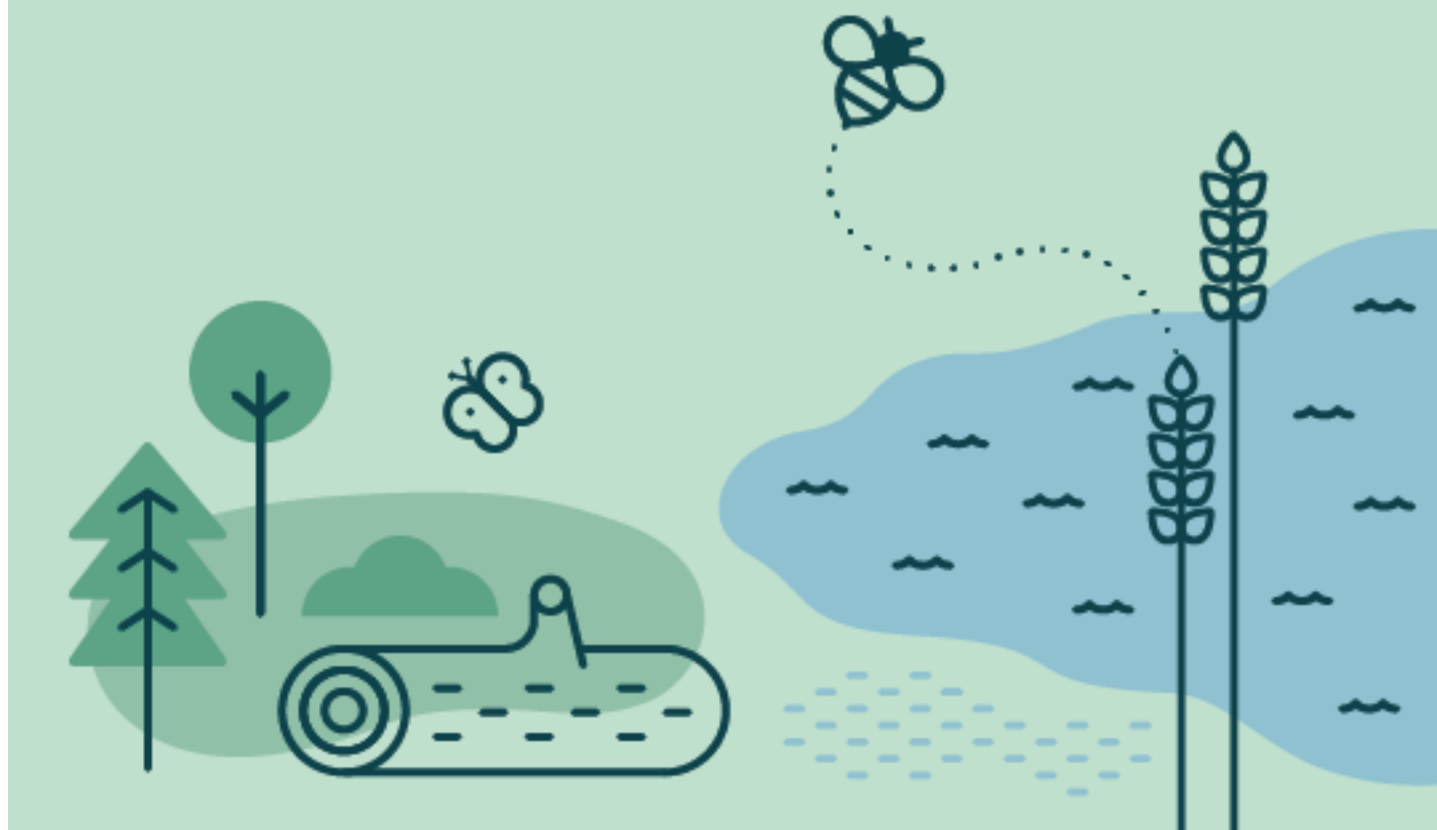


Effekter av tennorganiska föreningar

En undersökning i sju småbåtshamnar i
Göteborg 2020

R2021:07



Förord

Miljöförvaltningen har låtit utföra en inventering av tennorganiska föreningar och dess effekter i ett urval småbåtshamnar i staden. Rapporten innehåller resultat och jämförelse med gränsvärden för statusklassning, och används bland annat som underlag för uppföljning av miljöpåverkan inom stadens arbete med de lokala miljömålen. Underlaget är också av vikt när det gäller bland annat tillsyn av småbåtshamnar. Inventeringen ingår som en del av förvaltningens miljöövervakningsplan och har tidigare utförts med en frekvens på vart tredje år sedan 2011. Miljöövervakningsplanen fastställs av miljö- och klimatnämnden i samband med att budgeten beslutas varje år. Inventeringens resultat rapporteras också till den nationella datavärden för biologiska effekter av organiska tennföreningar, Sveriges geologiska undersökning, SGU.

Uppdraget är utfört av Marine Monitoring AB i samarbete med Norconsult AB. Marina Magnusson vid Marine Monitoring AB har i egenskap av sakkunnig expert varit projektledare och den som ansvarat för genomförandet av studien och varit involverad i samtliga delar, det vill säga provtagning av snäckor och sediment, analys och rapportering. Därtill har Johanna Bergkvist assisterat vid provtagning samt analys av imposex, Kerstin Fransson har utfört den statistiska analysen och Jimmy Ahlsén har tagit fram GIS-underlaget. Från Norconsult AB har Sara Rydbeck haft ett övergripande ansvar men även assisterat vid fältprovtagningen.

Effekter av tennorganiska föreningar

En undersökning i sju småbåtshamnar i Göteborg 2020

Göteborgs Stad, miljöförvaltningen

Författare: Marina Magnusson & Johanna Bergkvist

Foton: Marina Magnusson & Johanna Bergkvist, Marine Monitoring AB

ISBN nr: 1401-2448

Vill du använda text eller bilder ur denna rapport citerar du: Miljöförvaltningen Göteborgs Stad, R2021:07 Effekter av tennorganiska föreningar En undersökning i sju småbåtshamnar i Göteborg 2020

Detta är en rapport i miljöförvaltningens rapportserie. Hela rapportserien hittar du på <https://goteborg.se/mfrapporter>

Sammanfattning

Syftet med denna studie har varit att undersöka sju hamnar med avseende på organiska tennföreningar (däribland TBT) i sediment samt i vävnad hos nätsnäckor, och i vilken utsträckning denna exponering har gett upphov till effekter, som benämns imposex, hos snäckor. Uppdraget har utförts av Marine Monitoring AB i samarbete med Norconsult AB.

Imposex som mäts i VDSI förekom vid samtliga marinor och utifrån ett klassificeringssystem framtaget av OSPAR och kalibrerat mot EUs vattendirektiv, klassades statusen som *måttlig* i fyra marinor och som *otillfredsställande* i tre marinor. Vid merparten av lokalerna (Vrångö och Fiskebäck undantaget) ses ändå en minskning av VDSI vid jämförelse med de tidigaste undersökningarna utförda 2008 och för Amundön även 2004.

I varje hamn som besöktes togs vanligtvis två sedimentprover, ett i den inre delen av hamnen och ett i området där snäckorna togs. I alla hamnar detekterades höga halter av TBT. Halten TBT i sedimenten överskrider det svenska gränsvärdet för TBT vid samtliga lokaler och ingen av provtagna lokaler uppnår *god status*. Enligt vattendirektivet bör åtgärder sättas in om ett område har en klassning sämre än *god*.

De höga halterna av organiska tennföreningar i sedimenten från småbåtshamnarna avspeglar sig även på statusbedömningen av de berörda vattenförekomsterna; Nordre älvs fjord, Asperöfjorden, Askims fjord och Göteborgs S skärgårds kustvatten. Den kemiska statusen för samtliga dessa vattenförekomster bedöms som *ej god* för den nuvarande förvaltningscykeln (2017-2021).

Innehåll

Förord	2
Sammanfattning	3
1 Inledning	6
2 Bakgrund	7
3 Syfte	9
4 Metoder och genomförande	10
4.1 Provtagning av ytsediment	10
4.2 Insamling av snäckor och analys av imposex	11
4.3 Kemisk analys av sediment och snäckvävnad	13
4.4 Statistisk analys	13
4.5 Statusbedömning	14
5 Resultat	16
5.1 Björlanda kile	19
5.1.1 Imposex	19
5.1.2 Sediment	21
5.2 Hinsholmen	23
5.2.1 Imposex	23
5.2.2 Sediment	24
5.3 Fiskebäck	26
5.3.1 Imposex	26
5.3.2 Sediment	27
5.4 Önnereds båtlag	29
5.4.1 Imposex	29
5.4.2 Sediment	30
5.5 Näset	32
5.5.1 Imposex	32
5.5.2 Sediment	33
5.6 Amundö marina	35
5.6.1 Imposex	35
5.6.2 Sediment	36
5.7 Vrångö hamn	38
5.7.1 Imposex	38
5.7.2 Sediment	39
5.8 Jämförelse mellan småbåtshamnar	41
5.9 Regressionsanalyser	47
5.9.1 VDSI och TBT i vävnaden	47

5.9.2	TBT i sedimentet och TBT i vävnaden	48
6	Diskussion och slutsatser	49
6.1	Påverkan på snäckor	49
6.2	Tributyltenn (TBT) i sedimentet.....	51
6.3	Bedömning av miljöpåverkan.....	51
6.4	Slutsatser.....	52
7	Referenser.....	54
8	Bilaga Stationsprotokoll	56

1 Inledning

Göteborgs Stad har tolv uppsatta miljömål varav ett är *Hav i balans samt levande kust och skärgård*. Detta miljömål syftar till att skydda havsmiljön samt bibehålla en levande kust och skärgård. För att uppnå kommunens miljömål används så kallade indikatorer som är återkommande mätningar som visar en positiv eller negativ trend kopplad till ett mål. TBT i småbåtshamnar är en sådan indikator. Göteborgs Stad är i en process att ta fram nya miljömål och dessa förväntas beslutas 2021. Frågor som rör havsmiljön omfattas även i de nya miljömålen och indikatorn om TBT i småbåtshamnar föreslås finnas kvar för uppföljning av de kommande nya miljömålen. Marine Monitoring AB har således tillsammans med samarbetspartnern Norconsult AB utfört denna studie på uppdrag av Miljöförvaltningen i Göteborg och den är ämnad att tjänstgöra som en indikator för de lokala miljömålen.



Fotograf Marina Magnusson, Marine Monitoring AB©

2 Bakgrund

Påväxt på båtar är ett problem då båtens motstånd i vattnet ökar vilket givetvis medför en ökad bränsleförbrukning och ett ökat avgasutsläpp. Olika metoder har genom tiderna förekommit för att förhindra påväxten och en av de vanligaste är att måla skrovet med en ofta giftig substans för att förhindra att havstulpaner, musslor och alger med fler sätter sig fast på skrovet. Organiska tennföreningar och framförallt tributyltenn (TBT) är en sådan substans som är känd för att vara effektiv mot påväxtorganismer. TBT började användas i båtbottenfärger på 60-talet, men i slutet av 70-talet insåg forskare att substansen var extremt toxiskt för många marina organismer, bland annat mollusker, hos vilka de kan ge upphov till störningar i hormonbalansen (Müller *et al.* 1989; Stewart *et al.* 1992). Hos honor av marina framgälade snäckor, exempelvis nätsnäckan *Nassarius nitidus*, kan dessa hormonstörningar leda till bildningar av hanliga könskaraktärer, såsom penis och sädesledare (Joosse, 1983; Oehlmann *et al.* 1993). Detta beror på att TBT i sin konstruktion påminner om det hanliga könshormonet testosteron och kan därmed inducera bildningar av hanliga könskaraktärer hos juvenila honor. Detta fenomen kallas för imposex och är oåterkalleligt.

Känsligheten för organiska tennföreningar varierar hos olika arter och därmed kan graden av imposex också variera. Vanligtvis utvecklar honorna en pseudopenis och en sädesledare i motsvarande område som hanen har sin penis. Studier tyder på att det finns ett strikt samband mellan graden av imposex och nivån av TBT-exponering (Matthiessen and Gibbs, 1998). Hos en del arter, till exempel purpursnäckan, kan imposex leda till att honorna blir sterila med utrotning av lokala populationer som följd. Organiska tennföreningar kan även ge andra skador än imposex, exempelvis tros användningen av TBT bland annat påverka sillens stimbeteende samt orsaka hög dödlighet hos ostronlarver (Alzieu, 1991; Dyrinda, 1992).

För att skydda grunda kustområden från påverkan infördes i Sverige 1989 ett förbud mot användandet av båtbottenfärger innehållande organiska tennföreningar på båtar under 25 meter. Det tog ytterligare nästan 20 år innan ett totalförbud, innefattande även större fartyg, var på plats. Den 5 oktober 2001 antog den internationella sjöfartsorganisationen (IMO) en juridiskt bindande internationell konvention om kontroll av skadliga antifoulingsystem på fartyg (AFS-konventionen), denna innebär att användning av tennorganiska föreningar (TBT) som antifoulingsystem på fartyg blev totalförbjudet från och med den 1 januari 2008.

Trots förbudet påträffas TBT fortfarande frekvent på båtskrov. Ämnet finns troligen kvar i gamla övermålade färglager som släpper från skroven i samband med högtryckstvätt, borsttvätt, skrapning, slipning etcetera. I en studie finansierad av Havs- och vattenmyndigheten har ett analysinstrument utvecklats för att kunna identifiera förekomst och kvantifiera halten TBT i båtskrov, utan att göra någon åverkan på skrovet. Ytreberg *et al.* (2016) har visat att på 32 av 202 båtar i

Göteborgsområdet kunde tennhalter högre än $400\mu\text{g}/\text{cm}^2$ detekteras. Detta kan jämföras med att ett lager av en gammal tennfärg motsvarar cirka $800\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Höga halter av ämnet har också återfunnits i jord på båtuppställningsplatser, i dagvatten och i ytsediment i hamnar (Bengtsson & Wernersson, 2012). Liknande förhållanden förekommer också i varvsmiljöer. Förorenade hamnområden och hantering av fartyg på land bedöms vara av stor betydelse för den fortsatta tillförseln av TBT till den marina miljön. Ett sätt att minska denna påverkan har varit att installera spolplattor i anslutning till båtupptagningsplatser, där spillvattnet med mera från rengöringen av båtskrovet kan renas alternativt tas om hand som farligt avfall.

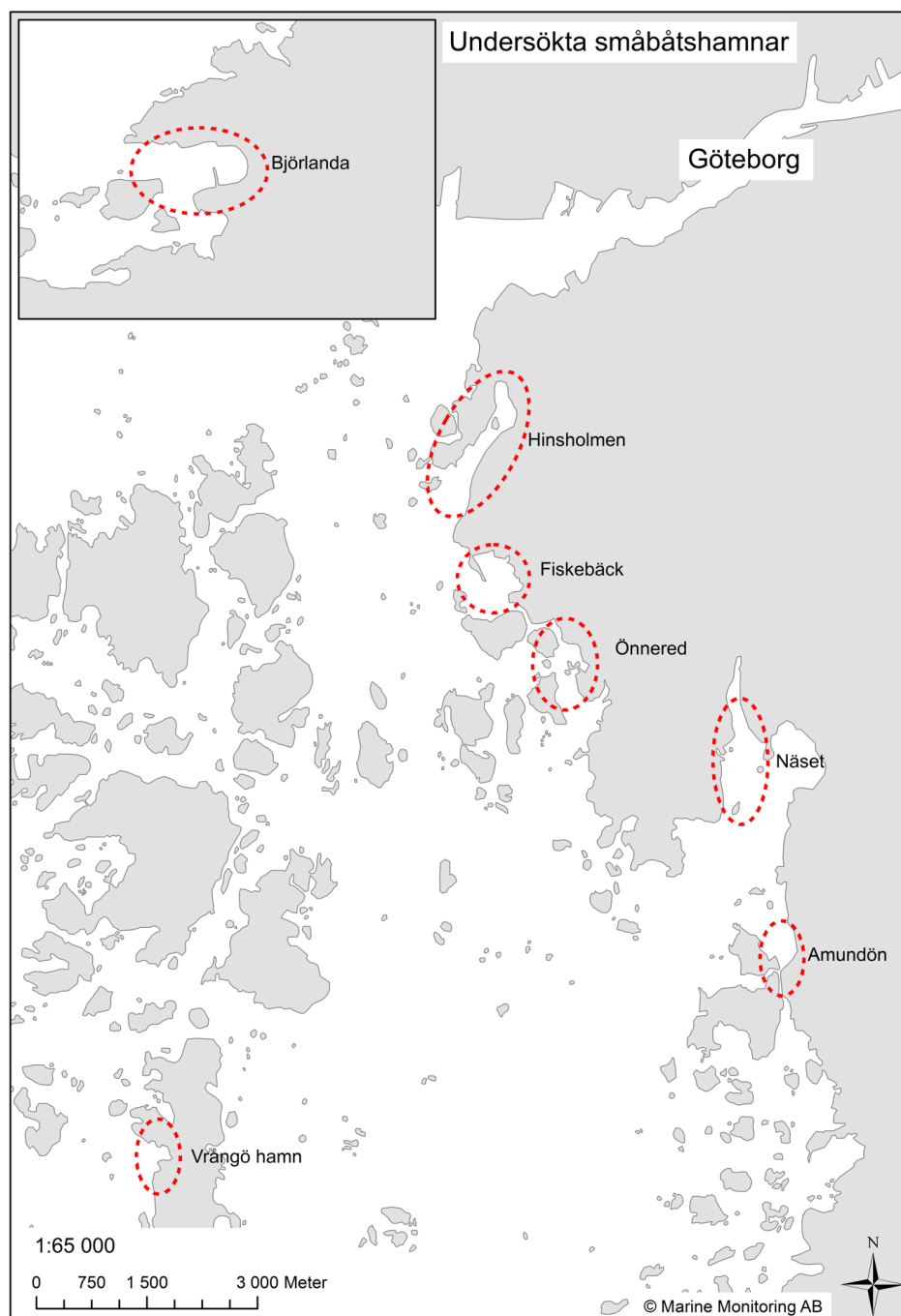
Sammanfattningsvis kan det konstateras att trots att det nu finns ett förbud mot TBT i båtbottnfärger så har den tidigare mycket omfattande användningen satt sina spår på miljön.



Fotograf ©Marina Magnusson, Marine Monitoring AB.

3 Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka fysiska förändringar hos nätsnäckor, så kallad imposex, som tyder på påverkan av tributyltenn (TBT), samt att dokumentera halter av tennorganiska föreningar i nätsnäckor och ytsediment från sju småbåtshamnar (Figur 1) där samtliga har installerat spolplattor. Den trend för belastningen av dessa ämnen som resultaten bildar tillsammans med resultat från tidigare undersökningar används därefter som indikator för uppföljning av Göteborgs Stads lokala miljömål för *Hav i balans* samt *Levande kust och skärgård*.



Figur 1. Karta över undersökta småbåtshamnar i Göteborgs Stad 2020.

4 Metoder och genomförande

Både sediment och nätsnäcksvävnad analyserades kemiskt med avseende på innehållet av organiska tennföreningar, därtill analyserades även alla snäckor med avseende på förekomst av imposex. Totalt besöktes 7 småbåtshamnar i Göteborgs Stad under perioden 21 september-12 oktober 2020.

