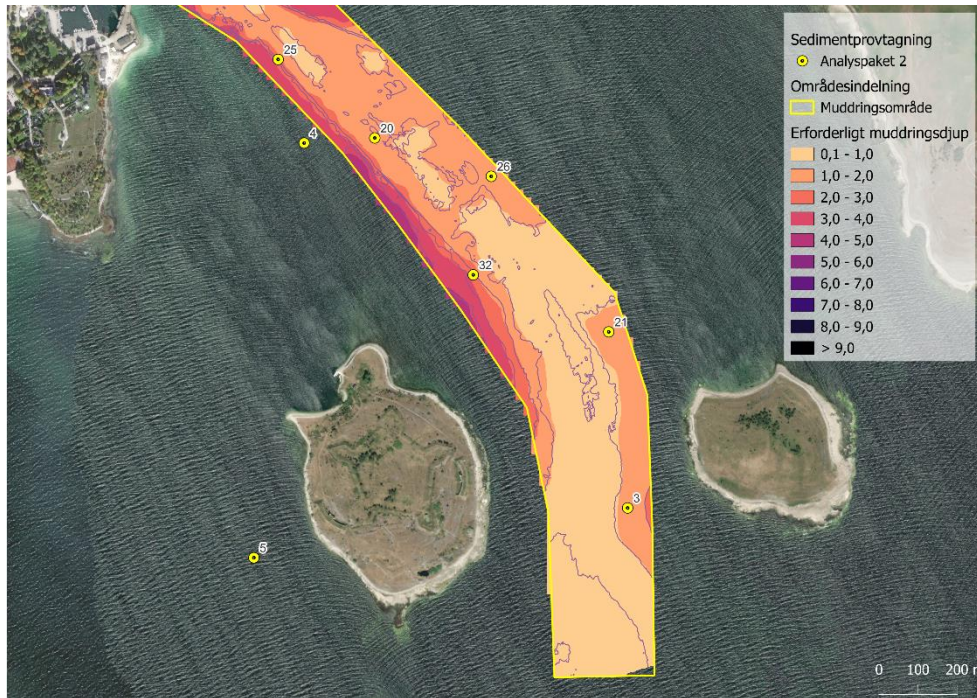
I Inre hamnen har prover tagits vid 12 provpunkter och i inseglingrännan har prover tagits vid 6 provpunkter (Figur 2 och 3). Ett prov vardera har också tagits i två dumpningsområden benämnda ”Dumpning V” respektive ”Dumpning O” (Figur 4 och Tabell 1).

Provtagningen utfördes i huvudsak med rörhuggare av typen Gravity-corer samt Limnoshuggare. Vid flera punkter var det dock inte möjligt att provta med rörhuggare då bottenarna var alltför hårda eller kompakta. Där användes i stället en Van Veen-huggare för provtagning av ytligare material ner till ca 20 cm (Bilaga 1).



Figur 2. Provpunkternas lägen i muddringsområdet i Inre hamnen.





Figur 3. Provpunkternas lägen i området för inseglingsrännan till Slite.

Vid provpunkter där bottenstratet var penetrerbart med rörhuggare togs om möjligt flera skikt ut från sedimentpropparna (Tabell 1). Om ingen påtaglig förändring/skiktning av jordarter noterades togs skikt ut bestående av 0-30 cm, 30-60 cm samt >60 cm. I sådana fall där olika jordarter/skiktningar fanns, så hölls de skikten isär och utgjorde huvudmotiv för provavgränsningar.

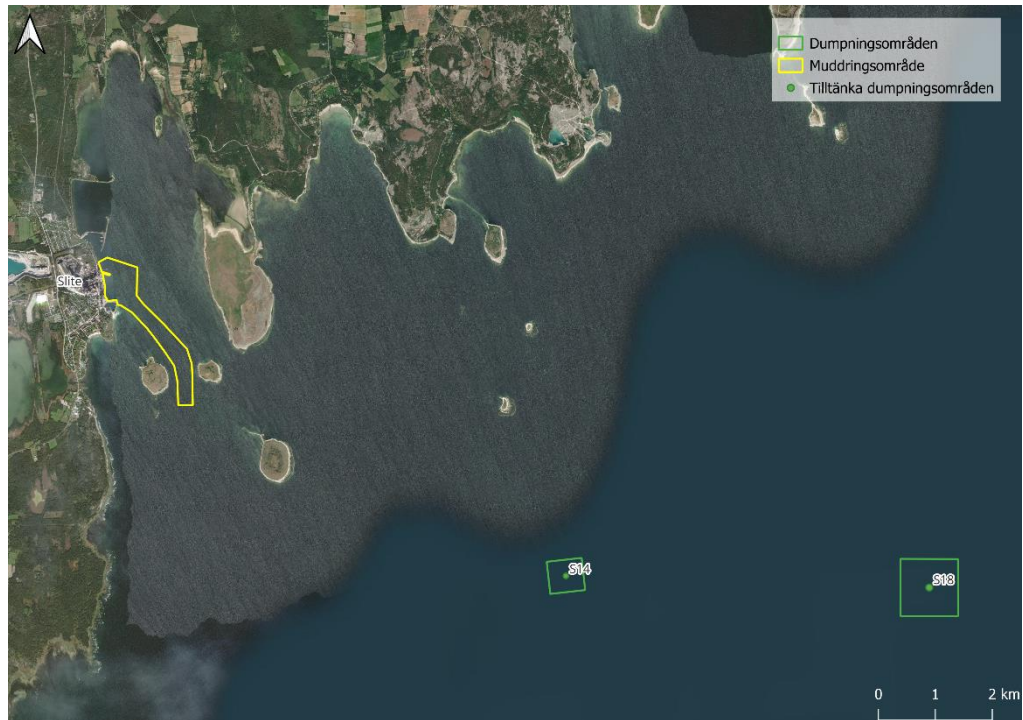
Totalt togs således sedimentprover vid 20 olika provpunkter och 25 prover skickades till laboratorium för analys. Antalet besökta provpunkter var fler, men vid några av dessa kunde prover/material inte tas upp på grund av bottenstratets beskaffenhet. Prover som inte skickats för analys har arkiverats.

Vid provtagningen gjordes observationer av det provtagna sedimentet, bland annat med fältbedömningar av dominerande jordarter, fasthet, lukt etc. (Bilaga 1). Sedimentproverna förvarades mörkt och svalt och levererades efter avslutad provtagning till SGS i Linköping för kemiska analyser. SGS är ackrediterat av SWEDAC enligt SS-EN ISO/IEC 17025.

Två olika analyspaket användes enligt nedan (bestämning av glödförlust och glödräst utfördes på samtliga prover):

Analyspaket 1:	TOC, metaller, PAH, PCB, tennorganiska ämnen, klorerade bekämpningsmedel, oljeindex och PFAS
Analyspaket 2:	TOC, metaller och PAH

Analyspaket 2 valdes (också) för att utgöra indikatorer för förorenade sediment.



Figur 4. Provpunkternas lägen i två tiltänkta dumpningsområden markerade som gröna polygoner, väst (punkt 14) och ost (punkt 18).

Tabell 1. Provpunkter, delområden samt lägesangivelser och analyserade sedimentskikt.

Provpunkt ID	Delområde	Provtagningsdatum	Koordinater (Sweref 99TM)		Skikt nr	Analyserat skikt (cm)
			E	N		
S37	Inre hamnen	2023-06-27	726823	6403183	1	0-30
S35	Inre hamnen	2023-06-27	726873	6403084	1	0-20
S1	Inre hamnen	2023-06-27	726923	6403182	1	0-30
S1	Inre hamnen	2023-06-27	726923	6403182	2	30-60
S30	Inre hamnen	2023-06-27	727123	6403133	1	0-22
S27	Inre hamnen	2023-06-27	727133	6402970	2	35-70
S38	Inre hamnen	2023-06-27	727187	6402854	1	0-20
S29	Inre hamnen	2023-06-27	726873	6402930	1	0-15
S2	Inre hamnen	2023-06-27	726974	6402784	1	0-20
S33	Inre hamnen	2023-06-28	726875	6402682	1	0-10
S34	Inre hamnen	2023-06-28	726974	6402583	1	0-20
S28	Inre hamnen	2023-06-29	727074	6402531	1	0-15
S36	Inre hamnen	2023-06-28	727173	6402484	1	0-30
S36	Inre hamnen	2023-06-28	727173	6402484	2	30-60
S25	Inseglingrädda	2023-06-27	727425	6402283	1	0-30
S25	Inseglingrädda	2023-06-27	727425	6402283	2	30-60
S25	Inseglingrädda	2023-06-27	727425	6402283	3	>60
S20	Inseglingrädda	2023-06-27	727673	6402081	1	0-15
S26	Inseglingrädda	2023-06-27	727971	6401983	1	0-5
S32	Inseglingrädda	2023-06-27	727925	6401731	1	0-15
S21	Inseglingrädda	2023-06-27	728273	6401584	1	0-15
S3	Inseglingrädda	2023-06-27	728321	6401132	1	0-15
S14	Dumpningsområde	2023-06-29	734947	6397693	1	0-15
S14	Dumpningsområde	2023-06-29	734947	6397693	2	15-50
S18	Dumpningsområde	2023-06-29	735759	6397213	1	0-10

## Grunder för utvärdering

Resultaten har utvärderats, bedömts och kommenterats enligt bedömningsgrunder från SGU, ”Klassning av halter av organiska föroreningar i sediment” (SGU 2017) samt ”Bedömningsgrunder för miljö kvalitet: Kust och hav” (Naturvårdsverket 1999), norska bedömningsgrunder (Miljødirektoratet 2016) samt i förhållande till uppsatta miljö kvalitetsnormer för de substanser där gränsvärden för sediment finns framtagna för prioriterade ämnen (PÄ) och särskilda förorenande ämnen (SFÄ) (Havs- och vattenmyndigheten 2019). För några substanser har också jämförelser gjorts med så kallade ”indikativa värden för sediment”. Dessa baseras dock inte på toxicitetsdata för sedimentlevande organismer utan i stället för vattenlevande organismer där jämviktskoefficienter använts för att räkna om toxicitet uttryckt för vatten till en sedimentkoncentration (Havs- och vattenmyndigheten 2018). Resultaten har också jämförts med Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark (Naturvårdsverket 2022).

De svenska bedömningsgrunderna som finns för organiska miljöföroreningar i sediment, till exempel för PAH och PCB i marina miljöer, är framtagna utan relation till effekter på sedimentlevande organismer (SGU 2017). Bedömningsgrunden anger om en uppmätt halt är att anse som ”hög” eller ”låg” i ett nationellt perspektiv, dvs hur vanlig halten är i förhållande till det referensmaterial som använts (SGU 2017). För att kunna göra bedömningar om uppmätta halter av föroreningar kan påverka marina ekosystem negativt har även norska bedömningsgrunder använts, vilka baseras på effekter och risker där varje klassgräns representerar en förväntat ökande grad av skada på akvatiska organismer (Miljødirektoratet 2016).

Vid bedömningar enligt norska kriterier så är utgångspunkten att sedimenten har 1 % kolinnehåll. Alla uppmätta halter justeras baserat på den uppmätta kolhalten i varje prov. Då skapar man möjlighet att jämföra belastningen av föroreningar i olika prov/områden med varandra eftersom man jämför halterna i samma typ av sediment, dvs med lika kolinnehåll. Kolinnehåll i ett sediment är en mycket viktig parameter då föroreningar i hög grad binder till kol. Det betyder att man antingen räknar upp sina uppmätta halter av föroreningar när kolhalten i aktuellt sediment är lägre än 1 % och räknar ner halterna när kolhalten överstiger 1 %. Den faktor man multiplicerar sina föroreningshalter med beräknas som  $(1/\text{uppmätt kolhalt})$ .