4.1 Provtagning av ytsediment

Två ytsedimentprover har tagits i varje hamn. Fram till och med 2014 togs ett prov långt in i varje hamn (kallad inre) och ett i ytterkant (kallad yttre) för att se om det gick att observera en avtagande effekt. Vid 2017 års provtagning flyttades den yttre provpunkten till den punkt där insamling av nätsnäckor sker (kallad nät), detta för att möjliggöra en tydligare koppling mellan analyserade snäckor och analyserat sediment. Undantag finns där sedimentet inte har varit lämpligt för kemisk analys på grund av ett för stort sandinslag. I dessa fall har provtagning av sediment skett vid samma yttre provpunkt som vid tidigare undersökningar.

De tidigare provtagningarna bestod enbart av ett prov. Från och med 2017 har istället tre replikat samlats in, och dessa har slagits ihop (poolats) till ett gemensamt prov som sedan lämnats för kemisk analys. Av de tre replikaten togs ett prov i en central punkt enligt koordinater från tidigare provtagning. Därefter togs ytterligare två prover inom en radie av 1,5 meter från det första replikatet, men inte närmare varandra än en meter. Provtaget substrat i de olika replikaten skall vara homogent och finkornigt, exempelvis lera. Ett lerigt substrat innehåller fler partiklar och därmed en större yta som TBT kan binda till än ett sandigt substrat, vilket är anledningen till att TBT-halten blir högre i ett finpartikulärt substrat än i ett sandigt. Om substratet var för grovkornigt, det vill säga hade ett dominerande inslag av sand eller grus, flyttades provet till ett bättre område. 2020 års sedimentprovtagning följer samma upplägg som 2017, dock med ett tillägg av en station i den yttre hamnbassängen på Vrångö.

Totalt togs 15 sedimentprover med ponar-huggare enligt tillämpade delar i Naturvårdsverkets undersökningstyp för sediment (Leonardsson, 2005) (Figur 2). Hugget togs manuellt genom att långsamt ställa ner huggaren i öppet läget på sedimentbotten. Därefter gjordes ett ryck i linan så att spärren på huggaren släppte varpå ett hugg av sedimentet togs när redskapet drogs upp. Väl uppe på båtdäck alternativt brygga öppnades luckorna i överkant för kontroll av att ytsedimentet var orört och lämpligt för kemisk analys. Därefter fotograferades sedimentytan innan 0-2 cm av det översta ytskiktet skrapades av för att läggas i zip-påsar för transport till Marine Monitoring ABs laboratorium. På laboratoriet poolades materialet och fördes över till glasburkar vilka förvarades i frys innan transport till ALS Scandinavia AB för kemisk analys.



Figur 2. Provtagning av sediment med ponarhuggare. Fotograf Marina Magnusson, Marine Monitoring AB®.

4.2 Insamling av snäckor och analys av imposex

Undersökningen av förekomst av imposex hos snäckor utfördes enligt standardmetodik för imposex rekommenderad av OSPAR, "JAMP Guidelines for contaminant-specific biological effects monitoring (Technical Annex 3: TBT-specific biological effects monitoring)" (OSPAR, 2008-09). Imposex innebär en gradvis utveckling av pseudopenis och sädesledare hos honor till följd av exponering av organiska tennföreningar. Parametrar som analyserades var "Vas Deferens Sequence Index" (VDSI) samt snäckvävnadens innehåll av organiska tennföreningar. Nätsnäckan *Tritia nitida* (tidigare kallad *Nassarius nitidus*) användes som indikatorart i samtliga hamnar med undantag för Björlanda kile. Vid tidigare studier har inga nätsnäckor hittats i Björlanda kiles hamn eller i dess närområde, varför stortusensnäcka *Peringia ulvae* har använts i stället. Detta är en mycket liten snäcka (3-5 mm) som vanligen lever cirka två år. På grund av storleken så är det inte möjligt att utföra kemiska analyser på vävnaden för denna art.

Nätsnäckorna fångades in på ett djup av 1,5–3,0 meter med hjälp av fällor betade med fisk och stor tusensnäcka fångades med hjälp av håv från 2,0-3,0 meters djup. De djur som analyserades valdes utifrån storlek och skalskick för att få en representativ åldersklass. För att uppnå maximal avslappning hos snäckorna sövdes de i 7 % lösning av magnesiumklorid ($MgCl_2$) i cirka 20-30 minuter innan analys. Detta förfarande underlättar mätproceduren och ger data som är mer reproducerbara och tillförlitliga. För mätning av skalhöjd användes ett digitalt skjutmått medan penislängd och imposexstadium analyserades i en stereolupp (Figur 3). Innan imposexanalys och mätning av penis kunde genomföras knäcktes skalet med hjälp av ett skruvstäd och själva snäckan plockades ut med en pincett. Alla längdparametrar mättes med en noggrannhet av 0,01 mm. Utvecklingen av imposex hos nätsnäcka kan delas in i fem olika stadier (0-4) där 0 är en normal hona och 4 är en hona

med penis och en sädesledare som sträcker sig fram till eller förbi honans könsöppning (Figur 3). Stor tusensnäcka har ytterligare två stadier, där 5 innebär en hona där könsöppningen är stängd och stadiet 6 innebär en hona med stadiet 5 som dessutom uppvisar hanliga könskaraktärer. VDSI för varje lokal beräknas genom att summan av imposexstadiet hos alla undersökta honor delas med antalet analyserade honor enligt nedan. En lokal med ett högt VDSI indikerar alltså en mycket påverkad lokal.

$$VDSI = \frac{\text{summan av imposexstadiet hos alla undersökta honor}}{\text{antalet undersökta honor}}$$



Figur 3. Fångst av snäckor från Amundön, analys av dessa samt foto av en honsnäcka som uppvisar det högsta VDSI stadiet 4+. Fotograf Marina Magnusson, Marine Monitoring AB®.

4.3 Kemisk analys av sediment och snäckvävnad

Den kemiska analysen av respektive matris (sediment och snäckvävnad) utfördes av det ackrediterade laboratoriet ALS Scandinavia AB. För vävnadsanalys användes alla honor av arten nätsnäcka vilka hade analyserats med avseende på imposex, dessa poolades till ett vävnadsprov från varje hamn. Ämnen som analyserades var monobutyltenn (MBT), dibutyltenn (DBT), tributyltenn (TBT), tetrabutyltenn (TeBT) monooktyltenn (MOT), dioktyltenn (DOT), tricyklohexyltenn (TricyHexT) monofenyltenn (MPhT), difenyltenn (DPhT) och trifenyltenn (TPhT). Detektionshalten för samtliga ämnen var 1 µg/kg våtvikt i biota och 1 µg/kg torrsubstans i sediment.

4.4 Statistisk analys

Eventuella förändringar över tid och mellan lokaler av VDSI har analyserats. En 2-vägs ANOVA med lokal (Hinsholmen, Fiskebäck, Önnered, Näset, Amundön och Vrångö) och År (2008, 2011, 2014, 2017 och 2020) som faktorer genomfördes med VDSI som beroendevariabel. Analysen gjordes i R och post-hoc analys (Tukeys HSD) genomfördes vid signifikant skillnader mellan lokaler och år. Det bör dock noteras att data inte har varit homogena trots transformering, varför det finns risk att eventuella skillnader som ses är falska. Heterogena varianser är dock inga större problem när antal prover (n) i varje behandlingsgrupp är balanserade (det vill säga ungefär samma i alla grupper) och relativt stora, oftast mer än 5 behandlingar och n större än 6, eftersom ANOVA är tillräckligt robust för detta (Quinn, 2002) (Underwood AJ., 1997).

Vidare har sambandet mellan VDSI och halten TBT i vävnaden samt sambandet mellan halten TBT i vävnaden och halten TBT i sedimentet analyserats statistiskt i linjära regressionsanalyser. Analysen har utförts för varje år men även för alla år sammanslagna (se avsnitt 5.9). I dessa analyser har huvudsakligen data från sedimentprover tagna närmast lokalen för provtagningen av snäckorna använts. Notera även att nämnda regressionsanalyser har även utförts för summan av TBT och dess nedbrytningsprodukter DBT och MBT.

4.5 Statusbedömning

För varje marina utförs även en statusbedömning med avseende på imposex och halt av TBT i sedimentet utifrån gällande kriterier (Tabell 1). Bedömning av status med avseende på imposex är i enlighet med OSPAR (CEMP assessment report: 2008/2009 - *Assessment of trends and concentrations of selected hazardous substances in sediments and biota*). Statusbedömning av sedimentet utförs i enlighet med Havs- och vattenmyndighetens författningssamlingar, HVMFS 2015:4, där gränsvärdet för TBT i sediment anges till 1,6 µg/kg TS för ett sediment med en total organisk kolhalt (TOC) motsvarande 5 %. Detta är ett relativt nytt svenskt gränsvärde som överskrider i samtliga hamnar, notera att halter angivna i denna rapport inte är normaliserade utifrån en 5% TOC-halt, då detta inte har gjorts vid tidigare studier. Den normaliserade halten TBT har dock beräknats för 2020 års provtagning, detta för att kontrollera huruvida det överstiger gränsvärdet om 1,6 µg/kg TS eller ej. Klassningen har även utgått från ett referensverktyg framtaget av svenska Naturvårdsverket i samarbete med Sveriges geologiska undersökning (SGU) (Josefsson, 2017). Verktyget kan användas för bedömningar av nivån på ett sediments föroreningshalt i förhållande till andra marina sedimentprover tagna i svenskt vatten under perioden 1986-2014. Verktyget omfattar bland annat TBT, DBT och MBT vilka har analyserats i ca 300 prover. Det är dock viktigt att notera att klasserna i detta verktyg inte är kopplade till förekomst av negativa effekter i miljön utan de är endast till för att bedöma nivån på halterna i förhållande till hur det ser ut i marina sedimenten i Sverige.

I tidigare studier har bedömning skett utifrån norska kriterier för TBT (Miljödirektoratet, 2020). Dessa är indelade i effektbaserade respektive förvaltningsbaserade gränsvärden. Gränsvärdet för den högsta klassen (V) avseende effektbaserade värden är en TBT-halt högre än 0,032 µg/kg TS vilken anses innebära omfattande toxiska effekter. Halten TBT i samtliga sedimentprover överskrider de norska effektbaserade gränsvärdena men även det svenska gränsvärdet för sediment (1,6 µg/kg TS), varför de norska förvaltningsbaserade gränsvärdena har använts vid tidigare studier. I denna rapport kommer dock de norska förvaltningsbaserade värdena endast att markeras i Tabell 2 men bara när de avviker ifrån klassningen i det svenska referensverktyget. Det är främst de två högsta klasserna i respektive system som skiljer sig åt. Annars berörs inte de norska förvaltningsbaserade värdena ytterligare i denna rapport. Svenska kriterier för trifenylyltenn (TPhT) saknas dock varför norska kriterier (Miljödirektoratet, 2020) innefattande effektbaserade gränsvärden har använts där halter av TPhT har detekterats.

Tabell 1. Gränsvärden som har använts för statusbedömning med avseende på förekomst av imposex uttryckt som VDSI i nätsnäcka samt halter av TBT respektive TPhT i sedimenten.

VDSI	I	II	III	IV	V
	Bakgrund	God	Måttlig	Otillfredsställande	Dålig
Nätsnäcka (OSPAR, 2009) ¹	< 0,3		0,3 - < 2	2 - 3,5	>3,5
Stor tusensnäcka ²	< 0,1		>0,1		
Svenskt kriterium ³	God status			Ej god status	
TBT Sediment (µg/kg TS)	<1,6 µg/kg TS			>1,6 µg/kg TS	
Svenska jämförelsehalter (S) ⁴ (µg/kg TS)	I	II	III	IV	V
	Mycket låg	Låg	Medelhög	Hög	Mycket hög
MBT i sediment	-	<1	1-10	10-20	≥20
DBT i sediment	-	<1	1-10	10-26	≥26
TBT i sediment	-	<1	1-19	19-55	≥55
Norska kriterium ⁵ (N)	I	II	III	IV	V
TBT i sediment (µg/kg TS)	Bakgrund	God	Moderat	Dålig	Mycket dålig
Effektbaserade halter		<0,002	0,002-0,016	0,016-0,032	>0,032
Förvaltningsmässiga halter	<1	1-5	5-20	20-100	>100
Norska kriterium ⁵ (N)	I	II	III	IV	V
TPhT i sediment (µg/kg TS)	Bakgrund	God	Moderat	Dålig	Mycket dålig
Effektbaserade halter		<0,036	0,036-0,67	0,67-6,7	>6,7

¹ OSPAR (2009). CEMP assessment report 2008/2009 – *Assessment of trends and concentrations of selected hazardous substances in sediment and biota*.

² Bedömningsgrund för stor tusensnäcka är ännu inte beslutad, men för närvarande bedöms gränsen för god status gå vid 0,1.

³ HVMFS 2015:4 Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om ändring i Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2013:19) om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten

⁴ Josefsson, S., 2017, Klassning av halter av organiska föroreningar i sediment november 2017, SGU-rapport 2017:12.

⁵ Miljødirektoratet. 2020. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota - revidert 30.10.2020. Veileder M-608. 2016.

5 Resultat

Totalt besöktes sju marinor från vilka sediment och nätsnäckor undersöktes. Nätsnäckor hittades i alla marinor utom Björlanda kile, här fångades istället stor tusensnäcka, för mer information kring provtagningen av stor tusensnäcka i Björlanda kile se avsnitt 5.1. Avseende nätsnäcka fångades cirka 70-80 individer per hamn och av dessa analyserades 50 djur per station med avseende på imposex. Antal honor per lokal varierade mellan 27 och 47 stycken. Sedimentprover togs vid två stationer i samtliga hamnar med undantag för Vrångö där provtagningen av sediment kompletterades med ett ytterligare sedimentprov i den yttre hamnbassängen.

Nedan ges en beskrivning av besökta hamnar samt resultaten från sediment-, vävnads- och imposexanalys, vilka även redovisas i Tabell 2, 3 och 4. Mer detaljerad information om varje lokal återges i Bilaga 1. För varje hamn görs även om möjligt en jämförelse med studier utförda 2004 (Magnusson *et. al.*, 2005), 2008 (Magnusson *et. al.*, 2009), 2010 (Bengtsson & Cato, 2011), 2011 (Magnusson *et. al.*, 2011), 2014 (Sjölin, 2014). Vid hänvisning till dessa studier i nedanstående text kommer endast året som de är utförda under att användas. Därefter görs en kort jämförelse mellan nu provtagna småbåtshamnar. Observera att de organiska tennföreningar som inte har observerats i vävnad (TeBT, MOT, DOT och TrichyHexT) eller i sediment (TeBT, MOT, DOT, TrichyHexT, MPhT och DPhT) vid samtliga stationer har utelämnats i figurerna för utförda vävnads och sedimentanalyser

I resultatsdelen diskuteras vävnads- och sedimentanalys till stor del utifrån kvoten av TBT och summan av dess nedbrytningsprodukter DBT och MBT och benämns då som "kvoten". En långt gången nedbrytningsprocess har en kvot under 1, medan en kvot över 1,5 visar på en relativt opåverkad sammansättning av organiska tennföreningar. Enligt Bengtsson & Cato (2011) är detta en bra indikator på nedbrytning av organiska tennföreningar i sedimentet där en kvot på $<0,8$ *inte innebär ett nytillskott*; $0,8-1,0$ *litet nytillskott*; $1,0-1,5$ *märkbart nytillskott* och $>1,5$ *stort nytillskott*. Observera dock att när det gäller kvoten i vävnaden hos nätsnäcka så ger denna en ögonblicksbild av om snäckan är exponerad för TBT eller ej. Denna information är sedan viktig för att tolka resultatet från analysen av imposex. De morfologiska förändringar som imposex medför utvecklas i juvenil ålder och är inte reversibla. Eftersom de nätsnäckor som analyseras, vanligen är kring minst fem år, finns det en möjlighet att de uppvisar imposex trots att de inte längre exponeras för TBT. Ingen kemisk analys sker dock av vävnaden hos stor tusensnäcka, vilket beror på att det krävs ca 2 000 individer av dessa snäckor för att uppnå en analyserbar vikt. Livslängden hos denna snäcka bedöms dock vara cirka två år och maximalt fyra år varför det är sannolikt att en tusensnäcka som uppvisar imposex har varit utsatt för en relativt nylig exponering av organiska tennföreningar.

Tabell 2. Sammanställning av data från den kemiska analysen av sedimentet samt vävnad hos nätsnäcka. Observera att då halter av TBT vid samtliga sedimentstationer överskrider det svenska gränsvärdet för god status (1,6 µg/kg TS) har klassningen utgått ifrån svenska jämförelsehalter (Josefsson, 2017) för monbutyltenn (MBT), dibutyltenn (DBT) och tributyltenn (TBT). För trifenyiltenn (TPHT) har norska gränsvärden (Miljödirektoratet, 2020) använts. Notera att halter av TBT där den norska klassningen är lägre än den svenska har markerats med en *.

Nätsnäckestationer (µg/kg TS)	MBT	DBT	TBT	TeBT	MOT	DOT	TricyHexT	MPhT	DPhT	TPHT	Kvoten TBT/(MBT+DBT)
Hinsholmen	11	35	50	<3	<3	<3	<3	<3	<3	12	1,1
Fiskebäck	55	170	200	<3	<3	<3	<3	7,3	6,7	49	0,9
Önnered	5,6	13	33	<3	<3	<3	<3	<3	<3	4,7	1,8
Näset	10	27	35	<3	<3	<3	<3	<3	<3	9,2	0,9
Amundö	3,6	8,7	23	<3	<3	<3	<3	<3	<3	3,6	1,9
Vrångö	24	73	120	<3	<3	<3	<3	4,9	4,9	42	1,2

Sedimentstationer (µg/kg TS)	MBT	DBT	TBT	TeBT	MOT	DOT	TricyHexT	MPhT	DPhT	TPHT	Kvoten TBT/(MBT+DBT)
Björlanda kile inre	2	43	9	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0,2
Björlanda kile yttre	9	244	74*	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0,3
Hinsholmen inre/nät	33	292	48	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0,1
Hinsholmen yttre	15	82	29	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,23	0,3
Fiskebäck inre	7	54	8	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0,1
Fiskebäck nät	106	610	206	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3,87	0,3
Önnered inre	8	58	19*	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0,3
Önnered yttre/nät	3	102	37	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0,4
Näset inre	36	2	151	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	4,0
Näset nät	4	184	78*	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0,4
Amundö inre	18	235	91*	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0,4
Amundö nät	8	68	16	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0,2
Vrångö inre	22	114	11	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0,1
Vrångö yttre	11	1	451	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2,88	36,0
Vrångö yttre hamnbassäng	13	223	82*	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0,3

Svenskt gränsvärde ¹	God status	Ej god status
TBT Sediment (µg/kg TS)	<1,6 µg/kg TS	>1,6 µg/kg TS

Svenska jämförelsehalter ² (µg/kg TS)	1 MKT LÅG	2 LÅG	3 MEDELHÖG	4 HÖG	5 MKT HÖG HALT
MBT i sediment	-	<1	1-10	10-20	≥20
DBT i sediment	-	<1	1-10	10-26	≥26
TBT i sediment	-	<1	1-19	19-55	≥55

Norska gränsvärden ³ (µg/kg TS)	I BAKGRUND	II GOD	III MODERAT	IV DÅLIG	V MYCKET DÅLIG
TBT i sediment	<1	1-5	5-20	20-100	>100
TPHT i sediment		<0,036	0,036-0,67	0,67-6,7	>6,7

1. HVMFS 2015:4 Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om ändring i Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2013:19) om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten.

2. Josefsson, S., 2017. Klassning av halter av organiska föroreningar i sediment. SGU rapport 2017:12

3. Miljödirektoratet. 2020. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota - revidert 30.10.2020. Veileder M-608. 2016.

Tabell 3. Sammanställning av VDSI hos nätsnäcka samt statusklassning för samtliga år i enlighet med OSPAR 2009 (gult=måttlig status; orange=otillfredsställande status; rött=dålig status). Notera att i Björlanda kile avser VDSI imposex hos stor tusensnäcka.

Småbåtshamn	VDSI					
	2004	2008	2011	2014	2017	2020
Björlanda kile	-	-	-	-	-	1,0
Hinsholmen	-	3,9	3,1	2,2	2,8	2,1
Fiskebäck	-	-	4,0	3,4	3,5	3,4
Önnereds båtlag	-	2,2	1,1	0,7	0,7	0,9
Näset	-	3,2	2,4	1,3	1,8	1,8
Amundö	3,3	2,1	1,4	1,3	1,3	1,4
Vrångö	-	2,8	2,9	3,5	3,6	3,3

Tabell 4. Sammanställning över halten TBT respektive TPhT i sediment för samtliga år. Klassning av TBT är i enlighet med Josefsson (2017) och klassning av TPhT är i enlighet med Miljödirektoratet (2020).

Lokaler	TBT						TPhT				
	2004	2010	2011	2014	2017	2020	2004	2011	2014	2017	2020
Björlanda kile inre	-	560	380	410	339	9	-	13	34	19,4	<1
Björlanda kile yttre	-	29	25	22	17	74	-	<1.0	<3.0	<1	<1
Hinsholmen innersta	-	510	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hinsholmen inre/nät	-	180	130	50	205	48	-	<2.0	4,6	2,7	<1
Hinsholmen yttre	-	-	71	12	68	29	-	<2.0	<3.0	<1	1,23
Fiskebäck inre	-	-	1200	130	335	8	-	31	<5.0	3,9	<1
Fiskebäck yttre	-	-	160	40	-	-	-	<2.0	<5.0	-	-
Fiskebäck nät	-	-	-	-	483	206	-	-	-	7,9	3,87
Önnered inre	-	42	47	36	31	19	-	<2.0	<5.0	<1	<1
Önnered yttre/nät	-	-	59	36	72	37	-	<2.0	<5.0	<1	<1
Näset inre	-	220	450	840	448	151	-	6	<5.0	9,7	<1
Näset mellan/nät	-	-	73	-	91	78	-	<1.0	-	1,2	<1
Näset yttre	-	-	19	15	-	-	-	<1.0	<5.0	-	-
Amundö inre	350	290	170	260	133	91	9	<2.0	7,4	1,2	<1
Amundö yttre	-	-	47	25	-	-	-	<2.0	<3.0	-	-
Amundö nät	-	-	-	-	33	16	-	-	-	<1	<1
Vrångö inre	-	-	79	20	306	11	-	<5.0	<5.0	2,1	<1
Vrångö yttre	-	-	56	29	85	451	-	<1.0	<5.0	2,7	2,88
Vrångö yttre hamnbassäng	-	-	-	-	-	82	-	-	-	-	<1

Svenska jämförelsehalter ¹ (µg/kg TS)	1	2	3	4	5
	MKT LÅG	LÅG	MEDELHÖG	HÖG	MKT HÖG HALT
MBT i sediment	-	<1	1-10	10-20	≥20
DBT i sediment	-	<1	1-10	10-26	≥26
TBT i sediment	-	<1	1-19	19-55	≥55
Norska gränsvärden ² (µg/kg TS)	I	II	III	IV	V
	BAKGRUND	GOD	MODERAT	DÅLIG	MYCKET DÅLIG
TPhT i sediment	-	<0,036	0,036-0,67	0,67-6,7	>6,7

1. Josefsson, S., 2017. Klassning av halter av organiska föroreningar i sediment. SGU rapport 2017:12.

2. Miljödirektoratet. 2020. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota - revidert 30.10.2020.

Veileder M-608. 2016.

5.1 Björlanda kile

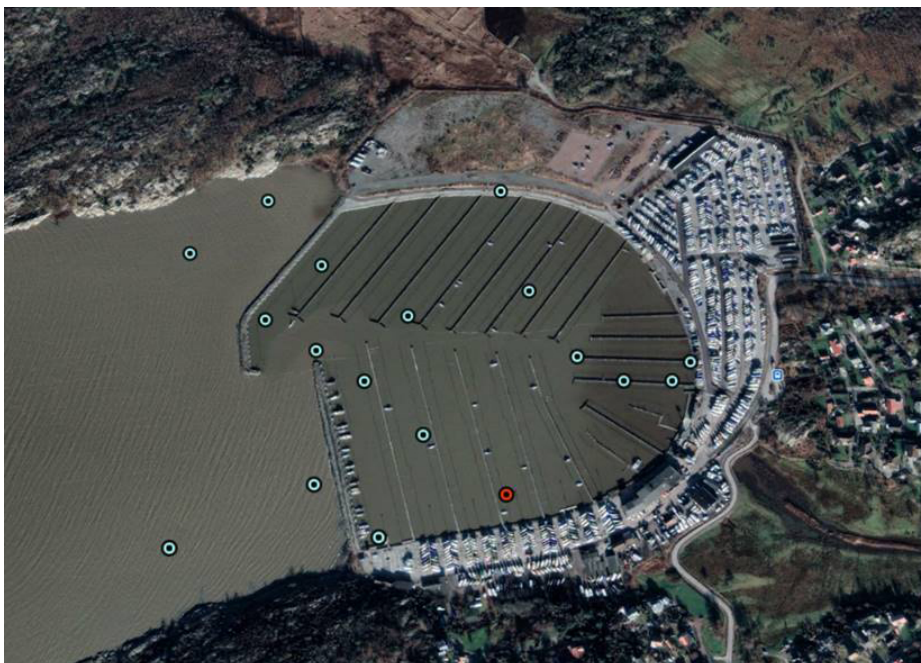
Björlanda kile är norra Europas största båthamn med 2 400 båtplatser och utrymme för 1 500 vinterupplagda båtar. Denna hamn har provtagits med avseende på nätsnäckor vid flertalet tillfällen (2011, 2014 och 2017) dock utan framgång. Tidigare har orsaken till att inga nätsnäckor hittats ansetts bero på närheten till Nordre älvs estuarie och där i genom en förmodad låg salthalt. Magnusson *et. al.* 2011 uppmätte en salthalt i bottenvattnet på cirka 6 ‰. Tre år senare uppmätte Sjölin (2014) salthalten i bottenvattnet till 21 ‰ och 2017 uppmättes den till cirka 24 ‰ utanför hamnen och cirka 27 ‰ inne i hamnen. Vid årets provtagning uppmättes salthalten inne i hamnen till 22 ‰. Orsaken till att inga nätsnäckor återfinns i området beror kanske inte endast på variationen i salthalt. Det är även möjligt att andra faktorer såsom sedimenttyp, föroreningsgrad och utbredd förekomst av svavelväte medför att nätsnäckorna inte förekommer i området. Vid årets provtagning gjordes därför försök att fånga stor tusensnäcka, *Peringia ulvae* (Figur 4). *P. Ulvae* är en art som tål viss fluktuation i salthalt och som används på Ostkusten för analys av imposex.

5.1.1 Imposex

Provtagning av stor tusensnäcka skedde den 12 oktober från båt för att effektivare kunna täcka in hela hamnen. Totalt provtogs 14 positioner fördelade i hamnen samt 4 positioner utanför mynningen in till hamnen (Figur 5). På varje position togs 2-3 håvskrap på sedimentbotten respektive en hårdgjord yta såsom brygga eller förtöjningspål. Håvskrapet sållades på lera och granskades översiktligt i fält på eventuella snäckor. Snäckor hittades endast i den södra delen av hamnen och individerna var mycket små, varför det i fält var svårt att avgöra om det var korrekt art eller ej. Totalt hittades 143 snäckor av dessa var endast 15 individer *P. ulvae*, övriga snäckor tillhörde arten *Hydrobia ventrosa*. Längden på dessa 15 individer varierade mellan 2,97-4,55 mm och av dessa var endast nio individer honor. Alla honorna utom en uppvisade imposex. Sju honor hade en början till en penis (1A) och en hade en mer utvecklad penis (2A). VDSI för denna lokal beräknades till 1,0 vilket innebär att området klassas som *måttligt* med avseende på imposex (Tabell 1). Noterbart är dock att antalet honor som VDSI beräknas på bör vara minst 15-20 individer.



Figur 4. Stor tusensnäcka. Fotograf Marina Magnusson, Marine Monitoring AB[®].



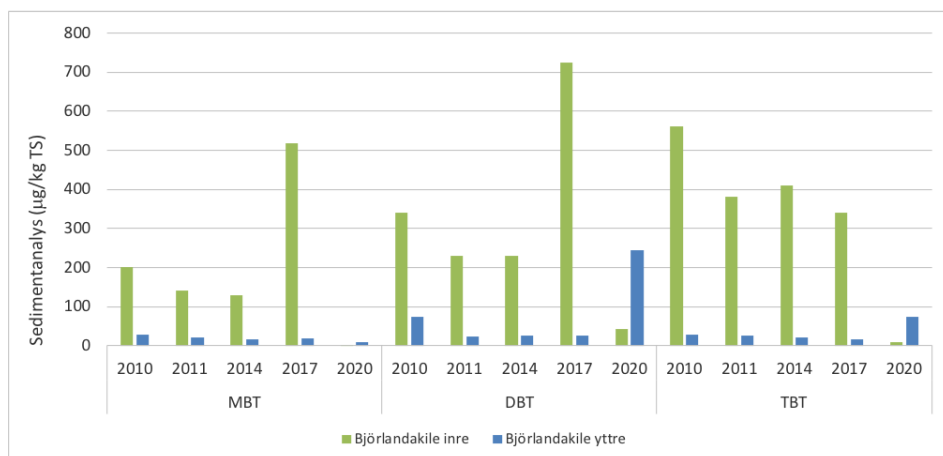
Figur 5. Punkterna avser platser i Björlanda kile hamn där försök att hitta stor tusensnäcka gjordes, snäckor hittades vid röd punkt. Karta från Google Earth[®].

5.1.2 Sediment

Ytsedimentet i Björlanda kile undersöktes som vid tidigare tillfällen på två stationer, en i närheten av mynningen på marinan och en längre in i närheten av området där sjösättning samt mastning av båtar sker (början av brygga G). Skillnaderna mellan stationerna har varit mycket tydliga vid tidigare provtagningar med höga halter av TBT vid den inre lokalen och lägre halter vid den yttre lokalen (Tabell 4). Inte enbart halterna har skiljt sig åt mellan inre och yttre stationen utan även antalet detekterade ämnen. Vid den inre lokalen 2017 återfanns samtliga organiska tennföreningar med undantag för TricyHexT medan endast TBT, DBT, MBT och DOT detekterades i sedimentet från den yttre lokalen. Vid 2020 års provtagning detekterades endast TBT, DBT och MBT i båda lokalerna. Halten TBT vid den inre lokalen har minskat drastiskt från 339 år 2017 till 9 µg/kg TS år 2020. Vid den yttre lokalen ses däremot en ökning från 17 till 74 µg/kg TS. Trots en tydlig förbättring vid den inre lokalen uppnår sedimenten i Björlanda kile inte *god status* vid någon av lokalerna enligt svenska kriterier. Enligt svenska jämförelsevärden (Josefsson, 2017) faller sedimentet vid den yttre stationen inom klass 5, *mycket hög halt*. Sedimentet vid den inre stationen faller däremot inom klass 3, *medelhög halt*. Även om halterna av TBT i sediment överskrider gränsvärdet för *god status* så är kvoten mellan TBT och dess nedbrytningsprodukter DBT och MBT relativt låga (Björlanda kile inre; 0,2 och Björlanda kile yttre; 0,3) och visar på att ingen tillförsel sker av TBT.

5.1.2.1 Tidigare studier

Tidigare provtagningar med avseende på organiska tennföreningar i sedimentet i denna hamn har skett 2010, 2011, 2014 och 2017 (Figur 6). Vid jämförelse av TBT-halter i sedimentet från dessa studier ses inga tydliga skillnader över tid för den inre respektive den yttre lokalen. Däremot ses ett tydligt mönster med genomgående lägre halter vid den yttre lokalen dock med undantag av årets undersökningar där halterna är högre vid den yttre lokalen. Gällande nedbrytningsprodukterna DBT och MBT ses en tydlig ökning 2017, vilket också avspeglar sig i en låg kvot, främst vid den inre lokalen, än tidigare år. Statusklassningen av sedimenten har varit relativt konstant över tid och halten TBT vid båda lokalerna överskrider det svenska gränsvärdet, 1,6 µg/kg TS, för *god status*. Enligt svenska jämförelsevärden (Josefsson, 2017) faller sedimentet vid den inre lokalen inom klass 5 (*mycket hög halt*) samtliga år utom 2020 då klassningen är klass 3 det vill säga *medelhög halt*. Sedimentet vid den yttersta lokalen faller inom klass 4 (*hög halt*) åren 2010-2014, klass 3 (*medelhög halt*) 2017 och klass 5 (*mycket hög halt*) år 2020 (Tabell 4).



Figur 6. Kemisk analys i Björlanda kile hamn av TBT, DBT och MBT i sediment år 2010, 2011, 2014, 2017 och 2020, ($n^{2010, 2011, 2014}=1$ och $n^{2017, 2020}=3$ prover poolade till ett).

5.2 Hinsholmen

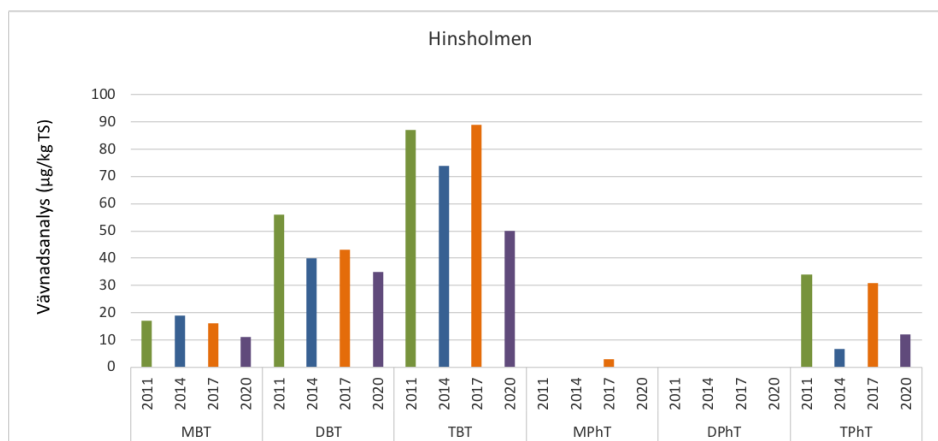
I Hinsholmskilen ligger den näst största marinan av de som ingår i denna undersökning. Totalt ryms 1500 båtar i denna långsmala kil och cirka 850 båtar tas upp här varje höst. Vid den första provtagningen 2008 koncentrerades fisket efter nätsnäckor till de inre delarna av kilen (brygga Å-Ö), men då det var svårt att få tillräckligt med djur flyttades fångstområdet till den nuvarande platsen (brygga Q-P). Denna är belägen i närheten av några av de mastningskranar som finns i hamnen.

5.2.1 Imposex

Fångsten av nätsnäckor bestod huvudsakligen av vuxna djur med en medelskallängd på 21,3 mm. Av de 50 djur som analyserades var 47 stycken honor varav 91% uppvisade något stadium av imposex. Det vanligaste stadiet var 3A, vilket innebär att honsnäckan har utvecklat både penis och sädesledare. VDSI för denna lokal beräknades till 2,1 och området klassas som *otillfredsställande* med avseende på effektparametern imposex (Tabell 3). Analysen av vävnaden från snäckorna visade på ett innehåll av TBT och dess nedbrytningsprodukter DBT och MBT med en kvot på 1,1 men även TPhT påträffades i vävnaden (Figur 7; Tabell 2). Den höga kvoten visar på att snäckorna återfinns i TBT-haltigt sediment.

5.2.1.1 Tidigare studier

Tidigare provtagningar av nätsnäckor med avseende på analys av imposex har skett vid denna hamn 2008, 2011, 2014 och 2017. I samtliga studier med undantag för 2008 analyserades även halten organiska tennföreningar i vävnaden. Resultaten visar på ett likartat vävnadsinnehåll av organiska tennföreningar över tiden, med undantag av halten TPhT år 2014 men även 2020 som är tydligt lägre än vid provtagningen 2011 och 2017. Även uppmätta halter 2020 av TBT i vävnaden har minskat jämfört med tidigare år (Figur 7). Även VDSI har minskat under åren 2014 och 2020 vid jämförelse med 2008 och statusen för lokalen har förbättrats från *dålig* till *otillfredsställande*. (Tabell 3). Det höga VDSI-värdet 2008 beror sannolikt på att snäckorna fångades längst in i Hinsholmskilen (Hinsholmen innersta) där halten TBT i sedimentet är betydligt högre än vid den lokal (Hinsholmen inre) där de har fångats efterföljande år.



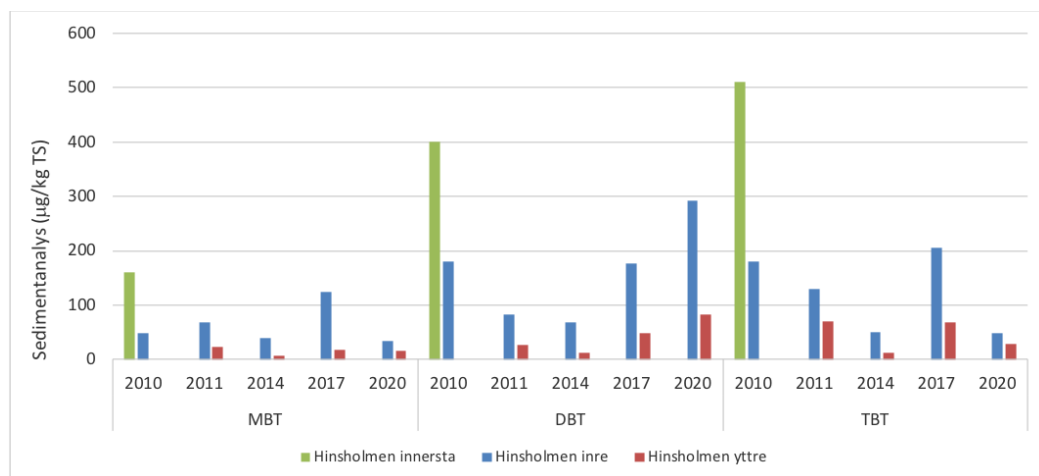
Figur 7. Kemisk analys av innehållet av organiska tennföreningar i nätsnäckevävnad år 2011⁽ⁿ⁼³⁵⁾, 2014⁽ⁿ⁼²⁸⁾, 2017⁽ⁿ⁼³²⁾ och 2020⁽ⁿ⁼⁴⁷⁾ vid Hinsholmens marina.

5.2.2 Sediment

Kemisk analys av tagna sedimentprover indikerar att innehållet av organiska tennföreningar avtar i den yttre delen av marinan. TBT-halten i sedimentet uppmättes till 29 µg/kg TS vid den yttre lokalen belägen på innersidan av vågbrytaren och till 48 µg/kg TS vid den inre lokalen där snäckorna provtogs (Tabell 2). Sedimenten i Hinsholmen uppnår därmed inte *god status* med avseende på TBT enligt det svenska gränsvärdet på 1,6 µg/kg TS. Vid klassning enligt de svenska jämförelsevärdena hamnar både den inre och den yttre lokalen inom klass 4, vilket innebär en *hög halt* av TBT i sedimentet. Av nedbrytningsprodukterna MBT och DBT är den senare den som förekommer i högst halter. Kvoten av TBT och dess nedbrytningsprodukter är låg (<0,8) vid båda stationerna vilket antyder att *inget nytillskott* har skett av TBT. Vid den yttre lokalen detekterades även halter av TPhT. Svenska jämförelsevärden för TPhT, saknas men enligt de norska effektbaserade gränsvärdena hamnar sedimentet inom klass IV och innebär en *dålig status*.