På samma sätt görs justeringar av halter till 5 % innehåll av kol i sedimenten för flera svenska miljö kvalitetsnormer. Faktorn blir då  $(5/\text{uppmätt kolhalt})$ . Detta görs således för att det ska vara liknande sedimenttyper vid jämförelse med gränsvärden (MKN). På det sättet kan man jämföra olika belastningar och potentiell farlighet av ett sådant sediment.

Däremot är det den faktiskt uppmätta (ojusterade halten) halten som är den som faktiskt finns i det undersökta sedimentet. I sammanhang när sedimenten ska muddras/dumpas/deponeras och man behöver räkna på delmängder och totala mängder av föroreningar som finns i sedimenten är det den halten som ligger till grund för beräkningarna.



## Resultat

Uppgifter från provtagning/fältdarbete redovisas i sin helhet i Bilaga 1. Samtliga analysdata återfinns i Bilaga 2. För analysresultat som är lägre än rapporteringsgränsen har värdet för rapporteringsgränsen i förekommande fall använts om jämförelser gjorts med bedömningsgrunder samt vid eventuella beräkningar av medelvärden och summeringar. Värden under rapporteringsgränsen anges med fet stil.

### Sediment, torrsubstans och organisk halt

De provtagna sedimentens oorganiska innehåll dominerades i hög grad av fin-kornigt material som silt och lera. Sand dominerade i några prov, framför allt i punkter längre ut från land, i inseglingrännans yttre del och i de planerade dumpningsområdena (Tabell 1). Sedimenten innehöll växtrester i ungefär hälften av provpunkterna och lukt av svavelväte noterades i ett flertal provpunkter, framför allt i området Inre hamnen (Bilaga 1).

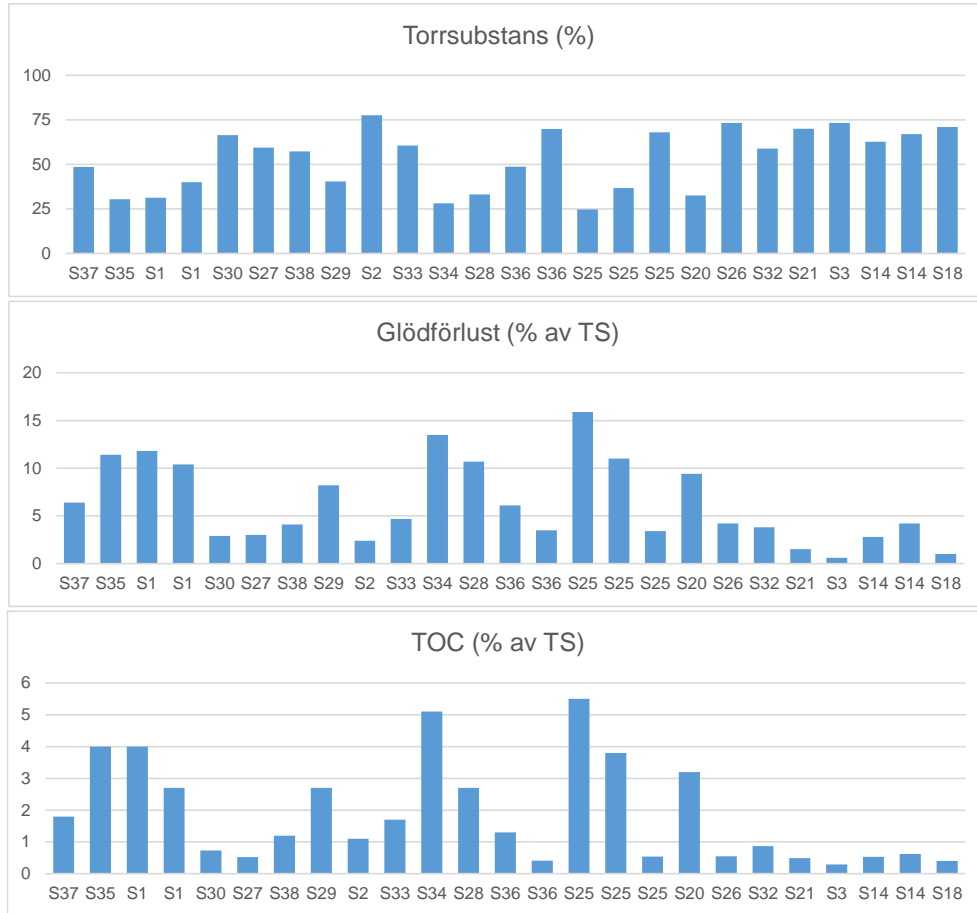
Torrsubstanshalterna var höga vid de flesta provpunkterna (Tabell 2 och Figur 5). Det organiska innehållet i sedimenten mätt som glödförlust var relativt lågt vid merparten provpunkter och följaktligen även halterna av totalt organiskt kol (TOC). Förekomst av fint organiskt material i ett sediment är av stor vikt och intresse vid bedömningar av uppmätta föroreningshalter eftersom föroreningar i stor utsträckning binds till organiska partiklar. Torr-/våtsubstans samt organisk halt är två grundläggande sedimentparametrar som ofta används för att separera ackumulationsbottnar från erosions- och transportbottnar. Vattenhalten i ett ytsediment bör vara hög och överstiga 75 % (dvs torrsubstans <25 %) för att sedimentet ska anses härröra från ackumulationsbottnar. På motsvarande sätt bör glödförlusten överstiga 10 % och kolhalten i ett ytsediment vara minst 3 %.

Tabell 2. Uppgifter på sedimentprovernas torrs substans (TS), glödförlust och glödsrest, "totalt organiskt kol" TOC och bedömd oorganisk jordart i fält.

Prov- punkt ID	Delområde	Analyserat skikt (cm)	Torr- substans (%)	Glödförlust (% av TS)	Glödsrest (% av TS)	TOC (% av TS)	Fältbedömn. av dom. jordart
S37	Slite hamn	0-30	48,6	6,4	94	1,8	silt
S35	Slite hamn	0-20	30,4	11	89	4,0	silt
S1	Slite hamn	0-30	31,3	12	88	4,0	silt
S1	Slite hamn	30-60	40	10	90	2,7	silt
S30	Slite hamn	0-22	66,5	2,9	97	0,73	silt
S27	Slite hamn	35-70	59,4	3,0	97	0,52	lera
S38	Slite hamn	0-20	57,3	4,1	96	1,2	silt
S29	Slite hamn	0-15	40,4	8,2	92	2,7	silt
S2	Slite hamn	0-20	77,6	2,4	98	1,1	grus
S33	Slite hamn	0-10	60,6	4,7	95	1,7	silt
S34	Slite hamn	0-20	28,1	14	87	5,1	silt
S28	Slite hamn	0-15	33,1	11	89	2,7	silt
S36	Slite hamn	0-30	48,7	6,1	94	1,3	silt
S36	Slite hamn	30-60	69,9	3,5	97	0,41	lera
S25	Inseglingräna	0-30	24,7	16	84	5,5	silt
S25	Inseglingräna	30-60	36,7	11	89	3,8	silt
S25	Inseglingräna	60 +	68,1	3,4	97	0,54	lera
S20	Inseglingräna	0-15	32,6	9,4	91	3,2	silt
S26	Inseglingräna	0-5	73,4	4,2	96	0,55	sand
S32	Inseglingräna	0-15	58,9	3,8	96	0,87	silt
S21	Inseglingräna	0-15	70	1,5	99	0,49	sand
S3	Inseglingräna	0-15	73,3	0,6	99	0,29	sand
S14	Dumpningsomr. V	0-15	62,8	2,8	97	0,53	sand
S14	Dumpningsomr. V	15-50	67	4,2	96	0,62	lera
S18	Dumpningsomr. O	0-10	71,1	1,0	99	0,4	sand

Baserat på resultaten av torrs substans och organiskt innehåll var det några provpunkter som uppvisade egenskaper som kännetecknar ackumulationsbottnar medan ett flertal provpunkter sannolikt inte utgörs av utpräglade ackumulationsbottnar utan snarare av transportbottnar. På transportbottnar sker i olika grad omlagring av sedimenten genom påverkan av vågor och strömmar. Dessa bottnar utgörs inte sällan även av grövre fraktioner som grus och sand och har låga vattenhalter och organiska halter. Eftersom det kan ske omlagring och eventuell borttransport av material är förväntade halter av metaller och organiska miljöföroreningar i sådana sediment normalt sett låga. Vid provpunkterna som är belägna längre ut, i östra delen av undersökningsområdet, bestod sedimenten i huvudsak av sand med lite eller mycket lite organiskt material.

Några provpunkter vars sediment i högre grad uppvisar egenskaper som karakteriserar ackumulationsbottnar återfinns i den norra respektive södra delen av Inre hamnen (till exempel S35, S1, S34, S28) samt ett par punkter i inseglingränan (S25 och S20). I sådana sediment kan man med större säkerhet bedöma belastningen av föroreningar på aktuella havsområden. Dessa bottnar har större potential att innehålla föroreningar än sediment på transportbottnar. Det är dock av intresse i detta sammanhang att också undersöka faktiska föroreningshalter på de platser på havsbotten där det kan bli aktuellt att utföra åtgärder oavsett hur belastningen ser ut på en ackumulationsbotten.



Figur 5. Sedimentegenskaper som torrsubstans (överst), glödförlust (mitten) och totalt organiskt kol TOC (nederst) i för samtliga analyserade sedimentprover.

## Metaller

Uppmätta halter av metaller som det finns bedömningsgrunder för registrerades i huvudsak i mycket låga eller låga halter i de uttagna sedimentskikten från de olika undersökta områdena. Bedömningar av tillstånd och avvikelse enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder från 1999 redovisas i Tabell 3. Det var framför allt halter av kadmium som registrerades i förhöjda halter. En hög halt av kadmium noterades i mellanskiktet vid provpunkt 25 i inseglingssäcken och vid flera punkter i Inre hamnen bedömdes halterna av kadmium som måttligt höga med ”tydlig” avvikelse från jämförvärdet. En förhöjd halt av zink registrerades också vid punkt S34 i Inre hamnen. Förhöjda halter av kadmium och zink har observerats i flera undersökningar inom den nationella miljöövervakningen av föroreningar i svenska havssediment i Östersjön och kan delvis sägas vara förväntade (Josefsson 2022). Uppmätta halter av metaller i de två dumpningsområdena bedömdes vara mycket låga till låga (Tabell 3).

Vid de flesta av de punkter som tidigare nämnts i avsnittet ovan, där bottarna kan liknas vid förhållanden som råder på ackumulationsbottnar, det vill säga punkt S35, S1, S34, S25 och S20 uppmättes allmänt något högre metallhalter (Tabell 3). Dessa bottnar utgörs i större utsträckning av områden där finkornigt sediment varaktigt kan sedimentera och där metaller binder till partiklarna. Resultatet vid de punkterna kan i viss mån sägas spegla havsområdets allmänna belastning av metaller.

Det var överlag små skillnader i halter av metaller i sedimenten i de punkter där flera skikt analyserats, till exempel i punkterna S1, S36, S14 och S25 (Tabell 3). I det djupaste skiktet vid punkt S25 (>60 cm) noterades dock lägre halter, långt under nationella bakgrundshalter.

Tabell 3. Uppmätta halter av metaller i sediment i området kring Inre hamnen, inseglingssäcken och dumpningsområdena. Bedömningarna är baserade på Naturvårdsverkets bedömningsgrunder från 1999. Blå färg anger ”mycket låg halt”/ingen avvikelse (klass 1), grön färg anger ”låg halt”/liten avvikelse (klass 2) och gul färg anger ”måttligt hög halt”/tydlig avvikelse (klass 3). Några metaller omfattas inte av bedömningsgrunderna och är därför inte färgmarkerade. Fet stil anger värden under rapporteringsgränsen. Alla halter anges i mg/kg TS.