5.2.2.1 Tidigare studier

Tidigare provtagningar med avseende på organiska tennföreningar i sedimentet har skett 2010, 2011, 2017 och 2020 i denna hamn. Vid jämförelse av TBT-halter i sedimentet från dessa studier tycks halterna minska med undantag för 2017 då en ökning ses i båda lokalerna (Figur 8). I takt med att TBT minskar tycks även nedbrytningsprodukten DBT öka, vilket även avspeglar sig i en minskande kvot. Ett tydligt mönster kan även ses med genomgående lägre halter vid den yttre lokalen. Bedömningen av sedimenten utifrån svenska jämförelsevärden har generellt varit *mycket hög halt* (klass 5) alternativt klass 4; *hög halt* för samtliga stationer och år med undantag för 2014 då klassningen var något lägre dvs klass 3; *medelhög halt* vid den inre lokalen (Tabell 4). Det svenska gränsvärdet (1,6 µg/kg TS) för *god status*, med avseende på TBT överskrids vid båda lokalerna.



Figur 8. Kemisk analys vid Hinsholmens marina av innehållet av TBT, DBT och MBT i sediment år 2010, 2011, 2014, 2017 och 2020, ($n^{2010, 2011, 2014}=1$ och $n^{2017, 2020}=3$ prover poolade till ett).

5.3 Fiskebäck

Fiskebäckens marina hyser över 930 båtplatser samt ett uppläggningsområde för närmare 750 båtar. I direkt anslutning till marinan återfinns en av Sveriges största fiskehamnar. Fisket efter nätsnäckor utfördes ca 160 meter från mastkranen från brygga E som är belägen i den inre delen av hamnen.

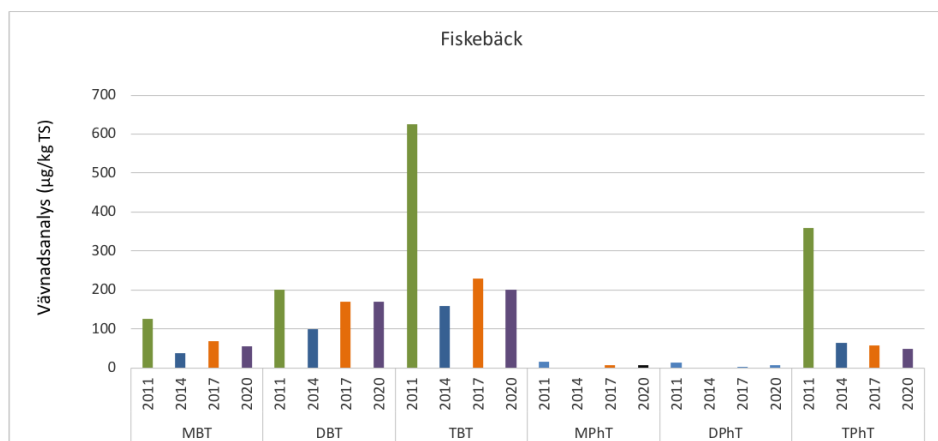
5.3.1 Imposex

De snäckor som fångades var genomgående relativt stora och inga juvenila snäckor kunde observeras. Medellängden på analyserade djur var 21,5 mm. Av de 50 analyserade individerna var 30 honor och samtliga var morfologiskt påverkade av TBT. Av honorna uppvisade 53 % det allra högsta stadiet (4/4+), 40 % uppvisade det näst högsta stadiet (3A). Båda stadierna innebär att både penis och sädesledare har bildats. Resterande 7 % uppvisade stadiet 1B vilket är ett av de tidigaste stadierna som innebär en bildning av förstadiet till en sädesledare. VDSI är för denna lokal beräknat till 3,4 och stationen klassas som otillfredsställande (Tabell 3). Analysen av vävnaden från snäckorna visade på det högsta innehållet inom denna studie av TBT (200 µg/kg TS) och dess nedbrytningsprodukter DBT och MBT. Kvoten var dock 0,9 vilket endast antyder ett litet tillskott av TBT. Av övriga organiska tennföreningar detekterades TPhT samt dess nedbrytningsprodukt DPhT och MPhT i snäckvävnaden. Även halten TPhT är anmärkningsvärt hög med en halt av 49 µg/kg TS (Tabell 2; Figur 9).

5.3.1.1 Tidigare studier

Analys av förekomst av imposex hos nätsnäckor i Fiskebäck har utförts vid tre tidigare tillfällen (2011, 2014 och 2017). I samtliga studier analyserades även halten organiska tennföreningar i vävnaden. Resultaten visar på ett likartat vävnadsinnehåll av organiska tennföreningar för åren 2014, 2017 och 2020 möjligen med en tendens till en ökning med avseende på halten TBT i vävnaden 2017 och 2020 i jämförelse med 2014. Däremot var halterna av TBT och TPhT betydligt högre år 2011 (Figur 9), vilket även avspeglar sig i VDSI med ett max på 4,0. Statusen för lokalen utifrån VDSI har förbättrats från *dålig* år 2011 till *otillfredsställande* (Tabell 3), det finns dock ingen signifikant minskning.

Den kraftiga minskning av halten TBT i vävnad kan möjligen kopplas till att TBT-förorenat sediment har forslats bort i samband med den muddring som skedde efter provtagningen 2011. Alternativ förklaring till minskningen av TBT i vävnaden samt graden imposex (VDSI) kan vara att snäcklokalen flyttades vid 2014 års provtagning, från att ligga nära spolplatta, sjösättnings- och mastningskran till att nu vara belägen cirka 160 meter bort. Imposex induceras dessutom i juvenila djur varför det borde ta 5-10 år (beroende på vilken åldersklass som analyseras) innan en effekt av muddringen ses på VDSI.



Figur 9. Kemisk analys av innehållet av organiska tennföreningar i nätsnäckevävnad år 2011⁽ⁿ⁼²⁷⁾, 2014⁽ⁿ⁼³¹⁾, 2017⁽ⁿ⁼²⁶⁾ och 2020⁽ⁿ⁼³⁰⁾ från Fiskebäcks hamn.

5.3.2 Sediment

Kemisk analys av tagna sedimentprover visar på betydligt lägre halt av TBT och dess nedbrytningsprodukter vid den inre lokalen än vid lokalen där snäckorna samlades in. Även halterna av nedbrytningsprodukterna MBT och DBT skiljer sig markant åt (Tabell 2). Summan av DBT och MBT var vid lokalen där nätsnäckorna fångades 716 µg/kg TS, motsvarande siffra för stationen belägen ca 40 meter från mastkranen, Fiskebäck inre, var 61 µg/kg TS. Kvoten av TBT och nedbrytningsprodukterna DBT och MBT är dock låg för båda stationerna (<0,8) och tyder på att nedbrytningen av TBT är snabbare än tillförseln.

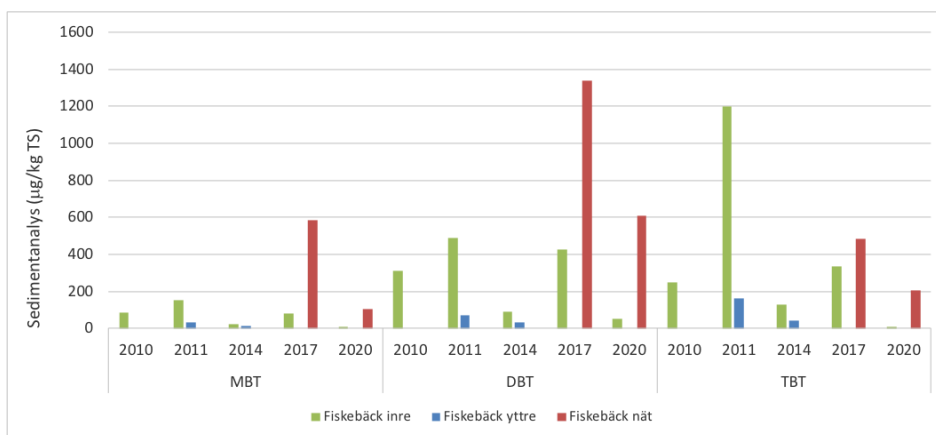
Även om sedimenten i Fiskebäck uppvisar låga kvoter så är halterna av TBT fortsatt höga främst vid lokalen där snäckorna har insamlats. Sedimenten vid denna lokalen hamnar inom klass 5; *mycket hög halt*. Sedimenten vid den inre lokalen faller inom klass 3; *medelhög halt* (Josefsson, 2017). Vid stationen Fiskebäck nät detekterades även halter av TPhT och enligt de norska effektbaserade gränsvärdena för TPhT hamnar sedimentet inom klass III med avseende på TPhT (Miljödirektoratet, 2020).

5.3.2.1 Tidigare studier

Tidigare provtagningar med avseende på organiska tennföreningar i sedimentet i denna hamn har skett 2010, 2011, 2014 och 2017. Sedimentprover har tagits vid samma positioner 2011, 2014, 2017 och 2020 med undantag för den Fiskebäck yttre som utgick 2017 till förmån för ett sedimentprov vid snäcklokalen (Fiskebäck nät). Tidigare år ses dock ett mönster med avtagande halter vid den yttre lokalen som är belägen längst ut på vågbrytaren in till hamnen. Vid jämförelse av TBT-halter i sedimentet över tiden ses kraftigt förhöjda halter år 2011 i jämförelse med övriga år för lokalen Fiskebäck inre (Figur 10). Förklaringen till att halterna 2010 och 2011 skiljer sig markant åt kan

vara att provtagningen visserligen har skett i den inre delen av hamnen vid båda tillfällena men på olika positioner. Från år 2011 och framåt har provtagningen skett cirka 40 meter ifrån sjösättnings- och mastningskranen, 2010 togs sedimentprovet cirka 250 meter från kranen.

Att halterna sjönk efter 2011 kan sannolikt kopplas till att det muddrades i hamnen något år efter att Magnusson *et. al.* (2011) genomfört sin studie. I samband med att minskade halter ses av TBT kan även ökande halter ses av nedbrytningsprodukten DBT. Statusklassningen av sedimenten har varit relativt konstant med *ej god status* för samtliga lokaler och år enligt det svenska gränsvärdet (HVMFS 2015:4). Enligt de svenska jämförelsevärdena (Josefsson, 2017) för TBT, DBT och MBT återfinns halterna 2020 huvudsakligen inom klass 5; *mycket hög halt*. Endast TBT-halten 2014 vid Fiskebäck yttre samt TBT-halten 2020 vid Fiskebäck inre visar lägre klass dvs klass 4; *hög halt* och klass 3; *medelhög halt* (Tabell 4). Trots att halterna i sedimenten är fortsatt höga har kvoten mellan TBT och dess nedbrytningsprodukter minskat till nivåer som inte innebär nytillskott av TBT.



Figur 10. Kemisk analys vid Fiskebäck's hamn av innehållet av TBT, DBT och MBT i sediment år 2010, 2011, 2014, 2017 och 2020, ($n^{2010, 2011, 2014}=1$ och $n^{2017, 2020}=3$ prover poolade till ett).

5.4 Önnereds båtlag

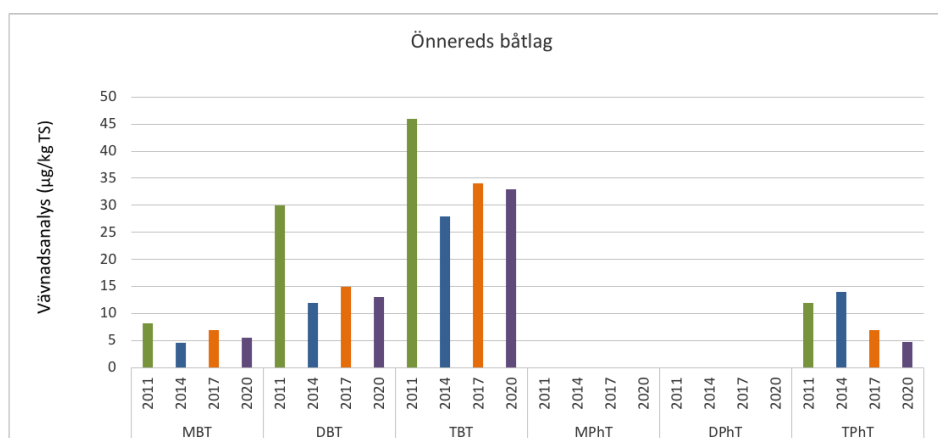
Denna lokal inkluderar även Önnereds Båtgärförening och totalt finns här 293 båtplatser varav merparten av båtarna tas upp på hösten. Snäckor fångades pånocken av bryggan närmast mynningen på Eskils kanal.

5.4.1 Imposex

Fångsten av snäckor var sparsam med mestadels vuxna individer med något slitet skal, där andelen juvenila snäckor uppskattades till 5 %. Medelskallängden var 21,8 mm och totalt analyserades 50 individer varav 43 var honor. 56 % av honorna uppvisade imposex. Det högsta imposexstadiet som observerades på denna lokal var 3A/B vilket återfanns hos 14 % av honorna. Det vanligaste stadiet var annars 0 som återfanns hos 44 % av honorna och innebär en normal hona. VDSI för denna lokal beräknades till 0,9 vilket innebär att området klassas som *måttligt* med avseende på imposex (Tabell 3). Analysen av vävnaden från snäckorna visade på det inom denna studie näst lägsta innehållet av TBT och dess nedbrytningsprodukter DBT och MBT, dock visar kvoten på 1,8 att snäckorna tar upp TBT snabbare än de bryter ner det. Även TPhT påträffades i vävnaden (Figur 11; Tabell 2).

5.4.1.1 Tidigare studier

Provtagning med avseende på analys av imposex hos nätsnäckor har skett vid denna hamn fyra gånger tidigare; 2008, 2011, 2014 och 2017. I samtliga studier med undantag för 2008 analyserades även halten organiska tennföreningar i vävnaden. Resultaten visar på ett likartat vävnadsinnehåll av organiska tennföreningar över tiden, med undantag av 2011 då halterna av TBT och DBT var något förhöjda (Figur 11). VDSI var som högst 2008 och lokalens status har förändrats från *otillfredsställande* till *måttlig* status (Tabell 2), förändringen i VDSI mellan 2008 och övriga år är signifikant.



Figur 11. Kemisk analys av innehållet av organiska tennföreningar i nätsnäckevävnad år 2011⁽ⁿ⁼³⁴⁾, 2014⁽ⁿ⁼²⁴⁾, 2017⁽ⁿ⁼³⁶⁾ och 2020⁽ⁿ⁼⁴³⁾ från Önnereds båtlag.

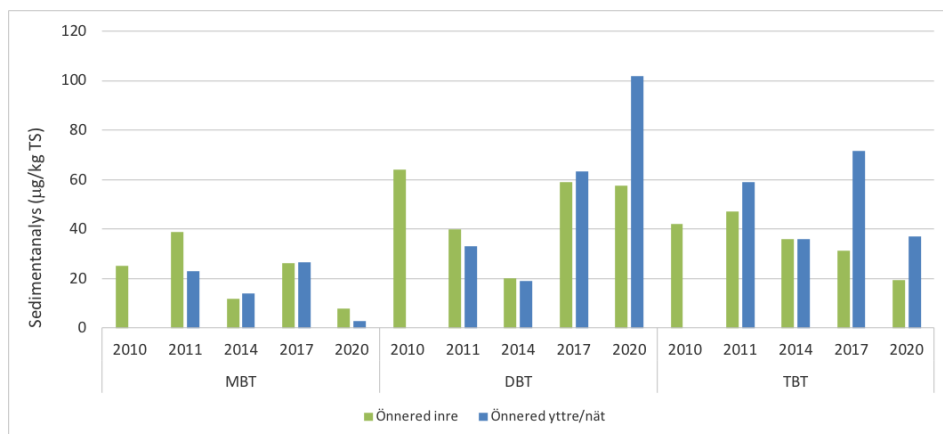
5.4.2 Sediment

Kemisk analys av tagna sedimentprover indikerar att innehållet av organiska tennföreningar är lägre vid den inre lokalen än vid den yttre. Den inre lokalen är belägen i början på den fjärde bryggan från öster räknat medan den yttre lokalen är den samma som snäckorna tas ifrån. Vid den inre lokalen uppmättes TBT-halten i sedimentet till 19 µg/kg TS och till 37 µg/kg TS vid den yttre lokalen. Samma förhållande gäller för kvoten mellan TBT och dess nedbrytningsprodukter DBT och MBT, vilken är 0,3 vid den inre lokalen och 0,4 vid den yttre. Förhållandet har varit det omvända i alla andra hamnar som har undersökts i detta projekt, det vill säga med lägre halter vid den yttre stationen. Att Önnered skiljer sig i detta avseende beror sannolikt på att den yttre lokalen återfinns mycket nära mynningen till Eskils kanal som går på insidan av lilla Rösö vilket medför en hel del båttrafik. Sedimentet i Önnered uppnår inte *god status* enligt svenska kriterier vid någon av stationerna och vid klassning enligt de svenska jämförelsevärdena för TBT (Josefsson, 2017) faller båda stationerna inom klass 4; *hög halt* (Tabell 2).

Nedbrytningsprodukterna DBT och MBT återfinns inom klass 5; *mycket hög halt* respektive klass 3; *medelhög halt*. Vilket avspeglar sig i den låga kvoten för sedimenten som visar på att inget nytillskott sker. Inga andra organiska tennföreningar utöver TBT, DBT och MBT påträffades i sedimentet från Önnered.

5.4.2.1 Tidigare studier

Tidigare provtagningar med avseende på organiska tennföreningar i sedimentet i denna hamn har skett 2010, 2011, 2014 och 2017. Vid jämförelse av TBT-halter i sedimentet från dessa studier ses inga tydliga skillnader över tid för den inre och den yttre lokalen med undantag för 2017. Halten TBT 2017 är nästan den dubbla i den yttre lokalen (Figur 12) vid jämförelse med den inre lokalen 2017 men också vid jämförelse med 2014 års resultat. Även halten DBT är högre vid båda lokalerna 2017 vid jämförelse med 2011 och 2014. Detta återspeglas även i kvoten av TBT och dess nedbrytningsprodukter DBT och MBT för 2017. 2020 minskar halten TBT vid den yttre lokalen till samma nivåer som 2014 samtidigt som halten DBT ökar ytterligare, och kvoten 2020 är den lägsta sett till samtliga provtagningstillfällen för båda lokalerna. Status för sedimenten i Önnereds hamn har varit stabil över tiden. Enligt svenska kriterier så uppnås *ej god status*. Enligt de svenska jämförelsevärdena (Josefsson, 2017) återfinns halterna huvudsakligen inom klass 4; *hög halt* med undantag för 2011 och 2017 på den yttre lokalen då klassningen var klass 5; *mycket hög halt* (Tabell 4).



Figur 12. Kemisk analys vid Önnareds båtlag av innehållet av TBT, DBT och MBT i sediment år 2010, 2011, 2014, 2017 och 2020, ($n^{2010, 2011, 2014}=1$ och $n^{2017, 2020}=3$ prover poolade till ett).