### Inre hamnen

Provpunkt	S37	S35	S1	S1	S30	S27	S38	S29	S2	S33	S34	S28	S36	S36
Skikt (cm)	0-30	0-20	0-30	30-60	0-22	35-70	0-20	0-15	0-20	0-10	0-20	0-15	0-30	30-60
Arsenik, As	4,9	5,4	6,3	6,0	2,5	3,2	3,1	3,0	2,5	2,9	6,8	3,7	3,5	3,1
Barium, Ba	87	49	72	75	56	120	72	41	25	50	57	35	56	72
Bly, Pb	35	21	27	32	23	16	12	19	4,9	11	26	15	16	17
Kadmium, Cd	0,75	0,52	0,78	0,98	0,35	0,20	0,27	0,28	0,20	0,29	0,77	0,33	0,30	0,20
Kobolt, Co	5,5	5,0	5,8	5,9	2,5	11	3,0	2,4	1,2	2,2	6,0	3,2	4,8	6,7
Krom, Cr	17	16	20	20	8,6	39	9,4	8,2	3,4	7,9	21	11	15	18
Koppar, Cu	20	23	26	24	9,7	20	9,7	20	5,0	18	28	17	16	8,2
Kvicksilver, Hg	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Nickel, Ni	21	19	22	22	8,1	27	9,7	8,4	3,6	7,8	23	12	14	16
Vanadin, V	26	17	22	23	10	43	12	8,7	5,0	11	24	12	18	21
Zink, Zn	83	94	95	110	57	64	47	81	17	86	130	74	55	31
Molybden, Mo	1,1	1,2	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0
Antimon, Sb	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5



Tabell 3 (forts). Uppmätta halter av metaller i sediment i området kring Inre hamnen, inseglingstränna och dumpningsområden. Bedömningarna är baserade på Naturvårdsverkets bedömningsgrunder från 1999. Blå färg anger "mycket låg halt"/ingen avvikelse (klass 1), grön färg anger "låg halt"/liten avvikelse (klass 2) och gul färg anger "måttligt hög halt"/tydlig avvikelse (klass3). Några metaller omfattas inte av bedömningsgrunderna och är därför inte färgmarkerade. Fet stil anger värden under rapporteringsgränsen. Alla halter anges i mg/kg TS.

**Inseglingstränna**

Provpunkt	S25	S25	S25	S20	S26	S32	S21	S3
Skikt	0-30	30-60	>60	0-15	0-27	0-15	0-15	0-15
Arsenik, As	6,3	5,8	3,4	5,2	3,0	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>
Barium, Ba	59	64	61	53	67	26	71	30
Bly, Pb	21	29	19	24	16	5,1	2,7	2,0
Kadmium, Cd	0,66	1,4	<b>0,20</b>	0,95	<b>0,20</b>	<b>0,20</b>	<b>0,20</b>	<b>0,20</b>
Kobolt, Co	5,7	5,9	6,9	5,3	7,5	1,7	0,98	0,82
Krom, Cr	20	21	19	18	20	4,9	3,1	2,3
Koppar, Cu	25	26	9,6	22	8,1	5,2	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>
Kviksilver, Hg	<b>0,050</b>	<b>0,050</b>	<b>0,050</b>	<b>0,058</b>	<b>0,050</b>	<b>0,050</b>	<b>0,050</b>	<b>0,050</b>
Nickel, Ni	23	24	17	21	19	4,8	2,6	1,9
Vanadin, V	22	22	21	19	21	6,3	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>
Zink, Zn	86	93	42	75	38	25	9,4	8,6
Molybden, Mo	1,4	1,6	<b>1,0</b>	1,2	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>
Antimon, Sb	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>

**Dumpningsomr.**

S14	S14	S18
0-15	15-50	0-10
2,6	4,8	<b>2,5</b>
73	150	<b>25</b>
11	20	3,4
<b>0,20</b>	<b>0,20</b>	<b>0,20</b>
5,3	13	0,80
16	45	2,6
18	22	<b>5,0</b>
<b>0,050</b>	<b>0,050</b>	<b>0,050</b>
12	32	2,1
19	53	<b>5,0</b>
33	79	9,2
<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>
<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>

De svenska bedömningsgrunderna för metaller i sediment baseras inte på effekter på akvatiska organismer, som nämnts tidigare. Vid jämförelse av halter av metaller med norska effektbaserade bedömningsgrunder framgår att nära nog samtliga halter av uppmätta metaller motsvaras av "god" eller "bakgrunds-förhållanden" för vilka inga toxiska effekter förväntas (Tabell 4). Uppmätta halter av nickel var vid enstaka provpunkter något förhöjda och bedöms enligt norska kriterier som "moderata", det vill säga förhållanden som kan medföra kroniska effekter på sedimentlevande organismer. Halterna låg dock nära gränsen till bedömningen "god". De norska kriterierna baseras till skillnad från de svenska bedömningsgrunderna på ekotoxikologiska undersökningar och är därför intressanta utifrån effekt- och riskperspektiv. Slutsatsen från användandet av dessa bedömningsgrunder är att sedimenten inte utgör någon större risk för sedimentlevande organismer med avseende på metaller.

Tabell 4. Uppmätta halter av metaller i sediment i området kring Inre hamnen, insegling-ränna och dumpningsområden. Bedömningarna är gjorda enligt norska bedömningsgrunder där halterna normerats till 1 % kolinnehåll i sedimenten. Blå färg anger "bakgrunn", grön färg anger "god" och gul färg anger "moderat". Några metaller omfattas inte av bedömningsgrunderna och är därför inte färgmarkerade. Fet stil anger värden under rapporteringsgränsen. Alla halter anges i mg/kg TS.

#### Inre hamnen – Norska bedömningsgrunder

Provpunkt	S37	S35	S1	S1	S30	S27	S38	S29	S2	S33	S34	S28	S36	S36
Skikt (cm)	0-30	0-20	0-30	30-60	0-22	35-70	0-20	0-15	0-20	0-10	0-20	0-15	0-30	30-60
Arsenik, As	2,7	1,4	1,6	2,2	3,4	6,2	2,6	1,1	2,3	1,7	1,3	1,4	2,7	7,6
Barium, Ba	48	12	18	28	77	231	60	15	23	29	11	13	43	176
Bly, Pb	19	5,3	6,8	12	32	31	10	7,0	4,5	6,5	5,1	5,6	12	41
Kadmium, Cd	0,42	0,13	0,20	0,36	0,48	0,38	0,23	0,10	0,18	0,17	0,15	0,12	0,23	0,49
Kobolt, Co	3,1	1,3	1,5	2,2	3,4	21	2,5	0,89	1,1	1,3	1,2	1,2	3,7	16
Krom, Cr	9,4	4,0	5,0	7,4	12	75	7,8	3,0	3,1	4,6	4,1	4,1	12	44
Koppar, Cu	11	5,8	6,5	8,9	13	38	8,1	7,4	4,5	11	5,5	6,3	12	20
Kvicksilver, Hg	0,028	0,013	0,013	0,019	0,068	0,096	0,042	0,019	0,045	0,029	0,010	0,019	0,038	0,12
Nickel, Ni	12	4,8	5,5	8,1	11	52	8,1	3,1	3,3	4,6	4,5	4,4	11	39
Vanadin, V	14	4,3	5,5	8,5	14	83	10	3,2	4,5	6,5	4,7	4,4	14	51
Zink, Zn	46	24	24	41	78	123	39	30	15	51	25	27	42	76
Molybden, Mo	0,61	0,30	0,35	0,37	1,4	1,9	0,83	0,37	0,91	0,59	0,24	0,37	0,77	2,4
Antimon, Sb	1,4	0,63	0,63	0,93	3,4	4,8	2,1	0,93	2,3	1,5	0,49	0,93	1,9	6,1

#### Inseglingränna – Norska bedömningsgrunder

Provpunkt	S25	S25	S25	S20	S26	S32	S21	S3	Dumpningsomr.		
	0-30	30-60	>60	0-15	0-27	0-15	0-15	0-15	S14	S14	S18
Arsenik, As	1,1	1,5	6,3	1,6	5,5	2,9	5,1	8,6	4,9	7,7	6,3
Barium, Ba	11	17	113	17	122	30	145	103	138	242	63
Bly, Pb	3,8	7,6	35	7,5	29	5,9	5,5	6,9	21	32	8,5
Kadmium, Cd	0,12	0,37	0,37	0,30	0,36	0,23	0,41	0,69	0,38	0,32	0,50
Kobolt, Co	1,0	1,6	13	1,7	14	2,0	2,0	2,8	10	21	2,0
Krom, Cr	3,6	5,5	35	5,6	36	5,6	6,3	7,9	30	73	6,5
Koppar, Cu	4,5	6,8	18	6,9	15	6,0	10	17	34	35	13
Kvicksilver, Hg	0,009	0,013	0,093	0,018	0,091	0,057	0,10	0,17	0,094	0,081	0,13
Nickel, Ni	4,2	6,3	31	6,6	35	5,5	5,3	6,6	23	52	5,3
Vanadin, V	4,0	5,8	39	5,9	38	7,2	10	17	36	85	13
Zink, Zn	16	24	78	23	69	29	19	30	62	127	23
Molybden, Mo	0,25	0,42	1,9	0,38	1,8	1,1	2,0	3,4	1,9	1,6	2,5
Antimon, Sb	0,45	0,66	4,6	0,78	4,5	2,9	5,1	8,6	4,7	4,0	6,3

### Miljökvalitetsnormer

För två av metallerna, kadmium (Cd) och bly (Pb), finns **miljökvalitetsnormer** framtagna inom kemisk status för prioriterade ämnen PÅ (Havs och Vattenmyndigheten 2019). För kadmium och bly justeras inte uppmätta halter till 5 % kolhalt (TOC) i sedimenten:

- Halterna av **kadmium** understeg med stor marginal i samtliga prov miljökvalitetsnormen (MKN=2,3 mg/kg TS) för prioriterade ämnen (PÅ).
- Halterna av **bly** understeg med stor marginal i samtliga prov miljökvalitetsnormen (MKN=120 mg/kg TS) för prioriterade ämnen (PÅ).

För koppar (Cu) finns **miljökvalitetsnormer** framtagna inom ekologisk status för särskilda förorenande ämnen SFÄ (Havs och Vattenmyndigheten 2019). Halterna av koppar ska innan jämförelse justeras genom avdrag av naturlig bakgrundshalt (15 mg/kg TS) och därefter justeras till 5 % kolhalt (TOC) i sedimenten.

- Halterna av **koppar** understeg miljökvalitetsnormen i samtliga prover utom i ett prov (MKN=52 mg/kg TS för särskilda förorenande ämnen SFÄ). Aktuellt prov utgjordes av det djupare skiktet vid punkt S14 i det västra dumpningsområdet. Halten beräknades efter normering av kolhalt till 56 mg/kg TS, det vill säga strax över värdet på MKN.
- *Kommentar: Flera prover innehåller mycket låg halt av organiskt kol. Detta medför att motsvarande faktorer för justering av uppmätt halt upp till 5 % kolhalt blir oproportionerligt stor för vissa prover.*

Sammantagen bedömning av metallföroreningar i sedimenten baserat på svenska bedömningsgrunder och norska effektbaserade kriterier:

- **Inre hamnen:** Låga halter
- **Inseglingsränna:** Låga halter
- **Dumpningsområden:** Låga halter

## Organiska föroreningar

### Allmänt

Många organiska föroreningar binder till organiskt kol. Det är således av stort intresse hur mycket TOC som mäts upp i det provtagna sedimentet då högre värden av TOC potentiellt även medför högre halter av organiska föroreningar. Förhållandena kan dock kompliceras av förekomst av syrefria bottenar, vilket kan påverka mängden organiskt kol som då bryts ner i mindre utsträckning. Det kan uppstå osäkerheter om uppmätta höga halter av organiska föroreningar i sediment faktiskt beror på en hög belastning av föroreningar eller på höga värden av organiskt kol som ”ackumulerar” föroreningar över tid.

### Polycykliska aromatiska kolväten PAH

Polycykliska aromatiska kolväten (PAH) utgör en stor grupp av ämnen som består av sammanfogade så kallade bensenringar. PAH förekommer i komplexa blandningar med många olika former av enskilda PAH-föreningar. Vanligtvis så undersöks 16 olika sådana föreningar/kongener i sediment och summeras som PAH<sub>16</sub>.

Uppmätta halter av de olika kongenerna av PAH uppvisade en relativt spretig och ojämn fördelning inom och mellan olika punkter i Inre hamnen (Tabell 5). Halterna av enskilda kongener var i huvudsak måttligt höga till höga vid de flesta provpunkterna baserat på svenska bedömningsgrunder (SGU 2017). Vid några provpunkter var halterna dock betydligt lägre, till exempel i det djupare skiktet vid punkt S27 och vid punkt S2 (Tabell 5). Halterna av PAH-kongener i den inre delen av inseglingsrännan uppvisade halter i paritet med de i Inre

hamnen medan det i inseglingrännans yttre delar och i de båda dumpningsområdena registrerades halter som var betydligt lägre (Tabell 5). Summan av PAH<sub>16</sub> bedömdes vara hög vid provpunkt S37 och måttligt hög vid några provpunkter i Inre hamnen och inre inseglingrännan. Vid ett flertal punkter i Inre hamnen var dock halterna av PAH<sub>16</sub> låga eller mycket låga. Halterna av PAH<sub>16</sub> i yttre inseglingrännan och dumpningsområdena var genomgående mycket låga (Tabell 5).

Vid en provpunkt (S28) registrerades en mycket hög halt av PAH-kongen acenaften (Tabell 5). Det är svårt att ange en orsak till detta. En något mer nyanserad bild erhålls dock vid jämförelse med norska bedömningsgrunder där halten bedöms vara låg (Tabell 6).

Bedömningar av halter som understeg rapporteringsgränsen för flera kongener var inte möjliga att göra då flera av klassgränserna i de svenska bedömningsgrunderna understeg rapporteringsgränsen (Tabell 5).

Analys av PAH i sediment i djupare skikt indikerar att förorening av PAH även kan förekomma i skikt i intervallet 30-60 cm, för att sedan avta (Tabell 5).

Tabell 5. Uppmätta halter av PAH i sediment i området kring Inre hamnen, inseglingrännan och dumpningsområden. Bedömningarna är gjorda enligt bedömningsgrunder från SGU 2017. Blå färg anger "mycket låg halt" grön färg anger "låg halt", gul färg anger "måttligt hög halt", orange färg anger "hög halt" och röd färg anger "mycket hög halt". För några kongener överstigs rapporteringsgränsen av gränsen till "låg halt", vilket medför att bedömningar inte kan göras på ett meningsfullt sätt (ofärgade fält). Fet stil anger värden under rapporteringsgränsen. Alla halter anges i µg/kg TS.

#### Inre hamnen

Provpunkt	S37	S35	S1	S1	S30	S27	S38	S29	S2	S33	S34	S28	S36	S36
Skikt (cm)	0-30	0-20	0-30	30-60	0-22	35-70	0-20	0-15	0-20	0-10	0-20	0-15	0-30	30-60
Acenaften	17	10	14	15	10	10	14	10	10	10	10	45	10	10
Acenaftalen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Naftalen	34	29	60	52	13	10	15	23	11	49	58	40	10	10
Antracen	24	10	21	17	10	10	10	10	10	14	12	10	10	12
Fenantren	120	37	100	83	31	10	27	41	10	76	71	59	18	51
Fluoranten	260	43	140	120	48	10	39	30	10	58	60	49	32	71
Fluoren	25	14	29	26	13	10	15	18	10	21	26	27	10	10
Pyren	190	33	110	92	39	10	33	27	10	55	48	42	27	54
Benso(a)antracen	110	19	69	56	21	10	23	16	10	36	29	25	13	35
Benso(a)pyren	110	22	72	59	25	10	24	15	10	33	33	30	13	30
Benso(b)fluoranten	170	40	100	100	44	10	30	30	10	44	53	49	20	38
Benso(k)fluoranten	59	14	35	35	15	10	10	10	10	13	14	12	10	15
Benso(ghi)perylene	100	30	72	70	30	10	24	28	10	39	49	44	14	17
Krysen + Trifenylene	140	30	95	85	31	10	29	23	10	50	47	43	20	40
Dibens(a,h)antracen	30	10	22	21	10	10	10	10	10	12	14	11	10	10
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	85	22	53	54	24	10	16	14	10	20	28	26	10	15
PAH, s:a cancerogen	700	150	450	410	160	20	120	98	20	210	220	200	66	170
PAH, summa övriga	770	190	550	480	170	50	170	170	50	310	320	310	91	200
PAH-L,summa	51	40	74	67	40	40	40	40	40	49	58	85	40	40
PAH-M,summa	620	130	400	340	130	15	110	120	15	220	220	180	77	190
PAH-H,summa	800	180	520	480	190	25	150	130	25	250	270	240	80	190
PAH16 s:a	1500	340	1000	890	330	75	290	270	75	520	540	510	160	370





Tabell 6 Uppmätta halter av PAH i sediment i området kring Inre hamnen, inseglingränna och dumpningsområden. Bedömningarna är gjorda enligt norska effektbaserade kriterier. Blå färg indikerar "bakgrunn", grön färg indikerar "god" och gul färg indikerar "moderat". För några kongener överstigs rapporteringsgränsen av gränsen till "låg halt", vilket medför att bedömningar inte kan göras på ett meningsfullt sätt (ofärgade fält). Fet stil anger värden under rapporteringsgränsen. Alla halter anges i µg/kg TS.

#### Inre hamnen

Provpunkt	S37	S35	S1	S1	S30	S27	S38	S29	S2	S33	S34	S28	S36	S36
Skikt (cm)	0-30	0-20	0-30	30-60	0-22	35-70	0-20	0-15	0-20	0-10	0-20	0-15	0-30	30-60
Acenaften	9,4	<b>2,5</b>	3,5	5,6	<b>14</b>	<b>19</b>	12	<b>3,7</b>	<b>9,1</b>	<b>5,9</b>	<b>2,0</b>	17	<b>7,7</b>	<b>24</b>
Acenaftylen	<b>5,6</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>3,7</b>	<b>14</b>	<b>19</b>	<b>8,3</b>	<b>3,7</b>	<b>9,1</b>	<b>5,9</b>	<b>2,0</b>	<b>3,7</b>	<b>7,7</b>	<b>24</b>
Naftalen	19	7,3	15	19	18	<b>19</b>	13	8,5	10	<b>29</b>	11	15	<b>7,7</b>	<b>24</b>
Antracenen	<b>13</b>	<b>2,5</b>	<b>5,3</b>	<b>6,3</b>	<b>14</b>	<b>19</b>	<b>8,3</b>	<b>3,7</b>	<b>9,1</b>	<b>8,2</b>	2,4	<b>3,7</b>	<b>7,7</b>	<b>29</b>
Fenantren	67	9,3	25	31	42	19	23	15	9,1	45	14	22	14	124
Fluoranten	144	11	35	44	66	<b>19</b>	33	11	<b>9,1</b>	34	12	18	25	173
Fluoren	14	<b>3,5</b>	7,3	9,6	18	<b>19</b>	13	<b>6,7</b>	<b>9,1</b>	12	<b>5,1</b>	10	<b>7,7</b>	<b>24</b>
Pyren	<b>106</b>	8,3	28	34	53	<b>19</b>	28	10	<b>9,1</b>	32	9,4	16	21	<b>132</b>
Benso(a)antracenen	<b>61</b>	4,8	17	21	29	<b>19</b>	19	5,9	<b>9,1</b>	21	5,7	9,3	10	<b>85</b>
Benso(a)pyren	61	5,5	18	22	34	<b>19</b>	20	5,6	<b>9,1</b>	19	6,5	11	10	73
Benso(b)fluoranten	94	<b>10</b>	25	37	60	<b>19</b>	25	11	<b>9,1</b>	26	10	18	15	93
Benso(k)fluoranten	<b>33</b>	3,5	8,8	13	21	<b>19</b>	<b>8,3</b>	<b>3,7</b>	<b>9,1</b>	7,6	2,7	4,4	<b>7,7</b>	<b>37</b>
Benso(ghi)perylene	56	7,5	18	26	41	<b>19</b>	20	10	<b>9,1</b>	23	9,6	16	11	41
Krysen + Trifenylen	78	7,5	24	31	42	<b>19</b>	24	8,5	<b>9,1</b>	29	9,2	16	15	98
Dibens(a,h)antracenen	17	<b>2,5</b>	5,5	7,8	14	<b>19</b>	<b>8,3</b>	<b>3,7</b>	<b>9,1</b>	7,1	2,7	4,1	<b>7,7</b>	<b>24</b>
Indeno(1,2,3-cd)pyren	47	5,5	13	20	33	19	13	5,2	9,1	12	5,5	9,6	7,7	37
<b>PAH16 summa</b>	<b>833</b>	<b>85</b>	<b>250</b>	<b>330</b>	<b>452</b>	<b>144</b>	<b>242</b>	<b>100</b>	<b>68</b>	<b>306</b>	<b>106</b>	<b>189</b>	<b>123</b>	<b>902</b>

#### Inseglingränna

Provpunkt	S25	S25	S25	S20	S26	S32	S21	S3
Skikt (cm)	0-30	30-60	>60	0-15	0-27	0-15	0-15	0-15
Acenaften	<b>1,8</b>	6,1	<b>19</b>	<b>3,1</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>34</b>
Acenaftylen	<b>1,8</b>	<b>2,6</b>	<b>19</b>	<b>3,1</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>34</b>
Naftalen	4,5	7,4	<b>19</b>	5,6	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>34</b>
Antracenen	<b>1,8</b>	3,9	<b>19</b>	<b>3,1</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>34</b>
Fenantren	13	20	35	14	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>34</b>
Fluoranten	16	34	56	17	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>34</b>
Fluoren	<b>3,1</b>	<b>5,3</b>	<b>19</b>	<b>5,9</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>34</b>
Pyren	12	26	56	13	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>34</b>
Benso(a)antracenen	4,9	13	28	7,2	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>34</b>
Benso(a)pyren	7,1	16	39	7,8	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>34</b>
Benso(b)fluoranten	12	29	50	17	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>34</b>
Benso(k)fluoranten	4,0	10	<b>19</b>	5,6	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>34</b>
Benso(ghi)perylene	<b>8,7</b>	20	41	13	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>34</b>
Krysen + Trifenylen	9,3	23	46	9,7	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>34</b>
Dibens(a,h)antracenen	<b>2,4</b>	<b>5,3</b>	<b>19</b>	<b>3,1</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>34</b>
Indeno(1,2,3-cd)pyren	7,1	16	30	10	18	11	20	34
<b>PAH16 summa</b>	<b>104</b>	<b>237</b>	<b>370</b>	<b>125</b>	<b>136</b>	<b>86</b>	<b>153</b>	<b>259</b>

#### Dumpningomr.

S14	S14	S18
0-15	15-50	0-10
<b>19</b>	<b>16</b>	30
<b>19</b>	<b>16</b>	<b>25</b>
<b>19</b>	<b>16</b>	<b>45</b>
<b>19</b>	<b>16</b>	<b>25</b>
<b>19</b>	<b>16</b>	<b>25</b>
<b>19</b>	<b>16</b>	<b>25</b>
<b>19</b>	<b>16</b>	<b>25</b>
<b>19</b>	<b>16</b>	<b>25</b>
<b>19</b>	<b>16</b>	<b>25</b>
<b>19</b>	<b>16</b>	<b>25</b>
<b>19</b>	<b>16</b>	<b>25</b>
<b>19</b>	<b>16</b>	<b>25</b>
<b>19</b>	<b>16</b>	<b>25</b>
<b>19</b>	<b>16</b>	<b>25</b>
<b>142</b>	<b>121</b>	<b>188</b>

### Miljö kvalitetsnormer

För två av PAH-kongenerna, *antracenen* och *fluoranten*, finns miljö kvalitetsnormer framtagna inom ramen för kemisk status och prioriterade ämnen PÅ (Havs- och vattenmyndigheten 2019). Vid bedömningar ska uppmätta halter justeras till 5 % kolhalt (TOC) från aktuell kolhalt i sedimenten. Justering har gjorts för halter som uppmätts ovan rapporteringsgränsen genom multiplikation med kvoten (5/aktuell kolhalt mätt som TOC). Resultaten visar att:

- Justerad uppmätt halt av **antracen** överstiger gränsvärdet på 23 µg/kg TS vid några punkter i Inre hamnen (Tabell 7). Vid några provpunkter uppmättes antracen under rapporteringsgränsen vilket medför att bedömningar för dessa inte kan göras. Vid punkt S36 i det djupare sedimentskiktet var halten av TOC mycket låg vilket medför att halten av antracen räknats upp oproportionerligt mycket

- Justerade uppmätta halter av **fluoranten** understiger gränsvärdet på 2 000 µg/kg TS vid samtliga punkter med goda eller mycket goda marginaler (Tabell 7).