5.5 Näset

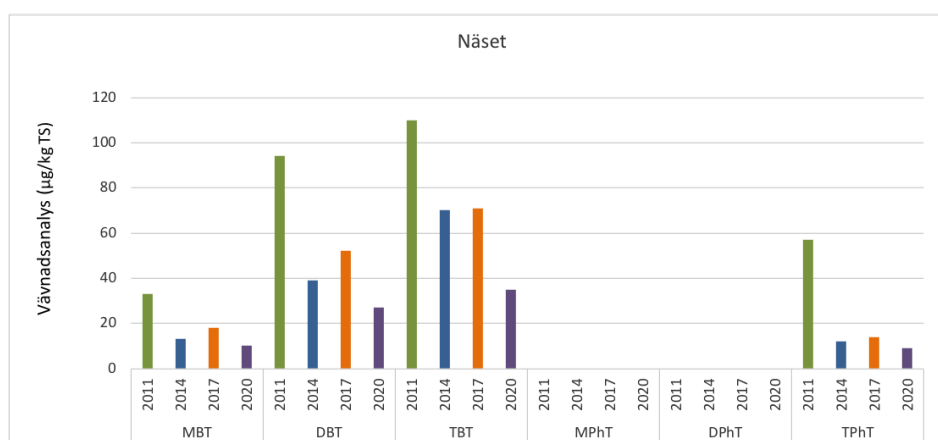
Småbåtshamnen vid Näset inkluderar Näsets båtvarv, Björla marin samt VK Marin och hyser totalt 850 båtplatser varav merparten av båtarna tas upp i området på hösten.

5.5.1 Imposex

Nätsnäckor av alla storlekar fångades vid den andra långa bryggan söder sett från kranen. Snäckorna på den här lokalen är små och skalet är inte slitet i jämförelse med övriga lokaler. Andelen juvenila djur bedöms till cirka 60%. Totalt analyserades 50 individer vars medelskallängd var 16,7 mm. Av dessa var 46 honor av vilka 80 % uppvisade imposex. Det vanligaste och även det högsta imposexstadiet var 3A vilket observerades hos 50 % av honorna. VDSI för denna lokal beräknades till 1,8 och lokalen klassas med avseende på imposex som *måttlig* (Tabell 3). Analysen av vävnaden från snäckorna visade på ett innehåll av TBT och dess nedbrytningsprodukter DBT och MBT samt TPhT. Kvoten var 0,9 vilket tyder på att snäckorna tar upp något mer TBT från omgivningen än vad som bryts ner av snäckan (Tabell 2; Figur 13).

5.5.1.1 Tidigare studier

Provtagning med avseende på analys av imposex hos nätsnäckor har skett vid denna hamn fyra gånger tidigare; 2008, 2011, 2014 och 2017. VDSI var som högst 2008 och minskade därefter signifikant vid jämförelse med övriga år. Resultaten från 2017 och 2020 antyder en tendens till ökning vid jämförelse med år 2014 men denna ökning är inte signifikant. Lokalens status sedan 2008 har förbättrats från *otillfredsställande* till *måttlig* status (Tabell 3). I samtliga studier med undantag för 2008 analyserades även halten organiska tennföreningar i vävnaden (Figur 13). Resultaten visar på en minskning av organiska tennföreningar över tiden med de högsta halterna 2011. Kvoten mellan TBT och DBT+MBT i vävnaden var dock som lägst 2011 med 0,9. Därefter ökade den något för att 2017 och 2020 vara tillbaka på ungefär samma nivå som 2011.



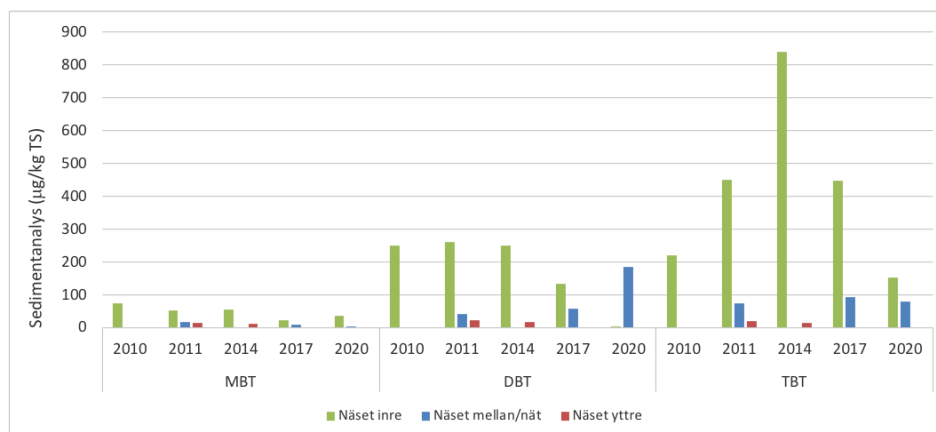
Figur 13. Kemisk analys av innehållet av organiska tennföreningar i vävnad från nätsnäckor år 2011⁽ⁿ⁼⁴³⁾, 2014⁽ⁿ⁼³⁰⁾, 2017⁽ⁿ⁼⁴³⁾ och 2020⁽ⁿ⁼⁴⁶⁾ från Näsets marina.

5.5.2 Sediment

Vid Näset togs två sedimentprover, ett vid den inre lokalen (Näset inre) belägen i närheten av sjösättningskranen och spolplattan, samt ett cirka 100 meter bort i sydöstlig riktning vid lokalen där nätsnäckorna fångades (Näset nät). Den senare lokalen har ersatt den sedimentlokal som var belägen i de yttre delarna av hamnen. "Näset nät" har även provtagits 2011 och kallades då "Näset mellan". Den kemiska analysen av organiska tennföreningar i sedimentproverna visar på ett relativt snabbt avtagande med avståndet från den inre lokalen (Tabell 2). Tredje högsta värdet av TBT i sedimentet (151 µg/kg TS) inom denna studie mättes upp vid den inre lokalen med en kvot på 4,0 vilket innebär ett *märkbart nytillskott* av TBT. Vid snäcklokalen (Näset nät) har halten TBT i sedimentet halverats (78 µg/kg TS) och kvoten är betydligt lägre (0,4) (Tabell 1). Sedimentet i Näsets marina uppnår inte *god status* enligt svenska kriterier vid någon av stationerna och vid klassning enligt de svenska jämförelsevärdena för TBT (Josefsson, 2017) faller båda stationerna inom klass 5; *mycket hög halt* (Tabell 2). Nedbrytningsprodukterna DBT och MBT återfinns inom klass 5; *mycket hög halt* respektive klass 3; *medelhög halt*. Inga andra organiska tennföreningar utöver TBT, DBT och MBT påträffades i sedimentet från Näsets marina år 2020.

5.5.2.1 Tidigare studier

Tidigare provtagningar med avseende på organiska tennföreningar i sedimentet i denna hamn har skett 2010, 2011, 2014 och 2017. Notera dock att endast *Näset inre* har provtagits på sediment samtliga år. Vid jämförelse av halter av organiska tennföreningar i sedimentet ses inga tydliga skillnader över tid för lokalen *Näset nät* med undantag för 2020 då en fördubbling vid jämförelse av 2017 års resultat kan ses för nedbrytningsprodukten DBT. Vid *Näset inre* är halterna betydligt högre. TBT har sedan 2010 ökat kraftigt fram till 2014 för att därefter avta (Figur 14). Kvoten mellan TBT och DBT+MBT i sedimentet för den inre lokalen har ökat sedan den första mätningen 2010 från att vara 0,7 till att nu uppgå till 4,0, vilket är den näst högsta beräknade kvoten i denna studie. Status för sedimenten i Näsets marina har varit oförändrad över tiden. Enligt svenska kriterier uppnås inte god status och vid klassning enligt de svenska jämförelsevärdena för TBT (Josefsson, 2017) faller båda stationerna inom klass 5; *mycket hög halt* (Tabell 4) för samtliga år, endast *Näset yttre* som provtogs 2011 och 2014 uppvisar en lägre klassning dvs klass 3; *medelhög halt*.



Figur 14. Kemisk analys vid Näsets marina av innehållet av TBT, DBT och MBT i sediment år 2010, 2011, 2014, 2017 och 2020, ($n^{2010, 2011, 2014}=1$ och $n^{2017, 2020}=3$ prover poolade till ett).

5.6 Amundö marina

Amundö Marina är en småbåtshamn med plats för 550 båtar vid Amundö, söder om Göteborg, där även cirka 600 båtar tas upp årligen.

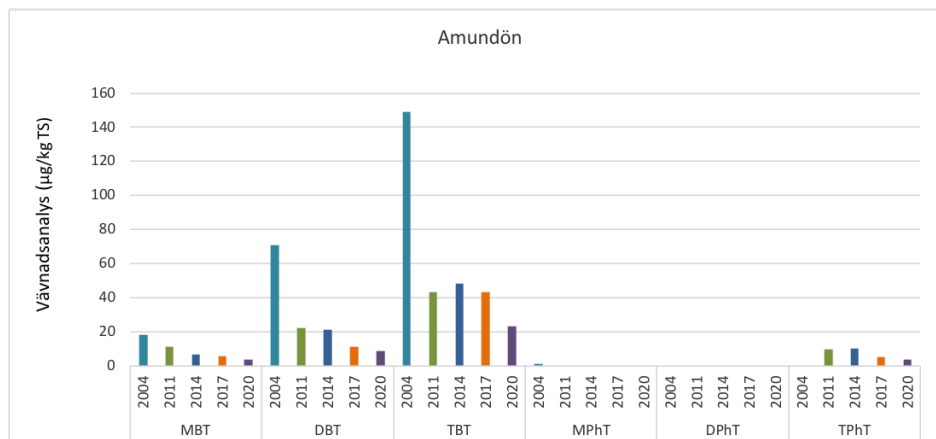
5.6.1 Imposex

Nätsnäckorna fångades vid bryggan närmast den nordvästliga palissaden och fällorna innehöll endast vuxna djur med slitna skal. Totalt analyserades 50 individer med 21,7 mm i medelskallängd varav 45 var honor. 64 % av dessa uppvisade imposex där imposex hade utvecklats till de högre stadierna 3 och 4 hos 33 %. Det vanligaste stadiet var annars 0, vilket innebär en normal hona. VDSI för denna lokal beräknades till 1,4 och innebär *måttlig* status med avseende på imposex (Tabell 3). TBT halten i vävnaden var jämfört med övriga provtagna hamnar den lägsta med 33 µg/kg TS, dock var kvoten på 1,9 den högsta beräknade inom denna studie (Figur 15; Tabell 2).

5.6.1.1 Tidigare studier

Provtagning med avseende på analys av imposex hos nätsnäckor har skett vid denna hamn fem gånger tidigare; 2004, 2008, 2011, 2014 och 2017. VDSI var som högst 2004 och har därefter minskat vid jämförelse med samtliga år. Vid jämförelse av 2008 och övriga år ses en minskning för 2014 och 2017. Det finns ingen signifikant minskning mellan åren 2011, 2014, 2017 och 2020. Lokalens status sedan 2004 har ändrats från *otillfredsställande* till *måttlig* status (Tabell 3).

I samtliga studier med undantag för 2008 analyserades även halten organiska tennföreningar i vävnaden. Halten av TBT och DBT var betydligt högre 2004 än övriga år. Efterkommande år 2011, 2014 och 2017 sjönk halterna till 43-48 µg/kg TS och vid 2020 års provtagning har halten TBT minskat ytterligare (23 µg/kg TS) (Figur 15). Kvoten mellan TBT och dess nedbrytningsprodukter har vid samtliga undersökningar vid Amundö marina visat på ett *märkbart* till *stort nytillskott*. 2017 uppgick kvoten till 2,6 och den muddring som utfördes i närområdet under våren 2017, antogs vara en möjlig orsak. Visserligen användes siltgardiner för att minska spridning av eventuellt förorenat sediment men det är svårt att helt undvika grumlingar i vattenpelaren. Det är därför möjligt att snäckans upptag av TBT från sedimentet ökade 2017 till följd av muddringen, med en ökad kvot som följd. Resultaten för 2020 visar på att inte bara halten TBT i vävnaden har minskat utan även kvoten.



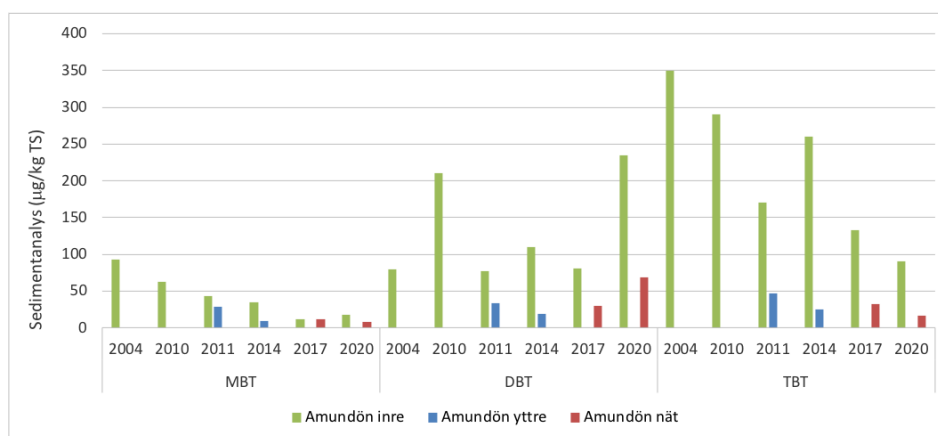
Figur 15. Kemisk analys av innehållet av organiska tennföreningar i nätsnäckevävnad år 2004⁽ⁿ⁼³¹⁾, 2011⁽ⁿ⁼²³⁾, 2014⁽ⁿ⁼³⁶⁾, 2017⁽ⁿ⁼⁴⁶⁾ och 2020⁽ⁿ⁼⁴⁵⁾ från Amundön marina.

5.6.2 Sediment

Vid Amundö marina togs två sedimentprover, ett vid den inre lokalen (Amundö inre) belägen i närheten av sjösättningskranen och spolplattan, samt ett cirka 170 meter bort i nordostlig riktning vid lokalen där nätsnäckorna fångades (Amundö nät). Den senare lokalen ersatte 2017 den sedimentlokal som var belägen i de yttre delarna av hamnen. Kemisk analys av tagna sedimentprover visar på en högre halt av TBT vid den inre lokalen (91 µg/kg TS) jämfört med Amundö nät (16 µg/kg TS) (Tabell 2). Kvoten för de båda lokalerna är låg (<0,8) och skiljer sig inte nämnvärt åt. Ingen av lokalerna uppnår *god status* enligt svenskt gränsvärde för TBT. Vid klassning enligt de svenska jämförelsevärdena för TBT (Josefsson, 2017) faller den inre lokalen inom klass 5; *mycket hög halt* och Amundö nät inom klass 3; *medelhög halt* (Tabell 2). Nedbrytningsprodukten DBT återfanns inom klass 5; *mycket hög halt* vid båda stationerna medan MBT var inom klass 4; *hög halt* för den inre och klass 3; *medelhög halt* för Amundö nät. Inga andra organiska tennföreningar utöver TBT, DBT och MBT påträffades i sedimentet från Amundö år 2020.

5.6.2.1 Tidigare studier

Tidigare provtagningar med avseende på organiska tennföreningar i sedimentet i denna hamn har skett 2004, 2010, 2011, 2017 samt och 2020. Vid jämförelse av TBT-halter i sedimentet från dessa studier ses de högsta halterna av TBT huvudsakligen vid den inre lokalen (Figur 16). Den inre lokalen är för övrigt den lokal som har provtagits samtliga år. Förekomsten av TBT har dock minskat från 350 µg/kg TS år 2004 till 91 µg/kg TS år 2020. Även kvoten har minskat, 2004 var den 2,0 för att vid 2020 års provtagning uppgå till endast 0,4 vilket innebär att nedbrytning sker (Tabell 4). Status för sedimenten i Amundö marina har varit oförändrad över tiden. Enligt svenska kriterier uppnår ingen lokal *god status* och vid klassning enligt de svenska jämförelsevärdena för TBT (Josefsson, 2017) faller den inre lokalen inom klass 5; *mycket hög halt* (Tabell 4) för samtliga år. Sedimentet vid *Amundö nät* är något bättre och uppvisar en lägre klassning 2020 dvs klass 3; *medelhög halt* än vid tidigare studie 2017.



Figur 16. Kemisk analys vid Amundön marina av innehållet av TBT, DBT och MBT i sediment år 2010, 2011, 2014, 2017 och 2020, ($n^{2010, 2011, 2014}=1$ och $n^{2017, 2020}=3$ prover poolade till ett).

5.7 Vrångö hamn

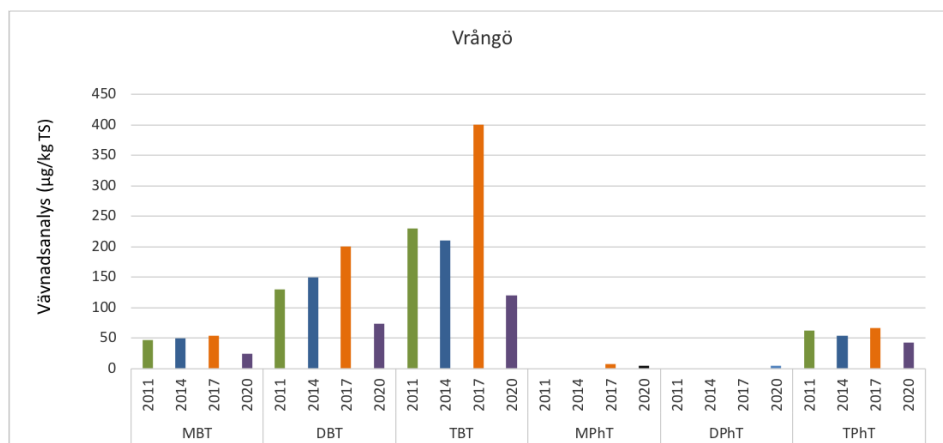
Vrångö hamn ligger i den södra delen av skärgården. Hamnen har plats för 300 båtar och cirka 200 av dessa tas upp årligen på hösten. Nätsnäckorna fångades som tidigare i närheten av den sjösättningsramp som finns i den inre hamnbassängen. I 2017 års studie rekommenderades det att fler sedimentprover provtas och då inte enbart i den inre hamnbassängen. Detta för att utreda hur förorenade sedimenten är i denna del av hamnen med avseende på organiska tennföreningar. Vid årets provtagning togs därför även ett sedimentprov i den yttre hamnbassängen

5.7.1 Imposex

De snäckor som fångades var huvudsakligen adulta djur med en medelskallängd på 21,9 mm. Totalt analyserades 50 individer varav 27 var honor. Samtliga honor uppvisade imposex och 89 % hade utvecklat de högre imposexstadierna 3A och 4 alternativt 4+. VDSI för denna lokal beräknades till 3,3 vilket innebär att områdets status med avseende på imposex klassas som *otillfredsställande* (Tabell 3). I snäckorna från Vrångö hamn uppmättes en TBT-halt på 120 µg/kg TS vilket är den näst högsta inom denna studie (Figur 17; Tabell 2). Även kvoten mellan TBT och dess nedbrytningsprodukter på 1,2 får anses hög då detta tyder på att snäckorna tar upp mer TBT från omgivningen än vad som bryts ner. Av övriga organiska tennföreningar detekterades TPhT samt dess nedbrytningsprodukt DPhT och MPhT i snäckvävnaden. Även halten TPhT är anmärkningsvärt hög med en halt av 42 µg/kg TS.

5.7.1.1 Tidigare studier

Provtagning med avseende på analys av imposex hos nätsnäckor har skett vid denna hamn fyra gånger tidigare; 2008, 2011, 2014 och 2017. VDSI har sedan provtagningarna startade 2008 varit högt och förekomst av kraftig maskulinisering med en böjd äggledare noterades hos enstaka honor 2014 och 2017. Inga statistiska skillnader ses mellan åren och statusen har huvudsakligen varit *otillfredsställande* med undantag för 2017 då den försämrades till *dålig* med avseende på imposex (Tabell 3). I samtliga studier med undantag för 2008 analyserades även halten organiska tennföreningar i vävnaden. Resultaten visar på ett tilltagande vävnadsinnehåll av TBT, DBT och MBT över tiden fram till och med 2017 då halten TBT i vävnaden var anmärkningsvärt hög för att 2020 visa på lägre nivåer (Figur 17). Halten TPhT har varit relativt konstant.



Figur 17. Kemisk analys av innehållet av organiska tennföreningar i nätsnäckvävnad år 2011⁽ⁿ⁼²⁷⁾, 2014⁽ⁿ⁼²⁶⁾, 2017⁽ⁿ⁼²⁴⁾ och 2020⁽ⁿ⁼²⁷⁾ från Vrångö hamn.

5.7.2 Sediment

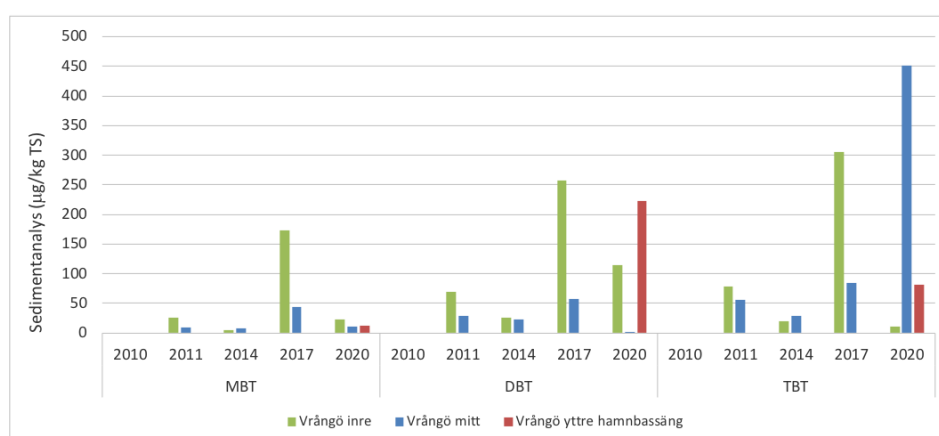
Vid denna provtagning har det varit en strävan att provta sedimentet vid samma lokal som snäckorna fångades vid, men på grund av ett för sandigt substrat kunde inte detta genomföras i Vrångö hamn, varför provtagning istället skedde vid samma stationer som vid tidigare tillfällen. Den inre lokalen är belägen vid den innersta bryggan i hamnen och den yttre är belägen vid den långsgående bryggan i den norra delen av den inre hamnbassängen. Båda dessa lokaler ligger inom ett avstånd av 60-80 meter från snäcklokalen. Vid 2017 års studie sågs en tydlig ökning av TBT både i sedimenten och i snäckvävanden. Av denna anledning provtogs även en lokal i den yttre hamnbassängen.

Kemisk analys av sedimentprover tagna 2020 visar att innehållet av organiska tennföreningar är kraftigt högre vid den yttre lokalen, än vid den inre. TBT-halten i sedimentet uppmättes till 451 µg/kg TS vid den yttre lokalen och till 11 µg/kg TS vid den inre lokalen (Tabell 2). Förhållandet har tidigare varit det omvända. Halten DBT är därtill högre (114 µg/kg TS) vid den inre lokalen vilket ger en mycket låg kvot (0,1) medan halten DBT vid den yttre lokalen är låg vilket resulterar i en anmärkningsvärt hög kvot (36). För att utesluta att dessa båda lokaler har förväxlat har hanteringen av proverna i samband med märkning i fält och hantering på analyslaboratorium granskats och det omvända förhållandet som råder vid 2020 års studie är korrekt. Vid den nytilkomna lokalen i den yttre hamnbassängen uppmättes TBT-halten till 82 µg/kg TS, halten DBT var 223 µg/kg TS vilket genererade en låg kvot (0,3). Sedimentet i Vrångö hamn uppnår inte *god status* enligt svenska kriterier vid någon av stationerna. Vid klassning enligt de svenska jämförelsevärdena för TBT (Josefsson, 2017) faller den inre lokalen inom klass 3; *medelhög halt* medan övriga två lokaler hamnar inom 5; *mycket hög halt* (Tabell 2). Halten DBT för den yttre lokalen återfanns inom klass 3; *medelhög halt*, för att vid övriga två stationer hamna inom klass 5; *mycket hög halt*. MBT varierade mellan klass 4; *hög halt* och klass 5; *mycket hög halt*.

Utöver TBT, DBT och MBT påträffades även TPhT vid den yttre lokalen och enligt de norska effektbaserade gränsvärdena för TPhT hamnar sedimentet inom klass IV med avseende på TPhT (Miljödirektoratet, 2020).

5.7.2.1 Tidigare studier

Tidigare provtagningar med avseende på organiska tennföreningar i sedimentet har skett 2011, 2014 och 2017. Vid jämförelse av TBT-halter i sedimentet från dessa studier ses inga tydliga skillnader mellan åren för den inre och den yttre lokalen med undantag för 2017 då halten TBT, DBT och MBT var tydligt högre vid den inre lokalen än för tidigare år (Figur 18). Samtidigt var kvoten av TBT och dess nedbrytningsprodukter DBT och MBT vid den inre lokalen för 2017 relativt oförändrad emot tidigare år det vill säga $<0,8$. Vid 2020 års provtagning är halten TBT tillbaka vid 2014 års nivåer vid den inre lokalen, däremot har halten TBT ökat markant vid den yttre lokalen kvoten är dessutom extremt hög. Status för sedimenten i Vrångö hamn har försämrats över tiden och enligt svenska kriterier så uppnås *ej god status* vid någon lokal. Vid klassning enligt de svenska jämförelsevärdena för TBT (Josefsson, 2017) har klassningen huvudsakligen varit klass 5; *mycket hög halt*.



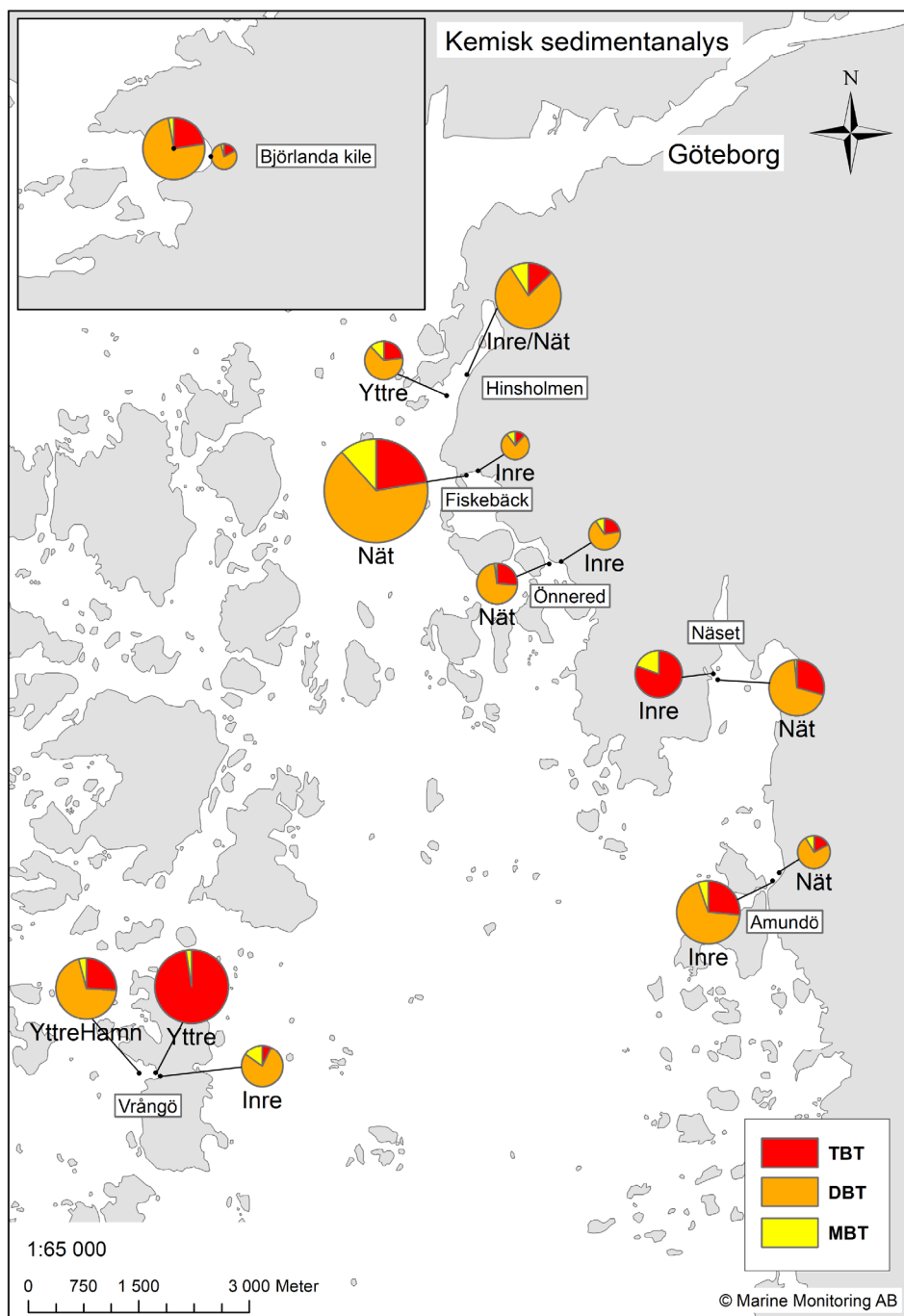
Figur 18. Kemisk analys vid Vrångö hamn av innehållet av TBT, DBT och MBT i sediment år 2010, 2011, 2014, 2017 och 2020, ($n^{2010, 2011, 2014}=1$ och $n^{2017, 2020}=3$ prover poolade till ett).

5.8 Jämförelse mellan småbåtshamnar

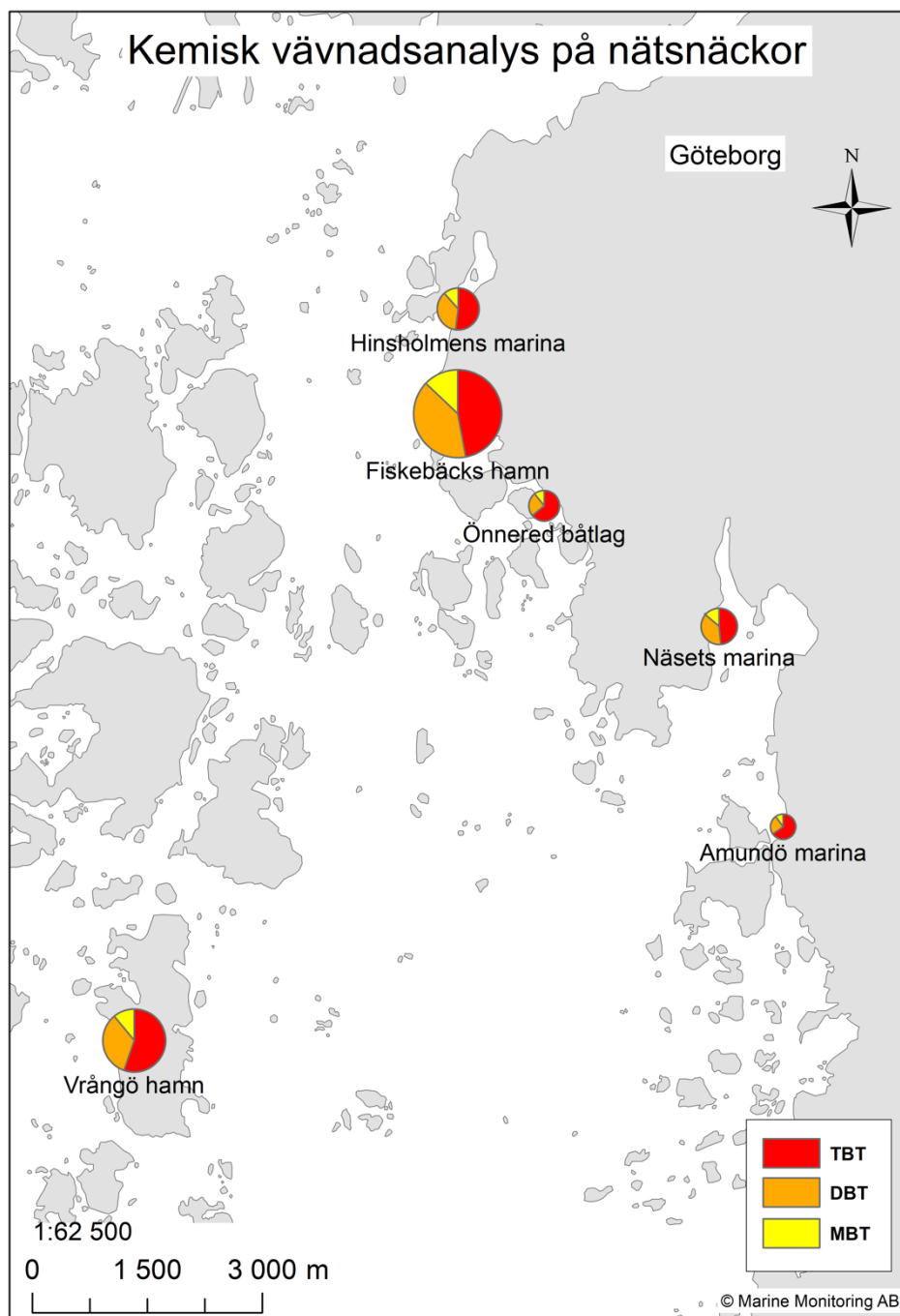
Eventuella förändringar av VDSI över tid och mellan lokaler analyserades med en 2-vägs ANOVA och resultatet av denna visar på signifikanta skillnader både mellan år och mellan hamnar (Tabell 5). Av de sju hamnarna som har besökts inom detta projekt så var effekterna från TBT 2020 mest påtagliga i Fiskebäcks marina samt även Vrångö hamn vilket även var fallet 2017. Sedimentet från dessa hamnar var även bland de mest förorenade 2020 med avseende på TBT. Samtliga lokaler överstiger det svenska gränsvärdet för god status med avseende på TBT i sedimentet. Klassningen enligt svenska jämförelsevärden varierar mellan klass 3; *medelhög halt*, klass 4; *hög halt* och klass 5; *mycket hög halt*. Högsta halten TBT i sedimentet uppmättes vid Vrångö yttre (451 µg/kg TS), följt av Fiskebäck nät (206 µg/kg TS) och Näset inre (151 µg/kg TS). Detta är samma stationer som även uppvisade högst halter 2017. Något lägre halter men inom klass 5 uppmättes vid Amundön inre, Näset nät, Björlanda kile yttre samt vid den nya lokalen Vrångö yttre hamnbassäng. Den totala halten av TBT, DBT och MBT var högst i hamnarna Fiskebäck och Vrångö (Figur 19) och lägst i Önnered följt av Björlanda kile och Amundön. Detta avspeglas även hos nätsnäckorna då de högsta sammantagna vävnadshalterna återfanns i Fiskebäck följt av Vrångö och de lägsta noterades i Amundön (35 µg/kg TS) följt av Önnered (52 µg/kg TS) (Figur 20) samma hamnar uppvisar även de högsta respektive lägsta värdena för VDSI (Figur 21).

Tabell 5. Resultat från 2-vägs ANOVA av VDSI (log-transformerade data) mellan lokaler och år (2008–2020) samt interaktionen däremellan. Tabellen visar frihetsgrader (Df), mean square (MS), F-värde och p-värde. Signifikans för p-värde visas som * ($p < 0,05$), ** ($p < 0,01$), *** ($p < 0,001$).

	Df	MS	F-värde	p-värde
År	4	0,461	13,017	<0,0001***
Lokal	5	3,844	108,477	<0,0001***
Interaktion	19	0,117	3,304	<0,0001***
Residual	912	0,035		



Figur 19. Karta som visar hur summan av TBT och dess nedbrytningsprodukter DBT och MBT i sedimentet fördelar sig storleksmässigt vid provtagna lokaler i varje hamn och i förhållande till övriga undersökta hamnar.

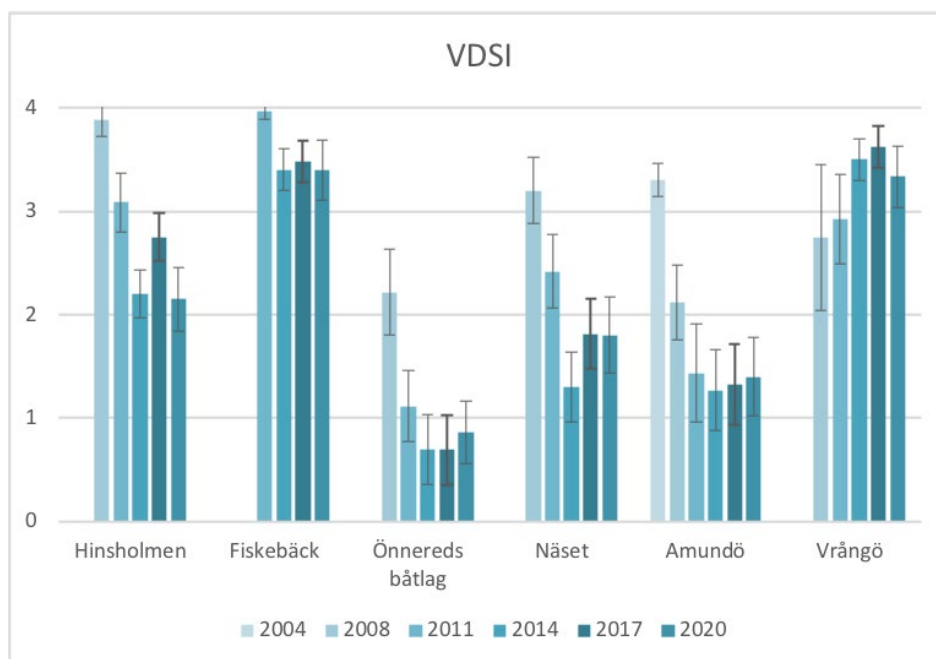


Figur 20. Karta som visar hur TBT och dess nedbrytningsprodukter DBT och MBT i vävnad från nätsnäckor fördelar sig storleksmässigt vid varje hamn och i förhållande till övriga undersökta hamnar

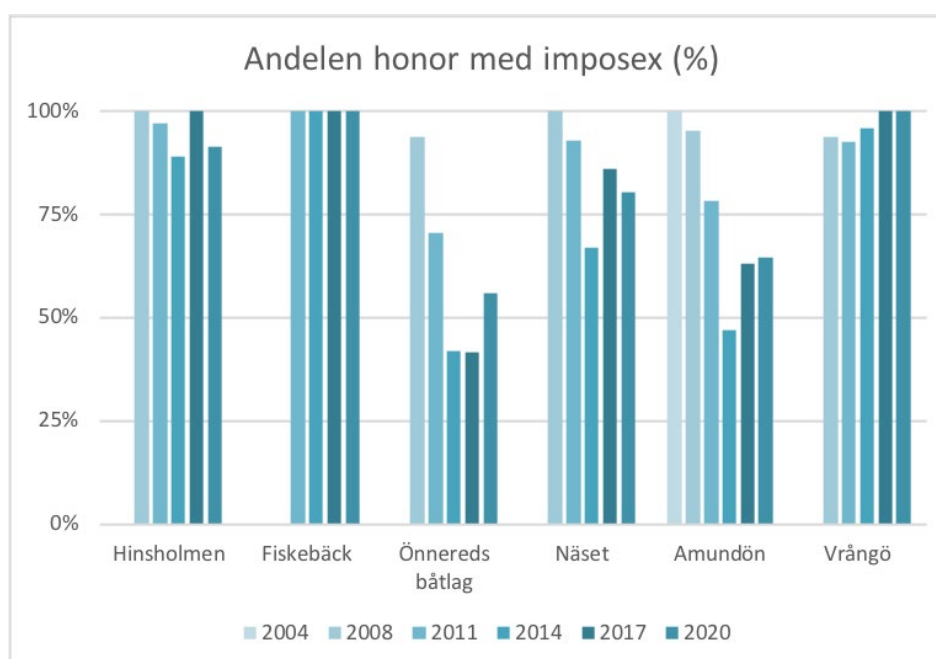
De högsta halterna av såväl TBT i vävnad som VDSI ses i Fiskebäck (200 µg/kg TS) samt Vrångö (120 µg/kg TS) där samtliga analyserade honor uppvisar imposex (Figur 22). 93% respektive 89 % av analyserade honsnäckor i dessa båda hamnar uppvisar något av de två högsta stadierna (3A och 4/4+) (Figur 23). Detta är en liten förbättring emot 2017 års studie då samtliga honor uppvisade något av de två högsta stadierna. Även Hinsholmen uppvisar ett högt VDSI (2,1) men påverkansgraden är lägre det vill säga 91 % och endast 55% av honorna uppvisar något av de två högre stadierna, vilket sannolikt beror på den lägre halten TBT i vävnaden (50 µg/kg TS) på denna lokal. Efter Hinsholmen följer Näset, Amundön och Önnered, där Önnered har det lägsta VDSI (Figur 21). Variansanalys visade därtill att VDSI för Fiskebäckskens marina 2020 är signifikant högre än i övriga undersökta marinor med undantag för Vrångö hamn. Vrångö hamn skiljer sig i sin tur från Näset, Önnered och Amundö men inte från Hinsholmen. Hinsholmen har ett högre VDSI än både Önnered och Amundö marina medan dessa båda skiljer sig inte statistiskt åt. Notera att Björlanda kile inte ingått i den statistiska analysen då det var första året med studier av imposex i denna hamn där individantalet av analyserade honsnäckor var något lågt. Det kan även vara problematiskt att statistiskt jämföra olika arter då de svarar olika kraftigt på exponering för TBT. Exempelvis finns det fler stadier hos stor tusensnäcka som inte förekommer hos nätsnäckor, men stor tusensnäcka är även tåligare varför de högre stadierna sällan ses.