Tabell 7. Miljö kvalitetsnormer MKN och halter med bedömningar av antracen och fluoranten. Halterna har justerats till motsvarande 5 % kolinnehåll i sedimenten. Vid provpunkter där bedömningar ej gjorts var halterna under rapporteringsgränsen och bedömningar ej möjliga. Fet stil anger värden under rapporteringsgränsen. Alla halter anges i µg/kg TS.

#### Inre hamnen

Provpunkt	S37	S35	S1	S1	S30	S27	S38	S29	S2	S33	S34	S28	S36	S36
Skikt (cm)	0-30	0-20	0-30	30-60	0-22	35-70	0-20	0-15	0-20	0-10	0-20	0-15	0-30	30-60
Antracen	67	13	26	31	-	-	-	19	-	41	12	19	-	146
Fluoranten	722	54	175	222	329	96	163	56	45	171	59	91	123	866

#### Inseglingrännan

Provpunkt	S25	S25	S25	S20	S26	S32	S21	S3
Skikt (cm)	0-30	30-60	>60	0-15	0-27	0-15	0-15	0-15
Antracen	9	20	-	16	-	-	-	-
Fluoranten	78	171	278	86	91	57	102	172

#### Dumpningomr.

S14	S14	S18
0-15	15-50	0-10
-	-	-
94	81	125

### Indikativa värden

Indikativa värden finns framtagna av Havs- och vattenmyndigheten för fyra PAH-kongener (se avsnitt tidigare om utvärdering). Vid bedömningar ska uppmätta halter justeras till 5 % kolhalt (TOC) från aktuell kolhalt i sedimenten. Justering har gjorts för halter som uppmätts ovan rapporteringsgränsen genom multiplikation med kvoten (5/aktuell kolhalt mätt som TOC). Resultaten redovisas i Tabell 6.

För *naftalen* överskrider det indikativa värdet med mycket liten marginal i ett prov, vid punkt S44 i Inre hamnen (Tabell 8).

Uppmätta halter av PAH-kongenerna *benso(a)pyren*, *benso(b)fluoranten* och *benso(k)fluoranten* bedömdes vara låga eller som högst medelhöga enligt tidigare redovisning ovan. När halterna justerats till motsvarande 5 % kolhalt överskrider indikativa värden vid flera punkter (Tabell 8). Flera prover utgörs av djupare sedimentskikt men har ändå ingått i bedömningen. Vid några punkter bidrar bottenarnas låga innehåll av organiskt kol i hög grad till att värdena överskrider. De halter som faktiskt uppmätts är dock de som kan anses vara adekvata att ta hänsyn till vid eventuella anläggningsarbeten som berör sedimenten på aktuella platser.

Tabell 8. Indikativa värden och halter med bedömningar för fyra PAH-kongener. Uppmätta halter har justerats till motsvarande 5 % kolinnehåll i sedimenten. Fet stil anger värden under rapporteringsgränsen. Alla halter anges i µg/kg TS.

Kongen:	Indikativt värde:
Naftalen	138
Benso(a)pyren	92
Benso(b)fluoranten	71
Benso(k)fluoranten	68

#### Inre hamnen

Provpunkt	S37	S35	S1	S1	S30	S27	S38	S29	S2	S33	S34	S28	S36	S36
Skikt (cm)	0-30	0-20	0-30	30-60	0-22	35-70	0-20	0-15	0-20	0-10	0-20	0-15	0-30	30-60
Naftalen	94	36	75	96	89	<b>96</b>	63	43	50	144	57	74	<b>38</b>	<b>122</b>
Benso(a)pyren	306	28	90	109	171	-	100	28	<b>45</b>	97	32	56	50	366
Benso(b)fluoranten	472	50	125	185	301	-	125	56	<b>45</b>	129	52	91	77	463
Benso(k)fluoranten	164	18	44	65	103	-	<b>42</b>	<b>19</b>	<b>45</b>	38	14	22	<b>38</b>	183

#### Inseglsrännan

Provpunkt	S25	S25	S25	S20	S26	S32	S21	S3
Skikt (cm)	0-30	30-60	>60	0-15	0-27	0-15	0-15	0-15
Naftalen	23	37	<b>93</b>	28	<b>91</b>	<b>57</b>	<b>102</b>	-
Benso(a)pyren	35	82	194	39	<b>91</b>	<b>57</b>	-	-
Benso(b)fluoranten	61	145	250	84	-	<b>57</b>	-	-
Benso(k)fluoranten	20	51	-	28	-	<b>57</b>	-	-

#### Dumpningsomr.

S14	S14	S18
0-15	15-50	0-10
<b>94</b>	<b>81</b>	<b>225</b>
<b>94</b>	<b>81</b>	-
-	-	-
-	-	-

Sammantagen bedömning av föroreningar av PAH i sedimenten baserat på svenska bedömningsgrunder och norska effektbaserade kriterier:

- **Inre hamnen:** Låga till måttligt höga halter
- **Inseglsrännan:** Låga till måttligt höga halter
- **Dumpningsområden:** Låga halter

## Polyklorerade bifenyler PCB

Polyklorerade bifenyler (PCB) är en grupp av organiska ämnen som består av 209 kongener. De har bland annat använts som mjukgörare, tätningemedel och i elektriska anläggningar. Användningen av PCB totalförbjöds i Sverige år 1995. Atmosfärisk deposition anses vara den främsta spridningsvägen för PCB till Östersjön och depositionen har minskat sedan början av 1990. Sju vanliga PCB-kongener analyseras vanligen vid miljöundersökningar i sediment, kongen 28, 52, 101, 118, 138, 153 och 180.

Samtliga analysvärden som har bedömts registrerades i låga eller mycket låga halter utom vid provpunkt S30 i Inre hamnen där halterna var måttligt höga till höga (Tabell 9). Enligt norska kriterier bedömdes förhållandena för PCB<sub>7</sub> som ”moderat vid punkt S30, det vill säga, halter som inte anses medföra några akuttoxiska effekter på sedimentlevande organismer men som kan ge kroniska effekter vid långtidsexponering.



Tabell 9. Uppmätta halter av PCB i sediment i området kring Inre hamnen, inseglingrännan och dumpningsområden. Bedömningarna är gjorda enligt bedömningsgrunder från SGU 2017. Blå färg anger "mycket låg halt" grön färg anger "låg halt", gul färg anger "måttligt hög halt", orange färg anger "hög halt". För någon kongen överstigs rapporteringsgränsen av gränsen till "låg halt", vilket medför att bedömningar inte kan göras på ett meningsfullt sätt (ofärgade fält). Fet stil anger värden under rapporteringsgränsen. Alla halter anges i ng/kg TS.

För norska kriterier, längst ner i tabellen, indikerar gul färg "moderat" och grön färg "god"

Område	Inre hamnen	Inre hamnen	Inre hamnen	Inre hamnen	Inre hamnen	Insegl.ränna	Dumpn. V	Dumpn. O
Provpunkt	S30	S38	S2	S28	S36	S25	S14	S18
Skikt (cm)	0-22	0-20	0-20	0-15	30-60	>60	0-15	0-10
2,4,4'-TriCB, #28	100	100	100	100	100	100	100	100
2,2',5,5'-TeCB, #52	840	100	100	100	100	100	100	100
2,2',4,5,5'-PeCB, #101	1 300	100	100	120	100	100	100	100
2,3',4,4',5'-PeCB, #118	990	100	100	130	100	100	100	100
2,2',3,4,4',5'-HxCB, #138	1 400	120	130	260	100	100	100	100
2,2',4,4',5,5'-HxCB, #153	1 200	120	130	250	100	100	100	100
2,2',3,4,4',5,5'-HpCB, #180	390	100	100	100	100	100	100	100
<b>Summa PCB 7</b>	6 100	250	260	640	100	100	100	100
<b>Summa PCB 7 Norska</b>	8 356	208	236	237	244	185	189	250

Naturvårdsverket har tidigare föreslagit ett effektbaserat gränsvärde för PCB i sediment (Naturvårdsverket 2008). I detta förslag anges värde baserat för *PCB-total* och inte enbart för summan av sju kongener, PCB<sub>7</sub>. Gränsvärdet uppgår till 30 µg/kg TS. Det kan antas att PCB<sub>7</sub> utgör ungefär 20 procent av totala halten PCB i sediment (Naturvårdsverket 2022).

Vid justering av samtliga värden för PCB<sub>7</sub> till PCB-total vid alla undersökta punkter framkommer att gränsvärdet på 30 µg/kg TS överskrids vid punkt S30 i Inre hamnen (Tabell 10).

Tabell 10. Bedömningar av halten total PCB i de undersökta sedimenten jämfört med gränsvärdet på 30 µg/kg TS. Fet stil anger värden under rapporteringsgränsen. Alla halter i tabellen anges i µg/kg TS.

Område	Inre hamnen	Inre hamnen	Inre hamnen	Inre hamnen	Inre hamnen	Insegl.ränna	Dumpn. V	Dumpn. O
Provpunkt	S30	S38	S2	S28	S36	S25	S14	S18
Skikt (cm)	0-20	0-20	0-20	0-15	30-60	>60	0-15	0-10
<b>PCB Total</b>	30,5	1,3	1,3	3,2	0,5	0,5	0,5	0,5

Sammantagen bedömning av föroreningar av PCB i sedimenten baserat på svenska bedömningsgrunder och norska effektbaserade kriterier:

- **Inre hamnen:** Låga till som högst lokalt måttligt höga halter
- **Inseglingrännan:** Låga till mycket låga halter
- **Dumpningsområden:** Låga till mycket låga halter

## Petroleumprodukter/olja

Merparten analyser av petroleumprodukter/olja i sedimenten uppmätta som oljeindex understeg laboratoriets rapporteringsgränser och kan anses vara låga (Tabell 11). Det var framför allt kolväten med längre kolkedjor som noterades i detekterbara halter (Tabell 11). Det saknas i stort bedömningsgrunder för parametrarna, men bedömningen är att halterna av dessa kan anses vara låga.

De kortare kolvätena ( $C_{10}$ - $C_{12}$ ) är flyktigare och mer vattenlösliga och därmed mer spridningsbenägna medan de längre kolvätena är mer tjockflytande och utgörs bland annat av olika typer av smörjoljor.