Sett över tiden så har VDSI minskat i samtliga undersökta lokaler med undantag för Fiskebäckskens marina samt Vrångö hamn, där den senare tycks ha ökat fram till och med 2017 (Figur 21). Vad tendensen till ökning i Vrångö hamn beror på är oklart men det är anmärkningsvärt att halten TBT i vävnaden ökade från 200 till 400 µg/kg TS mellan 2014 och 2017. En förklaring till de höga VDSI värden skulle kunna vara att analysen möjligen sker på en äldre generation snäckor än normalt i Vrångö, vilket också kan förklara att detta är den enda lokalen där en kraftig maskulinisering i form av böjd äggledare ses. Samtidigt så har inte medelskallängden varierat nämnvärt över tiden och snäckorna från Vrångö är av likartad storlek som de från övriga lokaler. Att det skulle vara en äldre generation förklarar dessutom inte det kraftigt ökade vävnadsinnehållet av TBT.

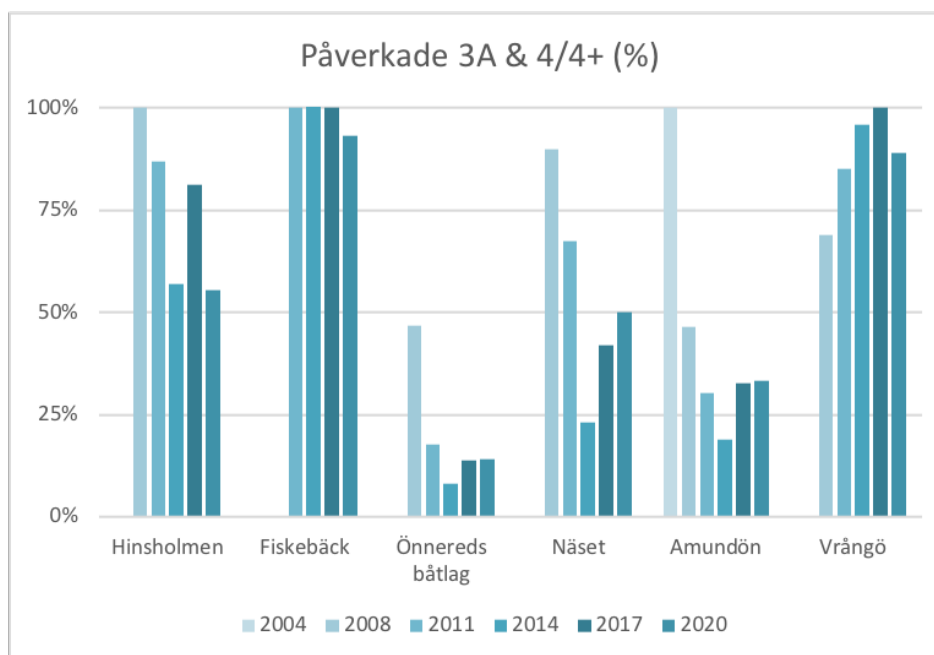
Klassningen utifrån VDSI varierar mellan *måttlig* och *otillfredsställande*. Denna klassning stämmer också väl överens med uppmätta TBT-halter i vävnaden. Önnered, Amundö och Näset som har det lägsta innehållet av TBT i vävnad klassas som *måttliga* enligt VDSI och Fiskebäck, Vrångö samt Hinsholmen som har det högsta VDSI klassas som *otillfredsställande*.



Figur 21. Imposex uttryckt som VDSI hos nätsnäcka insamlade från sex olika hamnar åren 2004, 2008, 2011, 2014, 2017 och 2020 (felstaplar anger ett 95% konfidensintervall).



Figur 22. Andelen honor med imposex (%) hos nätsnäcka insamlade från sex olika hamnar åren 2004, 2008, 2011, 2014, 2017 och 2020.



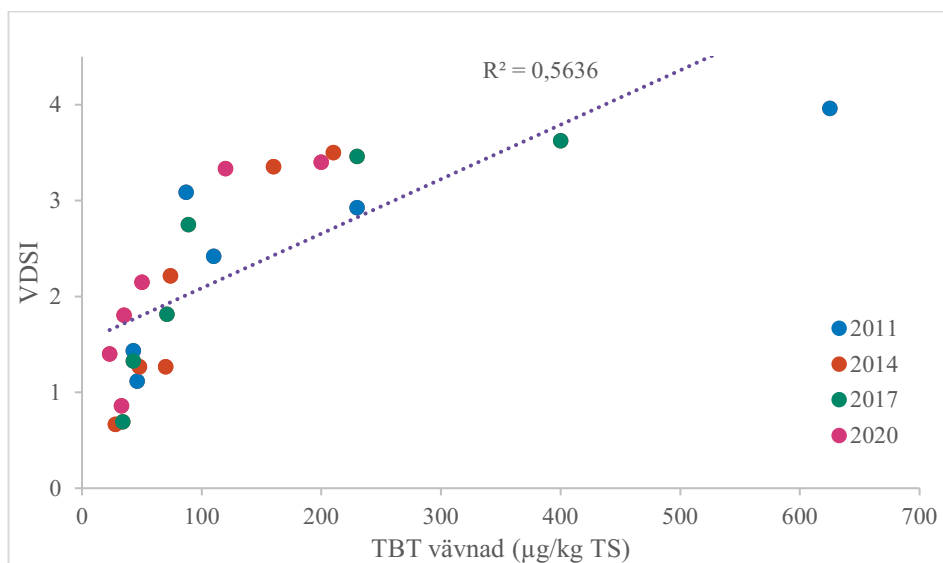
Figur 23. Andelen honor med imposex stadium 3A och 4/4+ (%) hos nätsnäcka insamlade från sex olika hamnar åren 2004, 2008, 2011, 2014, 2017 och 2020.

5.9 Regressionsanalyser

Dessa analyser har utförts för att studera sambandet mellan VDSI och TBT i vävnaden samt mellan TBT i vävnaden och TBT i sedimentet.

5.9.1 VDSI och TBT i vävnaden

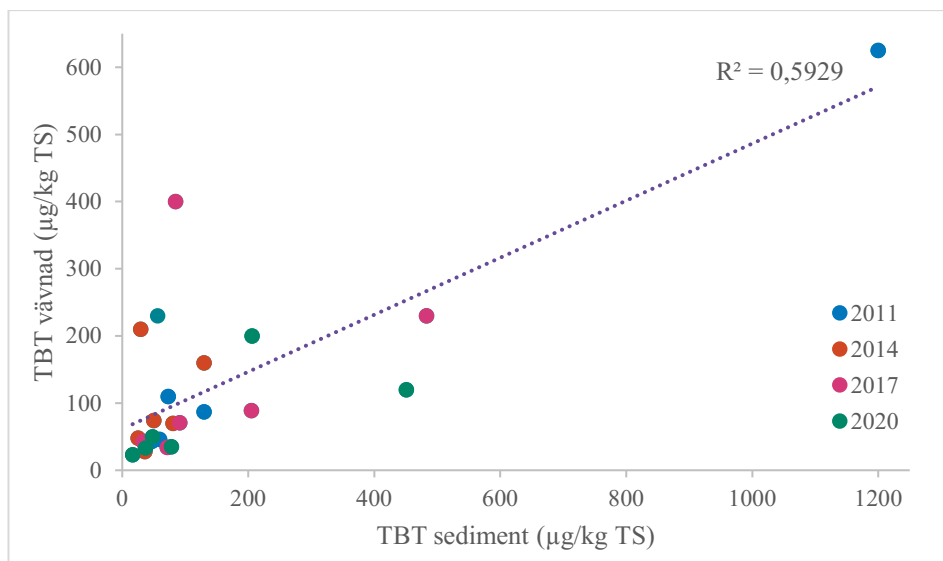
Regressionsanalysen för VDSI och TBT i vävnaden visar ett signifikant samband över alla år mellan ökad grad av VDSI och ökad koncentration av TBT i vävnaden ($R^2=0,56$, $p < 0,0001$) (Figur 24) där 56 % av värdet på VDSI kan förklaras av halten TBT i vävnad. Sambandet är dock starkare med en logaritmisk trendlinje ($R^2=0,82$) vilket kan förklaras med att VDSI inte kan få ett högre värde än fyra trots högre koncentrationer av TBT i vävnaden. R^2 värdet för linjärt samband var högst för år 2014 ($R^2=0,90$, $p=0,004$). År 2011 var sambandet ej signifikant ($R^2=0,64$, $p=0,057$). 2017 och 2020 kunde ett visst samband ses ($R^2=0,72$, $p=0,033$ respektive $R^2=0,78$, $p=0,02$). Även sambandet mellan VDSI och summan av MBT, DBT och TBT i vävnaden testades och var för samtliga år högre ($R^2=0,65$) än för enbart TBT.



Figur 24. Regression för VDSI och TBT-halten i nätsnäckans vävnad ($\mu\text{g/kg TS}$) för provtagningar utförda 2011, 2014, 2017 och 2020. Den linjära trendlinjen för alla år visas som en streckad linje, med $R^2=0,56$. R^2 -värdet visar hur väl trendlinjen följer datapunkterna.

5.9.2 TBT i sedimentet och TBT i vävnaden

Regressionsanalysen för TBT i sedimentet och TBT i vävnaden visar ett signifikant samband över alla år mellan ökad grad av TBT i sedimentet och ökad koncentration av TBT i vävnaden ($R^2=0,59$, $p < 0,0001$) (Figur 25). Sambandet är högst för år 2011 ($R^2=0,90$, $p=0,004$) men inget signifikant samband kunde ses för övriga år (2014: $R^2=0,08$, $p=0,60$, 2017: $R^2=0,08$, $p=0,59$, 2020: $R^2=0,42$, $p=0,16$). Även sambandet mellan summan av MBT, DBT och TBT i sedimentet och i vävnaden testades och var för samtliga år lägre ($R^2=0,40$) än för enbart TBT.



6 Diskussion och slutsatser

Denna studie har gjorts på uppdrag av Miljöförvaltningen i Göteborg och är menad att tjänstgöra som en indikator för det lokala miljömålet *Hav i balans samt levande kust och skärgård*. Sammantaget har sju hamnar i Göteborgs stad undersökts med avseende på organiska tennföreningar i sedimentet och vilken effekt detta får på nätsnäckor alternativt stortusensnäcka. Av de småbåtshamnar som har ingått i denna studie installerade samtliga för cirka nio år sedan spolplattor med separata reningsverk för att förhindra att rester av giftiga båtbottnfärger på nytt hamnar i havet via spillvattnet från avspolning av båtar. Samtliga hamnar som innehar en reningsanläggning kopplad till spolplattan, egentligen alla utom Önnered och Vrångö hamn, klarar i dagsläget att rena utgående vatten till gällande riktvärden (HAV rapport 2012:10 rev 2015) med avseende på TBT, dvs halten TBT i utgående spillvatten överstiger inte 200ng/l. I hamnarna Önnered och Vrångö har man istället för att rena spolvattnet och återföra detta som spillvatten till havet valt att samla upp spolvattnet och hantera detta som farligt avfall.

I alla hamnar utom Björlanda kile infångades även nätsnäckor vilka analyserades med avseende på halt av organiska tennföreningar i vävnaden, och i vilken utsträckning denna exponering har gett upphov till imposex hos snäckorna. I Björlanda kile har inga nätsnäckor erhållits vid tidigare provtagningar varför det gjordes försök med att samla in stortusensnäcka istället.

Nedan diskuteras och sammanfattas hur påverkade snäckorna är som lever i undersökta hamnar och i vilken omfattning sedimenten är förorenade av TBT och andra organiska tennföreningar. Stycket avslutas med en bedömning av miljöpåverkan.

6.1 Påverkan på snäckor

I samtliga hamnar där nätsnäckor har hittats uppvisade snäckorna omfattande morfologiska förändringar (imposex) som en följd av att de lever i TBT-förorenade sediment. Statusen för hamnarna utifrån OSPARs bedömningskriterier varierade mellan *måttlig* och *otillfredsställande*. VDSI, det vill säga graden av imposex, har visserligen minskat vid merparten av lokalerna vid jämförelse med den provtagning som skedde 2008. Hamnarna där de kraftigaste effekterna ses är Fiskebäck samt Vrångö, där samtliga honor är påverkade och där cirka 90% av honorna uppvisar något av de två högsta imposex-stadierna (3A och 4/4+). Fiskebäckens hamn undersöktes första gången med avseende på imposex 2011 och samtliga honor var då kraftigt påverkade med max VDSI (4,0). 2014 ses en tendens till minskning i VDSI och en kraftig minskning i halten TBT i vävnad. Minskningen av TBT i vävnad berodde sannolikt på att det skedde en muddring i hamnen mellan dessa provtagningar, förändringen i VDSI beror möjligen på att snäcklokalen flyttades och hamnade längre bort ifrån spolplatta och sjösättningskran där halterna av TBT ofta är högre än i övriga delar av småbåtshamnar. En effekt av

muddringen borde inte visa sig ännu då imposex utvecklas i juvenila individer. Noterbart är dock att det vid årets provtagningar var betydligt högre halter av TBT vid lokalen där snäckorna hämtas än vid den inre sedimentlokalen.

Det näst högsta VDSI för 2020 observerades i Vrångö, detta är även den hamnen vars status klassades som *dålig* med avseende på imposex vid 2017 års provtagning. Vrångö är dessutom den enda hamnen där en böjd äggledare observerades hos enstaka honor 2014 och 2017 vilket är ett tecken på en mycket kraftig maskulinisering. Situationen i Vrångö är anmärkningsvärd då detta även är den enda lokalen där VDSI tenderat att öka under en period. Ökningen är dock inte statistiskt säkerställd. Även halten av TBT i vävnad och i sedimentet tycks ha ökat. Innan 2014 har TBT-halten i sedimentet varit under 86 µg/kg TS för att 2017 uppgå till 306 µg/kg TS vid den inre lokalen, detta minskade visserligen 2020 till 11 µg/kg TS, men 2020 ökade istället halten TBT vid den yttre lokalen till 451 µg/kg TS. I Vrångö tas snäckorna i området intill sjösättningsrampen och spolplattan, vilket möjligen kan ha effekt om spolplattan inte används korrekt. Tyvärr är sedimentet i detta område grovkornigt och inte lämpligt för kemisk analys, varför TBT-halt i sedimentet saknas för själva snäcklokalen. Samtidigt är det inte troligt med höga halter i området närmast spolplattan och sjösättningsrampen just på grund av det grovkorniga sedimentet. Nätsnäckor föredrar dessutom vanligtvis lite mjukare substrat där de kan gräva ner sig, varför det är troligt att de huvudsakligen lever något djupare där substratet är mer finkornigt. Data från sedimentlokalerna Vrångö inre och Vrångö yttre kan därför användas för jämförelse då substratet är mer optimalt för nätsnäckor och avståndet till snäcklokalen inte är mer än 60-80 meter. Händelser som kan ha medfört att TBT blivit mer biotillgängligt är uppgumling av sediment, exempelvis vid muddring alternativt vid användandet av kraftiga båtmotorer som har grumlat upp ytsedimentet. Enligt länsstyrelsen i Västra Götalands län så har Vrångö hamn tidigare ansökt om muddring men ej beviljats tillstånd för detta. Varför tecken på kraftig maskulinisering av honorna samt en tendens till ett ökat VDSI fram till 2017 ses är okänt. I 2017 års studie rekommenderades det att fler sedimentprover tas och då inte enbart i den inre hamnbassängen. Detta för att utreda hur förorenade sedimenten är i denna del av hamnen med avseende på organiska tennföreningar. Vid årets provtagning togs därför även ett sedimentprov i den yttre hamnbassängen och även om halten TBT var hög i detta prov så var det inte en anmärkningsvärt hög halt för en hamn.

Sammanfattningsvis är VDSI högst i Fiskebäck och Vrångö och inga signifikanta skillnader ses mellan år i dessa marinor. I övriga småbåtshamnar ses signifikanta minskningar över tiden vid jämförelse med provtagning utförd 2008 alternativt 2004.

6.2 Tributyltenn (TBT) i sedimentet

Som tidigare var halterna av TBT i sedimenten mycket höga även om en minskning kan ses vid flertalet lokaler. Vanligtvis har halten TBT i sedimenten varit högst i de inre lokalerna men vid 2020 års provtagning varierade detta och det var endast i Hinsholmen, Näset och Amundön som halten TBT var högre vid den inre stationen. Kvoten av TBT och dess nedbrytningsprodukter har dock varit relativt låg ($<0,8$) vid merparten av sedimentstationerna, det är endast i två av femton sedimentprover (Näset inre och Vrångö yttre) som kvoten överstiger 1,0 och visar på ett *märkbart till stort nytillskott* av TBT. I hamnarna Fiskebäck, Vrångö och Hinsholmen har även halter av trifenylyltenn (TPhT) uppmätts. Vid bedömning av kemisk status för de olika hamnarna utifrån halten TBT i ytsedimentet och enligt svenska kriterier (HVMFS 2015:4) så uppnås inte *god status* i någon hamn.

6.3 Bedömning av miljöpåverkan

Miljöpåverkan i hamnarna anses vara omfattande. I tre hamnar (Hinsholmen, Vrångö och Fiskebäck) uppvisade 91-100% av honorna imposex och status med avseende på imposex var *otillfredsställande* i dessa hamnar. I de övriga tre hamnarna (Önnered, Näset och Amundön) observerades imposex hos 56-80% av analyserade snäckor och statusen var *måttlig* med avseende på imposex. Vidare överskreds det svenska gränsvärdet för TBT i ytsediment ($1,6 \mu\text{g/kg TS}$) markant vid samtliga hamnar och bedömningen för den kemiska statusen i alla marinor är att den inte uppnår *god status*. Vid klassning enligt de svenska jämförelsevärdena för TBT (Josefsson, 2017) hamnar uppmätta TBT-halter i sedimenten inom detta projekt huvudsakligen inom klass 3 till klass 5, vilket innebär att uppmätta halter är *medelhöga* till *mycket höga* i förhållande till andra prover tagna längs kusten. Detta är inte förvånande då hamnar vanligen är de mest förorenade områdena avseende dessa ämnen.

De höga halterna av organiska tennföreningar i sedimenten från småbåtshamnarna avspeglar sig även på statusbedömningen av de berörda vattenförekomsterna; Nordre älvs fjord, Asperöfjorden, Askims fjord och Göteborgs S skärgårds kustvatten. Samtliga vattenförekomster uppvisade enligt VISS (VattenInformationssystem Sverige) en *måttlig* ekologisk status och en *ej god* kemisk status för den senaste förvaltningscykeln (2010-2016). Miljögifter ansågs vara ett problem och status för ett flertal prioriterade ämnen, där ibland TBT bedömes till *ej god* kemisk status i samtliga ovanstående vattenförekomster. I den pågående förvaltningscykeln (2017-2021) bedöms den kemiska statusen även fortsättningsvis som *ej god*. För TBT anges båthamnar och trafik av fritidsbåtar som betydande påverkanskällor och för samtliga nämnda vattenförekomster har tidsfristen att uppnå *god status* med avseende på TBT ändrats till 2027.

Den minskning som kan ses av effekter från exponeringen av TBT i form av imposex kan vara relaterad till de spolplattor som har installerats i besökta hamnar. Men då småbåtshamnar som saknar spolplatta inte ingår i studien finns ingen möjlighet att säga om minskningen beror på den installerade spolplattan eller om det är en naturlig följd av förbudet mot användandet av TBT på båtbottnar alternativt att förorenat sediment har muddrats bort. Sannolikt är det en kombination av många faktorer. Därtill utvecklar snäckorna imposex vid exponering för TBT i juvenilt stadium och åldersklassen på snäckorna som har analyserats bedöms vara ca 5 år, varför möjligheten att se en eventuell positiv effekt av spolplattorna även beror på när dessa togs i bruk och optimal rening var uppnådd.

6.4 Slutsatser

Syftet med denna studie är att den skall tjänstgöra som en indikator för det lokala miljömålet *Hav i balans samt levande kust och skärgård*. Nedan listas i punktformat de slutsatser som har framkommit i denna rapport avseende effekten imposex och innehållet av TBT i sedimenten. En generell slutsats är dock att då minskningar i VDSI ses vid flertalet hamnar bedöms denna studie fungera som en god indikator.

Imposex

- Miljöpåverkan i hamnarna anses vara omfattande och statusen bedömdes till *otillfredsställande* i Hinsholmen, Vrångö och Fiskebäck i övriga fyra hamnarna (Björlanda kile, Önnered, Näset och Amundön) bedömdes den till *måttlig* utifrån imposex.
- Graden av imposex har minskat över tiden i Hinsholmen, Önnered, Näset och Amundö vid jämförelse med provtagningar gjorda 2008 och 2004.
- Inga skillnader i VDSI över tid ses i Fiskebäcks marina och Vrångö hamn och VDSI är signifikant högre i Fiskebäcks marina vid jämförelse med övriga marinor, Vrångö hamn undantaget.
- Kvoten av TBT och dess nedbrytningsprodukter DBT och MBT i vävnaden hos nätsnäcka varierar mellan 0,9-1,9 vilket innebär att ett *litet* till ett *märkbart nytillskott* sker av TBT till snäckan.
- Stor tusensnäcka har provtagits i Björlanda kile och effekter av TBT i form av imposex har för första gången kunnat studeras i denna marina.

Sedimentet

- Sedimenten är kraftigt förorenade av TBT och samtliga lokaler överstiger det svenska gränsvärdet (1,6 µg/kg TS) för *god* status med avseende på TBT i sedimentet.
- Klassningen enligt svenska jämförelsevärden för TBT varierar mellan klass 3; *medelhög halt*, klass 4; *hög halt* och klass 5; *mycket hög halt*.
- Vid 12 av 14 lokaler har halten TBT minskat vid jämförelse med tidigare års provtagning.
- De högsta halterna men även de lägsta halterna av TBT uppmättes i Vrångö hamn samt Fiskebäcks marina. Där de lägre halterna förekom vid de inre lokalerna i respektive hamn.
- Kvoten av TBT och dess nedbrytningsprodukter DBT och MBT i sedimenten är, med få undantag, under 0,8 vilket innebär att *inget nytillskott* sker.



Fotograf Johanna Bergkvist, Marine Monitoring AB®

7 Referenser

- Alzieu, C. 1991. Environmental problems caused by TBT in France: assessment, regulations, prospects. *Marine Environmental Research*, 32, 7-17.
- Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K., 2007, Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sediment Statens forurensningstilsyn, TA-2229/2007, ISBN 978-82-7655-537-0
- Bengtsson, H. & Cato, I., 2011: TBT i småbåtshamnar i Västra Götalands län 2010 – en studie av belastning och trender. Rapport 2011:30
- Bengtsson, H. & Wernersson A., 2012: TBT, koppar, zink och irgarol i dagvatten, slam och mark i småbåtshamnar, Västra Götalands län 2011. 2012:16.
- Dyrynda, E. A. 1992. Incidence of abnormal shell thickening in the pacific oyster *Crassostrea gigas* in Poole Harbour (UK), subsequent to the 1987 restrictions. *Marine Pollution Bulletin*, 24, 156-163.
- HVMFS 2015:4 Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om ändring i Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2013:19) om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten.
- Havs- och vattenmyndighetens rapport (ursprungsrapport 2012:10) Båtbottentvättning av fritidsbåtar Riktlinjer, reviderad upplaga 2015 Diariennr. 701-11, ISBN 978-91-87025-10-5
- Joosse, J. & Geraerts, W. P. M. 1983. Endocrinology in the Mollusca. New York Academic Press, 4.1, pp 317-406.
- Josefsson, S., 2017, Klassning av halter av organiska föroreningar i sediment, november 2017, SGU-rapport 2017:12
- Leonardsson, K., 2005, Undersökningstyp: Sediment –Basundersökning, *Version 1:1: 2005-12-12*, Inst. ekologi och geovetenskap, Umeå universitet
- Magnusson, M., Borgegren, A., Granmo, Å., & Cato, I., 2004. ”Eventuellt samband mellan halten tennföreningar i vävnaden hos nätsnäckan *Nassarius nitidus* och halten tennföreningar i sedimentet”, Swedish Environmental Protection Agency, Contract no 2120429
- Magnusson, M., 2009. ”Biologisk övervakning av nätsnäckor i småbåtshamnar” R2009:5, Göteborgs stad, miljöförvaltningen
- Magnusson, M., Hilvarsson, A., & Granmo, Å., 2011. ”Förekomst av TBT i sediment från småbåtshamnar och dess effekt på snäckor” R2012:3, Göteborgs stad, miljöförvaltningen, ISBN 1401-2448
- Matthiessen P and Gibbs, P. 1998. Critical appraisal of the evidence for tributyltin mediated endocrine disruption in molluscs. *Environ Toxicol Chem*, 17, 37- 43.

- Miljödirektoratet (2016). Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. M-608/2016.
- Müller, M.D., Renberg, L. & Rippen, G., 1989: Tributyltin in the environment – sources, fate and determination: an assessment of present status and research needs. *Chemosphere* 18, 2015-2042.
- Oehlmann *et al.*, J. O., E. Stroben, C. Bettin and P. Fioroni. 1993. Hormonal disorders and tributyltin- induced imposex in marine snails. Quantified phenotypic responses in morphology and physiology. In: Proceedings of the 27th European Marine Biology Symposium, Dublin, 301-305.
- OSPAR 2008, “Guidelines for contaminant-specific biological effects monitoring (TBT-specific biological effects monitoring)”. OSPAR Commission, Ref No 2003-10, Technical Annex 3.
- OSPAR Commission, 2008: 2007/2008 CEMP Assessment - Trends and concentrations of selected hazardous substances in the marine environment, ISBN 978-1-906840-19-8, Publication Number 378/2008
- OSPAR (2009). CEMP assessment report 2008/2009 – Assessment of trends and concentrations of selected hazardous substances in sediment and biota. ISBN 978-1-906840-30-3, Publication Number 390/2009
- Quinn GP, Keough MJ, 2002, Experimental design and data analysis for biologists Cambridge University Press, Cambridge.
- Sjölin, A., 2014. ”Inventering av tennorganiska föreningar och des effekter i småbåtshamnar 2014”, R2015:4, Göteborgs stad, miljöförvaltningen, ISBN 1401-2448
- Stewart, C., de Mora, S.J., Jones, M.R.L. & Miller, M.C., 1992: Imposex in New Zealand neogastropods. *Mar. Pollut. Bull.* 4, 204-209.
- Underwood AJ, 1997, Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance Cambridge University Press, Cambridge.
- Ytreberg, E., Bighiu, MA., Lundgren, L., Eklund, B., (2016) XRF measurements of tin, copper and zinc in antifouling paints coated on leisure boats. *Environ Pollut.* 2016 Jun; 213:594-599. doi: 10.1016/j.envpol.2016.03.029. Epub 2016 Mar 24.

8 Bilaga Stationsprotokoll



STATIONS PROTOKOLL

Lokal: Björlanda kile

Provtagningsdatum: 20201012

Provtagning: Sediment och stor tusensnäcka

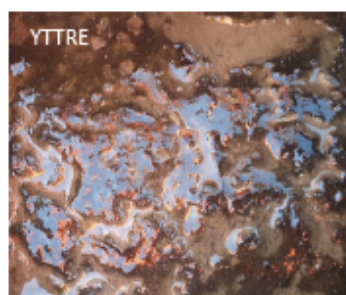
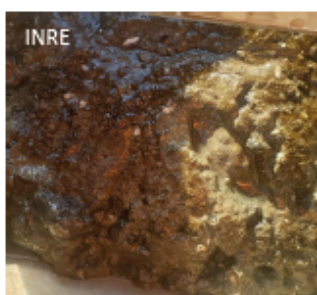
Provtagningsutrustning: Ponarhuggare till sediment samt häv till snäckor

Djup: 2,5–3,5 m

Salthalt vid botten: 22 ‰

Temperatur vid botten: 15,8 °C

Positioner	Sweref 99 12 00 N E		Anmärkning
Sediment inre	6404771	138495	På denna position togs tre ytsedimentprover, vilka poolades till ett prov. Sedimentet bestod av svagt svavelväteoftande lera med silt, ljus syresatt yta.
Sediment yttre	6404857	137988	På denna position togs tre ytsedimentprover, vilka poolades till ett prov. Sedimentet bestod av lera med silt, ljus syresatt yta. Ingen svavelväteoft men mörk bakteriematta på ytan.
Tusensnäckor	6404605	138297	Tidigare försök att fånga nätsnäckor, både inne i hamnen och utanför, har misslyckats. I år gjordes därför försök att fånga tusensnäckor i hamnen. Totalt hävades det efter snäckor på 14 positioner i och 4 positioner utanför hamnen. Snäckor hittades endast på en av dessa positioner. Totalt hittades 143 snäckor men endast 15 stycken var av arten stor tusensnäcka.



STATIONS PROTOKOLL



Lokal: Hinsholmen

Provtagningsdatum: 20201005

Provtagning: Sediment och nätsnäckor

Provtagningsutrustning: Ponarhuggare till sediment samt fällor till snäckor

Djup: 3,0 m

Salthalt vid botten: 26 ‰

Temperatur vid botten: 16,1 °C

Positioner	Sweref 99 12 00		Anmärkning
	N	E	
Sediment yttre	6393069	140827	Lera med silt och svaveldoft
Nätsnäckor Sediment nät	6393354	141099	Cirka 200 Snäckor fångades med hjälp av sju fällor under fyra timmars tid. De snäckor som fångades var genomgående stora och endast ett fåtal juvenila individer observerades. På denna position togs även tre ytsedimentprover, vilka poolades till ett prov. Sedimentet bestod av svavelvätadofande lera med silt.



STATIONS PROTOKOLL

Lokal: Fiskebäck

Provtagningsdatum: 20200921

Provtagning: Sediment och nätsnäckor

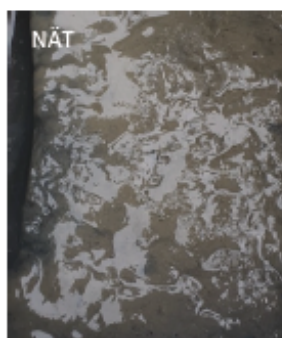
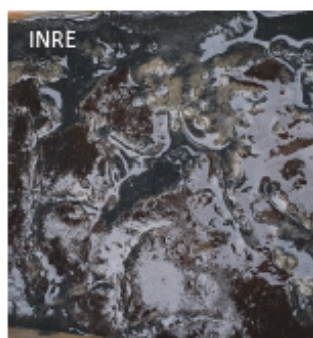
Provtagningsutrustning: Ponarhuggare till sediment samt fällor till snäckor

Djup: 3,5 m

Salthalt vid botten: 28 ‰

Temperatur vid botten: 14,7 °C

Positioner	Sweref 99 12 00 N E	Anmärkning
Sediment inre	6392052 141251	På denna position togs tre ytsedimentprover, vilka poolades till ett prov. Sedimentet bestod av mörk och svavelväte doftande lera med silt. Bakteriematta täckte ytan.
Nätsnäckor Sediment nät	6391988 141092	Cirka 80 snäckor fångades med hjälp av 12 fällor, fällorna kontrollerades efter en timme och fick sedan ligga i två timmar till. Snäckorna var genomgående stora och inga juvenila snäckor observerades. På denna position togs även tre ytsedimentprover, vilka poolades till ett prov. Sedimentet bestod av svagt svavelväte doftande lera med silt med ljus syresatt yta.



STATIONS PROTOKOLL

Lokal: Önnered

Provtagningsdatum: 20200921

Provtagning: Sediment och nätsnäckor

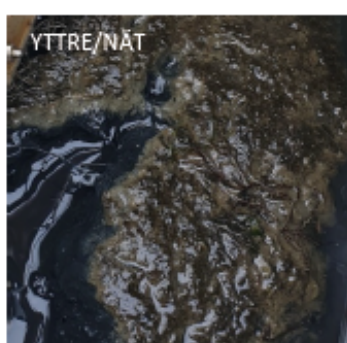
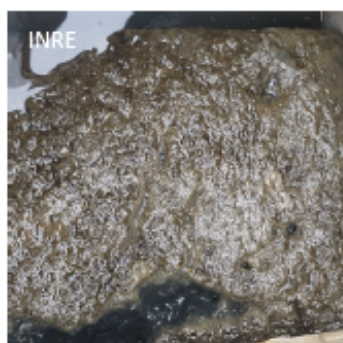
Provtagningsutrustning: Ponarhuggare till sediment samt fällor till snäckor

Djup: 2,5 m

Salthalt vid botten: 30 ‰

Temperatur vid botten: 14,9 °C

Positioner	Sweref 99 12 00 N E	Anmärkning
Sediment inre	6390820 142385	På denna position togs tre ytsedimentprover, vilka poolades till ett prov. Sedimentet bestod av svavelvätedoftande lera med silt. En del blåmusselskal och 1 cm tjock oxiderad yta.
Nätsnäckor Sediment yttre/nät	6390786 142221	Cirka 150 snäckor fångades med hjälp av 14 fällor under ca två timmars tid. De snäckor som fångades var huvudsakligen stora, ca 5% var juveniler. På denna position togs även tre ytsedimentprover, vilka poolades till ett prov. Sedimentet bestod av svavelvätedoftande lera med silt. Organiskt material (alger) på ytan. 1 cm tjock oxiderad yta.



STATIONSPROTOKOLL



Lokal: Näset

Provtagningsdatum: 20200921

Provtagning: Sediment och nätsnäckor

Provtagningsutrustning: Ponarhuggare till sediment samt fällor till snäckor

Djup: 2,5 - 3,5 m

Salthalt vid botten: 31 ‰

Temperatur vid botten: 14,9 °C

Positioner	Sweref 99 12 00 N E	Anmärkning
Sediment inre	6389293 144443	På denna position togs tre ytsedimentprover, vilka poolades till ett prov. Sedimentet bestod av lera med lite silt. Ingen svavelväte doft men mörkt till färgen. Mycket alger på ytan.
Nätsnäckor Sediment nät	6389213 144502	Cirka 300 snäckor fångades med hjälp av 10 fällor under totalt ca 6 timmars tid. Snäckorna på denna lokal är mycket små med stor andel juveniler (50-60%). På denna position togs även tre ytsedimentprover, vilka poolades till ett prov. Sedimentet bestod av svavelväte doftande lera med lite silt. Mörk färg. Mycket alger och musselskal på ytan.



STATIONSPROTOKOLL

Lokal: Amundön

Provtagningsdatum: 20200921

Provtagning: Sediment och nätsnäckor

Provtagningsutrustning: Ponarhuggare till sediment samt fällor till snäckor

Djup: 2,5 m

Salthalt vid botten: 31 ‰

Temperatur vid botten: 15,1 °C

Positioner	Sweref 99 12 00 N E	Anmärkning
Sediment inre	6386487 145245	På denna position togs tre ytsedimentprover, vilka poolades till ett prov. Sedimentet bestod av lera med silt. Tydlig svavelvätedoft.
Nätsnäckor Sediment nät	6386596 145335	Cirka 150 snäckor fångades med 10 fällor under ca 1,5 timmar. De snäckor som fångades var av liknande storlek, inga juveniler förekom. På denna position togs även tre ytsedimentprover, vilka poolades till ett prov. Sedimentet bestod av svagt svavelvätedoftande siltig lera.



STATIONS PROTOKOLL

Lokal: Vrångö

Provtagningsdatum: 20201005

Provtagning: Sediment och nätsnäckor

Provtagningsutrustning: Ponarhuggare till sediment samt fällor till snäckor

Djup: 1,5-2 m

Salthalt vid botten: 25 ‰

Temperatur vid botten: 16,1 °C

Positioner	Sweref 99 12 00 N E		Anmärkning
Sediment inre	6383832	136937	Svartgrå lera med silt, tydlig svavelvätedoft.
Sediment yttre	6383879	136876	Svartgrå lera med silt, tydlig svavelvätedoft. <i>Gracellaria</i> sp. på ytan.
Sediment yttre hamnbassäng	6383874	136649	Svårt att hitta bra substrat, på föreslagen position var det skalgrus. Tog sediment vid bryggan mitt i den yttre bassängen. Svartgrå lera med silt, tydlig doft av svavelväte och en del skalrester.
Nätsnäckor	6383806	136875	Cirka 100 snäckor fångades med hjälp av 14 fällor under ca två timmars tid. Snäckorna var stora, en del mindre snäckor förekom (ca 25%), dock inte pyttesmå.



**Miljöförvaltningen**

Box 7012, 402 31 Göteborg

Telefon, växel: 031-365 00 00

E-post: miljoforvaltningen@miljo.goteborg.se