Vid analys av olja i sediment får ofta naturligt förekommande alifatiska ämnen med långa kolkedjor som humus- och fulvosyror genomslag i analyserna vilket betyder att bakgrundshalter av dessa ämnen således är förväntade. Naturliga alifatiska kolväten har dock liknande kemiska egenskaper som de antropogent framställda. De noterade halterna bedöms vara låga och resultatet indikerar sammantaget att olja inte utgör någon sedimentförorening i det bottenmaterial som undersökts. Sannolikheten att ämnena skall lösas ut till vatten bedöms som försumbar. Kolväten med långa kolkedjor är mycket hårt bundna till sedimentet.

Tabell 11. Uppmätta halter av oljeindex i sediment i området kring Inre hamnen, inseglsrännan och dumpningsområden. Grön färg indikerar låg halt. Fet stil anger värden under rapporteringsgränsen. Alla halter anges i mg/kg TS.

Område	Inre hamnen	Inre hamnen	Inre hamnen	Inre hamnen	Inre hamnen	Insegl.ränna	Dumpn. V	Dumpn. O
Provpunkt	S30	S38	S2	S28	S36	S25	S14	S18
Skikt (cm)	0-20	0-20	0-20	0-15	30-60	>60	0-15	0-10
Oljeindex, >C10-C12	2	2	2	2	2	2	2	2
Oljeindex, >C12-C16	4	6,0	4	9,9	4	4	4	4
Oljeindex, >C16-C35	16	25	10	52	10	12	10	10
Oljeindex, >C35-C40	4	4	4	5,3	4	4	4	4
Oljeindex, >C10-C40	21	35	20	69	20	20	20	20

Sammantagen bedömning av olja och petroleumprodukter i sedimenten i samtliga områden:

Resultaten visar att petroleumprodukter/olja inte utgör någon nämnbar sedimentförorening i de punkter/områden som undersökts.

## Tennorganiska ämnen

Tennorganiska substanser har i huvudsak använts i båtbottnfärger som biocid för att förhindra påväxt. Den mest kända substansen i ämnesgruppen är tributyltenn (TBT). TBT orsakar flera negativa effekter på akvatiska organismer, bland annat imposex. Användning av TBT som bekämpningsmedel förbjöds inom EU år 2006. Halterna av TBT har sjunkit sedan den nationella miljöövervakningen av föroreningar i svenska havssediment startade 2003 (Josefsson 2022). Gränsvärdet för TBT i sediment överskrids dock fortfarande på många stationer i egentliga Östersjön.

I Inre hamnen uppmättes tributyltenn (TBT) i huvudsak i måttligt höga halter enligt bedömningsgrunder från SGU 2017 (Tabell 12). Vid punkt S28 var halten av TBT hög. Även halter av dibutyltenn (DBT) och/eller monobutyltenn (MBT) noterades i detekterbara halter vid de flesta provpunkterna i Inre hamnen (Tabell 12). Mono- och dibutyltenn är bland annat nedbrytningsprodukter till tributyltenn vilket indikerar en pågående nedbrytning av TBT. Mono- och dibutyltenn är dock inte bara nedbrytningsprodukter från tributyltenn utan har egna användningsområden, till exempel som stabilisatorer i PVC-plast. (SGU 2019). Övriga tennorganiska substanser uppmättes i stort under rapporteringsgränsen. I inseglingstrännan och i dumpningsområden uppmättes låga halter av de tre substanserna och alla noterades under rapporteringsgränsen (Tabell 12).

Tabell 12. Uppmätta halter ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  torrsubstans) av tennorganiska ämnen i sediment i Inre hamnen, inseglingstrännan och dumpningsområden samt bedömningar enligt SGU 2017. Grön färg indikerar "låg halt", gul färg "medelhög halt" och orange färg "hög halt". För substanser och halter i vita fält saknas bedömningsgrunder. Fet stil anger värden under rapporteringsgränsen. Alla halter anges i  $\mu\text{g}/\text{kg}$  TS.

### Inre hamnen

Provpunkt	S37	S35	S30	S38	S2	S33	S28	S36
Skikt (cm)	0-30	0-20	0-22	0-20	0-20	0-10	0-15	30-60
Monobutyltenn	6,4	3	3,2	1,3	1	4,6	4,7	1
Dibutyltenn	1,9	1	1	1	1	7,5	9,2	1
Tributyltenn	3,6	4	1,5	1,0	1	4,6	33	1
Tetrabutyltenn	1	1	1	1	1	1	1	1
Monofenyltenn	1	1	1	1	1	1	1	1
Difenyltenn	1	1	1	1	1	1	1	1
Trifenyltenn	1	1	1	1	1	1	1	1,3
Monooktyltenn	1	1	1	1	1	1	1	1
Dioktyltenn	1	1	1	1	1	1	1	1
Tricyklohexyltenn	2	2	2	2	2	2	2	2

### Inseglingstränna

Provpunkt	S25
Skikt (cm)	>60
Monobutyltenn	1
Dibutyltenn	1
Tributyltenn	1
Tetrabutyltenn	1
Monofenyltenn	1
Difenyltenn	1
Trifenyltenn	1
Monooktyltenn	1
Dioktyltenn	1
Tricyklohexyltenn	2

### Dumpningsområden

S14	S18
0-15	0-10
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
2	2

Enligt *norska förvaltningsmässiga* kriterier motsvarade halterna av tributyltenn vid punkt S28 förhållanden/halter som kan betecknas som ”moderat” (Tabell 13). Vid övriga punkter i Inre hamnen samt i inseglingstrännan och dumpningsområden bedömdes halterna av TBT motsvara ”god” eller ”bakgrunn”. Halterna har justerats till motsvarande 1 % kolinnehåll i sedimenten. Det finns även norska bedömningsgrunder för trifenylytten, en tennorganisk substans som anses vara minst lika toxisk som tributyltenn. Uppmätta halter av trifenylytten motsvarar dåliga förhållanden vid punkt S30 och S36 (Tabell 13)

Det norska *effektbaserade* gränsvärdet som finns framtaget för TBT är mycket lägre än det förvaltningsmässiga och överskrids med stor sannolikhet i samtliga kustområden i Sverige. Det betyder att det sannolikt finns en stor påverkan på akvatiska organismer i stora delar av svenska kustområden.

Höga eller mycket höga halter av tributyltenn (TBT) i sediment i svenska kustområden och hamnar är ett stort allmänt problem och miljökvalitetsnormen för TBT överskrids i stora delar runt hela Sveriges kust. Miljökvalitetsnormen för TBT uppgår till 1,6 µg/kg torrsubstans (Havs och vattenmyndigheten 2019). Uppmätta halter ska innan jämförelse med normen justeras till 5 % TOC utifrån aktuell kolhalt i sedimenten. Efter justering *överstiger* halterna av tributyltenn normen vid samtliga punkter där detekterbara halter rapporterats (Tabell 13).

I prover som analyserats från djupare sedimentskikt (S36 och S25) bedöms halterna av TBT vara låga. Ett värde på trifenylytten från punkt S36 visar dock att det finns tennorganiska substanser även i sedimentskikt mellan 30-60 cm.

Tabell 13. Bedömningar av TBT i sediment i Inre hamnen samt i inseglingstrännan och i dumpningsområden enligt miljökvalitetsnorm (MKN) för TBT, Detekterbara halter av TBT har justerats till motsvarande 5 % kolinnehåll i sedimenten och orange färg visar att gränsvärdet överskrids. Vid bedömningar av TBT samt trifenylytten enligt norska bedömningsgrunder har justering av detekterbara halter gjorts till 1 % kolinnehåll i sedimenten. Blå färg indikerar ”bakgrunn”, grön färg ”god”, gul färg ”moderat” och orange färg indikerar ”dålig”. Fet stil anger värden under rapporteringsgränsen. Alla halter anges i µg/kg TS.

#### Inre hamnen

Provpunkt	S37	S35	S30	S38	S2	S33	S28	S36
Skikt (cm)	0-30	0-20	0-22	0-20	0-20	0-10	0-15	30-60
Tributyltenn TBT MKN	10	5,0	10	4,2	-	14	61	-
Tributyltenn TBT norsk	2,0	1,0	2,1	0,83	0,91	2,7	12	2,4
Trifenylytten norska	-	-	1,4	-	-	-	-	3,2

#### Inseglingstränna

Provpunkt	S25
Skikt (cm)	>60
Tributyltenn TBT MKN	-
Tributyltenn TBT norsk	1,9
Trifenylytten norska	-

#### Dumpningsområden

S14	S18
0-15	0-10
-	-
1,9	2,5
-	-

Sammantagen bedömning av föroreningar av tennorganiska substanser i sedimenten baserat på svenska bedömningsgrunder, MKN och norska kriterier:

- **Inre hamnen:** Måttligt höga halter
- **Inseglingstränna:** Låga till lokalt måttligt höga halter (baseras på ett djupt prov)
- **Dumpningsområden:** Låga halter

## PFAS

PFAS (poly- och perfluorerade alkylsubstanter) eller högfluorerade ämnen är ett samlingsnamn för en stor och komplex ämnesgrupp på mer än 10 000 identifierade ämnen med varierande egenskaper och bred användning i samhället. Gemensamt för alla PFAS-ämnen är att de är mycket svåra att bryta ner och vissa PFAS kan ha skadliga effekter, både för människa och miljö. Alla PFAS-ämnen är syntetiskt framställda och finns inte naturligt i miljön. (Kemikalieinspektionen 2023). De mest kända substanserna är PFOS (perfluoroktansulfonat) och PFOA (perfluoroktansyra). Det saknas svenska bedömningsgrunder för PFAS i sediment, dock finns det norska kriterier för PFOS och PFOA.

I absoluta merparten av sedimentproverna uppmättes halter under rapporteringsgränsen (Tabell 14). För PFOS och PFOA registrerades dock detekterbara halter i några prover i Inre hamnen (S38 och S28) samt i det östra dumpningsområdet (S18). Halterna bedömdes motsvara ”god” enligt norska bedömningsgrunder förutom PFOS vid punkt S18 där bedömningen var ”moderat” (Tabell 14). Halterna justerades till 1 % kolinnehåll i sedimenten. Kolinnehållet i sedimentet vid punkt S18 är mycket lågt vilket medför att halten räknas upp med en faktor på 2,5, vilket möjligen kan anses oproportionerligt i sammanhanget. Uppräkning görs för att jämföra belastning av föroreningar mellan olika (havs)områden med olika kolhalt i sedimenten. Den faktiska halten av PFOS vid punkt S18 registrerades till 0,16 µg/kg TS vilket kan vara av större intresse inför eventuella åtgärder/anläggningar i området.

Tabell 14. Uppmätta halter (µg/kg torrsubstans) av PFAS i sediment i Inre hamnen, inseglingrännan och dumpningsområden samt bedömningar enligt norska kriterier för PFOS och PFOA. Halterna är justerade till motsvarande 1 % kol i sedimenten. Grön färg indikerar ”god” och gul färg ”moderat”. För detekterbara substanser/summeringar i vita fält saknas bedömningsgrunder. Fet stil anger värden under rapporteringsgränsen. Alla halter anges i µg/kg TS.

Område	Inre hamnen	Inre hamnen	Inre hamnen	Inre hamnen	Inre hamnen	Insegl.ränna	Dumpn. V	Dumpn. O
Provpunkt	S30	S38	S2	S28	S36	S25	S14	S18
Skikt (cm)	0-22	0-20	0-20	0-15	30-60	>60	0-15	0-10
PFBS	0,14	0,08	0,09	0,04	0,24	0,19	0,19	0,25
PFHxS	0,14	0,08	0,09	0,04	0,24	0,19	0,19	0,25
PFOS, linjär	0,14	0,08	0,09	0,044	0,24	0,19	0,19	0,40
PFOS, grenad	0,14	0,08	0,09	0,04	0,24	0,19	0,19	0,25
PFOS, total	0,14	0,08	0,09	0,044	0,24	0,19	0,19	0,40
PFPeA	0,14	0,08	0,09	0,04	0,24	0,19	0,19	0,25
PFHxA	0,14	0,08	0,09	0,04	0,24	0,19	0,19	0,25
PFHpA	0,14	0,08	0,09	0,04	0,24	0,19	0,19	0,25
PFOA, linjär	0,14	0,12	0,09	0,078	0,24	0,19	0,19	0,38
PFOA, grenad	0,14	0,08	0,09	0,04	0,24	0,19	0,19	0,25
PFOA, total	0,14	0,12	0,09	0,078	0,24	0,19	0,19	0,38
6:2 FTS	0,14	0,08	0,09	0,04	0,24	0,19	0,19	0,25
PFBA	0,14	0,08	0,09	0,04	0,24	0,19	0,19	0,25
PFNA	0,14	0,08	0,09	0,070	0,24	0,19	0,19	0,50
PFDA	0,14	0,08	0,09	0,04	0,24	0,19	0,19	0,25
PFOSA	0,14	0,08	0,09	0,04	0,24	0,19	0,19	0,25
S:a 4 PFAS	0,14	0,20	0,09	0,19	0,24	0,19	0,19	1,28
S:a 11 PFAS	0,14	0,20	0,09	0,19	0,24	0,19	0,19	1,28

Sammantagen bedömning av PFAS i sedimenten baserat på norska kriterier för PFOS och PFOA:

- **Inre hamnen, inseglingränna och dumpning V:** Låga halter
- **Dumpning O:** Låga/måttliga halter

## Bekämpningsmedel och halogenerade lösningsmedel

Resultaten från analyser av bekämpningsmedel och halogenerade lösningsmedel uppvisade halter under rapporteringsgränsen för samtliga prover (Tabell 15). Det finns bedömningsgrunder för några substanser eller grupper av substanser i SGU 2017, till exempel för DDT, klordaner och HCH (hexaklorcyklohexaner). Rapporteringsgränserna är dock för höga för att bedömningar ska kunna göras på ett meningsfullt sätt. Baserat på resultaten är halterna högst måttliga för DDT och HCH förekommer inte i höga halter. Indikativt, baserat på att samtliga halter uppmättes under rapporteringsgränsen kan man möjligen sluta sig till att bekämpningsmedel inte utgör någon betydande sedimentförorening i de områden/punkter som undersökts. Halterna av hexaklorbutadien uppmättes också under rapporteringsgränsen. Enligt norska bedömningsgrunder var halterna låga och motsvarar bedömningen ”god”.

Tabell 15. Uppmätta halter av bekämpningsmedel och halogenerade lösningsmedel i sediment i området kring Inre hamnen, inseglingsrännan och dumpningsområden. Bedömningar av hexaklorbutadien är gjorda enligt norska bedömningsgrunder där grön färg motsvarar ”god”. Alla halter anges i ug/kg TS.

Område	Inre hamnen	Inre hamnen	Inre hamnen	Inre hamnen	Inre hamnen	Insegl.ränna	Dumpn. V	Dumpn. O
Provpunkt	S30	S38	S2	S28	S36	S25	S14	S18
Skikt (cm)	0-22	0-20	0-20	0-15	30-60	>60	0-15	0-10
<b>Bekämpningsmedel</b>								
Aldrin	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
DDD-o,p	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
DDD-p,p	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
DDE-o,p	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
DDE-p,p	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
DDT-o,p	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
DDT-p,p	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
DDT, summa	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Dieldrin	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Endosulfan-alfa	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Endosulfan-beta	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Endrin	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
HCH-alfa	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
HCH-beta	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
HCH-delta	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
HCH-gamma	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Heptaklor	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
cis-Heptakloreoxid	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
trans-Heptakloreoxid	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Isodrin	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
cis-Klordan	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
trans-Klordan	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Klordan, summa	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Quintozen	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Telodrin	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
<b>Halogenerade lösningsmedel</b>								
Hexaklorbutadien	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

## Riktvärden för förorenad mark

Jämförelser har gjorts med uppmätta halter av föroreningar i sediment med Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark (Tabell 16). Resultatet visar att halterna för alla bedömda substanser understiger riktvärden för känslig markanvändning (KM) med undantag för kadmium vid punkterna S1, S25 och S20. Dessa understiger dock riktvärden för mindre känslig markanvändning (MKM).



Tabell 16. Jämförelser av föroreningar i sediment från Inre hamnen, inseglingssänan och dumpningsområden med Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark. Grön färg visar att halterna understiger KM (känslig markanvändning) och gul färg att halterna understiger MKM (mindre känslig markanvändning).

Provpunkt	S37	S35	S1	S1	S30	S27	S38	S29	S2	S33	S34	S28	S36	S36	S25	S25	S20	S26	S32	S21	S3	S14	S14	S18		
Skikt (cm)	0-30	0-20	0-30	30-60	0-22	35-70	0-20	0-15	0-20	0-10	0-20	0-15	0-30	30-60	0-30	30-60	>60	0-15	0-27	0-15	0-15	0-15	0-15	15-50	0-10	
Metaller	Enhet	Inre hamnen													Inseglingssäna						Dumpningsområden					
Arsenik, As	mg/kg TS	4,9	5,4	6,3	6	<2,5	3,2	3,1	3	<2,5	2,9	6,8	3,7	3,5	3,1	6,3	5,8	3,4	5,2	3	<2,5	<2,5	<2,5	2,6	4,8	<2,5
Barium, Ba	mg/kg TS	87	49	72	75	56	120	72	41	<25	50	57	35	56	72	59	64	61	53	67	26	71	30	73	150	<25
Bly, Pb	mg/kg TS	35	21	27	32	23	16	12	19	4,9	11	26	15	16	17	21	29	19	24	16	5,1	2,7	2	11	20	3,4
Kadmium, Cd	mg/kg TS	0,75	0,52	0,78	0,98	0,35	<0,2	0,27	0,28	<0,2	0,29	0,77	0,33	0,3	<0,2	0,66	1,4	<0,2	0,95	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Kobolt, Co	mg/kg TS	5,5	5	5,8	5,9	2,5	11	3	2,4	1,2	2,2	6	3,2	4,8	6,7	5,7	5,9	6,9	5,3	7,5	1,7	0,98	0,82	5,3	13	0,8
Krom, Cr	mg/kg TS	17	16	20	20	8,6	39	9,4	8,2	3,4	7,9	21	11	15	18	20	21	19	18	20	4,9	3,1	2,3	16	45	2,6
Koppar, Cu	mg/kg TS	20	23	26	24	9,7	20	9,7	20	<5	18	28	17	16	8,2	25	26	9,6	22	8,1	5,2	<5	<5	18	22	<5
Kviksilver, Hg	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,058	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nickel, Ni	mg/kg TS	21	19	22	22	8,1	27	9,7	8,4	3,6	7,8	23	12	14	16	23	24	17	21	19	4,8	2,6	1,9	12	32	2,1
Vanadin, V	mg/kg TS	26	17	22	23	10	43	12	8,7	<5	11	24	12	18	21	22	22	21	19	21	6,3	<5	<5	19	53	<5
Zink, Zn	mg/kg TS	83	94	95	110	57	64	47	81	17	86	130	74	55	31	86	93	42	75	38	25	9,4	8,6	33	79	9,2
Molybden, Mo	mg/kg TS	1,1	1,2	1,4	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,2	<1	<1	<1	1,4	1,6	<1	1,2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Antimon, Sb	mg/kg TS	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
<b>PAH</b>																										
PAH-L,summa	ug/kg TS	51	<40	74	67	<40	<40	<40	<40	<40	49	58	85	<40	<40	<40	51	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
PAH-M,summa	ug/kg TS	620	130	400	340	130	<15	110	120	<15	220	220	180	77	190	240	340	79	160	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
PAH-H,summa	ug/kg TS	800	180	520	480	190	<25	150	130	<25	250	270	240	80	190	310	500	130	220	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25
<b>Tennorganiska föreningar</b>																										
Monobutyltenn	ug/kg TS	6,4	3			3,2		1,3		<1	4,6		4,7		<1			<1						<1	<1	
Dibutyltenn	ug/kg TS	1,9	<1			<1		<1		<1	7,5		9,2		<1			<1						<1	<1	
Tributyltenn	ug/kg TS	3,6	4			1,5		1		<1	4,6		33		<1			<1						<1	<1	
<b>Bekämpningsmedel</b>																										
Aldrin	ug/kg TS					<1		<1		<1			<1		<1			<1						<1	<1	
DDT, summa	ug/kg TS					<2,0		<2,0		<2,0			<2,0		<2,0			<2,0						<2,0	<2,0	
Dieldrin	ug/kg TS					<1		<1		<1			<1		<1			<1						<1	<1	
Quintozen	ug/kg TS					<1		<1		<1			<1		<1			<1						<1	<1	
<b>PCB</b>																										
Summa PCB 7 st indikatorer	ng/kg TS					6100		250		260			640		<100			<100						<100	<100	
<b>Petroleumprodukter/olja</b>																										
Oljeindex, >C10-C12	mg/kg TS					<2		<2		<2			<2		<2			<2						<2	<2	
Oljeindex, >C12-C16	mg/kg TS					<4		6		<4			9,9		<4			<4						<4	<4	
Oljeindex, >C16-C35	mg/kg TS					16		25		<10			52		<10			12						<10	<10	
Oljeindex, >C35-C40	mg/kg TS					<4		<4		<4			5,3		<4			<4						<4	<4	
Oljeindex, s:a >C10-C40	mg/kg TS					21		35		<20			69		<20			<20						<20	<20	

## Slutsatser

Undersökningar av föroreningar i sediment har under försommaren 2023 utförts i havsområdet i anslutning till Slite. Sedimentprover togs vid 20 olika punkter och totalt 25 prover skickades till laboratorium för kemisk analys. Analyser har gjorts av metaller, PAH, PCB, tennorganiska ämnen, PFAS, oljeindex samt bekämpningsmedel.

Provpunkterna har ungefärligt avgränsats till att tillhöra tre olika områden benämnda "Inre hamnen", "inseglingrännan" samt "dumpningsområde" (V och O). Ett flertal bedömningsgrunder har använts vid utvärderingen, både svenska och norska kriterier, miljö kvalitetsnormer och indikativa värden, riktvärden för förorenad mark samt jämförelser med den nationella miljöövervakningen i svenska havsområden.

De provtagna sedimenten dominerades av finkornigt oorganiskt material som silt och lera med ökat sandinslag i de yttre punkterna. Sedimenten vid de flesta punkterna karakteriserades av höga torrsubstanser och relativt låga glödförluster och andelar organiskt kol (TOC). Ett flertal undersökta punkter uppvisade därmed egenskaper som kan härröras till transportbottnar. Några visade dock i högre grad egenskaper som karakteriserar ackumulationsbottnar och där var uppmätta halter av föroreningar allmänt något högre för flera parametrar. I sådana sediment kan man jämföra och bedöma belastningen av föroreningar i aktuella havsområden. Ackumulationsbottnar har allmänt sett större potential att innehålla föroreningar än sediment på transportbottnar.

Uppmätta halter av föroreningar i sedimenten var i huvudsak låga till som högst måttligt höga i enstaka punkter, till exempel för metaller. De flesta förhöjda halterna som registrerades var för substanser/kongener inom gruppen polycykliska aromatiska kolväten PAH, framför allt i Inre hamnen. Summan av 16 kongener av PAH var dock inte att betrakta som höga utom som högst måttligt höga. De svenska bedömningsgrunderna, vars bedömningar baseras på percentiler redovisar framför allt vad gäller organiska föroreningar, i högre grad bedömningar där halterna är att anse som förhöjda/höga jämfört med norska bedömningsgrunder som i de flesta fall redovisar en lägre grad av effekt (färg) för liknande halt. De norska bedömningsgrunderna är effektbaserade och borde i och med det beaktas i hög utsträckning. Både de svenska och norska bedömningsgrunderna har dock använts vid utförda bedömningar.

Den geografiska fördelningen av föroreningar i stort visade allmänt högre halter i Inre hamnen och i den inre delen av inseglingrännan även om det fanns ett par provpunkter i Inre hamnen med genomgående låga halter. Att högre halter uppmättes i Inre hamnen jämfört med längre ut från land är förväntat med tanke på antropogena verksamheter och närhet till land. I den yttre inseglingrännan och i dumpningsområdena var halterna i huvudsak låga eller mycket låga. Enstaka förhöjd halt av en enskild substans noterades i något prov, men var inte anmärkningsvärda.

Halter av föroreningar i vertikalled förväntas i allmänt minska med sedimentdjupet men är förstas avhängigt av hur belastningen har sett ut historiskt. Det

finns några punkter där även djupare skikt har analyserats. Resultaten indikerade att PAH även kan förekomma i skikt i intervallet 30–60 cm i Inre hamnen och inre delen av inseglingrännan med liknande eller för vissa substanser något högre halter jämfört med det översta (0–30 cm). I djupare skikt än 60 cm verkar halterna dock minska betydligt, vilket är förväntat då förhållandena sannolikt speglar förindustriell belastning.

Många föroreningar uppmättes i halter under rapporteringsgränsen, framför allt av bekämpningsmedel, tennorganiska substanser och oljeindex, men även av PCB vid de flesta undersökta punkterna. Detta pekar indikativt på att de inte heller utgör någon betydande sedimentförorening i de områden som undersökts.

Det finns enskilda substanser där uppmätta halter i flera punkter överstiger miljökvalitetsnormer och indikativa värden. De låga halterna av organiskt kol (TOC) har i några fall medfört oproportionerligt stora uppräkningskorrigeringar av uppmätta halter baserat på sedimentens kolinnehåll. Justeringarna av kolhalt syftar till att möjliggöra jämförelser av belastningar av föroreningar över tid och mellan olika områden och punkter. De faktiskt uppmätta halterna var betydligt lägre och bedömdes i flera fall som låga eller som högst medelhöga, vilket är relevant information inför eventuella anläggningsarbeten som kan påverka sedimenten.

## Referenser

- Havs- och vattenmyndigheten 2019. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter HVMFS 2019:25 om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten.
- Havs- och vattenmyndigheten 2018. Metaller och miljögifter - Effektbaserade bedömningsgrunder och indikativa värden för sediment. Kunskapssammanställning baserad på ämnesrapporter framtagna inom vattendirektivsarbetet.
- Josefsson, S. 2022. Contaminants in Swedish offshore sediments 2003–2021. Results from the national environmental monitoring programme. SGU-report 2022:08
- Kemikalieinspektionen 2023. <https://www.kemi.se/hallbarhet/amnen-och-material/pfas>
- Miljødirektoratet 2016. Grensverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. Rapport M 608. Revidert 2020-10-30.
- Naturvårdsverket 2008. Förslag till gränsvärden för särskilda förorenande ämnen. Naturvårdsverket Rapport 5799.
- Naturvårdsverket 1999. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet: Kust och hav. Naturvårdsverket Rapport 4914.
- Naturvårdsverket 2022. Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark.
- SGU 2017. Klassning av halter av organiska föroreningar i sediment. SGU-rapport 2017:12.

## Bilaga 1 Fältinformation

Provpunkt ID	Delområde	Provtagnings-datum	Koordinater (Sweref 99TM)		Vattendjup (m)	Utrustning	Penetreringsdjup (cm)	Samlingsprov	Antal hugg	Analyserat skikt (cm)
			E	N						
S37	Inre hamnen	2023-06-27	726823	6403183	6	Rörprovtagare	30	Ja	3	0-30
S35	Inre hamnen	2023-06-27	726873	6403084	7,6	Van Veen	20	Nej	1	0-20
S1	Inre hamnen	2023-06-27	726923	6403182	5,6	Rörprovtagare	60	Ja	3	0-30
S1	Inre hamnen	2023-06-27	726923	6403182	5,6	Rörprovtagare	60	Ja	3	30-60
S30	Inre hamnen	2023-06-27	727123	6403133	4,6	Rörprovtagare	22	Ja	3	0-22
S27	Inre hamnen	2023-06-27	727133	6402970	2,5	Rörprovtagare	70	Ja	2	35-70
S38	Inre hamnen	2023-06-27	727187	6402854	4,7	Van Veen/rörprovtagare	20	Ja	4	0-20
S29	Inre hamnen	2023-06-27	726873	6402930	8,5	Van Veen	15	Nej		0-15
S2	Inre hamnen	2023-06-27	726974	6402784	8	Van Veen	7	Ja	4	0-20
S33	Inre hamnen	2023-06-28	726875	6402682	2,3	Van Veen	10	Ja	2	0-10
S34	Inre hamnen	2023-06-28	726974	6402583	8	Rörprovtagare	20	Nej	1	0-20
S28	Inre hamnen	2023-06-29	727074	6402531	8,4	Van Veen	15	Nej	1	0-15
S36	Inre hamnen	2023-06-28	727173	6402484	7,8	Rörprovtagare	60	Ja	3	0-30
S36	Inre hamnen	2023-06-28	727173	6402484	7,8	Rörprovtagare	60	Ja	3	30-60
S25	Inseglingränna	2023-06-27	727425	6402283	6,3	Rörprovtagare	100	Ja	3	0-30
S25	Inseglingränna	2023-06-27	727425	6402283	6,3	Rörprovtagare	100	Ja	3	30-60
S25	Inseglingränna	2023-06-27	727425	6402283	6,3	Rörprovtagare	100	Ja	3	>60
S20	Inseglingränna	2023-06-27	727673	6402081	8,2	Van Veen	15	Nej	1	0-15
S26	Inseglingränna	2023-06-27	727971	6401983	7,8	Rörprovtagare	27	Ja	2	0-5
S32	Inseglingränna	2023-06-27	727925	6401731	8	Van Veen	15	Nej	1	0-15
S21	Inseglingränna	2023-06-27	728273	6401584	8,6	Van Veen	15	Nej	1	0-15
S3	Inseglingränna	2023-06-27	728321	6401132	7	Van Veen	15	Nej	1	0-15
S14	Dumpningsområde V	2023-06-29	734947	6397693	25,1	Rörprovtagare	50	Ja	7	0-15
S14	Dumpningsområde V	2023-06-29	734947	6397693	25,1	Rörprovtagare	50	Ja	7	15-50
S18	Dumpningsområde O	2023-06-29	735759	6397213	34,8	Van Veen	10	Ja	2	0-10



Provpunkt ID	Delområde	Skikt till analys (cm)	Sedimentbeskrivning			dom											gas- bubblor	växt- rester	Bedömning bottentyp	
			Blandn.	Lagerskilln.	Redoxgr	cm	le	si	sa	gr	substrat	löst	mättil	löst	fast	lukt				H2S
S37	Inre hamnen	0-30	Ja	Nej	Nej	-	nej	ja	ja	nej	si	ja	nej	nej	ja	ja	nej	nej	ja	ackumulation
S35	Inre hamnen	0-20	Nej	Nej	Ja	0,0f	nej	ja	nej	nej	si	ja	nej	nej	ja	ja	ja	ja	ja	ackumulation
S1	Inre hamnen	0-30	Ja	Nej	Nej	-	nej	ja	ja	nej	si	ja	nej	nej	ja	ja	ja	nej	ja	ackumulation
S1	Inre hamnen	30-60	Ja	Nej	Nej	-	nej	ja	ja	nej	si	nej	ja	nej	ja	ja	nej	nej	ja	ackumulation
S30	Inre hamnen	0-22	Ja	Nej	Nej	-	nej	ja	ja	nej	si	nej	ja	nej	ja	ja	nej	nej	ja	ackumulation
S27	Inre hamnen	35-70	Ja	Ja	Nej	-	ja	nej	ja	nej	le	nej	nej	ja	nej	nej	nej	nej	nej	ackumulation
S38	Inre hamnen	0-20	Ja	Nej	Nej	nej	ja	ja	nej	nej	si	nej	ja	nej	nej	nej	nej	nej	ja	ackumulation
S29	Inre hamnen	0-15	Ja	Nej	-	-	nej	ja	ja	nej	si	ja	nej	nej	ja	ja	ja	nej	ja	ackumulation
S2	Inre hamnen	0-20	Ja	Nej	-	-	nej	ja	ja	ja	gr	nej	ja	nej	nej	nej	nej	nej	nej	ackumulation
S33	Inre hamnen	0-10	Ja	Nej	Nej	-	nej	ja	ja	ja	si	ja	nej	nej	nej	nej	nej	ja	ja	ackumulation
S34	Inre hamnen	0-20	Nej	Nej	Ja	0,5	nej	ja	nej	nej	si	ja	nej	nej	ja	ja	nej	nej	nej	ackumulation
S28	Inre hamnen	0-15	Ja	Ja	Ja	2	nej	ja	nej	ja	si	nej	nej	nej	ja	ja	nej	nej	nej	ackumulation
S36	Inre hamnen	0-30	Ja	Ja	Nej	-	nej	ja	ja	nej	si	nej	ja	nej	ja	ja	nej	nej	nej	ackumulation
S36	Inre hamnen	30-60	Ja	Ja	Nej	-	ja	nej	nej	nej	le	nej	nej	ja	nej	nej	nej	nej	nej	ackumulation
S25	Inseglingränna	0-30	Ja	Ja	Ja	0,3	nej	ja	ja	nej	si	ja	nej	nej	ja	ja	nej	nej	ja	ackumulation
S25	Inseglingränna	30-60	Ja	Ja	Ja	0,3	nej	ja	ja	nej	si	ja	nej	nej	ja	ja	nej	nej	nej	ackumulation
S25	Inseglingränna	>60	Ja	Ja	Ja	0,3	ja	nej	nej	nej	le	nej	nej	ja	nej	nej	nej	nej	nej	ackumulation
S20	Inseglingränna	0-15	Ja	Nej	Ja	0,3	nej	ja	ja	nej	si	ja	nej	nej	ja	ja	nej	nej	ja	ackumulation
S26	Inseglingränna	0-5	Ja	Ja	Nej	-	nej	nej	ja	ja	sa	nej	nej	ja	nej	nej	nej	nej	nej	ackumulation
S32	Inseglingränna	0-15	Ja	Nej	Nej	-	nej	ja	ja	ja	si	nej	ja	nej	nej	nej	nej	nej	ja	transport
S21	Inseglingränna	0-15	Nej	Nej	Nej	-	nej	nej	ja	nej	sa	nej	ja	nej	nej	nej	nej	nej	ja	transport
S3	Inseglingränna	0-15	Nej	Nej	Nej	-	nej	nej	ja	ja	sa	nej	ja	nej	nej	nej	nej	nej	ja	transport
S14	Dumpningsområde V	0-15	Ja	Ja	Nej	-	ja	nej	ja	ja	sa	ja	nej	nej	nej	nej	nej	nej	nej	transport
S14	Dumpningsområde V	15-50	Ja	Ja	Nej	-	ja	nej	nej	nej	le	nej	nej	ja	nej	nej	nej	nej	nej	transport
S18	Dumpningsområde O	0-10	Nej	Nej	Nej	-	nej	nej	ja	nej	Sa	nej	ja	nej	nej	nej	nej	nej	nej	transport

## Bilaga 2 Analysprotokoll